

ഭൂവിജ്ഞാനീയം



XII

കേരള സർക്കാർ
പൊതുവിദ്യാഭ്യാസ വകുപ്പ്

തയാറാക്കിയത്

സംസ്ഥാന വിദ്യാഭ്യാസ ഗവേഷണ പരിശീലന സമിതി, കേരളം

2019

ദേശീയഗാനം

ജനഗണമന അധിനായക ജയഹേ
ഭാരത ഭാഗ്യവിധാതാ,
പഞ്ചാബസിന്ധു ഗുജറാത്ത മറാഠാ
ദ്രാവിഡ ഉത്കല ബംഗാ,
വിന്ധ്യഹിമാചല യമുനാഗംഗാ,
ഉച്ഛല ജലധിതരംഗാ,
തവശുഭനാമേ ജാഗേ,
തവശുഭ ആശിഷ മാഗേ,
ഗാഹേ തവ ജയ ഗാഥാ
ജനഗണമംഗലദായക ജയഹേ
ഭാരത ഭാഗ്യവിധാതാ,
ജയഹേ, ജയഹേ, ജയഹേ,
ജയ ജയ ജയ ജയഹേ!

പ്രതിജ്ഞ

ഇന്ത്യ എന്റെ രാജ്യമാണ്. എല്ലാ ഇന്ത്യക്കാരും എന്റെ സഹോദരീസഹോദരന്മാരാണ്.

ഞാൻ എന്റെ രാജ്യത്തെ സ്നേഹിക്കുന്നു; സമ്പൂർണവും വൈവിധ്യപൂർണവുമായ അതിന്റെ പാരമ്പര്യത്തിൽ ഞാൻ അഭിമാനംകൊള്ളുന്നു.

ഞാൻ എന്റെ മാതാപിതാക്കളെയും ഗുരുക്കന്മാരെയും മുതിർന്നവരെയും ബഹുമാനിക്കും.

ഞാൻ എന്റെ രാജ്യത്തിന്റെയും എന്റെ നാട്ടുകാരുടെയും ക്ഷേമത്തിനും ഐശ്വര്യത്തിനും വേണ്ടി പ്രയത്നിക്കും.

***Prepared by*:**
State Council of Educational Research and Training (SCERT)
Poojappura, Thiruvananthapuram - 695012, Kerala.

Website : www.scertkerala.gov.in *e-mail* : scertkerala@gmail.com
Phone : 0471 - 2341883, Fax : 0471 - 2341869
Typesetting and Layout : SCERT
© Department of General Education, Government of Kerala
To be printed in quality paper - 80gsm map litho (snow-white)

ആമുഖം

ഏതു വിജ്ഞാനവും മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കാനും പ്രകാശനം ചെയ്യാനും സാധിക്കും. അതിനുള്ള അവസരം പഠിതാക്കൾക്ക് ഒരുക്കേണ്ടത്, ഏതൊരു പഠന സമ്പ്രദായത്തിന്റെയും അനിവാര്യതയാണ്. അതിന്റെ തുടക്കമെന്ന നിലയ്ക്കാണ് ഹയർസെക്കന്ററി തലത്തിൽ ഭാഷേതര വിഷയങ്ങളിലെ പാഠപുസ്തകങ്ങൾ മലയാളത്തിൽ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നത്.

മാതൃഭാഷയിലൂടെയുള്ള വിദ്യാഭ്യാസം, ജ്ഞാനസമ്പാദനത്തിനുള്ള സുഗമമാർഗം എന്നതിനോടൊപ്പം സാംസ്കാരികതനിമയുടെ തിരിച്ചറിയൽ കൂടിയാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് വികസിതരാജ്യങ്ങൾ മാതൃഭാഷയെ മുഖ്യ ബോധന മാധ്യമമായി സ്വീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയിലാകട്ടെ, ദേശീയതലത്തിലുള്ള പ്രധാന പരീക്ഷകളെല്ലാം പ്രാദേശിക ഭാഷകളിൽക്കൂടി നടത്തുന്നതിനുള്ള സംവിധാനവും ഉണ്ടായി വരികയാണ്. ഈയൊരു സാഹചര്യത്തിൽ നമ്മുടെ കുട്ടികളും മാതൃഭാഷയുടെ ശക്തിസൗന്ദര്യങ്ങൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് വിവിധ വിഷയങ്ങളിൽ ജ്ഞാനനിർമിതിയിൽ ഏർപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. അതിന് അവരെ സജ്ജരാക്കുകയാണ് ഈ പാഠപുസ്തകങ്ങളുടെ മുഖ്യ ലക്ഷ്യം.

പരിഭാഷപ്പെടുത്തിയ പുസ്തകങ്ങളിൽ അതത് വിഷയങ്ങളിലെ സാങ്കേതിക പദങ്ങൾ പരമാവധി മലയാളത്തിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ ഭാഷയിൽ ചിരപരിചിതമായ ഇംഗ്ലീഷ് പദങ്ങളെ അതേപടി സ്വീകരിച്ചിട്ടുമുണ്ട്. വിവർത്തനത്തിന് തീർത്തും വഴങ്ങാത്ത പദങ്ങളെ അതേരീതിയിൽ തന്നെ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കുന്നവർക്ക് ആശയഗ്രഹണം സുഗമമാക്കുന്ന വിധത്തിലാണ് പാഠപുസ്തകരചന നടത്തിയിരിക്കുന്നത്. അതോടൊപ്പം മലയാളഭാഷയുടെ വളർച്ചയ്ക്കും ഈ പ്രവർത്തനം സഹായകമാകുമെന്ന് കരുതുന്നു.

പാഠപുസ്തകവിവർത്തന രംഗത്ത് നമ്മുടെ രാജ്യത്ത് നടന്ന വലിയൊരു കാൽവെപ്പാണ് ഇത്. പ്രഥമ സംരംഭമെന്നനിലയിൽ പല പരിമിതികളും പരിഭാഷയിൽ വന്നിട്ടുണ്ടാകാം. ക്ലാസ്മുറിയിൽ പ്രയോഗത്തിൽ വരുമ്പോഴാണ് അവയെല്ലാം കൂടുതൽ ബോധ്യപ്പെടുക. തുടർന്ന് വരുന്ന ഘട്ടങ്ങളിൽ അവയൊക്കെ പരിഹരിക്കുന്നതിന് എല്ലാ അഭ്യുദയകാംക്ഷികളിൽ നിന്നും വിശിഷ്യ അധ്യാപകർ, വിദ്യാർത്ഥികൾ എന്നിവരിൽ നിന്നും അഭിപ്രായങ്ങളും നിർദേശങ്ങളും പ്രതീക്ഷിക്കുന്നു.

ഡോ. ജെ. പ്രസാദ്

ഡയറക്ടർ,

എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി. കേരളം

പാഠപുസ്തക വികസന സമിതി

അബൂബേക്കർ പി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി. ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്.
ഹോർ ഗേൾസ്, പറയൻപേരി, കോഴിക്കോട്

ഹംസ എൻ.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., എസ്.എസ്.എം, എച്ച്.എ
സ്.എസ്., തെയ്യാലിംഗൽ, മലപ്പുറം.

Lt. കൃഷ്ണകുമാർ.പി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി. കരിമ്പുഴ എച്ച്.എസ്.
എസ്., തോട്ടറ, പാലക്കാട്

ലളിത.എം.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജി.ബി.എച്ച്.എസ്.എസ്
ഴടായി, കണ്ണൂർ

മാർജി.എസ്.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., പ്രേംനസീർ മെമ്മോറി
യൽ ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്. പിറയിൻകീഴ്
തിരുവനന്തപുരം

എം.ജോയ് ജോസ് പോൾ
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., സെന്റ് ജോസഫ്സ് എച്ച്.
എസ്.എസ്. തലശ്ശേരി, കണ്ണൂർ

പ്രദീപ്കുമാർ.എം.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്.,
കണ്ടൻചേരി, മലപ്പുറം

രത്നാകരൻ കെ.
പ്രിൻസിപ്പാൾ, ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.
കുണ്ടംകുഴി, കാസർകോഡ്.

രേഖ റാണി.ബി.എൽ
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി, എസ്.എം. എച്ച്.എസ.എസ്.
പതാരം, കൊല്ലം

വിദഗ്ധർ

പ്രൊഫ. മോഹനകുമാർ. എസ്സ്
മുൻ ജിയോളജി വകുപ്പ് മേധാവി,
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്, തിരുവനന്തപുരം.

ഡോ.ഗംഗാധർ കെ.
അസി. പ്രൊഫസർ, ഡിപ്പാർട്ട്മെന്റ് ഓഫ്
ജിയോളജി, യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്,
തിരുവനന്തപുരം

അക്കാദമിക് കോർഡിനേറ്റർ

ചിത്ര മാധവൻ
റിസർച്ച് ഓഫീസർ, എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി.

പാഠപുസ്തക വിവർത്തനം

ഡോ.എസ്.എൻ. കുമാർ
പ്രൊഫസർ, ജിയോളജി വകുപ്പ്
കാര്യവട്ടം ക്യാമ്പസ്, കേരള സർവകലാശാല
തിരുവനന്തപുരം.

ഡോ.സെയ്ദലവി.വി.
അസോസിയേറ്റ് പ്രൊഫസർ (ഭാഷാശാസ്ത്രം)
മലയാളസർവകലാശാല

അബൂബക്കർ പി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ. ജി. എച്ച്.എസ്.എസ്.,
പറയഞ്ചേരി, കോഴിക്കോട്.

ഹംസ എൻ.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., എസ്.എസ്.എം,
എച്ച്.എസ്.എസ്., തെയ്യാലിംഗൽ, മലപ്പുറം.

പ്രദീപ് കുമാർ എം.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.,
വിജയരാഘവപുരം, പാലക്കുടി, തൃശൂർ.

ഡോ.അനിൽകുമാർ.വൈ.
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ, ജിയോളജി വകുപ്പ്
കാര്യവട്ടം ക്യാമ്പസ്, കേരള സർവകലാശാല

രഞ്ജിത്ത് കുമാർ കെ.ബി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.
തൃക്കാവ്, പൊന്നാനി, മലപ്പുറം.

രത്നാകരൻ കെ.
പ്രിൻസിപ്പാൾ, ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.
കുണ്ടംകുഴി, കാസർകോഡ്.

സജീവ് അരിക്കാട്ട്
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.
(വി.കെ.ആർ.എം), പുല്ലൂറ്റ്, കൊടുങ്ങല്ലൂർ,
തൃശൂർ.

അക്കാദമിക് കോർഡിനേറ്റർ

രോഷ്ണി രവീന്ദ്രൻ ജി.ആർ. റിസർച്ച് ഓഫീസർ, എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി.

K8J3U2

ഉള്ളടക്കം

യൂണിറ്റ് 1	ശിലകളുടെ ലോകം	07
യൂണിറ്റ് 2	സാമ്പത്തിക ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ	51
യൂണിറ്റ് 3	ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ	75
യൂണിറ്റ് 4	ഭൗമശിലാഘടനകൾ	100
യൂണിറ്റ് 5	ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം	129
യൂണിറ്റ് 6	ഭൂവിജ്ഞാനീയവും പരിസ്ഥിതിയും	151
യൂണിറ്റ് 7	ഭൂകമ്പങ്ങൾ	184
യൂണിറ്റ് 8	ഭൗമ വിപത്തുകളും ദുരന്തനിവാരണവും	214
	അനുബന്ധം	249
	പദാവലി	
	റഫറൻസ്	

സൗകര്യത്തിനായി പാഠപുസ്തകത്തിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന ചില ചിഹ്നങ്ങൾ



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം



അധിക വായനയ്ക്ക്



നമുക്ക് വിലയിരുത്താം.

അധ്യായം

01 ശിലകളുടെ ലോകം (The World of Rocks)

P4K7F7

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ഭൂവൽക്കത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മൂന്ന് തരം അടിസ്ഥാനശിലകൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം തിരിച്ചറിയുന്നു.
- ആഗ്നേയശിലകളുടെ രൂപീകരണരീതി പ്രസ്താവിക്കുന്നു.
- ആഗ്നേയശിലകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വിവിധ ടെക്സ്ച്ചറുകളും രാസ-ധാതു ഘടനകളും വിശദീകരിക്കുന്നു.
- സാധാരണ ആഗ്നേയശിലകളുടെ സാമ്പിളുകൾ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണവും വർഗീകരണവും വിശദീകരിക്കുന്നു.
- സാധാരണ കാണപ്പെടുന്ന അവസാദശിലകളെ സ്ഥൂലമായി തിരിച്ചറിയുന്നു.
- കായാന്തരണത്തിലെ ഇനങ്ങളും കാരകങ്ങളും വിവരിക്കുന്നു
- സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന കായാന്തരിത ശിലകളെ തിരിച്ചറിയുന്നു
- ശിലാചക്രമെന്ന ആശയം ചിത്രരൂപത്തിൽ വിശദീകരിക്കുന്നു.

ശിലകൾ മനുഷ്യരാശിയുടെ ചരിത്രത്തിലെ അവിഭാജ്യഘടകമാണ്. വേട്ടയാടുന്നതിനും പ്രതിരോധത്തിനുമുള്ള ആയുധങ്ങളായും പാർപ്പിടങ്ങളും പ്രതിമകളും നിർമിക്കുന്നതിനുള്ള നിർമാണ സാമഗ്രിയായും മറ്റും ശിലകൾ ആദിമകാലം മുതലേ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു. ശിലകൾ ഉണ്ടായിരുന്നില്ലെങ്കിൽ, ഭക്ഷ്യവസ്തുക്കൾ കൃഷി ചെയ്യുന്നതിനാവശ്യമായ മണ്ണോ ആയുധങ്ങളോ പാർപ്പിടങ്ങളോ റോഡുകളോ ഒന്നും ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. ധാതുക്കളെന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒന്നോ അതിലധികമോ പദാർഥങ്ങളുടെ ചെറുതരികൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ് ശിലകൾ. മനുഷ്യ നാഗരികതയുടെ സാംസ്കാരിക പൊലിമയ്ക്കും അഭിവൃദ്ധിക്കും ധാതുക്കളും ശിലകളും അനിവാര്യമാണ്. ശിലകളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന വിജ്ഞാന ശാഖയാണ് **ശിലാവിജ്ഞാനീയം (Petrology)**.

ചെറുതരികൾ സംയോജിച്ച് ദൃഢമായി തീർന്നാണ് ശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. പ്രകൃതിദത്തമായി രൂപംകൊണ്ട രാസസംയുക്തങ്ങളായ ധാതുക്കളാൽ നിർമ്മിതമാണ് ശിലകളിലെ ഒരോ തരിയും. "ഒന്നോ അതിലധികമോ ധാതുക്കളോ ധാതുസമാനപദാർഥങ്ങളോ കൂടിച്ചേർന്ന പ്രകൃതിജന്യ ഖരപദാർഥങ്ങളാണ് ശിലകൾ എന്ന് നിർവചിക്കാം." ഇപ്രകാരം സഞ്ചയിച്ച ഖരപദാർഥങ്ങളാണ് ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ. ശിലകളെ പൊതുവെ മൂന്നായി വർഗീകരിക്കാം.

1.1 വിവിധയിനം ശിലകൾ (Types of Rocks)

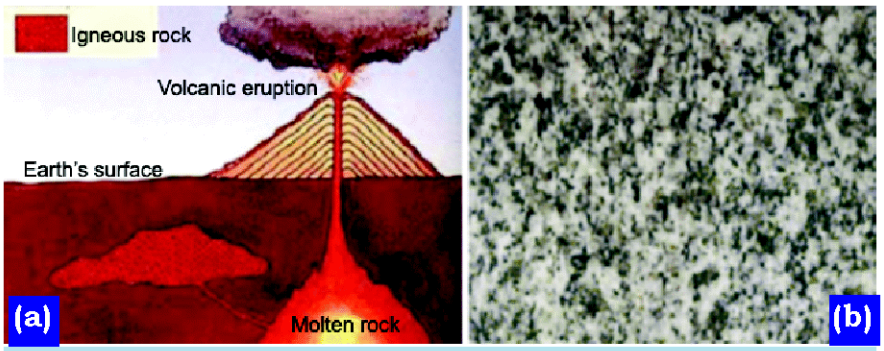
ശിലകളെ അവയുടെ രൂപീകരണത്തിന് നിദാനമായ പ്രക്രിയകൾക്കനുസരിച്ച് ഭൂവൈജ്ഞാനികർ മൂന്നായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

1. ആഗ്നേയശിലകൾ (Igneous rocks) - മാഗ്മ അല്ലെങ്കിൽ ലാവ എന്ന് വിളിക്കുന്ന ഉരുകിയ ശിലാദ്രവങ്ങൾ ഖരീഭവിച്ചുണ്ടായ ശിലകൾ
2. അവസാദശിലകൾ (Sedimentary rocks) - നേരത്തെ ഉണ്ടായിരുന്ന ശിലകളുടെ കഷണങ്ങൾ ഉൾച്ചേർന്നോ ലായനികളിൽ നിന്നും ഊറിയുണ്ടാകുന്ന അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്നോ രൂപംകൊള്ളുന്ന ശിലകൾ
3. കായാന്തരിത ശിലകൾ (Metamorphic rocks) - നേരത്തേയുണ്ടായിരുന്ന ശിലകൾക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചുണ്ടായ ശിലകൾ

1.2 ആഗ്നേയശിലകൾ (Igneous Rocks)

ലത്തീൻ ഭാഷയിൽ 'ഇഗ്നിസ്' എന്നാൽ അഗ്നിജന്യം എന്നർത്ഥം. ഉരുകിയ ധാതുലായനി (ശിലാദ്രവം) യിൽ നിന്നും ഖരീഭവിച്ചുണ്ടായ ശിലകളാണിവ. ഉന്നത ഊഷ്മാവ് മൂലം ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗം ഉരുകിയ ദ്രവാവസ്ഥയിലാണ്. ഭൂമിക്കു

ള്ളിലെ ഉരുകിയ ശിലാദ്രവത്തെ മാഗ്മ എന്നു പറയുന്നു. മാഗ്മ തണുത്ത് ഖരരൂപത്തിലാകുമ്പോൾ ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. മാഗ്മ തണുക്കുമ്പോൾ സംഭവിക്കുന്ന ക്രിസ്റ്റലീകരണം വഴിയാണ് ആഗ്നേയശിലകളിലെ ധാതുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഉരുകിയ ചൂടുള്ള ശിലാദ്രവത്തിലെ ആറ്റങ്ങളും അയോണുകളും നിയതമായ ഘടനയില്ലാത്തവയാണ്. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവാണ് ഇതിന് കാരണം. അയോണുകളെ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന നിലയിലേക്ക് മാഗ്മയുടെ ഊഷ്മാവ് കുറയുമ്പോൾ ഇവയ്ക്ക് നിയതമായ ഘടന കൈവരുന്നു. ക്രമേണ അവ ക്രിസ്റ്റൽ രൂപം പ്രാപിക്കുന്നു. ഉരുകിയ ശിലാപദാർത്ഥം ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുമ്പോഴാണ് അതിനെ ലാവ എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഭൂമിക്കുള്ളിലായിരിക്കുന്നിടത്തോളം അത് മാഗ്മ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഏതാണ്ട് എല്ലാ ആഗ്നേയശിലകളും ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത് മാഗ്മ, ലാവ എന്നിവ തണുക്കുന്നതിലൂടെ സംഭവിക്കുന്ന ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിലൂടെ മാത്രമാണ്. (ചിത്രം 1.1 (എ) & 1.1 (ബി))



ചിത്രം 1.1 : (എ) ആഗ്നേയശിലാ രൂപീകരണ പ്രവർത്തനം ചിത്രം 1.1 : (ബി) ആഗ്നേയശില

ആഗ്നേയ ശിലളാണ് ഭൂമിയിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണുന്നത്. എല്ലാ ശിലകളും ഇവയിൽ നിന്ന് രൂപംകൊള്ളുന്നതായതുകൊണ്ട് അവ ആദിമ ശിലകൾ (original rocks) കൂടിയാണ്. വൻകരകളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ഉൾഭാഗം മാത്രമല്ല, സമുദ്രഭൂവൽക്കങ്ങളുടെ ഉൾഭാഗവും ആഗ്നേയശിലകളാൽ നിർമിതമാണ്. ആ അർഥത്തിൽ ആഗ്നേയശിലകളുടെ പഠനം ഭൗമവ്യവസ്ഥയുടെ ഒട്ടുമിക്ക തലങ്ങളെയും മനസിലാക്കുന്നതിനു സഹായിക്കുന്നു.

1.2.1 ആഗ്നേയശിലകളുടെ വർഗീകരണം (Classification of igneous rocks)

മാഗ്മ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഉരുകിയ ശിലാപദാർത്ഥങ്ങളുടെ തണുക്കലിന്റെയും ഉറയ്ക്കലിന്റെയും ഫലമായാണ് ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചു. എവിടെ രൂപം കൊള്ളുന്നു എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ച്, ആഗ്നേയശിലകളെ രണ്ട് പ്രധാന ഉപവിഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

എ) പ്ലൂട്ടോണിക് (plutonic) ശിലകൾ (അന്തർജാതശിലകൾ)

ബി) വോൾക്കാനിക് (volcanic) ശിലകൾ (ബാഹ്യജാതശിലകൾ).

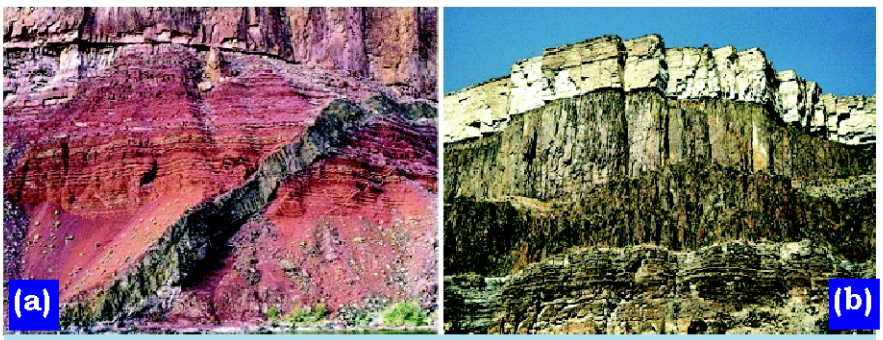
ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ആഴമുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ആഗ്നേയശിലകളെയാണ് പ്ലൂട്ടോണിക് അഥവാ അന്തർജാതശിലകളെന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ആഗ്നേയശിലകളാണ് വോൾക്കാനിക് അഥവാ ബാഹ്യജാതശിലകൾ. ഈ രണ്ട് അടിസ്ഥാന ഇനങ്ങൾക്ക് പുറമെ **ഹൈപ്പെബിസൽ ശിലകൾ (hypabyssal rocks)** എന്ന മൂന്നാമതൊരിനം ശിലകൾ കൂടി തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ഹൈപ്പെബിസൽ ആഗ്നേയശിലയും ഒരുതരം അന്തർജാതശിലകൾ തന്നെയാണ്. അവ ഉണ്ടാകുന്നത് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും അധികം താഴ്ചയില്ലാത്ത ഭൗമാന്തർഭാഗങ്ങളിലാണ്. അതായത് ഭൗമോപരിതലത്തിന് താഴെയായും എന്നാൽ പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നതിന് മുകളിലുമായാണ്.

പ്ലൂട്ടോണുകൾ (Intrusive igneous bodies)

വ്യത്യസ്ത രൂപങ്ങളിലും വലിപ്പത്തിലും പ്ലൂട്ടോണുകൾ കണ്ടുവരുന്നു. ആകൃതിയോ വലിപ്പമോ ഏതുതരത്തിലുള്ളതയായാലും ആഴം കൂടിയഭാഗത്തോ കുറഞ്ഞഭാഗത്തോ തിക്കിക്കയറിയ നിലയിലുള്ള ആഗ്നേയശിലകളാണവ (intrusive igneous bodies). ചില പ്ലൂട്ടോണുകൾ മേശാകൃതിയിൽ പരന്നതും ചിലത് സിലിണ്ടർ ആകൃതിയുള്ളതും മറ്റു ചിലത് നിശ്ചിത ആകൃതിയില്ലാത്തവയുമാണ്. സാധാരണ കണ്ടുവരുന്ന ചില പ്ലൂട്ടോണുകളുടെ വിവരണമാണ് ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

1. **ഡൈക്ക് (Dyke) :** നിരപ്പുഘടനയുള്ള ശിലയെ പിളർത്തി തിക്കിക്കയറിയ നിലയിലുള്ളതും മേശാകൃതിയിൽ ചുമരുപോലെ കാണപ്പെടുന്നതുമായ ആഗ്നേയ ശിലാരൂപമാണ് ഡൈക്ക്. *(ചിത്രം 1.2(എ))*

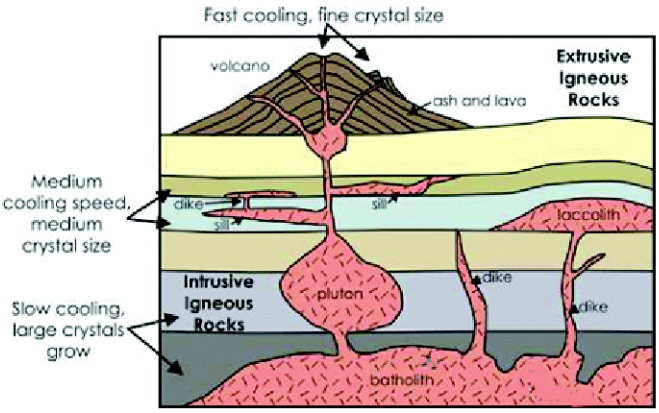
2. **സില്ലുകൾ (Sills) :** നിരപ്പുഘടനയുള്ള ശിലയ്ക്ക് സമാന്തരമായിക്കാണുന്ന ടാബുലാർ ആഗ്നേയ രൂപങ്ങളാണ് ഇവ. *(ചിത്രം 1.2(ബി))*



ചിത്രം 1.2 : (എ) ഡൈക്ക് (ബി) സിൽ

3. **ലാക്കോലിത്ത്** (Laccolith) : ഭൂമിക്കുള്ളിൽ നിന്നും പുറത്തേക്ക് ശക്തിയായി തള്ളിവരുന്ന മാഗ്മ ഭൂവൽക്കത്തിലുള്ള ശിലകളെ ഒരു താഴികക്കുടത്തിന്റെ (dome) ആകൃതിയിൽ ഉയർത്തി ഉണ്ടാകുന്ന രൂപങ്ങൾ ലാക്കോലിത്ത് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. അടിഭാഗം പരന്നതും മദ്ധ്യഭാഗം മുകളിലോട്ട് ഉയർന്നതുമായ ഇനം പ്ലൂട്ടോണുകളെയാണ് ലാക്കോലിത്ത് എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. സിൽലുകളെപ്പോലെ ഇവയും പൊതുവെ **കൺകോർഡന്റ് (concordant)** രൂപങ്ങളാണ്: അതായത് മാതൃശിലയുടെ പാളികൾക്ക് സമാന്തരമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നവയാണ്.

4. **ബാത്തോലിത്ത്** (Batholith) : 100 ചതുരശ്ര കിലോമീറ്ററിലധികം ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണമുള്ള വലിയതരം പ്ലൂട്ടോണുകളാണിവ. ഡൈക്കുകളെപ്പോലെ ഇവ **ഡിസ്കോർഡന്റ് (discordant)** (മാതൃശിലയുടെ നിരപ്പുഘടനയെ ഉടനീളം ഛേദിക്കുന്ന തരത്തിലുള്ളവ) രൂപങ്ങളാണ്. ബാത്തോലിത്തിന്റേയും ലാക്കോലിത്തിന്റേയും ചിത്രങ്ങൾ താഴെ നൽകിയിരിക്കുന്നു *(ചിത്രം 1.3)*



ചിത്രം 1.3 : ബാത്തോലിത്തും ലാക്കോലിത്തും

1.2.2 ആഗ്നേയശിലകളിലെ ടെക്സ്ചറുകൾ (Textures of igneous rocks)

ശിലകളിലെ ഘടക ഗുണച്ചേർച്ച അഥവാ ടെക്സ്ച്ചർ അതിലെ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന്റെ അളവ്, ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം, ആകൃതി വിന്യാസം എന്നിവയെ വിശദീകരിക്കുന്നു. ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം, പരസ്പരബന്ധം എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ഏകദബന്ധമാണ് (function) ടെക്സ്ചറുകൾ

ഗ്രാന്യുലാരിറ്റി (Granularity)

ആഗ്നേയശിലകളുടെ ടെക്സ്ച്ചർ നിർണയിക്കുന്നതിൽ ധാതുതരികളുടെ വലുപ്പം ഒരു പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ടെക്സ്ചറിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആഗ്നേയശിലകളെ വിവിധ ഇനങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. **വലിയതരികളുള്ള (coarse grained)** ആഗ്നേയശിലകളിലെ പരലുകൾ സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ സഹായമില്ലാതെതന്നെ കാണാൻ പറ്റുന്നവിധം വലുതായിരിക്കും. മറിച്ച്, **സൂക്ഷ്മതരി**

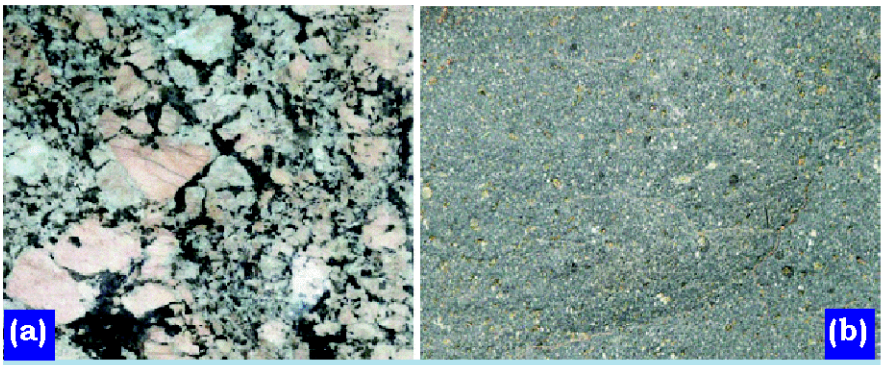
കളുള്ള (fine grained) ആഗ്നേയശിലകളിലെ ധാതുതരികളെ തിരിച്ചറിയുന്നതിന് മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ സഹായം ആവശ്യമാണ്. വലിയതരികൾക്കും സൂക്ഷ്മത രികൾക്കും ഇടയിൽ **ഇടത്തരം വലിപ്പമുള്ള തരികളുള്ള (medium grained)** ആഗ്നേയശിലകൾ ആഴം കുറഞ്ഞ ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് രൂപം കൊള്ളുന്നു.

ശിലാകണങ്ങളുടെ വലിപ്പവ്യത്യാസം ആഗ്നേയശിലകൾ എങ്ങനെ, എവിടെ യുണ്ടാകുന്നു എന്ന് മനസിലാക്കുന്നതിൽ നിർണായകമാണ്. വലിയ പരലുക ളായി ഉറയ്ക്കുന്നതിന് മാഗ്മ സാവധാനം മാത്രം തണുക്കേണ്ടതുണ്ട്. ആയതി നാൽ വലിയതരികളുള്ള ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളാൻ ദീർഘകാലമെടുക്കും. എന്നാൽ മാഗ്മ പെട്ടെന്ന് തണുക്കുന്നതുമൂലമാണ് കുഞ്ഞുതരികളുള്ള ശിലകൾ രൂപംകൊ ള്ളുന്നത്. ഉരുകിയ ശിലാദ്രവം തണുക്കുന്നതിന്റെ നിരക്ക് തണുക്കൽ നടക്കുന്ന സ്ഥാനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്ന ലാവ താരത മ്യേന വേഗത്തിൽ തണുത്ത് വോൾക്കാനിക് ശിലകൾക്ക് രൂപം നൽകുന്നു. എന്നാൽ ആഴങ്ങളിൽ ശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മ ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളിലൂടെ വളരെ സാവധാനം തണുത്ത് പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകളായി മാറുന്നു. ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന സ്ഥാനം, മാഗ്മ തണുക്കുന്നതിന്റെ നിരക്ക് എന്നിവയിലെ വ്യത്യാസ മാണ് ആഗ്നേയശിലകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വിവിധ ടെക്സ്ച്ചറുകൾക്ക് കാരണം. ശിലാതരികളുടെ ആകൃതി നിയന്ത്രിക്കുന്നതും, മാഗ്മയുടെ തണുക്കൽ നിരക്ക് തന്നെയാണ്. തരികളുടെ വലിപ്പം, ആകൃതി എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ താഴെപറയുന്ന ടെക്സ്ചറുകൾ ആഗ്നേയശിലകളിൽ കാണുന്നു.

എ. ഫാനറിറ്റിക് (Phaneritic) : ഫാനറിറ്റിക് ആഗ്നേയശിലകളിലെ ഒരോ ധാതു തരിയും വെറും കണ്ണുകൾ കൊണ്ട്തന്നെ തിരിച്ചറിയാവുന്നവിധം വലിപ്പം കൂടിയവയാണ്. ഉദാ: ഗ്രാനൈറ്റ്.

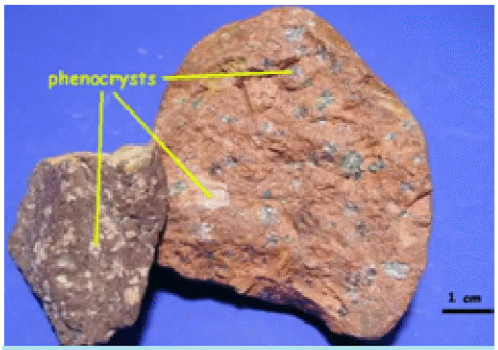
ബി. അഫനിറ്റിക് (Aphanitic) : ശിലയിലെ ഒരോ ധാതുതരിയും വെറും കണ്ണു കൊണ്ട് തിരിച്ചറിയാനാവാത്തവിധം ചെറുതാണെങ്കിൽ അത്തരം ടെക്സ്ച്ച റുകൾ അഫനിറ്റിക് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഉദാ: ബസാൾട്ട്.

താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്യുക. *(ചിത്രം 1.4 എ & ബി).* രണ്ട് ആഗ്നേയ ശിലകളിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന തരികളുടെ പ്രകൃതം താര തമ്യം ചെയ്യുക. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഈ രണ്ട് ശിലകളും തരികളുടെ കാര്യത്തിൽ വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നത്?



ചിത്രം 1.4 : (എ) ഫാനറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ (ബി) അഫനിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ

സി. പോർഫിറിറ്റിക് (Porphyritic) : ഈ ടെക്സ്ച്ചറിൽ ഫീനോക്രിസ്റ്റ് (Phenocryst) എന്നു വിളിക്കുന്ന കണ്ണുകൊണ്ട് കാണാവുന്നത്രയും വലിപ്പമുള്ള ഏതാനും ധാതുതരികൾ, വളരെ ചെറിയ ധാതുതരികളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട് കാണുന്നു. ചെറിയ ധാതു തരികൾ വെറും കണ്ണുകൊണ്ട് കാണാൻ സാധിക്കില്ല. പോർഫിറിറ്റിക് ശിലകളിൽ ചെറുതും വലുതുമായ ധാതുതരികളുടെ മിശ്രണമാണ് കാണുന്നത്.



ചിത്രം 1.5 : ഒരു ആഗ്നേയ ശിലയിലെ ഫീനോക്രിസ്റ്റുകൾ

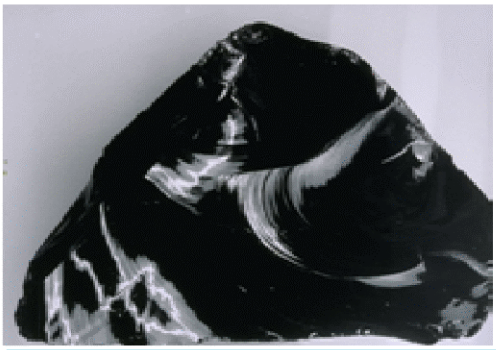
ക്രിസ്റ്റലീയത (Crystallinity)

പൂർണമായും ക്രിസ്റ്റലീയ ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ശിലകളെയാണ് ക്രിസ്റ്റലീയശിലകളെന്ന് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. ശിലകളിലെ ക്രിസ്റ്റലീയത എത്രത്തോളമുണ്ട് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, ശിലാവൈജ്ഞാനികർ മൂന്ന്തരം ടെക്സ്ച്ചറുകൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. **(എ) ഹോളോക്രിസ്റ്റലൈൻ (holocrystalline)** : പൂർണ്ണമായും ക്രിസ്റ്റലീയ തരികളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ശിലകൾ. **(ബി) മീറോക്രിസ്റ്റലൈൻ/ഹൈപ്പോക്രിസ്റ്റലൈൻ (merocrystalline/hypocrystalline)** : ക്രിസ്റ്റലീയകണങ്ങളോടൊപ്പം തന്നെ ക്രിസ്റ്റലീയമല്ലാത്ത സ്ഫടിക (glassy) പദാർത്ഥങ്ങളും കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾ. **(സി) ഹോളോഹയലിൻ (holohyaline)** : പൂർണ്ണമായും സ്ഫടിക പദാർഥങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമായ ശിലകൾ (ലാവയുടെ പൊടുന്നനെയുള്ള തണുക്കൽ മൂലം ഉണ്ടായിട്ടുള്ള ഒബ്സീഡിയൻ പോലുള്ള ശിലകൾ).

ഗ്ലാസ്സി ടെക്സ്ച്ചറും ഫ്രോത്തി/വെസിക്കുലാർ ടെക്സ്ച്ചറും
(Glassy texture and frothy or vescicular texture)

ഗ്ലാസി ടെക്സ്ചർ : അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനസമയത്ത് ലാവ അതിവേഗം തണുത്ത് ക്രിസ്റ്റലീകരണം സാധ്യമാകാതെ വരുന്ന അവസരങ്ങളിലാണ് ഗ്ലാസ്സി ടെക്സ്ചർ ഉടലെടുക്കുന്നത്. ലാവയുണ്ടാകുന്ന നിമിഷം തന്നെ മൂലകങ്ങളും സംയുക്തങ്ങളും അതാതിടത്ത് തണുത്തുറയുന്നു. വ്യത്യസ്തങ്ങളായ ധാതുക്കൾ രൂപം കൊള്ളാത്തതിനാലാണ് ഗ്ലാസി ടെക്സ്ചർ ഉണ്ടാകുന്നത്. പൊതുവിൽ ഗ്ലാസ് ക്രിസ്റ്റലീയമല്ലാത്ത പദാർഥമാണ്. ഉദാ: ഒബ്സീഡിയൻ. *(ചിത്രം 1.6)*

ഫ്രോത്തി/സുഷിരമയ ടെക്സ്ചർ : സുഷിര സമൃദ്ധമായ ഇളം നിറത്തിലുള്ള പ്യൂമിസ് (Pumice) പോലുള്ള വോൾക്കാനിക് ശിലകൾ ഇത്തരം ടെക്സ്ചർ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. ശിലകളിലെ ഈ സുഷിരങ്ങൾ, രൂപീകരണ സമയത്ത് അഗ്നിപർവ്വതജന്യവാതകങ്ങൾ നിറഞ്ഞു നിന്നിരുന്നതും പിന്നീട് മോചിക്കപ്പെട്ട് വായു നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നതുമാണ്. ഭാരം കുറഞ്ഞ് ജലത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കാവുന്നതരം ശിലയാണ് പ്യൂമിസ്. കടുംനിറത്തിലുള്ള, പ്യൂമിസിന് സമാനമായ ശിലയാണ് സ്കോറിയ (Scoria).



ചിത്രം 1.6 : ഒബ്സീഡിയൻ



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകളിൽ ഏതുതരം ടെക്സചറാണ് നിങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിക്കുന്നത്?
2. രണ്ട് ആഗ്നേയശിലകളിൽ ഒന്ന് ഭൗമോപരിതലത്തിലുണ്ടായത്; മറ്റേത് ആഴങ്ങളിൽ രൂപം കൊണ്ടത് - പരലുകളുടെ വലിപ്പത്തിൽ എന്തു വ്യത്യാസമാണ് നിങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിക്കുന്നത്?
3. ഡൈക്കുകളും സില്ലുകളും തമ്മിലുള്ള അടിസ്ഥാന വ്യത്യാസം എന്താണ്?

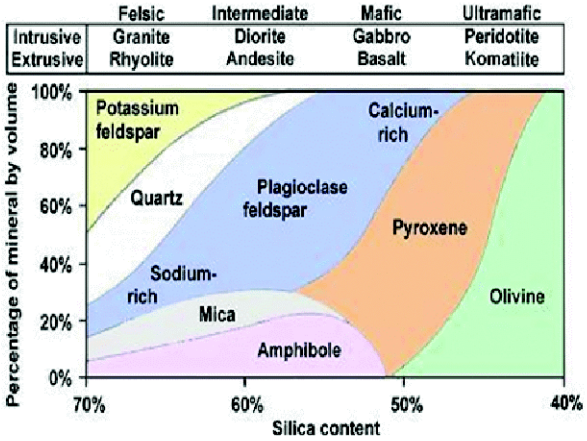
1.2.3 രാസഘടന അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള വർഗ്ഗീകരണം (Classification based on composition)

രാസഘടനയെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി (അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങൾ, സംയുക്തങ്ങൾ) ആഗ്നേയശിലകളെ നാലു വിഭാഗങ്ങളാക്കി തരംതിരിക്കാം.

ഭൗമോപരിതലത്തിലോ അതിനടുത്തായോ കാണപ്പെടുന്ന ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപീകൃതമാവുന്നത് സിലിക്കേറ്റ് മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണം മൂലമാണ്. സിലിക്കൺ, ഓക്സിജൻ എന്നീ രണ്ട് മൂലകങ്ങൾ ചേർന്നാണ് സിലിക്ക (Silica - SiO_2) രൂപം കൊള്ളുന്നത്. മാഗ്മയിൽ ഈ മൂലകങ്ങൾ താരതമ്യേന വർധിച്ച അളവിൽ ഉള്ളതാണ് ഇതിന് കാരണം. വൻകരാ ഭൂവൽക്കത്തിൽ 60% സിലിക്കയും സമുദ്ര ഭൂവൽക്കത്തിൽ ഏതാണ്ട് 47% സിലിക്കയും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ആഗ്നേയ ശിലകളിലെ രാസഘടനയിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളും അതനുസരിച്ചുള്ള അവയുടെ വർഗ്ഗീകരണവും നമുക്ക് പഠിക്കാം.

താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്ത് *(ചിത്രം 1.7)* ധാതു ഘടകങ്ങളുടെ ചേരുവ (composition) അടിസ്ഥാനമാക്കി ആഗ്നേയശിലകളെ വർഗീകരിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക. *(ചിത്രം 1.7)*

1) **ഫെൽസിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Felsic igneous rocks)**: ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നതിലെ 'ഫെൽ', സിലിക്കൺ എന്നതിലെ 'സിക്ക്' എന്നീ വാക്കുകൾ ചേർന്നാണ് ഫെൽസിക് എന്ന പദമുണ്ടായത്. ഫെൽസിക് ശിലകൾ സിലിക്കൺ, ഓക്സിജൻ എന്നിവയാൽ സമ്പന്നമാണ്. താഴ്ന്ന ദ്രവണാങ്കവും (ഉരുകുന്ന നില) ഇളം നിറവുമുള്ള ഈ ശിലകളിൽ ഇളം നിറമുള്ള ധാതുക്കളായ ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നിവ ധാരാളമായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ്, റയോലൈറ്റ്, എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ആഗ്നേയശിലകളിൽ, സിലിക്ക (SiO_2) 63 ശതമാനത്തിലധികമായുണ്ടെങ്കിൽ അത്തരം ശിലകളെ അസിഡിക് എന്ന പദം കൊണ്ടും ശിലാവിജ്ഞാനീയത്തിൽ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.7 : രാസഘടന അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള ആഗ്നേയ ശിലകളുടെ വർഗ്ഗീകരണം.

2) **ഇന്റർമീഡിയേറ്റ് ആഗ്നേയശിലകൾ (Intermediate igneous rocks):** ഇളം നിറമുള്ള ധാതുക്കളും കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കളും ഏതാണ്ട് തുല്യ അളവിലുള്ള മധ്യമ രാസഘടനയാണ് ഇവയ്ക്കുള്ളത്. ഇന്റർമീഡിയേറ്റ് ശിലകളിൽ സിലിക്കാ ശതമാനം 52 മുതൽ 63 വരെയാണ്. ഉദാ: ഡയൊറൈറ്റ്, ആൻഡിസൈറ്റ്.

3) **മാഫിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Mafic igneous rocks):** (മഗ്നീഷ്യം - മാ ; ഫെറം/ഇരുമ്പ്-ഫെറിക്) മാഫിക് ശിലകളിൽ സിലിക്കാംശം കുറവും മഗ്നീഷ്യം, ഇരുമ്പ് എന്നിവ കൂടുതലുമാണ്. ഉയർന്ന ദ്രവണാങ്കമുള്ള (ഉരുകുന്ന നില) ഇവയ്ക്ക് ഫെൽസിക് ശിലകളെ അപേക്ഷിച്ച് കടുംനിറവും ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയുമുണ്ട്. കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കളായ ഒലിവിൻ, പൈറോക്സീൻ, ആംഫീബോൾ എന്നിവ ഇവയിൽ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ഗാബ്രൊ, ബസാൾട്ട് എന്നിവ ഈ വിഭാഗത്തിൽപെടുന്ന ശിലകളാണ്. സിലിക്കാശതമാനം 45 മുതൽ 52 വരെയുള്ള ഈ ശിലകളെ ബേസിക് ശിലകൾ എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു.

4) **അൾട്രാമാഫിക്/അൾട്രാബേസിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Ultramafic/ ultrabasic igneous rocks):** ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം ധാതുക്കളാൽ സമ്പന്നമായ ഇവയിൽ പ്രധാനമായും ഒലിവിൻ, പൈറോക്സിൻ എന്നീ ധാതുക്കളാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ഡ്യൂണൈറ്റ്, പെരിഡോറ്റൈറ്റ് എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. അൾട്രാമാഫിക് ശിലകളിലെ സിലിക്കാ ശതമാനം 45ലും കുറവാണ്. ഇവയ്ക്ക് സമാനമായ ബാഹ്യജാത ശിലകളില്ല.

ആഗ്നേയശിലകളെ രാസഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലും ടെക്സ്ചറിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും വർഗീകരിക്കാമെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചു കഴിഞ്ഞു. ടെക്സ്ചറിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആഗ്നേയശിലകളെ പ്ലൂട്ടോണിക്, വോൾക്കാനിക് എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി വിഭജിക്കാം. രാസഘടനാടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുള്ള രണ്ട് അടിസ്ഥാന ഗ്രൂപ്പുകൾ ഫെൽസിക്, മാഫിക് എന്നിവയാണ്. തന്നിരിക്കുന്ന പട്ടിക (1.1) വിശകലനം ചെയ്ത് രണ്ട് തരത്തിലുള്ള വർഗീകരണങ്ങളെ താരതമ്യം നടത്തി നിങ്ങളുടെ കണ്ടെത്തലുകൾ ക്ലാസിൽ അവതരിപ്പിക്കുക.

പട്ടിക 1.1 : ചില ഫെൽസിക്, മാഫിക് ആഗ്നേയശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ, രാസഘടന എന്നിവയുടെ താരതമ്യം

ടെക്സ്ചർ	ഫെൽസിക്	മാഫിക്
അന്തർജാതം - വലിയ തരികൾ	ഗ്രാനൈറ്റ്	ഗാബ്രൊ
ബാഹ്യജാതം - ചെറിയ തരികൾ	റയോലൈറ്റ്	ബസാൾട്ട്
ബാഹ്യജാതം - സുഷിരമയ ടെക്സ്ചർ	പ്യൂമിസ്	സ്കോറിയ
ബാഹ്യജാതം - ഗ്ലാസി ടെക്സ്ചർ	ഒബ്സീഡിയൻ	

ഗ്രാനൈറ്റ് വലിയതരികളോട് കൂടിയ (ഫാനറിറ്റിക്) അന്തർജാത ആഗ്നേയശിലയാണെന്നും, റയോലൈറ്റ് താരതമ്യേന വേഗത്തിൽ തണുത്തുറഞ്ഞുണ്ടാകുന്ന ചെറിയ തരികളോട് കൂടിയ (അഫനിറ്റിക്) ഫെൽസിക് ബാഹ്യജാത ആഗ്നേയശിലയാണെന്നും നമുക്ക് ചുരുക്കി പറയാം. മാത്രമല്ല ഗാബ്രൊ, ഒരു അന്തർജാത ഫാനറിറ്റിക് ശിലയാകുമ്പോൾ, ബസാൾട്ട്, ലാവ വേഗത്തിൽ

തണുത്തുറഞ്ഞ് രൂപം കൊള്ളുന്ന സൂക്ഷ്മതരികളുള്ള (അഫനിറ്റിക്) മാഫിക് രാസഘടനയോടു കൂടിയ ആഗ്നേയശിലയാണ്.

1.2.4 മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണം (Crystallization of magma)

ആഗ്നേയശിലകളെ രൂപപ്പെടുത്തുന്ന ധാതുക്കൾ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നത് വ്യത്യസ്ത താപനിലകളിലാണ്. വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ മാഗ്മ ദ്രവാവസ്ഥയിലാണ്. താപനില കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് പരലുകൾ/ക്രിസ്റ്റലുകൾ രൂപപ്പെടാൻ തുടങ്ങുന്നു. മാഗ്മ തണുക്കുമ്പോൾ, ചില പ്രത്യേക ധാതുക്കൾ നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ചില ധാതുക്കൾ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ മറ്റു ധാതുക്കൾക്കു മുമ്പേ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണ സമയത്ത് നടക്കുന്ന പ്രധാന പ്രക്രിയ **അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണമാണ് (fractional crystallisation)**. താപനില താഴുന്നതിനനുസരിച്ച് തണുത്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാഗ്മയിൽ നിന്നും ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന നിശ്ചിത ധാതുക്കൾ അവശേഷിക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിൽ നിന്നും വേർപ്പെട്ട് കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണമെന്നറിയപ്പെടുന്നത്.

ആദ്യമാദ്യം ക്രിസ്റ്റലീകരീക്കപ്പെടുന്ന ധാതുക്കളുടെ ഘനത്വം മാഗ്മയെക്കാൾ കൂടുതലാവാനിടയുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് അവ മാഗ്മചേമ്പറിന്റെ കീഴ്ഭാഗത്തേക്ക് താഴുകയും അവശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മയിൽ നിന്നും വേറിടുകയും ചെയ്യുന്നു. ധാതുക്കൾ ഇപ്രകാരം വേറിടുന്നതു മൂലം അവശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മയുടെ രാസഘടന മാതൃമാഗ്മയുടെ രാസഘടനയിൽ നിന്നും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും.

ഇത്തരത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കൾ വിവിധ പ്രക്രിയകളിലൂടെ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ക്രിസ്റ്റലുകൾ ദ്രാവകത്തേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ളവയാണെങ്കിൽ അവ താഴുന്നു; സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതാണെങ്കിൽ അവ ദ്രാവകത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. മാഗ്മ തണുക്കാനാരംഭിക്കുമ്പോൾ ആദ്യം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നത് മാഫിക് ധാതുക്കളാണ്. ഇത്തരം ധാതുക്കൾക്ക് സാന്ദ്രത കൂടുതലാണെങ്കിൽ, അവ മാഗ്മയിൽ നിന്നും മറ്റു ധാതുക്കൾക്കുമുമ്പെ വേർപ്പെടുന്നു. അത്തരത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകവഴി, അവശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മയുടെ രാസഘടനക്ക് മാറ്റം വരുന്നു.

തണുത്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാഗ്മയുടെ വിവിധ താപനിലകളിൽ സ്വാഭാവികമായി വിവിധ ധാതുക്കൾ ക്രസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന് മനസിലായല്ലോ. ഇങ്ങനെ വ്യത്യസ്തഘട്ടങ്ങളിലായി ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾ കൂടിച്ചേർന്ന് വ്യത്യസ്ത രാസഘടനയോടുകൂടിയ ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത രാസഘടനയോടുകൂടിയ മാതൃമാഗ്മയിൽ നിന്ന് തന്നെ വ്യത്യസ്ത രാസഘടനകളുള്ള വിവിധ ശിലകൾ ഇപ്രകാരം രൂപംകൊള്ളും. ഭൂമിയിലുള്ള ആഗ്നേയശിലകളുടെ വൈവിധ്യത്തിന് ഇത് ഒരു പ്രധാന കാരണമാണ്.



ബവൻ ക്രിസ്റ്റലൈസേഷൻ റിയാക്ഷൻ സീരിസ് (Bowen's crystallization reaction series)

1900 ങ്ങളുടെ തുടക്കത്തിൽ കനേഡിയൻ ധാതുവൈജ്ഞാനികനായ എൻ.എൽ.ബവന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ ആഗ്നേയശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ച് കൂടുതൽ വ്യക്തമായ ധാരണ നൽകുകയുണ്ടായി. ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന് നിശ്ചിതമായ ഒരു ക്രമമുണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി. ഇത് ബവൻസ് റീയാക്ഷൻ സീരിസ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 1.8). മാഗ്മ തണുക്കുമ്പോൾ അതിൽ നിന്നും ധാതുക്കൾ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നതിനെ സംബന്ധിക്കുന്ന ഒരു സിദ്ധാന്തമാണ് ബവന്റെ റീയാക്ഷൻ സീരിസ്. സാധാരണ ആഗ്നേയശിലകളുണ്ടാക്കുന്ന 8 ശിലാ ധാതുക്കളെ (ഒലിവീൻ, പൈറോക്സിൻ, ആംഫീബോൾ, ഓർത്തോക്ലെയ്സ്, പ്ലാജിയോക്ലെയ്സ്, മസ്ക്കോവൈറ്റ്, ബയോടൈറ്റ്, ക്വാർട്സ്) അവയുടെ ദ്രവണാങ്കത്തിന്റെ അവരോഹണക്രമത്തിൽ ബവൻസ് റിയാക്ഷൻ സീരീസിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു, ദ്രവണാങ്കം കൂടിയത് മുകളിലും കുറഞ്ഞത് താഴെയുമെന്നക്രമത്തിൽ. തണുത്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാഗ്മയിൽ നിന്നും ആദ്യം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന ധാതു, ദ്രവണാങ്കം ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ളതായിരിക്കും.

തുടക്കത്തിൽ ഒന്നോ, രണ്ടോ ധാതുക്കളുടെ പരലുകൾ വളരാൻ തുടങ്ങുന്നു. ഇങ്ങനെ ആദ്യമാദ്യം രൂപംകൊള്ളുന്ന ധാതുപരലുകൾ അവശിഷ്ടമാഗ്മയുമായി രാസപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെട്ട് വ്യത്യസ്ത ധാതുക്കളുടെ രൂപീകരണത്തിനു കാരണമാകുന്നു. താഴെകാണിച്ച ചിത്രത്തിൽ നിന്നും ഒലിവിൻ ആദ്യം രൂപംകൊള്ളുന്നു എന്നും തുടർന്ന് പൈറോക്സിൻ, ആംഫിബോൾ, ബയോടൈറ്റ് എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു എന്നും കാണാവുന്നതാണ്. *(ചിത്രം 1.8).*



ചിത്രം 1.8 : ബവൻസ് റിയാക്ഷൻ സീരീസ് കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം

ക്രിയാശീലശ്രേണി പരിശോധിച്ചാൽ, മാഗ്മയുടെ ശീതീകരണം പുരോഗമനാത്മകമാണെന്നും ചിലധാതുക്കൾ ആദ്യം തന്നെ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട് ഖരീഭവിക്കുന്നു എന്നും മറ്റുള്ളവ കുറഞ്ഞതാപനിലയിൽ ഖരീഭവിക്കപ്പെടുന്നു എന്നും കാണാവുന്നതാണ്. ബവന്റെ ക്രിസ്റ്റലൈസേഷൻ റിയാക്ഷൻ സീരിസിൽ രണ്ട് ശ്രേണികൾ കാണാവുന്നതാണ് - ഇടതുഭാഗത്ത് തുടർച്ചയില്ലാത്ത ശ്രേണിയും വലതുഭാഗത്ത് തുടർച്ചയായുള്ള ശ്രേണിയും. മാഗ്മയുടെ താപനില

കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച്, ധാതുക്കൾ നിശ്ചിത ക്രമത്തിൽ ഒലിവിൻ - പൈറോക്സിൻ - ആംഫീബോൾ - മൈക്ക എന്നീ ക്രമത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് ഫെൽഡ്സ്പാറുകൾ കാൽസ്യം സമ്പുഷ്ടമായതിൽ നിന്ന് തുടങ്ങി സോഡിയം സമ്പുഷ്ടമായതിലേയ്ക്കെന്ന ക്രമത്തിലാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയയിൽ മാഗ്മയുടെ രാസഘടന അൾട്രാമാഫിക്കിൽ നിന്നും അസിഡിക് വിഭാഗത്തിലേയ്ക്ക് മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. 50% പൈറോക്സിൻ, 50% ഒലിവിൻ എന്നീ ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വലിയ തരികളോടുകൂടിയ ഒരു ആഗ്നേയശിലയെ ഏത് വിഭാഗമായി തിരിക്കാം?
2. ഗ്രാനറ്റിക് രാസഘടനയുള്ള മാഗ്മ ഭൗമോപരിതലത്തിലേയ്ക്ക് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ബാഹ്യജാതശില ഏതായിരിക്കും?

1.2.5 സാധാരണ കണ്ടുവരുന്ന ആഗ്നേയശിലകൾ (Common igneous rocks)

ഫെൽസിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Felsic igneous rocks)

ഗ്രാനൈറ്റ് (Granite) : ഗ്രാനൈറ്റ് താരതമ്യേന ഇളം നിറമുള്ളതും ഹോളോക്രിസ്റ്റലീയമായതും വലിയ തരികളോടുകൂടിയതുമായ ഫാനറിറ്റിക് പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലയാണ് (ചിത്രം 1.9). ചില ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകൾ പോർഫിറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ കാണിക്കുന്നു. അവയെ പോർഫിറിറ്റിക് ഗ്രാനൈറ്റ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റിൽ പ്രധാനമായും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത് ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നീ ധാതുക്കളാണ്. ക്വാർട്സിനോടൊപ്പം ഓർത്തോക്ലേയ്സ് (പൊട്ടാഷ് ഫെൽഡ്സ്പാർ), സോഡിയം പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് എന്നിവയാണ് ഈ ശിലയുടെ സിംഹഭാഗവും. കടും നിറമുള്ള ആംഫിബോൾ, ബയോടൈറ്റ് ധാതുക്കൾ ചെറിയ അളവിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ് കടുപ്പമേറിയതും ദൃഢതയുള്ളതുമായ ശിലയായതിനാൽ നിർമാണ ആവശ്യങ്ങൾക്കായി ധാരാളമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. *(ചിത്രം 1.9 ഗ്രാനൈറ്റ്)*



ചിത്രം 1.9 : ഗ്രാനൈറ്റ്

റയോലൈറ്റ് (Rhyolite): ഇളംനിറമുള്ള വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് റയോലൈറ്റ്. ഗ്രാനൈറ്റിന്റെ അതേ രാസഘടനയുള്ളതും എന്നാൽ തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ ടെക്സ്ചർ കാണിക്കുന്നതുമായ ശിലയാണിത്. പൊതുവെ റയോലൈറ്റ് ചെറിയ ശിലാതരികളോടുകൂടിയ ഗ്ലാസ്സി ടെക്സ്ചർ മുതൽ പോർഫിറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ വരെ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശിലയാണ്. ചിലപ്പോൾ ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റ

ലീകരണം അസാധ്യമാക്കും വിധം മാഗ്മ അതിവേഗം തണുക്കാറുണ്ട്. തൽഫല മായി ഉണ്ടാകുന്ന വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് ഒബ്സീഡിയൻ.

3. **പെഗ്മറ്റൈറ്റ് (Pegmatite):** വളരെ വലിയ തരികളോടുകൂടിയ ആഗ്നേയ ശിലകളാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.10)*. മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീയ പ്രക്രിയയുടെ അവസാന ഘട്ടങ്ങളിലാണ് ഇവ രൂപം കൊള്ളു ന്നത്. മാഗ്മ വളരെ പതുക്കെ മാത്രം തണുക്കു ന്നതും മാഗ്മയുടെ കുറഞ്ഞ ശ്യാനത (വിസ്കോസിറ്റി) യുമാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റിലെ ത രികളുടെ അസാധാരണ വലിപ്പത്തിനു കാരണ മായി പറയപ്പെടുന്നത്.

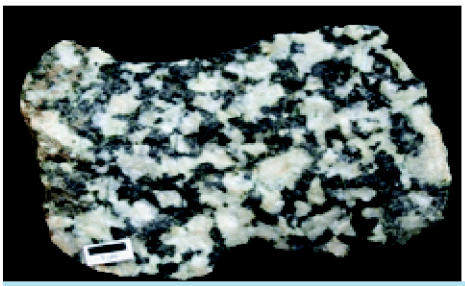


ചിത്രം 1.10 : പെഗ്മറ്റൈറ്റ്

ഏറിയകൂറും അസാധാരണമാംവിധം വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകളും ചിലപ്പോൾ മറ്റു ശിലക ളിൽ അപൂർവ്വമായി മാത്രം കാണുന്ന ചില ധാതുക്കളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ശിലകളാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ്. മിക്ക പെഗ്മറ്റൈറ്റ് ശിലകളുടെയും രാസഘടനയിൽ ഗ്രാനൈറ്റിലുള്ള തുപോലെ ധാരാളം ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, മൈക്ക തുടങ്ങിയ ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കും. ഗാബ്രൊ, ഡയോറൈറ്റ് തുടങ്ങിയ പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകൾക്കുള്ള അതേ ധാതുഘടനയോടു കൂടിയ പെഗ്മറ്റൈറ്റും കാണപ്പെടാവുന്നതാണ്.

ഇന്റർമീഡിയറ്റ് ആഗ്നേയശിലകൾ (Intermediate igneous rocks)

ഡയോറൈറ്റ് (Diorite) : ചാര (ഇരു ണ്ട ചാര) നിറമുള്ളതും വലുതു മുതൽ ചെറുതുവരെയുള്ള ശിലാതരികളോടുകൂ ടിയതുമായ ഇന്റർമീഡിയറ്റ് അന്തർജാത ശിലകളാണ് ഡയോറൈറ്റ്. പ്ലാജിയോ ക്ലേയ്സ് ഫെൽഡ്സ്പാർ, ബയോടൈറ്റ്, ഹോൺബ്ലെൻഡ്, പൈറോക്സിൻ എന്നി വയാണ് പ്രധാന ധാതുക്കൾ. ക്വാർട്സ്, പൊട്ടാസ്യം ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നിവ ഇതിൽ വളരെകുറവാണ് *(ചിത്രം 1.11)*. ഡയോറൈറ്റ് ശിലയിലും കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കൾ (ഹോൺബ്ലെൻഡ്, ബയോ ടൈറ്റ്) പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് ഫെൽഡ്സ്പാറിനെപ്പോലെ ധാരാളമായി കാണപ്പെ ടുന്നു.



ചിത്രം 1.11 : ഡയോറൈറ്റ്

ആൻഡിസൈറ്റ് (Andesite): ഇരുണ്ടതോ കറുത്തതോ ആയ സൂക്ഷ്മ തരി കളോട്കൂടിയ അഫനിറ്റിക് മുതൽ പോർഫിറിറ്റിക് വരെയുള്ള ടെക്സ്ചർ സ്വഭാവം കാണിക്കുന്ന ബാഹ്യജാത വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് ആൻഡിസൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.12)*. ഇതിൽ ക്വാർട്സ് തീരെ ഇല്ലെന്നുതന്നെ പറയാം. ഫെൽഡ്സ്പാർ മുഖ്യ

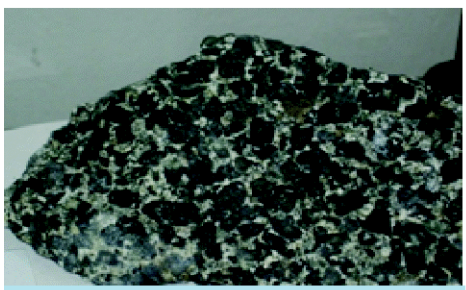
മായും ഇന്റർമീഡിയറ്റ് വിഭാഗത്തിലുള്ള പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് ആണ്. ഇതിൽ കാണുന്ന കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കൾ മുഖ്യമായും ഓഗൈറ്റ്, ഹോൺബ്ലെൻഡ്, ബയോടൈറ്റ് എന്നിവയാണ്. ചില ആൻഡിസൈറ്റ് ശിലകളിൽ ആൽക്കലി ഫെൽഡ്സ്പർ ചെറിയ അളവിൽ കാണുന്നു. ആൻഡിസൈറ്റ്, പ്ലൂട്ടോണിക് വിഭാഗത്തിലെ ഏറെക്കുറെ ഡയോറൈറ്റിന്റെ രാസഘടനയോട് ഏറേക്കുറെ സമാനത പുലർത്തുന്നു.



ചിത്രം 1.12 : ആൻഡിസൈറ്റ്

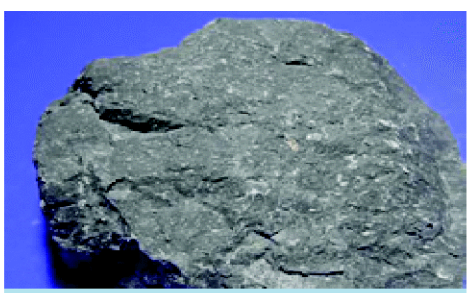
മാഫിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Mafic igneous rocks)

ഗാബ്രോ (Gabbro): സമ്പൂർണക്രിസ്റ്റലീയവും (ഹോളോക്രിസ്റ്റലൈൻ) വലിയ തരികളോടുകൂടിയതുമായ (ഫാനറിറ്റിക്) മാഫിക് അന്തർജാത ശിലയാണ് ഗാബ്രോ. ബസാൾട്ട് ശിലകൾക്ക് സമാനമാണ് ഇവയുടെ രാസഘടന *(ചിത്രം 1.13)*. പലപ്പോഴും ഇവയ്ക്ക് പച്ചകലർന്ന ഇരുണ്ട നിറമാണ്. പ്ലൂട്ടോണിക് വിഭാഗത്തിൽ പെട്ടതും വലിയതരികളുള്ളതുമായ ഗാബ്രോ ശിലയിൽ പൈറോക്സിൻ, കാൽസ്യം സമ്പന്ന പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് എന്നീ ധാതുക്കളാണുള്ളത്. ചില ഗാബ്രോ ശിലകളിൽ ഒലിവിൻ എന്ന ധാതുവും കണ്ടുവരുന്നു. ചിലതിൽ ഹോൺബ്ലെൻഡ് ചെറിയ അളവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ്, ഡയോറൈറ്റ് എന്നിവയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഗാബ്രോ ശിലകളിൽ ഫെറോമഗ്നീഷ്യൻ (ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം) ധാതുക്കൾ ഫെൽഡ്സ്പാറിനെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടിയ അളവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.13 : ഗാബ്രോ

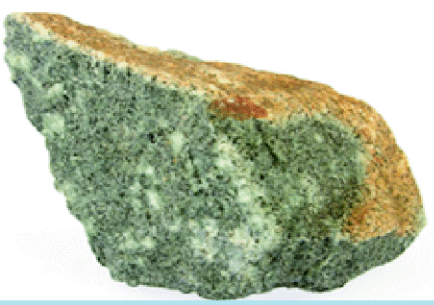
ബസാൾട്ട് (Basalt): ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്ന വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് ബസാൾട്ട്. അപക്ഷയത്തിന് ഒട്ടും വിധേയമാകാത്ത അവസ്ഥയിൽ ബസാൾട്ട് കൽക്കരിയുടെ കറുപ്പുനിറമോ ഇരുണ്ട ചാര നിറമോ ഉള്ളതും സൂക്ഷ്മതരികളടങ്ങിയതുമായ അഫനിറ്റിക് ബാഹ്യജാതശിലയാണ്. അവയിൽ പലപ്പോഴും പോർഫിറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ കാണുന്നു *(ചിത്രം 1.14)*. പൈറോക്സിൻ, കാൽസ്യം സമ്പന്ന പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ്



ചിത്രം 1.14 : ബസാൾട്ട്

എന്നിവയാണ് രണ്ട് പ്രധാന ധാതുഘടകങ്ങൾ. ഇവയിൽ തന്നെ പല ഇനങ്ങളിലും ഒലിവിനും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. സുഷിരങ്ങൾ നിറഞ്ഞ ടെക്സ്ചർ അഥവാ വെസിക്കുലർ ടെക്സ്ചർ ഉള്ള ബസാൾട്ട് ശിലയെ സ്കോറിയ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ലാവ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വച്ച് തണുത്ത് ഖരരൂപമാകുമ്പോൾ അതിലടങ്ങിയിട്ടുള്ള വാതകങ്ങൾ ലാവയിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമാകുന്നു. അതുവഴിയാണ് ധാരാളം സുഷിരങ്ങൾ സ്കോറിയയിൽ ഉണ്ടാവുന്നത്.

ഡോളിറൈറ്റ് (Dolerite): ഇടത്തരം തരികളടങ്ങിയ അന്തർജാതശിലകളാണ് ഡോളിറൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.15)*. ഇത് ഹൈപ്പബിസൽ വിഭാഗത്തിൽപെട്ടതും രാസഘടനയിൽ ബസാൾട്ടിന് സമാനവുമായ ശിലയാണ്. അതുകൊണ്ട് തന്നെ പൈറോക്സിൻ, പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് എന്നീ ധാതുക്കളാൽ സമ്പന്നമായ ബേസിക് ശിലയാണിത്. സില്ലിന്റേയും ഡൈക്കിന്റേയും രൂപത്തിലാണ് ഇവ സാധാരണയായി കണ്ടു വരുന്നത്. വെറുംകണ്ണുകൊണ്ട് കാണാൻ പ്രയാസമാണെങ്കിൽ ഒരു ഹാൻഡ് ലെൻസിന്റെ സഹായത്തോടെ അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുഘടകങ്ങളെ എളുപ്പത്തിൽ തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്. പ്ലാജിയോക്ലേയ്സും ഒലിവിനും അപൂർവമായി ക്വാർട്സും ഫീനോക്രിസ്റ്റുകളായുള്ള പോർഫിറിറ്റിക് ശിലകളായാണ് ഡോളിറൈറ്റ് പൊതുവെ കാണപ്പെടുന്നത്.



ചിത്രം 1.15 : ഡോളിറൈറ്റ്

അൾട്രാമാഫിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Ultramafic Igneous Rocks)

ഡ്യൂണൈറ്റ് (Dunite): ഇളം മഞ്ഞകലർന്ന പച്ചനിറമുള്ള ശിലകളാണ് ഡ്യൂണൈറ്റ്. ഏതാണ്ട് മുഴുവനായും വലിയതരികളുള്ള ഒലിവിൻ ധാതുവിനാൽ നിർമ്മിതമായ ഫാനറിറ്റിക് പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലയാണ് ഡ്യൂണൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.16)*. ഈ ശിലയിൽ 90 ശതമാനത്തിലധികവും ഒലിവിൻ ധാതുവാണുള്ളത്. കൂടാതെ പൈറോക്സിൻ, ക്രോമൈറ്റ് മുതലായ ധാതുക്കൾ ചെറിയ തോതിൽ കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 1.16 : ഡ്യൂണൈറ്റ്

ബസാൾട്ട്, ഗ്രാനൈറ്റ് എന്നിവയാണ് സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന രണ്ട് ആഗ്നേയശിലകളെന്നത് വളരെ വ്യക്തമാണ്. ഈ രണ്ട് ശിലകളും ടെക്സ്ചറിലും

ധാതുഘടനയിലും പ്രകടമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റിന്റെയും ബസാൾട്ടിന്റെയും സവിശേഷതകൾ ചേർത്തുകൊണ്ട് ചുവടെയുള്ള പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കുക.

ഗ്രാനൈറ്റും ബസാൾട്ടും താരതമ്യം		
	ബസാൾട്ട്	ഗ്രാനൈറ്റ്
ടെക്സ്ചർ	ചെറിയതരികൾ	
പ്രധാന ധാതുക്കൾ		ക്വാർട്സ് ഫെൽഡ്സ്പാർ
കുറഞ്ഞ അളവിൽ കാണുന്ന ധാതുക്കൾ		
രൂപംകൊള്ളുന്ന സ്ഥലം		

ആഗ്നേയശിലകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വ്യത്യസ്തതരം ടെക്സ്ചറുകൾ നിങ്ങൾ പഠിച്ചു കഴിഞ്ഞു. സമാന ടെക്സ്ചർ സ്വഭാവം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശിലകളിൽ വ്യത്യസ്ത ധാതുസഞ്ചയങ്ങളാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ജിയോളജി ലാബിൽ ലഭ്യമായ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ആഗ്നേയശിലകളുടെ സാമ്പിളുകൾ നിങ്ങൾക്കു തന്നിരിക്കും. ഇതുവരെ പഠിച്ച ടെക്സ്ചർ, ധാതുസഞ്ചയം എന്നിവ നിരീക്ഷിച്ച് പ്രസ്തുത ശിലാസാമ്പിളുകൾ തിരിച്ചറിയുക. പാഠപുസ്തകത്തിന്റെ അവസാനം അനുബന്ധം II ൽ പട്ടിക 1 നിങ്ങൾക്ക് പ്രയോജനപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. ഗ്രാനൈറ്റ്, ഗാബ്രൊ എന്നീ ശിലകളെ താരതമ്യം ചെയ്ത് സമാനതകളും വ്യത്യാസങ്ങളും എഴുതുക.
2. ഗ്രാനൈറ്റിന് തത്തുല്യമായ വോൾക്കാനിക് ശില ഏതാണ്?
3. ഗാബ്രൊയിലുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതലായി സിലിക്ക അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന രണ്ട് അന്തർജാത ആഗ്നേയശിലകളുടെ പേരെഴുതുക.

1.3 അവസാദശിലകൾ (Sedimentary rocks)

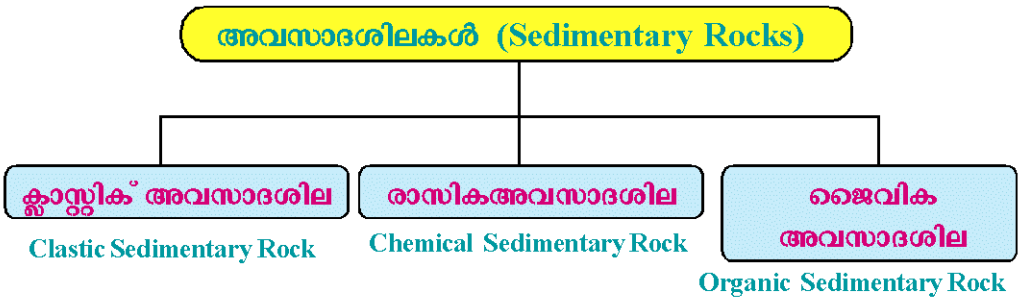
ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ അധികഭാഗവും, സമുദ്രതടമുൾപ്പെടെ, അവസാദങ്ങൾകൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടതാണ്. ഭൂവൽക്കത്തിൽ 7 ശതമാനംമാത്രമാണ് അവസാദശിലകൾ ഉള്ളത്. എന്നാൽ ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ 70 ശതമാനം ഭാഗത്തേയും അവ ആവരണം ചെയ്യുന്നു. ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിലെ ശിലകൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിച്ചുണ്ടായതാണ് അവസാദങ്ങൾ മിക്കവയും. മറ്റു ചിലത്, ധാതുഷെല്ലുകൾ സ്രവിക്കുന്ന തരം ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളാണ്. എന്നാൽ വേറെ ചില

ത്. സമുദ്രങ്ങളിലും കായലുകളിലും ലയിച്ചിരിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളും (Chemical precipitation) അജീവിയ ക്രിസ്റ്റലുകളും കൂടിച്ചേർന്നുണ്ടായ പുതിയ ധാതുക്കളാൽ നിർമ്മിതമായവയാണ്.

അടിഞ്ഞുകൂടുക എന്നർഥമുള്ള 'സെഡിമെന്റം' എന്ന ലത്തീൻ പദത്തിൽ നിന്നാണ് 'സെഡിമെന്ററി' (Sedimentary) എന്ന പദം വന്നു ചേർന്നത്. അവസാദങ്ങൾ പലതരത്തിൽ രൂപം കൊള്ളാം. പഴയ ശിലകളിൽ നിന്ന് ഭൗതിക കാരണങ്ങളാൽ സ്വഭാവികമായി രൂപംകൊണ്ട ശിലാശകലങ്ങൾ ഉൾകൊള്ളുന്നവയാണ് അവയിലൊന്ന്. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന അയഞ്ഞ അവസാദങ്ങൾ കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ തുടങ്ങിയവയാൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകയും മറ്റൊരിടത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ക്രമേണ ഇവ പാളികളായി കുമിഞ്ഞുകൂടുന്നു. അയഞ്ഞ അവസാദങ്ങൾ ദൃഢീകരിച്ചുണ്ടായ ശിലകളോ ലായനികളിൽ നിന്നും അവക്ഷിപ്തപ്പെട്ടുണ്ടായ രാസശിലകളോ, സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും അവശിഷ്ടങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ജൈവിക ശിലകളോ ആണ് അവസാദശിലകളെന്ന് നിർവചിക്കാം.

1.3.1 അവസാദശിലകളുടെ വർഗീകരണം (Classification of sedimentary rocks)

ഉൽഭവരീതിയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി അവസാദശിലകളെ താഴെപറയുന്ന മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളാക്കി വർഗീകരിക്കാം.



ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ (Clastic (Detrital) sedimentary rocks)

നേരത്തെ നിലനിന്നിരുന്ന ക്രിസ്റ്റലീയ ശിലകൾ ഭൗതികമായി വിഘടിച്ചുണ്ടായ ശിലാശകലങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് ഇത്തരം അവസാദശിലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. 'പൊട്ടിപൊടിഞ്ഞത്' എന്നർഥം വരുന്ന ക്ലാസ്റ്റോസ് എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിൽ നിന്നാണ് ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലകൾ എന്ന സംജ്ഞ ഉണ്ടായത്.

നേരത്തെയുള്ള ക്രിസ്റ്റലീയ ശിലകൾ ഭൗതിക അപക്ഷയം സംഭവിച്ച് വിഘടിക്കപ്പെടുന്നു. അവസാദങ്ങളായി മാറുന്ന അവയെ ഒഴുകുന്ന വെള്ളം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ തുടങ്ങിയവ വഹിച്ച് അനുയോജ്യമായ പ്രദേശങ്ങളിൽ മണൽ, ചരൽ, കളിമണ്ണ് തുടങ്ങിയ രൂപങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇവ ക്രമേണ ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ടാണ് ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. അവസാദങ്ങൾ

ശിലാശകലങ്ങളും ധാതുശകലങ്ങളും ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഈ വസ്തുക്കളെ അപ രദനം ചെയ്യുവാനും (കാർന്നെടുക്കാനും) വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകാനും കഴിവുള്ള കാരകങ്ങളാണ് ഒഴുകുന്ന ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, സമുദ്രം എന്നിവയൊക്കെ. വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോകുന്ന കാരകങ്ങൾക്ക് അതിനാവശ്യമായ ശേഷി കുറയു മ്പോൾ ഈ വസ്തുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. സെഡിമെന്റേഷൻ എന്നാണ് ഈ പ്രക്രിയ അറിയപ്പെടുന്നത്. ഈ രീതിയിലുള്ള അവസാദ നിക്ഷേപണത്തെ ക്ലാസ്റ്റിക് സെഡിമെന്റേഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലാ രൂപീ കരണത്തിൽ താഴെപറയുന്ന അഞ്ച് ഘട്ടങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നു.

1. **അപക്ഷയം (Weathering) :** ഭൗതിക അപക്ഷയം, രാസികാപക്ഷയം തുട ങ്ങിയ പ്രക്രിയകളിലൂടെ നിലവിലുള്ള ശിലകൾ വിഘടിക്കപ്പെട്ട് ചെറിയ കഷണങ്ങളായി മാറുന്നതാണ് ആദ്യഘട്ടം. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വെച്ച് ശിലകൾ പൊടിഞ്ഞ് അവസാദങ്ങൾ ഉൽപാദിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് പൊതുവെ അപക്ഷയമെന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത്.

2. **അപരദനം/കാർന്നെടുക്കൽ (Erosion) :** അപക്ഷയത്തിനു ശേഷമുണ്ടാ കുന്ന അവസാദങ്ങൾ അവയുടെ യഥാസ്ഥാനത്തു നിന്നും നീക്കം ചെയ്യപ്പെ ടുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണം, ഒഴുകുന്ന ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, തിരമാല കൾ മുതലായ കാരകങ്ങളാണ് ഈ പ്രക്രിയ നിർവ്വഹിക്കുന്നത്.

3. **വഹനം/കൊണ്ട്പോക്ക് (Transportation) :** കാർന്നെടുപ്പിന്റെ തുടർച്ചയാ യാണ് കൊണ്ടുപോക്ക് നടക്കുന്നത്. ഗ്രാവിറ്റിമൂലം ചരിഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളി ലൂടെ അവസാദങ്ങൾ തെന്നി നീങ്ങുകയോ ഒഴുകുന്ന ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനി കൾ, സമുദ്രതിരമാലകൾ എന്നിവയാൽ വഹിക്കപ്പെടുകയോ ആണ് ചെയ്യു ന്നത്. ഈ പ്രക്രിയകൾക്കൊടുവിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന അവസാദശിലയുടെ പഠനത്തിലൂടെ അവസാദങ്ങൾ എത്രദൂരം സഞ്ചരിച്ചിട്ടുണ്ട് എന്നതിനെക്കു റിച്ചും അത് വഹിച്ച കാരകത്തിന്റെ (Transporting agent) ഊർജ്ജ ശേഷി യെക്കുറിച്ചും ഒരു ഭൂവൈജ്ഞാനികന് അനുമാനിക്കാൻ സാധിക്കും. സാധാ രണ ഗതിയിൽ, അവസാദത്തിലെ വലിയകഷണങ്ങൾ കൊണ്ടുപോക്കിനി ടയിൽ ഉപേക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതായി കാണാറുണ്ട്. അതിനാൽ വലിയകഷണ ങ്ങൾ ഉൽഭവസ്ഥാനത്തിനോടടുത്തായും ചെറിയ അവസാദകണങ്ങൾ ഉൽഭവസ്ഥാനത്തു നിന്ന് അകലെയായും കാണപ്പെടുന്നു.

4. **നിക്ഷേപണം (Deposition) :** കൊണ്ടുപോകുന്ന ഏജന്റിന്റെ ഊർജനില വളരെക്കുറയുമ്പോൾ, വലിയ അവസാദകണങ്ങളെ വഹിക്കാനുള്ള അതിന്റെ ശേഷിയും കുറയുന്നു. കൊണ്ടുപോകുന്ന ഏജന്റിന്റെ പ്രവേഗ മാണ് യഥാർഥത്തിൽ അതിന്റെ അവസാദങ്ങളെ വഹിക്കാനുള്ള ശേഷി നിർണയിക്കുന്നത്. അതിനാൽ പ്രവേഗം കുറയുമ്പോൾ അവസാദങ്ങളുടെ ചലനം നിലയ്ക്കുകയും അവ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ വസ്തുക്കൾ കടലിലും കരയിലുമുള്ള തടങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് അവ സാദ പാളികളായി രൂപം പ്രാപിക്കുന്നു.

5. **ലിത്തിഫിക്കേഷൻ (Lithification)/ഡയാജനസിസ് (Diagenesis) :** നിക്ഷേപണ തടങ്ങളിൽ അടിഞ്ഞു കൂടിയ അയഞ്ഞ അവസാദ പദാർഥങ്ങൾ സംയോജിച്ച് ദൃഢമായ അവസാദ ശിലകളായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ലിത്തിഫിക്കേഷൻ അഥവാ ഡയാജനസിസ്. അവസാദങ്ങൾ, അവസാദശിലകളായി പരിണമിക്കുന്നതിന് ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ വേണ്ടിവരുന്നു. അവസാദങ്ങൾക്കുമേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന എല്ലാവിധ ഭൗതികവും രാസികവും ജൈവികവുമായ പ്രക്രിയകൾ ഡയാജനസിസിന്റെ ഭാഗമാണ്. അവസാദങ്ങൾ കൂടുതൽ ആഴങ്ങളിലേക്ക് അമരുമ്പോൾ ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും സംഭവിക്കുന്ന വർധനവിനോടുള്ള പ്രതികരണം കൂടിയാണ് ഡയാജനസിസ് (ഊഷ്മാവ് 200^0 c ന് മുകളിലേക്കുയരുമ്പോൾ ഡയാജനസിസ്, കായാന്തരണത്തിന്റെ തലത്തിലേക്ക് മാറുന്നു).

ലിത്തിഫിക്കേഷൻ പ്രക്രിയയുടെ ആദ്യഘട്ടം ഞെരിഞ്ഞമരൽ (Compaction) ആണ്. കൂടുതൽ അവസാദങ്ങൾ മേൽക്കുമേൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ, മുകളിലുള്ള അവസാദ പാളികളുടെ ഭാരം അടിയിലെ അവസാദങ്ങളെ അമർത്തി സമർദ്ദത്തിലാക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ സമർദ്ദത്തിലാഴ്ത്തുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ഞെരിഞ്ഞമരൽ (Compaction)

ഞെരിഞ്ഞമരലിന്റെ ഫലമായി ശിലാതരികൾക്കിടയിലെ സുഷിരങ്ങളിലുള്ള ജലം പിഴിയപ്പെടുകയും ശിലാതരികൾ കൂടുതൽ അടുത്തുവരികയും അവയ്ക്കിടയിലെ സുഷിരങ്ങളുടെ അളവ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. അവസാദങ്ങളിലൂടെ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ജലവും മറ്റുചില ദ്രവങ്ങളും ജീവീയ ഘടകങ്ങളും പുതിയ ചില ധാതുഘടകങ്ങളെ ശിലാതരികൾക്കിടയിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന ധാതുപദാർഥങ്ങൾ, കെട്ടിട നിർമാണത്തിന് ഓരോ ഇഷ്ടികയും ചേർത്തുവച്ച് ഇടയ്ക്ക് സിമന്റ് നിറയ്ക്കുന്നതുപോലെ അവസാദകണങ്ങളെ തമ്മിൽ ഒട്ടിച്ച് ചേർത്ത് നിർത്തുന്ന പശയായി വർത്തിക്കുന്നു. ഇത് സിമന്റേഷന് കാരണമാകുന്നു. അവസാദശിലകളിൽ കണ്ടുവരുന്ന സാധാരണ സിമന്റുകളിൽ ക്വാർട്സ്, കാൽസൈറ്റ്, ഹേമറ്റൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ ഉൾപ്പെടുന്നു. വിവിധങ്ങളായ ഈ പ്രക്രിയകളിലൂടെ അവസാദശിലകൾ രൂപീകൃതമാവുന്നതിന് ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ വേണ്ടിവരുന്നു. മണൽക്കല്ല് (Sandstone), ഷെയ്ൽ (Shale), കൺഗ്ലോമറേറ്റ് (Conglomerate) തുടങ്ങിയവ ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദ ശിലകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

രാസിക അവസാദശിലകൾ (Chemically formed sedimentary rocks)

മറ്റൊരുതരത്തിലുള്ള അവസാദനിക്ഷേപണം നടക്കുന്നത്, ജലത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്ന പദാർത്ഥങ്ങൾ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ അവക്ഷിപ്തപ്പെടുമ്പോഴാണ്. അപക്ഷയ പ്രക്രിയകളിലൂടെ ജലത്തിലേക്ക് എത്തുന്ന ധാതുഅയോണുകൾ, നദികളിലൂടെയും ഭൂജലത്തിലൂടെയും വഹിക്കപ്പെടുന്നു. ജലത്തിൽ ലയിച്ച

ഈ ധാതുഅയോണുകളുടെയെല്ലാം യാത്ര സമുദ്രത്തിൽ അവസാനിക്കുന്നു. കടൽജലത്തിന്റെ ലവണത്വത്തിന്റെ കാരണം ഇതാണ്. ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുകയോ ജലത്തിലെ അയോണുകളുടെ ഗാഢത മറ്റേതെങ്കിലും വിധത്തിൽ വളരെ കൂടുതലാവുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ, ഈ ലവണഅയോണുകൾ രാസപ്രവർത്തനത്തിലൂടെ വീണ്ടും സംയോജിക്കുന്നു. അങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന ധാതുലവണങ്ങൾ രാസ അവസാദങ്ങളായി അടിഞ്ഞുകൂടുകയും ക്രമേണ രാസിക അവസാദശിലകളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

വേറിട്ട് നിൽക്കുന്ന ജലാശയങ്ങളിലെ ലവണജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ വിവിധതരം ധാതുക്കൾ അവക്ഷിപ്തപ്പെടുകയും അവ രാസഅവസാദങ്ങളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന രാസ അവസാദങ്ങളെയാണ് ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങൾ (evaporites) എന്നു പറയുന്നത്. (ഹാലൈറ്റ് (NaCl) ധാതുവോട് കൂടിയ ഉപ്പ്പാറ (Rock salt), ജിപ്സം (Gypsum) തുടങ്ങിയ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഇവയ്ക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്.

ജൈവ-രാസിക അവസാദശിലകൾ
(Biochemical and organic sedimentary rocks)

ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളുടെ വിഘടനഫലമായി രൂപംകൊള്ളുന്ന അവസാദശിലകളെയാണ് ജൈവരാസിക അവസാദശിലകൾ അഥവാ ഓർഗാനിക് അവസാദശിലകൾ എന്ന് പറയുന്നത്. ജലത്തിൽ ലയിച്ചിരിക്കുന്ന ധാതുഅയോണുകളെ ആഗിരണം ചെയ്ത്, ജീവികൾ അവയുടെ തോടുകളും എല്ലുകളും നിർമിക്കുന്നു. ഈ ജീവികൾ നശിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ അവശിഷ്ടങ്ങൾ കുമിഞ്ഞുകൂടി അവസാദശിലകളായി മാറുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള നിക്ഷേപണത്തിന് ജൈവ-രാസിക സെഡിമെന്റേഷൻ അഥവാ ഓർഗാനിക് സെഡിമെന്റേഷൻ എന്ന് പറയുന്നു. ചതുപ്പു നിലങ്ങളുടെ അടിത്തട്ടിലും മറ്റും സസ്യവസ്തുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടുണ്ടാകുന്ന സസ്യ നിക്ഷേപങ്ങളും അവസാദ ശിലകളുടെ കൂട്ടത്തിൽ തന്നെ പെടുത്താവുന്നതാണ്. ഈ പ്രക്രിയവഴി രൂപംകൊണ്ട ശിലകൾക്കുദാഹരണം ഓർഗാനിക് ലൈംസ്റ്റോൺ, കൽക്കരി, പവിഴ നിക്ഷേപങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയാണ്.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. എന്ത്കൊണ്ടാണ് ജൈവിക, രാസിക അവസാദശിലകൾ നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലകളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്?
2. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് ഏത് തരം അവസാദശിലയാണ്?
3. അവസാദങ്ങൾ എങ്ങനെയാണ് ദൃഢമായ അവസാദശിലകളായി മാറുന്നത്?

1.3.2 ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകളിലെ ടെക്സ്ചറുകൾ (Textures of clastic sedimentary rocks)

ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ രൂപീകൃതമായിരിക്കുന്ന ശിലാകണങ്ങളുടെ വലിപ്പവും സ്വഭാവവും അവ എങ്ങനെ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നതും ശിലയ്ക്ക് പ്രത്യേക ടെക്സ്ചർ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ശിലാതരികളുടെ വലുപ്പം (Grain size), തരംതിരിവ് (Sorting) ഗോളാകാരം (Rounding) എന്നിവ ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു.

ശിലാതരികളുടെ വലുപ്പം (Grain size): ഒരു ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശില ഉണ്ടാകുന്നത് വിവിധതരം കണങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് സിമന്റ് ചെയ്യപ്പെട്ടാണല്ലോ. ശിലയിലെ ഈ ധാതുകണങ്ങളുടേയും ശിലാശകലങ്ങളുടേയും ജൈവ പദാർത്ഥത്തിന്റേയും, വലുപ്പത്തെ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നതാണ് "തരികളുടെ വലിപ്പം". ശിലാതരികളുടെ വലിപ്പത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവസാദകണങ്ങളെ താഴെകൊടുത്ത പട്ടിക പ്രകാരം ക്രമീകരിക്കാവുന്നതാണ് (പട്ടിക 1.2).

വിവിധതരം ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദ കണങ്ങൾ

കണങ്ങൾ	വലിപ്പം	കണങ്ങളുടെ പേര്	സംയോജിത അവസാദ ശില
ബോൾഡർ	>256 mm	ചരൽ	കൺഗ്ലോമറേറ്റ്/ ബ്രെഷ്യ (ഗോളാകാരത്തെ ആശ്രയിച്ച്)
കൊബ്ൾ	64 - 256 mm	ചരൽ	
പെബ്ൾ	2 - 64 mm	ചരൽ	
സാൻഡ്	1/16 - 2mm	മണൽ	മണൽക്കല്ല്
സിൽട്ട്	1/256-1/16mm	ചെളി	സിൽട്ട് സ്റ്റോൺ
ക്ലേ/കളിമണ്ണ്	<1/256 mm	കളിമണ്ണ്	ക്ലേസ്റ്റോൺ, മഡ് സ്റ്റോൺ, ഷെയ്ൽ

തരംതിരിവ് (Sorting): അവസാദശിലകളിലെ ശിലാതരികളുടെ വലിപ്പം എത്രത്തോളം ഐകരൂപ്യം കാണിക്കുന്നു എന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്നപദമാണ് തരംതിരിവ് അഥവാ സോർട്ടിംഗ്. തരംതിരിവ് കുറഞ്ഞ നിലയിലുള്ള ശിലയിൽ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പമുള്ള ശിലാതരികൾ - സൂക്ഷ്മകണങ്ങൾ (കളിമണ്ണ്), ഇടത്തരംകണങ്ങൾ (മണൽതരികൾ), വലിയതരികൾ (ഉരുളൻ കല്ലുകൾ) എന്നിവ

ഇടകലർന്നിരിക്കും. എന്നാൽ കൂടുതൽ തരംതിരിവുള്ള ശിലയിൽ ഇവയിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ട ശിലാതരികളായിരിക്കും ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുക. ഇടത്തരം തരംതിരിവ് കാണിക്കുന്ന ശിലകളിൽ ഒന്നുകിൽ സൂക്ഷ്മവും ഇടത്തരവും ചേർന്നതോ അല്ലെങ്കിൽ ഇടത്തരവും വലുതും ചേർന്നതോ ആയ മിശ്രണങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കും.

ഗോളാകാരം (Rounding): ശിലാതരികളുടെ ആപേക്ഷിക ആകൃതിയെ സൂചിപ്പിക്കാനാണ് ഗോളാകാരം എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ശിലാകണങ്ങളുടെ ഗോളീയ ആകൃതി എത്രത്തോളമുണ്ട് എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ച് ശിലാതരികളെ വർഗീകരിക്കാവുന്നതാണ്. 1. നല്ലവണ്ണം ഉരുണ്ട ആകൃതിയുള്ളത്, 2. ഇടത്തരം ഉരുണ്ട ആകൃതിയുള്ളത്, 3. വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ ഉരുണ്ട ആകൃതിയുള്ളത്. നല്ലവണ്ണം ഉരുണ്ട (well rounded) ശിലാതരികളുടെ വശങ്ങൾ വളരെ മിനുസപ്പെട്ടതായിരിക്കും. ഇടത്തരം രീതിയിൽ ഉരുണ്ട ശിലാതരികൾക്ക് (moderately rounded or sub rounded) കൂർത്തതും, മൂർച്ചയുള്ളതുമായ വക്കുകളുണ്ടാകും. വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രം ഉരുണ്ട കണങ്ങളുടേയും (angular grains) നല്ലവണ്ണം ഉരുണ്ട കണങ്ങളുടെയും ഇടയിലാണ് അവയുടെ സ്ഥാനം.

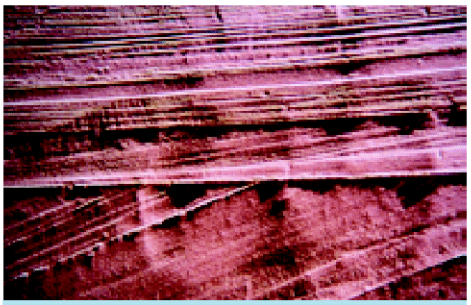
1.3.3 അവസാദഘടനകൾ (Sedimentary structures)

അവസാദ ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഘടന എന്നതുകൊണ്ട് വിവക്ഷിക്കുന്നത്, അവസാദ ശിലകളിലെ പാളികളേയും അവസാദ നിക്ഷേപണ സമയത്ത് പാളികളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഉണ്ടാവുന്ന സവിശേഷ രൂപങ്ങളേയുമാണ്. അവസാദ ശിലകളിൽ കണ്ടുവരുന്ന പ്രധാനഘടനകളാണ് താഴെ ചർച്ച ചെയ്യുന്നത്.

സ്തരീകരണവും പാളിവൽക്കരണവും (Stratification and Bedding)

വളരെ വിസ്തൃതമായി പരന്നിരിക്കുന്ന താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലാണ് അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത് എന്നതുകൊണ്ട്, ഒന്നിനുപുറകെ ഒന്നായി നടക്കുന്ന നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയകൾ പാളികളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അവസാദങ്ങളിൽ കാണുന്ന ഇത്തരം സവിശേഷതയെയാണ് ബെഡ്ഡിംഗ് അഥവാ സ്തരീകരണം എന്നുവിളിക്കുന്നത്. ബെഡ്ഡിംഗ്, അവസാദശിലകളുടെ മൗലികഘടനയാണ്. വ്യത്യസ്ത പരിതസ്ഥിതികളിൽ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതു വഴിയാണ് ബെഡ്ഡിംഗ് രൂപപ്പെടുന്നത്. അതുകൊണ്ട് വ്യത്യസ്ത ശിലാപാളികൾ നിറത്തിലും ടെക്സ്ചറിലും രാസഘടനയിലും ശിലാകണങ്ങളുടെ വലുപ്പത്തിലും പാളികളുടെ കനത്തിലും, ഒരേ ശിലാപിണ്ഡത്തിനകത്തുപോലും വ്യത്യസ്തത കാണിക്കുന്നു. പാളികളുടെ കനം വളരെകുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന അവസ്ഥയിൽ അവയെ ലാമിനേഷൻ എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. കളിമണ്ണ്, സിൽട്ട് തുടങ്ങിയ അവസാദങ്ങളിലാണ് പൊതുവേ ലാമിനേഷൻ കാണപ്പെടുന്നത്. പ്രധാനപ്പെട്ട രണ്ട് തരം ബെഡ്ഡിംഗുകൾ ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ്, ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ് എന്നിവയാണ്.

(എ) ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് (Cross bedding): ഒരു ശിലാപിണ്ഡത്തിനകത്ത് തന്നെ വിവിധ ചെരുപാളികൾ ശിലാപാളിയുടെ മുകളിലേയും താഴത്തേയും പ്രതലത്തെ അപേക്ഷിച്ചു ചരിഞ്ഞു കാണപ്പെടാറുണ്ട്. ഈ തരത്തിലുള്ള ബെഡ്ഡിംഗിനെയാണ് ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് എന്നു പറയുന്നത് *(ചിത്രം 1.17)*. അവസാദ നിക്ഷേപണ സമയത്ത് കാറ്റിന്റെ അഥവാ ജലത്തിന്റെ ദിശയ്ക്കനുസരിച്ചായിരിക്കും വിവിധ ചെരുപാളികളുടെ ചരിവ് രൂപപ്പെടുന്നത്. ബീച്ച്നിക്ഷേപങ്ങൾ, മണൽമേടുകൾ, നദീനിക്ഷേപങ്ങൾ എന്നിവയിലെല്ലാം ഇത്തരം ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് വളരെ സാധാരണമാണ്.



ചിത്രം 1.17 : ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് കാണിക്കുന്ന അവസാദശിലകൾ

(ബി) ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ് (Graded bedding): ശിലാപാളികളിലെ തരികളുടെ വലിപ്പത്തിൽ മുകളിൽ നിന്ന് താഴോട്ട് ക്രമാനുഗതമായ വ്യത്യാസം കാണുന്നതാണ് ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ്. ഏറ്റവും താഴെ വലിപ്പം കൂടിയ കണങ്ങളും മുകളിലേയ്ക്ക് വലിപ്പം കുറഞ്ഞ്കുറഞ്ഞുവരുന്നതുമായ ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ് ആണ് ഏറ്റവും സാധാരണയായി കണ്ടുവരുന്നത്. നിക്ഷേപണ പരിതസ്ഥിതിയിൽ നിക്ഷേപണ ഏജന്റിന്റെ പ്രവേഗം കുറഞ്ഞുവരുന്നതിനാലാണിത് സംഭവിക്കുന്നത്. നിക്ഷേപണ ഏജന്റിന്റെ പ്രവേഗം കുറയുമ്പോൾ ആദ്യം നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത് വലുപ്പമേറിയതും സാന്ദ്രത കൂടിയതുമായ ശിലാകണങ്ങൾ ആണ്. തുടർന്ന് ക്രമത്തിൽ ചെറിയതും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതുമായ കണങ്ങളും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ആദ്യം വലിയവ, തുടർന്ന് ഇടത്തരം വലിപ്പമുള്ളവ, അവസാനം ചെറിയതരികൾ എന്ന ക്രമത്തിൽ.

ഓളപ്പാടുകൾ (Ripple marks): ജലത്തിന്റേയൊ കാറ്റിന്റേയോ ചലനദിശയിലെ വ്യത്യാസമനുസരിച്ച് അവസാദ നിക്ഷേപത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ സമാന്തരമായോ ഏതാണ്ട് സമാന്തരമായോ രൂപംകൊള്ളുന്ന വരമ്പുകളുടെ ശ്രേണിയാണ് ഓളപ്പാടുകൾ എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത് *(ചിത്രം 1.18)*. ആഴം കുറഞ്ഞ ജലാശയങ്ങളിലെ അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളുടെ സവിശേഷ സ്വഭാവമാണ് ഓളപ്പാടുകൾ. എങ്കിലും ഉപരിതലത്തിൽ വീശുന്ന കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായും ഇത് സംഭവിക്കാം.



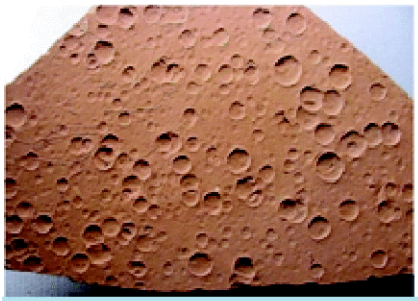
ചിത്രം 1.18 : ഓളപ്പാടുകൾ കാണുന്ന ഒരു അവസാദശില

മഡ്ക്രാക്കുകൾ (Mudcracks): ഭൗമോപരിതലത്തിലെ നനവുള്ള അവസാദങ്ങൾ ഉണങ്ങി വരളുന്നതിന്റെ ഫലമായാണ് മഡ്ക്രാക്കുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത് *(ചിത്രം 1.19)*. ഉണങ്ങി വരളുമ്പോൾ, അവസാദങ്ങൾ ഉള്ളിലേക്ക് വലിയുന്നതുമൂലമാണ് വിണ്ടുകീറൽ രൂപപ്പെടുന്നത്.



ചിത്രം 1.19 : അവസാദശിലകളിലെ മഡ്ക്രാക്കുകൾ

മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ (Raindrop marks): മഴത്തുള്ളികൾ പതിക്കുമ്പോൾ അവസാദങ്ങളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ചെറിയ, ആഴം കുറഞ്ഞ, വൃത്ത രൂപത്തിലുള്ള കുഴികളാണ് മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ *(ചിത്രം 1.20)*. ശിലോപരിതലത്തിൽ ഇവ കാണുന്നുവെങ്കിൽ, അത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അവസാദങ്ങൾ അമർന്ന് ദൃഢീകരിക്കുന്നതിനു തൊട്ടുമുമ്പ് മഴത്തുള്ളി നേരിട്ട് പതിക്കാവുന്ന വിധം അവ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് തുറന്ന അവസ്ഥയിലായിരുന്നു എന്നാണ്.



ചിത്രം 1.20 : മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ കാണുന്ന ഒരു അവസാദശില

1.3.4 സാധാരണ കാണുന്ന അവസാദശിലകൾ (Common types of sedimentary rocks)

ധാതുസഞ്ചയത്തിന്റെയും ടെക്സചറിന്റേയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികർ അവസാദശിലകളെ നാമകരണം ചെയ്യുകയും വർഗീകരിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ധാതുസഞ്ചയം കൊണ്ടുദ്ദേശിക്കുന്നത് ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന നിശ്ചിത ധാതുക്കളെയാണ്. ഉദാഹരണമായി, മണൽക്കല്ലിൽ പ്രധാനമായും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത് ക്വാർട്സ് ധാതുവായിരിക്കുമ്പോൾ ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിൽ അത് കാൽസൈറ്റാണ്. അവസാദങ്ങൾ ദൃഢീകരിച്ചുണ്ടാകുന്ന വിവിധ ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലകളെ നമുക്ക് നിരീക്ഷിക്കാം.

(I) ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ (Clastic sedimentary rocks)

(എ) കൺഗ്ലോമറേറ്റും ബ്രഷ്യയും (Conglomerate and Breccia)

പെബ്ൾസ്, കോബ്ൾസ്, ബോൾഡറുകൾ തുടങ്ങിയ വളരെ വലിയ ശിലാതരികൾ ധാരാളമായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന അവസാദശിലയാണ് കൺഗ്ലോമറേറ്റ്. വളരെ വലിയ ശിലാതരികൾ, മണൽ, സിൽറ്റ്, കളിമണ്ണ് പോലുള്ള ചെറിയ ശിലാതരികളുടെ ഒരു മിശ്രിതത്താൽ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെട്ട തരത്തിലാണ് കൺഗ്ലോമറേറ്റ് ശിലകൾ കാണുന്നത്.

കൺഗ്ലോമറേറ്റ് ശിലകൾ *(ചിത്രം 1.21 (എ))*, വളരെ ചുരുങ്ങിയതോതിൽ മാത്രം തരംതിരിവ് കാണിക്കുന്നതും, വളരെ വലിയ ഗോളാകാര ശിലാതരികൾ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലയാണ്. വലിയ ശിലാകണങ്ങൾ നല്ല വണ്ണം ഗോളാകാരം കാണിക്കുന്നവയാണ്. ഇതിന് കാരണം, അവ ദീർഘസമയം വഹിക്കൽ പ്രക്രിയയ്ക്ക് വിധേയമായിട്ടുണ്ടെന്നും വലിയ ശിലാവസ്തുക്കളെ വഹിക്കാൻ ശേഷിയുള്ള ഉയർന്ന ഊർജപരിസ്ഥിതിയിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടു എന്നുമാണ്.

ബ്രഷ്യക്ക് *(ചിത്രം 1.21 (ബി)* കൺഗ്ലോമറേറ്റിനോട് സദൃശമുണ്ട്. എന്നാൽ ഉരുണ്ട നല്ല ഗോളാകാരമായ കണങ്ങൾക്കുപകരം കൂർത്ത വക്കുകളുള്ള വലിയ ശിലാകണങ്ങളാണ് അതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ബ്രഷ്യയിലെ കൂർത്തതും വക്കുകളുള്ളതുമായ ശിലാതരികൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അവ കുറച്ചു സമയം മാത്രമേ വഹിക്കലിന് വിധേയമായിട്ടുള്ളൂ എന്നാണ്.



ചിത്രം 1.21 : എ) കൺഗ്ലോമറേറ്റ് ബി) ബ്രഷ്യ

(ബി) മണൽക്കല്ല് (Sandstone)

ഏറ്റവും സർവ്വസാധാരണമായിട്ടുള്ള അവസാദശിലകളിൽ ഒന്നാണ് മണൽക്കല്ലുകൾ *(ചിത്രം 1.22 (എ) & (ബി))*. ഏതാണ്ട് പൂർണ്ണമായും മണൽത്തരി വലിപ്പമുള്ള ക്വാർട്സ് ധാതുവിനാലാണ് ഇവ നിർമിതമായിരിക്കുന്നത്. ഈ തരികൾ ലിത്തിഫിക്കേഷൻ പ്രക്രിയ വഴി സംയോജിച്ച് ദൃഢമായതാണ്. നദികൾ, സമുദ്രം, കടൽതീരം, മരുപ്രദേശം, ഹിമാനീയം തുടങ്ങി വൈവിധ്യമാർന്ന പരിസ്ഥിതികളിൽ മണൽക്കല്ലുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.



ചിത്രം 1.22 : (എ) മണൽക്കല്ലുകൾ

(സി) ഷെയ്ൽ (Shale)

സൂക്ഷ്മതരികളുള്ള അവസാദശിലയാണ് ഷെയ്ൽ. നന്നായി ഉരുണ്ട ഗോളാകാരമുള്ള സിൽറ്റും കളിമൺ വലിപ്പത്തിലുള്ള തരികളും കൊണ്ട് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഏതാണ്ട് നല്ല തരംതിരിവ് പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശിലകളാണിവ *(ചിത്രം 1.23)*. ഷെയ്ൽ ശിലകൾ മിക്കപ്പോഴും ലാമിനേഷൻ ഘടന കാണിക്കുന്നവയാണ്. ഇതു കാരണം ശിലകൾക്ക് ഫിസിലിറ്റി (fissility) അഥവാ എളുപ്പം പൊട്ടിപ്പോകുന്ന സ്വഭാവം ലഭിക്കുന്നു. ശിലകളുടെ നേർത്ത, പരന്ന പാളികളായി അടരാനുള്ള പ്രവണതയാണ് ഫിസിലിറ്റി.



ചിത്രം 1.23 : ഷെയ്ൽ

(II) നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ (Non-clastic sedimentary rocks)

(എ) ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് (Limestone) : ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് സർവ്വസാധാരണമായ അവസാദശിലകളിൽ ഒന്നാണ്. ഏതാണ്ട് പൂർണ്ണമായും കാൽസൈറ്റ് ($CaCO_3$) ധാതുവാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് അജൈവ പ്രക്രിയ വഴിയും ജൈവ-രാസിക പ്രക്രിയ വഴിയും രൂപംകൊള്ളുന്നു. വൈവിധ്യമാർന്ന പരിസ്ഥിതികളിൽ ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് രൂപം കൊള്ളുന്നുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് തന്നെ പലതരത്തിലുള്ള ചുണ്ണാമ്പ് ശിലകൾ കാണാറുണ്ട്. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് മൊത്തം അവസാദശിലകളുടെ ഏകദേശം 10 ശതമാനം വരും. ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത് സമുദ്രജന്യ ഓർഗാനിക് ലൈംസ്റ്റോൺ വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ടവയാണ്. രാസപ്രവർത്തനഫലമായി അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്ന ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് പൊതുവെ ചെറിയ തരികളുള്ളതാണ്. എന്നാൽ ജൈവീക ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് (Organic limestone) അവയുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമായ ജീവികളുടെ തരമനുസരിച്ച് ശിലാതരികളുടെ കാര്യത്തിൽ വ്യത്യസ്തത കാണിക്കുന്നു. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ, ജീവികളുടെ അവശി



ചിത്രം 1.24 : ഫോസിലിഫെറസ് ലൈംസ്റ്റോൺ

ഷ്ടങ്ങൾ ഫോസിലുകളായി ശിലകളിൽ കാണുന്നു. മറ്റുചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ അവസാദങ്ങൾ ഉറഞ്ഞു കട്ടിയായി ശിലയായി മാറുന്നതിനിടയിൽ ഫോസിലുകൾ നശിച്ചുപോകുന്നു. ജീവികളുടെ ഷെല്ലുകളോ തിരിച്ചറിയത്തക്കവിധമുള്ള മറ്റു അവശിഷ്ടങ്ങളോ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ലൈംസ്റ്റോൺ ശിലകൾ, ഫോസിലിഫെറസ് ലൈംസ്റ്റോൺ *(ചിത്രം 1.24)* എന്ന വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ധാരാളം മഗ്നീഷ്യം അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ദ്രവങ്ങൾ ചുണ്ണാമ്പ്കല്ലിലൂടെ ഒഴുകുമ്പോൾ രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുകയും അതുവഴി അവ ഡോളോസ്റ്റോൺ (Dolostone) ആയി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. $CaCO_3$ പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിലൂടെ ഡോളമൈറ്റ് [$CaMg(CO_3)_2$] എന്ന രാസഘടനയോട് കൂടിയ പുതിയ ധാതുവായി മാറുന്നു.

(ബി) പവിഴപ്പുറ്റുകൾ (Coral Reefs): സമുദ്രജീവികൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ചുണ്ണാമ്പുകല്ലുകളാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ. കശേരുക്കളില്ലാത്ത ജീവികളായ കോറലുകൾ (Corals) അവയുടെ ജൈവിക പ്രവർത്തനഫലമായി സ്വയം കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് സ്രവങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുകയും അതുപയോഗിച്ച് പുറംഷെല്ലുകൾ നിർമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കോറലുകളുടെ ഈ ഷെല്ലുകൾ കുമിഞ്ഞ്കൂടിയാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്.

(സി) ചോക്ക് (Chalk): ഇവയും സമുദ്രത്തിലെ ചുണ്ണാമ്പ്മയ സൂക്ഷ്മജീവികളിൽ (nano fossils) നിന്നും ഉണ്ടാകുന്നവയാണ്. ഈ ജീവികൾക്ക് ജീവഹാനി സംഭവിച്ച് അവയുടെ ഷെല്ലുകൾ സമുദ്രതടത്തിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് അവസാദശിലകൾ ഉണ്ടാകാം.

(ഡി) കൽക്കരി (Coal): ജീവികളിലെ ഓർഗാനിക് കാർബൺകൊണ്ട് നിർമിതമായ ഒരിനം ജൈവിക അവസാദശിലയാണ് കൽക്കരി. കൽക്കരിയുടെ രാസഘടന, ജീവികളുടേതിൽ നിന്നും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും അവ സാദനിക്ഷേപം നടന്ന കാലഘട്ടത്തിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകൾ, തൊലി, തടി, ജീവികളുടെ മറ്റുഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഫോസിലീകൃത ഭാഗങ്ങളും അടയാളങ്ങളും കൽക്കരിയിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

അവശിഷ്ട അവസാദശിലകൾ (Residual sedimentary rocks)

വെട്ടുകല്ല് (Laterite): അപക്ഷയ പ്രക്രിയയുടെ അവശിഷ്ട ഉൽപന്നമാണ് ലാറ്ററൈറ്റ് എന്ന് നിങ്ങൾ 11-ാം ക്ലാസിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂമദ്ധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് ലഭിക്കുന്ന ശക്തമായ വർഷപാതത്തിൽ അവിടത്തെ ഇരുമ്പ്, അലൂമിനിയം എന്നീ

ലോഹധാതുക്കളാൽ സമ്പന്നമായ ശിലകൾ തീവ്ര അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ ദശലക്ഷകണക്കിന് വർഷങ്ങളിലൂടെ രൂപപ്പെടുന്നതാണ് ലാറ്ററൈറ്റ്. ഇതിലുള്ള ഇരുമ്പിന്റേയും അലൂമിനിയം ഓക്സൈഡിന്റേയും കൂടിയ ഗാഢത അവയ്ക്ക് തനതായ ചുവപ്പോ തവിട്ട് നിറമോ നൽകുന്നു.

ഈ ശിലയ്ക്ക് ലാറ്ററൈറ്റ് എന്ന് നാമകരണം ചെയ്തത് സ്കോട്ടിഷ് ഭിഷഗ്വരനായിരുന്ന ഡോക്ടർ ഫ്രാൻസിസ് ബുക്കാനൻ (1807-ൽ) ആണ്. ലത്തീൻ ഭാഷയിൽ ലാറ്ററൈറ്റ് എന്ന പദത്തിനർഥം ഇഷ്ടിക എന്നാണ്. ശുദ്ധമായ അവസ്ഥയിൽ ലാറ്ററൈറ്റ് ശിലകൾ മൃദുവും കട്ടകളായി എളുപ്പത്തിൽ വെട്ടിയെടുക്കാവുന്നവയുമാണ്. സൂര്യപ്രകാശവുമായും അന്തരീക്ഷവായുവുമായും ഉള്ള സമ്പർക്കം മൂലം ഇവ ദൃഢമായി മാറുന്നു. കേരളത്തിൽ കാസർഗോഡ്, കണ്ണൂർ, മലപ്പുറം ജില്ലകളിലെ ഇടനാട് പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ലാറ്ററൈറ്റ് വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നത്.

ഇനി നിങ്ങൾക്ക് നൽകിയിരിക്കുന്ന ചില പ്രധാനപ്പെട്ട അവസാദശിലകളെ തിരിച്ചറിയുക. ഈ പാഠപുസ്തകത്തിൽ അവസാനഭാഗത്ത് അനുബന്ധം II ലെ പട്ടിക 2-ൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന അവസാദശിലകളെ സംബന്ധിക്കുന്ന വിവരണം കൂടി കാണുക. ഈ ശിലകളിൽ കാണാവുന്ന ടെക്സ്ചർ സവിശേഷതകൾ തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിക്കുക. ഉദാഹരണമായി മണൽക്കല്ല് തന്നിരിക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക.

അത് എങ്ങനെയായിരുന്നു?

അതിലെ ശിലാതരികളുടെ വലിപ്പം എപ്രകാരമാണ്?

ശിലാതരികളുടെ ഗോളാകാരം എത്രത്തോളമുണ്ട്?

മണൽകല്ലിന്റെ നിറം, ചുവപ്പോ തവിട്ടു നിറമോ ഇളം ചാര നിറം മുതൽ വെളുത്ത നിറം വരേയോ ആയിരിക്കും. ചിലപ്പോൾ മഞ്ഞ നിറമോ പച്ചനിറമോ ആകാം. ഇത് ഒരേ വലിപ്പമുള്ള ഉരുണ്ട ശിലാതരികളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്നു. പലപ്പോഴും തരികളുടെ വലിപ്പം മണൽതരികൾക്ക് സമാനമാണ്. പാളികൾക്കനുസരിച്ച് നിറവ്യത്യാസവും ചില മണൽക്കല്ലുകളിൽ കാണുന്നു.

ഏതു ധാതുക്കളാണ് ഈ ശിലയിൽ കാണുന്നത്? ക്വാർട്സ് ധാതുവാണ് മണൽകല്ലിൽ പ്രധാനമായും കാണുന്നത്. ഫെൽഡ്സ്പാർ, മൈക്ക, മാഗ്നറ്റൈറ്റ്, ഗാർണറ്റ്, റൂടൈൽ, ഇൽമനൈറ്റ് തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളും മണൽക്കല്ലിൽ കാണാറുണ്ട്.

ഇവ ഏതു വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്ന ശിലയാണ്? തീർച്ചയായും ഇത് അവസാദശിലകളാണ്.

തന്നിരിക്കുന്ന ശിലാസാമ്പിളുകളെ ടെക്സ്ചർ സവിശേഷത, അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുസഞ്ചയം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയാനും നാമകരണം ചെയ്യാനും നിങ്ങൾക്കു കഴിയും.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. താഴെ വിവരിച്ചിരിക്കുന്ന വിശേഷണങ്ങളുള്ള അവസാദശിലകളുടെ പേര് പറയുക.
   എ) 2 mm മുതൽ 256 mm ൽ അധികം വലിപ്പമുള്ള ശിലാതരികളോട് കൂടിയ ശിലകൾ
   ബി) മണൽതരി വലിപ്പമുള്ള ക്വാർട്സ് ധാതുവിനാൽ നിർമിതമായ ശില
   സി) കാൽസൈറ്റ് ധാതുവിനാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് ശില.
   ഡി) $\frac{1}{256}$ mm ൽ താഴെ വലിപ്പമുള്ള ശിലാതരികളാൽ നിർമിതമായ ശില.
2. താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ നിന്നും നിങ്ങൾ എന്ത് അനുമാനിക്കുന്നു?
   എ) ദീർഘദൂരവഹനം = ശിലാകണങ്ങൾക്ക് ഉയർന്ന ഗോളീയത, നല്ല തരംതിരിവ്
   എ) ഹ്രസ്വദൂരവഹനം = ശിലാതരികളുടെ ശുഷ്കമായ തരംതിരിവ്, കൂർത്ത തരികൾ
3. അവസാദങ്ങളിലോ അവസാദശിലകളിലോ താഴെപറയുന്ന സവിശേഷതകൾ കാണുന്നുവെങ്കിൽ അവയുടെ നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയയെകുറിച്ച് എന്തുവിവരമാണ് അത് നമുക്ക് നൽകുക.
   എ) ക്രോസ്ബെഡ്ഡ്, ബി) ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ്, സി) മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ

1.4 കായാന്തരിത ശിലകൾ (Metamorphic rocks)

നമ്മൾ പഠിക്കേണ്ട മൂന്നാമത്തെ ഇനം ശിലകളാണ് കായാന്തരിത ശിലകൾ. താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലുമുള്ള വ്യതിയാനങ്ങൾ, ചില രാസഘടകങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലും, നീക്കംചെയ്യലും തുടങ്ങിയ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന പാരിസ്ഥിതിക അവസ്ഥകളോടുള്ള പ്രതികരണം മൂലം, നേരത്തെ നിലനിന്നിരുന്ന ശിലകൾക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചാണ് കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ഭൗതിക പരിസ്ഥിതിയിൽ ഉണ്ടാവുന്ന മാറ്റങ്ങളുടെ ഫലമായി രൂപമാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ഏതിനം ശിലയിൽ നിന്നും കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളാവുന്നതാണ്. കായാന്തരിത ശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്ന രൂപമാറ്റ പ്രക്രിയയെ കായാന്തരണം (Metamorphism) എന്നുപറയുന്നു.

മാറ്റം എന്നർഥം വരുന്ന ഗ്രീക്കുഭാഷയിലെ 'meta', രൂപമെന്നർഥമുള്ള 'morph' എന്നിവ കൂടിച്ചേർന്നാണ് മെറ്റമോർഫിസം എന്ന പദമുണ്ടായത്. മെറ്റമോർഫിസമെന്നാൽ രൂപമാറ്റമെന്നർഥം. മാതൃശില നിലനിന്നിരുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഭൂമിക്കുള്ളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ഭൗതികവും രാസപരവുമായ സാഹചര്യങ്ങളിൽ, ശിലകളിലെ ധാതുസഞ്ചയത്തിലും ടെക്സ്ചറിനും സംഭവിക്കുന്ന ക്രമപ്പെടലുകളാണ് കായാന്തരണം എന്നു നിർവ്വചിക്കാം. നൈസ്

(Gneiss), സ്ലേറ്റ് (Slate), മാർബിൾ (Marble), ഷിസ്റ്റ് (Schist), ക്വാർട്സൈറ്റ് (Quartzite) തുടങ്ങിയവ സാധാരണ കാണപ്പെടുന്ന കായാന്തരിത ശിലകൾക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്.

ഭൂവൽക്ക ചലനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ അഗാധ ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്ന ശിലകൾ, ഉയർന്ന താപനിലക്കും മർദ്ദത്തിനും വിധേയമാകുന്നു. അഗാധതലങ്ങളിൽ വെച്ച് സമ്മർദത്താൽ ശിലകൾ ഞെരുങ്ങുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ശിലകൾ ചൂട്പിടിച്ച് ഉയർന്ന മർദത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ ശിലകൾ ഉരുകി ദ്രവമാകുന്നില്ലെങ്കിലും അവയിലെ ധാതുഘടകങ്ങൾക്ക് ഘടനമാറ്റം (ചിലപ്പോൾ രാസമാറ്റവും) സംഭവിക്കും. ഇങ്ങനെയാണ് ഒരുശില കായാന്തരിത ശിലയായി മാറുന്നത്.

കായാന്തരണത്തിന്റെ പരമാവധി പരിധി, ശിലകൾ ഉരുകാൻ തുടങ്ങുന്ന താപ മർദ്ദനിലകളാണ്. ഈ പരിധി കവിഞ്ഞാൽ ശില ഉരുകിപ്പോകുമെന്നതുകൊണ്ട് കായാന്തരണം സംഭവിക്കില്ല. ശില ഉരുകാൻ തുടങ്ങിയാൽ ആ പ്രക്രിയ ആഗ്നേയ പ്രക്രിയയായി മാറുന്നു. അത് കായാന്തരിത മണ്ഡലത്തിനപ്പുറമാണെന്ന് മനസിലായല്ലോ. കായാന്തരണം നടക്കുമ്പോൾ ഖരാവസ്ഥയിൽ തന്നെയാണ് മാറ്റ പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നത്. ഇതിന് സാഹചര്യം സൃഷ്ടിക്കുന്നത്, ശിലയിലെ ധാതുതരികൾക്കിടയിലുള്ള ദ്രവങ്ങളാണ്. ഇക്കാരണം കൊണ്ട് തന്നെ ആഗ്നേയ പ്രക്രിയയിൽ നിന്നും കായാന്തരണം വളരെ വ്യത്യസ്തമാണ്.

കായാന്തരണത്തിന്റെ ഫലമായി ശിലയിലെ ധാതുസഞ്ചയത്തിലോ ടെക്സ്ചർ ഘടനയിലോ ഇവ രണ്ടിലുമോ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. പുതിയ ഊഷ്മ-മർദ്ദ സാഹചര്യങ്ങളിൽ സ്ഥിരത നിലനിർത്തുന്ന പുതിയ ധാതുസഞ്ചയങ്ങൾ ഈ കായാന്തരണ പ്രക്രിയയിലൂടെ പലപ്പോഴും ഉണ്ടാകുന്നു. രൂപാന്തരം സംഭവിക്കുന്നതിന് മുമ്പ് നിലനിന്നിരുന്ന ശിലയെ **'പൂർവ്വശില' (Protolith)** എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. കായാന്തരണത്തിലൂടെ രൂപാന്തരണത്തിന് വിധേയമാകുന്ന പൂർവ്വശിലകൾ, അവസാദശിലകളോ ആഗ്നേയശിലകളോ മറ്റൊരു കായാന്തരിത ശിലതന്നെയോ ആകാം.

1.4.1 കായാന്തരണത്തിന്റെ കാരകങ്ങൾ/ഘടകങ്ങൾ (Agents or Factors of Metamorphism)

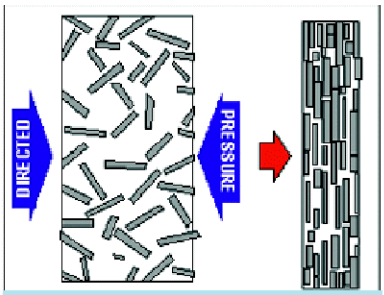
ഒരു പൂർവ്വശില രൂപാന്തരണത്തിലൂടെ കായാന്തരിതശിലയായി മാറുന്ന പ്രക്രിയയെ വ്യത്യസ്ത അനുപാതത്തിൽ സ്വാധീനിക്കുന്നത് മൂന്നു പ്രധാനഘടകങ്ങളാണ്. (1) താപം (2) മർദം (3) രാസദ്രവങ്ങൾ (വിവിധ അയോണുകൾ ലയിച്ചു ചേർന്ന ജലം) എന്നിവയാണവ.

1. താപ ഘടകം (Heat factor) : താപം രണ്ട് രീതിയിലാണ് കായാന്തരണ പ്രക്രിയയെ സ്വാധീനിക്കുന്നത്. ഒന്നാമത്, വ്യത്യസ്ത താപനിലകളിൽ ആറ്റങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത രീതിയിലും നിരക്കിലുമാണ് രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഏർപ്പെടുന്നത്. ഇതനുസരിച്ച്, ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ സ്ഥിരതയുള്ള ധാതു, ഉയർന്നതോ താഴ്ന്നതോ ആയ മറ്റൊരു താപനിലയിൽ അസ്ഥിരമാവുകയും ആ പുതിയ താപനിലയിൽ സ്ഥിരത കൈവരിക്കുന്ന ഒരു പുതിയ ധാതുവായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ടാമത്, ഉയർന്ന താപനിലയിൽ പ്രസ്തുത ധാതുപരിവർത്തനം വളരെ വേഗത്തിൽ സംഭവിക്കുന്നു.

കായാന്തരണത്തിന് സഹായകമായ താപം വിവിധ താപസ്രോതസുകളിൽ നിന്നും ഉണ്ടാകുന്നു. (1) ഭൗമാന്തർ താപവ്യതിയാനം (ഭൂമിക്കുള്ളിലെ ഓരോ കിലോമീറ്റർ ആഴത്തിനും 20^0c - 30^0c പ്രകാരം ഊഷ്മാവ് കൂടുന്നു. അതായത് ആഴങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും ഊഷ്മാവ് വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും) (2) റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റി വികിരണം മൂലമുണ്ടാകുന്ന താപം (3) ചൂടുള്ള മാഗ്മയുടെ തള്ളിക്കയറ്റം (Intrusion) മൂലം ലഭ്യമാകുന്ന താപം എന്നിവ ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു.

2. മർദ്ദ ഘടകം (Pressure Factor): വ്യത്യസ്ത ദിശകളിൽ നിന്നും ബലം ചെലുത്തപ്പെടുന്നതുകൊണ്ടാണ് ശിലകൾക്കുമേൽ മർദ്ദം ഉണ്ടാകുന്നത്. ശിലകൾക്കുമേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മർദ്ദം രണ്ട്തരത്തിലുള്ളതാണ്. **1. ശിലാസ്ഥിതികമർദ്ദം (Lithostatic pressure-Lithos-Rock; Static-Unchanged) 2. ദിശീയ മർദ്ദം (directed pressure)**. മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലകളുടെ ഭാരം മൂലം താഴെയുള്ള ശിലയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മർദ്ദമാണ് ശിലാസ്ഥിതിക മർദ്ദം. ഇത് ജലമർദ്ദത്തിന് സമാനമായതും ലംബദിശയിൽ താഴോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്നതുമാണ്. സദിശീയമർദ്ദം-ഫലക ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഈ മർദ്ദം-നിശ്ചിത ദിശകളിലാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. എല്ലാ ദിശകളിൽ നിന്നുമുള്ള ഞെരുക്കൽ (compression) ഒരു പോലെ അല്ലാത്ത പക്ഷം, അത്തരം ഞെരുക്കത്തെയാണ് വിഭിന്നദിശീയ മർദ്ദം (differential pressure) എന്ന് പറയുന്നത്. കായാന്തരണ വേളയിൽ ഇത്തരം വിഭിന്നദിശീയമർദം പ്രവർത്തിക്കുന്നെങ്കിൽ, അതിന് ശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയിൽ വലിയരീതിയിൽ സ്വാധീനം ചെലുത്താൻ കഴിയും. ദിശീയ മർദ്ദത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ധാതുവിന് നിശ്ചിത ദിശയിലേക്കുള്ള ചായ്വ് (orientation) ഉണ്ടായിരിക്കും. ശിലയിൽ ഉള്ള നീണ്ടതും പരന്നതുമായ ധാതുക്കൾ ദിശീയ മർദ്ദത്തിന്റെ ഫലമായി ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ രീതിയിൽ കായാന്തരിത ശിലകളിൽ കാണുന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടനയെ **ഫോളിയേഷൻ (Foliation)** എന്നും, ആ സവിശേഷഘടന പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശിലകളെ ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകൾ എന്നും പറയുന്നു.

നീണ്ട ക്രിസ്റ്റലുകളായി കാണുന്ന ആംഫിബോൾ (amphibole), പരന്നരീതിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന മൈക്ക (mica) പോലെയുള്ള ധാതുക്കൾ ഇത്തരത്തിലുള്ള ദിശീയമർദ്ദം മൂലം പരസ്പരം സമാന്തരമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ സംഭവിക്കുന്നത് ദിശീയ മർദ്ദത്തിൽ മാത്രമാണ്; ശിലാസ്ഥിതികമർദ്ദത്തിൽ അത് സാധ്യമല്ല. ഇവിടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം ഈ സവിശേഷത വിശദമാക്കുന്നു *(ചിത്രം 1.25).*



ചിത്രം 1.25 : കായാന്തരണ വേളയിലെ മർദ്ദത്തിന്റെ ഫലം കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം

മുകളിൽ കണ്ടതുപോലെ, പരന്നതും നീണ്ടതുമായ ധാതുക്കൾ നിശ്ചിത ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഫോളിയേഷൻ സാധ്യമാകുന്നത്. ചിത്രത്തിൽ നിന്നും അനുമാനിക്കാവുന്ന കാര്യം, പരന്നതും നീണ്ടതുമായ മൈക്ക, ക്ലോറൈറ്റ് പോലെയുള്ള ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റലുകൾ, അവയുടെ നീളം കൂടിയ അക്ഷം സങ്കോചദിശയ്ക്ക് ലംബമായി ഭ്രമണത്തിനു വിധേയമാകുന്നു എന്നാണ്.

3. **ദ്രവ ഘടകം (Fluid factor):** ദ്രവങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം കായാന്തരണ പ്രക്രിയയെ വേഗത്തിലാക്കുന്നു. വിവിധ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ജലം ആവശ്യമാണ്. കായാന്തരണ പരിസരത്തെ ജലത്തിന്റെ അളവ് കൂടുതലാകുമ്പോൾ മേൽപറഞ്ഞ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ വേഗത്തിലാകുന്നു. ഈ ദ്രവത്തിൽ ലയിച്ചു ചേർന്നിരിക്കുന്ന അയോണുകൾ, കായാന്തരണ പ്രക്രിയവഴി ഉണ്ടാകാവുന്ന ധാതുക്കൾക്ക് ആവശ്യമായ അയോണുകൾ നൽകും. അതുപോലെ തന്നെ ധാതുനിർമാണത്തിനാവശ്യമല്ലാത്തതും ആവശ്യത്തിൽ അധികമായി കാണുന്നതുമായ അയോണുകളെ അവ നീക്കം ചെയ്യും.

1.4.2 പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണവും കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡും (Recrystallization and grade of metamorphism)

കായാന്തരണം നടക്കുമ്പോൾ സംഭവിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടത്, പൂർവ്വശിലയിലെ ധാതുക്കളുടെ പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണമാണ് (ധാതുക്കളുടെ പുനഃസംഘാടനം). ഉദാഹരണത്തിന്, കായാന്തരണത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്/ചോക്ക് പോലുള്ള അവസാദ ശിലകളിലെ ചെറിയ കാൽസൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ, വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകളായി പുനഃസംഘടിപ്പിക്കപ്പെടുകവഴി മാർബിൾ എന്ന പുതിയ ശിലയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. മണൽകല്ലിന് കായാന്തരണം സംഭവിച്ച് ദൃഢത കൂടിയ ക്വാർട്സൈറ്റായി മാറുമ്പോൾ, അതിലെ മണൽതരികൾ (ക്വാർട്സ് ധാതുക്കൾ) പുനഃസംഘാടനത്തിന് വിധേയമായി, പരലുകൾ പരസ്പരം കൂടിക്കലർന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടനയുള്ള വലിയ ക്രിസ്റ്റലുക

ളായി മാറുന്നു. വർധിച്ച താപനിലയും മർദ്ദവും ധാതുക്കളുടെ പുനർസംഘാടനത്തെ വേഗത്തിലാക്കുന്നു. ഒരു ശിലയിൽ കായാന്തരണമുണ്ടാകുമ്പോൾ അതിലെ ധാതുകണങ്ങൾക്ക് പുനർസംഘാടനം സംഭവിക്കുന്നു. അപ്പോൾ പൂർവ്വശിലയിലെ ധാതുകണങ്ങളുടെ വലിപ്പത്തിലും ആകൃതിയിലും മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു എന്ന കാര്യം ശ്രദ്ധിക്കുമല്ലോ. മാത്രമല്ല, പുനർസംഘാടനത്തിൽ, കായാന്തരണത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ശിലയിലെ ധാതുസഞ്ചയത്തിന് മാറ്റമുണ്ടായിട്ടില്ലെങ്കിൽപോലും പൂർവ്വ ശിലയുടെ ടെക്സ്ചർ പ്രകടമായ പരിവർത്തനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു.

കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡ് (Grade of metamorphism)

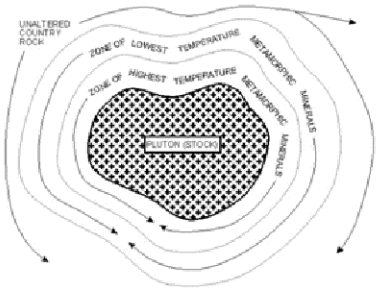
കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത് ഏതു താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലുമാണെന്ന് അതിന്റെ ഗ്രേഡ് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. 320^0c ൽ കൂടിയ താപനിലയിലും താരതമ്യേന ഉയർന്ന മർദ്ദത്തിലുമാണ് ഉന്നത ഗ്രേഡിലുള്ള (High grade) കായാന്തരണം സംഭവിക്കുന്നത്. താഴ്ന്ന ഗ്രേഡിലുള്ള കായാന്തരണങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നത്, താപനില 200 നും 320^0c ഇടയിലും താരതമ്യേന താഴ്ന്ന മർദ്ദത്തിലുമാണ്.

പൂർവ്വശിലക്ക് സംഭവിക്കുന്ന കായാന്തരണത്തിന്റെ അളവിനെ/തീവ്രതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന അനൗപചാരികമായ സംജ്ഞയാണ് കായാന്തരണ ഗ്രേഡ്. എത്രത്തോളം ഉയർന്ന താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലുമാണോ ഒരു കായാന്തരിത ശില രൂപംകൊണ്ടത് അത്രയും ഉയർന്നതായിരിക്കും ആ ശിലയുടെ കായാന്തരണ ഗ്രേഡ്.

1.4.3 വിവിധതരം കായാന്തരണങ്ങൾ (Types of metamorphism)

ഊഷ്മാവ്, മർദ്ദം, രാസികം, തുടങ്ങിയ പാരിസ്ഥിതിക ഘടകങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്ത തരം കായാന്തരണം സംഭവിക്കുന്നു. പൂർവ്വശിലകളെ പുതിയ തരം ശിലകളായി പരിവർത്തിപ്പിക്കുന്ന കായാന്തരണ പ്രക്രിയകളെ താഴെപറയുന്ന ഇനങ്ങളായി തരംതിരിക്കാം.

1. സമ്പർക്ക കായാന്തരണം (Contact metamorphism): ആഗ്നേയവസ്തുക്കളുടെ തള്ളിക്കയറൽ നടക്കുന്നതിന് (Igneous intrusion) സമീപമുള്ള മേഖലകളിലാണ് ഇത്തരത്തിലുള്ള കായാന്തരണം നടക്കുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയ വഴി മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന താപംമൂലമാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്. പ്ലൂട്ടോണുകൾ തണുക്കുമ്പോൾ, അവയിൽ നിന്നും പ്രവഹിക്കുന്ന താപം ചുറ്റുമുള്ള തദ്ദേശശിലകൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഈ താപം മിക്കപ്പോഴും സമീപത്തെ ശിലകളെ കായാന്തരണത്തിന് വിധേയമാക്കാൻ പര്യാപ്തമാണ്. ഇത്തരത്തിൽ കായാന്തരണം നടക്കുന്നത് ആഗ്നേയ ശിലാവസ്തുവിന്റെ സമ്പർക്കമേഖലയിലായതുകൊണ്ടാണ് ഇതിനെ സമ്പർക്ക കായാന്തരണം എന്നു വിളിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 1.26 : സമ്പർക്ക കായാന്തരണ മേഖലകൾ

മാഗ്മാറ്റിക് ഇൻട്രൂഷനിൽ നിന്നുള്ള താപം ഏറ്റവും കൂടുതലായി അനുഭവപ്പെടുന്നത് അതിന് തൊട്ടടുത്ത മേഖലകളിലായിരിക്കും. അതിൽ നിന്നുള്ള അകലം കൂടുന്തോറും താപത്തിന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞിരിക്കും. ഇതിൽ നിന്ന് മനസിലാക്കേണ്ടത്, ഉന്നത താപധാതുക്കൾ (High temperature minerals) രൂപം കൊള്ളുന്നത് മാഗ്മാറ്റിക് പ്ലൂട്ടോണിന്റെ വളരെ അടുത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലാഭാഗത്താണെന്നതാണ്. താരതമ്യേന താഴ്ന്ന താപധാതുക്കൾ (Low temperature minerals) രൂപം കൊള്ളുന്നത് മാഗ്മാറിക് ഇൻട്രൂഷനിൽ നിന്നും അല്പം അകന്ന ഭാഗങ്ങളിലാണ്. സമ്പർക്ക മേഖലയിൽ നിന്നും കൂടുതൽ അകലെയുള്ള തദ്ദേശശിലാഭാഗത്ത് ധാതുപരിവർത്തനമുണ്ടാക്കാൻ അവിടുത്തെ താപം മതിയാകാതെ വരുന്നതിനാൽ, അവിടുത്തെ പൂർവ്വശിലാധാതുക്കൾ മാറ്റം കൂടാതെ തുടരുന്നു (ചിത്രം 1.26). സമ്പർക്ക കായാന്തരണം മൂലം പരിവർത്തനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന തദ്ദേശശിലാപ്രദേശത്തെ 'സമ്പർക്ക കായാന്തരണ ഓറിയോൾ' (contact metamorphic aureole) എന്നു പറയുന്നു.

കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡ്, മാഗ്മയും തദ്ദേശശിലയും തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്കരേഖയിൽ നിന്ന് എല്ലാ ദിശകളിലേക്കുമുള്ള അകലം കൂടുന്തോറും കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിനോടടുത്ത് ആഴം കുറഞ്ഞ മേഖലയിൽ, മാഗ്മയ്ക്കും സമീപസ്ഥശിലയ്ക്കും ഇടയിൽ താപാന്തരം വളരെ കൂടുതലാണ്. അതായത് ഉന്നത ഊഷ്മാവും താഴ്ന്ന മർദ്ദവുമാണ് ഇവിടെ അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഈയിനം സമ്പർക്ക കായാന്തരണത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്നത് വളരെ ചെറിയ തരികളോടെയുള്ള ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത ഹോൺഫെൽസ് (hornfels) ശിലകളാണ്. ഈ വിഭാഗം കായാന്തരണ പ്രക്രിയയിൽ മുഖ്യകാരകം താപമാണ്, മറിച്ച് മർദ്ദമല്ല. അതിനാൽ ഈ കായാന്തരണത്തെ താപീയ കായാന്തരണം (thermal metamorphism) എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു.

2. **ബറിയൽ കായാന്തരണം (Burial metamorphism):** മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലകളുടെ ഭാരംമൂലം, താഴെയുള്ള ശിലകളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ശിലാമർദ്ദം ആഴം കൂടുന്തോറും കൂടുന്നു. അവസാദശിലകൾ നൂറുകണക്കിന് മീറ്റർ ആഴത്തിലേക്ക് അമരുമ്പോൾ അവയുടെ താപനില ഭിന്നദിശീയ മർദ്ദത്തിന്റെ അഭാവത്തിൽ 300°c വരെ കൂടുന്നു. ഈ ആഴത്തിൽ ഭൗമാന്തർതാപവും ശിലാസ്ഥിതിക മർദ്ദവും ശിലാധാതുക്കളുടെ പുനസംഘടനയ്ക്കും പരിവർത്തനത്തിനും കാരണമാകുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ, ശിലാമർദ്ദത്തിന്റേയും ഭൗമാന്തർതാപത്തിന്റേയും സ്വാധീനഫലമായി നടക്കുന്ന കായാന്തരണമാണ് ബറിയൽ കായാന്തരണം (Burial Metamorphism). താപനിലയും മർദ്ദവും വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ബറിയൽ

കായാന്തരണം മേഖലാതല കായാന്തരണത്തിലേക്ക് (Regional Metamorphism) മാറുന്നു.

3. **ബലകൃത കായാന്തരണം (Dynamic metamorphism):** ദിശീയമർദ്ദമോ ഞെരുക്കലോ കായാന്തരണത്തിന്റെ മുഖ്യകാരകമായി വർത്തിക്കുമ്പോൾ, അതിനെ ബലകൃത കായാന്തരണം എന്നു പറയുന്നു. ഭ്രംശതലത്തിൽ കണ്ടുവരുന്ന ധാതുക്കളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റം ഇത്തരത്തിലുള്ളതാണ്. ലോകത്തിലെ പ്രധാന ഭ്രംശ മേഖലകളിൽ കൂടി ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങൾ എതിർദിശകളിൽ പരസ്പരം തെന്നി നീങ്ങുന്നു. ഇവിടെ ഭ്രംശനത്തിന് സമീപമുള്ള ശിലകളിൽ മർദ്ദം വളരെ കൂടുതലായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ താപനില ഇവിടെ കൂടുതലായിരിക്കില്ല. ഉന്നതമർദ്ദവും താഴ്ന്ന താപനിലയിലുമുള്ള ബലകൃത കായാന്തരണത്തിന് ഈ സാഹചര്യം വഴിയൊരുക്കുന്നു. ഇത്തരം കായാന്തരണ പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി ശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയിലാണ് മാറ്റങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നത്. ധാതുക്കളുടെ രാസഘടനയിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നില്ല. തൽഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടന, വളരെ ചെറിയ ശിലാകണങ്ങൾ ഉൾകൊള്ളുന്ന മൈലോണൈറ്റ് (Mylonite) എന്ന ശിലയിലേതിന് സമാനമാണ്.

4. **മേഖലാതല കായാന്തരണം (Regional metamorphism):** വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയും മർദ്ദവും അനുഭവപ്പെടുന്ന വിസ്തൃതമായ പർവ്വത മേഖലകളിൽ ധാതു പുനർസംഘാടനം സംഭവിക്കുന്നത് മേഖലാതല കായാന്തരണം വഴിയാണ്. അതുകൊണ്ട് തന്നെ മടക്കു പർവതങ്ങളുടെ ഉള്ളിലെ കാമ്പ് ഭാഗത്ത് (Core of fold mountains) ഈ രീതിയിൽ കായാന്തരണം നടന്ന ശിലകൾ കാണുന്നു. മേഖലാതല കായാന്തരണം മിക്കപ്പോഴും ശിലാസ്ഥിതകമല്ലാത്തതും വിഭിന്നദിശീയമായതുമായ മർദ്ദത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ശിലകളിൽ നല്ല രീതിയിൽ ഫോളിയേഷനുകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. (ഉദാ: സ്ലേറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്, നൈസ് തുടങ്ങിയവ). രണ്ട് ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്നതുപോലുള്ള ഫലക ചലനങ്ങളുടെ ഫലമായാണ് ഈ മേഖലകളിൽ മർദ്ദവും ഞെരുക്കവും അനുഭവപ്പെടുന്നത്. സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ ശിലകളുടെ മടക്കപ്പെടലിനും ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ കനംകൂടുന്നതിനും കാരണമാവുന്നു. ഈ ശിലകൾക്ക് അധികം കനം ഉള്ളതിനാൽ ഭൂമിയുടെ ആഴങ്ങളിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു. അവിടെ താപനിലയും മർദ്ദവും കൂടിയ അവസ്ഥയിലായിരിക്കും.

5. **മെറ്റസൊമാറ്റിസം (Metasomatism):** ശിലകൾക്ക് കായാന്തരണം സംഭവിക്കുമ്പോൾ, ശിലയുടെ രാസഘടന ഒന്നടങ്കം പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനെയാണ് മെറ്റസൊമാറ്റിസം എന്നുപറയുന്നത്. ചുറ്റുമുള്ള ശിലകളിൽ നിന്ന് രാസവസ്തുക്കളും അയോണുകളും മറ്റു ശിലകളിലേയ്ക്ക് എത്തുന്നതുകൊണ്ടാണ് രാസഘടന മൊത്തത്തിൽ മാറുന്നത്. ഈ രാസവസ്തുക്കളെ ജലം വളരെ വേഗം

ദൂരപ്രദേശങ്ങളിലേയ്ക്ക് എത്തിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം മൂലം, പഴയശിലയിൽ ആദ്യം ഇല്ലാതിരുന്ന പല മൂലകങ്ങളും പുതിയ ശിലയിൽ എത്തിപ്പെടുകയും ആദ്യം ഉണ്ടായിരുന്ന ചിലത് ഇല്ലാതാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ശിലയിലെ ധാതുക്കൾക്ക് പുനർസംഘാടനം സംഭവിക്കുന്നതിന്, പുതിയ രാസവസ്തുക്കളുടെ സാന്നിധ്യം അത്യാവശ്യമല്ലതാനും.

1.4.4 വിവിധതരം കായാന്തരിത ശിലകൾ (Types of metamorphic rocks)

വൈവിധ്യമാർന്ന പൂർവ്വശിലകൾ ഉള്ളതുകൊണ്ടും, കായാന്തരണത്തിന്റെ തരവും നിരക്കും വ്യത്യസ്തമായതുകൊണ്ടും കായാന്തരിത ശിലകളിൽ രൂപ വൈവിധ്യം കാണുന്നു. കായാന്തരിത ശിലയിൽ ധാതുക്കൾ പാളികളായി കാണപ്പെടുന്ന സവിശേഷതയെ ഫോളിയേഷനുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്ന കാര്യം നിങ്ങൾ നേരത്തെ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുള്ളതാണ്. പുനഃസംഘാടന സമയത്ത് ശിലകൾ ഏതെങ്കിലും ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിലേക്ക് ഞെരുക്കപ്പെടുമ്പോഴാണ് ഫോളിയേഷനുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. കായാന്തരിത ശിലകളിലെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയനുസരിച്ച് ഫോളിയേഷൻ ഉള്ളവയെന്നും ഫോളിയേഷൻ ഇല്ലാത്തവയെന്നും രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്. മിക്ക കായാന്തരിത ശിലകളും ഫോളിയേഷൻ ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ്.

ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലയിലെ ധാതുതരികൾ സമാന്തരമായി അടുക്കുകളായി തീരുന്നു. ഇങ്ങനെ നിശ്ചിത ദിശയിൽ സമാന്തരപാളികളായി ധാതുകണങ്ങൾ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ലാത്ത കായാന്തരിത ശിലകൾ നോൺ ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. സ്ലേറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്, നൈസ്, ഫില്ലൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ പ്രധാനപ്പെട്ട ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകളാണ്. മാർബിൾ, ഹോൺഫെൽസ്, ഗ്രീൻസ്റ്റോൺ, ഗ്രാന്യുലൈറ്റ് എന്നിവ ഫോളിയേഷൻ ഇല്ലാത്ത ശിലകളാണ്. ചില കായാന്തരിത ശിലകളുടെ വിവരണം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

1. സ്ലേറ്റ് (Slate)

ഷെയ്ൽ എന്ന അവസാദശിലയിൽ നിന്നും രൂപംകൊണ്ട ഫോളിയേഷനുള്ള കായാന്തരിതശിലയാണ് സ്ലേറ്റ്. 'സ്ലേറ്റിക്ലീവേജ്' (Slaty cleavage) എന്ന പ്രത്യേകതരം ഫോളിയേഷനാണ് സ്ലേറ്റിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. മൈക്ക, ക്ലോറൈറ്റ്, ടാൽക്ക് തുടങ്ങിയ പരന്ന ധാതുക്കളുടെ പാളികൾ സമാന്തരമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടാണ് സ്ലേറ്റിക്ലീവേജ് ഉണ്ടാകുന്നത്.



ചിത്രം 1.27 : സ്ലേറ്റ്

മഡ്സ്റ്റോൺ, ഷെയ്ൽ തുടങ്ങിയ ക്ലേ സമ്പുഷ്ട അവസാദശിലകളിൽ നിന്നും രൂപംകൊണ്ട, വളരെചെറിയ ശിലാതരികളുള്ള കായാന്തരിത

ശിലയാണ് സ്ലേറ്റ്. ഇതിനെ വളരെ എളുപ്പത്തിൽ നേർത്ത, കനംകുറഞ്ഞ പാളികളായി അടർത്തി മാറ്റാൻ സാധിക്കും *(ചിത്രം 1.27)*. മൈക്ക, ക്ലോറൈറ്റ്, ക്വാർട്സ് തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളാണ് ഇതിൽ പ്രധാനമായും കാണുന്നത്.

കനംകുറഞ്ഞ ഷീറ്റുകളായി അടർത്തി മാറ്റാമെന്നുള്ളതുകൊണ്ട് കെട്ടിടങ്ങളുടെ മേൽക്കൂര നിർമാണത്തിന് സ്ലേറ്റ് ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. കായാന്തരണത്തിന്റെ തീവ്രത വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച്, സ്ലേറ്റിലെ ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം കൂടുകയും അവ ഫില്ലൈറ്റ് എന്ന മറ്റൊരു ശിലയായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

2. ഫില്ലൈറ്റ് (Phyllite)



ചിത്രം 1.28 : ഫില്ലൈറ്റ്

ഫില്ലൈറ്റ് സൂക്ഷ്മതരികളുള്ള ഒരു കായാന്തരിത ശിലയാണ്. വളരെചെറിയ തരികളടങ്ങിയ ഷെയ്ൽ പോലുള്ള അവസാദശിലയിൽ ധാതുപുനസംഘാടനം സംഭവിച്ചാണ് ഇതുണ്ടാകുന്നത് (ചിത്രം 1.28). ഷീറ്റുകളായി വേർപിരിയാനുള്ള ഒരു ശിലയുടെ പ്രവണതയെ ഫിസ്സിലിറ്റി (Fissility) എന്നു പറയുന്നു. പരന്ന ധാതുക്കളുടെ പ്രത്യേക ക്രമീകരണംമൂലം ഫില്ലൈറ്റിന് ഫിസ്സിലിറ്റി വളരെ കൂടുതലാണ്. മൈക്ക ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഇവയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക തിളക്കം കാണാനുണ്ട്.

താരതമ്യേന, ഗ്രേഡ് കുറഞ്ഞ കായാന്തരിതസാഹചര്യങ്ങളിലാണ് ഫില്ലൈറ്റ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. കായാന്തരിത ശിലകളായ സ്ലേറ്റിന്റേയും ഷിസ്റ്റിന്റേയും ഇടയിലുള്ള ഭൗതിക സവിശേഷതകളാണ് ഫില്ലൈറ്റിനുള്ളത്. ഇതിലെ ശിലാതരികൾ സ്ലേറ്റിലേതിനേക്കാൾ വലിപ്പം കൂടിയവയും എന്നാൽ ഷിസ്റ്റിലേതിനേക്കാൾ വലിപ്പം കുറഞ്ഞവയുമാണ്.

3. ഷിസ്റ്റ് (Schist)



ചിത്രം 1.29 : ഷിസ്റ്റ്

ഷിസ്റ്റോസ് (Schistose) എന്ന സവിശേഷ ഫോളിയേഷൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ശിലയാണ് ഷിസ്റ്റ് *(ചിത്രം 1.29)*. ഷിസ്റ്റിലെ ഫോളിയേഷൻ സ്ലേറ്റിലേതിൽ നിന്നും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പത്തിലാണ്. ഷിസ്റ്റിൽ ശിലയിലെ ധാതുക്കൾ ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുകയും അവയെ വെറും കണ്ണുകൊണ്ടും ലെൻസുപയോഗിച്ചും വ്യക്തമായി കാണാവുന്നവയുമാണ്. പരന്ന ധാതുക്കളായ ആംഫിബോൾ, മൈക്ക എന്നിവയാണ് ഷിസ്റ്റിലടങ്ങി

യിരിക്കുന്ന പ്രധാന ധാതുക്കൾ. അവ സമാന്തരമായോ ഏതാണ്ട് സമാന്തരമായോ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ ശിലകൾക്ക് പൊട്ടി പിളരാനുള്ള പ്രവണതയുണ്ട്.

സ്ലേറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നതിനേക്കാൾ ഗ്രേഡ്കൂടിയ മേഖലാതല കായാന്തരണത്തിലൂടെയാണ് ഷിസ്റ്റ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഷിസ്റ്റിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ധാതുക്കളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി അവയെ വിവിധങ്ങളായി വർഗീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ടാൽക്ക് ധാരാളമടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഷിസ്റ്റിനെ ടാൽക്ക് ഷിസ്റ്റ് എന്നുപറയുന്നു. ഇവയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ സ്പർശിക്കുമ്പോൾ ഗ്രീസീയത അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇരുണ്ട പച്ചനിറമുള്ള ഇവയ്ക്ക് വളരെയധികം ഷിസ്റ്റോസിറ്റി ഉള്ളതായി കാണാം. രണ്ട്തരം മൈക്കകൾ കാണാമെങ്കിലും മൈക്കാ ഷിസ്റ്റ് മിക്കപ്പോഴും ബയോടൈറ്റ് മൈക്കയെക്കാൾ മസ്കവൈറ്റ് മൈക്ക കൊണ്ടാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ടാൽക്ക് ഷിസ്റ്റിനേക്കാൾ ഉയർന്ന ഗ്രേഡുള്ള കായാന്തരിത ശിലയാണിത്. വലിയതരികളുള്ള ഇവയിൽ വലിയ ഒറ്റയായ മൈക്കാപാളികൾ വ്യക്തമായി കാണാൻ സാധിക്കും.

ബസാൾട്ട്, ഗാബ്രൊ തുടങ്ങിയ ആഗ്നേയ ശിലകളിൽ നിന്നും കായാന്തരണഫലമായി രൂപംകൊണ്ട ആംഫിബോൾ (ഹോൺബ്ലെന്റ്) കൂടുതലായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഷിസ്റ്റ് ആംഫിബൊലൈറ്റ് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

4. നൈസ് (Gneiss)

വലിയതരികളുള്ള ഗ്രാന്യുലർ കായാന്തരിത ശിലയാണ് നൈസ്. ഇളംനിറമുള്ള ഫെൽസിക് ധാതുക്കൾ, കടുംനിറമുള്ള മാഫിക് ധാതുക്കൾ എന്നിവയുടെ പാളികൾ ഒന്നിടവിട്ട് ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടാണ് ഇതിൽ ഫോളിയേഷൻ ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത്. ഇത്തരം ഫോളിയേഷനെ നൈസിക് ബാൻഡിംഗ് (Gneissic banding) എന്ന് വിളിക്കുന്നു *(ചിത്രം 1.30)*. ഗ്രാനൈറ്റിലേതിന് സമാനമാണ് നൈസിലെ ധാതുസഞ്ചയം. ഉന്നത ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും തീവ്രമായ കായാന്തരണം സംഭവിച്ചാണ് നൈസ് ഉണ്ടാകുന്നത്.


ചിത്രം 1.30 : നൈസ്

നിശ്ചിത പ്രതലത്തിലൂടെ പിളരാനുള്ള പ്രവണത താരതമ്യേന കുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ശിലയാണ് നൈസെന്നു പറയാം. മറിച്ച് ഷിസ്റ്റ്, അതിലെ പരന്ന ധാതുക്കളുടെ സമാന്തരമായുള്ള ക്രമീകരണം മൂലം നിശ്ചിത പ്രതലത്തിലൂടെ പിളരാനുള്ള പ്രവണത കാണിക്കുന്നു.

5. മാർബ്ൾ (Marble)

കാൽസൈറ്റ്, ചെറിയ അളവിൽ ഡോളൊമൈറ്റ് എന്നീ ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ശിലയാണ് മാർബ്ൾ *(ചിത്രം 1.31)*. ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിന് കായാന്തരണം സംഭവിച്ചാണ് മാർബ്ൾ ഉണ്ടാവുന്നത്. കായാന്തരണം മൂലം പ്രധാനമായും

ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം വർധിക്കുന്നു. കാൽസൈറ്റ്, ഡോളോമൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ എല്ലാദിശയിലും ഏറെക്കുറെ തുല്യ വലിപ്പമുള്ളവയായതിനാൽ ഷിസ്റ്റ് ശിലയിൽ നിന്നും വിഭിന്നമായി അവയിൽ മൈക്ക അടങ്ങിയിട്ടില്ലാത്ത പക്ഷം 'മാസ്സീവ്' (Massive) രൂപത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. മൈക്ക അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പക്ഷം ചെറിയ അളവിൽ ഫോളിയേഷനും കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 1.31 : മാർബ്ൾ

6. ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് (Quartzite)

മണൽകല്ല് ദൃഢമായ ക്വാർട്ട്സോടുകൂടിയ ശിലയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെട്ട് ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് ആയി മാറുന്നു *(ചിത്രം 1.32)*. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും വരെ ക്വാർട്സ് സ്ഥിരത കൈവെടിയാത്തതിനാൽ മണൽക്കല്ലിന്റേയും ചെർട്ടിന്റേയും (chert) കായാന്തരണത്തിൽ ക്വാർട്സിന് പുനഃക്രിസ്റ്റലീകരണം മാത്രമേ ഉണ്ടാകുന്നുള്ളൂ. തൽഫലമായി ക്വാർട്സ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ പരസ്പരം ഇടതൂർന്ന് വളർന്ന് ദൃഢതകൂടിയ ക്വാർട്ട്സൈറ്റായി മാറുന്നു.



ചിത്രം 1.32 : ക്വാർട്ട്സൈറ്റ്

മണൽക്കല്ലിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി, ക്വാർട്ട്സൈറ്റിൽ സുഷിരങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല, മറിച്ച് മിനുസമുള്ള ഫ്രാക്ചർ കാണുകയും ചെയ്യുന്നു. ചുറ്റിക കൊണ്ട് അടിച്ചാൽ, ഈ ശിലകൾ ക്വാർട്സ് തരികളിലൂടെ പൊട്ടി ക്രമരഹിതമായ പ്രതലത്തിനുപകരം മിനുസമായ പ്രതലം കാഴ്ചവെയ്ക്കുന്നു.

ഉന്നത ഗ്രേഡിലുള്ള കായാന്തരണം **ഗ്രാന്യുലൈറ്റ് (granulite)** എന്ന മറ്റൊരു ശിലയുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. പരന്ന ധാതുക്കളൊന്നും തന്നെ അടങ്ങിയിട്ടില്ലാത്തതിനാൽ ഇവ ഫോളിയേഷൻ കാണിക്കുന്നില്ല. ഗ്രാന്യുലൈറ്റിൽ മൈക്ക, ആംഫിബോൾ എന്നീ ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിട്ടില്ല. എന്നാൽ പൈറോക്സിൻ, ഗാർണറ്റ്, കയനൈറ്റ്, സില്ലിമനൈറ്റ്, ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. തരിവലുപ്പം കുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന, ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത മറ്റൊരു കായാന്തരിത ശിലയാണ് ഹോൺഫെൽസുകൾ. തരിവലുപ്പം കൂടിയ ഹോൺഫെൽസുകളെ ലെൻസിന്റെ സഹായത്താൽ ഗോചരമാകുന്നുണ്ടെങ്കിൽ അവ ഗ്രാന്യുലൈറ്റ് വിഭാഗത്തിൽ തന്നെ ഉൾപ്പെടുത്തുന്നു.

7. ചാർണൈക്കൈറ്റ് (Charnockite)

ഗ്രാനുലിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ ഘടനയോടുകൂടിയ ഹൈപ്പർസ്തീൻ ധാതു അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഗ്രാനൈറ്റിനെയാണ് ചാർണൈക്കൈറ്റ് എന്ന് പറയുന്നത് *(ചിത്രം 1.33)*. ഹൈപ്പർസ്തീൻ, ഫെൽഡ്സ്പാർ, ക്വാർട്സ് എന്നിവയാണ് ഈ ശിലയിൽ



ചിത്രം 1.33 : ചാർണക്കൈറ്റ്

അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പ്രധാന ധാതുക്കൾ. ചിലയിനത്തിൽ തവിട്ടു കലർന്ന പച്ചനിറത്തിലുള്ള ഹോൺബ്ലെൻഡും ധാരാളമായി ടൈറ്റാനിയവും അടങ്ങിയിരിക്കും. കേരളത്തിൽ കാണുന്ന പ്രധാനപ്പെട്ട ശിലാഗ്രൂപ്പുകളിലൊന്നാണ് ചാർണക്കൈറ്റ്. വ്യത്യസ്ത രാസഘടനയോട് കൂടിയ ചാർണക്കൈറ്റുകളെ കുറിച്ച് ആദ്യമായി വിശദീകരണം ലഭിച്ചത് തമിഴ്നാട് സംസ്ഥാനത്തിൽ നിന്നാണ്. കൊൽക്കത്ത നഗരത്തിന്റെ സ്ഥാപകനായ ജോബ് ചാർണോക്കിന്റെ നാമധേയത്തിലാണ് ഈ ശിലക്ക് ആ പേര് ലഭിച്ചത്. ലോകത്തെമ്പാടും ചാർണക്കൈറ്റ് കാണപ്പെടുന്നു. പലപ്പോഴും അപരദനത്തിന് വിധേയമായ മിക്ക പ്രീകാംബ്രിയൻ ആധാര ശിലകളും ചാർണക്കൈറ്റാണ്.

ചാർണക്കൈറ്റ് ശിലകൾ സിലിക്കേറ്റ് മാഗ്മയുടെ അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിലൂടെ (Fractional crystallisation) ഉണ്ടായതാണെന്നായിരുന്നു മുൻകാലങ്ങളിൽ വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. പിൽക്കാലത്ത് നടന്ന പഠനങ്ങൾ, ഇവ കായാന്തരിത ശിലകളാണെന്നും ഉന്നത മർദ്ദത്തിലും താപനിലയിലും പൂർവ്വശിലയിലെ ധാതുക്കൾക്ക് പുനഃക്രിസ്റ്റലീകരണം സംഭവിച്ചാണ് ചാർണക്കൈറ്റ് ഉണ്ടായതെന്നും തെളിയിച്ചു.

ഇനി, നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിലെ ഭൂവിജ്ഞാനീയ ലബോറട്ടറിയിൽ ലഭ്യമായിട്ടുള്ള കായാന്തരിത ശിലകളെ തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിക്കുക. പാഠപുസ്തകത്തിന്റെ അവസാനഭാഗത്ത് ചേർത്തിരിക്കുന്ന അനുബന്ധം II ൽ പട്ടിക 3 ലെ കായാന്തരിത ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരണങ്ങളും കാണുക. ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകളും (സ്ലേറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്, നൈസ്) ഫോളിയേറ്റഡ് അല്ലാത്ത ശിലകളും (മാർബ്ൾ, ക്വാർട്സൈറ്റ്, ചാർണക്കൈറ്റ്) കാണിക്കുന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടനകൾ താരതമ്യം ചെയ്യുക. ഓരോ കായാന്തരിത ശിലയിലും പ്രകടമായി കാണുന്ന ധാതുക്കൾ ഏതൊക്കെയാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുക. പൂർവ്വശിലയിൽ നിന്നും വിവിധ കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപീകൃതമായിരിക്കുന്നത്, ഏതേത് തരത്തിലുള്ള കായാന്തരണ പ്രക്രിയകളിലൂടെയായിരിക്കുമെന്ന് പ്രസ്താവിക്കുക.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

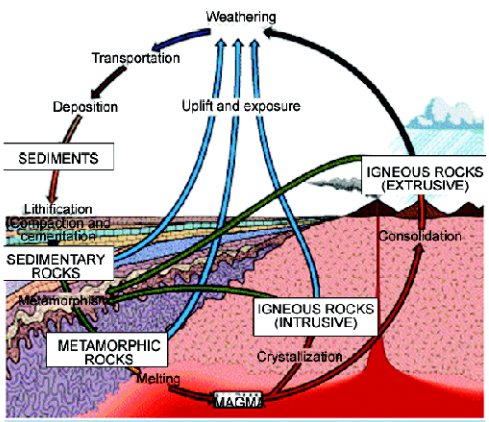


1. ഓരോ കായാന്തരിത ശിലയ്ക്കും ഒരു പൂർവ്വശിലയുണ്ടായിരിക്കും. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഓരോ കായാന്തരിതശിലയുടേയും പൂർവ്വശില ഏതെന്ന് കണ്ടെത്തുക.
   സ്ലേറ്റ്, മാർബ്ൾ, ക്വാർട്സൈറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്
2. കായാന്തരണ പ്രക്രിയയിൽ ഫോളിയേഷൻ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയാണ്?
3. കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡ്, ശിലയിലെ ഫോളിയേഷന്റെ മികവ് എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടെത്താമോ?

1.5 ശിലാചക്രം (Rock cycle)

പ്രധാനമായും മൂന്ന് തരം ശിലകളുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചുകഴിഞ്ഞു. ഓരോ ഇനം ശിലയും എങ്ങനെയുണ്ടാകുന്നു എന്നും അവയ്ക്കോരോന്നിനും ഉദാഹരണം കണ്ടെത്താനാകുമെന്നും നിങ്ങൾ ഉറപ്പുവരുത്തുക. ഭൂമിയിലെ ശിലകൾ ഒരേ രൂപത്തിൽ തന്നെ എന്നും നിലനിൽക്കുന്നില്ല. അപക്ഷയം, വലിയ തോതിലുള്ള ഭൂചലനം തുടങ്ങിയവ കാരണം, അവ തുടർച്ചയായി മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. കാലപ്രവാഹത്തിൽ, ഒരു ശില മറ്റൊന്നായി മാറിയേക്കാം. ശിലാചക്രമെന്ന (rock cycle) ഒരു ഭൗമമാതൃക ഇത് വിശദമാക്കുന്നു. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളിലൂടെ ശിലകൾ സാവധാനം പുനർനിർമ്മിയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ശിലാചക്രം, ഭൂമിയിലെ ശിലകൾ എങ്ങനെ വീണ്ടും വീണ്ടും മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുന്നു എന്ന് കാണിക്കുന്നു.

ആഗ്നേയശിലകൾ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുകയും പൊടിഞ്ഞ് അവസാദങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അവസാദങ്ങൾ ശിലാരൂപം കൈവരിച്ച് അവസാദശിലകളാകുന്നു. അവസാദശിലകൾ ഭൗമപ്രക്രിയകൾ വഴി ആഴങ്ങളിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുകയും ഉന്നത താപത്തിനും മർദ്ദത്തിനും വിധേയമായി കായാന്തരിത ശിലകളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉരുകിയ ശിലാദ്രവം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട് വീണ്ടും ആഗ്നേയശിലയുണ്ടാകുന്നു. ഇങ്ങനെ ശിലാചക്രം പൂർണ്ണമാവുന്നു.



ചിത്രം 1.34 : ശിലാചക്രം

ശിലാചക്രത്തിൽ മാറ്റത്തിന്റെ വിവിധ വഴികൾ സാധ്യമാണ്. ഈ പ്രക്രിയകൾ ഊഷ്മാവ്, മർദ്ദം, കാലം, ഭൂവൽക്കത്തിലേയും ഭൗമോപരിതലത്തിലേയും പരിസ്ഥിതിയിലെയും മാറ്റം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മൂന്ന് വിഭാഗം ശിലകളേയും പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന തുടർച്ചയായ പരിവർത്തന പ്രക്രിയയെയാണ് ശിലാചക്രം പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്.

ചിത്രം 1.34 ലെ ശിലാചക്രം പരിശോധിച്ച്, ഒരു മാഗ്മയിൽ നിന്നും ഗ്രാനൈറ്റ്, ഗ്രാനൈറ്റിൽ നിന്ന് കായാന്തരിത ശിലയായ നൈസ്, നൈസിൽ നിന്ന് സാൻഡ്സ്റ്റോൺ തുടങ്ങിയവ ഉണ്ടാകുന്ന പാത മനസിലാക്കുക. നിങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന പുസ്തകത്തിൽ ഈ ആശയങ്ങൾ ചിത്രരൂപത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിവയ്ക്കുക.



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെയും ഭൗമവ്യവസ്ഥയുടെ ചലനാത്മാകതയുടെയും പഠനത്തിന് ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് അനിവാര്യമാണ്. ഫലകചലനങ്ങളോടൊപ്പം ശിലകളും സസ്യജാലങ്ങളും അപക്ഷയവും ഒക്കെ നമുക്ക് ചുറ്റും ദൃശ്യമാകുന്ന വൈവിധ്യങ്ങളായ ഭൂപ്രകൃതിയെ നിർവ്വചിക്കുന്നു.

ആഗ്നേയശിലകളിൽ പരസ്പരം വിളക്കിചേർത്ത രീതിയിലാണ് അതിലെ ശിലാകണങ്ങൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ വലുപ്പം, ഉരുകിയ മാഗ്മ എത്രവേഗത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ എത്ര സാവധാനത്തിലാണ് ഖരീഭവിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മിക്ക അവസാദശിലകളിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്, മാതൃശിലയ്ക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിച്ച് രൂപം കൊണ്ട, നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിനുമുമ്പ് ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ എന്നിവയാൽ വഹിക്കപ്പെട്ട ശിലാതരികളാണ്. അവസാദശിലയുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയ്ക്ക്, അവസാദങ്ങൾ ശിലാവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്നതിന് മുമ്പ് അവ ഏത് തരം പരിസ്ഥിതിയിൽ നിന്നാണ് അപക്ഷയം, വഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നിവ സംഭവിച്ചതെന്ന് സൂചന നൽകാൻ കഴിയും.

അവസാദശിലകളിൽ നിന്നും ആഗ്നേയശിലകളിൽ നിന്നും മാത്രമല്ല, മറ്റു കായാന്തരിത ശിലകളിൽ നിന്നും കായന്തരിത ശിലകൾ ഉൽഭവിക്കുന്നു. കാലപ്രവാഹത്തിൽ താപത്തിന്റേയും മർദ്ദത്തിന്റേയും സ്വാധീനഫലമായാണ് കായാന്തരിത ശിലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ശിലയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുകണങ്ങളുടെ സമാന്തര ക്രമീകരണത്തിലൂടെയാണ് ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകളുണ്ടാകുന്നത്. ധാതുക്കൾ സമാന്തര ബാൻഡുകളായി ക്രമീകരിക്കാത്ത ശിലകളാണ് ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത ശിലകൾ. ശിലാചക്രം, ഒരു വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ട ശില രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ച് മറ്റൊരുതരം ശിലയാകുന്ന പ്രക്രിയകൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെപറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് അവസാദശില.

   എ) ഷെയ്ൽ ബി) സ്ലേറ്റ് സി) ഗ്രാനൈറ്റ് ഡി) ചാർണൈക്കൈറ്റ്

2. അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തിലെ ക്രമം ഏതാണ്?

   എ) നിക്ഷേപണം - ഒട്ടിച്ചേരൽ - ദൃഢീകരണം

   ബി) ദൃഢീകരണം - നിക്ഷേപണം - ഒട്ടിച്ചേരൽ

   സി) നിക്ഷേപണം - ദൃഢീകരണം - ഒട്ടിച്ചേരൽ

3. ആഗ്നേയ ശിലകളിലെ ചെറിയ തരികളുടെ സാന്നിധ്യം എന്താണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്?

   എ) ശിലാദ്രവം വളരെ വേഗത്തിൽ തണുത്തത്.

   ബി) ശിലാദ്രവം വളരെ സാവധാനം തണുത്തത്.

   സി) ശിലാദ്രവം വളരെ ആഴത്തിലാണ് തണുത്തത്.

   ഡി) ഉൽഭവപരമായി തന്നിരിക്കുന്ന ശില പ്ലൂട്ടോണിക് ആണ്.

4. കായാന്തരിത ശിലകളെ സംബന്ധിച്ച് ശരിയായ പ്രസ്താവന ഏത്?

   എ) ഉരുകുന്നതുവരെ ചൂടാകുമ്പോഴാണ് അവ ഉണ്ടാകുന്നത്.

   ബി) ചൂടായ അവസാദശിലകളിൽ നിന്നുമാത്രമാണ് അവ ഉണ്ടാകുന്നത്

   സി) എല്ലാതരം ശിലകളിൽ നിന്നും അവ ഉണ്ടാകുന്നു.

   ഡി) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലാണ് അവ ഉണ്ടാകുന്നത്.

5. മൂന്ന് വിഭാഗം ശിലകളിൽ, ഏതിനമാണ് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നത്, ഏതിനമാണ് ഭൂവൽക്കത്തിന് താഴെ ഉണ്ടാകുന്നത്?

6. എന്തുകൊണ്ടാണ് അന്തർജാത ശിലകളിൽ വലിയതരികളും ബാഹ്യജാത ശിലകളിൽ ചെറിയ ശിലാതരികളും കാണപ്പെടുന്നത്?

7. ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ ക്ലാസ്റ്റിക് അല്ലാത്ത ശിലകളിൽ നിന്നും എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?

8. മണൽക്കല്ല്, ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് എന്നീ ശിലകൾ തമ്മിലുള്ള സാദൃശ്യങ്ങളും വ്യത്യാസങ്ങളും എന്തൊക്കെയാണ്?

9. സ്ലേറ്റ്, നൈസ് എന്നീ ശിലകളെ വേർതിരിക്കുന്നതെങ്ങനെ?

10. ഗ്രാനൈറ്റ്, ബസാൾട്ട് എന്നീ ശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടന, ധാതുസഞ്ചയം എന്നിവ എഴുതുക.

11. ക്വാർട്സ് ധാരാളമായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ആഗ്നേയ, അവസാദ, കായാന്തരിത ശിലകളുടെ പേരെഴുതുക.

12. ആഗ്നേയശില അവസാദശിലയായും അത് കായാന്തരിത ശിലയായുമൊക്കെ പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ചാക്രിക പ്രക്രിയ വിശദീകരിക്കുക.

അധ്യായം

02 സാമ്പത്തിക ധാതു നിക്ഷേപങ്ങൾ (Economic Mineral Deposits)

B7F3M3

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെ അയിരുകളായി കണക്കാക്കുന്നതിനുള്ള വ്യവസ്ഥകൾ വ്യക്തമാക്കുന്നു.
- മാഗ്മാറ്റിക് കോൺസെൻട്രേഷൻ പ്രക്രിയ വഴി രൂപം കൊള്ളുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെ വിവരിക്കുന്നു.
- താപീയജല ധാതു നിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന പ്രക്രിയകൾ വിവരിക്കുന്നു.
- അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന വിധം പ്രസ്താവിക്കുന്നു.
- അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപങ്ങളും പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങളും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചറിയുന്നു.
- കായാന്തരണം ധാതുക്കളുടെ രൂപീകരണത്തിന്റെ ഒരു രീതിയായി തിരിച്ചറിയുന്നു.
- കോൺടാക്ട് മെറ്റാസൊമാറ്റിസവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് രൂപം കൊള്ളുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെക്കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.
- പ്രധാന ലോഹ - അലോഹധാതുക്കളുടെ സാമ്പിളുകൾ അവയുടെ പ്രധാന ഭൗതിക ഗുണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- ചില പ്രധാന വ്യവസായിക ധാതുക്കളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ പരാമർശിക്കുന്നു.

ഒരു രാജ്യത്തിലെ മനുഷ്യസമൂഹത്തിന്റെ ക്ഷേമവും ശാസ്ത്രസാങ്കേതിക വിദ്യയുടേയും സാമ്പത്തിക പുരോഗതിയുടേയും സാമ്പത്തിക വികാസത്തിന്റേയും നിരക്കും ഒരു പരിധിവരെ ധാതു വസ്തുക്കളുടെ ലഭ്യതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കൃഷി, രാസവളനിർമാണം, വിളവെടുപ്പ്, ഗതാഗതം, വാഹനങ്ങളുടെ നിർമ്മാണം തുടങ്ങിയ ആധുനിക കാലത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ആവശ്യങ്ങൾക്കെല്ലാം അനിവാര്യമായതും ഒഴിച്ചുകൂടാനാവാത്തതുമായ വസ്തുവാണ് ധാതുക്കൾ. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു കമ്പ്യൂട്ടറിന്റെ നിർമ്മിതിയ്ക്ക് ആവശ്യമായ സിങ്ക്, ലെഡ്, മെർക്കുറി, ടിൻ, ടെലൂറിയം, വെള്ളി തുടങ്ങിയ 38-ഓളം മൂലകങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ വിവിധയിനം ധാതുക്കളിൽ നിന്നും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നവയാണ്.

സാമ്പത്തിക ഭൂവിജ്ഞാനീയം (Economic Geology) :- *സാമ്പത്തിക ആവശ്യങ്ങൾക്കോ വ്യവസായിക ആവശ്യങ്ങൾക്കോ വേണ്ടി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന ഭൗമവസ്തുക്കളെ സംബന്ധിച്ച് പഠിക്കുന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനിക ശാസ്ത്രശാഖയാണ് സാമ്പത്തിക ഭൂവിജ്ഞാനീയം.* ആഗോള ജനസംഖ്യാ വർദ്ധനവ്, ഉയർന്ന ജീവിത നിലവാരം എന്നീ കാരണങ്ങളാൽ ഒരു അസംസ്കൃതവസ്തു എന്ന നിലയിൽ ധാതുക്കളുടെ ആവശ്യകത വർദ്ധിക്കാനിടയായി. തത്ഫലമായി സാമ്പത്തിക ഭൂവിജ്ഞാനീയം ആധുനിക കാലഘട്ടത്തിലെ ഏറെ പ്രാധാന്യമുള്ള ഒരു വിഷയമായി മാറിയിട്ടുണ്ട്.

2.1 ധാതുക്കളും അയിരുകളും (Minerals and Ores)

ശിലകളെല്ലാം തന്നെ ഒന്നോ അതിലധികമോ ധാതുക്കളാൽ നിർമ്മിതമാണെന്ന് മുൻ അധ്യായത്തിൽ നാം മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ആറ്റങ്ങൾ ഒരു നിശ്ചിത രീതിയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള രാസ സംയുക്തങ്ങളാണ് (chemical compounds) ധാതുക്കൾ. ഉദാഹരണമായി പറഞ്ഞാൽ ക്വാർട്ട്സ് (SiO_2) എന്ന ധാതു ഓക്സിജൻ, സിലിക്കൺ എന്നീ മൂലകങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. വളരെക്കുറച്ച് ധാതുക്കൾ മാത്രമേ പ്രകൃതിയിൽ മൂലകാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ഭൂരിഭാഗം ധാതുക്കളും രണ്ടോ അതിലധികമോ മൂലകങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്നാണ് രൂപംകൊള്ളുന്നത്.

ഓക്സിജൻ, സിലിക്കൺ, അലുമിനിയം, ഇരുമ്പ്, കാൽസ്യം, സോഡിയം, പൊട്ടാസ്യം, മെഗ്നീഷ്യം എന്നീ എട്ട് മൂലകങ്ങളാണ് ഭൂവൽക്കത്തിൽ സുലഭമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവയിൽ ഭൂവല്ക്കഭാഗത്ത് ഏറ്റവും സമൃദ്ധമായി ഓക്സിജനും രണ്ടാമതായി സിലിക്കൺ മൂലകവും കണ്ടുവരുന്നു. ലളിതമായി പറഞ്ഞാൽ ഈ രണ്ട് മൂലകങ്ങളും കൂടിച്ചേരുമ്പോൾ സിലിക്കേറ്റുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. നമ്മുടെ ഭൗമ ഗ്രഹത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഭൂരിഭാഗം ശിലകളും ക്വാർട്ട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ തുടങ്ങിയ സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളാൽ നിർമ്മിതമാണ്.

എന്താണ് അയിരുകൾ? (What constitutes an ore?)

ഇരുമ്പ് (Fe), ചെമ്പ് (Cu), സ്വർണ്ണം (Au), വെള്ളി (Ag), സിങ്ക് (Zn), നിക്കൽ (Ni), അലുമിനിയം (Al) തുടങ്ങിയ ലോഹങ്ങളുടെയും അലോഹ വസ്തുക്കളായ ജിപ്സം, മൈക്ക, കളിമണ്ണ് (ക്ലേ), ടാൽക് മുതലായവയുടേയും സ്രോതസ്സായി നാം ധാതുക്കളെ ആശ്രയിക്കുന്നു. പ്രധാനപ്പെട്ട പല ലോഹ മൂലകങ്ങളുമുൾക്കൊള്ളുന്ന ധാരാളം ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയ ശിലകൾ ഭൂമിയിലുണ്ട്. ഇത്തരം ശിലകളിൽ നിന്നും വളരെ കുറഞ്ഞ ചെലവിൽ ലോഹമൂലകങ്ങളെ വേർതിരിച്ചെടുക്കാൻ കഴിയുന്നു. ലാഭകരമായ രീതിയിൽ ഒന്നോ അതിലധികമോ ലോഹങ്ങളെ വേർതിരിച്ചെടുക്കാൻ കഴിയുന്ന ഭൗമവസ്തുക്കളാണ് അയിരുകൾ. ഉദാഹരണമായി ബോക്സൈറ്റ് എന്ന ധാതുവിൽ നിന്ന് അലുമിനിയം എന്ന ലോഹം വ്യാവസായികമായി വേർതിരിച്ചെടുക്കാം.

ഒരു ലോഹം ഒന്നിലധികം അയിരുകളിൽ നിന്ന് വേർതിരിച്ച് എടുക്കാവുന്നതാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ഇരുമ്പ് എന്ന ലോഹം ഹെമറ്റൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ് തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളിൽ നിന്നും ഇരുമ്പ് അടങ്ങിയ മറ്റ് ചില ധാതുക്കളിൽ നിന്നുമാണ് ലഭിക്കുന്നത് (ചിത്രം - 2.1 എ & ബി)



ചിത്രം 2.1: ഇരുമ്പയിര് (എ) ഹേമറ്റൈറ്റ് (ബി) മാഗ്നറ്റൈറ്റ്

ഒരു അയിരുനിക്ഷേപത്തിൽ നിന്ന് ഒന്നിലധികം ലോഹങ്ങൾ ലഭിക്കാറുണ്ട്. വേറൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ഒരു ധാതുനിക്ഷേപത്തിൽ വ്യത്യസ്ത അയിരുകൾ കാണപ്പെടാറുണ്ട്. ഒരു ലോഹം മാത്രം ലഭ്യമാകുന്ന അയിരുകളെ **ഏക ലോഹ അയിരുകൾ (Simple Ore)** എന്നും നിരവധി ലോഹങ്ങൾ ലഭ്യമാകുന്ന അയിരുകളെ **ബഹുലോഹ അയിരുകൾ (Complex Ore)** എന്നും വിളിക്കുന്നു. അയിരുകളിൽ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ചില ലോഹകൂടിച്ചേരലാണ് സ്വർണ്ണം- വെള്ളി, വെള്ളി - ലെഡ് (ഈയ്യം), ലെഡ് - സിങ്ക് (നാകം), സിങ്ക് - ചെമ്പ്, ചെമ്പ് - സ്വർണ്ണം - മോളിബ്ഡിനം, ടൈറ്റാനിയം - ഇരുമ്പ് തുടങ്ങിയവ.

ലോഹങ്ങളും അവയുടെ അയിരുകളും (Metals & their Ore Minerals)

നിരവധി വ്യത്യസ്തതരത്തിലുള്ള അയിരുധാതുക്കളെ പ്രകൃതിയിൽ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടിക. 2-1 ൽ നാം സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന ലോഹമൂലകങ്ങളുടേയും അവയുടെ പ്രധാനപ്പെട്ട അയിരുകളുടേയും വിവരങ്ങൾ നൽകുന്നു.

പട്ടിക 2.1 സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന ചില ലോഹങ്ങളും അവയുടെ പ്രധാന അയിര് ധാതുക്കളും

ലോഹങ്ങൾ	അയിരുകൾ	രാസഘടന
ഇരുമ്പ്	ഹെമറ്റൈറ്റ്	Fe_2O_3
	മാഗ്നറ്റൈറ്റ്	$FeO.Fe_2O_3$
	ലിമൊണൈറ്റ്	$Fe_2O_3.H_2O$
ചെമ്പ്	ചാൽക്കൊപൈറൈറ്റ്	$CuFeS_2$
	നേറ്റീവ് കോപ്പർ	Cu
മാംഗനീസ്	പൈറോലുസൈറ്റ്	MnO_2
	സിലോമലെൻ	$Mn_2O_3.x\ H_2O$
അലുമിനിയം	ബോക്സൈറ്റ്	$Al_2O_3.2H_2O$
ക്രോമിയം	ക്രോമൈറ്റ്	$FeO.Cr_2O_3$
ലെഡ്	ഗലീന	PbS
സിങ്ക്	സ്പാലറൈറ്റ്	ZnS
സ്വർണ്ണം	നേറ്റീവ് സ്വർണ്ണം	Au
ടൈറ്റാനിയം	ഇൽമനൈറ്റ്	$FeTiO_3$
	റൂട്ടൈൽ	TiO_2
യുറേനിയം	യുറാനിനൈറ്റ്	പ്രധാനമായും UO_2 പലപ്പോഴും വ്യത്യസ്ത അളവിൽ U_3O_8 ഉൾക്കൊള്ളുന്നു
	പിച്ച്ബ്ലെന്റ്	യുറേനിയം ഓക്സൈഡ്
തോറിയം	മോണസൈറ്റ്	തോറിയം ഫോസ്ഫേറ്റും അപൂർവ്വ മൂലകങ്ങളും

ചില അയിരുധാതുക്കൾ പ്രകൃതിയിൽ **സ്വതന്ത്രാവസ്ഥയിൽ (Native Elements)** (വാതകാവസ്ഥയിലല്ലാതെ മറ്റ് മൂലകങ്ങളുമായി കൂടിച്ചേരാതെ കാണപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങൾ) കാണപ്പെടുന്നു. സ്വർണ്ണവും, പ്ലാറ്റിനവും ഇത്തരത്തിലുള്ള ധാതുക്കൾക്ക് ഉത്തമ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. എന്നിരുന്നാലും മിക്കവാറും അയിരുകളുടെ ധാതുക്കൾ ഓക്സിജൻ, സൾഫർ, സിലിക്കൺ തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളുമായും മറ്റുള്ള മൂലകങ്ങളുമായും ചേർന്ന ലോഹസംയുക്തങ്ങളായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. അതിനാൽ ലോഹങ്ങൾ സ്വതന്ത്രാവസ്ഥയിലും, ഓക്സൈഡ്, സൾഫൈഡ്, സിലിക്കേറ്റ് തുടങ്ങിയ രൂപത്തിലും മറ്റു സംയുക്തങ്ങളായും കാണപ്പെടുന്നു.

സാധാരണയായി അയിരുകൾ എന്ന പദം ലോഹങ്ങളുടെ പേരിന് ശേഷമാണ് സൂചിപ്പിക്കാറുള്ളത്. ഉദാഹരണത്തിന് ഇരുമ്പയിര്, വെള്ളിഅയിര്. ഖനന പ്രക്രിയ വഴിയാണ് അയിരുകൾ കുഴിച്ചെടുക്കുന്നത്. ഇവയെ പിന്നീട് ശുദ്ധീകരിച്ചാണ് (പലപ്പോഴും ഉരുക്കിയാണ് ശുദ്ധീകരിക്കുന്നത്) വിലപിടിപ്പുള്ള ലോഹമൂലകങ്ങളും മറ്റ് മൂലകങ്ങളും വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നത്.

ഗാങ്ങ് (Gangue)

വളരെ അപൂർവ്വമായി മാത്രമാണ് ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും മൂല്യവത്തായ ലോഹ - അലോഹ ധാതുക്കളാൽ നിർമ്മിതമായി കാണപ്പെടാറ്. അയിരുധാതുക്കളുടെ കൂടെ മൂല്യമില്ലാത്തതും വളരെ കുറച്ചുമാത്രം മൂല്യമുള്ളതുമായ ധാതുക്കൾ സാധാരണയായി കാണപ്പെടാറുണ്ട്. അയിരുകളുടെ കൂടെ കാണപ്പെടുന്ന സാമ്പത്തിക മൂല്യമില്ലാത്ത അലോഹധാതുക്കളെ **ഗാങ്ങ്** എന്നു വിളിക്കുന്നു. കാൽസൈറ്റ്, സിലിക്ക, ക്വാർട്ട്സ്, ഡോളോമൈറ്റ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നിവയാണ് സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ഗാങ്ധാതുക്കൾ.

അയിരുകൾ പലപ്പോഴും അയിരുധാതുക്കളുടെയും ഗാങ്ങിന്റെയും മിശ്രിതമായിരിക്കും. ചില ഗ്യാങ്ധാതുക്കൾ മൂല്യരഹിതമാകാനിടയില്ല. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഗാങ്ധാതുക്കൾ ഉപോല്പന്നമായി ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയും. ഉദാഹരണമായി പറഞ്ഞാൽ സാധാരണ കണ്ടുവരുന്ന ഗാങ്ധാതുക്കളായ ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, കാൽസൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ രാസവളമായും, ലോഹസംസ്കരണ പ്രക്രിയയിൽ ഫ്ളക്സ് ആയും (ഫ്ളക്സ് -ലോഹങ്ങളെ ഉരുക്കുന്നതിന് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന വസ്തു) ഉപയോഗിക്കുന്നു. മറ്റൊരു ഗാങ്ധാതുവായ പൈറൈറ്റ് ഉപയോഗിച്ച് സൾഫ്യൂറിക് ആസിഡ് നിർമ്മിക്കാം.

അയിരുകളുടെ ഗുണനിലവാരം (Grade of an Ore)

ഖനനം ചെയ്യാൻ സാധ്യതയുള്ള ഒരു നിക്ഷേപത്തിൽ ഉള്ള അയിര്ധാതുവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലോഹാംശത്തിന്റെ അളവാണ് അതിന്റെ **ഗുണനിലവാരം**

(grade). ഒരു അയിര് ധാതുവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഉപകാരപ്രദമായ ലോഹത്തിന്റെ അളവാണ് ആ അയിരിന്റെ ഗുണനിലവാരം നിശ്ചയിക്കുന്നത്. ലോഹാംശത്തിന്റെ അളവ് കൂടുംതോറും അയിരിന്റെ ഗുണമേന്മ വർദ്ധിക്കുന്നു. ലോഹാംശത്തിന്റെ ശതമാനമായാണ് ഇത് പ്രസാതവിക്കുന്നത്.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. എന്തുകൊണ്ടാണ് എല്ലാ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളും അയിരുനിക്ഷേപങ്ങളല്ല എന്നു പറയുന്നത്?
2. താഴെ പറയുന്നവയ്ക്ക് ഉദാഹരണം പറയുക.
   i) ചെമ്പിന്റെ ഒരു അയിര്.
   ii) ഒന്നിലധികം അയിരുകൾ ഉളള ലോഹങ്ങൾ
   iii). ഒരു സാധാരണ ഗാങ്ധാതു

2.2 ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളുടെ രൂപീകരണം (Formation of Mineral deposits)

അസാധാരണമാം വിധത്തിൽ ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയിൽ ഉപകാരപ്രദമായ ധാതുക്കൾ സ്വാഭാവികമായി കൂടിച്ചേർന്നു കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ അതിനെ ധാതുനിക്ഷേപമായി കണക്കാക്കും. ധാതുവിഭവങ്ങളെ ലോഹവിഭവങ്ങളെന്നും അലോഹവിഭവങ്ങളെന്നും രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം. ലോഹഗുണങ്ങൾ കാണിക്കാത്തതും എന്നാൽ പ്രയോജനപ്രദമായതുമായ ഏത് ധാതുവിനെയും ശിലയേയും അലോഹവിഭവങ്ങളുടെ ഗണത്തിൽപ്പെടുത്താം. ജിപ്സം, ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, ഉപ്പ്പാറകൾ എന്നിവയെല്ലാം ഇതിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. വിശാലമായ അർഥത്തിൽ പറയുകയാണെങ്കിൽ ലോഹധാതുക്കളെ കൂടാതെ ഉപയോഗപ്രദമായ ഏതൊരു ധാതുവിനേയും ശിലകളേയും ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ് ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ.

വിവിധങ്ങളായ ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ ഫലമായി രൂപംകൊള്ളുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ ചെറിയ ശിലാകൂട്ടങ്ങളിലാണ് കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നത്. ചില ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് അവയെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ശിലകളുമായി അഭേദ്യമായ ബന്ധമുണ്ടായിരിക്കും. ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ അവയെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ശിലയോടൊപ്പം തന്നെ രൂപംകൊള്ളുകയാണെങ്കിൽ അത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളെ **സിൻജെനിറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ (syngenetic deposits)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. എന്നാൽ ശിലാരൂപീകരണത്തിന് ശേഷം ഉണ്ടാകുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെ **എപ്പിജെനിറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ (Epigenetic deposits)** എന്നും വിളിക്കുന്നു. വിവിധ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെ അവ രൂപംകൊള്ളുന്ന വ്യത്യസ്ത ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തരംതിരിക്കാം. അവ താഴെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

2.2.1 മാഗ്മാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ (Magmatic deposits)

മാഗ്മ തണുക്കുന്നതിന്റേയും ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നതിന്റേയും ഫലമായി മൂല്യവത്തായ ധാതുക്കൾ കേന്ദ്രീകരിച്ചുണ്ടാകുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളാണ് മാഗ്മാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ. ഭൂവൽക്കത്തിലേക്ക് ഉയർന്നുപൊങ്ങുന്ന മാഗ്മയുമായി ജനിതക ബന്ധമുള്ള നിക്ഷേപങ്ങളായതുകൊണ്ടാണ് അവയ്ക്ക് മാഗ്മാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്ന പേര് നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

എ) മാഗ്മാറ്റിക് സെഗ്രിഗേഷൻ (Magmatic segregation)

മാഗ്മ തണുത്ത് ക്രിസ്റ്റലീകരണം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ധാതുക്കളുടെ അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണമാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണം മൂലം ധാതുക്കൾ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിനുവേണ്ട ഊഷ്മാവിനനുസരിച്ച് വേർതിരിയുന്നു എന്ന് മുൻ അധ്യായത്തിൽ നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. മാഗ്മ തണുക്കുമ്പോൾ എല്ലാ ധാതുക്കൾക്കും ഒരേസമയം ക്രിസ്റ്റലീകരണം സംഭവിക്കുന്നില്ല. പകരം ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾ ആദ്യം വേർതിരിയുന്നു. ഊഷ്മാവ് കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾ മാഗ്മയിൽ നിന്ന് പിന്നീട് വേർപെടുന്നു. ചില പ്രത്യേക ഘട്ടങ്ങളിൽ അയിരുധാതുക്കൾ മാഗ്മയിൽ നിന്നും ആദ്യം വേർതിരിയുന്ന ധാതുക്കളോടൊപ്പം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി അവ ആഗ്നേയശിലകളുടെ അടിത്തട്ടിൽ പാളികളായി രൂപപ്പെടുന്നു. മാഗ്മയിൽ നിന്ന് ധാതുക്കൾ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ സാന്ദ്രത കൂടിയ ധാതുക്കൾ മാഗ്മയുടെ അടിത്തട്ടിലേക്ക് താഴ്ന്ന് പോവുകയോ അടിഞ്ഞ് കൂടുകയോ ചെയ്യുന്നു. *മാഗ്മയുടെ തണുക്കലിന്റേയും ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന്റെയും സമയത്ത് ഒന്നോ അതിലധികമോ ധാതുക്കൾ പ്രത്യേകമായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്ന ഏതൊരു പ്രക്രിയയേയും മാഗ്മാറ്റിക് സെഗ്രിഗേഷൻ* എന്ന വാക്ക് കൊണ്ട് പരാമർശിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.2 : പാളീകൃത അൾട്രമാഫിക് ശിലയിൽ ക്രോമൈറ്റിന്റെ സെഗ്രിഗേഷൻ

ഏത് മാഗ്മയിൽ നിന്നാണോ മാഗ്മാറ്റിക് സെഗ്രിഗേഷൻ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത് അതേ മാഗ്മയിൽ നിന്ന് ഉണ്ടാകുന്ന ആഗ്നേയ ശിലയിൽ തന്നെ അത് കാണപ്പെടുന്നു. സാന്ദ്രത കൂടിയതും ലോഹാംശം കൂടുതലുമുള്ള ധാതുക്കൾ താഴ്ന്ന് അന്തർജാത ആഗ്നേയ ശിലാരൂപങ്ങളുടെ അടിവശത്ത് കുമിഞ്ഞ് കൂടുന്നു. എന്നാൽ ഘനത്വം കുറഞ്ഞ സിലിക്കേറ്റ് ദ്രാവകങ്ങളും പരലുകളും മുകളിലേക്ക് ഉയരുകയും ചെയ്യുന്നു. സാന്ദ്രത കൂടിയ ധാതുക്കളായ ക്രോമൈറ്റ്, ഒലിവിൻ, ഇൽമനൈറ്റ്, എന്നിവയിൽ ക്രോമിയം, ടൈറ്റാ

നിയം, പ്ലാറ്റിനം, നിക്കൽ, ഇരുമ്പ് എന്നിവ വലിയ അളവിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ മൂലകങ്ങൾ മാഗ്മാ അറയുടെ അടിവശത്തായി രൂപപ്പെടുന്ന പാളികളിൽ ഉയർന്ന അളവിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം- 2.2)

ഒഡിഷയിലുള്ള സുകിന്ധയിലെ അൾട്രാമാഫിക് ശിലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ക്രോമൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ മാഗ്മാറ്റിക് സെഗ്രിഗേറ്റഡ് നിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണമാണ്.

ബി) മാഗ്മാറ്റിക് ഡിസെമിനേഷൻസ് (Magmatic disseminations)

മാഗ്മയിൽ നിന്ന് ലളിതമായ രീതിയിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരണം നടക്കുമ്പോൾ ചില സമയങ്ങളിൽ സാമ്പത്തിക മൂല്യമുള്ള ധാതുക്കൾ അവ രൂപപ്പെടുന്ന ശിലയുടെ പലഭാഗങ്ങളിലായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ മൂല്യമുള്ള ധാതുക്കൾ ആഗ്നേയശിലകളുടെ ഒരു ഭാഗത്തായി അടിഞ്ഞ് കൂടാതെ പല ഭാഗങ്ങളിലായി ചെറിയ കണങ്ങളായി വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ട് കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെയാണ് മാഗ്മാറ്റിക് ഡിസെമിനേറ്റഡ് നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നത് (ചിത്രം- 2.3). ഇത്തരത്തിൽ രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ള ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് ഉത്തമ ഉദാഹരണമാണ് ദക്ഷിണാഫ്രിക്കയിലെ കിംബർലൈറ്റ് ശിലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വജ്ര (ഡയമണ്ട്) നിക്ഷേപങ്ങൾ. മദ്ധ്യപ്രദേശിലെ പന്ന ഡയമണ്ട് നിക്ഷേപം, ആന്ധ്രപ്രദേശിലെ വജ്ര കരൂർ ഡയമണ്ട് നിക്ഷേപം എന്നിവ ഭാരതത്തിലെ ഡിസെമിനേറ്റഡ് നിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.



ചിത്രം 2.3 : ഡിസെമിനേഷൻ നിക്ഷേപങ്ങൾ

സി) പെഗ്മറ്റൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ (Pegmatite deposits)

ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകൾ ഉടലെടുക്കുന്ന തരം മാഗ്മയിൽ ജലം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അംശികക്രിസ്റ്റലീകരണ (Fractional crystallisation) വേളയിൽ ധാതുക്കളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ പങ്കുചേരാത്ത ജലവും മൂലകങ്ങളും മാഗ്മയിൽ നിന്ന് വേർതിരിയുന്നു. ഈ ദ്രാവകം മാതൃശിലാദ്രവത്തിന്റെ (മാഗ്മയുടെ) ക്രിസ്റ്റലീകരണ പ്രക്രിയയുടെ അവസാന ഘട്ടത്തിൽ ബാക്കിവരുന്ന ഭാഗമാണ്. അത്തരത്തിലുള്ള ശിലാദ്രവ അവക്ഷിപ്തത്തിൽ ധാരാളം സിലിക്കയും, ജലവും മൂലകങ്ങളായ ലിഥിയം, ടന്റാലം, നിയോബിയം, ബോറോൺ, ബെറിലിയം, സ്വർണ്ണം, യുറേനിയം തുടങ്ങിയവയും അടങ്ങിയിരിക്കും. ഈ അവക്ഷിപ്തം ചില സമയങ്ങളിൽ ആഗ്നേയ



ചിത്രം 2.4 : പെഗ്മറ്റൈറ്റ് ശിലയിൽ ടോപ്പാസ്

ദ്രവങ്ങളുടെ തള്ളിക്കയറലിന്റെ ഫലമായി ചുറ്റുപാടുമുള്ള വിള്ളലുകളിലേക്ക് എത്തുകയും അവിടെ വെച്ച് ക്രിസ്റ്റലീകരണം സംഭവിച്ച് ശിലയായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം ശിലാനിക്ഷേപങ്ങളെയാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ് എന്നു വിളിക്കുന്നത്.

താഴ്ന്ന ശ്യാനത (വിസ്കോസിറ്റി) യുള്ള ശിലാദ്രവങ്ങളിൽ നിന്നും വളരെ സാവധാനം തണുത്താണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ഇത്തരം ദ്രാവകങ്ങളിൽ ധാരാളം ജലവും അടങ്ങിയിരിക്കും. വളരെ സാവധാനം തണുത്ത് രൂപം കൊള്ളുന്നതിനാൽ പെഗ്മറ്റൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങളിൽ ധാതുക്കൾ വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകളായി കാണപ്പെടുന്നു *(ചിത്രം 2.4)*. ധാരാളം അപൂർവ്വ ധാതുക്കളും ലോഹങ്ങളും പെഗ്മറ്റൈറ്റിൽ ഉണ്ടാകാം.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. സെഗ്രിഗേറ്റഡ് ക്രോമൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങളെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾക്ക് എന്തറിയാം?
2. കിമ്പർലൈറ്റ് ശിലകളിൽ കാണുന്ന ഡയമണ്ട് നിക്ഷേപങ്ങളെ ഡിസെമിനേറ്റഡ് നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്ന് എന്തുകൊണ്ട് വിളിക്കുന്നു?
3. എങ്ങിനെയാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ അസാധാരണ മൂലകങ്ങളാൽ സമ്പുഷ്ടമാകുന്നത്?

2.2.2 താപീയജല അയിരുനിക്ഷേപങ്ങൾ (Hydrothermal Ore deposits)

ജലം ധാരാളമടങ്ങിയ ചൂട്ദ്രാവകങ്ങളിൽ നിന്നും അയിരുധാതുക്കളും മറ്റ് മൂല്യവത്തായ ധാതുക്കളും രൂപം കൊള്ളുന്നതാണ് **താപീയജല അയിരുനിക്ഷേപങ്ങൾ**. ഇത്തരത്തിലുള്ള താപീയജലദ്രാവകങ്ങൾ ശിലകളിലെ വിടവുകളിലൂടെയും സുഷിരങ്ങളിലൂടെയും ഒഴുകുന്നു.

താപീയ ജലദ്രാവകങ്ങൾ ശിലകളുമായി സമ്പർക്കത്തിൽ വരുമ്പോൾ ശിലകളിലെ മൂല്യവത്തായ ധാതുക്കളെയും മറ്റും ഈ ദ്രാവകത്തിൽ ലയിപ്പിക്കുകയും മറ്റു സ്ഥലങ്ങളിലേയ്ക്ക് ഒഴുക്കിക്കൊണ്ട് പോവുകയും ചെയ്യുന്നു. താപീയജല ദ്രാവകങ്ങൾ ഭൂവൽക്കത്തിലെ തണുത്ത ഭാഗങ്ങളിൽ എത്തുമ്പോൾ അതിൽ ലയിച്ചു ചേർന്നിട്ടുള്ള വസ്തുക്കൾ അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്നു.

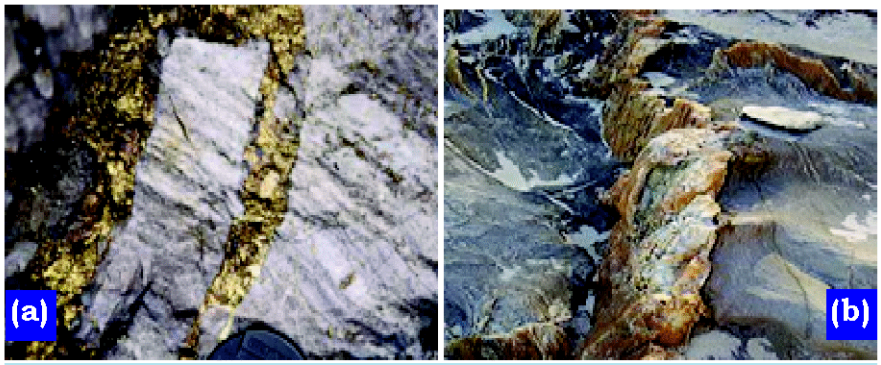
താപീയജല ദ്രാവകങ്ങൾ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്ന മാഗ്മയുടെ ഭാഗമാകാം. മേഖലാതല കായാന്തരീകരണ പ്രക്രിയ സമയത്ത് സ്വതന്ത്രമാക്ക പ്പെടുന്ന ജലം, ലോഹങ്ങൾ എന്നിവ വഴിയും താപീയജല അയിര് നിക്ഷേപ ങ്ങൾ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്. ധാതുക്കളിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങൾ ശിലകളിലെ വിള്ളലുകൾ പോലെയുള്ള മർദ്ദം കുറഞ്ഞ മേഖലയിലെത്തുമ്പോൾ അവിടെ കുമിഞ്ഞ് കൂടി നിക്ഷേപങ്ങളായി മാറുന്നു.

ഭൂമിക്കുള്ളിലേയ്ക്ക് കിനിഞ്ഞിറങ്ങുന്ന ഉപരിതല ജലവും കടൽ ജലവും ആഴം കൂടിയ മേഖലയിലെത്തുമ്പോൾ താപം കൂടിയ ആഗ്നേയശിലാ രൂപങ്ങളു മായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെട്ട് ചൂടുപിടിച്ച് താപീയ ജലദ്രാവകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഭൂമിയ്ക്കുള്ളിലെ ഭൗമതാപത്തിലെ വർദ്ധനവ് മൂലവും ജലം ചൂടായി താപീയ ജല ദ്രാവകങ്ങൾ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്.

നിരവധി തരത്തിലുള്ള അയിരുകളുടെ രൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ താപീയ ജല ദ്രാവകങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് കാണാം. ഇത്തരത്തിലുള്ളവ ആഗ്നേയ, അവ സാദ, കായാന്തരിതശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന പരിസ്ഥിതിയിൽ കാണാൻ കഴി യും. താപീയജല ദ്രാവകവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട നിക്ഷേപങ്ങളിൽ സിരാനിക്ഷേപ ങ്ങൾ വളരെ സാധാരണമാണ്.

സിരാനിക്ഷേപങ്ങൾ (Vein deposits)

നേർത്ത് പരന്ന് മേശാകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളാണ് സിരാനിക്ഷേപങ്ങൾ അഥവാ ലോഡുകൾ. പ്രാദേശിക ശിലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിള്ളലുകളിലൂടെ താപീയജല ദ്രാവകങ്ങൾ ഒഴുകുമ്പോൾ അവ സംഭരിക്കപ്പെടു കയോ അല്ലെങ്കിൽ ഈ ദ്രാവകങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ഫലമായി പിളർപ്പിനോട് ചേർന്നുള്ള ശില പുതിയ ധാതുക്കളാൽ പകരം വയ്ക്കുകയോ ചെയ്യുമ്പോഴാണ്. ഇവ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. താപീയ ജല ദ്രാവകങ്ങൾ ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളി ലൂടെ ഒഴുകുമ്പോൾ അവയിൽ അലിഞ്ഞുചേർന്നിട്ടുള്ള ധാതുക്കൾ നിക്ഷേപിക്ക പ്പെടുന്നു. തുറന്ന വിള്ളലുകളിലേക്ക് താപീയജല ദ്രാവകങ്ങൾ തുളച്ചുകയറു കയും അവിടെ വെച്ച് അവ പെട്ടെന്ന് തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പ്രധാനമായും ക്വാർട്ട്സ് എന്ന ധാതു അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ വിഭിന്നതരത്തിലുള്ള സൾഫൈഡ് ധാതുക്കളും ചിലസമയങ്ങളിൽ സ്വർണ്ണം, വെള്ളി തുടങ്ങിയ ലോ ഹധാതുക്കളും ക്വാർട്ട്സ് സിരകളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്നു. (ചിത്രം 2.5)



ചിത്രം 2.5 : സിരാതരത്തിലുള്ള ധാതു നിക്ഷേപങ്ങളുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

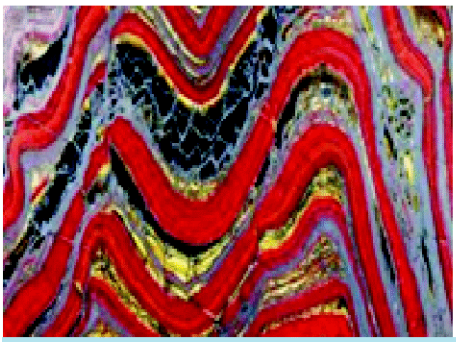
1. താപീയജല ദ്രാവകങ്ങളിലെ ലോഹങ്ങൾ എവിടെ നിന്നാണ് വരുന്നത്?
2. എങ്ങിനെയാണ് സിരാനിക്ഷേപങ്ങൾ എപ്പിജനറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങളുടെ ഗണത്തിൽ വരുന്നത്?

2.2.3 അവസാദനിക്ഷേപങ്ങൾ (Sedimentary deposits)

അവസാദ ശിലാരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ വഴിയും ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളാറുണ്ട്. ചില ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലാരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുമെങ്കിലും അവസാദ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ എന്ന പദം പൊതുവെ രാസികഊറൽ (Chemical Sedimentation) എന്ന പ്രക്രിയയെ വിശേഷിക്കാൻ വേണ്ടിമാത്രമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

എ) രാസിക അവസാദനിക്ഷേപങ്ങൾ (Chemical Sedimentary deposits)

നിരവധി മൂല്യവത്തായ ധാതുക്കൾ തടാകങ്ങളിലെ ജലത്തിലും കടൽജലത്തിലും രാസികഊറൽ പ്രക്രിയ വഴി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇവ പിന്നീട് രാസപ്രക്രിയവഴി അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്നു. രാസിക അടിഞ്ഞ് കൂടൽ പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ഇരുമ്പ്, മാംഗനീസ് തുടങ്ങിയ ലോഹധാതുക്കൾ പാളികളായി രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ലോകത്തിലെ ഏറിയഭാഗം ഇരുമ്പും മാംഗനീസും ലഭിക്കുന്നത് അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ നിന്നാണ്. ഉയർന്ന ഓക്സീകരണ സ്ഥിതി നിലനിൽക്കുന്ന ആഴം കുറഞ്ഞ സമുദ്രതടങ്ങളുടെ അടിത്തട്ടിലാണ് ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങൾ അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്നതെന്ന് വിശ്വസിക്കുന്നു. ഓക്സീകരണത്തിന് അനുകൂലമായ സാഹചര്യങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങളിൽ മാംഗനീസ്



ചിത്രം 2.6 : ബാന്റഡ് അയേൺ ഫോർമേഷനുകൾ

അടങ്ങിയ ദ്രാവകം എത്തുമ്പോൾ, പൈറോലുസൈറ്റ് എന്ന മാംഗനീസിന്റെ അയിര് പെട്ടെന്ന് അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലുള്ള പ്രക്രിയവഴി സമുദ്രതടങ്ങളുടെ അടിത്തട്ടിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ഇരുമ്പയിര് നിക്ഷേപങ്ങളെ **ബാന്റഡ് അയേൺ ഫോർമേഷൻ (BIF - Banded Iron Formation)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ബാന്റഡ് അയേൺ ഫോർമേഷനിൽ ഇരുമ്പ് ധാരാളം അടങ്ങിയ പാളികൾ (സാധാരണയായി ഹെമറ്റൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ് അല്ലെങ്കിൽ സിഡറൈറ്റ്) സിലിക്കേറ്റ് പാളികൾക്കോ അല്ലെങ്കിൽ കാർബണേറ്റ് പാളികൾക്കോ ഇടയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. *(ചിത്രം - 2.6).*

ബാന്റഡ് ഇരുമ്പയിര്നിക്ഷേപങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ പ്രീകാമ്പ്രിയൻ കാലഘട്ടത്തിലുള്ളതാണ്. ഇവയുടെ ഉത്ഭവം പ്രാചീനകാലഘട്ടത്തിലെ അന്തരീക്ഷവുമായും, ഇന്നത്തേതിൽ നിന്നും തികച്ചും രാസഘടനാപരമായി വ്യത്യസ്തമായ സമുദ്രങ്ങളുമായും ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പ്രാചീന അന്തരീക്ഷത്തിൽ സ്വതന്ത്ര ഓക്സിജന്റെ സാന്നിധ്യം വളരെ കുറഞ്ഞതായിരുന്നു. അത്തരം സാഹചര്യത്തിൽ വൻകരകളിലെ ശിലകൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിച്ചുണ്ടായ ഇരുമ്പ്, സമുദ്രജലത്തിൽ അലിഞ്ഞ് ചേരാൻ സാധ്യതയുള്ളതായിരുന്നു. ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത് അതിപുരാതന കാലഘട്ടത്തിലായതുകൊണ്ട് മിക്കവാറും നിക്ഷേപങ്ങളെല്ലാം തന്നെ തീവ്രമായ രൂപമാറ്റത്തിനും കായന്തരണത്തിനും വിധേയമായിട്ടുണ്ടാകാം.

കടൽത്തറയുടെ ആഴമേറിയ ചില ഭാഗങ്ങളിൽ കടൽജലത്തിൽ നിന്നും മാംഗനീസ് ഓക്സൈഡ് അവക്ഷിപ്തപ്പെട്ട് **മാംഗനീസ് നോഡ്യൂളുകൾ/ഉരുളകൾ (Manganese nodule)** രൂപീകരിക്കപ്പെടുന്നു. കട്ടകളുടെ രൂപത്തിലോ അല്ലെങ്കിൽ ഉരുളകളുടെ രൂപത്തിലോ കാണപ്പെടുന്ന ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളിൽ മാംഗനീസ് ധാതുക്കൾ ധാരാളം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളിൽ കുറഞ്ഞ അളവിലാണെങ്കിലും ഉയർന്ന മൂല്യമുള്ള ചെമ്പ്, നിക്കൽ, കൊബാൾട്ട്, പ്ലാറ്റിനം തുടങ്ങിയവയും മറ്റു ലോഹങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.

ബി) ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങൾ (Evaporite deposits)

ബാഷ്പീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി വറ്റുന്ന ജലത്തിൽ അതിൽ അലിഞ്ഞ് ചേർന്നിട്ടുള്ള മൂല്യവത്തായ നിരവധി ധാതുക്കൾ അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്നു. ബാഷ്പീ

കരണം വഴി തടാകത്തിലേയും കടലിലേയും ജലം നഷ്ടപ്പെടുകയും തത്ഫല മായി ബാക്കിവരുന്ന ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞ് ചേർന്നിട്ടുള്ള വസ്തുക്കൾ സാന്ദ്രമാ വുകയും ചെയ്യുന്നു.

ലവണജലത്തിന്റെ (Saline water) ബാഷ്പീകരണ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന അവസാദങ്ങളെ **ഇവാപ്പറൈറ്റ് (Evaporite)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മിക്കവാറും എല്ലാ ഇവാപ്പറൈറ്റുകളും കടൽജലത്തിന്റെ ബാഷ്പീകരണം വഴിയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ചില പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങളിൽ താഴ്ന്ന വർഷപാതവും ഉയർന്ന ഊഷ്മാവും നിലനിൽക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലെ ഉൾനാടൻ തടാകങ്ങളിലും ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്. ജിപ്സവും ഹാലൈറ്റും ഏറ്റവും സാധാരണ യായി കാണപ്പെടുന്ന ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങളാണ്.

സി) ജൈവ-രാസിക അവസാദനിക്ഷേപങ്ങൾ (Bio - chemical sedimentary deposits)

ജീവജാലങ്ങൾ അവയുടെ കട്ടികൂടിയ പുറംതോടുകളുടെ നിർമ്മിതിയ്ക്ക് വേണ്ടി കടൽ ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞ് ചേർന്നിട്ടുള്ള അയോണുകൾ വലിച്ചെടുക്കു ന്നു. ചില ജീവികൾ കാൽസ്യം അയോണുകളും കാർബണേറ്റ് അയോണുകളും ഉപയോഗിച്ച് അവയുടെ പുറംതോടുകൾ (Shells) നിർമ്മിക്കുന്നു. ഇവ രണ്ടും കൂടിച്ചേർന്ന് കാൽസൈറ്റ് എന്ന ധാതു ഉണ്ടാകുന്നു. ജീവജാലങ്ങൾ മരിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ പുറന്തോടിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഖരവസ്തുക്കൾ അവസാദനിക്ഷേപ മായി മാറുന്നു.

കാൽസൈറ്റിനാൽ നിർമ്മിതമായ ജീവജാലങ്ങളുടെ അസ്ഥികൂടങ്ങളിൽ നിന്നും രൂപം കൊള്ളുന്ന അവസാദശിലകളെ രാസ-ജൈവിക ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് (Bio chemical limestone) എന്ന വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ ഒന്നാം അധ്യായത്തിൽ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്.

നദീമുഖങ്ങളിലെ ഓരുജലത്തിലെയും, കേരളത്തിലെ കായലുകളിലെയും ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങൾ അടിഞ്ഞ് കൂടി രൂപം കൊള്ളുന്ന നിക്ഷേപങ്ങളാ ണ് കക്കനിക്ഷേപങ്ങൾ (Lime shell deposits). ഇത് ജൈവിക രാസപ്രവർത്തനം വഴി രൂപം കൊള്ളുന്നതാണ്. കേരളത്തിലെ വേമ്പനാട് കായലിലും അതിനോട് ചേർന്നുള്ള ആലപ്പുഴ, എറണാകുളം, കോട്ടയം ജില്ലകളിലും കാണപ്പെടുന്ന ചുണ്ണാമ്പ് നിക്ഷേപങ്ങൾ കക്ക അടിഞ്ഞ് കൂടി ഉണ്ടായതാണ്.

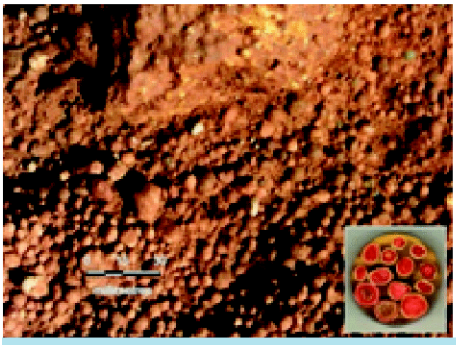
2.2.4 അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപങ്ങളും പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങളും (Residual deposits and placer deposits)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ വച്ച് ശിലകളും ധാതുക്കളും അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ വിവിധ പ്രക്രിയകൾ വഴിയുണ്ടായ ധാതുക്കൾക്ക് രൂപഭേദം

സംഭവിച്ച് പുതിയ ധാതുക്കളായി മാറാറുണ്ട്. ശിലകളിലെ ലേയമായ ഘടകങ്ങൾ ലായനി രൂപത്തിൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അല്ലാത്തവ അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപമായി ശിലകളിൽ തന്നെ നിലനിൽക്കുന്നു. അതിനാൽ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമായ ശില ക്രമേണ മൂല്യവത്തായ ധാതുഘടകങ്ങളാൽ സമ്പുഷ്ടമാക്കപ്പെടുന്നു. ശിലകളിലെ ഉപയോഗശൂന്യമായ ഘടകങ്ങൾ മാറ്റപ്പെടുന്നതുവഴി മൂല്യവത്തായ ധാതുക്കൾ കൂമിഞ്ഞുകൂടി രൂപം കൊള്ളുന്ന നിക്ഷേപങ്ങളാണ് **അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപങ്ങൾ.**

അലൂമിനിയത്തിന്റെ അയിരായ ബോക്സൈറ്റും കളിമണ്ണ് നിക്ഷേപങ്ങളും അവക്ഷിപ്ത പ്രക്രിയ വഴി രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളതാണ്. ഉയർന്ന വർഷപാതവും ഊഷ്മാവും നിലനിൽക്കുന്ന ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിലെ അപക്ഷയഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഉത്പന്നങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും അലിയുന്നവയാണ്. അലൂമിനിയത്തിന്റേയും ഇരുമ്പിന്റേയും ഓക്സൈഡുകൾ അലിയാത്ത അവക്ഷിപ്തമായി നിലനിൽക്കുന്നു. മിക്കവാറും എല്ലാ ചെങ്കല്ല് ശിലകളും ഇരുമ്പിന്റേയും അലൂമിനിയത്തിന്റേയും ധാതുക്കളുടെ മിശ്രിതമാണ്. ലോകത്തിലെ ഭൂരിഭാഗം അലൂമിനിയവും ചെങ്കല്ല് ശിലകളിലെ ബോക്സൈറ്റ് (Al_2O_3 $2H_2O$) നിക്ഷേപങ്ങളിൽ നിന്നാണ് വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നത്.

പല ലാറ്ററൈറ്റിക് തരത്തിലുള്ള ബോക്സൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങളും പിസോലിറ്റിക് (Pisolitic) ആകുന്നു. ചിത്രത്തിലെ അടിയിൽ ചേർത്തിട്ടുള്ള ഭാഗം പിസോലിറ്റിക് ഘടനയിലെ കേന്ദ്രഭാഗത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള വളയങ്ങളെ കാണിക്കുന്നു *(ചിത്രം - 2.7).* പയറുമണിയോളം വലിപ്പമുള്ള ശിലാകണികകൾ എന്നർത്ഥം വരുന്ന പദമാണ് പിസോലിറ്റിക്. കേരളത്തിലെ കാസർഗോഡ് (നീലേശ്വരം) ജില്ലയിൽ ലാറ്ററൈറ്റുമായി ചേർന്നാണ് ബോക്സൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നത്. കേരളത്തിലെ മിക്കവാറും എല്ലാ ജില്ലകളിലും വലിയതോതിലുള്ള കളിമൺ നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. പ്രത്യേകിച്ച് തിരുവനന്തപുരം, കുണ്ടറ (കൊല്ലം), പഴയങ്ങാടി (കണ്ണൂർ), നീലേശ്വരം, മഞ്ചേശ്വരം (കാസറഗോഡ്) തുടങ്ങിയ സ്ഥലങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ക്ലെ (കയോലിൻ) നിക്ഷേപങ്ങൾ അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് ഉത്തമ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.



ചിത്രം 2.7 : പിസോലിറ്റിക് ബോക്സൈറ്റ്

പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങൾ (Placer Deposits)

സാന്ദ്രതയിൽ വ്യത്യാസമുള്ള ധാതുതരികൾ ജലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കു

മ്പോൾ ഏറ്റവും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ തരികൾ വളരെ വേഗതയിൽ നീങ്ങുന്നു; ഗുരുത്വാകർഷണഫലമായി സാന്ദ്രത കൂടിയ ധാതുക്കളും കുറഞ്ഞ ധാതുക്കളും വേർത്തിരിയലിന് വിധേയമാകുന്നു. ഇങ്ങനെ ഗുരുത്വാകർഷണഫലമായി സാന്ദ്രതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വേർതിരിഞ്ഞ് രൂപം കൊള്ളുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെ **പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങൾ** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഉയർന്ന ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രതയുള്ള ധാതുക്കൾ ദീഘകാലം നിലനിൽക്കുന്നതും രാസപ്രതിരോധശേഷിയുള്ളവയും ആയിരിക്കും. നദികളിലൂടെ ഒഴുകിവരുന്ന പ്രതിരോധ ശേഷിയുള്ള ഇത്തരം ധാതുക്കൾ വലിയ അളവിൽ നദീചാലുകളിൽ അടിയുന്നു. ഘനത്വം കൂടിയ ധാതുക്കളുടെ സാന്ദ്രതയ്ക്കനുസരിച്ചുള്ള വേർതിരിയലും കുമിഞ്ഞ് കൂടലും ഒരു പക്ഷേ സാധ്യമാകുന്നത് തിരമാലകൾ, സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങൾ, നദികൾ, കാറ്റ് എന്നിവ വഴിയും അല്ലെങ്കിൽ കുന്നിൻചെരിവിലെ മണ്ണുംമറ്റും താഴേക്ക് നിരങ്ങിയിറങ്ങുന്നത് മൂലവുമാണ്.

നദീചാലുകളിലുള്ള അവസാദങ്ങളിൽ സാമ്പത്തിക പ്രാധാന്യമുള്ള ധാതുതരികൾ കുമിഞ്ഞു കൂടി എക്കൽ പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങൾ (alluvial placer) ഉണ്ടാകുന്നു. നദികളുടെ പ്രവർത്തന ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന സാമ്പത്തിക നിക്ഷേപമാണ് ഏറ്റവും വ്യാവസായിക പ്രാധാന്യമുള്ളത്. (പ്ലെയ്സർ എന്ന സ്പാനിഷ് വാക്കിനർത്ഥം എക്കൽ മണൽ എന്നാകുന്നു). തിരമാലകളും പ്രവാഹങ്ങളും തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ മൂല്യവത്തായ ധാതുക്കളെ തരംതിരിച്ച് നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളെ ബീച്ച് പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങൾ (beach placer deposits) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

അതിനാൽ ബലകൃത സ്വരൂപിക്കൽ പ്രക്രിയ വഴി രൂപം കൊള്ളുന്ന പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ സാന്ദ്രതയുള്ളതും കാഠിന്യമേറിയതും രാസപ്രതിരോധശേഷിയുള്ളതുമായ ഘനധാതുക്കൾ ഗുരുത്വാകർഷണ ഫലമായി കാഠിന്യവും സാന്ദ്രതയും കുറഞ്ഞ ധാതുക്കളിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കപ്പെട്ട് കാണുന്നു.

പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന മണൽ, ചരൽ എന്നിവയിൽ നിന്നും ഖനനം ചെയ്തെടുക്കുന്ന ധാതുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ് സ്വർണം, മോണൈസൈറ്റ്, ഇൽമനൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ. വളരെ അപൂർവ്വമായി ഡയമണ്ട് (വജ്രം), പ്ലാറ്റിനം, രത്നക്കല്ലുകൾ എന്നിവയും പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപമായി കാണപ്പെടുന്നു.

കേരളത്തിലെ കൊല്ലം ജില്ലയിലെ ചവറ തീരപ്രദേശത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ബീച്ച് പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ (കരിമണൽ) ഉയർന്ന അളവിൽ ഘനത്വം കൂടിയ ധാതുക്കളായ ഇൽമനൈറ്റ്, റൂട്ടൈൽ, സിർക്കൺ, ഗാർനറ്റ്, മോണൈസൈറ്റ് എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു.

ആലപ്പുഴ മുതൽ ചേർത്തല വരെയുള്ള തീരപ്രദേശത്ത് വെളുത്ത സിലിക്കമണൽ അഥവാ സ്ഫടിക മണൽ (white silica sand or glass sand) പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപമായി കണ്ടുവരുന്നു. മലപ്പുറം ജില്ലയിലെ നിലമ്പൂർ താഴ്വരയിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ചാലിയാർപുഴ, പുന്നപ്പുഴ തുടങ്ങിയ നദികളുടെ അടിത്തട്ടിൽ എക്കൽസ്വർണ്ണ നിക്ഷേപങ്ങൾ (alluvial placer gold) കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. എങ്ങിനെയെല്ലാമാണ് നദികളുടെ പ്രവർത്തനം പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാനിടയാക്കുന്നത്?
2. ഉപ്പുപാറ, ജിപ്സം തുടങ്ങിയ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതെങ്ങിനെയാണ്?
3. ബാന്റഡ് ഇരുമ്പ് നിക്ഷേപങ്ങളെ രാസിക അവസാദനിക്ഷേപമായി പരിഗണിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?

2.2.5 കായാന്തരിത നിക്ഷേപങ്ങൾ (Metamorphic deposits)

ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും നടക്കുന്ന കായാന്തരണത്തിന്റെ ഫലമായി ധാതുക്കളുടെ രാസഘടനയിലും മറ്റും വരുന്ന മാറ്റങ്ങൾ സാമ്പത്തിക മൂല്യമുള്ള ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഭൂമിയ്ക്കുള്ളിലെ ഊഷ്മ - മർദ്ദ രാസ പരിസ്ഥിതിയിലുള്ള വ്യത്യാസം മൂലമാണ് ശിലകൾക്ക് കായാന്തരണം സംഭവിക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ഒന്നാം അധ്യായത്തിൽ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്.

ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും നടക്കുന്ന കായാന്തരണത്തിന്റെ ഫലമായി ശിലകളിലെ ധാതുക്കൾക്ക് മാറ്റം സംഭവിച്ച് പുതിയ ധാതുക്കളായി മാറുന്നു. ഇത്തരം ധാതുക്കൾ മാറിയ സാഹചര്യങ്ങളിൽ സ്ഥിരതയുള്ളവയായിരിക്കും. അപക്ഷയത്തിന് അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഉണ്ടായ കളിമണ്ണ് പിന്നീട് അതിന് മുകളിൽ രൂപപ്പെട്ട ശിലകളുടെ സമ്മർദ്ദ ഫലമായി ഭൂമിക്കുള്ളിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുമ്പോൾ അവിടെ വച്ച് കായാന്തരണം സംഭവിച്ച് മൈക്കാഷിസ്റ്റ് എന്ന ശിലയായോ, ഗാർനറ്റ് എന്ന ധാതുവായോ മാറ്റപ്പെടുന്നു. അൾട്രാബേസിക് ഇഗ്നിയസ് ശിലകളിലും ഡോളമൈറ്റിക് ലൈംസ്റ്റോണിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മഗ്നീഷ്യം ധാതുക്കൾക്ക് രൂപാന്തരം പ്രാപിച്ച് ടാൽക്ക് ഉണ്ടാകുന്നതും ഇത്തരത്തിലാണ്. മാഗ്നറ്റൈറ്റ്, ടൈറ്റാനിഫെറസ് ഇരുമ്പ്, നിരവധി സൾഫൈഡുകൾ തുടങ്ങിയ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ കായാന്തരിത ശിലകളിൽ രൂപപ്പെട്ടിരിക്കാം. ലോഹധാതുക്കളെക്കൂടാതെ അലോഹധാതുക്കളായ കയനൈറ്റ്, കൊറണ്ടം, ടാൽക്, ഗ്രാഫൈറ്റ്, ഗാർനെറ്റ്, ആസ്ബസ്റ്റോസ് മുതലായവയും കായാന്തരിത ശിലകളിൽ രൂപപ്പെട്ടിരിക്കാം. കെട്ടിട നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന മാർബിൾ, സ്ലേറ്റ് ഉൾപ്പെടെയുള്ള നിരവധി ശിലകളും കായാന്തരണത്തിന്റെ ഉത്പന്നങ്ങളാണ്.

2.2.6 കോൺടാക്ട് മെറ്റാസൊമാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ (Contact metasomatic deposits)

മാഗ്മ പലപ്പോഴും ഗണ്യമായ അളവിൽ ധാതുഘടകങ്ങൾ ധാരാളം അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ദ്രാവകങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. പല സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഇത്തരം ദ്രാവകങ്ങൾ മാഗ്മയിൽ നിന്നും അധിനിവേശ ശിലകളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഈ ദ്രാവകങ്ങൾ അതുമായി സമ്പർക്കത്തിൽ വരുന്ന ശിലകളിലും, അതിനു ചുറ്റുമുള്ള ശിലകളിലും വ്യാപകമായ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ദ്രാവകങ്ങളിലെ ഘടകങ്ങൾ അധിനിവേശ ശിലകളിലെ ധാതുക്കളെ ഭാഗികമായോ പൂർണ്ണമായോ മാറ്റുമ്പോൾ അത് ധാതുനിക്ഷേപമായി മാറുന്നു. തത്ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന നിക്ഷേപങ്ങളെ **കോൺണ്ടാക്ട് മെറ്റാസൊമാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഇരുമ്പ്, ചെമ്പ് തുടങ്ങിയ ലോഹങ്ങളുടെ ചില അയിരുനിക്ഷേപങ്ങൾ കോൺണ്ടാക്ട് മെറ്റാസൊമാറ്റിക് പ്രക്രിയ വഴി രൂപം കൊള്ളുന്നുണ്ട്. അനേകം ഗാർനറ്റ്, ഗ്രാഫൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങളെ കോൺണ്ടാക്ട് മെറ്റാസൊമാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഉത്ഭവത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളെ പൊതുവേ മാഗ്മാറ്റിക്, താപീയ ജല നിക്ഷേപങ്ങൾ, അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങൾ, അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപങ്ങൾ, പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കി കഴിഞ്ഞു. ഇനി താഴെ തന്നിട്ടുള്ള വിവിധ തരത്തിലുള്ള ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളുടെയും അവയുടെ ഉദാഹരണങ്ങളുടെയും പട്ടിക പൂർണ്ണമാക്കുക.

വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ	
ധാതുനിക്ഷേപത്തിന്റെ തരങ്ങൾ	**ഉദാഹരണങ്ങൾ**
മാഗ്മാറ്റിക് സെഗ്രിഗേഷൻ	ക്രോമിയം, ഇരുമ്പ് അയിരുകൾ
പെഗ്മറ്റൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ	ലിഥിയം, അപൂർവ്വ ലോഹനിക്ഷേപങ്ങൾ
താപീയജല സിരാനിക്ഷേപങ്ങൾ	
രാസിക അവക്ഷിപ്തപ്പെടൽ	
ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങൾ	
അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപങ്ങൾ	ബോക്സൈറ്റ്
പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങൾ	
കായാന്തരിത നിക്ഷേപങ്ങൾ	

2.3 ലോഹധാതുക്കളും അലോഹധാതുക്കളും (Metallic and nonmetallic minerals)

ധാതു നിക്ഷേപങ്ങളെ ലോഹധാതുക്കളെന്നും അലോഹധാതുക്കളെന്നുമുള്ള രണ്ട് പ്രധാന വിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിക്കാം. അയിരു ധാതുക്കൾ ലോഹങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ്. അയിരു ധാതുക്കൾ എന്നത് ഒന്നോ അതിലധികമോ ലോഹങ്ങൾ ലഭിക്കുന്ന ധാതുക്കളെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പദമായി പൊതുവെ ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു. ഭൂരിഭാഗം അയിരുധാതുക്കളും ലോഹത്തിളക്കം കാണിക്കുന്നതിനാൽ അവയെ ലോഹധാതുക്കൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

2.3.1 ലോഹധാതുക്കൾ (Metallic minerals)

ലോഹധാതുക്കളിൽ നിന്നും നിരവധി ലോഹങ്ങൾ വേർതിരിച്ചെടുക്കുകയും വ്യത്യസ്ത ആവശ്യങ്ങൾക്ക് വേണ്ടി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇരുമ്പും, സ്റ്റീലും നിരവധി തരത്തിലുള്ള ഉത്പന്നങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. കാസ്റ്റ് ഇരുമ്പ് കൊണ്ടുള്ള വറചട്ടി മുതൽ ചലനശക്തിയുള്ള എൻജിനുകൾ വരെ ഇരുമ്പും സ്റ്റീലും കൊണ്ടാണ് നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത്. വൈദ്യുത കമ്പികൾ, വയറുകൾ (wires), ലോഹസങ്കരങ്ങളായ പിച്ചള (brass) ഓട് (bronze), പാചകപാത്രങ്ങൾ, നാണയങ്ങൾ, ആഭരണങ്ങൾ എന്നിവ നിർമ്മിക്കാൻ ചെമ്പ് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ക്യാനുകൾ, കുപ്പികൾ, വൈദ്യുത കമ്പികൾ, മോട്ടോർവാഹനങ്ങൾ, വിമാനങ്ങൾ, കെട്ടിടങ്ങൾ എന്നിവ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും മറ്റു പല ഉത്പന്നങ്ങളിലും അലുമിനിയം ലോഹം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ലോഹസംസ്കരണത്തിലും സ്റ്റീൽ നിർമാണ വ്യവസായത്തിലും മാംഗനീസ് വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു വസ്തുവാണ്. ബാറ്ററികളിലും സെറാമിക് ഉത്പന്നങ്ങളിലും ഈയം (ലെഡ്) ഉപയോഗിക്കുന്നു. പിച്ചള, മറ്റു ലോഹസങ്കരങ്ങൾ എന്നിവയുടെ നിർമ്മാണത്തിനും ഗാൽവനൈസിംഗ് പ്രക്രിയയ്ക്കും സിങ്ക് അത്യാവശ്യമാണ്. സ്റ്റെയിൻലെസ് സ്റ്റീൽ നിർമ്മിക്കുന്നതിനും താപ പ്രതിരോധ സ്റ്റീൽ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും ക്രോമിയം എന്ന ലോഹം അത്യാവശ്യമാണ്.

ഉരുക്കിനേക്കാൾ ഉറപ്പും എന്നാൽ ഉരുക്കിന്റെ പകുതിമാത്രം ഭാരമുള്ള ടൈറ്റാനിയം ലോഹം വിമാനങ്ങൾ, ജെറ്റ് എൻജിൻ, ബഹിരാകാശ വാഹനങ്ങൾ, മിസൈലുകൾ എന്നിവയിലും മറ്റ് പല ആവശ്യങ്ങൾക്കുമായും ഉപയോഗിക്കുന്നു. വളരെ അപൂർവ്വവും അമൂല്യവുമായ സ്വർണ്ണം ആഭരണം ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും അലങ്കാര ആവശ്യങ്ങൾക്ക് വേണ്ടിയും, ഇലക്ട്രോണിക് വ്യവസായത്തിലും ദന്തപരിപാലനത്തിലും, ബഹിരാകാശസാങ്കേതികവിദ്യയിലും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ലോഹങ്ങൾ മാത്രമല്ല അവയുടെ മിശ്രിതങ്ങളും, സംയുക്തങ്ങളും, വ്യവസായങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി മാംഗനീസ് സംയുക്തങ്ങൾ ഔഷധവ്യവസായത്തിലും കൃഷിയിലും ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.

2.3.2 അലോഹ ധാതുക്കൾ (Non-metallic minerals)

പൊതുവെ അലോഹവിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾക്ക് ലോഹധാതുക്കളുടെ മാത്രം പ്രത്യേകതയായ ലോഹത്തിളക്കമില്ല. വാണിജ്യമൂല്യത്തിന് വേണ്ടിയാണ് അവ ഖനനം ചെയ്തെടുക്കുന്നത്. സ്വാഭാവിക അവസ്ഥയിലോ അല്ലെങ്കിൽ ശുദ്ധീകരിച്ചതിനുശേഷം അസംസ്കൃത വസ്തുവായോ മറ്റ് ധാതുക്കളുടെ കൂടെയോ നിരവധി വ്യാവസായിക ആവശ്യങ്ങൾക്ക് അവ ഉപയോഗിക്കുന്നു. വ്യാവസായിക ധാതുക്കൾക്ക്/ശിലകൾക്ക് മാതൃകാപരമായ ഉദാഹരണങ്ങളാണ് ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, കയോലിൻ (ചൈനാക്ലെ), ബേറൈറ്റ്, ജിപ്സം, ഗ്രാഫൈറ്റ്, മാഗ്നസൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ.

കാൽസൈറ്റ് എന്ന ധാതുവിനെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, സിമന്റ് വ്യവസായത്തിലെ മുഖ്യ അസംസ്കൃത വസ്തുവാകുന്നു. പൊടിച്ച ചുണ്ണാമ്പ് കല്ലും കളിമണ്ണും ചേർന്ന മിശ്രിതത്തെ ചൂടാക്കിയാണ് പോർട്ട്ലാന്റ് സിമന്റ് ഉണ്ടാക്കുന്നത്. സിമന്റ്, മണൽ, ചരൽ എന്നിവയുടെ മിശ്രിതമാണ് കോൺക്രീറ്റ്. സ്റ്റീലുമായി ചേർത്ത് ശക്തിപ്പെടുത്തി കെട്ടിടങ്ങൾ, പാലങ്ങൾ, റോഡുകൾ എന്നിവയുടെ നിർമ്മാണത്തിന് ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

പ്രധാനപ്പെട്ട ധാതുക്കളായ ജിപ്സം, ഹാലൈറ്റ് അല്ലെങ്കിൽ ഉപ്പ്പാറ എന്നിവ ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് ലഭിക്കുന്നത്. കളിമണ്ണ് ഒരു ഏക ധാതുവല്ല, രാസീക അപക്ഷയ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഒരു കൂട്ടം ഹൈഡ്രേറ്റഡ് സിലിക്കേറ്റുകളാണ്. കളിമണ്ണ് ധാതുക്കൾ വൈവിധ്യമുള്ളവയാണ്. അവ സെറാമിക് വസ്തുക്കളുടെ നിർമ്മാണം മുതൽ ലോഹസംസ്കരണ വ്യവസായത്തിൽ അയിരുകളുടെ ഉത്പാദനം വരെയുള്ള പലതരം ഉപയോഗങ്ങളിലേക്ക് നയിക്കുന്നു. പെട്രോളിയം കുഴിച്ചെടുക്കുന്ന പ്രക്രിയയിൽ ഡ്രില്ലിംഗ് ബിറ്റുകളുടെ (drillig bit) ലൂബ്രിക്കേഷന് ആവശ്യമായ ഡ്രില്ലിംഗ് ചെളി ഉണ്ടാക്കുന്നതിന് ബേറൈറ്റ് ഉപയോഗിക്കുന്നു. മൈക്ക, ആസ്ബസ്റ്റോസ്, ബേറൈറ്റ്, മാഗ്നസൈറ്റ്, ഗ്രാഫൈറ്റ്, അമൂല്യമായ കല്ലുകൾ, കെട്ടിട നിർമാണ വസ്തുക്കളായ മണൽ, ചരൽ മുതലായവയെല്ലാം വളരെയധികം സാമ്പത്തിക പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നവയാണ്. പട്ടിക. 2. 2 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന വിവിധ വ്യാവസായിക ആവശ്യങ്ങളിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന അലോഹധാതുക്കളെ വിശകലനം ചെയ്യുക. നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിൽ ധാതു നിക്ഷേപങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യത്തെക്കുറിച്ച് ക്ലാസിൽ ഒരു ചർച്ച സംഘടിപ്പിച്ച് ഉരുത്തിരിയുന്ന കണ്ടെത്തലുകൾ സംഗ്രഹിച്ച് നിങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ലോഗ് പുസ്തകത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തുക.

പട്ടിക. 2.2 ചില പ്രധാന ധാതുക്കളുടെ വ്യാവസായിക ഉപയോഗങ്ങൾ

വ്യാവസായിക ധാതു	ഉപയോഗങ്ങൾ
മൈക്ക	ഇലക്ട്രിക്കൽ, ഇലക്ട്രോണിക്സ് വ്യവസായങ്ങളിൽ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു. റബ്ബർ ഉത്പന്നങ്ങളിലും പെയിന്റിലും ഫില്ലറായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ലൂബ്രിക്കന്റുകൾ എന്ന നിലയിലും ഉപയോഗിക്കുന്നു.
ജിപ്സം	കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഭിത്തികളുടെ പ്ലാസ്റ്ററിംഗിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു, പ്ലാസ്റ്റർ ഓഫ് പാരീസ് ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും രാസവളനിർമ്മാണത്തിനും ഉപയോഗിക്കുന്നു. സിമന്റ് നിർമ്മാണത്തിൽ റിട്ടാർഡന്റ് (സിമന്റ് ഉറച്ച് കട്ടിയാകുന്ന സമയം ക്രമീകരിക്കാനുള്ള വസ്തു) ആയി ഉപയോഗിക്കുന്നു.
ആസ്ബസ്റ്റോസ്	ആസ്ബസ്റ്റോസ് ഷീറ്റുകൾ നിർമ്മിക്കാനും, താപ വൈദ്യുത പ്രതിരോധകമായും, തീ തടയുന്ന വസ്തുക്കൾ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും, പ്രത്യേക തരം സിമന്റ് നിർമ്മാണത്തിലും ഉപയോഗിക്കുന്നു.
മാഗ്നൈറ്റ്	റിഫ്രാക്ടറി വസ്തുക്കൾ, മഗ്നീഷ്യം ലവണങ്ങൾ, മെഗ്നീഷ്യം ലോഹം എന്നിവ ഉണ്ടാക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു.
ബേറൈറ്റ്	എണ്ണ വാതക കിണറുകളുടെ നിർമ്മാണത്തിൽ പൊട്ടിത്തെറി തടയുന്നതിന് ഡ്രില്ലിംഗ് ചെളിയായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. പ്ലാസ്റ്റിക്, പേപ്പർ, പെയിന്റ് എന്നിവയുടെ നിർമ്മാണത്തിൽ ഫില്ലറായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഗ്ലാസ്സ് പാത്രങ്ങൾ, മെഡിക്കൽ ഉപകരണങ്ങൾ എന്നിവ ഉണ്ടാക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു.
ഗ്രാഫൈറ്റ്	താപ, രാസ പ്രതിരോധശേഷിയുള്ള പാത്രങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാനും പെൻസിൽ, ലൂബ്രിക്കന്റുകൾ എന്നിവ നിർമ്മിക്കാനും ഉപയോഗിക്കുന്നു.
ക്ലേ (കളിമണ്ണ്)	സെറാമിക് വ്യവസായത്തിൽ ഒരു അസംസ്കൃത വസ്തുവായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. വൈദ്യുത പ്രതിരോധ വസ്തുക്കൾ, ടൈലുകൾ, ഇഷ്ടിക, സെറാമിക് ഉത്പന്നങ്ങൾ, സാനിറ്ററി വസ്തുക്കൾ എന്നിവ ഉണ്ടാക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു. പേപ്പർ, റബ്ബർ, കീടനാശിനികൾ, സിമന്റ്, പെയിന്റ്, ലെതർ, സോപ്പ്, ടൂത്ത് പേസ്റ്റ്, വസ്ത്രങ്ങൾ, രാസവളങ്ങൾ, സുഗന്ധലേപനങ്ങൾ, പൗഡർ, മരുന്നുകൾ തുടങ്ങിയവയുടെ നിർമ്മാണത്തിൽ ഫില്ലറായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

2.3.3 കെട്ടിട നിർമാണ വസ്തുക്കൾ (Construction materials)

കെട്ടിട നിർമാണ വ്യവസായത്തിന് ഗ്രാനൈറ്റ്, മാർബിൾ, സ്ലേറ്റ്, മണൽക്കല്ല് തുടങ്ങിയ ശിലകൾ ആവശ്യമാണ്. കെട്ടിടനിർമാണത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ശിലകളെസൂചിപ്പിക്കാൻ കല്ലുകൾ (stone) എന്ന പദമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ക്വാറികൾ എന്ന് വിളിക്കുന്ന തുറസ്സായ കുഴികളിൽ നിന്നുമാണ് കല്ലുകൾ നീക്കം ചെയ്തെടുക്കുന്നത്.

ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ ദശലക്ഷക്കണക്കിന് ടൺ അളവിൽ മാർബിൾ, ഗ്രാനൈറ്റ്, മണൽക്കല്ല് (sand stones) പോലുള്ള ശിലകൾ സ്മാരകങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നതിനും, മിനുസപ്പെടുത്തിയ ശിലകൾ കെട്ടിടങ്ങളുടെ അലങ്കാര ആവശ്യങ്ങൾക്കായും ഉപയോഗിക്കുന്നു. കെട്ടിടങ്ങളുടെ തറയിൽ പതിക്കുന്നതിനും ഭിത്തിയിൽ പതിക്കുന്നതിനും, മേശപ്പുറത്ത് പതിക്കുന്നതിനും, സിങ്ക്, നെയിം പ്ലേറ്റുകൾ തുടങ്ങിയവ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും ഇവ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞ ഉപയോഗങ്ങൾക്ക് പുറമെ പൊടിച്ച രൂപത്തിലും, കഷ്ണങ്ങളാക്കിയും കോൺക്രീറ്റ് മിശ്രിതം ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും, റോഡുകൾ, റെയിൽവെ ട്രാക്കുകൾ എന്നിവയുടെ നിർമ്മാണത്തിനും ശിലകൾ ആവശ്യമാണ്.

2.4 സംസ്ഥാനത്തെ ധാതു അധിഷ്ഠിത വ്യവസായങ്ങൾ (Mineral based industries in the state)

കൊല്ലം ജില്ലയുടെ തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ വ്യാപകമായി കാണപ്പെടുന്ന ഇൽമനൈറ്റ്, റൂട്ടൈയ്ൽ, സിർക്കൺ, മോണൈസൈറ്റ്, സില്ലിമനൈറ്റ്, ഗാർനറ്റ് എന്നിവയടങ്ങുന്ന ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളാണ് കേരളത്തിലുള്ള വലിയതും സാമ്പത്തികപ്രാധാന്യമുള്ളതുമായ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ.

സാന്ദ്രത കൂടിയ ധാതുമണൽ (പ്ലെയ്സർ), ചൈനാക്ലേ നിക്ഷേപങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയാണ് സംസ്ഥാനത്തെ ധാതു ഉത്പാദനത്തിന്റെ കാര്യമായ ഭാഗവും ഉൾക്കൊള്ളുന്നത്. ക്രിസ്റ്റലൈൻ ലൈംസ്റ്റോൺ (ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്) പാലക്കാട് ജില്ലയിലെ വാളയാറിൽ കാണപ്പെടുന്നു. കേരളത്തിൽ ഉയർന്ന നിലവാരത്തിലുള്ള ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് നിക്ഷേപങ്ങൾ കുറവാണെങ്കിലും, കായലുകളിലും അഴിമുഖങ്ങളിലും നദീമുഖങ്ങളിലും, തീരത്തോട് ചേർന്നുള്ള തടാകങ്ങളിലും കക്കനിക്ഷേപങ്ങൾ വ്യാപകമായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. നമ്മുടെ സംസ്ഥാനത്ത് പ്രവർത്തിക്കുന്ന വ്യവസായ ശാലകളും അവയിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന ധാതു അസംസ്കൃത വസ്തുക്കളും കാണിക്കുന്ന താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടിക പരിശോധിക്കുക.

സംസ്ഥാനത്തെ ചില ധാതുഅധിഷ്ഠിത വ്യവസായശാലകൾ		
വ്യവസായശാലയുടെ പേര്	സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന സ്ഥലം	ഉപയോഗിക്കുന്ന/ വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്ന ധാതു
ഇന്ത്യൻ റെയർ എർത്ത് ലിമിറ്റഡ്	ചവറ, കൊല്ലം	മോണോസൈറ്റ്, ഇൽമനൈറ്റ്, റൂട്ടൈൽ
മലബാർ സിമന്റ്സ് ലിമിറ്റഡ്	വാളയാർ, പാലക്കാട്	ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് (ക്രിസ്റ്റലൈൻ)
ട്രാവൻകൂർ സിമന്റ്സ് ലിമിറ്റഡ്	കോട്ടയം	കക്ക
കുണ്ടറ സെറാമിക് ലിമിറ്റഡ്	കുണ്ടറ, കൊല്ലം	ക്ലേ (കളിമണ്ണ്)
കേരളാ ക്ലേ ആന്റ് സെറാമിക് ലിമിറ്റഡ്	പഴയങ്ങാടി, കണ്ണൂർ	ക്ലേ (കളിമണ്ണ്)
എക്സൽ ഗ്ലാസ്സ് ഫാക്ടറി	ആലപ്പുഴ	സിലിക്കാ മണൽ (സ്ഫടിക മണൽ)

2.5 ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയുന്ന വിധം (Identification of minerals)

നിങ്ങൾ XI - ാം ക്ലാസ്സിൽ പഠിച്ചതുപോലെ ധാതുക്കൾ ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന ചില സവിശേഷ സ്വഭാവങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. ഇത്തരം ഗുണങ്ങൾ പരിശോധിക്കാനും, നിരീക്ഷിക്കാനും കഴിയും. അതുവഴി ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാനും സാധിക്കും.

ധാതുക്കളിൽ പ്രകടമായ ഒന്നിലധികം ഭൗതികഗുണങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കുന്നത് അവയെ തിരിച്ചറിയുന്നതിനുള്ള ഒരു മാർഗ്ഗമാണ്. ചില പ്രധാനപ്പെട്ട അയിരുധാതുക്കളുടെയും വ്യാവസായിക ധാതുക്കളുടേയും ഭൗതികഗുണങ്ങളുടെ ഒരു വിവരണമാണ് പുസ്തകത്തിന്റെ അവസാന ഭാഗത്ത് കൊടുത്തിട്ടുള്ള അനുബന്ധം III ലെ പട്ടിക 1 ലും 2 ലും നൽകിയിട്ടുള്ളത്. പട്ടികയിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള ധാതുക്കളുടെ വിവരണം നിങ്ങൾ വായിച്ചു മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്.

നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിലെ ഭൂവിജ്ഞാനീയ ലാബിൽ ലഭ്യമായിട്ടുള്ള ലോഹധാതുക്കളുടെയും അലോഹധാതുക്കളുടേയും സാമ്പിളുകൾ നിങ്ങൾക്ക് പരിശോധിക്കാം.

ധാതുക്കളുടെ പ്രത്യേക സ്വഭാവ സവിശേഷതകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഈ സാമ്പിളുകൾ നിങ്ങൾ തിരിച്ചറിയേണ്ടതുണ്ട്. അയിരുധാതുക്കളുടെയും വ്യവസായികധാതുക്കളുടേയും സാമ്പിളുകൾ തിരിച്ചറിയുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് നിങ്ങൾ നടത്തിയിട്ടുള്ള എല്ലാ നിരീക്ഷണങ്ങളും നിങ്ങളുടെ ജിയോളജി പ്രായോഗിക ലോഗ് പുസ്തകത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തേണ്ടതാണ്.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. കേരളത്തിൽ കൊല്ലം ജില്ലയിലെ ചവറയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ബീച്ച് പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?
2. ഗ്രാഫൈറ്റും ഗലീനയും തമ്മിൽ നിങ്ങൾക്ക് എങ്ങിനെ തിരിച്ചറിയാൻ കഴിയും?
3. നിങ്ങളുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഏതാനും ധാതുക്കളുടേയും അവയുടെ ഉപയോഗങ്ങളുടെയും ലിസ്റ്റ് തയ്യാറാക്കുക.



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

വ്യാവസായിക വസ്തുക്കൾ ആയി മാറുന്നതിന് മുമ്പ് തന്നെ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ മനുഷ്യ ഉപഭോഗത്തിനായുള്ള ഒട്ടേറെ വസ്തുക്കൾ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. അവ മനുഷ്യന്റെ ശാസ്ത്രീയാന്വേഷണങ്ങളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തിയിട്ടുമുണ്ട്. വിവിധതരം ഭൗമപ്രക്രിയകളാൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന യഥാർത്ഥ വസ്തുക്കളുടെ സ്വഭാവിക സംയോജനമോ അല്ലെങ്കിൽ സമ്പുഷ്ടതയോ ആണ് മിക്ക ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളും. ഈ സാന്ദ്രീകരണം സാധാരണയായി പല പ്രക്രിയകൾ വഴിയാണ് പൂർത്തീകരിക്കപ്പെടുന്നത്. മാഗ്മയിൽ നിന്നുള്ള ക്രിസ്റ്റലൈസേഷൻ, ഭൂമിക്കടിയിലെ താപീയജല ദ്രാവകങ്ങളിൽ ലയിക്കുന്നത് മൂലമുള്ളവ (ഹൈഡ്രോ- തെർമൽ അയിര് നിക്ഷേപങ്ങൾ), ഭൂമിയുടെ ഉപരിഭാഗത്തുള്ള ശിലകളുടെ അപക്ഷയം, ജലത്തിന്റെ ഊർന്നിറങ്ങൽ പ്രക്രിയ, ധാതുലവണങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യൽ (ലീച്ചിംഗ്), അപരദന (കാർന്നെടുക്കൽ) സമയത്ത് ഗ്രാവിറ്റി മൂലമുള്ള ധാതുക്കളുടെ വേർപിരിയൽ തുടങ്ങിയവ അവയിൽ പ്രധാനമാണ്. എല്ലാ ധാതുവിഭവങ്ങളും പുനരുൽപ്പാദിപ്പിക്കാവുന്നവയല്ല. പ്രകൃതിയിൽ അവ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനേക്കാൾ വേഗത്തിൽ നാം അവയെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.

സ്വർണ്ണം, വെള്ളി, ചെമ്പ്, ലെഡ് (ഈയം), സിങ്ക് (നാകം), ടിൻ, ടങ്സ്റ്റൺ, നിക്കൽ, ക്രോമിയം മറ്റും പോലുള്ള എല്ലാ വിലയേറിയ വ്യാവസായിക ലോഹങ്ങളും താരതമ്യേന വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രമാണ് ഭൂമിയിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. വ്യാവസായിക മേഖലയിൽ ചൂഷണം ചെയ്യുന്ന ചില ലോഹധാതുക്കൾ ഇപ്പോൾ പരിമിതമായ അളവിലും പ്രദേശങ്ങളിലും മാത്രമാണ് ലഭ്യ

മാകുന്നത്. ഏതാനും വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ അത് കുറയുകയും ചെയ്യാം. ഇത് ലോഹങ്ങൾ പുനചംക്രമണം ചെയ്യുന്നതിന് നിർബന്ധിതമാവുകയും അനുയോജ്യമായ ബദൽ വസ്തുക്കൾ കണ്ടെത്തേണ്ടതിലേക്ക് നമ്മെ നയിക്കുകയും ചെയ്യും.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. മാഗ്മയിൽ നിന്ന് നേരിട്ട് ക്രിസ്റ്റലീകരണം സംഭവിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന അയിര് നിക്ഷേപങ്ങളെ ---------- എന്ന് വിളിക്കുന്നു.
   (മാഗ്മാറ്റിക്, പെഗ്മറ്റൈറ്റ്, മെറ്റാസൊമാറ്റിക്, പ്ലെയ്സർ)
2. ബോക്സൈറ്റ് ഒരു ---------- നിക്ഷേപത്തിന് ഉദാഹരണമാണ്.
   (പ്ലെയ്സർ, മാഗ്മാറ്റിക്, കായാന്തരണ, അവക്ഷിപ്ത)
3. താഴെ പറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് അവസാദ നിക്ഷേപം?
   (ഡിസെമിനേറ്റഡ് വജ്രനിക്ഷേപം, സിരാനിക്ഷേപം, ബാന്റഡ് അയേൺ നിക്ഷേപം, പെഗ്മറ്റൈറ്റ്സ്)
4. അയിര് എന്തെന്ന് നിർവ്വചിക്കുക. ഏതെങ്കിലും രണ്ട് അയിരു ധാതുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണം നൽകുക.
5. ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്? സാധാരണ കാണപ്പെടുന്ന രണ്ട് ബാഷ്പീകരണ ധാതുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണം നൽകുക.
6. താപീയജല നിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതെങ്ങിനെയെല്ലാമാണ്?
7. ഏതെങ്കിലും രണ്ട് മാഗ്മാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.
8. കായാന്തരണം വഴി രൂപം കൊള്ളുന്ന ഏതെങ്കിലും രണ്ട് ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളുടെ പേര് പറയുക.
9. കോൺഗ്ലോമറേറ്റ് മെറ്റാസൊമാറ്റിക് നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്നതുകൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നതെന്ത്?
10. അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപങ്ങളും പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എഴുതുക.
11. കേരളത്തിലെ മൂന്ന് ധാതുഅധിഷ്ഠിത വ്യവസായ ശാലകളുടെ പേരും അവയിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന ധാതുക്കളുടെ പേരും എഴുതുക.
12. കളിമണ്ണിന്റെ ഏതെങ്കിലും മൂന്ന് വ്യവസായിക ഉപയോഗങ്ങളുടെ പട്ടിക തയ്യാറാക്കുക.

അധ്യായം

03 ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ (Fossil Fuels)

F1D4U2

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ പുനഃസ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയാത്ത ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സുകളാണെന്നതിന്റെ പ്രധാന്യം തിരിച്ചറിയുന്നു.
- കൽക്കരിയുടെ ഉത്ഭവവും വിവിധ തരങ്ങളും വിവരിക്കുന്നു.
- പെട്രോളിയവും പ്രകൃതിവാതകവും രൂപപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയകൾ വിവരിക്കുന്നു.
- ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ ഇന്ത്യയിലുള്ള ലഭ്യതയെക്കുറിച്ചുള്ള വിചിന്തനം നടത്തുന്നു.
- ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ ഉപഭോഗവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുള്ള പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങളെ അപഗ്രഥിക്കുന്നു.

ഭൂമി മാനവകുലത്തിനായി നിരവധി ഊർജ്ജ വിഭവങ്ങൾ ഒരുക്കിവെച്ചിട്ടുണ്ട്. മാനവ സംസ്ക്കാരം ഉടലെടുത്ത കാലം മുതൽ മനുഷ്യൻ അവയെ നിരന്തരമായി ഉപയോഗിച്ച് വരുന്നു. ഭക്ഷ്യോല്പാദനം, വാഹനഗതാഗതം, ആരോഗ്യ പരിപാലനം എന്ന് വേണ്ട മനുഷ്യ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ എല്ലാ തുറകളിലും ഒന്നല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സിനെ മനുഷ്യന് ആശ്രയിക്കേണ്ടതായി വരുന്നു.

പുനരുത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നവ, പുനരുത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയാത്തവ എന്നിങ്ങനെ ഊർജ്ജസ്രോതസ്സുകളെ രണ്ടായി തരം തിരിക്കാം. കാറ്റ്, ഒഴുകുന്ന ജലം, ഭൗമാന്തർതാപം, സൂര്യപ്രകാശം, ജൈവവാതകം കടൽ തിരമാല, ബയോമാസ്, ജൈവഇന്ധനം മുതലായവ ഉപയോഗിച്ച് ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഊർജ്ജത്തെ പുനരുത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സിൽ ഉൾപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. എന്നാൽ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ എന്ന പ്രാധാന്യമേറിയതും വലുതുമായ ഗണത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നവ പുനരുത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയാത്ത ഊർജ്ജ വിഭവങ്ങളാണ്. പരമ്പരാഗത ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സുകളിലൊന്നായും ഇവയെ കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്.

പുരാതന സസ്യജന്തുജീവികളുടെ ഫോസിൽ അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്ന് ഉത്ഭവിക്കുന്ന ഇന്ധനങ്ങളാണ് ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളെന്ന് ലളിതമായ ഭാഷയിൽ മനസ്സിലാക്കാവുന്നതാണ്. കൽക്കരി, പെട്രോളിയം, പ്രകൃതിവാതകം, ഓയിൽ ഷെയ്ൽ (oil shale), ടാർമണൽ (tar sand) എന്നിവ ഈ ഗണത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഈ പാഠഭാഗത്ത് വിവിധതരം ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളെക്കുറിച്ചും അവയുടെ ഉത്ഭവം, വിതരണം എന്നിവയെക്കുറിച്ചും ചർച്ച ചെയ്യുന്നതാണ്.

3.1 കൽക്കരി (Coal)

സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്നും ഉടലെടുത്തതും ഉയർന്ന കാർബണിക സ്വഭാവം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതുമായ അവസാദശിലാപടലങ്ങളെ പൊതുവായി കൽക്കരി എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കറുപ്പോ തവിട്ടോ നിറങ്ങളിൽ കാർബൺ സമ്പുഷ്ടമായ ഖര രൂപത്തിൽ സ്തരിത അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളായി കാണുന്നവയാണ് കൽക്കരി. പ്രകൃതിയിൽ കൽക്കരി കാണപ്പെടുന്നത് അടുക്കുകളായാണ്. ഇവയെ കൽക്കരി അടുക്കുകൾ (coal seams) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. സാധാരണയായി ഇവ അരമീറ്റർ മുതൽ മൂന്ന് മീറ്റർ വരെ കനത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. മുപ്പത് മീറ്റർ വരെ കനത്തിലും കൽക്കരി അടുക്കുകൾ കാണപ്പെടാറുണ്ട്.

നീരാവിയാൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന താപ വൈദ്യുതിയുടെ പ്രധാന ഊർജ സ്രോതസ്സ് കൽക്കരിയാണ്. ലോഹസംസ്ക്കരണത്തിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന കോക്ക് (coke) നിർമിക്കുവാനും നിരവധി കൃത്രിമ സംയുക്തങ്ങളുടെ (ഉദാ: മെഴുക്, തൈലങ്ങൾ, ഔഷധങ്ങൾ, കീടനാശിനികൾ, നിറക്കൂട്ടുകൾ) രാസിക അസംസ്കൃത വസ്തുവായും കൽക്കരി ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്.

3.1.1. കൽക്കരിയുടെ സവിശേഷതകൾ (Properties of Coal)

കൽക്കരിയിൽ മുഖ്യമായും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത് കാർബണാണ്. വ്യത്യസ്ത അളവുകളിൽ ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ, എന്നിവയും സൾഫർ, കളിമണ്ണ്, സിൽറ്റ് തുടങ്ങിയ കലർപ്പ് വസ്തുക്കളും കൽക്കരിയിൽ കാണാം. ഒരു ക്ലിപ്തമായ അളവിൽ കൽക്കരി കത്തിച്ചാൽ പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന താപോർജ്ജത്തിന്റെ അളവാണ് *കലോറിക മൂല്യം* (*calorific value*). കൽക്കരിയിൽ ഉൾച്ചേർന്ന് കാണപ്പെട്ട സിൽറ്റ്, ക്ലേ, സിലിക്ക പോലുള്ള വസ്തുക്കൾ ചാരമായി അവശേഷിക്കുന്നു.

കൽക്കരി ഭൂമിക്കുള്ളിൽ നിന്ന് നനവോടുകൂടി കുഴിച്ചെടുക്കുന്നതിനാൽ ഈർപ്പം ഇതിന്റെ ഒരു പൊതുസ്വഭാവമാണ്. കൽക്കരിയുടെ രാസഘടകങ്ങളിൽ ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കളും ഉൾപ്പെട്ട് കാണാറുണ്ട്. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ വായുവിന്റെ അസാന്നിധ്യത്തിൽ ഇവ വിമുക്തമാക്കപ്പെടുന്നു. ചെറുതും വലുതുമായ ശ്രേണീയ ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുടേയും, ആരോമാറ്റിക് ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുടെയും സൾഫറിന്റേയും മിശ്രിതമാണ് ഇത്തരം ജ്വലനവസ്തുക്കൾ.

ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കൾ വിമുക്തമാക്കപ്പെട്ടതിന് ശേഷം അവശേഷിക്കുന്ന കാർബണിന്റെ അളവാണ് കൽക്കരിയുടെ **ഫിക്സ്ഡ് കാർബൺ (fixed carbon)** കൽക്കരിയിലെ യഥാർത്ഥ കാർബണിന്റെ അളവിൽ നിന്നും ഇത് വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും, കാരണം കുറച്ച് കാർബൺ, ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കളിലെ ഹൈഡ്രോകാർബണിന്റെ കൂടെ വിമുക്തമാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടാകും. ഫിക്സ്ഡ് കാർബണിന്റെ അളവും ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കളുടെ അളവും തമ്മിലുള്ള അനുപാത സംഖ്യയാണ് കൽക്കരിയുടെ *ഇന്ധനാനുപാത സംഖ്യ (fuel ratio).*

3.1.2 കൽക്കരി രൂപംകൊള്ളൽ (Origin of coal)

മണ്ണിനടിയിൽ മൂടപ്പെട്ട സസ്യാവാശിഷ്ടങ്ങളുടെ വിഘടനഫലമായി കൽക്കരി രൂപംകൊള്ളുന്നു. കൽക്കരിയുണ്ടാവുന്നതിന് സസ്യങ്ങളുടെ വൻതോതിലുള്ള വളർച്ച, ഓക്സിജന്റെ അളവ് കുറവുള്ള ജലാശയത്തിലെ അവയുടെ നിക്ഷേപണം എന്നിവ അത്യാവശ്യമാണ്. സസ്യാവാശിഷ്ടങ്ങൾ എങ്ങിനെയാണ് കൽക്കരിയായി മാറുന്നത് എന്ന് ഇനി പരിശോധിക്കാം.

കൽക്കരി രൂപീകരണത്തിന്റെ പ്രാരംഭഘട്ടങ്ങളിൽ ചതുപ്പിനോട് ചേർന്ന് സമൃദ്ധമായ സസ്യവളർച്ച, നിലംപതിച്ച മരങ്ങളും ഇലകളും മുങ്ങിക്കിടക്കാൻ ആവശ്യമായ ജലലഭ്യത എന്നിവയാണ് വേണ്ടത്. ഓക്സിജനുമായുള്ള സമ്പർക്കം ജൈവാംശങ്ങളെ ജീർണിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ വായു മുക്തമായ സാഹചര്യങ്ങളാണ് കൽക്കരി രൂപീകരണത്തിന് അനുകൂലം. താഴെ പറയുന്ന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ് കൽക്കരി രൂപം കൊള്ളുന്നത്.

1. അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങളിൽ സസ്യാവാശിഷ്ടങ്ങൾ (അസംസ്കൃത വസ്തുക്കൾ) അടിഞ്ഞുകൂടൽ
2. സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്ന് കൽക്കരിയിലേയ്ക്കുള്ള മാറ്റം.

സസ്യാംശങ്ങളുടെ അടിഞ്ഞുകൂടൽ (Accumulation of plant materials)

ദശലക്ഷകണക്കിന് വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് തഴച്ചുവളർന്ന പുരാതന വനങ്ങളും ചതുപ്പുകളുമാണ് സസ്യാംശങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സ്. ഘോരവനങ്ങൾ ചതുപ്പിൽ വളർന്ന് വെള്ളത്തിൽ മൂടപ്പെടുന്നു. ധാരാളം അവസാദങ്ങളും ചെളിയും മണ്ണും ഒഴുകിവന്ന് വൃക്ഷകൂട്ടങ്ങൾ നിറഞ്ഞ ചതുപ്പിനെ മൂടിക്കളയുന്നു. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം മൺമറഞ്ഞ് മൂടപ്പെട്ട വൃക്ഷക്കൂട്ടങ്ങൾ കൽക്കരിയായി മാറുന്നു. അസംസ്കൃത ജൈവവസ്തുക്കളുടെ അടിഞ്ഞുകൂടലുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് രണ്ട് തത്വങ്ങൾ നിലവിലുണ്ട്.

(i) തനതുസ്ഥാന വളർച്ച അല്ലെങ്കിൽ തനതുസ്ഥാന സിദ്ധാന്തം (Growth in place or In-situ theory):

ആയിരക്കണക്കിന് വർഷം ശുദ്ധജല (അല്ലെങ്കിൽ പീറ്റ് ബോഗുകളിൽ) ചതുപ്പു പ്രദേശങ്ങളിൽ വളർന്ന് അടിഞ്ഞുകൂടി മൂടപ്പെട്ട സസ്യവസ്തുക്കളാണ് കൽക്കരിയുടെ അസംസ്കൃത വസ്തുക്കളെന്ന് ഭൂവൈജ്ഞാനികർ വിശ്വസിക്കുന്നു. സസ്യവസ്തുക്കൾ അവ വളർന്നിടത്തുതന്നെ ജീർണിച്ച് കൽക്കരിയായിത്തീരുന്നുവെന്ന് തനതുസ്ഥാന സിദ്ധാന്തം വിശദീകരിക്കുന്നു. കൽക്കരിയുടെ ഉത്ഭവത്തെ സംബന്ധിച്ച് കൂടുതൽ പേർ പിന്തുണക്കുന്നത് ഈ കാഴ്ചപ്പാടിനെയാണ്.

(ii) ഒഴുകിവരൽ സിദ്ധാന്തം (Drift Theory)

സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങൾ ഒഴുകിവന്ന് ചതുപ്പുകളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടതാകാം എന്ന് രണ്ടാമത്തെ തത്വമായ ഡ്രിഫറ്റ് സിദ്ധാന്തം വിശദീകരിക്കുന്നു. ഡെൽറ്റകളും അഴിമുഖങ്ങളുമുള്ള പരിസ്ഥിതിയിലേയ്ക്ക് ഒഴുകിയെത്തിയ വൃക്ഷങ്ങളാണ് പിന്നീട് കൽക്കരി നിക്ഷേപങ്ങളാകുന്നത് എന്ന് ഈ സിദ്ധാന്തം സമർത്ഥിക്കുന്നു. പ്രളയജലത്തിലൂടെ അതിവേഗതയിൽ സസ്യങ്ങൾ ഒഴുകിവന്ന് അടിഞ്ഞുകൂടിയാണ് ഇത്തരം അടുക്ക് പാളികൾ ഉണ്ടാകുന്നത് എന്ന് ഡ്രിഫ്റ്റ് സിദ്ധാന്തം വിശ്വസിക്കുന്നു.

ഉൽഭവവസ്തുവിൽ നിന്ന് കൽക്കരിയിലേക്കുള്ള മാറ്റം
(Transformation of source material into coal)

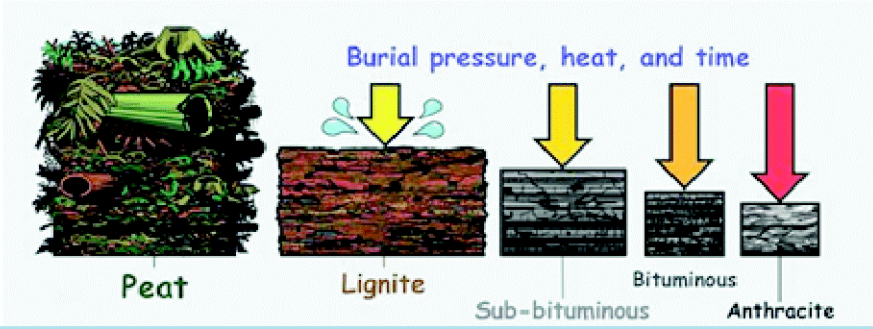
സസ്യാംശങ്ങളിൽ പ്രധാനമായും കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ കൂടാതെ വലിയ അളവിൽ ജലവും ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഭൂമിക്കുള്ളിൽ മൂടപ്പെട്ട സസ്യവസ്തുക്കളിൻമേൽ അധികരിക്കുന്ന മർദ്ദം മൂലം ജലാംശം പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. രാസമാറ്റത്താൽ ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ മുക്തമാകുകയും കാർബണിന്റെ അളവ് വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

വൻതോതിൽ ലോകമെമ്പാടും കൽക്കരി രൂപമെടുത്ത കാലഘട്ടമായിരുന്നു കാർബോണിഫെറസ് മഹായുഗവും (285 മുതൽ 360 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ്), പിന്നീട് ക്രിട്ടേഷ്യസ്, പാലിയോസീൻ കാലഘട്ടവും. ഉഷ്ണ മേഖലകളിലെ വിശാലമായ നിമ്നതടങ്ങളിൽ ഉണ്ടായിരുന്ന ആർദ്രമായ ചതുപ്പുകളിൽ ഇവ രൂപപ്പെടുകയായിരുന്നു. വർഷം മുഴുവൻ ഈർപ്പസമ്പുഷ്ടമായ ഉഷ്ണമേഖലാ കാലാവസ്ഥ കൽക്കരി രൂപീകരണത്തെ ത്വരിതപ്പെടുത്തി. ചതുപ്പ് പ്രദേശങ്ങളുടെ തടങ്ങളിൽ ഇല, കാണ്ഡം, വൃക്ഷ ശിഖിരം, വൃക്ഷത്തടി, വേര്, പൂമ്പൊടി, മരപ്പശ, കാട്ടുതീ ബാക്കിവെച്ച മരക്കരി, മറ്റ് ജൈവപദാർത്ഥങ്ങൾ, അജൈവിക ഖനിജ പദാർത്ഥങ്ങൾ എന്നിവ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടു.

ഭാഗികമായി ജീർണിച്ച സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങൾ (പീറ്റ്) ഒഴുക്കില്ലാത്ത ജലാശയത്തിനടിയിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ടു. വൻതോതിലുള്ള അവസാദങ്ങളുടെ ആഗമനവും നിക്ഷേപണവും സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങളെ ദൃഢപ്പെടുത്തുകയും, ക്രമേണ ജലം, ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കൾ എന്നിവയെ പുറംതള്ളുകയും ചെയ്തു. തുടർച്ചയായ മർദ്ദ സ്വാധീനത്താലും ഭൂമിയുടെ താപീയ വ്യതിയാനത്താലും രൂപപ്പെടുന്ന മർദ്ദത്തിനും താപത്തിനും പീറ്റ് വിധേയമാകുന്നു. താപവും, രാസികവും ഭൗതികവുമായ വിവിധ മാറ്റങ്ങളും പീറ്റിനെ കൽക്കരിയുടെ മറ്റു ഇനങ്ങളാക്കി മാറ്റുന്നു. പീറ്റ് രൂപാന്തരണം പ്രാപിച്ച് കൽക്കരിയായി മാറുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **കൽക്കരീകരണം** അല്ലെങ്കിൽ **കോലിഫിക്കേഷൻ (coalification)**. പീറ്റിൽ നിന്ന് ലിഗ്നൈറ്റ്, ലിഗ്നൈറ്റിൽ നിന്ന് സബ് - ബിറ്റുമിനസ്, സബ് ബിറ്റുമിനസ്സിൽ നിന്ന് ബിറ്റുമിനസ്, ബിറ്റുമിനസ്സിൽ നിന്ന് ആന്ത്രസൈറ്റ് എന്നതാണ് സാധാരണ കാണപ്പെടുന്ന കൽക്കരീകരണ ക്രമം. മന്ദഗതിയിൽ പുരോഗമിക്കുന്ന രാസിക മാറ്റത്താൽ കരപ്രദേശങ്ങളിലെ സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങളിലെ ഓക്സിജനും ഹൈഡ്രജനും ഘട്ടം ഘട്ടമായി പുറംതള്ളപ്പെടുകയും ക്രമേണ കാർബൺ സമ്പുഷ്ടമായ വസ്തുവായി രൂപാന്തരപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

സസ്യങ്ങൾ കടപുഴകി കൂട്ടംകൂട്ടമായി അടിഞ്ഞു കൂടിയതിന് ശേഷം ആദ്യം പീറ്റായി മാറുന്നു. മൺമറയപ്പെട്ട അവസ്ഥയിൽ പീറ്റ് ദൃഢീകരണത്തിന് വിധേയമാവുമ്പോൾ ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കളായ ഈർപ്പം, മീഥേൻ എന്നിവ പുറംതള്ളപ്പെടുകയും തവിട്ടുനിറത്തിൽ ജൈവസമ്പുഷ്ടമായ കൽക്കരിയായ ലിഗ്നൈറ്റ് ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടർന്നുള്ള ദൃഢീകരണവും താപനവും മൂലം കൂടുതൽ കാർബൺ സമൃദ്ധമായ ബിറ്റുമിനസ് കർക്കരിയായി പരിണമിക്കുന്നു. ഇവ കായാന്തരീകരണത്തിന് വിധേയമായാൽ ഉയർന്ന ശ്രണിയിലുള്ള കൽക്കരിയായ ആന്ത്രസൈറ്റ് രൂപമെടുക്കുന്നു.

പീറ്റ് രൂപാന്തരണം സംഭവിച്ച് കൽക്കരിയാകുന്നതിലൂടെ വ്യാപ്തത്തിന് ഗണ്യമായ കുറവ് സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. കാർബണിന്റെ അളവ് കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് കൽക്കരി തവിട്ട് നിറത്തിൽ നിന്ന് കറുപ്പ് നിറത്തിലേക്ക് മാറുന്നു. താപം, മർദ്ദം , സമയദൈർഘ്യം എന്നിവയുടെ സ്വാധീനത്താൽ സംഭവിക്കുന്ന കൽക്കരി രൂപീകരണ പ്രക്രിയയുടെ ചിത്രീകരണമാണ് ചിത്രം 3 .1 ൽ കാണുന്നത്.



ചിത്രം 3.1 : കൽക്കരീകരണ പ്രക്രിയ

കൽക്കരിയുടെ ഗുണനിലവാരം (rank) തീരുമാനിക്കുന്നത് കൽക്കരീകരണ പ്രക്രിയയാണ്. കൽക്കരീകരണ ശ്രേണിയിലെ സ്ഥാനമാണ് കൽക്കരിയുടെ ഗുണനിലവാരത്തിനാധാരം. അതായത്, പീറ്റ്- ആന്ത്രസൈറ്റ് ശ്രേണിയിൽ, പീറ്റ് ഗുണനിലവാരത്തിൽ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞതും ലിഗ്നൈറ്റ്, ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി, ആന്ത്രസൈറ്റ് എന്നിവ അതേ ക്രമത്തിൽ ഗുണനിലവാരം ഉയർന്നവയുമാണ്.

3.1.3 കൽക്കരിയുടെ വിവിധ തരങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ ഗുണനിലവാരം (Types or ranks of coal)

പട്ടിക 3.1 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കൽക്കരിയുടെ രാസഘടകങ്ങൾ അപഗ്രഥിക്കുക. വ്യക്ഷാംശങ്ങൾ വിവിധതരം കൽക്കരിയായി മാറുന്ന വേളയിൽ കാർബൺ, ഓക്സിജൻ, ഹൈഡ്രജൻ, നൈട്രജൻ, ഈർപ്പം, ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കൾ എന്നിവയുടെ അളവിലുള്ള ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ പട്ടികയിൽ നിന്ന് വ്യക്തമാകും.

പട്ടിക 3.1 : വിവിധതരം കൽക്കരികളുടെ രാസഘടന

കൽക്കരി ഇനം	കാർബൺ (%)	ഓക്സിജൻ (%)	ഹൈഡ്രജൻ (%)	നൈട്രജൻ (%)	ജലം (%)	ബാഷ്പശീല വസ്തുക്കൾ(%)
മരത്തടി	49.65	43.20	6.23	0.92	90 - 95	മാറ്റത്തിന് വിധേയം
പീറ്റ്	55.44	35.56	6.28	1.72	35 - 95	40
ലിഗ്നൈറ്റ്	72.95	20.50	5.24	1.31	20	30 - 40
ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി	84.24	8.69	5.55	1.52	6 - 20	12 - 26
ആന്ത്രസൈറ്റ്	93.50	2.72	2.81	0.97	6	3 - 12

കാർബൺ ശതമാനത്തിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ ശ്രദ്ധിച്ചിരിക്കുമല്ലോ. അല്പം മാത്രം മാറ്റത്തിന് വിധേയമായ ലിഗ്നൈറ്റിൽ വാതകങ്ങളുടെ അളവ് ഉയർന്ന് നില്ക്കുന്നു. എന്നാൽ വലിയ മാറ്റത്തിന് വിധേയമായ ആന്ത്രസൈറ്റിൽ കാർബണിന്റെ അളവാണ് ഉയർന്ന് നിൽക്കുന്നത്. കൽക്കരിയുടെ ഗുണനിലവാരം കണക്കാക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന മുഖ്യ തോതായ ഇന്ധനാനുപാത സംഖ്യ ആന്ത്രസൈറ്റിൽ ഉയർന്നും ലിഗ്നൈറ്റിൽ താഴ്ന്നും കാണുന്നു. കൽക്കരിയുടെ നിശ്ചിത കാർബൺ അളവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവയെ താഴെ പറയും വിധം തരംതിരിക്കാം.

(എ) പീറ്റ് (Peat): സസ്യാംശങ്ങളിൽ നിന്ന് കൽക്കരി പരിണമിച്ചുണ്ടാകുന്നതിന്റെ ഒന്നാം ഘട്ടമായി കണക്കാക്കുന്നത് പീറ്റിനെയാണ്. ചതുപ്പ് ചെടികൾ, പായലുകൾ തുടങ്ങിയ സസ്യാംശങ്ങൾ കുമിഞ്ഞ് കൂടുന്നതിന്റെ ഫലമായാണ് ഇവ ഉണ്ടാകുന്നത്. താരതമ്യേന പരിമിതമായ മാറ്റത്തിന് വിധേയമായ സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങൾ മാത്രമേ പീറ്റിൽ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ എന്നതിനാൽ സസ്യവസ്തുക്കളുടെ ഘടനകൾ അതേപടി പീറ്റിൽ കാണാം (ചിത്രം 3.2). ഉണങ്ങിയ അവസ്ഥയിൽ ഇവയെ ഇന്ധനമായി ഉപയോഗപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 3.2 : പീറ്റ്

(ബി) ലിഗ്നൈറ്റ് (Lignite): പീറ്റ് കഴിഞ്ഞാൽ കൽക്കരിയുടെ അടുത്ത ഉയർന്ന ശ്രേണിയാണ് ലിഗ്നൈറ്റ്. ഇതിൽ പീറ്റിൽ ഉള്ളതിനേക്കാൽ കൂടുതൽ തോതിൽ വിഘടിക്കപ്പെട്ട സസ്യാംശങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഇതാണ് തവിട്ട് കൽക്കരി എന്നറിയപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 3.3). ഇവ കാഴ്ചയിൽ മങ്ങിയവയും

ഇവയുടെ പൊടിനിറം (streak) തവിട്ടുമാണ്. ലിഗ്നൈറ്റിൽ കാർബണിന്റെ അളവ് 70 ശതമാനവും ഓക്സിജന്റേത് 20 ശതമാനവുമാണ്. ഈർപ്പത്തിന്റെയും ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കളുടെയും അളവ് ഇവയിൽ പീറ്റിനേക്കാൾ കുറവാണ്.



ചിത്രം 3.3 : ലിഗ്നൈറ്റ്

ഇന്ത്യയിൽ ലിഗ്നൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നത് ഉപദ്വീപീയ ഷീൽഡ് മേഖലയുടെ തെക്കും പടിഞ്ഞാറും ഭാഗങ്ങളിലെ ടേർഷ്യറി അവസാദങ്ങളിലാണ്. തമിഴ്നാട്, പോണ്ടിച്ചേരി, കേരളം, ഗുജറാത്ത്, രാജസ്ഥാൻ, പശ്ചിമ ബംഗാൾ, ജമ്മുകാശ്മീർ എന്നിവിടങ്ങളിലാണ് ഈ പ്രദേശങ്ങൾ. തമിഴ്നാട്ടിലെ കടലൂർ സാൻഡ്സ്റ്റോണിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന നെയ്വേലി ലിഗ്നൈറ്റാണ് ഇന്ത്യയിലെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ലിഗ്നൈറ്റ് നിക്ഷേപം. കേരളത്തിൽ ലിഗ്നൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നത് മാടായി, കയ്യൂർ, നീലേശ്വരം പ്രദേശങ്ങളിലാണ്.

(സി) ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി (Bituminous coal):

കോക്കിങ്ങ് കൽക്കരി എന്നും മൃദുകൽക്കരി എന്നും അറിയപ്പെടുന്ന കൽക്കരിയാണിത്. ഇത് സസ്യാംശം തീരെ കുറവുള്ളതും പൊട്ടുന്ന സ്വഭാവമുള്ളതുമാണ് (ചിത്രം 3.4). ഇതിന് മെഴുകിന്റെ തിളക്കവും കറുപ്പുനിറവുമാണ്. ഇതിലെ കാർബണിന്റെ അളവ് 80 ശതമാനമാണ്. ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി ഭൂരിഭാഗവും പാലിയോസോയിക്ക് കാലഘട്ടത്തിലാണുണ്ടായത്. ലിഗ്നൈറ്റിനേക്കാൾ കാഠിന്യമേറിയതും, ചേർന്നിരിക്കുന്നതും (Coherent) നാടഘടന (Banded) പ്രകടിപ്പിക്കുന്നവയുമാണിവ.



ചിത്രം 3.4 : ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി

ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരികൾ സ്വഭാവഗുണങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തത പ്രദർശിപ്പിക്കാറുണ്ട്. എങ്കിലും ഇവ പുകയോടുകൂടി എരിയുകയും കത്തിയമർന്നാൽ ടാറുപോലെ വീർക്കുകയും മൃദുവാകുകയും ചെയ്യും. ലോകത്തിലെ കൽക്കരി നിക്ഷേപങ്ങളിൽ ഏറിയപങ്കും ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരികളാണ്. ഇവയ്ക്ക് തെളിച്ചമാർന്ന പ്രതലത്തിളക്കമുണ്ട്. കത്തിയമരുന്ന രീതിയ്ക്കനുസരിച്ച് ഇവയെ കോക്കിങ്ങ് കൽക്കരി, കോക്കിങ്ങ്രഹിത കൽക്കരി എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായിതിരിക്കാം.

കൽക്കരിപ്പൊടി ഒരു മൂശയിൽ വായു വിമുക്ത സാഹചര്യങ്ങളിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ രൂപപ്പെടുന്ന ചേർന്നിരിക്കുന്ന കട്ടകളുടെ ആകൃതിയിൽ ലഭിക്കുന്ന ഉൽപ്പന്നമാണ് **കോക്ക് (Coke)**. ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി ചൂടാക്കിയാൽ സ്രവിക്കൽ

അഥവാ കിനിയലിലൂടെ (exudation) കട്ടകളായി (cake) കൂടിച്ചേർന്ന് നിൽക്കുമെന്നതിനാൽ ഇവ കേക്കിങ്ങ് കൽക്കരി എന്നും അറിയപ്പെടുന്നുണ്ട്. കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രം സൾഫറും ചാരവും അടങ്ങിയ ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി പോലുള്ള കൽക്കരികളാണ് കോക്കിങ്ങ് പ്രക്രിയയ്ക്ക് അനുയോജ്യം.

ഇന്ത്യയിലെ ഏറ്റവും ഉത്തമമായ കോക്കിങ്ങ് കൽക്കരിയുടെ വലിയ ശേഖരം ജാർഖണ്ഡിലെ ജാരിയ കൽക്കരിപ്പാടത്ത് ഉള്ളതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. കോക്കിങ്ങ് നിലവാരത്തിലുള്ള കൽക്കരി ഹസാരിബാഗിലെ (ജാർഖണ്ഡ്) ബൊക്കാറോ കൽക്കരിപ്പാടം, പശ്ചിമ ബംഗാളിലെ റാണിഗഞ്ച് കൽക്കരിപ്പാടം എന്നിങ്ങനെ ഇന്ത്യയിലെ വിവിധ സ്ഥാനങ്ങളിൽ ഉള്ളതായി രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

ഉയർന്ന അളവിൽ ഈർപ്പവും ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കളുമുള്ള കൽക്കരികളെ കോക്കിങ്ങ് രഹിത കൽക്കരിയുടെ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. താൽച്ചിർ കൽക്കരിപ്പാടം (ഒറീസ്സ), സിങ്കരേനി കൽക്കരിപ്പാടം (ഖമ്മം ജില്ല, ആന്ധ്രപ്രദേശ്) എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

(ഡി) ആന്ത്രസൈറ്റ് (Anthracite): ഉയർന്ന ഗുണനിലവാരമുള്ളതും കാഠിന്യം ഏറ്റവും കൂടിയതുമായ കൽക്കരിയാണ് ആന്ത്രസൈറ്റ്. ഇവയ്ക്ക് കറുപ്പോ തവിട്ടോ നിറവും ലോഹം പോലെയുള്ള നല്ലതിളക്കവുമുണ്ട്. ആന്ത്രസൈറ്റ് പൊട്ടിയാൽ പ്രതലത്തിന് വളഞ്ഞ ആകൃതിയോ (conchoidal) ക്രമരഹിതമായ പൊട്ടൽപാടുകളോ ഉണ്ടായിരിക്കും. കറുകറുത്ത പൊടിനിറമുള്ള ഇവ കാഠിന്യം കൂടുതലായതിനാൽ കൈകളിൽ പുരളാറില്ല. ഉയർന്ന കലോറിക മൂല്യവും ഉയർന്ന കാർബണളവും ഈർപ്പവും ബാഷ്പശീലവുമുള്ള വസ്തുക്കൾ കുറച്ചു മാത്രമേ ഉള്ളൂ എന്നതും ആന്ത്രസൈറ്റിന്റെ മറ്റു പ്രത്യേകതകളാണ്.



ചിത്രം 3.5 : ആന്ത്രസൈറ്റ്

പുകയും നാളങ്ങളുമില്ലാതെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന തോതിൽ താപം പുറത്തുവിട്ട് എരിയുന്ന കൽക്കരിയാണ് ആന്ത്രസൈറ്റ്. പുക ഒഴിവാക്കേണ്ടതായ മേഖലകളിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്താവുന്ന കൽക്കരി ആന്ത്രസൈറ്റാണ്. കൂടാതെ ഇവയുടെ ജ്വലനം കൂടുതൽ താപം നല്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

പീറ്റിന്റെ ഒരു കട്ടയും അതേ വലിപ്പത്തിലുള്ള ആന്ത്രസൈറ്റിന്റെ കട്ടയും കത്തിക്കാൻ ശ്രമിച്ചാൽ ഏതാണ് എളുപ്പം തീപിടിക്കുക? ഇവ പുറംതള്ളുന്ന ഊഷ്മാവിന്റെ അളവു താരതമ്യം ചെയ്ത് നോക്കുക. നിങ്ങളുടെ കണ്ടെത്തലുകൾ പ്രവർത്തന പുസ്തകത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തുക.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. ഉയർന്ന കലോറികമൂല്യമുള്ള കൽക്കരിയിനമേത്?
2. പുറത്തു വിടുന്ന പുകയുടെ അളവനുസരിച്ച് കൽക്കരിയിനങ്ങളെ അവ രോഹണക്രമത്തിൽ എഴുതുക.
3. സസ്യാംശങ്ങളുടെ രൂപാന്തരണം വഴി എപ്രകാരമാണ് കൽക്കരി ഉണ്ടാകുന്നത്.

3.2 പെട്രോളിയവും പ്രകൃതിവാതകവും (Petroleum and Natural gas)

മനുഷ്യരാശി ആദ്യമായി പെട്രോളിയം ഉപയോഗിക്കാൻ തുടങ്ങിയതെപ്പോഴാണെന്ന് കൃത്യമായി അറിവായിട്ടില്ല. എന്നാൽ, ഭൂമിയിലെ സുഷിരങ്ങളിൽ നിന്നും വിള്ളലുകളിൽ നിന്നും പുറത്തേക്ക് വരുന്ന പ്രകൃതിവാതകം കത്തിയുണ്ടാകുന്ന അഗ്നിയെ വിശുദ്ധമെന്ന് കരുതി പുരാതന ജനത പൂജിച്ചിരുന്നു. പെട്രോളിയത്തിന്റെ അർദ്ധദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ളതും വളരെ പശിമയുള്ളതുമായ ഒരു വിഭാഗമാണ് ആസ്ഫാൾട്ട് (താർമഷി). ഇത് 6000 ബി.സി. യിൽ തന്നെ ബോട്ടുകളിൽ വെള്ളം കടക്കാതിരിക്കാനുള്ള അരക്കായും, വീടുകളിൽ ചൂടാക്കുവാനും ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. 3000 ബി.സി. യിൽ ഈജിപ്ഷ്യൻ പിരമിഡുകൾ നിർമിക്കുന്നതിനും, മമ്മികൾ ചീയാതെ സൂക്ഷിക്കുന്നതിനും (embalm) ഇത് ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയിരുന്നു.

നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്ന എണ്ണ ഭൂമിയിലെ ശിലകളിൽ നിന്നുമാണ് ഉത്ഭവിക്കുന്നത്. പെട്രോളിയം (petroleum) എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന ഇതിന്റെ പേര് 'ശിലാതൈലം" (rock oil) എന്ന് അർത്ഥം ലഭിക്കുന്ന (ലാറ്റിനിൽ പെട്ര എന്നാൽ ശില എന്നും ഒളിയം എന്നതിന് തൈലം (എണ്ണ) എന്നുമാണർത്ഥം) ലാറ്റിൻ പദങ്ങളിൽ നിന്നും ഉണ്ടായതാണ്. പെട്രോളിയം അഥവാ അസംസ്കൃത എണ്ണയിൽ (crude oil) വൻതോതിൽ ഹൈഡ്രോകാർബണുകളും ചെറിയ അളവിൽ മാത്രം ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ, സൾഫർ സംയുക്തങ്ങളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇത് പ്രകൃതിദത്തമായി ലഭിക്കുന്ന ഒരു സങ്കീർണ്ണ ദ്രാവക മിശ്രിതമാണ്. പെട്രോളിയം **"കറുത്ത സ്വർണം"** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. വ്യാവസായിക വിപ്ലവത്തോടെ, യന്ത്രങ്ങളുടെ പ്രാഥമിക ഇന്ധനമായി കൽക്കരിക്ക് പകരം പെട്രോളിയം ഉപയോഗിച്ച് തുടങ്ങിയതോടു കൂടി, 1800 കളുടെ അന്ത്യത്തിൽ അത് വർധിച്ച പ്രാധാന്യം കൈവരിച്ചു. രണ്ടാം ലോകമഹായുദ്ധത്തിന് ശേഷം, മധ്യപൂർവ്വ ദേശത്ത് വളരെ കുറഞ്ഞ ചെലവിൽ എണ്ണ ലഭ്യമായതോടെ, അവ നമ്മുടെ ജീവിത രീതിയെത്തന്നെ മാറ്റിമറിച്ചു. പെട്രോളിയം ഊർജത്തിന്റെ പ്രാഥമിക ഉറവിടമായി ഇന്ന് നിലകൊള്ളുന്നു.

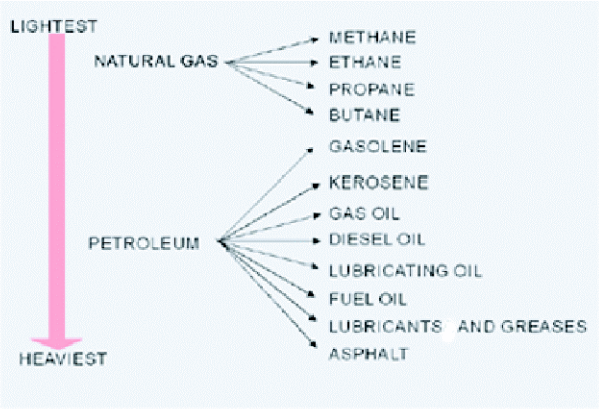
3.2.1 പെട്രോളിയത്തിന്റെയും പ്രകൃതിവാതകത്തിന്റെയും രാസ സവിശേഷതകൾ (Chemical properties of petroleum and natural gas)

മുഖ്യമായി ഹൈഡ്രജന്റെയും കാർബണിന്റെയും ആറ്റങ്ങളടങ്ങിയ ഒരു സംയുക്തമാണ് പെട്രോളിയം. അതുകൊണ്ട് അവയ്ക്ക് **ഹൈഡ്രോകാർബണുകളെന്ന്** പേരു വന്നു. ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ വിവിധ രൂപത്തിൽ സംയോജിച്ച് നിരവധി വ്യത്യസ്ത സംയുക്തങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. റോഡുകളിൽ പാകുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ആസ്ഫാൾട്ട് (താർമഷി) പോലെ ഖര രൂപത്തിലും, പരമ്പരാഗതമായ പെട്രോളിയം പോലെ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലും, പ്രകൃതി വാതകം പോലെ വാതകാവസ്ഥയിലും ഇവ നിലകൊള്ളുന്നു. സാധാരണ താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലും വാതകാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുടെ ഒരു മിശ്രിതമാണ് പ്രകൃതിവാതകം.

എന്നാലും, എണ്ണയും വാതകവും പ്രധാനമായും രണ്ട് മൂലകങ്ങളടങ്ങിയതാണ്: **ഹൈഡ്രജനും കാർബണും.** ഈ രണ്ട് മൂലകങ്ങളും ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്ന രീതിയാണ് ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുടെ രൂപത്തെ നിർണയിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ലളിതമായ ഹൈഡ്രോകാർബണായ മീഥേൻ അടങ്ങിയതാണ് പ്രകൃതി വാതകം. അതേസമയം, കൂടുതൽ സങ്കീർണ്ണമായ ദ്രാവക - ഖര രൂപത്തിലുള്ള ഹൈഡ്രോകാർബണുകളാണ് അസംസ്കൃത എണ്ണയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. പ്രകൃതി വാതകത്തിൽ കൂടുതലും മീഥേനാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതെങ്കിലും, ഏറ്റവും ലളിതവും ലഘുവായതുമായ പെന്റെയ്ൻ, ബ്യൂട്ടെയ്ൻ, പ്രൊപ്പെയ്ൻ, ഈഥേൻ എന്നിവയും ഉൾക്കൊള്ളുന്നുണ്ട്.

3.2.2 പെട്രോളിയം ഉൽപന്നങ്ങൾ (Products of petroleum)

പ്രകൃത്യാലുണ്ടാകുന്ന എണ്ണ അതിന്റെ 'അസംസ്കൃത' അവസ്ഥയിൽ സാധാരണയായി കറുപ്പോ അല്ലെങ്കിൽ തവിട്ടു നിറത്തിലോ ആയിരിക്കും. എന്നാൽ മഞ്ഞയോ പച്ചയോ നിറത്തിലും അത് കാണാവുന്നതാണ്. **'അസംസ്കൃത എണ്ണ' (Crude oil)** എന്ന പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് എണ്ണയുടെ അസംസ്കൃത (unrefined) അല്ലെങ്കിൽ പ്രാകൃതികാവസ്ഥയെയാണ് (crude). വിവിധ ഘടകങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന ഒരു മിശ്രിതമായാണ് ഇത് ഭൂമിയിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നത്. ഇന്ധനമായി ഉപയോഗിക്കുന്നതിന് മുമ്പ് പെട്രോൾ (ഗ്യാസോലിൻ), വിമാന ഇന്ധനം, ഇന്ധനഎണ്ണ തുടങ്ങിയ ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിച്ചെടുക്കാൻ ഇതിനെ എണ്ണശുദ്ധീകരണശാലയിലേക്ക് (refinery) എത്തിക്കേണ്ടതുണ്ട്.



ചിത്രം 3.6 : പെട്രോളിയവും അതിന്റെ ചില ഘടകഭാഗങ്ങളും.

പെട്രോൾ, ജെറ്റ് ഇന്ധനങ്ങൾ എന്നിവ കൂടാതെ, ഡീസൽ, ചൂടാക്കുന്ന എണ്ണ, ഘർഷണം കുറയ്ക്കുന്ന കുഴമ്പുകൾ (lubricants), താർമഷി (asphalt) തുടങ്ങി മറ്റ് പല ഉൽപന്നങ്ങളും എണ്ണയിൽ നിന്നും വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നു. അസംസ്കൃത എണ്ണയുടെ കട്ടി കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച്, ഉൽപന്നങ്ങൾ വേർതിരിച്ചെടുക്കാനുള്ള ബുദ്ധിമുട്ടും ചെലവും വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ശുദ്ധീകരണ ശാലയിൽ, അസംസ്കൃത എണ്ണ **സേദനം (distillation)** വഴി ഘടകാംശങ്ങളായി (അതിന്റെ ഘടക ഭാഗങ്ങളായി) വേർതിരിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ഘടകാംശങ്ങളിൽ ചിലത്, ലളിതമായ മാർഗങ്ങളിലൂടെ ശുദ്ധീകരണശാലയിൽ വെച്ച് അന്തിമ ഉൽപന്നങ്ങളാക്കി മാറ്റുന്നു. ശുദ്ധി ചെയ്ത ഉൽപന്നങ്ങൾ രാസ പ്രവർത്തന ശാലകളിലും ഫാക്ടറികളിലും വെച്ച് തുടർന്നും പലവിധ സംസ്കരണങ്ങൾക്ക് വിധേയമാക്കിയാലേ അന്തിമ ഉപഭോക്തൃ ഉൽപന്നങ്ങളാക്കി മാറ്റാനാകൂ.

ഇന്ന് ആയിരക്കണക്കിന് പെട്രോളിയം ഉൽപന്നങ്ങൾ ഉപയോഗത്തിലുണ്ട്. കൂടുതൽ സുപരിചിതമായ ചിലതാണ് പെയിന്റിന്റെ ലായകം, കീടനാശിനി, മരുന്നുകൾ, കൃത്രിമനാരുകൾ, ഇനാമൽ, ഡിറ്റർജന്റുകൾ, കളനാശിനികൾ, രാസവളങ്ങൾ, പ്ലാസ്റ്റിക്കുകൾ, മനുഷ്യനിർമിത റബ്ബർ, ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് ഫിലിം, മെഴുകുതിരികൾ, മെഴുക് കടലാസുകൾ, മിനുക്ക് വസ്തുക്കൾ, ലേപന വസ്തുക്കൾ, കുഴമ്പുകൾ, മേച്ചിൽ (roofing) വസ്തുക്കൾ, സംരക്ഷക ചായങ്ങൾ മുതലായവ.

പ്രകൃതിവാതകം ബാഷ്പരൂപത്തിലാണെങ്കിലും, കൊണ്ടുപോകാനുള്ള എളുപ്പത്തിന്നായി, അതിൽ മർദ്ദം പ്രയോഗിച്ചും തണുപ്പിച്ചും ദ്രാവക രൂപത്തിലേയ്ക്ക് മാറ്റുവാനാകും. (എൽ.എൻ.ജി. (LNG) എന്നാൽ ദ്രവീകൃത പ്രകൃതിവാതകമാണ്). വർണ്ണരഹിതവും മണമില്ലാത്തതുമായ ഈ ബാഷ്പത്തിന്റെ ചോർച്ച പെട്ടെന്ന് കണ്ടെത്തി തിരിച്ചറിയുന്നതിന് വാതക കമ്പനികൾ മോശമായ ഒരു ഗന്ധം ചേർക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. വൈദ്യുതി ഉണ്ടാക്കുന്നതിനും, പ്ലാസ്റ്റിക്,

വളങ്ങൾ, തുണിത്തരങ്ങൾ, മറ്റ് ഉൽപന്നങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ നിർമിക്കുന്നതിനും പ്രകൃതി വാതകം ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്.

3.2.3 പെട്രോളിയത്തിന്റെയും പ്രകൃതിവാതകത്തിന്റെയും രൂപീകരണം (Formation of petroleum and natural gas)

എണ്ണ - വാതക നിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുവാനാരംഭിച്ചത് 290 മുതൽ 350 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് കർബോണിഫെറസ് മഹായുഗത്തിലാണ്. എണ്ണയിലും വാതകത്തിലുമടങ്ങിയ അടിസ്ഥാന മൂലകമായ 'കാർബണിൽ' നിന്നാണ് ഈ മഹായുഗത്തിന് പ്രസ്തുത പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളത്.

സമുദ്രാവസാദങ്ങളിലെ ജൈവിക പദാർത്ഥങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുകയും ഒന്നിച്ച് നിലകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നവയാണ് എണ്ണയും പ്രകൃതിവാതകവും. കടലിൽ വസിക്കുന്ന ഏകകോശ ആൽഗകൾ, ഡയാറ്റമുകൾ തുടങ്ങിയ സൂക്ഷ്മ ജീവികളുടെ മൃദു ശരീരങ്ങളിൽ നിന്നാണ് എണ്ണ രൂപം കൊള്ളുന്നതെന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു. ഈ ജീവികളുടെ കാലശേഷം, അവയുടെ ശതകോടിക്കണക്കിന് മൃത ശരീരങ്ങൾ, കടൽത്തട്ടിൽ അടിഞ്ഞ് കൂടി സമുദ്രത്തിലെ ചെളിയിൽ കുമിഞ്ഞ് കൂടുന്നു.

സുദീർഘമായ ഭൗമകാലം കൊണ്ട്, ഈ ജൈവിക പദാർത്ഥങ്ങൾ, ചെളിയുമായി കൂടിക്കലർന്ന്, അവസാദങ്ങളുടെ കനത്ത പാളികളിൽ മൂടിക്കിടക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ മൂടിക്കിടക്കുന്നതുകൊണ്ട് ജൈവ പദാർത്ഥങ്ങൾക്ക് മാറ്റങ്ങൾ വന്ന് തുടങ്ങുന്നു. മുകളിൽ കിടക്കുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ ഭാരത്താൽ മർദ്ദം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഭൂമിയിൽ ആഴത്തിനനുസരിച്ച് താപനിലയും വർദ്ധിക്കുന്നു. താപത്തിന്റെയും മർദ്ദത്തിന്റെയും ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ക്രമേണയുള്ള ജീർണ്ണനം മൂലം, നൂറുകണക്കിന് ജൈവിക സംയുക്തങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ ഇത് കലാശിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിൽ നിന്നുള്ള താപം, ചെളിയിലടങ്ങിയ ഈ ജൈവ അവശിഷ്ടങ്ങളെ പെട്രോളിയത്തിന്റെയും പ്രകൃതിവാതകത്തിന്റെയും പ്രധാന ഘടകമായ, ഹൈഡ്രോകാർബൺ കുഴമ്പ് (soup) ആക്കി പാകപ്പെടുത്തുന്നു.

ഉയർന്ന അളവിലുള്ള താപവും മർദവും ജൈവ പദാർത്ഥത്തെ രാസപരമായി രൂപാന്തരപ്പെടുത്തുവാൻ കാരണമാകുന്നു. ആദ്യം ഓയിൽഷെയിലിൽ (Oil shale) കാണപ്പെടുന്ന മെഴുകുപോലെയുള്ള വസ്തുവായ കെറോജൻ (kerogen) ആയും, അനന്തരം കൂടുതൽ താപീകരണത്തിലൂടെ ദ്രാവകത്തിന്റെയും വാതകത്തിന്റെയും രൂപത്തിലുള്ള ഹൈഡ്രോകാർബണുകളായും മാറുന്നു.

താപം, മർദ്ദം, കാലം എന്നീ ഘടകങ്ങൾക്കനുസൃതമായി ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുടെ പ്രകൃതവും മാറുന്നതാണ്. പെട്രോളിയം രൂപികരണത്തിന്റെ ആദ്യ

ഘട്ടങ്ങളിൽ, പ്രധാനമായും, ഏതാണ്ട് സ്ഥിരതയാർന്ന ഖരാവസ്ഥയുള്ള ആസ്ഫാൾട്ടിലുള്ളതുപോലുള്ള ബൃഹത്തായ ഹൈഡ്രോ കാർബണുകളടങ്ങിയ, നിക്ഷേപങ്ങളായിരിക്കും. കാലം കൊണ്ട് പാകമാകുന്നതിനനുസരിച്ച്, പടിപടിയായി കൂടുതൽ ലഘുവായ ഹൈഡ്രോകാർബണുകളായി പെട്രോളിയം മാറുന്നു. ജൈവിക തന്മാത്രകൾ, വിഘടിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന അന്തിമ ഘട്ടങ്ങളിൽ, ലളിതവും, ലഘുവായതുമായ വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള ഹൈഡ്രോകാർബണുകളായ പ്രകൃതിവാതകം രൂപം കൊള്ളുന്നു.

3.2.4 എണ്ണയുടെ മൈഗ്രേഷനും എണ്ണക്കുളങ്ങളുടെ രൂപീകരണവും (Migration of oil and formation of oil pools)

പെട്രോളിയം ഒരു ദ്രവമായതിനാൽ, രൂപം കൊള്ളുന്ന മുറക്ക് അതിന് ഭൂമിയിലൂടെ സ്ഥാനാന്തര ചലനത്തിന് കഴിയുന്നതാണ്. ഖര രൂപത്തിലുള്ള ജൈവപദാർഥങ്ങൾക്ക് ദ്രാവക, വാതക രൂപത്തിലുള്ള ഹൈഡ്രോകാർബണുകളായി പരിവർത്തനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ അവ രൂപം കൊണ്ട ശിലകൾ വിട്ട് മറ്റിടങ്ങളിലെക്ക് ചലിക്കാനിടയാകുന്നു. ജൈവ പദാർത്ഥങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് വിവിധ മാറ്റങ്ങളിലൂടെ എണ്ണയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് ഏത് ശിലയിൽ വെച്ചാണോ അതിനെ **ഉറവിടശില (source rock)** എന്ന് പറയുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിൽ എണ്ണ ഏത് അവസാദശിലയിലാണോ രൂപം കൊണ്ടത് അത് ഉറവിട ശിലയാണ്. ഇപ്പോൾ എണ്ണ കാണപ്പെടുന്ന ശിലയാണ് **സംഭരണശില (reservoir rock)** അല്ലെങ്കിൽ **എണ്ണക്കുളം (Oil pools)**.

എണ്ണക്കുളങ്ങൾ എണ്ണയുടെ മൂല്യവത്തായ ഭൂഗർഭ സഞ്ചയങ്ങളാണ്. ഭൂമിക്കടിയിലെ പെട്രോളിയം ശേഖരങ്ങൾ സാധാരണ നമ്മൾ കരുതാനിടയുള്ള കുളങ്ങളല്ല. മറിച്ച്, ഒരു സ്പോഞ്ചിൽ വെള്ളം തങ്ങി നിർത്തപ്പെടുന്നത് പോലെ എണ്ണയാലും വാതകത്താലും കുതിർന്ന പാറകളാണ്.

ഉറവിടശിലയിൽ നിന്നും സംഭരണശിലയിലേക്കുള്ള പെട്രോളിയത്തിന്റെ സഞ്ചാരമാണ് **പെട്രോളിയത്തിന്റെ മൈഗ്രേഷൻ (migration of petroleum)** എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. അവസാദശിലകളുടെ ഭൗതികവും രാസ-ഭൗതികവുമായ സാഹചര്യങ്ങളാണ് എണ്ണയുടെ ചലനത്തെയും നീങ്ങലിനെയും സ്വാധീനിക്കുന്നത്.

സാമ്പത്തികമൂല്യമുള്ള ഒരു നിക്ഷേപമായി ഒരുസ്ഥത്ത് ശേഖരിക്കപ്പെടാൻ എണ്ണയുടെയും വാതകത്തിന്റെയും മൈഗ്രേഷൻ ആവശ്യമാണ്. പെട്രോളിയം പതുക്കെ, കടത്തിവിടൽ ശേഷിയുള്ള (permeable) അടുത്തുള്ള ശിലാപാളിയിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നതാണ്. ഇവ ഒഴുക്കിന് വേഗതനൽകുന്ന തരം ശിലകളായ മണൽക്കല്ലോ ചുണ്ണാമ്പുകല്ലോ ആയിരിക്കും. ജലത്തേക്കാളും ശിലയേക്കാളും

പെട്രോളിയത്തിന് സാന്ദ്രത കുറവായതിനാൽ, കടത്തിവിടൽ ശേഷിയുള്ള (permeable) ശിലകളിലൂടെ അവ പിന്നീട് ഉയർന്ന് വരുന്നതാണ്. ഭൂമിയുടെ മുകളിലേക്ക് ഇവ കടന്നെത്തുന്നത് വരെയോ, ശിലകളിൽ തന്നെ കുടുങ്ങിക്കിടക്കുന്നത് വരെയോ ഈ ചലനം തുടരുന്നു. സംഭരണശിലാസ്തരങ്ങൾ എണ്ണക്കുടുക്കുകളുടെ (oil traps) രൂപത്തിൽ പെട്രോളിയത്തിന്റെ ചലനത്തെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നതുവരെ അതിന്റെ പലായനം തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കും.



എണ്ണയുടെ സഞ്ചാരം നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞ് കൂടുമ്പോൾ മുകളിലെ അടുക്കുകളുടെ ഭാരവും തിങ്ങിഞെരുക്കലുമാണ് പെട്രോളിയത്തിന്റെ ചലനത്തിന് ഒരു പ്രധാന പ്രേരകശക്തി. അവസാദങ്ങളിലെ സുഷിരങ്ങളിലൂടെ ജലം പുറന്തള്ളപ്പെട്ട്, സുഷിരങ്ങളുടെ അളവ് ചുരുങ്ങിയാണ് ഇതുണ്ടാകുന്നത്. അവസാദങ്ങൾ ഞെരുങ്ങിയമരുമ്പോൾ, അവയിലടങ്ങിയ മിക്ക ജലവും പുറത്ത് പോകുന്നതാണ്. കൂടുതൽ അവസാദങ്ങളാൽ, മൂടപ്പെട്ട് കഴിഞ്ഞാൽ പിന്നെ, വളരെ കുറച്ച് വെള്ളം മാത്രമേ പുറത്ത് പോകാതെ ശേഷിക്കുകയുള്ളൂ. ചെളിപരുവത്തിലുള്ള ഈ അവസാദങ്ങൾ, ഞെരുങ്ങിയമരുന്ന മുറക്ക്, അവയിൽ നിന്നും വാതകങ്ങളും എണ്ണത്തുള്ളികളും പുറത്തേക്ക് തള്ളപ്പെട്ട് കൂടുതൽ സുഷിരങ്ങളുള്ളതും കടക്കുവാൻ എളുപ്പവുമുള്ള മണൽ പാളികളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നതാണ്.

ശിലകളിലൂടെയുള്ള പെട്രോളിയത്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തെ വലിയ തോതിൽ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഭൗതിക, രാസ - ഭൗതിക സാഹചര്യങ്ങളാണ് സുഷിരതയും കടത്തിവിടൽ ശേഷിയും (Porosity and permeability). ഒരു നിർദ്ദിഷ്ട ശിലയുടെ മൊത്ത വ്യാപ്തത്തിൽ ശൂന്യ സ്ഥലത്തിന്റെ വ്യാപ്തി എത്ര ശതമാനമാണ് എന്നുള്ളത് സുഷിരതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സുഷിരസമൃദ്ധമായ ശിലകളിലൂടെ ദ്രവങ്ങൾ (ജലം, എണ്ണ, വാതകം) ക്ക് കടന്ന് പോകാനുള്ള ശേഷിയാണ് പെർമിയബിലിറ്റി അഥവാ കടത്തി വിടൽ ശേഷി. സുഷിരസമൃദ്ധിയും സുഷിരവലിപ്പവും ശിലയുടെ കടത്തിവിടൽ ശേഷിയും എണ്ണത്തുള്ളികളായി ഒഴുകുവാനും തുടർച്ചയായ ചെറിയ എണ്ണസിരാവ്യൂഹത്തെ (പരസ്പര ബന്ധിതവും എണ്ണ നിറഞ്ഞതുമായ സുഷിരങ്ങളുടെ ഒരു ശൃംഖല) സൃഷ്ടിക്കുവാനും അനുവദിക്കുന്നു.

ചലിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ബലവും അതിനെതിരായ ബലവും എണ്ണയുടെ സഞ്ചാരം നിയന്ത്രിക്കുന്നു. പെട്രോളിയംഹൈഡ്രോകാർബണുകളും ജലവും തമ്മിലുള്ള സാന്ദ്രതാ വ്യത്യാസത്തിന്റെ ഫലമായുളവാകുന്ന പ്ലവനത (buoyancy) യാണ് മുഖ്യമായി ചലിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ബലമായി വർത്തിക്കുന്നത്. എണ്ണയേക്കാൾ സാന്ദ്രത കുറവായതിനാൽ, ഒഴുകുന്ന വെള്ളത്തിന് എണ്ണയെ താങ്ങി നിർത്തുന്നതിനും ഒപ്പം കൊണ്ടു പോകുന്നതിനും സാധിക്കും.

സുഷിര സമൃദ്ധ ശിലകളിലൂടെയുള്ള പെട്രോളിയത്തിന്റെ ചലനത്തെ കേശിക ബലങ്ങളും (capillary forces) സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്. കേശികമർദം പൊങ്ങികിടക്കാനുള്ള ശേഷിയെ പ്രതിരോധിക്കുന്നു. ശിലകളിലെ സൂക്ഷ്മ സുഷിരങ്ങളിൽ കൂടി പ്രവേശിക്കുന്ന വെള്ളത്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തിനായി വാതകവും എണ്ണയും മറികടക്കേണ്ട മർദ്ദമാണ് കേശികമർദ്ദം (capillary pressure). സൂക്ഷ്മ സുഷിരത്തിന്റെ വലിപ്പം കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് കേശികമർദ്ദം കൂടുന്നതാണ്. കെറോജനിൽ നിന്നുൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന പെട്രോളിയം സംയുക്തങ്ങൾക്ക്, ഷെയ്ൽ, മഡ്സ്റ്റോൺ പോലെയുള്ള ചെറിയ തരികളോട് കൂടിയ ഉറവിടശിലകളിൽ സംഭരിക്കപ്പെടാൻ വളരെ പരിമിതമായ സുഷിര വ്യാപ്തമേ ആദ്യഘട്ടത്തിൽ ഉണ്ടാകുകയുള്ളൂ. അതിനാൽ കളിമൺധാതുക്കൾക്കും ഇടുങ്ങിയ സുഷിരങ്ങൾക്കുമിടയിലെ സൂക്ഷ്മനാളികളിലൂടെ അവ അടുത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന കൂടുതൽ സുഷിര സമൃദ്ധമായ ശിലാപാളികളിലേക്ക് പ്രവഹിക്കാൻ നിർബന്ധിതമാകുന്നു.

എണ്ണക്കുളങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിന്, സഹായിക്കുന്ന സവിശേഷ സാഹചര്യങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നു.

(1) **ഉറവിടശില (Source rock)**: അവസാദങ്ങളാൽ മൂടപ്പെട്ടതിനുശേഷം ജൈവ പദാർത്ഥങ്ങൾ പലതരം പരിവർത്തനങ്ങളിലൂടെ എണ്ണയായി മാറ്റപ്പെടുന്നത് ഏത് ശിലയിലാണോ ആ ശിലയാണ് ഉറവിടശില.

(2) **സംഭരണശില (Reservior rock)**: പെട്രോളിയം സംഭരിക്കാനും വഹിക്കുവാനും പര്യാപ്തമായ സുഷിര സമൃദ്ധിയും കടത്തിവിടൽശേഷിയുമുള്ള ശിലായാണിത്.

(3) **എണ്ണക്കുരുക്ക്/ഓയിൽ ട്രാപ് (Oil trap)**: സംഭരണശിലയിൽ എണ്ണയുടെ സഞ്ചാരത്തെ തടഞ്ഞ് നിർത്തുന്നതിനാവശ്യമായ ഒരു പറ്റം സാഹചര്യങ്ങളോ, ആവരണശില (cap rock) യോ ആണ് എണ്ണക്കുരുക്ക്.

എണ്ണക്കുരുക്കുകൾ (Oil traps)

സംഭരണ ശിലകളിൽ പലപ്പോഴും ജലം കാണപ്പെടാറുണ്ട്. ഈ ജലം ഭാരം കുറഞ്ഞ പെട്രോളിയത്തെയും പ്രകൃതി വാതകങ്ങളെയും മുകളിലേക്ക് ഉയർത്തുന്നു. ഈ ചലനം ആവരണ ശിലകളായി (cap rock) പ്രവർത്തിക്കുന്ന കടത്തിവിടൽ ശേഷി ഒട്ടുമില്ലാത്ത ശിലകളായ മഡ്സ്റ്റോൺ (mud stone), ഉപ്പുപാറ (salt rock) എന്നിവയുടെ അടുത്തെത്തുന്നതുവരെ തുടരുന്നു. അവിടെ അത് കുടുങ്ങികിടക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിന് പുറത്തേക്ക് ഒഴുകിപ്പോകാതെ സംരക്ഷിക്കപ്പെടണമെങ്കിൽ പെട്രോളിയവും അനുബന്ധ വാതകങ്ങളും ഉപരിതലത്തിന് താഴെ കുടുങ്ങിക്കിടക്കേണ്ടതുണ്ട്.

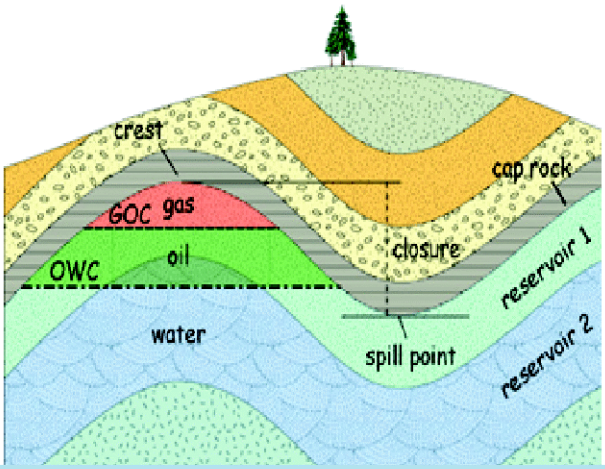
എണ്ണക്കുളത്തിലെ പെട്രോളിയത്തെ ഒഴുകിപ്പോകാൻ അനുവദിക്കാതെ

തടഞ്ഞു നിർത്തുന്ന സുഷിരങ്ങൾ വളരെകുറഞ്ഞ ശിലകളാണ് **എണ്ണക്കുരുക്കുകൾ.** സംഭരണശിലകളായ സുഷിരങ്ങൾ ധാരാളമുള്ള മണൽക്കല്ലുകൾ, ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് തുടങ്ങിയവയിലാണ് ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ (പെട്രോളിയവും വാതകങ്ങളും) ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നത്. പെട്രോളിയത്തെ സുഷിരങ്ങൾ വളരെകുറഞ്ഞ ആവരണ ശിലകൾ മുകളിലേക്ക് കടത്തിവിടാതിരിക്കുന്നു. പെട്രോളിയവും വാതകങ്ങളും കൂടിചേർന്ന ഇത്തരം കുരുക്കുകൾ പെട്രോളിയം സംഭരണിയായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

വിവിധയിനം കുരുക്കുകൾ (Types of Traps)

ഭൗമാന്തർഭാഗത്തെ അതിശക്തമായ ബലങ്ങളെ തുടർന്ന് സംഭരണ ശിലകളുടെ രൂപത്തിന് മാറ്റം സംഭവിക്കാറുണ്ട്. മുകളിലേക്കോ, താഴേക്കോ, വശങ്ങളിലേക്കോ കമാന ആകൃതിയിലോ ഗർത്തങ്ങളായോ സംഭരണശിലകളുടെ ആകൃതിയിൽ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കാറുണ്ട്. ഈ ആകൃതി വ്യതിയാനമാണ് പെട്രോളിയത്തെ തടഞ്ഞുനിർത്തുന്ന കുരുക്കുകൾക്ക് രൂപം നൽകുന്നത്. സ്ഥാനചലനം സംഭവിച്ച ഒരു ശിലയുടെ വിള്ളൽ പ്രതലമോ വിള്ളൽ മേഖലയോ ആണ് ഭ്രംശനം (fault). മടക്ക്, ഭ്രംശനം തുടങ്ങിയ ശിലാഘടനകളെക്കുറിച്ച് കൂടുതലായി നിങ്ങൾക്ക് അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാം.

മടക്കുകളും ഭ്രംശനങ്ങളും അനേകതരം പെട്രോളിയം കുരുക്കുകളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ശിലാപാളികൾ മുകളിലേക്ക് തള്ളി കമാന ആകൃതിയോ ആന്റിക്ലൈൻ (Anticline fold) ആകൃതിയോ കൈവരിച്ചാണ് ഫോൾഡ് ട്രാപ്പുകൾ (fold traps) രൂപം കൊള്ളുന്നത് (ചിത്രം 3.7). കമാന ശിലകളുടെ ഏറ്റവും മുകളിലായുള്ള ധാരളം സുഷിരം നിറഞ്ഞ പാളികളെ ലക്ഷ്യമായി നീങ്ങുന്ന ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ കടത്തിവിടൽശേഷി ഒട്ടുമില്ലാത്ത ശിലകളിൽ തട്ടി നിൽക്കുന്നു. പെട്രോളിയം നിറഞ്ഞ സുഷിരങ്ങളുടെയും ജലം നിറഞ്ഞ സുഷിരങ്ങളുടെയും സമ്പർക്കമേഖല (oil /water contact) കൃത്യവും മിക്കവാറും തിരശ്ചീനവുമാണ്. ഈ അതിർത്തിയെ പെട്രോളിയം - ജല സമ്പർക്കമേഖല എന്ന് വിളിക്കാം. പെട്രോളിയത്തിൽ നിന്നും വേർപെട്ട ഒരു സ്വതന്ത്രവാതക മേഖല ഉണ്ടായിരിക്കും. വാതകങ്ങൾക്ക് പ്ലവനശേഷി (buoyancy) കൂടുതലുള്ളതിനാൽ, ശിലാകമാനത്തിന്റെ നെറുകയിൽ അവ കേന്ദ്രീകരിച്ച് വാതകപാളിയായി നിലകൊള്ളുന്നു.

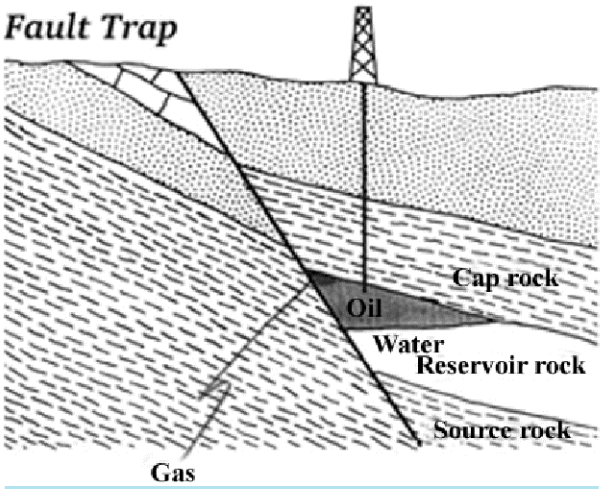


ചിത്രം 3.7 : അവനതി കുരുക്കുകളിൽ ശിലാതൈലവും വാതകങ്ങളും അടിഞ്ഞ് കൂടിയിരിക്കുന്നു (Goc; Gas-oil contact; OWC: oil-water contact)

ഫോൾഡ് ട്രാപുകളിൽ പെട്രോളിയവും ജലവും ഒരുമിച്ചാണ് നിലകൊള്ളുന്നത്. പെട്രോളിയത്തിന് സാന്ദ്രത കുറവായതിനാൽ മടക്കപ്പെട്ട ശിലകളുടെ ഏറ്റവും മുകൾഭാഗത്തായി അവ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നു. സംഭരണ ശിലകൾക്ക് മുകളിലായി കടത്തിവിടൽശേഷി കുറഞ്ഞ അടുക്കുകളിൽ പെട്രോളിയം കുടുക്കപ്പെടുന്നു. മുകളിൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന ചിത്രം എണ്ണക്കുരുക്കുകളിലെ സുഷിര സമൃദ്ധശിലയിലെ ഹൈഡ്രോകാർബണുകളെ ആവരണ ശിലകൾ മൂടിവയ്ക്കുന്നതായി കാണിക്കുന്നു. സംഭരണശിലകളെ പൊതിഞ്ഞു നിൽക്കുന്ന കടത്തിവിടൽശേഷിയില്ലാത്ത ശിലകളാണ് **ആവരണ ശിലകൾ (cap rocks)**.

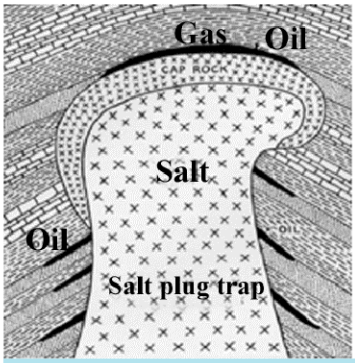
പ്രകൃതിവാതകങ്ങൾക്ക് പെട്രോളിയത്തേക്കാൾ സാന്ദ്രത കുറവായതിനാൽ അവ പെട്രോളിയത്തിന് മുകളിലായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂകുരുക്കുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ദ്രാവകങ്ങളും വാതകങ്ങളും മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത പാളികളായാണ് നിലകൊള്ളുന്നത്. ജലം ഏറ്റവും താഴെയും, പെട്രോളിയം മധ്യഭാഗത്തും പ്രകൃതിവാതകം ഏറ്റവും മുകളിലും എന്ന രീതിയിലാണ് ഇവ നിലകൊള്ളുന്നത്.

ഭ്രംശനക്കുരുക്കുകളിൽ (Fault trap) സംഭരണ ശിലകളെ ഭ്രംശന മേഖലകളിലോ, വിള്ളലുകളിലോ ആണ് കുരുക്കിയിടുന്നത്. ഭൗമചലനങ്ങൾ മൂലം കടത്തിവിടൽ ശേഷിയില്ലാത്ത ശിലകൾ സംഭരണ ശിലകൾക്ക് മുകളിലേക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നതിനാലാണ് ഭ്രംശന കുരുക്കുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 3.8).



ചിത്രം 3.8 : ഭ്രംശന കുരുക്കുകൾ

ഉപ്പ് പോലുള്ളതോ സുഷിരങ്ങളില്ലാത്ത വസ്തുക്കളോ ഭൂമിക്കുള്ളിൽ നിന്നുള്ള വലിയ മർദ്ദത്തെ തുടർന്ന് ഉയർന്നുവരാനിടയാവുകയും അവ താഴിക ക്കുടത്തിന്റെ (dome) ആകൃതി പ്രാപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതും എണ്ണ കുരുക്കുക ളായി വർത്തിക്കുന്നു (ചിത്രം 3.9). ഭൗമാന്തർ ഭാഗത്ത് നിന്നുള്ള മർദ്ദത്തിൽ ഉപ്പ്പാറകൾ അവ സാദ ശിലാപാളികൾക്കുള്ളിലൂടെ അർധ ദ്രവാവ സ്ഥയിൽ ഉയർന്നുവരുന്നു. ഇവ അവസാദങ്ങളിൽ വിടവുണ്ടാക്കി പെട്രോളിയത്തെ പിടിച്ചു നിർത്താ നുള്ള ഇടം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അവസാദ ശിലാപാ ളികളെ ഭേദിച്ചുകൊണ്ട് ഉയർന്നുപൊങ്ങുന്ന ഉപ്പുപാറകൾ സംഭരണശിലകളെ സ്പർശിക്കു ന്നതോടുകൂടി ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുടെ സഞ്ചാരം തടസ്സപ്പെടുകയും തുടർന്ന് ഉപ്പുതൂണു കൾക്ക് ചുറ്റുമായി ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ കേന്ദ്രീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 3.9 : ഉപ്പ് കീലക കുരുക്ക്

വാസ്തവത്തിൽ, പ്രകൃതിയിൽ വ്യത്യസ്തതരം കുരുക്കുകളിലാണ് പെട്രോ ളിയം സംഭരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ഒരു കുരുക്കിൽ പെട്രോളിയം നിലനിൽക്കണമെ ങ്കിൽ അത് കടത്തിവിടൽ ശേഷിയില്ലാത്ത ആവരണശിലയാൽ മൂടപ്പെട്ടിരിക്ക ണമെന്ന് മനസിലായല്ലോ. മിക്കവാറും എണ്ണപാടങ്ങളുടെ ആവരണശിലകൾ നേർത്ത തരികളാൽ നിർമിതമായതും, കളിമൺ തരികളാൽ സമ്പുഷ്ടവുമായ ഷെയ്ൽ, മഡ്സ്റ്റോൺ എന്നിവ ആയിരിക്കും. ആവരണശിലകളായ ഷെയ്ൽ, മഡ്സ്റ്റോൺ എന്നിവയ്ക്ക് കടത്തിവിടൽശേഷി കുറവായതിനാലും സുഷിര വ്യാസം നന്നെ ചെറിയതായതിനാലും കേശിക പ്രവേശനമർദ്ദം (capillary entry

pressure) ഇവക്ക് കൂടുതലായിരിക്കും. ആയതിനാൽ പ്രെട്രോളിയത്തിന്റെയും വാതകങ്ങളുടെയും പ്ലവനക്ഷമത ചെറുക്കാനുള്ള കഴിവ് ഇവക്ക് കുറവാണ്. കൂട്ടത്തിൽ ഏറ്റവും അത്യുത്തമമായ ആവരണശിലയായി കണക്കാക്കുന്നത് ബാഷ്പീകൃത ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമായ അൻഹൈഡ്രൈറ്റ് (anhydrite), ഉപ്പ്പാറ തുടങ്ങിയവയാണ്. ഇത്തരം ഗുണമേൻമയുള്ള ആവരണ ശിലകളാണ് പശ്ചിമേഷ്യൻ രാജ്യങ്ങളിൽ പെട്രോളിയം ശേഖരങ്ങളുടെ ആവരണശിലയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

മുകളിൽ പരാമർശിച്ച വിവിധ സാഹചര്യങ്ങളാണ് ഭൂമിക്കുള്ളിൽ എണ്ണക്കുളങ്ങൾ (Oil pools) സൃഷ്ടിക്കപ്പെടാൻ കാരണമാകുന്നത്. നിരവധി എണ്ണക്കുളങ്ങൾ ഒരുമിച്ചുചേർന്ന പ്രദേശങ്ങൾ **എണ്ണപ്പാടങ്ങൾ (oil fields)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മിക്ക വാതക - എണ്ണപ്പാടങ്ങളും ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് ഒന്നു മുതൽ അഞ്ച് കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴത്തിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഏതാണ്ട് പത്ത് കിലോമീറ്റർ ആഴത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന എണ്ണപ്പാടമാണ് ഇതുവരെ രേഖപ്പെടുത്തിയതിൽ വെച്ച് ഏറ്റവും ആഴത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. സമുദ്രാന്തർഭാഗത്തെ വാതക-എണ്ണ സംഭരണികളുടെ മുകൾഭാഗത്ത് മൂന്ന് കിലോമീറ്ററോളം സമുദ്രജലം ഉണ്ടായിരിക്കും. സാധാരണയായി പെട്രോളിയവും വാതകങ്ങളും ഒരുമിച്ചാണ് ഉണ്ടാകാറുള്ളത്. എന്നാൽ ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഇവയിൽ ഏതെങ്കിലുമൊന്ന് കൂടുതൽ വരുന്ന വിധത്തിലുള്ള രണ്ട് ശേഖരങ്ങളായി കാണപ്പെടാറുണ്ട്. അഞ്ച് കിലോമീറ്ററിലധികം ആഴമുള്ള സംഭരണ ശിലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന പെട്രോളിയം അമിതോഷ്മാവ് മൂലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെട്ട് പ്രകൃതി വാതകാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

3.2.5 പെട്രോളിയം ഉറവ (Oil seepage)

ചിലപ്പോൾ ആവരണശിലകളുടെ ശേഷിക്കുറവിനാൽ ശിലാതൈലം ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് സ്വമേധയാ തള്ളിവരാറുണ്ട്. അത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ മേൽമണ്ണിലും ഭൗമോപരിതല ശിലകളിലും പെട്രോളിയംപാടകൾ ദൃശ്യമാകാറുണ്ട്. സമുദ്രാന്തർഭാഗത്തെ പ്രട്രോളിയം ഉറവകൾ, ജലോപരിതലത്തിൽ കുമിളകളായും, എണ്ണയുടെ തിളക്കമായും കാണപ്പെടും.

ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് നിന്നും ഉപരിതലത്തിലേക്കുള്ള പെട്രോളിയത്തിന്റെയും വാതകങ്ങളുടെയും ചോർച്ച കരയിലും സമുദ്രാടിത്തട്ടിലും ഒരുപോലെ സംഭവിക്കാറുണ്ട്. ഉത്ഭവശിലകളിൽ നിന്നും ഭൗമോപരിതലം വരെ നീണ്ടുകിടക്കുന്ന വിള്ളലുകൾ, ഭ്രംശനങ്ങൾ തുടങ്ങിയ കടന്നുപോകാൻ കഴിയുന്ന ഊടുവഴികളിലൂടെ പെട്രോളിയം ഭൗമോപരിതലത്തിൽ എത്തുന്നതിനാലാണ് പെട്രോളിയത്തിന്റെ പുറത്തേക്കുള്ള തള്ളൽ നടക്കുന്നത്. പെട്രോളിയം ഊറിവന്ന് ടാർ കുഴികളായും (tarpit) ആസ്ഫാൾട്ട് (താർമഷി) തടാകങ്ങളായും (asphalt lake) പെട്രോൾ കലർന്ന ജല ഉറവകളായും കാണപ്പെടുന്നു. പെട്രോളിയം പുറം തള്ളൽ

പോലെ പ്രകൃതിവാതക പുറം തള്ളൽ പ്രക്രിയകളും ഭൗമോപരിതലത്തിലെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ സംഭവിക്കാറുണ്ട്.

3.2.6 പെട്രോളിയത്തിന്റെ വിതരണം (Distribution of Petroleum)

ഭൂമിയിൽ പെട്രോളിയം തുല്യമായല്ല വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ലോകത്തിലെ ഏതാണ്ട് പകുതിയിലധികം പെട്രോളിയം ശേഖരങ്ങളും പശ്ചിമേഷ്യൻ മേഖലകളിലായി (ഇറാൻ ഉൾപ്പെടെ, വടക്കെ ആഫ്രിക്ക ഒഴികെ) കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. മറ്റൊരർത്ഥത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ലോകത്തിലെ മറ്റ് എല്ലാ മേഖലകളിലേയും പെട്രോളിയം ശേഖരങ്ങൾ ഒരുമിച്ച് ചേർത്താൽ ഉള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ പെട്രോളിയശേഖരം പശ്ചിമേഷ്യൻ മേഖലകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. പശ്ചിമേഷ്യൻ മേഖലകളെ കൂടാതെ കാനഡ, യുണൈറ്റഡ് സ്റ്റേറ്റ്സ്, ലാറ്റിൻ അമേരിക്ക, ആഫ്രിക്ക, മുൻ സോവിയറ്റ് യൂണിയനിലെ ചില മേഖലകൾ തുടങ്ങിയ പ്രദേശങ്ങളിലും പെട്രോളിയം നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.

ഇന്ത്യയിലെ പ്രധാന അസംസ്കൃത എണ്ണനിക്ഷേപങ്ങൾ പടിഞ്ഞാറൻ തീരമേഖലയിലും (മുംബൈ ഹൈ) വടക്ക് കിഴക്ക് സംസ്ഥാനങ്ങളിലുമായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇന്ത്യയിലെ പ്രധാനപ്പെട്ട എണ്ണപാടങ്ങളാണ് മഹാരാഷ്ട്രയിലെ മുംബൈ ഹൈ, ആസാമിലെ ദിഗ്ബോയ് എന്നിവ. ഇതിൽ ആദ്യത്തേത് പുറം കടൽ എണ്ണപാടവും (offshore oil field) രണ്ടാമത്തേത് തീരസ്ഥ എണ്ണപാടവുമാണ് (on-shore oil field). ആസാമിലേയും, ആന്ധ്രപ്രദേശിലേയും ഗുജറാത്തിലേയും തീരസ്ഥ എണ്ണപ്പാടങ്ങൾ പ്രകൃതിവാതകങ്ങളുടെ ഉൽപാദനകേന്ദ്രങ്ങളാണ്. ആന്ധ്രാപ്രദേശിലെ കൃഷ്ണ, ഗോദാവരി നദീ തടങ്ങളിലായി 50,000 ചതുശ്രകിലോ മീറ്ററിൽ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന കൃഷ്ണ-ഗോദാവരി തടമാണ് (Krishna - Godavari basin) ഇന്ത്യയിലെ ഏറ്റവും വലിയ പ്രകൃതി വാതക മേഖലയായി അറിയപ്പെടുന്നത്.

നമ്മുടെ രാജ്യത്തെ പെട്രോളിയം പ്രകൃതിവാതക വിതരണ മേഖലകളെക്കുറിച്ചും, വ്യവസായിക ഉൽപാദനത്തെക്കുറിച്ചും വിവരശേഖരണം നടത്തുക. പരമ്പരാഗത ഊർജ്ജ വിഭവമായ പെട്രോളിയത്തിന്റെ വാണിജ്യാവശ്യകതയും ആഭ്യന്തര ഉൽപാദനവും തമ്മിൽ താരതമ്യം ചെയ്യുക. നിങ്ങളുടെ കണ്ടെത്തൽ ഒരു സ്ലൈഡ് ഷോയിലൂടെ (slide show) ക്ലാസിൽ അവതരിപ്പിക്കുക.

3.3 ഓയിൽ ഷെയ്ൽ (Oil Shale)

ചില ഷെയ്ൽ ശിലകളിലും മറ്റ് അവസാദശിലകളിലും കാണപ്പെടുന്ന മെഴുക് പരുവത്തിലുള്ള ഖരരൂപ ജൈവപദാർത്ഥങ്ങളാണ് കെറോജെൻ (Kerogen). ഇതുവരെയും പെട്രോളിയമായി മാറിയിട്ടില്ലാത്ത ജൈവപദാർത്ഥങ്ങളാണ് ഇവ.

കെറോജെൻ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾ ഓയിൽ ഷെയ്ൽ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഷെയ്ൽ ശിലയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ എല്ലായ്പ്പോഴും പെട്രോളിയം തന്നെ ആകണമെന്നില്ല. നേരത്തെ പരാമർശിച്ചപ്പോലെ, ഓയിൽ ഷെയ്ലിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഇന്ധനം സസ്യങ്ങൾ, അൽഗെ, ബാക്ടീരിയ തുടങ്ങിയവയുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന മെഴുക് രൂപത്തിലുള്ള ഖര പദാർത്ഥങ്ങളാണ്.

ഓയിൽ ഷെയ്ലിൽ നിന്ന് ഇന്ധനത്തെ വേർതിരിച്ചെടുക്കണമെങ്കിൽ ശിലകളെ പൊടിച്ച് ചൂടാക്കി, സ്വേദന പ്രക്രിയക്ക് വിധേയമാക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഖനനം ചെയ്ത ഓയിൽ ഷെയിലിനെ ജലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ കെറോജെൻ പെട്രോളിയമായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നു.

3.4 ടാർമണൽ (Tarsand)

അവസാദശിലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വളരെ കട്ടികൂടിയ അർദ്ധ ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ടാർ പോലുള്ള പെട്രോളിയമാണ് ടാർമണൽ. മണൽ തരികളോ മണൽകല്ലുകളോ ടാർ (asphalt) പോലുള്ള പദാർത്ഥങ്ങളുമായി ഒട്ടിപ്പിടിച്ച് ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ട് രൂപം കൊള്ളുന്നവയാണ് ടാർമണൽ. ടാർമണൽ പൂർണ്ണതയെത്താത്ത പെട്രോളിയം നിക്ഷേപമാണ്. വലിയ ഹൈഡ്രോകാർബൺ തന്മാത്രകളുടെ വിഘടനംവഴി ദ്രാവക - വാതക ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന പ്രവർത്തനം ടാർമണലിൽ നടക്കുകയില്ല. ശിലകളിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് ഒഴുകുവാനുള്ള ശേഷി ടാറിനില്ല, ആയതിനാൽ ടാർമണൽ അടങ്ങിയ ശിലകളെ ഖനനം ചെയ്ത്, പൊടിച്ച് ചൂടാക്കിയാണ് പെട്രോളിയത്തെ വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നത്. ഇവ ശുദ്ധീകരിച്ച് വിവിധ തരം ഇന്ധനങ്ങളാക്കി മാറ്റുന്നു.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. എണ്ണക്കുളങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ കുടുക്ക് (trap) ശിലകളുടെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?
2. അസംസ്കൃത പെട്രോളിയത്തിലെ പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
3. എന്തുകൊണ്ടാണ് സുഷിരങ്ങൾ നിറഞ്ഞതും കടത്തിവിടൽശേഷി കൂടുതലുമുള്ള ശിലകളിലൂടെ പെട്രോളിയം ഒഴുകുന്നത്?

3.5 ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യം (Significance of fossil fuel

എല്ലാ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളും പുനരുൽപാദിപ്പിക്കാൻ സാധിക്കാത്ത ഊർജ്ജ സ്രോതസ്സുകളാണ്. ഇത്കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് എന്തെന്നാൽ, നമ്മൾ

ഉപയോഗിക്കും തോറും ഇവയുടെ അളവ് കുറഞ്ഞ് വരികയും എന്നന്നേക്കുമായി ഇവ തീർന്നു പോകുകയും ചെയ്യുന്നു. ചരിത്ര രേഖകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് കൽക്കരിയാണ് ഏറ്റവും ആദ്യമായി ഉപയോഗിച്ച ഫോസിൽ ഇന്ധനം എന്നാണ്. ലോഹ അയിരുകളെ വേർതിരിക്കാനായി ചൂളകളിൽ ഇന്ധനമായി ഉപയോഗിക്കുന്നത് കൽക്കരിയാണ്. വാണിജ്യാവശ്യങ്ങൾക്കായി വൻതോതിൽ പെട്രോളിയം ഉപയോഗിക്കാൻ തുടങ്ങിയത് 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിലാണ്. ഇതിന്റെ ഉപയോഗം കൂടിക്കൂടിവരികാണ് പ്രകൃതിവാതകം ഇന്ന് നാം വൻതോതിൽ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്ന മറ്റൊരു ഫോസിൽ ഇന്ധനമാണ്, പ്രത്യേകിച്ചും ഗാർഹിക മേഖലയിൽ.

ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ മനുഷ്യർ ഇന്ന് വലിയതോതിൽ ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു. ഇതില്ലെങ്കിൽ എല്ലാ വികസന പ്രവർത്തനങ്ങളും സ്തംഭിക്കും. ആന്തരിക ജ്വലന യന്ത്രങ്ങളുടെ (ഇന്റേണൽ കമ്പസ്റ്റ്യൻ എൻജിനുകളുടെ) പ്രവർത്തനത്തിലും വൈദ്യുതി നിലയങ്ങളിലും ഈ ഇന്ധനം ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു. വിവിധ ഗതാഗത മാർഗങ്ങളായ നിരത്ത് ഗതാഗതം (road ways), റെയിൽ ഗതാഗതം, വ്യോമ ഗതാഗതം എന്നിവക്കെല്ലാം ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ കൂടിയേ തീരു.

പുനരുൽപാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയാത്ത ഇത്തരം ഇന്ധനങ്ങളുടെ അനിയന്ത്രിതമായ ഉപയോഗം വലിയ പ്രതിസന്ധി സൃഷ്ടിക്കും. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ കത്തൽ, ഉയർന്ന തോതിലുള്ള കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ് വാതകത്തെ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പുറം തള്ളുന്നു.

ഇന്റർ ഗവൺമെന്റൽ പാനൽ ഓൺ ക്ലൈമറ്റ് ചെയ്ഞ്ച് (Intergovernmental panel on climate change - IPCC) എന്ന സമിതി അഭിപ്രായപ്പെടുന്നത് അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, മറ്റ് ഹരിതഗൃഹ വാതകങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഉയർന്ന അളവ് 1950 മുതൽ ഭൂമിയുടെ ശരാശരി താപ നിലയിൽ വർദ്ധനവിന് ഇടയാക്കിയിട്ടുണ്ടെന്നാണ്. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ ജ്വലനമാണ് അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ വർദ്ധനവിന് ഒന്നാമത്തെ കാരണമാകുന്നത്.

സൂര്യനിൽ നിന്ന് വരുന്ന തരംഗ ദൈർഘ്യം കുറഞ്ഞ രശ്മികളെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്ഡൈസ് വാതകം കടത്തി വിടുകയും, ഈ രശ്മികൾ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേ സമയം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ തട്ടി പ്രതിഫലിക്കുന്ന തരംഗദൈർഘ്യം കൂടിയ രശ്മികളെ തിരിച്ച് ശൂന്യാകാശത്തേക്ക് പോകാൻ അനുവദിക്കാതെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് വാതകം തടഞ്ഞ് നിർത്തുന്നു. അതിനാൽ അവയ്ക്ക് അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ പുറത്ത് കടക്കാൻ സാധിക്കാതെ വരുന്നു. ഈ രശ്മികളെ അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, നീരാവി എന്നിവ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലെ നിലവിലെ താപം വർദ്ധിക്കാൻ ഇത് ഇടയാക്കുന്നു. ഒരു ഹരിതഗൃഹത്തിന്റെ

ചില്ലു പോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്ന കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, ആഗോളതല ത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിലെ താഴ്ന്ന ഭാഗത്തെ ഊഷ്മാവ് വർദ്ധിപ്പിക്കാൻ ഇടയാ ക്കുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം എന്നത് പ്രകൃതിയിൽ നില നിൽക്കുന്ന ഒരു സ്വാഭാവിക പ്രതിഭാസമാണ്. മനുഷ്യ പ്രവർത്തനം വഴി ഹരിത ഗൃഹവാതകങ്ങളുടെ (കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, മറ്റ് വാതകങ്ങളായ മീഥെയ്ൻ, ഓസോൺ) കൂടിയ തോതിലുള്ള വിമുക്തമാക്കൽ വഴി ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവം വർദ്ധിക്കുന്നതിനെയാണ് ആഗോളതാപനം എന്നു വിളിക്കുന്നത്.

ഭാവിയിൽ ഊർജത്തിന്റെ കുറവ് നികത്തുന്നതിനും പരിസ്ഥിതിക്ക് ഇതി നകം തന്നെ സംഭവിച്ച കോട്ടങ്ങൾ പരിഹരിക്കുന്നതിനും നിലവിലെ ഊർജ സ്രോതസ്സുകൾക്ക് പകരമായി മറ്റ് പുതിയ ഊർജ സ്രോതസ്സുകൾ നമുക്കാവശ്യ മുണ്ട്. ഭാവിയിൽ പ്രകൃതിയെയും പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളെയും സംരക്ഷിക്കാൻ പകരം വയ്ക്കാവുന്നതും പുനരുൽപാദിപ്പിക്കാൻ സാധിക്കുന്നതുമായ ഊർജ സ്രോത സ്സുകൾ നാം വികസിപ്പിക്കേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളെ സംബന്ധി ച്ചിടത്തോളം സുസ്ഥിര വികസനം എന്ന ആശയം വളരെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കു ന്നു. ഇതിനെക്കുറിച്ച് കൂടുതലായി അധ്യായം 6 ൽ (ഭൂവിജ്ഞാനീയവും പരിസ്ഥിതിയും) ചർച്ച ചെയ്യുന്നതാണ്.



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

അവസാദങ്ങളാൽ മൂടപ്പെട്ട ജീവജാലങ്ങളുടെ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങൾക്ക് വായു വിന്റെ അസാന്നിധ്യത്തിൽ ജീർണ്ണനം സംഭവിച്ചാണ് ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. കൽക്കരി, പെട്രോളിയം, പ്രകൃതി വാതകം എന്നിവയാണ് പ്രധാ നപ്പെട്ട മൂന്ന് ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ. ഇന്ന് നാം ഉപയോഗിക്കുന്ന മിക്കവാറും ഊർജങ്ങളുടെയും ഉറവിടം ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ഇവയക്ക് ചില പോരായ്മകൾ ഉണ്ട്. ഒന്നാമതായി ഒരു മനുഷ്യായുസ്സിനുള്ളിൽ ഇത്തരം ഇന്ധനങ്ങളെ പുനരുല്പാദിപ്പിക്കാൻ സാധിക്കുകയില്ല. രണ്ടാമതായി ഇത്തരം ഇന്ധനങ്ങൾ ഗുരുതരമായ പാരിസ്ഥിതിക പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന വയാണ്. അറിയപ്പെടുന്ന എല്ലാ പെട്രോളിയം - പ്രകൃതിവാതക നിക്ഷേപ ങ്ങളും ഏതാനും ചില ദശകങ്ങൾക്കുള്ളിൽ മിക്കവാറും നാമാവശേഷമാവാൻ സാധ്യതയുണ്ട്. ഇത്തരം വിഭവങ്ങളുടെ വിവേകരഹിതമായ ഉപയോഗം ഗുരു തരമായ പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കും.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. വിട്ടഭാഗം പൂരിപ്പിക്കുക.

(i) ജീവജാലങ്ങളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്ന് ഉൽഭവിക്കുന്ന ഇന്ധനങ്ങൾ _____ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

(ii) ജ്വലന ശേഷിയുള്ള കറുപ്പ് അല്ലെങ്കിൽ തവിട്ട് നിറത്തിലുള്ള ജൈവിക അവ സാദ ശിലയാണ് _____.

(iii) പീറ്റിൽ നിന്ന് കൽക്കരിയുണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയ _____ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

2. വിവിധ തരം കൽക്കരിയുടെ സവിശേഷതകൾക്കനുസരിച്ച് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കുക.

കൽക്കരിയുടെ ഇനം	സവിശേഷതകൾ
പീറ്റ്	
ലിഗ്നൈറ്റ്	
ബിറ്റുമിനസ് കൽക്കരി	
ആന്ത്രസൈറ്റ്	

3. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയുടെ പേരെഴുതുക.

(i) കൽക്കരിയിലെ നിശ്ചിത കാർബൺ അളവും ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കളുടെ അളവും തമ്മിലുള്ള അനുപാത സംഖ്യ.

(ii) കൽക്കരിയുടെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന തരം.

(iii) ആസ്ഫാൾട്ടിനാൽ സംയോജിതമായ മണൽ നിക്ഷേപങ്ങൾ.

(iv) ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ അളവിലുള്ള പുകയോടെ എരിയുന്ന കൽക്കരി.

4. എന്തുകൊണ്ടാണ് ജനങ്ങൾ പെട്രോളിയത്തെയും പ്രകൃതി വാതകത്തെയും അവരുടെ ഊർജ്ജാവശ്യങ്ങൾക്കായി ആശ്രയിക്കുന്നത്?

5. ഇന്ത്യയിലെ ഏതെങ്കിലും രണ്ട് കൽക്കരിപ്പാടങ്ങളുടെ പേരെഴുതുക?

6. പെട്രോളിയത്തിന്റെ ചലനത്തെ തടയുന്ന ഭൂമിക്കുള്ളിലെ സവിശേഷ ശിലാഘടനകൾ ഏവ?

7. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പദങ്ങൾ നിർവ്വചിക്കുക.

(i) ഉൽഭവശില

(ii) കെറോജെൻ

(iii) പെട്രോളിയത്തിന്റെ സഞ്ചാരം

8. കൽക്കരീകരണ പ്രക്രിയ ചുരുക്കി വിവരിക്കുക.

അധ്യായം

04

U7B5L7

ഭൗമശിലാഘടനകൾ
(Geological Structures)

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ശിലകളിൽ കാണുന്ന രേഖീയവും പാളികവുമായ പ്രത്യേകതകളുടെ അർത്ഥം വിശദീകരിക്കുന്നു.
- ശിലാപാളികളുടെ ഡിപ്പും സ്ട്രൈക്കും അളന്നു തിട്ടപ്പെടുത്താൻ പ്രാപ്തനാകുന്നു.
- ശിലാകൂട്ടങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ദ്വിതീയ ഘടനകളുടെ അടിസ്ഥാന പ്രക്രിയയായ ശിലാ വിരൂപണത്തെ തെളിയിച്ചു ബോധ്യപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കുന്നു.
- പ്രധാനപ്പെട്ട ശിലാഘടനകളായ മടക്കുകൾ (folds), ഭ്രംശനങ്ങൾ (faults), സന്ധികൾ (joints), അനനുരൂപതകൾ (unconformities) എന്നിവയെ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- മടക്കുകൾ, ഭ്രംശനങ്ങൾ, സന്ധികൾ, അനനുരൂപതകൾ എന്നിവയുടെ വിവിധ തരങ്ങളെ ചിത്രീകരിക്കാൻ പ്രാപ്തനാകുന്നു.

ഭൂമിക്കടിയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന വിവിധ ബലങ്ങളുടെ ഫലമായി ഭൂവൽക്കത്തിലെ ശിലകൾ ഉയർച്ചയ്ക്കും, താഴ്ചയ്ക്കും, രൂപമാറ്റത്തിനും വിഘടനങ്ങൾക്കും വിധേമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ശിലകളുടെ രൂപമാറ്റത്തിന്റെയും സ്ഥാനമാറ്റത്തിന്റെയും ഫലമായി കാണപ്പെടുന്ന മടക്കുകളെയും ഭ്രംശനങ്ങളെയുമാണ് ശിലാഘടനകൾ എന്നതു കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ഭൂമിയിൽ ശിലകളുടെ ക്രമീകരണത്തെയും ആപേക്ഷിക സ്ഥാനത്തെയും, അവയുടെ കിടപ്പിന്റെ ചെരിവിനെയും ദിശയെയും എല്ലാം ഘടന എന്ന ഒറ്റവാക്കിൽ ഉൾക്കൊള്ളിക്കാറുണ്ട്. ശിലകളുടെ ആന്തരിക ഘടന, രൂപം, ക്രമീകരണം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ ഒരു പഠനശാഖയാണ് ഘടനാ ഭൂവിജ്ഞാനീയം. (Structural Geology) ഭൂപ്രതലത്തിലെ വിവിധ ഭൂപ്രദേശങ്ങളെ രൂപപ്പെടുത്തുന്നതിൽ ഭൂഘടനാരൂപങ്ങൾക്ക് വലിയ പങ്കുണ്ട്. ഈ പാഠഭാഗത്ത് ശിലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിവിധ ഘടനകളെക്കുറിച്ചും അവയ്ക്ക് കാരണങ്ങളായ വിവിധ ബലങ്ങളെക്കുറിച്ചും ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.

4.1 ശിലാ ഘടനകളിലെ ജ്യാമിതീയ ഘടകങ്ങൾ (Geometrical Elements in rock Structures)

ഭൂമി ശിലകളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. രൂപം, നിറം, വലുപ്പം എന്നിങ്ങനെ പല വിധത്തിൽ വ്യത്യാസങ്ങളുള്ള ശിലകളെ നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. സസ്യലതാദികളില്ലാത്ത പാറകൾ നിറഞ്ഞ തരിശു ഭൂമി നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ഭൂപ്രതലത്തിൽ വെളിപ്പെട്ടു കാണുന്ന ആധാരശിലാഭാഗത്തെയാണ് **ഔട്ട്ക്രോപ്പ് (Outcrop)** എന്ന വാക്കുകൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ഭൂതലത്തിലേക്ക് തള്ളി നിൽക്കുന്ന ഇത്തരം ശിലാഭാഗങ്ങളുടെ ഘടനയിൽ ഏതെങ്കിലും തരത്തിലുള്ള പ്രത്യേകതകൾ നിങ്ങളുടെ ശ്രദ്ധിയിൽപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടോ? ഇവയുടെ ക്രമീകരണത്തിലുള്ള പ്രത്യേകതകളെ മറ്റൊരാൾക്ക് വ്യക്തമാക്കി കൊടുക്കാൻ നമുക്ക് എങ്ങനെ സാധിക്കും?

ശിലകളുടെ ഭൂതലത്തിലുള്ള വിന്യാസത്തിലെ ജ്യാമിതീയ ഘടകങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ***ശിലാസ്ഥിതി (Attitude)*** എന്ന പദം ഉപയോഗിച്ചാണ്. ഭൂപ്രതലഭാഗങ്ങളെയും ശിലാസ്ഥിതിയെയും ജ്യാമിതീയമായി എപ്രകാരം വിശദീകരിക്കാമെന്നാണ് ഈ പാഠത്തിലെ തുടർന്നുള്ള ഭാഗത്ത് നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്നത്. ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഒരു ഘടനയുടെ ഭൂതലത്തിലുള്ള സ്ഥാനത്തെ കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻ ചില ജ്യാമിതീയ ഘടകങ്ങളായ ബിന്ദുക്കൾ, രേഖകൾ, പ്രതലങ്ങൾ എന്നിവയിലേതെങ്കിലുമോ ഇവയെല്ലാം ചേർത്തോ പ്രയോജനപ്പെടുത്താറുണ്ട്.

4.1.1. രേഖീയഘടനയും നിരപ്പുഘടനയും (Linear and Planar Structures)

പ്രകൃത്യാ ശിലകളിൽ കാണുന്ന ഘടനാ സവിശേഷതകൾ **രേഖീയമോ നിരപ്പായതോ** ആകാം. രേഖീയരീതിയിലുള്ള ഭൂവിജ്ഞാനീയ സവിശേഷതകളെ

രേഖീയ ഘടനകൾ എന്ന് പറയുന്നു. കയനൈറ്റ്, ആംഫിബോൾ പോലുള്ള ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ ഒരു വശം മറ്റുള്ളതിനെ അപേക്ഷിച്ച് ദീർഘിച്ചു കാണുന്നു. ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ നീളത്തിലുള്ള അക്ഷരേഖ ഒരേ ദിശയിൽ അണി നിരന്ന് കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ അവ ധാതുരേഖീയത പ്രദർശിപ്പിക്കും. ഒരു ലാവാപ്രവാഹത്തിലെ നീണ്ട ക്രിസ്റ്റലുകൾ സമാന്തര രീതിയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നത് ഇതിന് മറ്റൊരുദാഹരണമാണ്. ഇത്തരം ഘടനകൾ രേഖീയമാണ്, നിരപ്പായതല്ല.

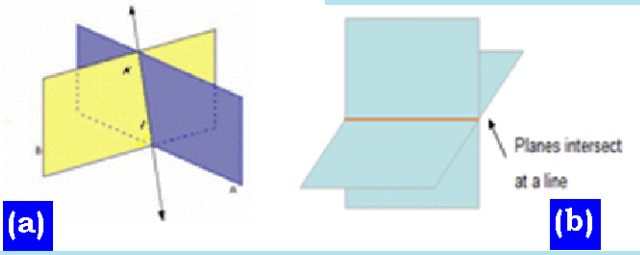
വിവിധ വലിപ്പവും നിറവും വ്യത്യസ്ത രാസഘടകങ്ങളും ഉള്ള ധാതുക്കൾ പരന്ന രീതിയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ പാളികളിലുള്ളതുപോലെ **നിരപ്പുഘടന** (Planar Structure) രൂപപ്പെടുന്നു. തളികാകൃതിയിലുള്ള ധാതുക്കൾ സമാന്തരമായി വിന്യസിക്കപ്പെടുകയോ (കളിമണ്ണും മൈക്കയും സ്ലേറ്റ് ശിലയിൽ കാണുന്നപോലെ) ഇളം നിറത്തിലും കടുത്ത നിറത്തിലുമുള്ള ധാതുക്കൾ തമ്മിൽ വേർപെട്ട് പാളികളായി അടിഞ്ഞുകൂടി പട്ടകളുടെ രൂപസാദൃശ്യത്തിൽ വിന്യസിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്താൽ (നൈസ് ശിലയിലുള്ളതുപോലെ) ഫോളിയേഷൻ (foliation) എന്ന് പറയുന്നു. നാം ഇതിനെ നിരപ്പുഘടന എന്ന് വിളിക്കാൻ കാരണം അവ ഒരു ജ്യാമിതീയ രൂപമായ പരന്ന പ്രതലത്തിന് സാമ്യമുള്ളത് കൊണ്ടാണ്.

കായാന്തരിത കൺഗ്ലോമെറേറ്റിലെ (Metamorphosed Conglomerate) ഉരുളൻ കല്ലുകൾക്ക് രേഖീയത ഉണ്ടാകാം, (ചിത്രം 4.1 ൽ കാണുന്നതു പോലെ ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിൽ വലിവ് അനുഭവപ്പെട്ടാൽ), എന്നാൽ പരലുകൾക്ക് പരന്ന പ്രകൃതമാണെങ്കിൽ നിരപ്പ് സ്വഭാവവും കണ്ടേക്കാം. ശിലകളിലെ ഘടനാപരമായ രൂപമാറ്റം മൂലവും നിരപ്പു പ്രതലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടാറുണ്ട്. (ഉദാ: സന്ധികൾ, മടക്കുകൾ, ഭ്രംശനങ്ങൾ). ഇവയെക്കുറിച്ച് വിശദമായി നമുക്ക് പിന്നീട് പഠിക്കാം.



ചിത്രം 4.1. രേഖീയത പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന കായാന്തരിത കൺഗ്ലോമെറേറ്റിലെ വലിവ് അനുഭവപ്പെട്ട് നീളം പ്രാപിച്ച ഉരുളൻ കല്ലുകൾ

രണ്ട് പ്രതലങ്ങൾ പരസ്പരം ഛേദിക്കപ്പെട്ടാൽ അവയുടെ മധ്യത്തിൽ ഒരു രേഖീയ രൂപം കാണപ്പെടും. രണ്ട് പ്രതലങ്ങൾ ഛേദിക്കപ്പെട്ട് ഒരു നേർരേഖാരൂപം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതിന്റെ സാധ്യതകൾ ചിത്രങ്ങൾ 4.2 എയും ബിയും അപഗ്രഥിച്ച് കണ്ടെത്തുക.



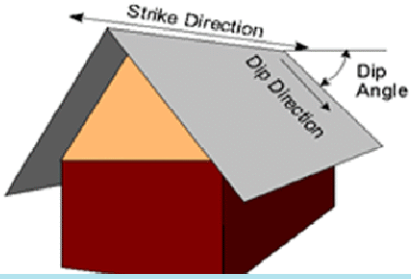
ചിത്രം 4.2. എ & ബി : രണ്ട് പ്രതലരൂപങ്ങൾ തമ്മിൽ ഛേദിക്കപ്പെട്ട് ഒരു ഋജുരേഖാ രൂപം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു.

4.1.2. ശിലാസ്ഥിതി (Attitude)

ഒരു തിരശ്ചീന പ്രതലത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി നോക്കുമ്പോൾ ഒരു ഭൗമ ശിലാഘടനാരൂപത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന സ്ഥാനീയവും സ്ഥിതീയവുമായ സവിശേഷതകളെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന പദമാണ് ശിലാസ്ഥിതി. നിരപ്പു ഘടനാരൂപത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ രേഖീയ രൂപത്തിന്റെ ത്രിമാനചട്ടക്കൂടിൽ കാണപ്പെടുന്ന ക്രമീകരണ സവിശേഷതയെയും ഈ പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു ഭൂവിജ്ഞാനീയ ഘടനയെ ലളിതമായി വിശദീകരിക്കുന്നതിനായി ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ഇവയെ ജ്യാമിതീയ രൂപമായി പരിഗണിക്കുന്നു. അതിനുശേഷം ഈ ഘടനാരൂപം തിരശ്ചീന പ്രതലം, ലംബപ്രതലം, ഭൗമികദിശ എന്നിവ ചേർത്ത് നിർമ്മിക്കുന്ന കോണുകൾ ഉപയോഗിച്ച് വിശദീകരിക്കുന്നു. ഏതൊരു ഭൗമശിലാഘടനാരൂപത്തിന്റെയും (ഉദാ: ചെരിവുള്ള ശിലാശ്രേണികൾ) ശിലാസ്ഥിതി അറിയാൻ അവയുടെ സ്ട്രൈക്ക് (Strike), ഡിപ്പ് (dip) അളവുകൾ സഹായകമാണ്. ഒരു പരപ്പുഘടനയുടെ വിന്യാസം തിട്ടപ്പെടുത്താൻ **സ്ട്രൈക്കും, ഡിപ്പും (strike and dip),** രേഖീയ രൂപങ്ങളുടെ വിന്യാസം വിവരിക്കാൻ ട്രെന്റും പ്ലഞ്ചും ഉപകാരപ്രദമാണ് (trend and plunge).

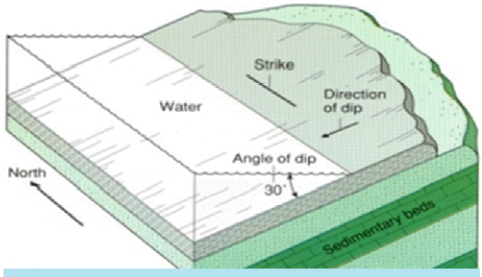
സ്ട്രൈക്കും ഡിപ്പും (Strike and dip)

ഒരു ഔട്ട്ക്രോപ്പിൽ അടുക്ക് തലങ്ങൾ, ഭ്രംശതലങ്ങൾ, സന്ധികൾ എന്നിങ്ങനെയുള്ള നിരപ്പു രൂപങ്ങളുടെ വിന്യാസം വിവരിക്കാൻ സ്ട്രൈക്കും ഡിപ്പും ഉപയോഗിക്കുന്നു. ചിത്രം 4.3 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചെരിഞ്ഞ ഘടനാരൂപത്തിനു ദാഹരണമായ മേൽക്കൂര കാണുക.



ചിത്രം 4.3. സ്ട്രൈക്കും ഡിപ്പും എന്ന ആശയം ചിത്രീകരിക്കുന്ന മേൽക്കൂരയുടെ ഒരു ഭാഗം

ഒരു ചെരിഞ്ഞ പ്രതലത്തെ തിരശ്ചീന പ്രതലം സന്ധിക്കുന്നിടത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന നേർരേഖയുടെ ദിശയാണ് **സ്ട്രൈക്ക്.** അതായത് ശിലാഅടുക്ക് അല്ലെങ്കിൽ ഭ്രംശതലം പോലുള്ള ഘടനാപ്രതലങ്ങൾ ഒരു സാങ്കല്പിക തിരശ്ചീനതലവുമായി സന്ധിക്കുന്നിടത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന നേർരേഖയുടെ ദിശയാണ് സ്ട്രൈക്ക് (ചിത്രം 4.4)



ചിത്രം 4.4. അവസാദ പാളികളുടെ സ്ട്രൈക്കും ഡിപ്പും.

സ്ട്രൈക്ക് കണക്കാക്കുന്നതിനായി സന്ധിക്കുന്ന രണ്ട് പ്രതലങ്ങളിൽ ഒന്ന് എപ്പോഴും തിരശ്ചീന പ്രതലമായിരിക്കും. (ചിത്രം 4.4 ൽ കാണുന്ന ജലത്തിന്റെ പ്രതലം പോലെ) തെക്ക്, വടക്ക് എന്നിങ്ങനെയുള്ള ദിശകളായാണ് സ്ട്രൈക്ക് സൂചിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്. തെക്ക്, വടക്ക്, കിഴക്ക്, പടിഞ്ഞാറ് എന്നീ ഭൗമദിശകളിലോ, ഇവയുടെ ഇടയിലെ ഏതെങ്കിലും ദിശയിലോ ആയിരിക്കും ഒരു ഘടനാപ്രതലത്തിലെ സ്ട്രൈക്കിന്റെ കിടപ്പ്.

ചിത്രം 4.4 ശ്രദ്ധയോടെ നിരീക്ഷിച്ച് സ്ട്രൈക്ക് എന്ന ആശയം മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കുക. ഒരു സാങ്കല്പിക തിരശ്ചീന പ്രതലത്തിന് ആധാരമായി ചിത്രത്തിൽ ജലം നിലകൊള്ളുന്നു. കിടപ്പുതലത്തോടു ചേർന്നുള്ള ജലത്തിന്റെ രേഖീയ ദിശയാണ് ആ പ്രതലത്തിന്റെ സ്ട്രൈക്ക്. കിടപ്പു തലവും ജലപ്രതലവും ചേർന്ന് നിർമ്മിക്കുന്ന കോണിന്റെ അളവാണ് ഡിപ്പ് അല്ലെങ്കിൽ ചായ്മാന കോൺ.

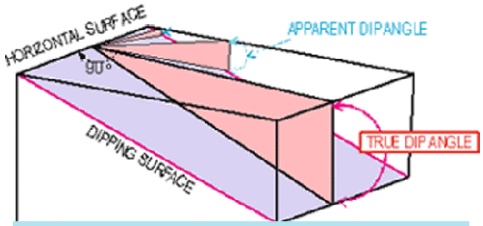
ഡിപ്പ് (Dip) /ചായ്മാനം

തിരശ്ചീനമല്ലാത്ത ഒരു പ്രതലത്തിന്റെ ചെരിവും നമുക്ക് അളക്കാവുന്നതാണ്. ഘടനാപ്രതലം തിരശ്ചീന പ്രതലവുമായി സന്ധിക്കുമ്പോഴുള്ള കോൺ അളവാണ് **ഡിപ്പ്.** ഇത് അളക്കുന്നത് ആ ഘടനയുടെ സ്ട്രൈക്കിന് ലംബമായി കുത്തനെയുള്ള പ്രതലത്തിലൂടെയാണ്. അതുകൊണ്ട് ഈ ചെരിവിന്റെ തോത് 0° മുതൽ 90° വരെയാകാം. ഒരു രേഖീയ രൂപത്തിന്റെ ചെരിവ് സൂചിപ്പിക്കാൻ **പ്ലഞ്ച് (plunge)** എന്നപദമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. എല്ലാ ഭൗമശിലാഘടനകളുടെയും ഡിപ്പ് തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നത് കോൺ അളവും ദിശയും ഉപയോഗിച്ചാണ്. ഇവയുടെ ചായ്വ് ഏത് ഭൗമദിശയിലേക്കുമാകാം. ഒരു ശിലാപാളിയ്ക്ക് പടിഞ്ഞാറ് ദിശയിൽ 30° ചെരിവാണ് എന്ന് കരുതുക (ചിത്രം 4.4) എങ്കിൽ അതിന്റെ ഡിപ്പ് "30° പടിഞ്ഞാറ്" എന്ന രീതിയിലാണ് പറയുന്നത്. ഇതിൽ 30° എന്നത് ചെരിവിന്റെ കോണളവും പടിഞ്ഞാറ് എന്നത് ഡിപ്പിന്റെ ദിശയുമാണ്.

യഥാർത്ഥ ഡിപ്പും (True dip), അയഥാർഥ ഡിപ്പും (Apparent dip)

ഡിപ്പിനെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് കൂടുതലായി പഠിക്കാം. ഡിപ്പ് എന്നാൽ ചെരിഞ്ഞ പ്രതലവും സാങ്കല്പികമായ തിരശ്ചീന പ്രതലവും തമ്മിലുള്ള കോണളവാണെന്നും ഇത് സ്ട്രൈക്കിന് ലംബമായി കുത്തനെയുള്ള പ്രതലത്തിലാണ് അളക്കുന്നത് എന്നും നാം കണ്ട് കഴിഞ്ഞു. ശിലാഘടനകളുടെ (ഉദാ: ശിലാപാളികൾ) ചെരിവ് അവയുടെ സ്ട്രൈക്കിന് ലംബമായി അളന്നാൽ ഏറ്റവും കൂടുതലാണെന്ന് മനസ്സിലാകും. ഇതാണ് **യഥാർത്ഥ ഡിപ്പ്** (ചിത്രം 4.5). ഏതൊരു പ്രതലത്തിന്റെയും ചെരിവ് യഥാർത്ഥ ഡിപ്പ് ദിശയുടെ ഇരുവശങ്ങളിലേയ്ക്കും ക്രമേണ കുറഞ്ഞ് വരും. ഈ ദിശകളൊന്നും സ്ട്രൈക്കിന് ലംബമല്ല എന്നതാണ് ഇതിന്

കാരണം. ശിലാശ്രേണികളുടെയോ മറ്റേതെങ്കിലും ശിലാഘടനയുടെയോ ചെരിവ് യഥാർത്ഥ ഡിപ്പ്ദിശയിലല്ലാതെ മറ്റേതെങ്കിലും ദിശയിൽ അളന്നാൽ അതിനെ **അയഥാർഥ ഡിപ്പ്** എന്ന് വിളിക്കും. ഏതൊരു ചെരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിന്റെയും അയഥാർഥ ഡിപ്പിന്റെ തോത് യഥാർത്ഥ ഡിപ്പിനേക്കാൾ കുറവായിരിക്കും.



ചിത്രം 4.5. യഥാർത്ഥ ഡിപ്പും പ്രത്യക്ഷ ഡിപ്പും

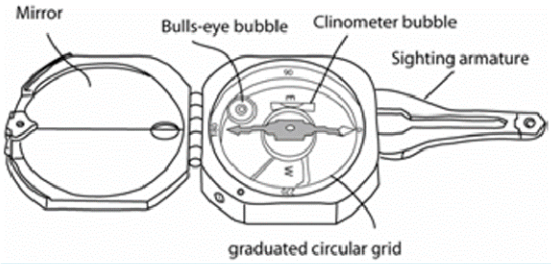
സ്ട്രൈക്കിന്റെയും ഡിപ്പിന്റെയും അളവെടുക്കൽ (Measurement of Strike and Dip)

ഫീൽഡിലെ ഭൗമശിലാഘടനാരൂപങ്ങളുടെ ശിലാസ്ഥിതി (സ്ട്രൈക്കും ഡിപ്പും) അളക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണമാണ് **ക്ലൈനോമീറ്റർ കോമ്പസ്സ് (Clinometer compass)**. കൂടുതൽ സാങ്കേതിക മികവുള്ള ബ്രൺഡൺ കോമ്പസ്സും (Brunton Compass) ഉപയോഗത്തിലുണ്ട്. ഭൂവിജ്ഞാനീയ ഭൂപടങ്ങൾ തയാറാക്കുന്നതിനുള്ള സർവ്വേകൾക്ക് ക്ലൈനോമീറ്റർ കോമ്പസ്സ് ഉപയോഗിക്കുന്നു (ചിത്രം 4.6). ശിലാശ്രേണികളുടെയും ഭൗമശിലാഘടനകളുടെയും ഡിപ്പും സ്ട്രൈക്കും അളക്കാൻ ഈ കോമ്പസ്സ് സഹായിക്കുന്നു.



ചിത്രം 4.6. ക്ലൈനോമീറ്റർ കോമ്പസ്സ്

ബ്രൺഡൺ കോമ്പസ്സിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾ ചിത്രം 4.7 ൽ കാണാം. ഇതുപയോഗിച്ച് ശിലാസ്ഥിതി അളക്കുമ്പോൾ കോമ്പസ്സിന്റെ ഒരു വശം ചെരിഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിൽ സ്ഥാപിക്കുകയും, അതിലെ ജലകുമിള കൃത്യം മധ്യത്തിലായി നിലനിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. അപ്പോൾ കോമ്പസ്സ് ഒരു തിരശ്ചീന പ്രതലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. കോമ്പസ്സിന്റെ വശം സാങ്കല്പിക തിരശ്ചീന പ്രതലവും ചെരിഞ്ഞ പ്രതലവും തമ്മിൽ സന്ധിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന നേർരേഖയ്ക്ക് സമാന്തരമാകുന്നു. ദിശ കണക്കാക്കുന്ന സൂചകം ഈ നേർരേഖയ്ക്ക് സമാന്തരമായി നിലകൊള്ളുന്നു. ഈ ദിശ കോമ്പസ്സിൽ നിന്നും നേരിട്ട് മനസ്സിലാക്കാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 4.7. ബ്രൺഡൺ കോമ്പസ്സ്



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. സ്ട്രൈക്ക് ദിശയും യഥാർത്ഥ ഡിപ്പ് ദിശയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമെന്ത്?
2. നിരപ്പുഘടനകളുടെ ഡിപ്പ് അളവും ഡിപ്പ് ദിശയും കണക്കാക്കുന്നതെങ്ങനെ?
3. ഫോളിയേഷനെ നിരപ്പുഘടനയായി നിങ്ങൾ പരിഗണിക്കുമോ? എന്തുകൊണ്ട്?

4.2 ശിലാവിരൂപണം (Rock Deformation)

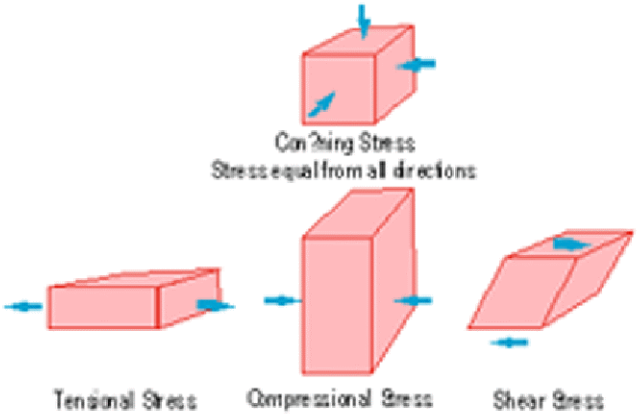
ഒരിടത്ത് നിന്ന് മറ്റൊരിടത്തേയ്ക്ക് സ്ഥാനം മാറുമ്പോൾ ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കാം. അക്ഷത്തിന് ചുറ്റും ചെരിയുമ്പോഴും തിരിയുമ്പോഴും അവയുടെ വിന്യാസം മാറിയെന്ന് വരാം. അവയുടെ നീളവും വീതിയും മാറുമ്പോൾ ആകൃതിയും മാറും. ശിലാശ്രേണികൾ ആദ്യം രൂപപ്പെട്ടപ്പോൾ ഉണ്ടായിരുന്ന ആകൃതിയും സ്ഥാനവും പിന്നീട് മാറിയെന്ന് വരാം.

സമ്മർദ്ദബലം (stress), സമ്മർദ്ദഫലം (strain) എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ധാരണ ഉണ്ടെങ്കിലേ ഇത്തരം ശിലാവിരൂപണത്തെ കുറിച്ച് കൂടുതൽ പഠിക്കാൻ സാധിക്കൂ. ഒരു വസ്തുവിൻമേൽ ഏല്ക്കുന്ന ബലത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതാണ് സമ്മർദ്ദ ബലം (stress). ഒരു വസ്തുവിൻമേൽ ഏൽക്കപ്പെട്ട സമ്മർദ്ദബലത്തിന്റെ ഫലമായി അതിനുണ്ടാകുന്ന ആകൃതിയിലോ വ്യാപ്തത്തിലോ ഉള്ള മാറ്റമാണ് സമ്മർദ്ധ ഫലം (strain).

ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ശിലകളും ഒരുതരത്തിലല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു തരത്തിൽ ബലങ്ങൾക്ക് വിധേയമായികൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്. എല്ലാദിശയിൽ നിന്നുമുള്ള ബലങ്ങൾ തുല്യമായാൽ അവയെ സമദീശീയ ബലം എന്ന് പറയുന്നു. സന്തുലിതമായാണ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നതെങ്കിൽ ശിലയ്ക്ക് വൈരൂപ്യം സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ എല്ലായിപ്പോഴും ഇങ്ങനെ ആകണമെന്നില്ല. പലപ്പോഴും ശിലകൾ അസന്തുലിത ബലത്തിന് വിധേയമാകപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഭിന്നദിശീയ ബലത്തിൽ (Differential stress) ഒരു ദിശയിൽ നിന്നുള്ള വലിവോ ചുരുക്കലോ മറ്റൊരു ദിശയിൽ നിന്നുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതലോ കുറവോ ആയിരിക്കും എന്നാണ്. തത്ഫലമായി അസന്തുലിത ബലത്തിന് കീഴ്പ്പെടുന്ന ശിലകൾക്ക് രൂപ-സ്ഥാനമാറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നു.

4.2.1 വിവിധതരം സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ (Types of stress)

ശിലകൾക്ക് രൂപമാറ്റം വരുത്തുന്ന വിവിധതരം സമ്മർദ്ദ ബലങ്ങളുണ്ട്. ശിലകളിൻമേൽ ഏൽക്കുന്ന വിവിധതരം സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ ചിത്രം 4.8 ൽ കാണാം.



ചിത്രം 4.8. വിവിധതരം സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ

വശങ്ങളിലേയ്ക്ക് പിടിച്ച് വലിക്കുമ്പോൾ ഒരു ശിലയ്ക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്ന സമ്മർദ്ദബലമാണ് **വലിവുബലം (tension)**. റബ്ബർ ബാൻഡ് ഇരുവശങ്ങളിലേയ്ക്കും വലിക്കുമ്പോൾ അതിന് അനുഭവപ്പെടുന്ന സമ്മർദ്ദബലം വലിവുബലത്തിനുദാഹരണമാണ്. **ചുരുങ്ങൽബലം (compression)** വലിവുബലത്തിന്റെ വിപരീതമാണ്. ശിലകളെ വശങ്ങളിൽ നിന്നും അമർത്തുമ്പോൾ അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ് ചുരുങ്ങൽബലം. രണ്ടു വിപരീത ദിശയിൽ തിരശ്ചീനമായി ഒരു ശിലയെ അമർത്തുമ്പോൾ അതിന് **ഛേദകബലം (shear stress)** അനുഭവപ്പെടുന്നു.

ഒരു ശിലാപാളിയ്ക്ക് നീളം കൂടിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ അത് വലിവിന് വിധേയമായിട്ടുണ്ട് എന്ന് അനുമാനിക്കാം. എന്നാൽ നീളം കുറയുകയാണെങ്കിൽ ചുരുങ്ങലിന് വിധേയമായിട്ടുണ്ട് എന്നർത്ഥം. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ വലിവുബലത്താൽ ശിലകൾ ദീർഘമാവുകയും ചുരുങ്ങൽബലത്താൽ ശിലകൾ ഹ്രസ്വമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ശിലയുടെ ഒരു ഭാഗം മറ്റൊരു ഭാഗത്തെ അപേക്ഷിച്ച് നീങ്ങിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ അത് ഛേദകബലത്തിന് വിധേയമായിട്ടുണ്ട് എന്ന് കരുതാം. ബലത്തിന്റെ ദിശക്ക് സമാന്തരമായി ശിലകളിൽ രൂപമാറ്റം വരുത്താൻ കഴിവുള്ളതാണ് ഛേദകബലം.

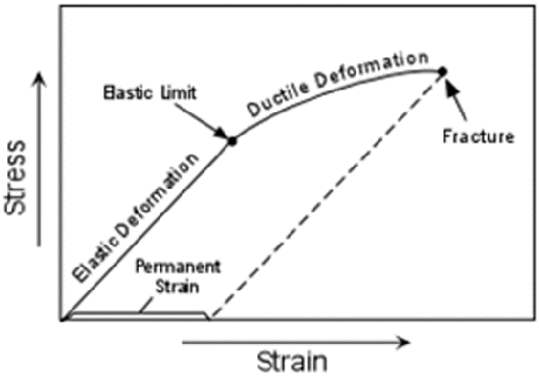
സമ്മർദ്ദഫലം (strain) എന്നത് ഒരു സങ്കീർണ്ണമായ പ്രതിഭാസമാണ്. സമ്മർദ്ദബലത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തു വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നുണ്ട്. സമ്മർദ്ദം വർദ്ധിക്കുന്നതിനുസരിച്ച് ഒരു ശിലാഖണ്ഡം അനുക്രമമായി മൂന്ന് രൂപമാറ്റ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോകും. സമ്മർദ്ദത്തിന് കീഴിൽ ശിലകൾ എപ്രകാരം പെരുമാറുന്നു എന്നറിയാൻ ഈ മൂന്ന് വിരൂപണഘട്ടങ്ങളെക്കുറിച്ച് അറിയേണ്ടതുണ്ട്.

4.2.2 സമ്മർദ്ദഫല വിരൂപണ ഘട്ടങ്ങൾ (Stages of deformation)

ശിലകൾക്ക് വിരൂപണം വരുത്തുന്നവയാണ് സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ. ശിലകളുടെ വിവിധ വിരൂപണഘട്ടങ്ങൾ ചിത്രം 4.9 ൽ കാണാം.

എ) ഇലാസ്തിക വിരൂപണം (Elastic deformation):

ശിലകളുടെ താത്ക്കാലികമായ ആകൃതി-വലുപ്പ മാറ്റങ്ങളാണ് ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. വിരൂപണത്തിന് കാരണമാകുന്ന ബലം ഇല്ലാതായാൽ മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തു തിരിച്ച് പഴയ രൂപത്തിലേയ്ക്ക് വരും. ഇത്തരം സമ്മർദ്ദഫലം പുന: സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയുന്നതാണ്. ഇലാസ്തിക വസ്തുക്കൾ വലിച്ച് നീട്ടുന്നതും, ഒരു റബ്ബർ കഷ്ണം അമർത്തുന്നതും ഇതിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.



ചിത്രം 4.9. ശിലാ വിരൂപണത്തിന്റെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ

ബി) വിരൂപണത്തിന് എളുപ്പം വഴങ്ങൽ (Ductile deformation or plastic deformation):

വിരൂപണത്തിന് കാരണമാകുന്ന ബലങ്ങളുടെ തീവ്രത വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഒരു വസ്തു അതിന്റെ **ഇലാസ്തികപരിധി** വിട്ട് ബലത്തിന് പൂർണമായും വഴങ്ങി വിരൂപണ ഘട്ടത്തിലേയ്ക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. വിള്ളലോ, പിളർപ്പോ ഒന്നും ഏല്ക്കാതെ തന്നെ ഈ ഘട്ടത്തിൽ അവയ്ക്ക് സ്ഥിരമായ ആകൃതി - വ്യാപ്ത മാറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നു. പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലം ഇല്ലാതായാലും ആ വസ്തു പൂർവ്വ സ്ഥിതി പ്രാപിക്കുകയില്ല. ഇത്തരം സമ്മർദ്ദഫലം പുന:സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയാത്തതാണ്. ലോഹദണ്ഡുകൾക്ക് സ്ഥിരമായി സംഭവിക്കുന്ന വളവും, ശിലകളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന മടക്കുകളും ഇത്തരം വിരൂപണത്തിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

സി) വിള്ളൽ/പിളർന്ന് മാറൽ (Fracture or rupture):

പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലത്തിന്റെ തോത് വർദ്ധിപ്പിച്ചാലും വസ്തുവിന് മാറ്റമൊന്നും വരാതെ പിളരുകയോ വിണ്ടുകീറുകയോ പെട്ടെന്ന് പൊട്ടുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇതും വിരൂപണത്തിന് എളുപ്പം വഴങ്ങുന്ന പ്രക്രിയപോലെ പുന:സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയാത്ത സമ്മർദ്ദഫലമാണ്. ഉപരിതല പാറകളിലെ വിള്ളൽ സർവ്വ സാധാരണമായി കാണുന്നവയാണ്. ഈ വിരൂപണ ഘട്ടത്തിന്റെ ഉത്തമ ഉദാഹരണങ്ങളാണ് ഭ്രംശനങ്ങളും ശിലാസന്ധികളും. സമ്മർദ്ദബലത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തുക്കളുടെ വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവത്തിനനുസൃതമായി അവയെ രണ്ടായി തിരിക്കാം (എ) പൊട്ടുന്ന വസ്തുക്കൾ (ബി) വഴങ്ങുന്ന വസ്തുക്കൾ.

- **പൊട്ടുന്ന വസ്തുക്കൾ (Brittle materials) :** സമ്മർദ്ദ ബലമേൽക്കുമ്പോൾ വിരൂപണത്തിന് എളുപ്പം വഴങ്ങുന്ന ഘട്ടത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കാതെ പെട്ടെന്ന് പൊട്ടിപ്പോകുന്ന ഘട്ടത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന വസ്തുക്കളാണിവ. ഉദാ: ക്വാർട്ട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നിവ.

- **വഴങ്ങുന്ന വസ്തുക്കൾ (Ductile materials)** : പൊട്ടുന്ന ഘട്ടത്തിലേയ്ക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നതിനുമുമ്പ് ചെറിയ ഇലാസ്തിക ഘട്ടവും ദൈർഘ്യം കൂടിയ വഴങ്ങുന്ന ഘട്ടവും പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വസ്തുക്കളാണിവ. ഉദാ: കളിമണ്ണ്, ലോഹങ്ങൾ (ചെമ്പ്, സ്വർണ്ണം, വെള്ളി), രൂപം മാറ്റാവുന്ന വസ്തുക്കൾ എന്നിവ.

ചില ശിലകൾ സ്വതവെ പൊട്ടുന്ന പ്രകൃതമുള്ളവയും ചിലവ വഴങ്ങുന്ന സ്വഭാവമുള്ളതുമാണ്. ഉപരിതലശിലകളിൽ മിക്കവയും പെട്ടെന്ന് പൊട്ടുന്നവയാണെങ്കിൽ അതേ ശിലകൾ തന്നെ ഭൗമാന്തർ ആഴത്തിൽ പെട്ടെന്ന് പൊട്ടാതെ വഴങ്ങുന്നവ മാത്രമായിതീരുന്നു.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. വലിവുബലവും ചുരുങ്ങൽബലവും തമ്മിൽ താരതമ്യം ചെയ്യുക.
2. അസന്തുലിത സമ്മർദ്ദബലത്തിനനുസൃതമായി ശിലകൾക്ക് ആകൃതിയിലും വ്യാപ്തത്തിലും മാറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നു. പൊട്ടുന്ന വസ്തുക്കളും വഴങ്ങുന്ന വസ്തുക്കളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക.
3. ശിലാരൂപമാറ്റ പ്രക്രിയകൾ എങ്ങനെയാണ് ഘടനാരൂപങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നത്?

4.3 ശിലകളിലെ ഘടനാരൂപങ്ങൾ (Structural features in rocks)

വസ്തുക്കളിൽ ഏൽക്കുന്ന വലിവോ, ചുരുങ്ങലോ, ഛേദകബലമോ (shear) ആണ് സമ്മർദ്ദബലം എന്ന് നാം പഠിച്ചു കഴിഞ്ഞു. സമ്മർദ്ദബലത്തിന് വിധേയമായ ശിലയിൽ സമ്മർദ്ദഫലം പ്രകടമാകുന്നു. സമ്മർദ്ദഫലത്തിന്റെ പ്രകടനമാണ് ശിലകളിൽ കാണുന്ന ദീർഘീകരണവും, വളവും, പിളർപ്പും. ഇവ പൊതുവായി അറിയപ്പെടുന്നത് ശിലാരൂപമാറ്റം എന്നാണ്. ശിലാരൂപമാറ്റം ഭൗമതലഘടനകൾക്ക് പുതിയ രൂപം നൽകുന്നു. ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ശിലാഘടനകളെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കുന്നു.

i) **പ്രാഥമിക ഘടനകൾ (Primary Structures):** ശിലകളുടെ ഉത്ഭവസമയത്തു തന്നെ രൂപപ്പെടുന്ന ഘടനകളാണ് പ്രാഥമിക ഘടനകൾ. അവസാദശിലകളിലെ ശിലാപടുക്കുകൾ, ആഗ്നേയശിലകളിലെ പ്രവാഹരേഖകൾ, (ദീർഘ ധാതുക്കളുടെ രേഖീയ വിന്യാസം) എന്നിവ പ്രാഥമിക ഘടനകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

ii) **ദ്വിതീയ ഘടനകൾ (Secondary Structures) :** ശിലകളുടെ ഉത്ഭവത്തിന് ശേഷം രൂപപ്പെടുന്ന ഘടനകളാണ് ദ്വിതീയ ഘടനകൾ. ആദ്യ ആകൃതിയുടെയും വിന്യാസങ്ങളുടെയും (പ്രാഥമിക ഘടനകൾ) മാറ്റങ്ങളാണ് യഥാർത്ഥത്തിൽ ദ്വിതീയ ഘടനകൾ എന്ന പുതുരൂപങ്ങൾ. മടക്കുകൾ, ഭ്രംശനം, ശിലാസന്ധി, അനനുരൂപതകൾ എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങൾ.

ചില പ്രധാനപ്പെട്ട ഘടനാരൂപങ്ങളാണ് താഴെ വിവരിക്കുന്നത്.

4.3.1 ശിലാഅടുക്കുകൾ ശിലാസ്തരീകരണം (Bedding, Stratification)

ഒരു ശിലാസ്തര ശ്രേണിയുടെ ഉപവിഭാഗമാണ് ശിലാഅടുക്ക് (bed). ഇവ താരതമ്യേന ഏകാത്മസ്വഭാവമുള്ള വസ്തുക്കൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയും മുകളിലും താഴെയുമുള്ള ശിലകളിൽ നിന്ന് വേറിട്ട് കാണത്തക്കവിധം വ്യക്തമായ അതിർ പ്രതലങ്ങൾ ഉള്ളവയുമാണ്. അവസാദ ശിലാപാളികളുടെ ശ്രേണികളെയാണ് ശിലാഅടുക്ക് എന്ന പദം കൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. എങ്കിലും, അവസാദശിലകളുടെ അടുക്കിന്റെ കായാന്തരവകഭേദം, അഗ്നിപർവ്വതസ്ഫോടനത്തിൽ നിന്നുണ്ടായ ചാരത്തിന്റെ പാളി, വേർതിരിക്കപ്പെട്ട ലാവാപ്രവാഹത്തിന്റെ ശ്രേണി, എന്നിവയും ഇതിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ശിലാശ്രേണിയിലെ വേർതിരിച്ചറിയാവുന്ന ഏറ്റവും കനം കുറഞ്ഞ ശിലാഅടുക്കാണ് **ലാമിന (lamina)**. ചെരിഞ്ഞും, തിരശ്ചീനമായും, കുത്തനെയും വ്യത്യസ്ത കനത്തിലും ശിലാഅടുക്കുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. വ്യത്യസ്ത കനത്തോടും സ്വഭാവത്തോടും കൂടി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ട അവസാദശിലയുടെ അടുക്കുകളും പാളികളുമാണ് **ശിലാഅടുക്കുകൾ (bedding)** എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം.



ചിത്രം 4.10. ശിലാ അടുക്കുകൾ അല്ലെങ്കിൽ ശിലാസ്തരീകരണം

പാളികളായി കാണപ്പെടുന്നതും ഏകാത്മക സ്വഭാവമോ, ശ്രേണീകരണമോ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതും വ്യത്യസ്ത നിറത്തിലോ, കനത്തിലോ, തരി വലിപ്പത്തിലോ, രാസഘടനയിലോ കാണപ്പെടുന്നതുമായ അവസാദ വസ്തുക്കളെ **ശിലാസ്തരം (stratum)** എന്ന് പറയുന്നു. ശിലാഅടുക്കിന്റെ പര്യായമാണ് ശിലാസ്തരം എന്ന് പറയാം. ഭൗമപദാർത്ഥങ്ങളുടെ പാളിരൂപത്തിലുള്ള രൂപീകരണം, നിക്ഷേപണം എന്നീ പ്രക്രിയകളെ ഒരുമിച്ച് **ശിലാസ്തരീകരണം (stratification)** എന്ന് ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ പറയുന്നു. പാളികളായി കാണപ്പെടുന്ന അവസാദശിലകളുടെ വിന്യാസവും നിക്ഷേപവുമാണ് ഇത് ഉൾക്കൊള്ളുന്നത്.

4.3.2. മടക്ക് (Fold)

ഭൂവല്ക്കത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ സർവ്വ സാധാരണയായി മടക്ക് എന്ന ഘടന കാണപ്പെടുന്നു. ശിലാസ്തരത്തിന്റെയോ അല്ലെങ്കിൽ ശിലാസ്തര പ്രതലം പോലുള്ള പാളികാ പ്രതലങ്ങളുടെയോ വളയലിനെയാണ് **മടക്ക്** എന്ന പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഇവ വിരൂപണത്തിന് എളുപ്പം വഴങ്ങുന്ന പ്രക്രിയയുടെ ഉൽപന്നങ്ങളാണ്. ഇത്തരം മടങ്ങിയ പാളികാഘടനാരൂപങ്ങൾ ചുരുങ്ങൽബലത്താലാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്.

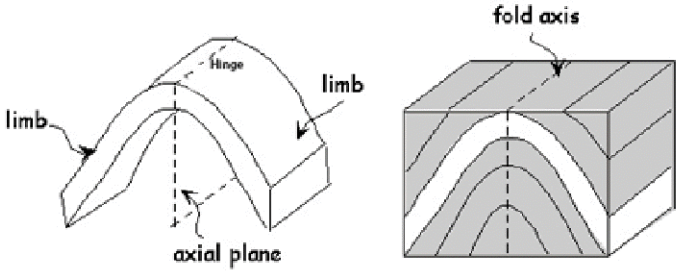


ചിത്രം 4.11. ശിലകളിലെ മടക്കുകൾ

ഏതാനും മില്ലിമീറ്റർ മുതൽ കിലോമീറ്റർ വരെ നീളത്തിൽ മടക്കുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ പർവ്വത മേഖലകളിൽ സർവ്വസാധാരണമാണ്. **മടക്കുരൂപം പ്രാപിക്കൽ (Folding)** എന്ന പ്രക്രിയ വളരെ സാവധാനം മാത്രം നടക്കുന്ന ഒന്നാണ്.

മടക്കിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ (Parts of a fold)

മടക്കുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചില ജ്യാമിതീയ രൂപങ്ങളും പദങ്ങളും ചിത്രം 4.12 ൽ കാണാം.



ചിത്രം 4.12. വലനത്തിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ

അക്ഷീയതലം (Axial plane) : ഒരു മടക്കിലെ ഏതാണ്ട് സമമിതീയമായി പകുക്കാൻ കഴിയുന്ന പ്രതലത്തെയാണ് അക്ഷീയതലം എന്നതുകൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. മടക്കിന്റെ കിടപ്പിന് അനുസൃതമായി അതിന്റെ അക്ഷീയതലം ലംബമോ, തിരശ്ചീനമോ, ചെരിഞ്ഞതോ ഇതിനിടയിൽ ഏതെങ്കിലും കോൺ അളവിലോ ആകാം. ഇതിന്റെ വിന്യാസത്തെയും സ്ട്രൈക്ക്, ഡിപ്പ് എന്നിവകൊണ്ട് (strike and Dip) നിർവ്വചിക്കാവുന്നതാണ്. മടക്കിന്റെ അക്ഷീയതലങ്ങൾ പൂർണമായി പാളികാ രൂപത്തിലുള്ള പ്രതലങ്ങളാകണമെന്നില്ല, ഒന്നോ അതിൽ കൂടുതലോ അക്ഷമുള്ള വളഞ്ഞു പുളഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളുമാകാം.

മടക്കിന്റെ അക്ഷം (Fold axis) : മടക്കുപാളിയിലോ പാളിയിലെ ഏതെങ്കിലും അടരിലോ അക്ഷീയതലം ഛേദിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന സാങ്കല്പിക രേഖയാണ് മടക്കിന്റെ അക്ഷം. ലളിതമായ മടക്കുകളിൽ അക്ഷം തിരശ്ചീനമോ ചെറിയ ചെരിവോടുകൂടിയതോ ആകാമെങ്കിലും മറ്റു ചിലതിൽ അക്ഷം കുത്തനെയോ, ലംബമായോ കാണപ്പെടാം. അക്ഷം തിരശ്ചീനമല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ അക്ഷത്തിന്റെ ചെരിവ് തിരശ്ചീന സാങ്കല്പിക പ്രതലവുമായി സന്ധിക്കുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന കോൺ അളവാണ് **പ്ലഞ്ച് (plunge).**

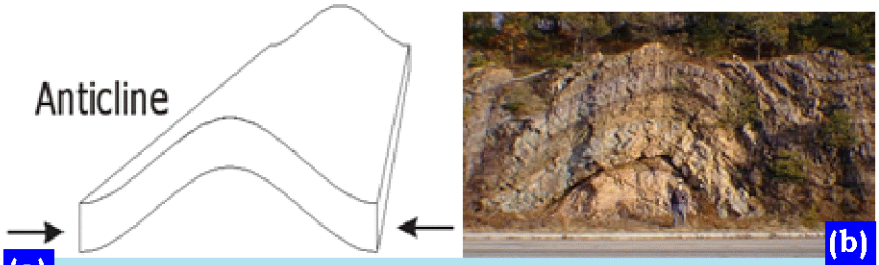
പാർശ്വഭാഗം (limb or flank) : അടുത്തടുത്തുള്ള മടക്കുകളുടെ അക്ഷങ്ങളുടെ ഇടയിലുള്ള ഭാഗമാണ് അതിന്റെ പാർശ്വഭാഗം. ഒരു മടക്കിന് രണ്ട് പാർശ്വഭാഗങ്ങളുണ്ട്. ഇവ കുത്തനെയോ ചെരിഞ്ഞോ തിരശ്ചീന പ്രതലത്തിന് സമാന്തരമായ അവസ്ഥയിലോ ആകാം. ഇവയുടെ ചായ്വ് ഒരേ ദിശയിലേക്കോ എതിർ ദിശകളിലേക്കോ ആകാം. മടക്കുകളുടെ പാർശ്വഭാഗങ്ങളുടെ കിടപ്പ് ഡിപ്പിന്റെയും സ്ട്രൈക്കിന്റെയും സഹായത്തോടെ പ്രസ്താവിക്കാവുന്നതാണ്.

ഹിഞ്ചും ഹിഞ്ചുരേഖയും (Hinge and Hinge line) : ഒരു മടക്കിന്റെ കുറുകെയുള്ള പരിഛേദം പരിശോധിച്ചാൽ ഏറ്റവും കൂടിയ വളവ് കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണ് അതിന്റെ **ഹിഞ്ച്**. ഹിഞ്ച് എന്നത് രേഖീയ രൂപമാണ്. മടങ്ങിയിരിക്കുന്ന എല്ലാ പാളികളുടെയും ഹിഞ്ചുകൾ യോജിക്കുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന സാങ്കല്പിക നേർരേഖയാണ് **ഹിഞ്ച് രേഖ.** മടങ്ങിയ പ്രതലത്തിന്റെ അവസ്ഥയ്ക്കനുസരിച്ച് ഹിഞ്ച് രേഖ ചെരിഞ്ഞോ, കുത്തനെയോ തിരശ്ചീനമായോ കാണപ്പെടാം.

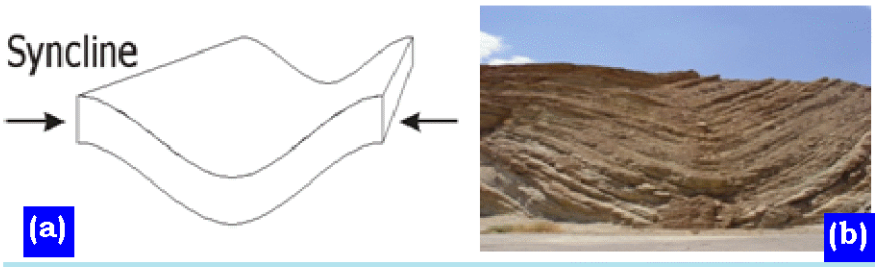
വിവിധ തരം മടക്കുകൾ (Types of Folds)

മടക്കുകളെ പല രീതിയിൽ വർഗ്ഗീകരിക്കാം.

ആന്റിക്ലൈൻ (Anticline), സിൻക്ലൈൻ (Syncline) : മദ്ധ്യഭാഗം ഉയർന്നതും കേന്ദ്രഭാഗത്ത് പ്രായം കൂടിയ ശിലകളോടുകൂടിയതുമായ മടക്കുകളാണ് ആന്റിക്ലൈൻ (Anticline) (ചിത്രം 4.13 എ.ബി). മദ്ധ്യഭാഗം താഴ്ന്നതും കേന്ദ്രഭാഗത്ത് പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലകളോടുകൂടിയതുമായ മടക്കാണ് സിൻക്ലൈൻ (Syncline) (ചിത്രം 4.14 എ.ബി.)



ചിത്രം 4.13. എ) ആന്റിക്ലൈൻ (അസ്ത്രചിഹ്നം ചുരുങ്ങൽ ബലദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.)
ബി) ഒരു നൈസർഗ്ഗിക ആന്റിക്ലൈൻ



ചിത്രം 4.14 എ) സിൻക്ലൈൻ (അസ്ത്രചിഹ്നം ചുരുങ്ങൽ ബലദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.)
ബി) ഒരു നൈസർഗ്ഗിക സിൻക്ലൈൻ

മദ്ധ്യഭാഗം ഉയർന്ന മടക്കുകളുടെ (Anticline) പാർശ്വഭാഗം മടക്കിന്റെ ശീർഷത്തിനെതിരെ (crest) ചായുമ്പോൾ, മദ്ധ്യഭാഗം താഴ്ന്ന മടക്കുകളുടെ (Syncline) പാർശ്വഭാഗം മടക്കിന്റെ നിമ്നഭാഗത്തേക്ക് (trough) ചായുന്നു.



ചിത്രം 4.15 ആന്റിക്ലൈൻ, സിൻക്ലൈൻ കാണുന്ന മടക്കുകൾ

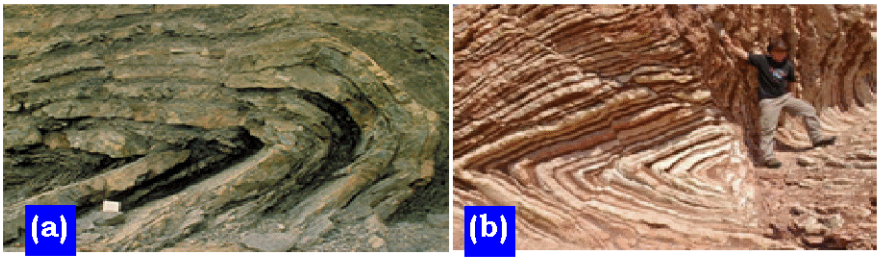
ആന്റിക്ലൈനുകളും സിൻക്ലൈനുകളും ചുരുങ്ങൽ സമ്മർദ്ദബലത്തിന്റെ (compressional stress) ഫലമായിട്ടാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്.

സിമട്രിക്കൽ, അസിമട്രിക്കൽ, ഓവർടേൺഡ് (Symmetrical, Asymmetrical and Overturned folds) : സിമട്രിക്കൽ ഫോൾഡിന്റെ അക്ഷീയതലം കുത്തനെയായിരിക്കും. അസിമട്രിക്കൽ ഫോൾഡിന്റെ അക്ഷീയതലം ചരിഞ്ഞിരിക്കും. ഓവർടേൺഡ് ഫോൾഡുകളുടെ പാർശ്വഭാഗങ്ങൾ ഒരേ ദിശയിലേക്ക് ചായ്വുള്ളതായിരിക്കും. ഇവയുടെ അടുക്കുകളുടെ രണ്ടു പാർശ്വങ്ങളിൽ ഒരു പാർശ്വം സമ്മർദ്ദബലത്തിന്റെ സ്വാധീനത്താൽ 90° യിൽ കൂടുതൽ സ്ഥാനമാറ്റത്തിന് വിധേയമായതായും അതിനാൽ അക്ഷീയതലം ചെരിഞ്ഞു പോയതായും കാണപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 4.16). അതിനാൽ കീഴ്മേൽ മറിഞ്ഞ രീതിയിലാണ് ഇതിന്റെ കിടപ്പ്.



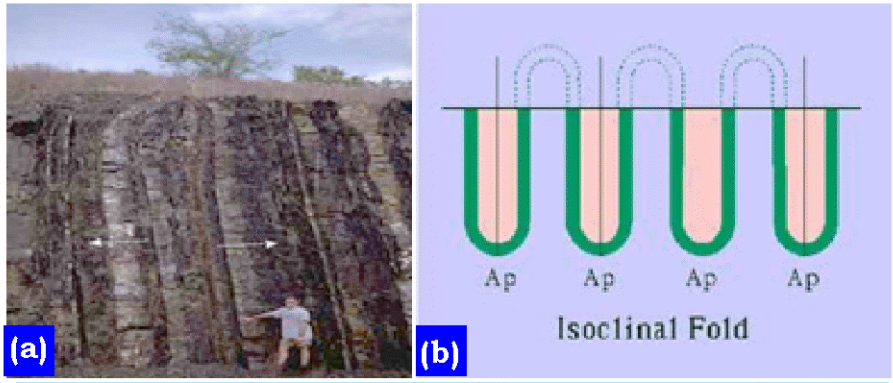
ചിത്രം 4.16 എ) സിമട്രിക്കൽ, ബി) അസിമട്രിക്കൽ, സി) ഓവർടേൺഡ് മടക്കുകൾ

റെക്കംബെന്റ് മടക്ക് (Recumbent fold) : അക്ഷീയതലം തിരശ്ചീനമായിരിക്കുന്ന മടക്കുകളാണ് റെക്കംബെൻഡ് ഫോൾഡുകൾ. (ചിത്രം 4.17).



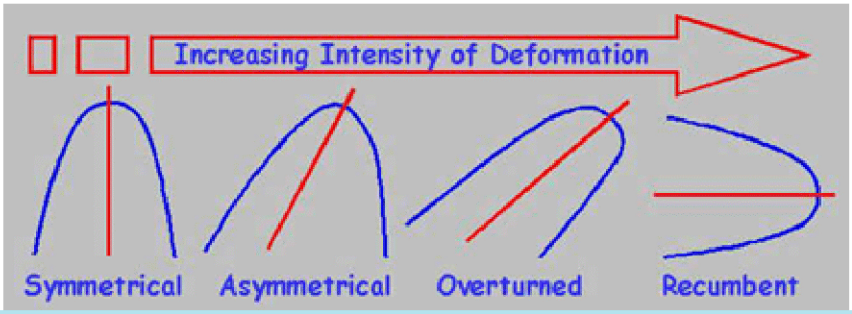
ചിത്രം 4.17 എ), ബി) റെക്കംബെന്റ് മടക്ക്

ഐസോക്ലൈനൽ മടക്ക് (Isoclinal fold) : മടക്കിന്റെ രണ്ടു വശങ്ങളും അക്ഷീയതലവും ഒരേ ദിശയിലേക്ക് തുല്യമായി ചെരിഞ്ഞ അവസ്ഥയിലുള്ളവയാണ് ഐസോക്ലൈനൽ ഫോൾഡുകൾ (ചിത്രം 4.18).



ചിത്രം 4.18 എ), ബി) ഐസോക്ലൈനൽ മടക്ക്

വിരൂപണബലങ്ങളുടെ തീവ്രത അധികരിക്കുമ്പോഴാണ് സിമട്രിക്കൽ, അസിമടിക്കൽ, ഓവർടേൺഡ്, റെക്കംബെന്റ് ആയ മടക്കുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 4.19).

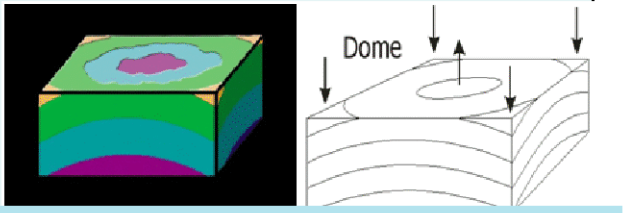


ചിത്രം 4.19 വിരൂപണ ബലങ്ങളുടെ തീവ്രത വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് രൂപപ്പെടുന്ന വിവിധതരം മടക്കുകൾ



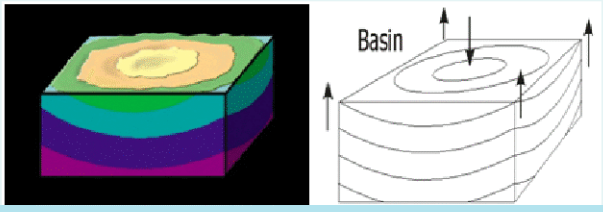
ഡോമുകളും ബേസിനുകളും
(Domes and basins)

പല മടക്കുകളും അക്ഷത്തിന് സമാന്തരമായി ദീർഘവും അക്ഷത്തിന് കുറുകെ ഹ്രസ്വവുമാണ്. ഭൂരിഭാഗം മടക്കുകൾക്കും രേഖീയമായ ആകാരമാണുള്ളത്. എന്നാൽ ചിലത് ഏറെക്കുറെ വൃത്താകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. മുകളിലേയ്ക്ക് കമാനാകൃതിയിൽ വളഞ്ഞ വൃത്തരൂപത്തിലുള്ള മടക്കുകളാണ് ഡോമുകൾ ഉന്നതികൾ. ശേഷം ഇവയുടെ മധ്യത്തിൽ പ്രായം കൂടിയ ശിലകൾ കാണപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 4.20). കാർന്നെടുപ്പ് പ്രക്രിയയെ അതിജീവിച്ച് നിലകൊണ്ടവയാണ് മദ്ധ്യഭാഗത്തുള്ള ഈ ശിലകൾ



ചിത്രം 4.20. ഡോം

ഡോമുകൾ അവനതികൾക്ക് സമാനമാണെങ്കിലും ശിലാപാളികൾ മധ്യഭാഗത്ത് നിന്നും എല്ലാ ദിശകളിലേയ്ക്കും തുല്യ അളവിൽ ഏകരൂപ്യമായി ചെരിയുന്നു. ചുരുങ്ങൽ ബലത്തെ തുടർന്നുള്ള ഉയർത്തപെടൽ മൂലമാണ് ഇവ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ബേസിനുകൾ അഭിനതിയ്ക്ക് സമാനമായുള്ളവയാണ്. എന്നാൽ ശിലാപാളികൾ എല്ലാ ഭാഗത്തുനിന്നും മധ്യഭാഗത്തേയ്ക്ക് തുല്യ അളവിൽ ഏക രൂപ്യമായി ചെരിയുന്നു (ചിത്രം 4.21). വലിവു ബലത്തെ തുടർന്നുള്ള നിമ്നീകരണമാണ് ഇവയ്ക്ക് രൂപം കൊടുക്കുന്നത്. താഴോട്ട് കമാനാകൃതിയിൽ വളഞ്ഞ വൃത്തരൂപത്തിലുള്ള വലനങ്ങളാണ് ബേസിനുകൾ അപരദനത്തിന് ശേഷം ഇവയുടെ മധ്യത്തിൽ പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലകൾ കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 4.21).



ചിത്രം 4.21. അർദ്ധഗോളാകാര നിമ്നതടം

മടക്കുകളെ തിരിച്ചറിയുന്നതും അപഗ്രഥിക്കുന്നതും ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ വളരെ പ്രാധാന്യമുള്ള പ്രക്രിയകളാണ്. ഉയർന്ന മൂല്യമുള്ള ഖനിജങ്ങളുടെയും ലോഹങ്ങളുടെയും നിക്ഷേപ സ്ഥാനത്തെ നിയന്ത്രിക്കാൻ മടക്കുകൾക്ക് കഴിവുണ്ട്. ആന്റിക്ലൈനുകളുടെ പ്രതലങ്ങളിൽ ഖനിജ നിക്ഷേപങ്ങൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. പ്രകൃതി വാതകത്തിനും അസംസ്കൃത എണ്ണയ്ക്കും അടിഞ്ഞു കൂടാനുള്ള കുടുക്കുകളായും മടക്കുകൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. സിൻക്ലൈനുകൾ ഭൂജല ശേഖരണത്തിന്റെ അറകളായും ആർട്ടീഷ്യൻ അവസ്ഥയ്ക്ക് കാരണമായ ഘടനാരൂപങ്ങളായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അണക്കെട്ടുകളുടെയും തുരങ്കങ്ങളുടെയും നിർമ്മാണ പ്രദേശത്തുള്ള മടക്കുകളെ തിരിച്ചറിയേണ്ടത് വളരെ അത്യാവശ്യമാണ്.

4.3.3 ഭ്രംശനങ്ങൾ (Faults)

ചിലതരം വിരൂപണ പ്രക്രിയയാൽ ശിലകൾ പൊട്ടുമെന്നും വിണ്ടുകീറുമെന്നും നാം പഠിച്ചു കഴിഞ്ഞു. സ്ഥാനചലനം സംഭവിച്ച ഒരു ശിലയുടെ വിള്ളൽ പ്രതലമോ വിള്ളൽ മേഖലയോ ആണ് **ഭ്രംശം (fault)**. ഏതാനും സെന്റിമീറ്ററോ ഏതാനും കിലോ മീറ്ററോ നീളത്തിലുള്ള ഭ്രംശനങ്ങൾ ശിലകളിൽ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ വിള്ളലുകൾക്കിടയിലുള്ള ശിലാഖണ്ഡങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക ചലനമാണ് ഭ്രംശനം (ചിത്രം 4.22). വിള്ളലുകളുടെ രൂപീകരണവും തുടർന്നുള്ള ശിലകളുടെ ആപേക്ഷിക ചലനവുമാണ് ഭ്രംശനീകരണത്തിൽ (faulting) ഉൾപ്പെടുന്നത്.



ചിത്രം 4.22. ഭ്രംശനങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണം

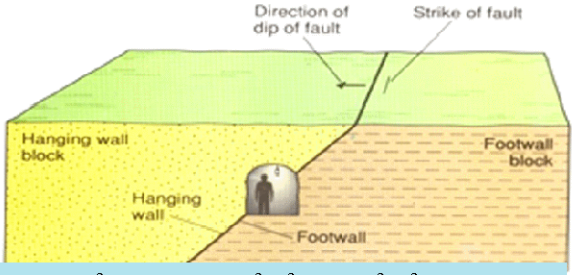
ഭ്രംശന ഭാഗങ്ങൾ (Parts of a fault)

ഭ്രംശനതലം (Fault plane) : ചലനത്തിന് വിധേയമായ ശിലയുടെ ഉപരിതലത്തെ **ഭ്രംശന പ്രതലം** എന്നും, ഭ്രംശന പ്രതലം വ്യക്തമായൊരു നേർപ്രതലമാണെങ്കിൽ **ഭ്രംശനതലം** എന്നും പറയുന്നു. ഈ പ്രതലം മിനുസമുള്ളതോ പരുപരുത്തതോ ചെരിഞ്ഞതോ ലംബമായതോ തിരശ്ചീനമോ ആകാം.

ഭിത്തി (Wall) : ഭ്രംശനത്തിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള ശിലാഖണ്ഡങ്ങളെ ഭിത്തി എന്ന് വിളിക്കുന്നു. (ഉദാ: തൂക്ക്ഭിത്തി, പാദഭിത്തി).

പാദഭിത്തിയും തൂക്ക്ഭിത്തിയും (Foot wall and hanging wall) : ചെരിഞ്ഞ തലമുള്ള ഭ്രംശനങ്ങളിൽ പാദഭിത്തി ഭ്രംശനതലത്തിന്റെ താഴ്ഭാഗത്തും തൂക്ക്ഭിത്തി മുകൾ ഭാഗത്തും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഭ്രംശനത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദ

ത്തിൽ ഒരു ശിലാഖണ്ഡം മറ്റൊരു ശിലാഖണ്ഡത്തിൻമേൽ തൂങ്ങി നിൽക്കുന്നതായി കാണുന്നതാണ് **തൂക്ക്ഭിത്തി.** തൂക്ക്ഭിത്തി ഏത് ശിലാഖണ്ഡത്തിന് മേലാണോ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് അതാണ് **പാദഭിത്തി.** ചിത്രം 4.23 ൽ ഭ്രംശനതലത്തിലൂടെ ഒരു തുരങ്കം നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നതും ഒരു ഖനിത്തൊഴിലാളി അതിൽ നിൽക്കുന്നതും കാണാം. അദ്ദേഹം ചവിട്ടി നിൽക്കുന്ന ശിലാഭിത്തി പാദഭിത്തിയും, വിളക്ക് തൂക്കിയിരിക്കുന്ന ഭിത്തി തൂക്കുഭിത്തിയുമാണ്.



ചിത്രം 4.23. തൂക്കുഭിത്തിയും പാദഭിത്തിയും



ഭ്രംശമേഖലകൾ (Fault zones or shear zones)

ഭ്രംശതലത്തിൽ ധാരാളം ചെറുവിള്ളലുകൾ കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ അതിനെ ഭ്രംശമേഖല അല്ലെങ്കിൽ ഛേദക മേഖല (Fault Zone or shear zones) എന്ന് വിളിക്കും. ഇത്തരം മേഖലകളിൽ ധാരാളം ചെറുവിള്ളലുകളോ ഫാൾട്ട് ബ്രഷ്യ (fault breccia) പോലുള്ള ശിലകളോ, ഫാൾട്ട് ഗൗജുകളോ (fault gouge) കാണപ്പെടാറുണ്ട്.

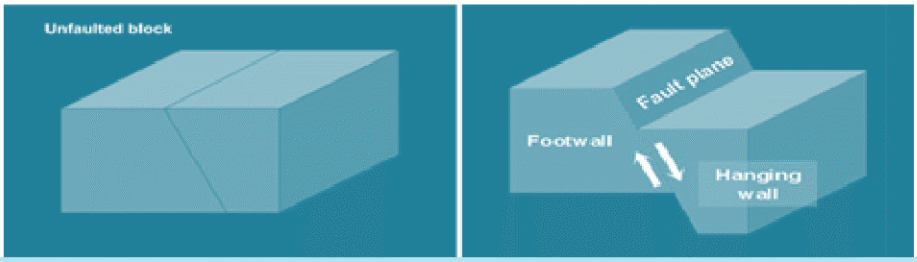
(ഭ്രംശഭിത്തികൾ തമ്മിലുള്ള ശക്തമായ ഘർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉരസലും ശിഥിലീകരണവും സംഭവിക്കുമ്പോൾ രൂപപ്പെടുന്ന കൂർത്ത ശിലാശകലങ്ങളടങ്ങിയ ഒരുതരം ശിലയാണ് ഫാൾട്ട് ബ്രഷ്യ. ഭ്രംശ മേഖലയെ ഭാഗികമായോ പൂർണ്ണമായോ മൂടുന്ന കളിമണ്ണു പോലെ മൃദുവായതും നന്നായി പൊടിഞ്ഞതും സംയോജിയ്ക്കപ്പെടാത്തതുമായ ശിലാപദാർത്ഥങ്ങളാണ് ഫാൾട്ട് ഗൗജുകൾ).

സാധാരണയായി കാണുന്ന ഇനം ഭ്രംശനങ്ങൾ (Common types of faults)

ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ സ്ഥാനചലനത്തിന് വിധേയമാക്കപ്പെടുന്ന വിള്ളലുകളെയാണ് ഭ്രംശനങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ ചെരിഞ്ഞോ, സമാന്തരമായോ, കറങ്ങിയോ ചലിക്കാനിടയുണ്ട്. ഭ്രംശന പ്രതലത്തിലൂടെ ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ നീങ്ങുന്ന ദിശയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവയെ സാധാരണ ഭ്രംശം, പ്രതിഭ്രംശം, തള്ളൽ ഭ്രംശം, സ്ട്രൈക്ക് സ്ലിപ്പ് ഭ്രംശം എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിക്കാം.

സാധാരണ ഭ്രംശം (Normal fault) : ഒരു ഭ്രംശനത്തിൽ തൂക്ക്ഭിത്തി പാദഭിത്തിയെ അപേക്ഷിച്ച് താഴോട്ട് ചലിച്ചതായി കാണപ്പെട്ടാൽ അതിനെ സാധാരണ ഭ്രംശമായി കണക്കാക്കും. ചിത്രം 4.24 ൽ സാധാരണ ഭ്രംശനത്തിന് മുമ്പും ശേഷവുമുള്ള ശിലാഖണ്ഡങ്ങളുടെ അവസ്ഥകൾ കാണാം. ഇതിൽ പാദഭിത്തി ചലിക്കാതിരുന്നതായും തൂക്ക്ഭിത്തി ഭ്രംശനതലത്തിലൂടെ താഴേക്ക് തെന്നി മാറിയതായും കാണുന്നു.

സാധാരണ ഭ്രംശനങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നത് വലിവു ബലത്താലാണ്. 4.25 ൽ



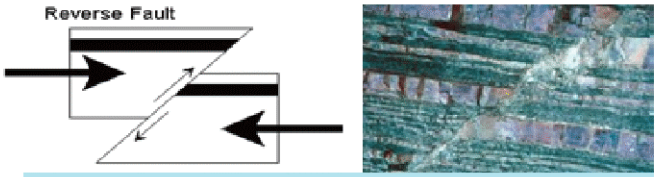
ചിത്രം 4.24. തൂക്കുഭിത്തിയുടെ താഴോട്ടുള്ള ആപേക്ഷിക ഗമനം കാണിക്കുന്ന സാധാരണ ഭ്രംശം

വലതുവശത്തെ ശിലാഖണ്ഡമാണ് തൂക്ക് ഭിത്തി. ഇത് ഇടത്ത് വശത്തുള്ള പാദഭിത്തിയെ അപേക്ഷിച്ച് താഴോട്ട് തെന്നിമാറിയതായി കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 4.25. ഒരു സാധാരണ ഭ്രംശം

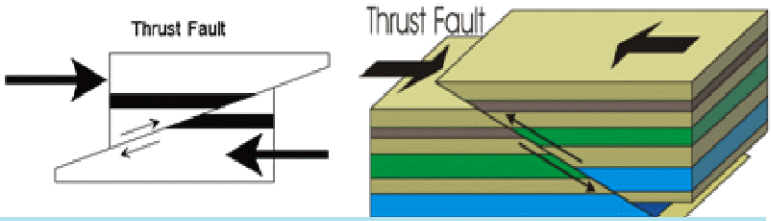
പ്രതിഭ്രംശം (Reverse fault) : ഭ്രംശനത്തിൽ തൂക്ക്ഭിത്തി പാദഭിത്തിയ്ക്ക് ആപേക്ഷികമായി മുകളിലേയ്ക്ക് ചലിച്ചതായി കാണപ്പെട്ടാൽ അതിനെ പ്രതിഭ്രംശമായി കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്. പ്രതിഭ്രംശങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നത് ചുരുങ്ങൽ ബലത്താലാണ്. ചിത്രം 4.26 ൽ ചാരനിറത്തിലുള്ള ചുണ്ണാമ്പ്കല്ലിൽ കാണപ്പെട്ട പ്രതിഭ്രംശമാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇതിൽ തൂക്ക് ഭിത്തി ഷെയ്ൽ ശിലകളുള്ള പാദഭിത്തിയെ അപേക്ഷിച്ച് മുകളിലേയ്ക്ക് ചലിച്ചതായി കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 4.26. ചുരുങ്ങൽ ബലവും പ്രതിഭ്രംശവും

തള്ളൽ ഭ്രംശം (Thrust fault)

പ്രതിഭ്രംശത്തിന്റെ ഭ്രംശതല കോൺ കുറവാണെങ്കിൽ ($<30°$) അതിനെ തള്ളൽ ഭ്രംശം എന്ന് വിളിക്കും (ചിത്രം 4.27).



ചിത്രം 4.27. തള്ളൽ ഭ്രംശം

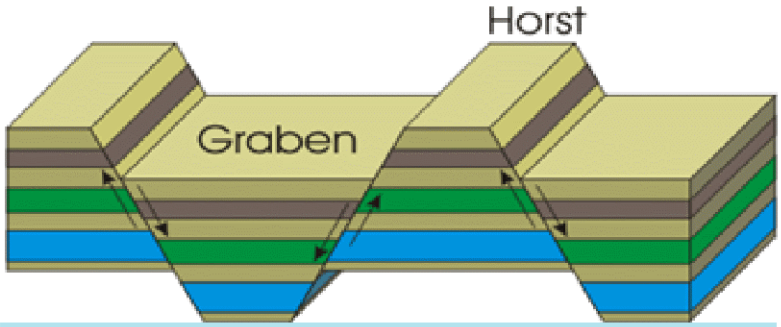
കുറഞ്ഞ കോൺ അളവുള്ള പ്രത്യേകതരം പ്രതിഭ്രംശമാണ് തള്ളൽ ഭ്രംശം. ശക്തമായ ചുരുങ്ങൽബലത്തിന്റെ ഫലമായാണ് തള്ളൽ ഭ്രംശം രൂപപ്പെടുന്നത്.

സ്ട്രൈക്ക് സ്ലിപ്പ് ഭ്രംശം (Strike - slip fault) : ഒരു ഭ്രംശനത്തിൽ ശിലാഖണ്ഡങ്ങളുടെ നീക്കം സ്ട്രൈക്കിന് സമാന്തരമാണെങ്കിൽ അതിനെ സ്ട്രൈക്ക് സ്ലിപ്പ് ഭ്രംശം എന്നു വിളിക്കും. ഇവ ഛേദകബലത്താൽ (Shear stress) രൂപപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 4.28).



ചിത്രം 4.28. തിരശ്ചീന പ്രതല രേഖാഭ്രംശം

ഹോസ്റ്റും ഗ്രാബെനും (Horst and Graben): ഭ്രംശനത്തിന്റെ ഫലമായി മുകളിലോട്ട് ഉയർത്തപ്പെട്ടതും ഇരുവശവും സമാന്തരമല്ലാത്ത സാധാരണ ഭ്രംശനങ്ങളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട് കാണപ്പെടുന്നതുമായ ഭൂപ്രദേശമാണ് ഹോസ്റ്റ് (horst). താഴ്ത്തപ്പെട്ടതും സമാന്തരമല്ലാത്ത സാധാരണ ഭ്രംശനങ്ങളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട് കാണുന്നതുമായ ഭൂതലഭാഗമാണ് ഗ്രാബെൻ (graben).



ചിത്രം 4.29. അചഞ്ചല ഖണ്ഡവും ചഞ്ചലഖണ്ഡവും

ചിലപ്പോൾ ഹോസ്റ്റുകൾ (ഉയർത്തപ്പെടുന്ന ശിലാബ്ലോക്കുകൾ) വളരെ ഉയരത്തിലും വിസ്തൃതിയിലും (2000 മുതൽ 4000 മീറ്റർ ഉയരം) കാണപ്പെട്ടേക്കാം. അങ്ങിനെയാണെങ്കിൽ അവയെ **ഖണ്ഡപർവ്വതങ്ങൾ** (Block Mountains) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ഭ്രംശനങ്ങൾ ഭൂജലത്തിന്റെ ശേഖരണത്തിനും സഞ്ചാരത്തിനും വഴിയൊരുക്കുന്നു. ജലത്തിനും പെട്രോളിയം പോലെയുള്ള മറ്റു ദ്രാവകങ്ങൾക്കും സഞ്ചരിക്കാൻ ഇവ അനുകൂല സാഹചര്യം ഒരുക്കുന്നു. ശിലകളുടെ തെന്നിവീഴൽ, ഭൂചലനം തുടങ്ങിയ ദുരന്തങ്ങൾക്ക് ഭ്രംശനങ്ങൾ കാരണമാകാറുണ്ട്. ഇവ ശിലകൾക്ക് അതിവേഗം തെന്നി വീഴാൻ പ്രതലമൊരുക്കുന്നു. ഭൗമാന്തർ ശിലാ വിള്ളലുകൾക്കിടയിലൂടെയുള്ള ചലനങ്ങൾ ഭൂചലനങ്ങളായും ഭവിക്കാറുണ്ട്.

പലതരം മടക്കുകളെയും ഭ്രംശനങ്ങളെയും കുറിച്ച് നാം പഠിച്ച് കഴിഞ്ഞു. താഴെപറയുന്ന ഘടനകളുടെ കുറുകെയുള്ള പരിഛേദങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന പുസ്തകത്തിൽ വരയ്ക്കുക.

i) ആന്റിക്ലൈൻ, സിൻക്ലൈൻ, ഐസോക്ലൈൻ, ഓവർടേൺഡ് മടക്കുകൾ

ii) സാധാരണഭ്രംശം, പ്രതിഭ്രംശം.

ഏത് തരം സമ്മർദ്ദബലങ്ങളാണ് ഇവയുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരകങ്ങളായി പ്രവർത്തിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്ന് വ്യക്തമാക്കുക - വലിവുബലം, ചുരുങ്ങൽ ബലം, ഛേദകബലം. പാദഭിത്തിയുടെയും തൂക്ക്ഭിത്തിയുടെയും ചലനദിശകൾ എന്നിവ ശരചിഹ്നം ഉപയോഗിച്ച് രേഖപ്പെടുത്തുക.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന മടക്കുകൾ തിരിച്ചറിയുക.
   എ) നിമ്നതട ഭാഗത്തേയ്ക്ക് ചരിഞ്ഞ പാർശ്വങ്ങളോട് കൂടിയ മടക്ക്
   ബി) ശീർഷ ഭാഗത്ത് നിന്ന് ഇരുപാർശ്വങ്ങളിലേയ്ക്കും ചരിയുന്ന മടക്ക്
   സി) കുറഞ്ഞ കോണോടു കൂടിയ പ്രതിഭ്രംശം.
2. വിരൂപണത്തിന് വഴങ്ങുന്ന ശിലകൾ വളയുകയോ വിണ്ടു കീറുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ രൂപപ്പെടുന്ന ഘടനാരൂപങ്ങളിൽ താഴെ പറയുന്നവയുടെ പേരെഴുതുക.
   എ) ശിലകൾ വളയുന്നതു മൂലം രൂപപ്പെടുന്ന ശിലാഘടന.
   ബി) വിള്ളലുകളിലെ സ്ഥാനചലനത്തോടെ രൂപപ്പെടുന്ന ശിലാഘടന.
3. ഭ്രംശന പ്രക്രിയ എങ്ങനെയാണ് ഹോസ്റ്റ്, ഗ്രാബെൻ എന്നിവയ്ക്ക് രൂപം നൽകുന്നത്?

4.3.4. ശിലാസന്ധികൾ (Joints)

അടുത്തടുത്തുള്ള ശിലാഖണ്ഡങ്ങളിലെ ആപേക്ഷിക ചലനം സംഭവിച്ചിട്ടില്ലാത്ത വിള്ളൽ പ്രതലങ്ങളോ പാളികാവിരാമങ്ങളോ ആണ് ശിലാസന്ധികൾ. സർവ്വ സാധാരണയായി കാണുന്ന ശിലാഘടനകളാണിവ. വലിവ് (tension), ചുരുങ്ങൽ (Compression), ഛേദക സമ്മർദ്ദ (Shear) ബലങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ മൂലം ഇവ രൂപപ്പെടുന്നു. ശിലാസന്ധികളുടെ നീളം സൂക്ഷ്മതലം മുതൽ കിലോമീറ്ററുകൾവരെയാകാം. ഇവയുടെ വിന്യാസം കുത്തനെയോ, തിരശ്ചീനമായോ, വിവിധ കോൺ അളവിൽ ചെരിഞ്ഞോ ആകാം. ശിലാപാളികളുടെ ഡിപ്പും സ്ട്രൈക്കും അളന്ന അതേ രീതിയിൽ തന്നെയാണ് ശിലാസന്ധികളെയും അളക്കുന്നത്.



ചിത്രം 4.30. ശിലാസന്ധികൾ

ഉപരിതലത്തിലെ ശിലാംശങ്ങൾ കാർന്നെടുപ്പ് പ്രക്രിയകളാൽ (അപരദനം) നഷ്ടപ്പെട്ട് പോകുന്നതിനനുസരിച്ച് താഴെയുള്ള ശിലകൾ വിള്ളലുകൾക്ക് വിധേയമാകുന്നു. ചൂടും തണുപ്പും മൂലമുള്ള വികാസത്താലും ചുരുങ്ങലിനാലും ശിലാസന്ധികൾ രൂപപ്പെടാം. തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന 45° മുതൽ 90° കോണിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഒന്നിലധികം ശിലാസന്ധി സഞ്ചയങ്ങൾ സർവ്വസാധാരണമാണ്. ഇവ ശിലകളെ വലിയ ദീർഘചതുര ഖണ്ഡങ്ങളായി തിരിക്കുന്നു. ഒരേ ദിശയിൽ ഒരേ ചായ്വിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന രണ്ടോ അതിലധികമോ സന്ധി പ്രതലങ്ങളെ ശിലാസന്ധിസഞ്ചയം എന്നാണ് വിളിക്കുക (joint set). അവ വ്യത്യസ്ത കാലഘട്ടങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത സമ്മർദ്ദബല വിന്യാസത്തിൽ രൂപപ്പെട്ടവയാകാം. നീണ്ടും പരന്നും ശിലകളിൽ കാണുന്ന തുടർച്ച നഷ്ടപ്പെടാത്ത വിണ്ടുകീറലുകളെ **ക്രമ നിബദ്ധ ശിലാസന്ധികൾ** (systematic joints) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

വിവിധതരം ശിലാസന്ധികൾ (Types of joints)

അവസാദ, കായാന്തര, ആഗ്നേയ ശിലകളിലെല്ലാം ശിലാസന്ധികൾ കാണപ്പെടാറുണ്ട്. ലോകവ്യാപകമായി കാണപ്പെടുന്ന പ്രമുഖമായ രണ്ടുതരം ക്രമനിബദ്ധ ശിലാസന്ധികളുണ്ട്. അവയാണ് സ്തൂപീയ സന്ധികളും (columnar joints), പാളിക സന്ധികളും (sheet joints).

സ്തൂപീയ സന്ധികൾ : സ്തൂപീയ സന്ധികൾ ശിലകളെ ബഹുഭുജ ഖണ്ഡങ്ങളാക്കി (Polygonal blocks) തരംതിരിക്കുന്നു, ഓരോന്നിനും മൂന്നു മുതൽ എട്ടു വരെ മുഖങ്ങളുണ്ടാകാം. അഞ്ചോ ആറോ മുഖങ്ങളുള്ളവ സാധാരണമാണ്. ചിത്രം 4.31 ൽ കാണുന്നപോലെ ഷഡ്ഭുജ ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ സ്തൂപീയ



ചിത്രം 4.31. സ്തൂപീയ സന്ധികൾ ഷഡ്ഭുജ ഖണ്ഡങ്ങളാക്കി വേർപ്പെടുത്തിയ ബാഹ്യശില

ഘടനയാണ് പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നത്. ഏതാനും സെന്റിമീറ്റർ മുതൽ ഏതാനും മീറ്ററുകൾ വരെ ആഴത്തിൽ ഇവ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 4.32. കടുത്ത വരൾച്ചയുള്ള കാലാവസ്ഥയിൽ ബഹുഭുജങ്ങളായി വിണ്ടുകീറിയ നെൽവയൽ

ആഗ്നേയശിലയായ ബസാൾട്ടിലെ പ്രത്യേകതരം ഖണ്ഡങ്ങളാണിവ. ആഗ്നേയശിലാ ദ്രവത്തിന്റെ ശീതികരണത്തെ തുടർന്നുള്ള ചുരുങ്ങലിനാലും വലിവുബലത്താലും രൂപപ്പെടുന്നവയാകാം ഇത്തരം ബഹുഭുജസന്ധികൾ. കടുത്ത വരൾച്ചയുടെ കാലങ്ങളിൽ നെൽവയലിലെ കളിമണ്ണ് ഉണങ്ങി ഷഡ്ഭുജാകൃതിയിൽ വിണ്ടുകീറുന്നത് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. (ചിത്രം 4.32).

പാളികാസന്ധികൾ (Sheet joints) : ഗ്രാനൈറ്റിലും മറ്റ് ബന്ധപ്പെട്ട ആഗ്നേയശിലകളിലും ചില അവസാദശിലകളിലും പാളികാസന്ധികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ഏറെക്കുറെ ഭൂനിരപ്പിന് സമാന്തരമായ കൂട്ടങ്ങളായും വികാസം പ്രാപിക്കുന്നു. തിരശ്ചീനമായ ഒരു കൂട്ടം സന്ധികൾ ശിലാഖണ്ഡങ്ങളെ പിളർത്തി അവസാദശിലാ പാളികളെന്ന് തോന്നിപ്പിക്കും വിധമായിത്തീരുന്നു (ചിത്രം 4.33).



ചിത്രം 4.33. ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലയിലെ പാളിക സന്ധികൾ

ഭൂജലം, എണ്ണ, പ്രകൃതിവാതകം എന്നിവയ്ക്ക് സംഭരിയ്ക്കപ്പെടാനും സഞ്ചരിയ്ക്കാനും വിടവുകൾ നൽകുന്നതിനാൽ ശിലാസന്ധികൾക്ക് ഭൂവിജ്ഞാ

നീയത്തിൽ വലിയ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഉരുൾപൊട്ടലിനുള്ള സാധ്യതാ മേഖലകൾ എന്ന രീതിയിലും ഇവ അതീവ ശ്രദ്ധനേടുന്നു. കൃത്യമായ അളവിൽ പാറകളെ വെട്ടിയെടുക്കാൻ സഹായിക്കുന്നതു വഴി സന്ധികൾ ശിലാഖനന പ്രവർത്തനങ്ങളിലും പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ്, മണൽക്കല്ല്, സ്ലേറ്റ് ഖനികൾ എന്നിവ ഉത്തമ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. തുരങ്കങ്ങൾ, ദേശീയ പാതകൾ, അണക്കെട്ടുകൾ, ജല സംഭരണികൾ, ബഹുനില കെട്ടിടങ്ങൾ എന്നിവയുടെ നിർമ്മാണത്തിൽ സന്ധികളുടെ സാന്നിധ്യം, വിന്യാസം, സാന്ദ്രീകരണം എന്നിവ ശ്രദ്ധയോടെ പഠനവിധേയമാക്കേണ്ടതുണ്ട്.

4.3.5 അനനുരൂപതകൾ (Unconformities)

ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ 'ചേർച്ചയില്ലായ്മ' എന്ന പദം കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ശിലാശ്രേണികളിൽ താഴെയുള്ള ശിലകളോട് പ്രായ ചേർച്ചയില്ലാതെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലകളെയാണ്. ഒരു ശിലാശ്രേണിയിൽ പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലകളെ പ്രായം കൂടിയ ശിലകളിൽ നിന്ന് വേർതിരിക്കുന്ന നിക്ഷേപ രഹിത പ്രതലങ്ങളോ അപരദനപ്രതലങ്ങളോ ആണ് **അനനുരൂപതകൾ.** ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ കാഴ്ചപ്പാടിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനിക രേഖകളിലെ വിടവുകളാണ് അനനുരൂപതകൾ (ഇവ ഹിയാറ്റസ് - hiatus) എന്നും അറിയപ്പെടും. അപരദനം, നിക്ഷേപണം, ടെക്റ്റോണിക പ്രവർത്തനം എന്നീ പ്രക്രിയകളാണ് അനനുരൂപതകളുടെ ഉത്ഭവത്തിന് പുറകിൽ. ഗണ്യമായ കാലദൈർഘ്യത്തിൽ നിക്ഷേപ പ്രക്രിയ നിലയ്ക്കാൻ ഇടയാക്കിയ സാഹചര്യങ്ങൾ ഉത്ഥാനം (uplift), അപരദനം എന്നിവയാകാം. ഇതുമൂലം പ്രാദേശികമായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ശിലാരേഖകൾ പലതും നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട് അനനുരൂപതകളെ നിക്ഷേപണ ശ്രേണിയിലെ തുടർച്ചയില്ലായ്മകളായി കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്. ഭൂരിഭാഗം അനനുരൂപതകളും മൂടപ്പെട്ട അപരദന പ്രതലങ്ങളാണ്.

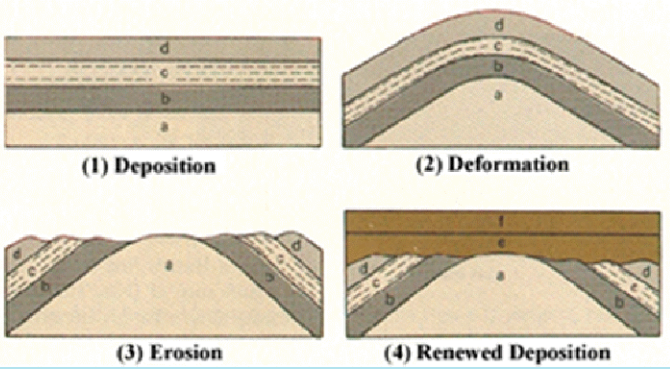
ഭൂവിജ്ഞാനീയ ചരിത്രത്തിൽ നൂറുകണക്കിന് ദശലക്ഷം വർഷങ്ങളുടെ നിക്ഷേപ ഇടവേളകളെ അനനുരൂപതകൾ പ്രതിനിധാനം ചെയ്തേക്കാം. പ്രായത്തിൽ ഗണ്യമായ വ്യത്യാസമുള്ള രണ്ടു ശിലകളെ ഒരു അനനുരൂപ പ്രതലം വേർതിരിച്ചേക്കാം. ഇതിന് മുകളിലും താഴെയുമുള്ള ശിലാകൂട്ടങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഉത്ഭവിച്ചതാകാം എന്നതുകൊണ്ട് അനനുരൂപതകളെ ഒരു ശിലാഘടനയായി പരിഗണിക്കുന്നു.

വിവിധതരം അനനുരൂപതകൾ (Types of unconformities)

പ്രധാന അനനുരൂപതകൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്.

1. കോണീയ അനനുരൂപതകൾ (Angular unconformities)
2. സമാന്തര അനനുരൂപതകൾ (Parallel unconformity or Disconformity)
3. വിഭിന്നശിലാ അനനുരൂപതകൾ (Non conformity)

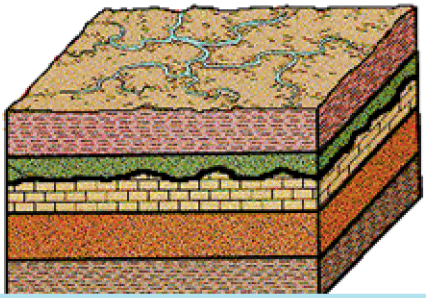
കോണീയ അനനുരൂപത (Angular Unconformity) : മുകളിലുള്ള പ്രായം കുറഞ്ഞ തിരശ്ചീന ശിലകളെയും താഴെയുള്ള പ്രായം കൂടിയ ചെരിഞ്ഞതും രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചതുമായ ശിലകളെയും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന പ്രതലമാണ് കോണീയ അനനുരൂപത. മുകളിലെ ശിലാപാളികളും താഴെയുള്ള ശിലാപാളികളും വ്യത്യസ്ത അളവിൽ ചെരിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്നു എന്നതാണ് ഇതിന്റെ പ്രത്യേകത. ഇരുവിഭാഗം ശിലാപാളികളും അവസാദ പ്രക്രിയയിൽ നിന്ന് ഉത്ഭവിച്ചതുമായിരിക്കും. കോണീയ അനനുരൂപത്തിന്റെ വിവിധ രൂപീകരണ ഘട്ടങ്ങൾ ചിത്രം 4.34 ൽ നിന്ന് വിശകലനം ചെയ്ത് കണ്ടെത്തുക.



ചിത്രം 4.34. കോണീയ വിരാമത്തിന്റെ രൂപീകരണ ഘട്ടങ്ങൾ

കോണീയ അനനുരൂപതയുടെ രൂപീകരണത്തിലെ നാല് ഘട്ടങ്ങൾ താഴെ വിവരിക്കുന്നു. ഒന്ന്: ഒരു കൂട്ടം ശിലകൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടു. രണ്ട്: ഈ ശിലകൾ ഉയർത്തപ്പെടുകയും ചെരിയുകയും മടങ്ങുകയും ചെയ്തു. മൂന്ന്: അവസാദ പാളികളുടെ ഉയർത്തപ്പെട്ട ഭാഗം കാർന്നെടുപ്പിനാൽ (അപരദനത്താൽ) നീക്കം ചെയ്യപ്പെട്ട് ഭൂനിരപ്പിലേയ്ക്ക് ചേർക്കപ്പെട്ടു. നാല്: അവതലനത്തെ തുടർന്ന് പുതിയ തലമുറ അവസാദങ്ങൾ കാർന്നെടുപ്പിലൂടെ ശേഷിച്ച പ്രതലത്തിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടു. ചെരിഞ്ഞതോ വളഞ്ഞതോ മടങ്ങിയതോ അപരദനമേറ്റതോ ആയ പഴയ തലമുറ ശിലകളുടെ മുകളിൽ വളരെ പ്രായം കുറഞ്ഞ പുതിയ തലമുറ ശിലകൾ തിരശ്ചീനമായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടാൽ അത് കോണീയ അനനുരൂപതയായി.

സമാന്തര അനനുരൂപത (Parallel Unconformity) : സമാന്തര അനനുരൂപതയും രണ്ട് അവസാദശിലാ കൂട്ടങ്ങളെ തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന അപരദന പ്രതലമാണ്. എന്നാൽ ഇതിൽ മുകളിലുള്ള പ്രായം കുറഞ്ഞ അവസാദ ശിലാപാളികൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിന് മുൻപായി താഴത്തെ അവസാദ ശിലാപാളികൾ ചെരിയുകയോ വളയുകയോ ചെയ്തിട്ടില്ല. ഇരുവിഭാഗം ശിലാകൂട്ടങ്ങളും സമാന്തരമായതു കൊണ്ടാണ് ഇത് സമാന്തര അനനുരൂപതയായത്. ചിത്രം 4.35 ൽ അനനുരൂപതയെ സൂചിപ്പിക്കാൻ കറുത്ത വര ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ചിത്രത്തിൽ സമാന്തര അനനുരൂപത സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് താഴെനിന്ന് മൂന്നാമത്തെയും നാലാമത്തെയും ശിലാപാളികൾക്കിടയിലാണ്.



ചിത്രം 4.35. സമാന്തര വിരാമം

സമാന്തര അനനുരൂപതയുടെ രൂപീകരണഘട്ടങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ് (1) അവതലനവും അവസാദ നിക്ഷേപവും (2) ഉത്ഥാനവും അപരദനവും (3) തുടർന്നുള്ള അവതലനവും നിക്ഷേപണവും.

മുകളിലും താഴെയുമുള്ള ശിലാപാളികൾ സമാന്തരമായതു കൊണ്ട് അവസാദശിലാ രേഖകളിൽ നിന്ന് സമാന്തര അനനുരൂപതകളെ തിരിച്ചറിയാൻ ബുദ്ധിമുട്ടാണ്. ഇവയിലെ ഫോസിൽ സംബന്ധിച്ച വിവരങ്ങളിലെ കാലവ്യത്യാസം നോക്കിയാണ് അനനുരൂപത തിരിച്ചറിയുന്നത്. ഫോസിൽ രേഖകളിൽ കാണുന്ന കാലവ്യത്യാസം അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ട കാലങ്ങളിലെ വ്യത്യാസമായി കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്. ഇതിൽ നിന്ന് ആ പ്രദേശത്തിന്റെ ഭൂവൈജ്ഞാനീയ ചരിത്രവും അനനുരൂപതകൾ വെളിപ്പെടുത്തി തരുന്ന അവസാദ നിക്ഷേപത്തിന്റെ ചരിത്രവും ഗണിച്ചെടുക്കാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 4.36. വിഭിന്ന ശിലാവിരാമം

വിഭിന്നശിലാ അനനുരൂപതകൾ: (Non conformity) പ്രായം കുറഞ്ഞ അവസാദശിലാ പാളികളെയും പ്രായം കൂടിയ ആഗ്നേയശില അല്ലെങ്കിൽ കായാന്തരിത ശിലാകൂട്ടങ്ങളെയും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന അനനുരൂപതയാണ് വിഭിന്നശിലാ അനനുരൂപത. സാധാരണയായി പ്രായം കൂടിയ ശിലകൾ അന്തർജാത ആഗ്നേയ ശിലകളും, പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലകൾ ലാവാപ്രവാഹം മൂലമുണ്ടായവയോ അവസാദശിലകളോ ആയിരിക്കും. ചിത്രം 4.36 ൽ ഒരു പ്രദേശത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള പരിഛേദം കാണാം. ഇതിൽ അവസാദമല്ലാത്ത കീഴ്ഭാഗത്തെ ശിലകളുടെ മുകളിലായി അവസാദശിലകൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത്തരം വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവമുള്ള ശിലകൾ തമ്മിൽ ചേർന്നിരിക്കുന്ന പ്രതലങ്ങളെ വിഭിന്നശിലാഅനനുരൂപത എന്ന് പറയുന്നു.

ദീർഘകാലത്തെ ഉത്ഥാന അപക്ഷയ അപരദന പ്രക്രിയകൾ മൂലം താഴെയുള്ള പ്രായം കൂടിയ ശിലകൾ ഉപരിതലത്തിൽ വെളിപ്പെടുന്നു. തുടർന്ന് അതിന് മുകളിൽ പ്രായം കുറഞ്ഞ അവസാദശിലകളുടെ നിക്ഷേപണവും നടക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ രണ്ടു വ്യത്യസ്ത കാലങ്ങളിലും സ്വഭാവത്തിലുമുള്ള ശിലകൾ അവിടെ കാണപ്പെടുന്നു.

പർവ്വത ചലനങ്ങളുടെയും ഭൂഖണ്ഡരൂപീകരണ ചലനങ്ങളുടെയും കാലഗണനയ്ക്ക് അനനുരൂപതകൾ ഉപകരിക്കും. ചരിത്ര ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിലും, സ്തരവിജ്ഞാനീയത്തിലും അവസാദ പ്രക്രിയകളിലും അനനുരൂപതകൾ ഭൂവൈജ്ഞാനിക വിദ്യാർത്ഥികളെ സഹായിക്കുന്നു.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഭ്രംശനവും സന്ധിയും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?
2. സിവിൽ എഞ്ചിനീയറിങ്ങ് നിർമ്മാണ മേഖലകളിൽ സന്ധികളുടെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?
3. അനനുരൂപതകൾ ഉണ്ടാകുന്നതെങ്ങനെ? ഇവയെ ഘടനാ രൂപമായി പരിഗണിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂവൽക്കം വിരൂപണ സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുമ്പോൾ ശിലകൾ വളയുകയും പൊട്ടുകയും പുന:സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയാത്തവിധം സ്ഥിരമായ രൂപമാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിലയിടങ്ങളിൽ യഥാർത്ഥത്തിൽ രൂപം കൊണ്ട തിരശ്ചീന ശിലകൾ ചെരിയുകയും മടക്ക് ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ മറ്റു ചിലയിടങ്ങളിൽ അവ പൊട്ടുകയും, വിള്ളലുകളിലൂടെ സ്ഥാനഭ്രംശം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ശിലകളുടെ വലിയ അളവിലുള്ള ജ്യാമിതീയ രൂപമാറ്റങ്ങളെ ശിലാഘടനകൾ എന്ന ശീർഷകത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നു. ഭൂരൂപഘടനകളുടെ പഠനവും, തിരിച്ചറിവും, അപഗ്രഥനവും ഭൗമടെക്റ്റോണിക് പഠനങ്ങൾ, ഭൂജലപര്യവേഷണം, ധാതു പര്യവേഷണം, എണ്ണ പ്രകൃതി വാതക പര്യവേഷണം എന്നിവയിൽ പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. പൂരിപ്പിക്കുക

   i. ..... ഭ്രംശനത്തിൽ തൂക്കുഭിത്തി പാദഭിത്തിയ്ക്ക് ആപേക്ഷികമായി തെന്നി താഴ്ന്നതായി കാണപ്പെടുന്നു.

   ii. രണ്ട് ഭ്രംശനങ്ങൾ എതിർവശങ്ങളിലേയ്ക്ക് ചെരിഞ്ഞിരുന്നാൽ മധ്യത്തിലുള്ള ഖണ്ഡം ഉയർന്ന് വരും. ഇപ്രകാരം രൂപപ്പെടുന്ന പർവ്വതങ്ങളാണ് ..... പർവ്വതങ്ങൾ.

   iii. ഒരു മടക്കിന് രണ്ട് വശങ്ങളുണ്ട്. മടക്കിന്റെ ഓരോ വശത്തെയും ..... എന്ന് പറയുന്നു.

   iv. ആഗ്നേയ ശിലാദ്രവം ശീതീകരിക്കുകയും ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നത് വഴി ശിലയിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ബഹുഭുജ ദീർഘ സന്ധികളാണ് .....

2. ഒരു ക്ലൈനോമീറ്റർ കോമ്പസ്സ് എന്തെല്ലാം അളക്കുന്നതിനാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്?

   എ. സ്ടൈക്കും ചായ്വ്ദിശയും മാത്രം

   ബി. സ്ട്രൈക്ക് ദിശ മാത്രം

   സി. ചായ്വ്ദിശയും അളവും മാത്രം

   ഡി. സ്ട്രൈക്ക് ദിശ, ചായ്വ്ദിശ, ചായ്വ് കോൺ അളവ്.

3. നിർവ്വചനം എഴുതുക

   എ. സമ്മർദ്ദഫലം ബി. ശിലാസന്ധികൾ സി. ശിലാഅടുക്കുകൾ

4. ശിലാഅടുക്കുകളുടെ വിന്യാസം എന്നതുകൊണ്ട് എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?

5. പുന:സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയാത്ത സമ്മർദ്ദഫലത്തിന് ശിലകളിൽ എന്തെല്ലാം രൂപമാറ്റങ്ങൾ വരുത്താൻ കഴിയും?

6. പാർശ്വങ്ങൾ നിമ്നതടത്തിന് അനുകൂലമായി ചെരിഞ്ഞതും കേന്ദ്രഭാഗത്ത് പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലാപാളികളോടു കൂടിയതുമായ മടക്കുകളേത്?

7. മൂന്ന് തരം സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ ഏവ?

8. ഇലാസ്തിക രൂപമാറ്റവും വഴങ്ങുന്ന രൂപമാറ്റവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

9. കോണീയ അനനുരൂപതയും സമാന്തര അനനുരൂപതയും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചറിയുക.

10. ഹോസ്റ്റും ഗ്രാബെനും ചിത്രം വരച്ച് അടയാളപ്പെടുത്തുക.

അധ്യായം

05

ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം
(History of the Earth)

H8L8I5

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ശിലാപാളികളിൽ ഫോസിലുകൾ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിന് ആവശ്യമായ അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- വിവിധതരം ഫോസിലീകരണ രീതികൾ ചുരുക്കി വിവരിക്കുന്നു.
- ശിലാസ്തര പഠനത്തിൽ ഫോസിലുകളുടെ പ്രാധാന്യം വിവരിക്കുന്നു.
- ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം എന്ന ആശയം ഉൾക്കൊണ്ട് ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം മനസ്സിലാക്കുന്നതിൽ അതിന്റെ പ്രാധാന്യം ഗ്രഹിക്കുന്നു.
- ഭൂവൈജ്ഞാനിക സംഭവങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായവും കേവല പ്രായവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം സ്ഥാപിക്കുന്നു.
- ശിലാസ്തര പഠനത്തിലെ തത്വങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ശിലകളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായം കണക്കാക്കുന്ന രീതി പ്രസ്താവിക്കുന്നു.

ഭൂവൈജ്ഞാനീയത്തിൽ, ഇന്ന് നാം കാണുന്ന ഭൂമിയെ കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് പുറമേ, ഭൂമിയുടെ ചരിത്രവും പഠനവിഷയമാക്കുന്നുണ്ട്. ഭൗമചരിത്രത്തിലുടനീളം ഭൂമി പരിണാമത്തിന് വിധേയമായിട്ടുണ്ട്, വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂമി ഇപ്പോഴത്തെ അവസ്ഥയിലേയ്ക്ക് ഉരുത്തിരിഞ്ഞ് വന്നപ്പോൾ അതിലെ ജീവജാലങ്ങൾക്കും മറ്റുമുണ്ടായ പരിണാമ വികാസങ്ങളുടെ പഠനം പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിന്റെ ഒരു ശാഖയാണ് **ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയം (Historical Geology).**

5.1 സ്തരവിജ്ഞാനീയവും പുരാജൈവ ശാസ്ത്രവും (Stratigraphy and Palaeontology)

ശിലാശ്രേണികളുടെ (rock successions) വിവരണവും ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമവു മുപയോഗിച്ചുള്ള അപഗ്രഥനവും വ്യാഖ്യാനവും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനിക ശാഖയാണ് സ്തരവിജ്ഞാനീയം (Stratigraphy). ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം കൂടിയാണിത്. എണ്ണ, പ്രകൃതി വാതക - പുരാവസ്തു പഠന മേഖലകളിലും ശിലാസ്തര പഠനതത്വങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കാറുണ്ട്. അവസാദശിലകളും സ്തരിത ആഗ്നേയ ശിലകളും (ഉദാ: ലാവാപ്രവാഹ ശ്രേണി) അവസാദശിലകളിൽ നിന്ന് ഉരുത്തിരിഞ്ഞ് വന്ന കായാന്തരിത ശിലകളും മറ്റ് ശിലാവകഭേദങ്ങളും സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനത്തിന്റെ മൂന്ന് പ്രധാന ഉദ്ദേശ്യങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നു:

1. ശിലാശ്രേണികളെ ഭൂപട ഏകകങ്ങളാക്കി വിഭജിക്കൽ
2. സമയകാല ബന്ധങ്ങളുടെ കണ്ടുപിടുത്തം
3. വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിലെ ശിലാകൂട്ടങ്ങളുടെ കാലക്രമവും കാലഘട്ടവും സ്ഥാപിച്ചെടുക്കൽ.

ശിലാപാളികളെ അവയുടെ പ്രായത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വർഗ്ഗീകരിക്കുകയും സമാഹരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനാണ് സ്തരവിജ്ഞാനീയം രൂപം കൊണ്ടത്. ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാശ്രേണിയുടെ വിവരങ്ങൾ ചുരുക്കി അവതരിപ്പിക്കാൻ സ്തരവൈജ്ഞാനികൻ **ശിലാസ്തരപരമ്പര നിർമ്മിക്കുന്നു (stratigraphic column)**. ഭൂപടത്തിൽ പ്രതിനിധാനം ചെയ്ത് രേഖപ്പെടുത്താവുന്ന ശിലാശ്രേണി പരമ്പരകളെ അവയുടെ ശിലാ സ്വഭാവത്തിനനുസരിച്ച് വർഗ്ഗീകരിക്കാവുന്ന ഏകകങ്ങളാണ് ശിലാപടലങ്ങൾ (ഫോർമേഷനുകൾ, formations). ഇത്തരം ഏകകങ്ങളായ ശിലാപടലങ്ങളുടെ കനം ഒരു മീറ്ററിൽ താഴെയോ ആയിരകണക്കിന് മീറ്ററോ ആകാം. ശിലാസ്തര പരമ്പര ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാപടലങ്ങളുടെ ക്രമം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു.

ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാശ്രേണിയും മറ്റൊരു പ്രദേശത്തെ ശിലാശ്രേണിയും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരം ബന്ധം സ്ഥാപിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ**

(correlation). ഇതേക്കുറിച്ച് കൂടുതലായി ഈ പാഠത്തിൽ പിന്നീട് പഠിക്കും. പല പ്രദേശങ്ങളിലുള്ള ശിലാപടലങ്ങളെ കണ്ടെത്തി ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഭൂപടം നിർമ്മിക്കാൻ ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ സഹായിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിലെ ശിലകളുടെ പരസ്പരബന്ധം സ്ഥാപിക്കുക വഴി ഭൗമചരിത്രത്തിന്റെ കൃത്യമായ ചിത്രം നമുക്ക് ലഭിക്കും. വളരെ അകലങ്ങളിൽപോലും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലാപാളികളിൽ ഫോസിലുകളുണ്ടെങ്കിൽ അത്തരത്തിലുള്ള ശിലാപാളികളുടെ ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ സ്ഥാപിക്കുന്നത് എളുപ്പമായിരിക്കും.

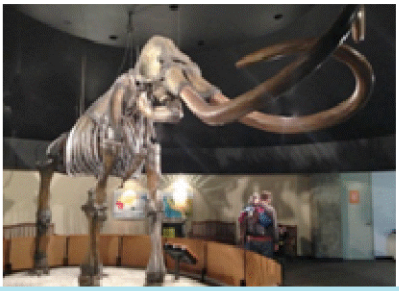
ഫോസിലുകളെ ക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ചരിത്ര ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിന്റെ ശാഖയാണ് **പുരാജൈവശാസ്ത്രം (Palaeontology)**. ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഭൂതകാലങ്ങളിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളോ മുദ്രകളോ അവസാദ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണപ്പെടുന്നവയാണ് ഫോസിലുകൾ. പഴയകാല ജീവി രൂപങ്ങളിൽ ചെറിയ ഒരു സംഖ്യ മാത്രം ഫോസിലുകളായി അവശേഷിക്കുന്നുണ്ട്. സ്തരിത ശിലകളുടെ വർഗ്ഗീകരണം, അനുക്രമം, പരസ്പര പ്രായബന്ധം, ഫോസിലുകളുടെ സാന്നിധ്യം, ശിലകളുടെ ഘടന എന്നിവ സ്തരവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പ്രാദേശികവും ആഗോളവുമായ ഭൗമചരിത്ര അപഗ്രഥനവും വ്യാഖ്യാനവുമാണ് സ്തരവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ പ്രഥമ ദൗത്യം.

5.2 ഫോസിലുകൾ (Fossils)

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ സർവ്വ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾ അവസാദ ശിലകളാണ്. ജലം, ഖരമഞ്ഞ്, കാറ്റ് എന്നിവയാൽ വഹിച്ചു കൊണ്ടു പോയി നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ശിലാശകലങ്ങളാണ് അവസാദശിലകൾക്ക് രൂപം നൽകുന്നത്. ചരൽ, മണൽ, കളിമണ്ണ്, സിൽറ്റ് പോലുള്ള പദാർഥങ്ങളെ അവസാദങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവ കടൽ, കായൽ, പുഴ എന്നിവയുടെ അടിത്തട്ടിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്നു. ഇപ്രകാരം അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞു കൂടുന്ന കൂട്ടത്തിൽ ജീവികൾ മൊത്തമായോ, അവയുടെ എല്ല്, പല്ല്, പുറംതോട്, സസ്യങ്ങൾ, അവയുടെ ഇലകൾ, പൂമ്പൊടി എന്നിങ്ങനെയുള്ളവ കുഴിച്ചു മൂടപ്പെടാം. ഒന്നിനു മുകളിൽ ഒന്നായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ ഭാരത്താൽ ഇവ സംയോജിക്കപ്പെട്ട നിബിഡ വിന്യാസമുള്ള അവസാദശിലയായി രൂപപ്പെടുമ്പോൾ, അവയിലടങ്ങിയ ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ ഫോസിലുകളായി സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.

പുരാതന ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളോ മുദ്രകളോ ആണ് ഫോസിലുകൾ. ഒരു ജീവിയുടെ രൂപമോ രൂപത്തിന്റെ തെളിവോ പുരാതന ശിലകളിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണുന്നവയാണ് ഫോസിലുകൾ. ജീവികൾ പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ ഫോസിലുകളായി സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടേക്കാം. ഭൗമചരിത്രത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും കാലയളവിൽ ജീവിച്ച്, ചത്ത് മണ്ണടിഞ്ഞ ജീവജാലങ്ങളുടെ ദൈനംദിന പ്രവർത്തനങ്ങളായ ഇഴഞ്ഞപാട്, കാൽപാട്, തുരക്കൽപാട് എന്നിവയും ഫോസിലീകൃത വിസർജ്യം (coprolite) ജീവികളുടെ തെളിവുകളായി അവസാദങ്ങളിൽ മുദ്രണം

ചെയ്ത് കാണപ്പെടാറുണ്ട്. പതിനായിരം വർഷത്തിൽ കൂടുതൽ പഴക്കമുള്ള (പുരാതന) ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങളെയാണ് ഫോസിലുകളെന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. ചുരുക്കത്തിൽ ജീവികളുടെ ശരീരഭാഗങ്ങളോ, ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തെളിവോ (ചിത്രം 5.1 എ, ബി) അവസാദ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നവയാണ് ഫോസിലുകൾ.

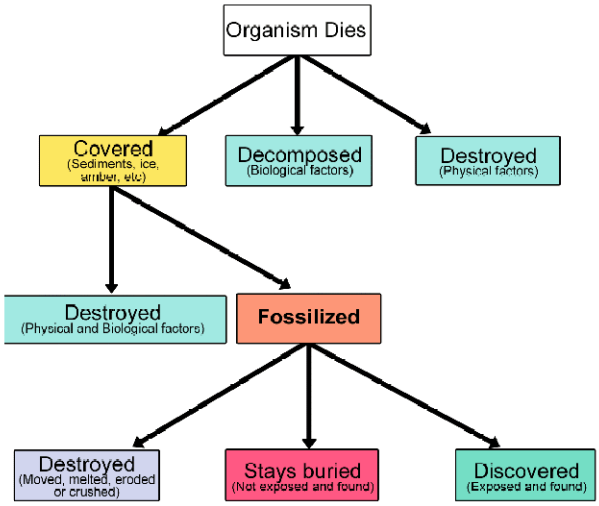




ചിത്രം 5.1. (എ) ഡിനോസർ അസ്ഥികൂടത്തിന്റെ അശ്മകം, (ബി) അശ്മകമായി മാറിയ സസ്യഇലകൾ

5.2.1. ഫോസിലുകൾ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിനുള്ള അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ (Conditions for preservation of fossils)

മുൻകാലങ്ങളിൽ ഉണ്ടായിരുന്ന പല ജീവികളും അവ ജീവിച്ചിരുന്നതിന്റെ തെളിവുകളൊന്നും അവശേഷിപ്പിക്കാതെയാണ് മൺമറഞ്ഞു പോയത്. ഫോസിലുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത് അപൂർവ്വമായാണ്. എല്ലാ ജീവികൾക്കും ഫോസിലുകളാകാൻ തുല്യ സാധ്യതയല്ല പ്രകൃതിയിൽ നിലനിൽക്കുന്നത്. ഫോസിൽ രൂപീകരണ പ്രക്രിയയെയാണ് **ഫോസിലൈസേഷൻ (fossilisation)** എന്ന് പറയുന്നത്. ആദ്യമേ തന്നെ, അനുകൂല പരിസ്ഥിതിയിലായിരിക്കണം ആ ജീവി വളരുന്നത്. അവസാദ നിക്ഷേപത്തോത് കൂടുതലുള്ള കടലും കടലോര പരിസരങ്ങളും ഫോസിലുകളുണ്ടാകാൻ കരയേക്കാൾ അനുയോജ്യമായ പരിസ്ഥിതിയുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ്. ഒരു ജീവിക്ക് ഫോസിലാകാനുള്ള അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ പലതുമുണ്ടാകാം. കൂടാതെ ഫോസിലുകളെ ലഭിക്കാനുള്ള സാധ്യതയും പല ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 5.2 പഠിച്ച് അനുകൂല ഫോസിലൈസേഷൻ സാഹചര്യങ്ങളെക്കുറിച്ച് സഹപാഠികളുമായി ചർച്ച ചെയ്യുക.



ചിത്രം 5.2. അശ്മീകരണ സാഹചര്യങ്ങൾ

ഒരു ജീവി ഫോസിലായിത്തീരണമെങ്കിൽ ആ ജീവിയ്ക്ക് ദൃഢ ശരീരഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകണം. ദൃഢ ശരീരഭാഗങ്ങൾ (എല്ല്, പല്ല്, പുറംതോട്, മരത്തടി) സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിന് മൃദുല ശരീരഭാഗങ്ങൾ (ത്വക്ക്, മാംസപേശി, ആന്തരാവയവങ്ങൾ) സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിനേക്കാൾ താരതമ്യേന സാധ്യത കൂടുതലാണ്. കൂടാതെ ജീവികളുടെ മൃതശരീരങ്ങൾ വേഗത്തിൽ മണ്ണടിയുകയും വേണം. ഇത് അവയുടെ ജീർണ്ണനത്തെ തടയും. മാളങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്ന ജീവികളും, കായാന്തരണ അപരദന സംലയന പ്രക്രിയകളും മണ്ണടിഞ്ഞ ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളെ നശിപ്പിച്ചേക്കാം. അതുകൊണ്ട്, മൺമറഞ്ഞതിന് ശേഷം ഫോസിലാകണമെങ്കിൽ ഒരു ജീവി ഭൗതിക, രാസിക, ജൈവാപക്ഷയങ്ങളിൽ നിന്ന് രക്ഷ നേടണം.

ചുരുക്കത്തിൽ ആ ജീവി പെട്ടെന്ന് മൺമൂടപ്പെട്ട് ജീർണ്ണനത്തിൽ നിന്ന് രക്ഷനേടി ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ ഭൂമിക്കുള്ളിൽ തന്നെ കിടന്നെങ്കിൽ മാത്രമേ ഫോസിലീകരണം സാധ്യമാകൂ. ഇത്തരം നിബന്ധനകൾ ഉള്ളതുകൊണ്ട് ഒരു ചെറിയ ശതമാനം ജീവികൾ മാത്രമേ ഫോസിലുകളായിത്തീരുന്നുള്ളൂ.

അവസാദശിലകളായ മണൽക്കല്ല്, ഷെയ്ൽ, ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, കൽക്കരി മുതലായവയിലാണ് കൂടുതലായി ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിക്കുള്ളിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാദ്രാവകം തണുത്താണ് ആഗ്നേയശിലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. കായാന്തരശിലകളാണെങ്കിൽ ഉയർന്ന താപമർദ്ദങ്ങളിലൂടെയാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നതും. ആയതിനാൽ ഇവ രണ്ടിലും ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടാനുള്ള സാധ്യത വളരെ കുറവാണ്.

5.2.2 ഫോസിലീകരണ രീതികൾ (Modes of fossilisation)

ഫോസിലുകളെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കുമ്പോൾ നമ്മുടെ മനസ്സിൽ ജീവികളുടെ എല്ലും പല്ലും പുറം തോടുമാണ് ഓടി വരുന്നത്. ജീവികൾ ഫോസിലുകളാകുന്ന രീതികൾക്കനുസരിച്ച് പലതരം ഫോസിലുകൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം വ്യത്യസ്ത ഫോസിലീകരണ രീതികളാണ് താഴെ വിവരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

i) മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാത്ത ദൃഢ ഭാഗങ്ങൾ (Preservation of unaltered hard parts)

കശേരു ജീവികളുടെ (Vertebrates) എല്ലും, പല്ലും നശീകരണ പ്രക്രിയകളെ അതിജീവിച്ച് ശിലകളിൽ കാണപ്പെട്ടേക്കാം. ഇതുപോലെ തന്നെ അകശേരു ജീവി (invertebrates) കളുടെയും ഏകകോശ ജീവികളുടെയും പുറംതോടും ശിലകളിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണാറുണ്ട്.

ii) രാസമാറ്റത്തിന് വിധേയമായ ദൃഢഭാഗങ്ങൾ (Chemical alteration of hard parts)

രാസഘടകങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലോ, വിഘടനമോ, പുനഃക്രമീകരണമോ മൂലം ജീവികളുടെ കട്ടികൂടിയ ശരീരഭാഗങ്ങൾ രാസമാറ്റ പ്രക്രിയകൾക്ക് വിധേ

യമാകാം. *ധാതുപുഷ്ടീകരണം (permineralisation), പകരംവെയ്ക്കൽ (replacement), കാർബണീകരണം (carbonisation)* എന്നീ പ്രക്രിയകൾ ഇതിന് ഹേതുവാകുന്നു.

സുഷിര സമൃദ്ധ പുറംതോടുകളും എല്ലുകളും, അരിച്ചിറങ്ങുന്ന ധാതുമയ മായ ജലത്തിലെ ധാതുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട്, ധാതുവൽക്കരണത്തിന് വിധേയ മാകുന്നു. ധാതുവത്കൃത ഫോസിൽ എന്ന് ഇവ അറിയപ്പെടുന്നു. ചംക്രമണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ലായനിയിൽ നിന്നും സൂക്ഷ്മസുഷിരങ്ങളുള്ള എല്ല്, പുറംതോട് എന്നിവയിലേയ്ക്ക് ധാതുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ധാതുപുഷ്ടീകരണം**. ഇപ്രകാരം നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കളുടെ സാന്നിധ്യം മൂലം ധാതുവത്കൃത ഫോസിലിന് സാധാരണ എല്ലിനേക്കാളും പുറംതോടിനേ ക്കാളും ഭാരക്കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടും.



ചിത്രം 5.3. ശിലാവൽകൃത മരത്തടി

ചില ഫോസിലുകളുടെ രാസഘടന അവ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന ജീവികളുടെ യഥാർത്ഥ കഠിന ഭാഗങ്ങളുടെ രാസഘടനയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാകാം. ഒരേ സമയത്ത് നടക്കുന്ന അസ്സൽ വസ്തുക്കളുടെ സംലയനവും പുതിയ വസ്തുക്കളുടെ പകരംവെയ്പ്പും ആദ്യത്തെ യഥാർത്ഥ വസ്തുവിന്റെ ബാഹ്യഘടന നില നിർത്തിയേക്കാം. **പകരംവെയ്ക്കൽ പ്രക്രിയ** എന്നാൽ അർത്ഥമാക്കുന്നത് തന്മാ ത്രതലത്തിലോ അണുതലത്തിലോ മറ്റൊരു ധാതു യഥാർത്ഥ വസ്തുവിന് പകരം കയറിക്കൂടുന്നതിനെയാണ്. ഇപ്രകാരം ശിലാവത്കൃത മരത്തടിയിൽ (Petrified Wood) മരത്തിന്റേതായ സൂക്ഷ്മ ഘടനകൾ പകരംവെയ്ക്കൽ പ്രക്രിയ വഴി കൃത്യ മായി സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് ദൃശ്യമാകുന്നു (ചിത്രം 5.3). സാധാരണയായി ജീവികളുടെ കട്ടികൂടിയ ഭാഗങ്ങൾക്ക് പകരം കയറിക്കൂടുന്ന ഖനിജങ്ങളാണ് സിലി ക്ക, കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ്, പൈറൈറ്റ് എന്നിവ.

നേർത്ത തരികളോടു കൂടിയ ശിലയായ ഷെയ്ൽ പോലുള്ള അവസാദശില കളിൽ ജീവികളുടെ മൃദുകലകൾ നേർത്ത കാർബൺ പടലത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണാറുണ്ട്. ഇതാണ് **കാർബണീകരണ പ്രക്രിയ**. ജൈവാംശങ്ങ ളിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ജ്വലന വസ്തുക്കളായ ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ സ്വേദനം ചെയ്ത് മാറ്റപ്പെടുക വഴി കാർബൺ ഒരു അവശിഷ്ടമായി യഥാർത്ഥ വസ്തുക്കളുടെ രൂപസാദൃശ്യത്തിൽ തന്നെ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു. പന്നൽ ചെടി കളുടേതു പോലുള്ള സസ്യ അശ്മകങ്ങളിലും മൃദുകോശ ജീവികളായ ജെല്ലി മത്സ്യത്തിന്റെയും പുഴുവർഗ്ഗങ്ങളുടെയും ശരീരത്തിലെ സൂക്ഷ്മ വിവരങ്ങൾ ഇപ്ര കാരം കാർബണീകരണ പ്രക്രിയ വഴി ഷെയ്ൽ ശിലയിൽ നേർത്ത കാർബൺ പടലങ്ങളായി സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.

iii) **ദൃഢഭാഗങ്ങൾ അവസാദങ്ങളിൽ മുദ്രിതമായ നിലയിൽ (Imprints of hard parts in sediment)**

പല ഫോസിലുകളിലും പുറംതോടിന്റെ സാന്നിധ്യമൊന്നുമില്ലാതെ അവയുടെ മുദ്ര മാത്രമായും കാണാറുണ്ട്. മണ്ണടിഞ്ഞതിനുശേഷം ദൃഢഭാഗങ്ങൾ ചിലപ്പോൾ ജീർണ്ണനം വഴിയോ സംലയനം വഴിയോ നഷ്ടപ്പെട്ടേക്കാം. പക്ഷേ ജിവികൾ ജീവിച്ചിരുന്നതിന്റെ തെളിവുകൾ ഈ കഠിന ഭാഗങ്ങളുടെ മുദ്രകൾ ചുറ്റുപാടുമുള്ള അവസാദങ്ങളിൽ പതിയുകവഴി രേഖപ്പെടുത്തി വയ്ക്കപ്പെട്ടേക്കാം.

ജീവികൾ പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ അവസാദങ്ങളിൽ പതിഞ്ഞു കാണുന്നതാണ് **ഫോസിൽ മുദ്രണങ്ങൾ (impressions)** അല്ലെങ്കിൽ **ഫോസിൽ അച്ചുകൾ (moulds)** എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഫോസിലുകൾ അകപ്പെട്ട അവസാദങ്ങൾ ദൃഢീകരിക്കപ്പെടുകയും ജീവിയുടെ അംശങ്ങൾ അലിഞ്ഞ് പോവുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ ജീവിയുടെ അതേ ആകൃതിയിൽ വിടവ് രൂപപ്പെടുന്നു. ഇതിനെയാണ് ഫോസിൽ അച്ചുകൾ (Moulds) എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. മണൽക്കല്ലിൽ കുടുങ്ങിയ ഒരു പുറംതോട് ഭൂജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്താൽ അലിഞ്ഞു പോകുകയും അതേ ആകൃതിയിൽ പുറംതോടിന്റെ അച്ച് മണൽക്കല്ലിൽ രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ട് തരം അച്ചുകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

(എ) പുറംതോടിന്റെ ബാഹ്യ അടയാളങ്ങൾ ശിലകളിൽ പതിഞ്ഞു കാണുന്നവയാണ് ബാഹ്യ അച്ചുകൾ (External moulds) ഉപരിതലത്തിൽ നിന്ന് ഊർന്നിറങ്ങുന്ന ഭൂജലം ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ട അവസാദങ്ങളിൽ കുടുങ്ങിയ പുറംതോടിനെ ലയിപ്പിച്ച് ഇല്ലാതാക്കിയാലും അവയുടെ ബാഹ്യ സവിശേഷതകൾ അവസാദങ്ങളിൽ ഫോസിൽ അച്ചുകളായി കാണപ്പെടുന്നു. യഥാർത്ഥ പുറംതോട് ഉത്തലമാണെങ്കിൽ ബാഹ്യ അച്ച് അവതലമായിരിക്കും.

(ബി) പുറംതോടിന്റെ ഉൾസവിശേഷതകൾ ശിലകളിൽ പതിഞ്ഞ് കാണുന്നതാണ് ആന്തരിക അച്ചുകൾ (Internal moulds). പുറംതോടിൽ അവസാദങ്ങൾ നിറഞ്ഞ് സംയോജിക്കപ്പെട്ട് ദൃഢീകരിച്ചതിന് ശേഷം പുറംതോട് ദ്രവിച്ച് നഷ്ടപ്പെട്ടാണ് ആന്തരിക അച്ചുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത്.

ഫോസിൽ അച്ചിൽ അവസാദങ്ങളും ധാതുക്കളും അടിഞ്ഞ് കൂടി ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ടാൽ രൂപപ്പെടുന്നതാണ് **ഫോസിൽ പ്രതിമ (cast)**. യഥാർത്ഥ ജീവിയുടെ ഒരു തനി സ്വരൂപമാണ് ഫോസിൽ പ്രതിമ. ഇവ പ്രകൃതിയിൽ താരതമ്യേന കുറവാണ്. (ഒരു ഫോസിലിന്റെ റബർ അച്ചിൽ കളിമണ്ണ് നിറച്ച് യഥാർത്ഥ ജീവിയുടെ തനിസ്വരൂപമായ ഒരു കൃത്രിമ ഫോസിൽ പ്രതിമ നിർമ്മിക്കാവുന്നതാണ്).

iv) മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാത്ത മൃദു ഭാഗങ്ങൾ (Preservation of unaltered soft parts)



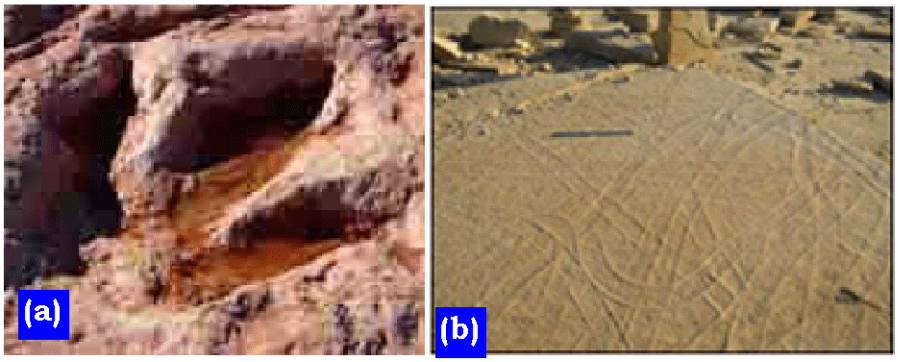
ചിത്രം 5.4. പുരാതന മരഫോസിലിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ട ചെറുപ്രാണിയുടെ അശ്മകം.

ചില അപൂർവ്വ അവസരങ്ങളിൽ ജീവികളുടെ മൃദുല ഭാഗങ്ങൾ അതേപടി സംരക്ഷിക്കപ്പെടാം. ശലഭങ്ങളുടെയും (ചിത്രം 5.4) ചെറുതവളകളുടെയും മൃദുശരീര ഭാഗങ്ങൾ പൈൻ മരങ്ങളിലെ പശകളിൽ (പിന്നീട് ആമ്പറായി മാറും) സംരക്ഷിച്ച് കാണാറുണ്ട്. വലിയ ശരീരമുള്ള മൃഗങ്ങൾ ചതുപ്പിലും ടാർ പോലുള്ള അസ്ഫാൾട്ടിലും അസംസ്കൃത എണ്ണയിലും, മാറ്റം സംഭവിക്കാത്ത അവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടാം.

v) ചലനരേഖാ ഫോസിൽ (Trace fossil or Ichnofossil)

ജീവികളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ അവസാദങ്ങളിൽ അടയാളങ്ങളായി കാണപ്പെടുന്നവയാണ് **ചലനരേഖാ ഫോസിൽ.** ഇത്തരം ജൈവപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തെളിവുകൾ ശിലകളിൽ പതിഞ്ഞ് കാണുന്നതാണ് *ഇക്നോ ഫോസിലുകൾ* അവസാദ പദാർത്ഥങ്ങൾ ആഹരിച്ച് വിസ്സർജ്ജിക്കുമ്പോഴും, ജീവികൾ അവസാദങ്ങളിൽ ഇഴയുമ്പോഴും തുരങ്കങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുമ്പോഴും ചലനരേഖാ ഫോസിലുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. കാൽപ്പാട്, ഇഴഞ്ഞപാട്, തുരന്നപാട് എന്നിവ ചലനരേഖാഫോസിലുകളായി കാണാറുണ്ട് (ചിത്രം 5.5).

ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ജന്തു ജീവികളുടെ കാൽപാട് മാത്രം അവയുടെ ഭൂത കാല നിലനിൽപിന്റെ തെളിവായി കാണപ്പെടാറുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന്, പലപ്പോഴും ഡിനോസറിന്റെ കാൽപാടുകളാണ് അവയുടെ എല്ലിനേക്കാൾ കൂടുതലായി ഫോസിൽ രൂപത്തിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. (ഒരു ഡിനോസറിന്റെ ജീവിത



ചിത്രം 5.5. എ) ഡിനോസറിന്റെ കാൽപ്പാട്, ബി) ഒച്ച് വർഗ്ഗത്തിൽപ്പെട്ട ജീവികളുടെ ഇഴച്ചിൽപ്പാട് ഫോസിൽ രൂപത്തിൽ

കാലഘട്ടത്തിൽ അതിന് അവശേഷിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നത് ഒരു അസ്ഥി കൂടമാണെങ്കിൽ കാൽപാടുകളുടെ എണ്ണം ദശലക്ഷകണക്കിനാണ്). അസ്ഥികൂടം പലപ്പോഴും സംരക്ഷിക്കപ്പെടാതെ പോയേക്കാം.

ഭൂമിയിൽ ജീവൻ ഉത്ഭവിച്ചത് മുതൽ ഇന്നുവരെ ജീവിച്ചിരുന്നതിൽ തുച്ഛം ജീവികൾ മാത്രമേ ഫോസിലുകളായി ശിലകളിൽ ആലേഖനം ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുള്ളൂ. ഭൂമുഖത്ത് ജീവിച്ചിരുന്ന എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും ഫോസിലുകൾ ശിലാരേഖകളിൽ ലഭ്യമല്ല. എങ്കിലും ലഭ്യമായ ശിലാരേഖകൾ ഭൗമചരിത്രം സൃഷ്ടിക്കുന്നതിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞരെ സഹായിക്കുന്നു.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഫോസിലുകളുടെ രൂപീകരണം ഒരു അപൂർവ്വ സംഭവമാണെന്ന് പറയുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
2. യഥാർത്ഥത്തിൽ പവിഴപ്പുറ്റുകളിൽ കാൽസൈറ്റാണ് ഉള്ളത്. പവിഴപുറ്റിന്റെ കാലശേഷം അതിലേയ്ക്ക് പൈറൈറ്റ് പകരം വയ്ക്കപ്പെട്ടു എന്ന് കരുതുക. ഏത് തരം ഫോസിൽ സംരക്ഷണ രീതിയാണിത്?

5.2.3. സ്തരവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഫോസിലുകൾക്കുള്ള പ്രാധാന്യം (Significance of fossils in stratigraphy)

ശിലാപാളി എന്നർത്ഥം വരുന്ന സ്ട്രാറ്റ (strata) അവസാദശിലകളിലെ പാളികളെയാണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ശിലാസ്തര അടികൾ എല്ലായിടത്തും ശിലാസ്വഭാവമനുസരിച്ച് രേഖപ്പെടുത്താവുന്ന ഫോർമേഷനുകൾ (formations) എന്നറിയപ്പെടുന്ന യൂണിറ്റുകളാക്കി (mappable units) തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്. ഇത്തരം ശിലാകൂട്ട യൂണിറ്റുകൾ **ശിലാസ്തര ഏകകങ്ങൾ (lithostratigraphic units)** എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ശിലാപടലങ്ങളുടെ കനം ഒരു മീറ്ററിൽ താഴെയോ ആയിരക്കണക്കിന് മീറ്ററോ ആകാം. ശിലാപടലങ്ങൾ ആദ്യമായി കണ്ടെത്തി വിശദീകരിക്കപ്പെട്ട ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഇവയ്ക്ക് പേര് നിർദ്ദേശിക്കുന്നത്. (ഉദാ: ക്വയ്ലോൺ ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് ശിലാപടലം, വർക്കല മണൽക്കല്ല് ശിലാപടലം എന്നിവ). സ്തര വിജ്ഞാനീയ പഠനങ്ങളിൽ ഫോസിലുകൾക്കുള്ള പ്രാധാന്യം ചുരുക്കത്തിൽ താഴെ വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടത്തെ സ്ഥാപിക്കാൻ

സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനങ്ങളിൽ അടിസ്ഥാനപരമായി രണ്ട് ആശയങ്ങളാണുള്ളത്. (1) കാലദൈർഘ്യം (2) ശിലാരേഖകൾ.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടം എന്നത് 4.6 ബില്ല്യൺ വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ്

ഭൂമി ഉത്ഭവിച്ചത് മുതൽ ഇന്ന് വരെയുള്ള ഭൂമിയുടെ രൂപീകരണം, വികാസം എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന കാലദൈർഘ്യമാണ്. കാലദൈർഘ്യത്തിനിടയ്ക്ക് ഇടവേളകളോ വിടവുകളോ ഇല്ല. ഭൗമചരിത്രത്തിന്റെ കാലക്രമത്തിന്റെ ഏകകങ്ങളെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാല യൂണിറ്റുകൾ (geological time units) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവയെ **ഭൗമകാലഗണനാ യൂണിറ്റുകൾ (geochronologic units)** എന്നും പറയും. നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ടതിൽ വച്ച് ഏറ്റവും ദൈർഘ്യം കൂടിയ കാലഘട്ട ഏകകമാണ് **അതിമഹാകല്പം (supereon)**. അതിമഹാകല്പത്തിൽ **മഹാകല്പങ്ങൾ (eons)** അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. മഹാകല്പത്തെ വീണ്ടും **കല്പങ്ങളാക്കി (eras)** തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. കല്പങ്ങളെ **മഹായുഗങ്ങളായും (period)**, മഹായുഗങ്ങളെ **യുഗങ്ങളായും (epoch) ഏയ്ജുകളായും (ages)** തരംതിരിക്കാം.

സ്തരവിജ്ഞാനീയ രേഖകളിൽ ഉടനീളം ഉള്ള ഫോസിലുകളുടെ സാന്നിദ്ധ്യവും അസാന്നിദ്ധ്യവും അനുസരിച്ചാണ് ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geological Time Scale) ചിട്ടപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. ഓരോ കല്പവും അവസാനിക്കുന്നത് ജീവികളുടെ ഉപഗണത്തിന്റെ നാമാവശേഷത്തോടു കൂടിയാണ്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം പരിശോധിച്ചാൽ (പട്ടിക 5.1) മഹായുഗത്തിന്റെ അതിർത്തിയിൽ ജീവികളുടെ ചെറിയ നാമാവശേഷ സംഭവങ്ങളും അതേ തുടർന്നുള്ള പുതിയ ജീവി ഉപഗണങ്ങളുടെ പ്രത്യക്ഷീകരണവും രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നതു കാണാം.

പട്ടിക 5.1. ഫോസിലുകൾ ഉപഗണങ്ങളും ഭൗമചരിത്രത്തിൽ അവയുടെ തത്തുല്യ മഹായുഗവും

ജീവികളുടെ കാലഘട്ടം	കല്പങ്ങൾ/മഹായുഗങ്ങൾ
മനുഷ്യന്റെ കാലഘട്ടം	ക്വാർട്ടേർണറി
സസ്തനികളുടെ കാലഘട്ടം	സെനോസോയിക്ക്
ഉരഗങ്ങളുടെ കാലഘട്ടം	മെസോസോയിക്ക്
കൽക്കരിയുടെ കാലഘട്ടം	കാർബോണിഫെറസ്
ഉഭയജീവികളുടെ കാലഘട്ടം	കാർബോണിഫെറസും പെർമിയനും
മത്സ്യങ്ങളുടെ കാലഘട്ടം	സൈലൂറിയനും ഡിവോണിയനും
കടൽ അകശേരു ജീവികളുടെ കാലഘട്ടം	കാമ്പ്രിയനും ഓർഡോവിസിയനും

ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം തൊട്ടുള്ള ജന്തുജീവി രൂപങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യമുപയോഗിച്ചാണ് ഭൗമചരിത്രത്തെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമങ്ങളായി തരംതിരിക്കുന്നത്.

കാലദൈർഘ്യ സ്തര യൂണിറ്റുകളുടെ തിരിച്ചറിയൽ (Identification of Chronostratigraphic units)

നിയതമായ കാലഇടവേളകളിൽ രൂപപ്പെട്ട അവസാദ ശിലാപാളികളുടെ

പരമ്പരയാണ് **കാലദൈർഘ്യ സ്തര ഏകകം (അല്ലെങ്കിൽ കാലദൈർഘ്യ ശിലാ ഏകകം)** (or time-rock units). ഭൗമചരിത്രത്തിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാല ദൈർഘ്യത്തിന്റെ ഏറ്റവും വലുത് മുതൽ ചെറുതുവരെയുള്ള കാലദൈർഘ്യ ഏകകങ്ങളുടെ സമയത്ത് രൂപം കൊണ്ട ശിലാപാളികൾക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്ന പദ ങ്ങളാണ് ഇയോണോതെം (eonothem), ഇറാതെം (erathem), സിസ്റ്റം (system), സീരീസ് (series), സ്റ്റേജ് (stage) എന്നിവ. ഉദാ: കാലദൈർഘ്യ ശിലാസ്തരത്തിലെ ജുറാസ്സിക് സിസ്റ്റത്തിന് തത്തുല്യമായ കാലദൈർഘ്യമാണ് ജുറാസ്സിക്ക് മഹായുഗം.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ മഹായുഗങ്ങൾക്ക് നാമങ്ങൾ ലഭിച്ചത് എങ്ങനെയായിരിക്കും? ആ പ്രത്യേക കാലദൈർഘ്യം ഏകദേശം പൂർണ്ണമായും പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന ശിലാസ്തര പരമ്പര ഏത് പ്രദേശത്താണോ ആദ്യം കണ്ടെ ത്തിയത് അതിനനുസരിച്ചാണ് പേര് നൽകുന്നത്. ഉദാ: ജുറാസ് എന്ന് പേരുള്ള ശിലകൾ (ജുറാസ് പർവ്വതത്തിൽ നിന്ന്) ഫ്രാൻസിലും സ്വിറ്റ്സർലന്റിലും വട ക്കോട്ട് നീങ്ങി കണ്ടെത്തുകയും അവയ്ക്ക് മുകളിൽ ട്രൈയാസ് (Trias) എന്ന് പേരുള്ള ജർമ്മനിയിലെ ശിലകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ട്രൈയാസ് ശിലകൾക്കു മുക ളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് ക്രിട്ടേഷ്യസ് (cretaceous) ശിലകളാണ്. ഏത് പ്രദേശ ത്താണോ ഒരു പ്രത്യേക ശിലാപാളിയെ ആദ്യമായി കണ്ടത് ആ പ്രദേശം ആ ശിലാപാളിയുടെ മാതൃകാ പ്രദേശം (type locality) ആയിത്തീരുന്നു. ഭൂവൈജ്ഞാ നിക കാലക്രമത്തിലുള്ള ഭൂരിഭാഗം ഏകകങ്ങളുടെയും മാതൃകാ പ്രദേശങ്ങൾ യൂറോപ്പിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. കാരണം, ഇവിടെയാണ് ശാസ്ത്രീയമായ സ്തരവിജ്ഞാനീയ ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ ആദ്യം പ്രയോഗത്തിൽ വരുത്തിയത്.

ശിലാശ്രേണികൾ തമ്മിൽ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെടുത്തൽ (Correlation of rock sequences)

ഭൂമിയിലെ വ്യത്യസ്ത പ്രദേശങ്ങളിലെ പാറകൾ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാല ദൈർഘ്യത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത ദൃശ്യങ്ങൾ നൽകുന്നു. വ്യാപകമായ അപരദനമോ നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയയുടെ അഭാവമോ മൂലം, ഭൂമിയിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രദേ ശത്തുള്ള പാറകളിൽ തന്നെ ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം മുതൽ നാളിതു വരെ നിക്ഷേപി ക്കപ്പെട്ട മുഴുവൻ ഭൂവൈജ്ഞാനിക ശിലാപടലങ്ങളും ഒന്നിച്ച് ദൃശ്യമാകുക അസാ ധ്യമാണ്. കൂടാതെ, ഒരു പ്രത്യേക ശിലാപാളി (ഒരു പ്രത്യേക കാലദൈർഘ്യത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന) മറ്റൊരു പ്രദേശത്ത് നിക്ഷേപിച്ച് സംരക്ഷിക്കപ്പെടാതിരി ക്കുകയോ, സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ തന്നെ അതിന്റെ കനം വ്യത്യസ്തമായി രിക്കുകയോ ആകാം. ഭൂമിയിലെ വ്യത്യസ്ത പ്രദേശങ്ങളിലെ പാറകളുടെ ഇത്തരം ബന്ധങ്ങളെ കുറിച്ച് പഠിക്കാൻ സ്തര വിജ്ഞാനീയ വിദഗ്ധർ ഉപയോഗപ്പെടു ത്തുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ (correlation)**. ശിലകളുടെ പ്രായം

ഗണിച്ചെടുക്കാനും തമ്മിൽ വേർപ്പെട്ടു നിൽകുന്ന ശിലാശ്രേണികളുടെ പരസ്പര ബന്ധം സ്ഥാപിക്കാനും ഈ പ്രക്രിയ അവയിലടങ്ങിയ അശ്മകങ്ങളുടെ സഹായം തേടുന്നു.

ഭൂമിയുടെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതും എന്നാൽ ഒരേ സമയത്ത് ഉണ്ടായതുമായ ശിലകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സ്ഥാപിച്ചെടുക്കാനും ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ സഹായിക്കുന്നു. ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയയിലൂടെ ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായി വളരെ ദൂരെ വേർപെട്ട് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലാകൂട്ടങ്ങളുടെ പ്രായം കണക്കാക്കി തമ്മിൽ ബന്ധം സ്ഥാപിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. ഒരേ സമയത്തുണ്ടായ ശിലകളിൽ ഒരേതരം അശ്മക ജീവി ഉപഗണങ്ങൾ കാണപ്പെടും, ഈ ശിലകൾ വളരെ വിസ്തൃതമാണെങ്കിലും ഇവ പുറത്തു കാണുന്ന പ്രദേശങ്ങൾ അടുത്തടുത്തല്ലെങ്കിൽപോലും. *പ്രായം കൂടിയ ഫോസിലുകളിൽ നിന്ന് പ്രായം കുറഞ്ഞ ഫോസിലുകളിലേയ്ക്ക് വ്യക്തമായതും, നിരീക്ഷണ യോഗ്യമായതും, ആവർത്തനമില്ലാത്തതുമായ ഒരു പരമ്പര ഭൗമശിലാപാളികളിൽ നിലനിൽക്കുന്നുണ്ട്.* ഭൂമിയിൽ നിലനിന്നിരുന്ന സസ്യജന്തുക്കളുടെ പരിണാമം മൂലം വ്യത്യസ്ത കാലങ്ങളിലുണ്ടായ ശിലകളിൽ വ്യത്യസ്ത തരം ഫോസിലുകൾകാണപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ *വിദൂര പ്രദേശങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന വ്യത്യസ്ത ശിലാകൂട്ടങ്ങളിൽ ഒരേ തരം ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ, അത്തരം ശിലകൾ ഒരേ കാലത്ത് ഉണ്ടായതാണെന്ന് കരുതാവുന്നതാണ്.* ഫോസിൽ സമാഹാരങ്ങളുടെ സമാനതകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ആഗോള ശിലാബന്ധങ്ങൾ സ്ഥാപിച്ചെടുക്കാവുന്നതാണ്.

സ്തരവിജ്ഞാനീയ പരമ്പരകളിൽ ഒരു ശിലാപാളിയുടെ സ്ഥാനം കണ്ടെത്താനും, കാലഗണനയ്ക്കു വേണ്ടിയും ഫോസിലുകളെ ഉപയോഗപ്പെടുത്താം. ശിലാ അടുക്കുകളുടെ പ്രായതുല്യത നിർണ്ണയിക്കാനും ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയയ്ക്കും ഫോസിലുകൾ ഒഴിച്ചു കൂടാനാവാത്തവയാണ്.

5.3. ഭൂവൈജ്ഞാനിക രേഖകൾ (Geologic records)

കഴിഞ്ഞ കാലങ്ങളിൽ നടന്ന സംഭവങ്ങളുടെ എഴുതപ്പെട്ട രേഖകളായി ശിലകൾ വർത്തിക്കുന്നു. കഴിഞ്ഞു പോയ നീണ്ട ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടങ്ങളിൽ പലതരം സംഭവങ്ങൾ ഭൂമിയിൽ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. ഉൽക്കാപതനം, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം, ലാവാപ്രവാഹം, പർവ്വതനം, ഭൂകമ്പം, അപരദന അവസാദ പ്രക്രിയകൾ, ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ മന്ദഗമനം (ഫലക വിവർത്തനികം), കടൽത്തട്ടിന്റെ ഉത്ഭവവും നാശവും, ഖരമഞ്ഞിന്റെ വിന്യാസം (ഹിമാനികൾ), കാലാവസ്ഥാമാറ്റം, എണ്ണമറ്റ സസ്യജന്തുക്കളുടെ ഉത്പത്തി, വളർച്ച, പരിണാമം, നാമാവശേഷമാകൽ എന്നിവ. ഇവയുടെയെല്ലാം തെളിവുകൾ ഒരു രീതിയിലല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു രീതിയിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനിക രേഖകളിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ശിലാപാളികൾ

ഭൗമചരിത്രം രേഖപ്പെടുത്തിവെച്ചിട്ടുള്ള ശിലാപുസ്തകങ്ങൾ തന്നെയാണ്.

ഭൂവൈജ്ഞാനികർക്ക് ഇത്തരം ശിലാരേഖകളിൽനിന്ന് തികച്ചും വിശ്വാസയോഗ്യവും പരസ്പര വൈരുദ്ധ്യമില്ലാത്തതും വസ്തുനിഷ്ടവുമായ വിവരങ്ങൾ ഗണിക്കാവുന്നതാണ്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം എന്നത് ഇടവേളകളോ വിടവുകളോ ഇല്ലാത്ത അനുസ്യൂതം പ്രവഹിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒന്നാണ്. എന്നാൽ ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാരേഖകൾക്ക് പലയിടങ്ങളിലും വിഘാതം സംഭവിച്ചതായി കാണാം. ഭൗമകാലഘട്ടത്തിന്റേതു പോലെ തുടർച്ചയും സ്ഥിരതയും ശിലാരേഖകൾക്ക് ഉണ്ടാകണമെന്നില്ല. കാരണം, അവസാദ നിക്ഷേപണ അപരദന പ്രദേശങ്ങൾക്ക് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ സ്ഥിരത ഇല്ലെന്നതു തന്നെ.

അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണം ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഏക രൂപേണയല്ലാത്തതുകൊണ്ട് പ്രാദേശികവും ആഗോളവുമായ ശിലാസ്തര പരമ്പരകളും അപൂർണ്ണങ്ങളാണ്. ചിലയിടങ്ങളിൽ അവസാദ നിക്ഷേപം നടക്കുമ്പോൾ അതേ കാലഘട്ടത്തിൽ തന്നെ മറ്റു ചിലയിടങ്ങളിൽ അപരദനമാകാം നടക്കുന്നത്. കൂടാതെ, ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുന്നൊരിടം മറ്റൊരു കാലഘട്ടത്തിൽ നിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വേദിയായേക്കാം. അപരദന പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്ന സമയത്ത് ആ പ്രദേശത്ത് ശിലാരേഖകൾ രൂപപ്പെടുകയില്ലല്ലോ.

അവസാദ നിക്ഷേപം നടക്കാത്ത കാലഘട്ടം അല്ലെങ്കിൽ മുമ്പ് നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടവ അപരദനത്താൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന കാലഘട്ടം, ഇത്തരം കാലഘട്ടങ്ങളിൽ തുടർച്ചയായുള്ള അവസാദ നിക്ഷേപ ചരിത്രം ശിലകളിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുക സാധ്യമല്ല. ഇവയെല്ലാം ആ പ്രദേശത്തെ അനനുരൂപതകളായി (unconformity) കണക്കാക്കപ്പെടും. ഒരു ശിലാശ്രേണിയിലെ നിക്ഷേപരഹിത അല്ലെങ്കിൽ അപരദന ഇടവേളകളെ അനനുരൂപതകൾ എന്ന് നാം കഴിഞ്ഞ പാഠത്തിൽ നിർവചിച്ചത് ഓർക്കുക. ശിലാരേഖകളിലെ വിട്ടുപോയ കാലഘട്ടങ്ങളുടെ സൂചകങ്ങൾ എന്ന നിലയിൽ അനനുരൂപതകൾ സവിശേഷ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

5.4. ഭൗമ സംഭവങ്ങളുടെ കാലഗണന (Dating of geologic events)

പ്രാദേശികമോ ആഗോളമോ ആയ ഭൗമചരിത്രം ശിലാരേഖകളുടെ സഹായത്താൽ അപഗ്രഥിക്കണമെങ്കിൽ ആദ്യമേ തന്നെ ശിലാരേഖകളെ കാലഘട്ടത്തിനനുസരിച്ച് കൃത്യമായി ക്രമപ്പെടുത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടനകൾ, ശിലകൾ, ഫോസിലുകൾ എന്നിവയുടെ പ്രായം കണക്കാക്കി അവയെ കൃത്യമായ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടത്തിൽ സ്ഥാപിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയ രീതിയാണ് **ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഗണന (dating).** ഇത് ചെയ്യുന്നതിന് രണ്ട് രീതികളുണ്ട്. (1) ആപേക്ഷിക കാലഗണനയും (Relative dating) (2) കേവല (സാംഖിക) കാലഗണനയും (Absolute or numerical dating).

5.4.1 ആപേക്ഷിക കാലഗണന (Relative dating)

ഉത്ഭവത്തിന്റെ ക്രമമനുസരിച്ച് ശിലകളെയും ഭൗമപ്രതിഭാസങ്ങളെയും ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമീകരണത്തിൽ സ്ഥാപിക്കുക എന്നതാണ് ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ സമ്പ്രദായം. ഓരോ ശിലാപാളിയും, സംഭവവും മറ്റൊന്നിനെ അപേക്ഷിച്ച് പ്രായം കൂടിയതോ പ്രായം കുറഞ്ഞതോ എന്ന് മാത്രം ഇതിൽ നിന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. എന്നാൽ കൃത്യമായി ഒരു ശിലയുടെയോ സംഭവത്തിന്റെയോ പ്രായം എന്നതിന് ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ സമ്പ്രദായം ഉത്തരം തരില്ല, എന്നാൽ ഭൗമചരിത്രത്തിലെ സംഭവങ്ങളുടെ ക്രമം ഇതിൽ നിന്ന് ലഭിക്കും. സാംഖികമായ പ്രായം ഇതുവഴി കണക്കാക്കാനാകില്ല. ശിലകളിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ട ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിലെ സംഭവങ്ങളുടെ ഉത്ഭവക്രമം ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ സമ്പ്രദായത്തിലൂടെ ലഭിക്കും.

ചില പ്രത്യേക കാലഘട്ടത്തിൽ ജീവിച്ച് മണ്ണടിഞ്ഞ ജീവികളുടെ അശ്മകങ്ങൾ (സൂചക അശ്മകങ്ങൾ), തിരിച്ചറിയൽ പ്രായം അറിയാവുന്ന ഒരു ശിലയുമായുള്ള മറ്റൊരു ശിലയുടെ ബന്ധം കണ്ടെത്തൽ എന്നിങ്ങനെ പല രീതികളിൽ ആപേക്ഷിക കാലഗണന സാധ്യമാണ്.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കത്തിലാണ് കേവല കാലഗണന നിലവിൽ വരുന്നത്. അതിനു കുറേ മുമ്പ് വരെ ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ആപേക്ഷിക കാലഗണനയാണ് നടത്തിയിരുന്നത്. ഇന്ന് ശിലാപ്രായം കണക്കാക്കാൻ ആധുനിക കാലഗണനാ രീതികൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

5.4.2. കേവല (സാംഖിക) കാലഗണന (Absolute dating or Numerical dating)

ഒരു സംഭവം നടന്നിട്ട് കൃത്യമായി എത്ര വർഷം പിന്നിട്ടു എന്ന് പറയുന്നതാണ് കേവല കാലഗണന. ആ സംഭവം നടന്നതിന് ശേഷം കടന്നു പോയ കാലദൈർഘ്യത്തെ കൃത്യമായ ഒരു സംഖ്യയുടെ രൂപത്തിൽ അവതരിപ്പിക്കാൻ കേവല കാലഗണനയ്ക്കു കഴിയുന്നു. ഒരു ശിലയുടെ അല്ലെങ്കിൽ സംഭവത്തിന്റെ പ്രായം എത്ര എന്ന് സാംഖികമായി തന്നെ പറയാൻ നമുക്ക് കഴിയും. (ഉദാഹരണത്തിന്, ഹോമോസാപിയനുകൾ ഭൂമുഖത്ത് പ്രത്യക്ഷമായിട്ട് 2.3 ദശലക്ഷം വർഷം ആയി എന്ന് നാം പറയുമ്പോൾ ആ ഭൗമ സംഭവത്തിന് ശേഷമുള്ള കാലദൈർഘ്യത്തെ സംഖ്യാ രൂപത്തിൽ അളക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്).

ഒരു ശിലയിൽ അടങ്ങിയിരുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾക്ക് എത്രത്തോളം ശോഷണം സംഭവിച്ചു എന്ന് കണക്കാക്കുന്ന ഗണിത രീതിയനുസരിച്ചാണ് കേവല കാലഗണന നടത്തുന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് വസ്തുക്കൾ ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടികാരങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ശിലകളുടെ കാലഗണന നടത്തുന്നത് റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഗണിത രീതിയനുസരിച്ചാണ്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഗണിത പ്രായ വിവരവും പുരാജൈവശാസ്ത്ര വിവരവും സംയോജിപ്പിച്ച് ശിലകളുടെ കൃത്യമായ പ്രായം കണക്കാക്കാനും ഭൂവൈജ്ഞാനിക ക്രമീകൃത കാലപട്ടികയിൽ കൃത്യമായ സംഖ്യകൾ ഉൾപ്പെടുത്താനും ഇന്ന് ഭൂവൈജ്ഞാനികർക്ക് സാധിക്കുന്നു.



റേഡിയോ ആക്ടീവ് (Radioactive) കാലഗണന

നൈസർഗ്ഗികമായി പ്രകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവ് (radio active) വസ്തുക്കൾ അസ്ഥിരമാണ്. അവയ്ക്ക് കൃത്യമായ നിരക്കിൽ ശോഷണം സംഭവിച്ച് മറ്റ് വസ്തുക്കളായി മാറുന്നതിനെ റോഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണം (radio active decay) എന്നു പറയുന്നു. റേഡിയോ ആക്ടീവായ മാതൃമൂലകങ്ങൾ ക്ഷയിച്ച് സ്ഥിരതയുള്ള ദ്വിതീയ മൂലകങ്ങൾ രൂപമെടുക്കുന്നു.റോഡിയോ ആക്ടീവായ മൂലകങ്ങളെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടികാരങ്ങളായി ഉപയോഗപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. ഭൂരിഭാഗം റോഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളും അവയുടെ കൃത്യമായ സ്ഥിരം തോതിൽ റോഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ഈ തോത് തിരിച്ചറിഞ്ഞാൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ഇവയുടെ ശോഷണത്തിന് എത്രത്തോളം കാലദൈർഘ്യം ആവശ്യമായി വന്നു എന്ന് കണ്ടെത്തും. ഇത് കണ്ടെത്തുന്നത് മാതൃറോഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെയും ദ്വിതീയ റോഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെയും അളവുകളിൽ നിന്നുമാണ്. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ റോഡിയോ ആക്ടീവിറ്റിയുള്ള മാതൃഐസോടോപ്പുകളും (parent isotopes), സ്ഥിരതയുള്ള ദ്വിതീയ ഉല്പന്നങ്ങളും അവയുടെ റോഡിയോ ആക്ടീവിറ്റി നേർപകുതിയായി താഴുന്നതിനാവശ്യമായ കാലദൈർഘ്യവും (half life) പട്ടികപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 5.2. വ്യത്യസ്ത റേഡിയോ ഐസോടോപ്പുകളുടെ അർദ്ധായുസ്

അസ്ഥിര റേഡിയോ ആക്ടീവ്മൂലകം	സ്ഥിരതയുള്ള ദ്വിതീയ മൂലകം	അർദ്ധായുസ് (വർഷങ്ങളിൽ)
റുബീഡിയം 87	സ്ട്രോൺഷിയം 87	48.8 ആയിരം ദശലക്ഷം
തോറിയം 232	ലെഡ് 208	14 ആയിരം ദശലക്ഷം
യുറേനിയം 238	ലെഡ് 206	4.47 ആയിരം ദശലക്ഷം
പൊട്ടാസ്യം 40	ആർഗൺ 40	1.25 ആയിരം ദശലക്ഷം
യുറേനിയം 235	ലെഡ് 207	704 ദശലക്ഷം
കാർബൺ 14	നൈട്രജൻ 14	5730

മേൽവിവരിച്ച പട്ടികയിൽ മൂലകങ്ങളോട് ചേർന്നുള്ള സംഖ്യ അണ്വാങ്കമാണ് .(mass number) (പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ എന്നിവയുടെ ആകെ എണ്ണം). ഒരു മൂലകത്തിലെ അണുവിന്റെ ന്യൂട്രോൺ എണ്ണം മാറുന്നതിനനുസരിച്ച് അതിന്റെ അണ്വാങ്കവും മാറാൻ സാധ്യതയുണ്ട്. വ്യത്യസ്ത എണ്ണം ന്യൂട്രോണുകളുള്ള ഒരേതരം മൂലകങ്ങളെ ഐസോടോപ്പുകൾ (isotopes) എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഓരോ റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾക്കും പകുതിയാകുന്നതിന് അതിന്റേതായ കാലദൈർഘ്യമുണ്ട്. ഒരു റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകത്തിന് ശോഷണം സംഭവിച്ച് നേർ പകുതിയാകാനും പുതിയൊരു ദ്വിതീയ മൂലകമായി മാറാനുമുള്ള കാലദൈർഘ്യത്തെയാണ് അർദ്ധായുസ്സ് (half life) എന്നതു കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണം സ്ഥിരമായ ലഘു ജീജക (exponential) നിരക്കിലോ ക്ഷേത്രഗണിത (geometric) നിരക്കിലോ ആണ് മുന്നോട്ട് പോകുന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവിറ്റിയുടെ നിരക്ക് മാതൃമൂലകങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ശിലാ രേഖകളിലുള്ള ചില ഫോസിൽ ജീവി ഉപഗണങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യവും അസാന്നിധ്യവുമാണ് ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് എന്ന് നിങ്ങൾ എങ്ങനെ സ്ഥാപിക്കും?
2. ഒരു ഭൂവൈജ്ഞാനിക പ്രതിഭാസത്തിന്റെ കേവല പ്രായവും ആപേക്ഷിക പ്രായവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

5.5 ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങൾ (Fundamental principles of Historical Geology)

ഭൂമിയുടെ വളരെ വിപുലമായ ചരിത്രത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് ലഭിക്കാൻ ഒരു വിദ്യാർത്ഥിക്ക് ഉപകാരപ്പെടുക ഭൗമ സംഭവങ്ങളുടെ കൃത്യ തീയതിയേക്കാളും കാലത്തേക്കാളും അവയുടെ ഉത്ഭവത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക ക്രമമായിരിക്കും. ശിലാപാളികളുടെ പഠനത്താലും അവയിലടങ്ങിയ ശിലകളുടെയും അശ്മകങ്ങളുടെയും പഠനത്താലും ആപേക്ഷിക കാലഗണന സാധ്യമാണ്. ഒരു പ്രദേശത്തെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ കാലക്രമം പുനർസൃഷ്ടിക്കാൻ ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ തത്വങ്ങൾക്ക് കഴിയും. ഭൗമചരിത്രം പുന:സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനും ശിലകളുടെ പ്രായം ഗണിക്കുന്നതിനും (ഏതെല്ലാം ശിലകളാണ് പ്രായം കൂടിയത്, പ്രായം കുറഞ്ഞത് എന്നെല്ലാം കണ്ടെത്താൻ) ശാസ്ത്രജ്ഞർ ചില തത്വങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിലെ അടിസ്ഥാനതത്വങ്ങൾ നമുക്ക് പരിചയപ്പെടാം.

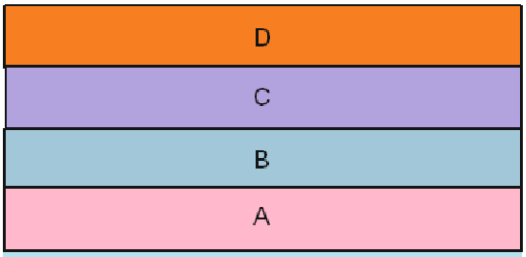
5.5.1. ഏകരൂപതാ തത്വം (Principle of Uniformitarianism)

ഭൗമചരിത്രത്തിലുടനീളം ഭൗമപ്രക്രിയകളും പ്രകൃതി നിയമങ്ങളും ഇപ്പോൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നതു പോലെ തന്നെ ഇതേ താളത്തിലും ക്രമത്തിലും പ്രവർത്തിച്ചിരുന്നു. ഇന്നു നടക്കുന്ന ഭൂപ്രതിഭാസങ്ങളും പ്രക്രിയകളും സസൂക്ഷ്മം നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ കഴിഞ്ഞ കാല പ്രക്രിയകളെയും പ്രതിഭാസങ്ങളെയും വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും. മേൽ വിവരിച്ചവയാണ് ഏകരൂപതാതത്വത്തിന്റെ കാതൽ. ഈ തത്വമനുസരിച്ച് ഇന്നത്തെ കാലഘട്ടത്തിൽ സജീവമായ പ്രക്രികളെല്ലാം തന്നെ കഴിഞ്ഞ കാലഘട്ടങ്ങളിലും സജീവമായിരുന്നു. **വർത്തമാനകാലം ഭൂത കാലത്തിന്റെ താക്കോലാണ്** എന്നതാണ് ഈ തത്വത്തിന്റെ രത്നച്ചുരുക്കം.

5.5.2. സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം (Principle of Superposition)

രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചിട്ടില്ലാത്ത തിരശ്ചീന അവസാദ ശിലാപാളികളിൽ

ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയവ ഏറ്റവും താഴെയും, അതിന് മുകളിൽ ക്രമേണ പ്രായം കുറഞ്ഞവയും കാണപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലാപാളി ശിലാശ്രേണിയുടെ ഏറ്റവും മുകളിലായി കാണപ്പെടുന്നു. എല്ലാ ശിലാപാളികളുടെയും ആപേക്ഷിക പ്രായം കണക്കാക്കാൻ പഴയതിന് മേൽ പുതിയത് എന്ന ഈ തത്വം സാധ്യമാക്കുന്നു.



ചിത്രം 5.6. സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വത്തെ കാണിക്കുന്ന ചിത്രം

അവസാദ ശിലകൾ തരികളായി രൂപപ്പെടുകയും പാളികളായി മാറുകയും ഒന്നിന് മേൽ മറ്റൊന്ന് എന്ന ക്രമത്തിൽ അടുക്കുകളായി ശിലാവൽക്കരിക്കപ്പെട്ട് (lithification) പ്രകൃതിയിൽ ദൃശ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. വ്യവസ്ഥിത ശിലാപാളികളുടെ കൂട്ടത്തിൽ മുകളിലുള്ള ശിലാപാളിക്ക് അതിന് താഴെയുള്ള ശിലാപാളിയേക്കാൾ പ്രായം കുറവായിരിക്കും. ഡെൻമാർക്കിലെ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ നിക്കോളാസ് സ്റ്റെനോ പതിനേഴാം നൂറ്റാണ്ടിൽ (1669) സ്ഥാപിച്ചെടുത്തതാണ് സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വം. അസ്ഥിരപ്പെടാത്ത ശിലാപാളികളുള്ള ഒരു പ്രദേശത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദമാണ് ചിത്രം 5.6 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്. ഇതിലെ എ മുതൽ ഡി വരെയുള്ള അവസാദശിലാപാളികളിൽ എ യുടെ പ്രായം ഏറ്റവും കൂടുതലും ഡി യുടേത് ഏറ്റവും കുറവുമാണ്.

അവസാദ ശിലാ ശ്രേണിയിലെ പ്രായക്രമം കണ്ടെത്താൻ അശ്മകങ്ങൾ വളരെയധികം സഹായിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം മുതലുള്ള കാലഗതിയിൽ ജീവി വർഗ്ഗങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന പരിണാമങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കാനും ശിലാ ശ്രേണികളിലെ അശ്മകങ്ങളുടെ ക്രമം ഉപയോഗപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. പഴയതിന് മേൽ പുതിയത് എന്ന തത്വ പ്രകാരം ശിലാശ്രേണിയിലെ ഏറ്റവും താഴെത്തട്ടിലുള്ള അശ്മകങ്ങൾ ഏറ്റവും പുരാതന കാലഘട്ടത്തിലെ ജീവികളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ആയതുകൊണ്ട് ശിലാശ്രേണികളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായഗണനയ്ക്ക് മാത്രമല്ല അശ്മകങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായഗണനയ്ക്കും പഴയതിന് മേൽ പുതിയത് എന്ന തത്വം നിദാനമാണ്.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിൽ ചെറിയ കാലദൈർഘ്യത്തിൽ മാത്രം ജീവിക്കുകയും, കൂടുതൽ ഭൂപ്രദേശങ്ങളിൽ വ്യാപിച്ച് പെരുകുകയും ചെയ്തിട്ടുള്ള ജീവികളുടെ ഫോസിലുകളെ **സൂചക ഫോസിലുകൾ (index fossils or guide fossils)** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ശിലാ ശ്രേണികളുടെ പ്രായഗണനയ്ക്ക് ഇവ ഉത്തമമാണ്. കാല-ശിലാ ഏകകങ്ങളുടെ നിർണ്ണയത്തിനും ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയയ്ക്കും സൂചക അശ്മകങ്ങൾ വളരെയധികം ഉപകരിക്കുന്നു.

5.5.3. ഉത്ഭവ തിരശ്ചീനതാ തത്വം (Principle of original horizontality)

ആദ്യമായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അവസാദങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായോ പരന്ന പ്രതല സമാന്തരമായോ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന വസ്തുതയാണ് ഉത്ഭവ തിരശ്ചീനതാ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നത് (ചിത്രം 5.7). ശിലാപാളി ചെരിഞ്ഞോ തിരശ്ചീനമല്ലാതെയോ കാണപ്പെട്ടാൽ അവ വിവിധ ഭൂവല്ക്കചലനങ്ങൾക്ക് വിധേയമായി വിരൂപണം നടന്നവയാണ് എന്നും ഈ തത്വം വിശദീകരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 5.7. ശിലാസ്തര തിരശ്ചീനത

5.5.4. ക്രോസ് കട്ടിംഗ് ബന്ധതത്വം (Principle of crosscutting relationship)

ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടനാ രൂപങ്ങളായ ഭ്രംശനങ്ങളും (Faults) ആഗ്നേയ ഭേദകങ്ങളും (Igneous intrusion) അവ ഭേദിച്ച് കടന്ന് പോകുന്ന ശിലകളേക്കാൾ പ്രായം കുറഞ്ഞവയായിരിക്കും. ചില അവസരങ്ങളിൽ മാഗ്മ ഉയർന്ന് തള്ളി തുളച്ചു കയറുന്നത് മുമ്പേ നിലനിന്നിരുന്ന ശിലാ വിള്ളലുകളിലേയ്ക്കാകാം. ശിലാദ്രാവകം വിള്ളലുകളിൽ ശീതീകരിച്ച് ദൃഢീകരിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന രൂപമാണ് ആഗ്നേയ ഭേദകം (igneous intrusion). *ഒരു ആഗ്നേയ ഭേദകം അത് ഭേദിച്ച് കടന്ന് പോകുന്ന ശിലയേക്കാൾ എപ്പോഴും പ്രായം കുറഞ്ഞതായിരിക്കും.* ചിത്രങ്ങൾ 5.8 എ,ബി എന്നിവയിൽ ഒരു ആഗ്നേയ നുഴഞ്ഞു കയറ്റ രൂപമായ ഡൈക്കിന്റെ (dyke) ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വെളിപ്പെട്ട രീതിയിലുള്ള ദൃശ്യവും ഭേദകബന്ധം ചിത്രീകരിക്കുന്ന കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദവും കാണാവുന്നതാണ്. പ്രാദേശിക ശിലകൾ അസ്ഥിരപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതും ആഗ്നേയ ഭേദകരൂപത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക പ്രായക്കുറവും ഈ ചിത്രത്തിൽ നിന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നു.



ചിത്രം 5.8. എ) ബാഹ്യ ശിലകളിൽ പ്രകടമാകുന്ന ആഗ്നേയ ഭേദകങ്ങൾ, ബി) കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദത്തിൽ

ഭ്രംശനങ്ങൾ, അപരദന പ്രതലങ്ങൾ, ധാതുധമനികൾ (veins) എന്നിവയുടെ ആപേക്ഷികപ്രായം കണ്ടെത്താനും ഭേദക ബന്ധതത്വം പ്രയോജനപ്പെടും.

5.5.5. ജന്തുജാല ശ്രേണീ തത്വം (Principle of faunal succession)

നിയതവും നിർണ്ണയ യോഗ്യവുമായ ക്രമത്തിലാണ് സസ്യജന്തുജാലങ്ങളുടെ ഫോസിലുകൾ ഭൂവൈജ്ഞാനിക രേഖകളായി കാണപ്പെടുന്നത് എന്ന് ജന്തുജാല ശ്രേണീ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലാകമാനം പരസ്പര വൈരുദ്ധ്യമില്ലാത്ത ലംബക്രമത്തിൽ ഫോസിലുകൾ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിയ്ക്കപ്പെട്ട് കാണപ്പെടുന്നു. ഏത്തരം സസ്യജന്തുജാലങ്ങളാണ് ഫോസിലുകളായി കാണപ്പെടുന്നത് എന്നത് കാലഘട്ടത്തിനനുസരിച്ച് മാറിക്കൊണ്ടുമിരിക്കും.

അതായത് സമാന പ്രായത്തിലുള്ള ശിലകളിൽ സമാന രീതിയിലുള്ള സസ്യജന്തു ഫോസിലുകൾ കാണുന്നു, അവ വളരെ വിസ്തൃതമായ പ്രദേശത്ത് വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ശിലകളാണെങ്കിൽ പോലും. അതിനാൽ ജന്തുജാല ശ്രേണീതത്വ പ്രകാരം ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ മഹായുഗങ്ങളെയോ മറ്റ് കാലഘട്ടങ്ങളെയോ തിരിച്ചറിയാൻ അതാത് കാലഘട്ടത്തിലെ ശിലകളിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഫോസിലുകൾ പ്രയോജനപ്പെടും.



പാർശ്വ അവിച്ഛേദ തത്വം (Principle of original lateral continuity)



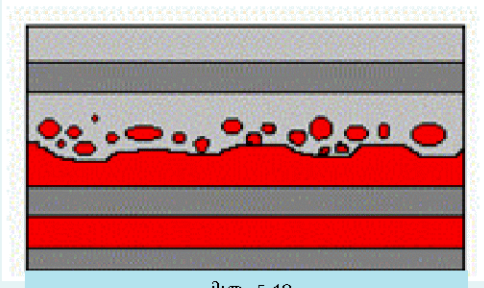
ചിത്രം 5.9. ശിലാസ്തര തുടർച്ച

അവസാദങ്ങൾ സാധാരണയായി തുടർമാന പാളികളുടെ രൂപത്തിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്നു. അവസാദ ശിലാപാളികൾ എല്ലാ വശങ്ങളിലേയ്ക്കും വ്യാപിച്ച് അറ്റങ്ങൾ നേർത്തതായി ഇല്ലാതാകുകയോ നിക്ഷേപതടത്തിന്റെ വശങ്ങളിൽ അവസാനിക്കുകയോ ആണ് ചെയ്യുന്നതെന്ന് പാർശ്വ അവിച്ഛേദ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നു (ചിത്രം 5.9). ഒരു അവസാദ പാളിയിലൂടെ നദീ താഴ്വര ഛേദിച്ച് കടന്ന് പോകുകയാണെങ്കിൽ ഒരു കാലഘട്ടത്തിൽ ഈ ശിലാപാളി അവിച്ഛേദമായിരുന്നെന്നും പിന്നീട് നദിയുടെ അപരദന പ്രക്രിയമൂലം അതിലൂടെ താഴ്വര രൂപപ്പെട്ടുവെന്നും ഊഹിക്കാവുന്നതാണ്. ഇപ്രകാരം നദീതാഴ്വരയുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള ശിലാപാളികൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം സ്ഥാപിക്കാവുന്നതാണ്.



ഉൾച്ചേർക്കൽ തത്വം (Principle of inclusion)

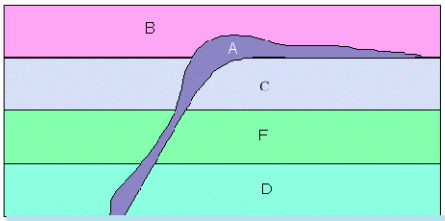
ഒരു ശിലാശകലം മറ്റൊരു ശിലയിൽ അന്തർഭൂതമായിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ആ ശിലാശകലത്തെ ഉൾച്ചേർന്ന വസ്തുവായി പരിഗണിക്കുന്നു. വലയം ചെയ്യുന്നത് ആഗ്നേയ ശിലയാണെങ്കിൽ ഉൾച്ചേർക്കലുകളെ സെനോലിത്തുകൾ (Xenoliths) എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. അന്തർഭൂത വസ്തുക്കൾ ആദ്യമേ ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിൽ മാത്രമേ പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലകളുടെ ഉത്ഭവസമയത്ത് അവ ഉൾച്ചേർക്കപ്പെടുകയുള്ളൂ. അന്തർഭൂത വസ്തുക്കളുടെ സാന്നിധ്യമുള്ള ശിലകൾ ഇത്തരം വസ്തുക്കൾ വേർപ്പെട്ട്പോന്ന ശിലകളേക്കാൾ പ്രായം കുറഞ്ഞവയായിരിക്കും.



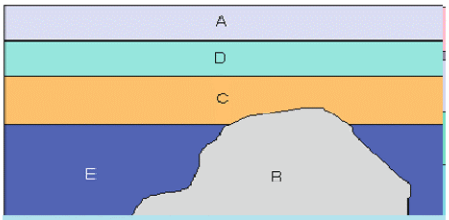
ചിത്രം 5.10.
അനനുരൂപതാ പ്രതലത്തിലെ ശിലാശകലങ്ങൾ

ചിത്രം 5.10 ൽ കാണുന്ന നിരപ്പല്ലാത്ത അപരദന പ്രതലം ശ്രദ്ധിക്കുക. ഇത് ഒരു അനനുരൂപതയാണ്. ചിത്രത്തിൽ കാണുന്ന ശിലാതുണ്ടുകളും ചരലുകളും (അനനുരൂപത്തിന് മുകളിലുള്ള പാളിയിൽ) തുടങ്ങുന്നത് താഴെയുള്ള പ്രായം കൂടിയ ശിലാപാളിയിൽ നിന്നാണ്. ചരലുകളും ശിലാശകലങ്ങളും അവ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ശിലയേക്കാൾ പ്രായം കൂടിയവയാണ്. മറ്റൊരർത്ഥത്തിൽ, ചരൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ശില ചരൽ അടർന്ന് വേർപ്പെട്ട ശിലയേക്കാൾ പ്രായം കുറഞ്ഞതാണ്.

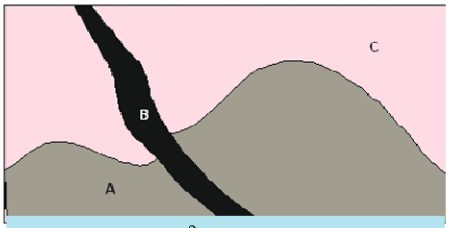
സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനതത്വങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ശിലകളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായം കണ്ടെത്താവുന്നതാണ്. വിവിധ പ്രദേശങ്ങളുടെ കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദമാണ് 5.11 മുതൽ 5.15 വരെയയുള്ള ചിത്രങ്ങളിൽ കാണുന്നത്. ഇവ ശ്രദ്ധയോടെ നിരീക്ഷിച്ച് ഇവയിലെ പ്രക്രിയകളുടെയും സംഭവങ്ങളുടെയും കാല ഗണന ക്രമം കണ്ടെത്തുക. ഓരോ പരിച്ഛേദത്തിലെയും ശിലാശ്രേണികളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായവും കണ്ടെത്തുക. ഓരോ ശിലാപാളിയുടെയും പ്രക്രിയകളുടെയും സംഭവങ്ങളുടെയും പ്രായം അവരോഹണ ക്രമത്തിലാണ് എഴുതേണ്ടതെന്ന് ഓർക്കുക. ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയതിൽ നിന്ന് ആരംഭിച്ച് ഏറ്റവും പ്രായം കുറഞ്ഞതിൽ അവസാനിക്കണം. എല്ലാ ആഗ്നേയ ഭേദകരൂപങ്ങളെയും ഭ്രംശനങ്ങളെയും പരിഗണിക്കാൻ വിസ്മരിക്കരുത്. നിങ്ങളുടെ അപഗ്രഥന നൈപുണ്യം പരിപോഷിപ്പിക്കുന്നതിനുവേണ്ടി ചിത്രങ്ങൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് ലളിതമായവയിൽ നിന്ന് അനുക്രമമായി സങ്കീർണ്ണമായവയിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന രീതിയിലാണ്.



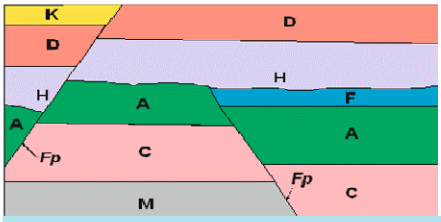
ചിത്രം 5.11



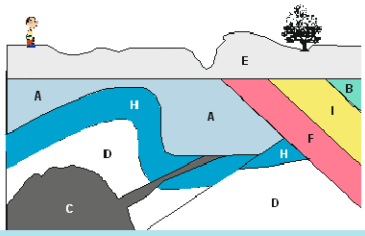
ചിത്രം 5.12



ചിത്രം 5.13



ചിത്രം 5.14



ചിത്രം 5.15

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. വർത്തമാനകാലം ഭൂതകാലത്തിന്റെ താക്കോലാണ് എന്ന പ്രസ്താവനയിൽ നിന്ന് നാം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് എന്ത്?
2. ശിലാപാളികൾ സാധാരണയായി ഒന്നിന് മുകളിൽ ഒന്നായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന് നാം പറയുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?
3. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന തത്വങ്ങൾ ആധാരമാക്കി ഒരു ശിലാശ്രേണിയിലെ പുരാതന-നവീന ശിലകളെ എങ്ങനെ കണ്ടെത്തും എന്ന് വിശദീകരിക്കുക.
   i) സൂപ്പർ പൊസിഷൻ
   ii) ക്രോസ് കട്ടിംഗ് ബന്ധതത്വം



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ശിലാഅടുക്കുകളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായം കണ്ടെത്താൻ അവയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഫോസിലുകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്താം. താഴെ നിന്ന് മുകളിലേയ്ക്ക് ക്രമമായി അടുക്കുകളായിരുന്ന ശിലാശ്രേണികളിൽ വ്യത്യസ്ത ഉപജീവി വർഗ്ഗങ്ങളുടെ ഫോസിൽ ശേഖരങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. പ്രകൃതി നിയമങ്ങൾ കാല ഗതിയ്ക്കനുസരിച്ച് മാറുന്നതല്ല എന്ന് ഏകരൂപതാ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നു. ജന്തുജാല ശ്രേണീ തത്വപ്രകാരം ശിലകളുടെ പ്രായവും അശ്മകങ്ങളുടെ അനുപൂർവ്യക്രമവും തമ്മിലൊരു പാരസ്പര്യബന്ധം നിലനിൽക്കുന്നുണ്ട്. ഇത്തരം അറിവുകളെ മറ്റ് സ്തരവിജ്ഞാന തത്വങ്ങളുമായി ചേർത്ത് ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം മാനവകുല ചരിത്രത്തേക്കാൾ വളരെ പുരാതനമാണെന്ന് ഭൂവൈജ്ഞാനികർ സമർത്ഥിക്കുന്നു. നമ്മുടെ ഗ്രഹമായ ഭൂമിയിലെ പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് ആഴത്തിലും പരപ്പിലും മനസ്സിലാക്കാൻ പൂർവ്വകാലങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള ഉൾക്കാഴ്ച അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ നിന്നും ശരിയായ പദം തിരഞ്ഞെടുക്കുക.
   (ധാതുവൽക്കരണം, ചലനരേഖാ ഫോസിൽ, കാർബണീകരണം)
   എ) ജന്തുജീവികളുടെ ചലനങ്ങളുടെ തെളിവ്
   ബി) സുഷിരങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കൾ
   സി) സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും മൃദു കലകൾ നേർത്ത കാർബൺ പടലങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നത്.
2. ഒരു ശിലാപാളിയിലൂടെ ഭ്രംശനം ഭേദിച്ചതായി കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ ഏതിനായിരിക്കും പ്രായം കൂടുതൽ, ശിലാപാളിയ്ക്കോ ഭ്രംശനത്തിനോ?
3. ഏത് തരം ശിലകളിലാണ് സാധാരണയായി ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്?
4. ഒരു ഫോസിലെന്താണെന്ന് നിർവ്വചിക്കുക.
5. ആപേക്ഷിക പ്രായവും കേവല പ്രായവും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചറിയുക.
6. എന്താണ് ഫോസിൽ അച്ചുകളും ഫോസിൽ പ്രതിമകളും?
7. ഏകരൂപത സിദ്ധാന്തം സ്ഥാപിക്കുന്നതെന്ത്?
8. ഫോസിലുകളെന്നാൽ പുരാതന കാലത്ത് ജീവിച്ചിരുന്ന ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളോ തെളിവുകളോ ആണ്. എപ്രകാരമാണ് ഇവ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നത്?

അധ്യായം

06 ഭൂവിജ്ഞാനീയവും പരിസ്ഥിതിയും (Geology and Environment)

L2J9Q4

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ഭൂമിയിൽ ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിന് പരിസ്ഥിതിയുടെ പ്രാധാന്യം വിശദീകരിക്കുന്നു.
- പരിസ്ഥിതി പരിപാലനത്തിൽ ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ പ്രധാന്യം സ്ഥാപിക്കുന്നു.
- ഭൂമിയുടെ വ്യത്യസ്ത ഉപവ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം തിരിച്ചറിയുന്നു.
- ഭൂമിയുടെ വ്യത്യസ്ത മണ്ഡലങ്ങളിൽ ഖനനം ഉണ്ടാക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കുന്നു.
- മണൽ ഖനനം നമ്മുടെ പരിസ്ഥിതിയിൽ സൃഷ്ടിക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ വിവരിക്കുന്നു.
- ഭൂജല മലിനീകരണത്തിന്റെ വിവിധ സ്രോതസ്സുകൾ കണ്ടെത്തുന്നു.
- ലവണജല തള്ളിക്കയറ്റവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രശ്നങ്ങൾക്ക് പരിഹാരം കണ്ടെത്തുന്നു.
- ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവം, ആഗോളതാപനം എന്നിവയുടെ പരിണിതഫലങ്ങൾ പരിശോധിക്കുന്നു.
- സുസ്ഥിരവികസനം നേടുന്നതിനായി പ്രകൃതിവിഭവങ്ങൾ സംരക്ഷിക്കപ്പെടേണ്ടതിന്റെ ആവശ്യകത തിരിച്ചറിയുന്നു.

ജീവന്റെ നിലനില്പിന് അനുയോജ്യമായ ആവാസവ്യവസ്ഥയുള്ള ഒരേ ഒരു ഗ്രഹം ഭൂമി മാത്രമാണ്. അതുകൊണ്ട് ഭൂമിയിലെ ഒരു പൗരനെന്ന നിലയ്ക്ക് നമുക്ക് നമ്മുടെ ഗ്രഹവുമായി അഭേദ്യമായ ഒരു ബന്ധമുണ്ട്. ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ നമുക്ക് ആവശ്യമായ എല്ലാ വിഭവങ്ങൾക്കും അടിസ്ഥാനപരമായി നാം ഭൂമിയോട് കടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ജനസംഖ്യ ഉയരുന്നതും വിഭവങ്ങളുടെ ആവശ്യകത വർദ്ധിക്കുന്നതും കാരണം നാം ഭൗമവ്യവസ്ഥയെ ഗൗരവതരമായ തരത്തിൽ ചൂഷണത്തിന് വിധേയമാക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയ്ക്ക് സ്വയം കേടുപാടുകൾ തീർക്കാവുന്നതിലും നിർവീര്യമാക്കാവുന്നതിലും വേഗത്തിൽ മനുഷ്യൻ പ്രകൃതിയെ മാറ്റിമറിക്കുകയും ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ നശിപ്പിക്കുകയും കരയിലേക്കും അന്തരീക്ഷത്തിലേയ്ക്കും, ജലത്തിലേയ്ക്കും മാലിന്യങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

ഒരു ജീവജാലത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള എല്ലാ സവിശേഷതകളുടേയും അവസ്ഥയുടേയും ആകെ തുകയാണ് പരിസ്ഥിതി. വായു, ജലം, ശിലകൾ, മണ്ണ്, പ്രകാശം, ഊഷ്മാവ്, ജീവജാലങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ എല്ലാം നമ്മുടെ ഭൗതിക പരിസ്ഥിതിയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ആഗോള സംബന്ധിയായ പല കാര്യങ്ങളും ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ജീവിത സാഹചര്യങ്ങളിൽ പ്രയുക്തമായ കാര്യങ്ങളാണ് പാരിസ്ഥിതിക ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളത്.

6.1 പാരിസ്ഥിതിക ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ പ്രധാന്യം (Significance of Environmental Geology)

ഭൗമവ്യവസ്ഥ, പ്രകൃതിക്ഷോഭങ്ങൾ, ഭൂവിനിയോഗാസൂത്രണം, ഭൂജലവിജ്ഞാനീയവും അന്തരീക്ഷപരവുമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾ, ആഗോള ഭൗമപ്രക്രിയകൾ എന്നിവയെല്ലാം പാരിസ്ഥിതിക ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങളെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കുന്നതിനും, പരിസ്ഥിതിക്ക് ഏല്ക്കുന്ന ആഘാതങ്ങൾ ലഘൂകരിക്കുന്നതിനും ഭൂവിനിയോഗവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട തർക്കങ്ങൾ പരിഹരിക്കുന്നതിനും പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ ഉപയോഗം പരിമിതപ്പെടുത്തുന്നതിനും പാരിസ്ഥിതിക ആനുകൂല്യങ്ങൾ പരമാവധി സമൂഹത്തിന് എത്തിക്കുന്നതിനും പ്രായോഗിക ശാസ്ത്രമായി പാരിസ്ഥിതിക ഭൂവിജ്ഞാനീയം ലക്ഷ്യം വെയ്ക്കുന്നു. സമകാലീന പാരിസ്ഥിതിക ആശങ്കകളായ കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനം, പ്രകൃതിക്കുമേലുള്ള മനുഷ്യന്റെ കടന്നുകയറ്റം, കുടിവെള്ളം പോലെയുള്ള നിർണായക പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണം, ജീവിതഗുണനിലവാരം മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതോടൊപ്പം പാരിസ്ഥിതിക സംതുലിതാവസ്ഥ നിലനിർത്തൽ തുടങ്ങിയവക്കെല്ലാം ഇത് ഊന്നൽ നൽകുന്നു.

പാരിസ്ഥിതിക ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞർ വസ്തു നിഷ്ഠമായി ഭൂവൈജ്ഞാനിക

വിവരങ്ങൾ പഠിക്കുകയും, അവ മലിനീകരണം, മാലിന്യ നിർമാർജ്ജനം, വിഭവ സംസ്കരണം, പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങൾ, മനുഷ്യന്റെ ആരോഗ്യം തുടങ്ങിയ സമകാലിക പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങളിൽ പ്രയോഗവത്ക്കരണം നടത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

അനുദിനം നാം ധാരാളം പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങൾ അഭുമുഖീകരിക്കുന്നുണ്ട്. ഭൗമപ്രക്രിയകളും ദുരന്തങ്ങളും, ദൈംനംദിന മാനുഷിക പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കുമേൽ നടത്തുന്ന സ്വാധീനം തിരിച്ചറിയലും, മലിനീകരണത്തിന്റെയും മാലിന്യ നിർമാർജ്ജനത്തിന്റെയും ഭൗമശാസ്ത്രവശങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കലുമെല്ലാം പ്രശ്ന പരിഹാരത്തിന് അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ഭൂമിയുടെ സ്വാഭാവിക സംവിധാനങ്ങളേയും മനുഷ്യനുമായുള്ള സമ്പർക്കത്തേയും കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾ ഭൂവിനിയോഗത്തിലെ സംഘർഷം പരിഹരിക്കുന്നതിനും പരിസ്ഥിതിയുടെ അപചയത്തെ പരിമിതപ്പെടുത്തുന്നതിനും പരിസ്ഥിതിയുടെ ഗുണഫലങ്ങൾ പരമാവധി പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു.

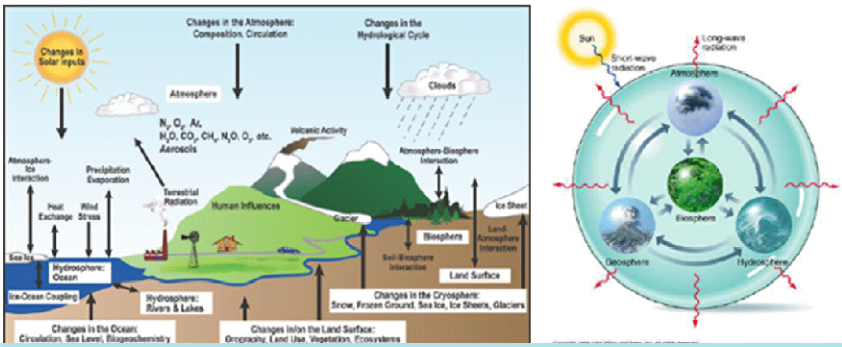
6.2 ഭൗമ ഉപവ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ഇടപെടൽ (Interaction among the Earth's sub-systems)

വായുമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, ശിലാമണ്ഡലം, ജൈവമണ്ഡലം എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് ഭൗമവ്യൂഹം. സമുദ്രത്തിലേയും, നദികളിലേയും, തടാകങ്ങളിലേയും ഖരമഞ്ഞു പാളികൾ, ഹിമാനികൾ, മഞ്ഞ് മകുടങ്ങൾ (ice caps) മഞ്ഞു പാളികൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന ജലമണ്ഡലത്തിന്റെ ഭാഗമായ അതിശൈത്യമണ്ഡലവും (cryosphere) ഭൗമവ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗമാണ്. ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലെ മറ്റൊരു പ്രധാനപ്പെട്ട മണ്ഡലം ആന്ത്രോസ്ഫിയർ (anthrosphere/technosphere) ആണ്. ആവാസ വ്യവസ്ഥകൾക്കായി മനുഷ്യൻ നിർമിച്ചിട്ടുള്ളതോ പരിഷ്കരിച്ചിട്ടുള്ളതോ ആയ പരിസ്ഥിതിയുടെ ഭാഗമാണ് ഇത്.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ശിലകൾകൊണ്ട് നിർമിക്കപ്പെട്ടതാണെന്നും ഇവ ജലം, വായു എന്നിവയുമായും ജീവവ്യവസ്ഥയുമായും നിരന്തരം സമ്പർക്കത്തിലാണെന്നും നാം മുമ്പ് മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുള്ളതാണല്ലോ? ശിലാമണ്ഡലം, വായുമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം എന്നിവ തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്ക മുഖത്തെയാണ് (interface) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്. ജൈവമണ്ഡലത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന മിക്ക ജീവികളും ശിലാമണ്ഡലവും, ജലമണ്ഡലവും, അന്തരീക്ഷവും സന്ധിക്കുന്ന സമ്പർക്ക മുഖങ്ങളിലാണ് നിലനില്ക്കുന്നത്. ഈ ഘടകങ്ങളെല്ലാം അന്യോന്യം പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുകയും ഭൗമവ്യൂഹമായി നിലകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൂമി ഒരു വ്യവസ്ഥയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു മണ്ഡലത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ മറ്റെല്ലാ മണ്ഡലങ്ങളേയും ബാധിക്കുകയും വിവിധ

രീതികളിൽ പ്രകടമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ ഓരോ മണ്ഡലവും മറ്റുള്ളവയുമായി പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ട് സങ്കീർണമായ ഒരു ആഗോള വ്യവസ്ഥ രൂപപ്പെടുത്തുന്നു (ചിത്രം 6.1).



ചിത്രം 6.1 : ഭൗമ വ്യൂഹത്തിലെ വ്യത്യസ്ത മണ്ഡലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പ്രതി പ്രവർത്തനങ്ങൾ

ദ്രവ്യവും ഊർജവും ഒരു മേഖലയിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേയ്ക്ക് ചംക്രമണം ചെയ്തുകൊണ്ടിരിയ്ക്കും. ജലം, കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ്, മറ്റു സംയുക്തങ്ങളും, മൂലകങ്ങളും ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലെ ജൈവ ഘടകങ്ങളിലും അജൈവ ഘടകങ്ങളിലും പരിവൃത്തിപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കും. ജലമണ്ഡലത്തേയും അന്തരീക്ഷത്തേയും സമുദ്രത്തേയും ചലിപ്പിച്ച് നിലനിർത്തിക്കൊണ്ടുപോകുന്നത് സൗരവികിരണങ്ങളാണ്. ഇതാകട്ടെ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ അപരദനം നടത്തുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ ആന്തരിക ഊർജം ഫലകങ്ങളുടെ ചലനം, അഗ്നിപർവ്വതം, പർവ്വതങ്ങളുടെ ആവിർഭാവം എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ശക്തി പകരുന്നു.

ഒരു കടൽത്തീരത്തിലെ മണൽതരി മുതൽ തടാകം, പർവ്വതനിര, തുടങ്ങി താഴ്വരവരെ എല്ലാം ഒരു വ്യവസ്ഥാപിതമായ രീതിയിൽ ഊർജത്തിന്റെയും ദ്രവ്യത്തിന്റേയും സംഘടിതമായ ഇടപെടലിലൂടെയാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്. ചലനാത്മകമായ ഭൗമവ്യൂഹത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന പ്രകൃതി നിയമങ്ങളാണ് ഭൂപ്രകൃതിയേയും അതിലെ പ്രക്രിയകളേയും ഗ്രഹിക്കുന്നതിനുള്ള സൂചനകൾ നൽകുന്നത്. വ്യൂഹത്തിലെ ഒരു ഭാഗത്തുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ മറ്റെല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും അതിന്റെ ഫലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

ഭൗമ വ്യവസ്ഥകളെയും അവയുടെ പരസ്പര ബന്ധങ്ങളെയും (ഊർജം ഒരു മണ്ഡലത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേയ്ക്ക് നീങ്ങുന്ന പ്രക്രിയകൾ) മനസ്സിലാക്കുന്നത് പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങൾ പരിഹരിക്കുന്നതിൽ നിർണ്ണായകമാണ്.

6.2.1 പരിസ്ഥിതിയുമായുള്ള മനുഷ്യന്റെ ഇടപെടൽ (Human Interaction with the environment)

ജീവിക്കുന്നതിനും, ജീവിതം ആസ്വദിക്കുന്നതിനും വേണ്ടി പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയതു വഴി നിരവധി മാറ്റങ്ങളാണ് മനുഷ്യൻ പരിസ്ഥിതിയിൽ വരുത്തിവച്ചിട്ടുള്ളത്.

ചരിത്രത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയ കാലം മുതൽ തന്റെ അഭിവൃദ്ധിക്കു വേണ്ടി മനുഷ്യൻ പ്രകൃതിയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിനായി ഒരുപാട് സാഹസപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. മനുഷ്യരാശിക്ക് ആവശ്യമായ വിഭവങ്ങൾ വായുമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, ശിലാമണ്ഡലം, ജൈവമണ്ഡലം എന്നീ നാലുമണ്ഡലങ്ങളിലെ സ്രോതസ്സുകളിൽ നിന്നാണ് ലഭ്യമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്.

അതിജീവനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന കാര്യങ്ങൾ അന്തരീക്ഷം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ഇത് ഭൂമിയുടെമേൽ ഒരു സംരക്ഷണ കവചം രൂപപ്പെടുത്തുന്നു. അന്തരീക്ഷം ചലനാത്മകമായ ഒരു സംവിധാനമാണ്. അത് തകരുകയാണെങ്കിൽ മനുഷ്യ വർഗത്തേയും മറ്റെല്ലാത്തിനേയും ദോഷകരമായി ബാധിക്കും. മനുഷ്യ പ്രവർത്തനങ്ങൾ അന്തരീക്ഷത്തെ മലിനമാക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂരിഭാഗം മലിനീകരണവും ആഗോളവും പ്രാദേശികവുമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. വായു മലിനീകരണത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും വ്യവസായ ശാലകളിൽ നിന്നുള്ളവയാണ്. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്ന വാഹനങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധനവാണ് വായു മലിനീകരണത്തിന്റെ പ്രധാന കാരണം.

ഗാർഹിക, കാർഷിക, വ്യാവസായിക ആവശ്യങ്ങൾക്കുള്ള ജലം മനുഷ്യ സമൂഹത്തിന് പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത് ജലമണ്ഡലമാണ്. വനനശീകരണം പോലെയുള്ള മനുഷ്യ പ്രവൃത്തികൾ ജലമണ്ഡലത്തിൽ ഗുരുതരമായ മാറ്റങ്ങൾക്ക് ഇടയാക്കുന്നു. വ്യവസായ ശാലകളിൽ നിന്നും, അഴുക്കു ചാലുകളിൽ നിന്നും പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന രാസ പദാർത്ഥങ്ങൾ അടങ്ങിയ മലിന ജലം സമൂഹത്തിന്റെ ആരോഗ്യത്തിന് ഭീഷണി സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

മണ്ണ്, ശിലകൾ, മണൽ, ധാതുക്കൾ, കൽക്കരി, എണ്ണ, പ്രകൃതിവാതകം എന്നിവയെല്ലാം കാണപ്പെടുന്ന ഇടമാണ് ശിലാമണ്ഡലം. മനുഷ്യന്റെ ആവശ്യത്തിനു വേണ്ടി വിധത്തിൽ ഈ വിഭവങ്ങൾ വൻതോതിൽ കുഴിച്ചെടുക്കുന്നതും, ഉപയോഗപെടുത്തുന്നതും പരിസ്ഥിതിയെ വഷളാക്കുന്നു. മനുഷ്യൻ നടത്തുന്ന ഉപരിതല ഖനനങ്ങളും മറ്റ് ഖനനവും വർഷങ്ങളായി വലിയ തോതിലാണ് പരിസ്ഥിതിക്കുമേൽ ആഘാതമേൽപ്പിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്.

ജീവൻ നിലനിർത്തുന്ന നേർത്തപാളിയാണ് ജൈവമണ്ഡലം. വിളകളിൽ നിന്നും, മൃഗങ്ങളിൽ നിന്നും ലഭ്യമാകുന്ന വിഭവങ്ങൾ, എല്ലാ ജീവജാലങ്ങൾക്കു

മുള്ള ഭക്ഷ്യ പദാർത്ഥങ്ങൾ, മരം, വിറക്, മുതലായവയുടെ രൂപത്തിൽ ലഭിക്കുന്ന മറ്റ് ഊർജവിഭവങ്ങൾ, കൂടാതെ ചില നിർമ്മാണ സാമഗ്രികളും ലഭ്യമാകുന്നത് ജൈവമണ്ഡലത്തിൽ നിന്നുമാണ്.

മനുഷ്യ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ധാരാളം മാറ്റങ്ങളാണ് പരിസ്ഥിതിയിൽ വരുത്തിയിട്ടുള്ളത്. വ്യവസായവത്കരണം, കാർഷികവൃത്തികൾ, നഗരവത്ക്കരണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവ പരിസ്ഥിതിയ്ക്ക് ഹാനികരമായ തോതിലാണ് നടന്നുവരുന്നത്. ഭക്ഷണം, പാർപ്പിടം, സുരക്ഷ മറ്റു കാര്യങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്കായി ഇത്തരം പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടത്താതെ മനുഷ്യജീവിതം സാധ്യമല്ല. എന്നാൽ പരിസ്ഥിതി സംരക്ഷണത്തോടുള്ള നമ്മുടെ ഇപ്പോഴത്തെ മനോഭാവവും പരിസ്ഥിതിയെ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് പ്രതികരിക്കുന്ന രീതിയും മാറേണ്ടതുണ്ട്. പരിസ്ഥിതിയെ സംരക്ഷിക്കുക എന്നാൽ മനുഷ്യന്റെ പരിസ്ഥിതിയോടുള്ള മനോഭാവം തിരുത്തുക എന്നത് തന്നെയാകുന്നു.

മനുഷ്യൻ ഉൾപ്പെടെയുള്ള എല്ലാ ജീവികളുടേയും അസ്ഥിത്വം പരിസ്ഥിതിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നാൽ എല്ലാ മനുഷ്യ പ്രയത്നങ്ങളും പരിസ്ഥിതിയിൽ ഓരോരോ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ ഏല്പിക്കുന്നുമുണ്ട്. പലപ്പോഴും ഇത് ഉപകാരത്തേക്കാൾ ഉപദ്രവമാണ് പരിസ്ഥിതിക്കുണ്ടാക്കുന്നത്. മനുഷ്യരാശിയെ സംബന്ധിക്കുന്ന പ്രധാനപ്പെട്ട ചില പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങൾ തുടർന്നുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ നമുക്ക് ചർച്ചചെയ്യാം.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഭൂവൈജ്ഞാനിക പഠനം നമ്മുടെ പരിസ്ഥിതി പരിപാലനത്തെ എങ്ങനെ സഹായിക്കുന്നു?
2. മനുഷ്യന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ പരിസ്ഥിതിയിൽ ആഘാതങ്ങൾ സൃഷ്ടിച്ചിട്ടുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾ സമ്മതിക്കുന്നുണ്ടോ? എന്ത് കൊണ്ട്?
3. കരയും, കടലും അന്തരീക്ഷവും തമ്മിലുള്ള പ്രതി പ്രവർത്തനം ഭൂമിയിൽ ജീവൻ നിലനിർത്തിപ്പോരുന്നതെങ്ങനെയാണ്?

6.3 ധാതുഖനനവും പാറഖനനവും വഴി ഉണ്ടാകുന്ന പാരിസ്ഥിതിക പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Environmental Impacts of Mining and Quarrying)

അയിര് തന്തു (Ore body), ധാതു സിര (Vein), കൽക്കരി അടുക്ക് (Coal seam) എന്നിവയിൽ നിന്നും വാണിജ്യ പ്രാധാന്യമുള്ള ധാതുക്കളും മറ്റു ഭൗമ വസ്തുക്കളും കുഴിച്ചെടുക്കുന്നതാണ് ഖനനം. ധാതു വിഭവങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവിന്റേയും, ശാസ്ത്ര സാങ്കേതിക വിദ്യകളുടെയും വളർച്ചയുടെ ദുരുപയോഗം മൂലം പരിസ്ഥിതിക്കുണ്ടാകുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ പരിഗണിക്കാത്ത തരത്തിൽ അനുദിനം ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തോത് അധികരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കയാണ്.

വ്യത്യസ്ത തരത്തിലും ആഴത്തിലുമുള്ള ആയിരിക്കണക്കിനു സുഷിരങ്ങളും തുരങ്കങ്ങളുമാണ് ഓരോ വർഷവും ഭൂമിയിൽ കുഴിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെയെല്ലാം പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ അനേക വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷമായിരിക്കും നമുക്ക് അനുഭവപ്പെടുക. ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങൾ പരിസ്ഥിതിയെ വ്യത്യസ്ത രീതികളിലാണ് മാറ്റി മറിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. ഭൂഗർഭ ഖനികളും, ഉപരിതല ഖനികളും അതിന്റേതായ രീതിയിൽ പരിസ്ഥിതിയ്ക്ക് ആഘാതം ഏല്പിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

ശിലകൾ, അലങ്കാര ശിലകൾ, നിർമാണ വസ്തുക്കൾ, മണൽ എന്നിവ കുഴിച്ചെടുക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങളാണ് ക്വാറികൾ. തുറന്ന കുഴികളുണ്ടാക്കി ശിലകൾ, നിർമാണ വസ്തുക്കൾ എന്നിവ കുഴിച്ചെടുക്കുന്നതിനെയാണ് ഉപരിതലഖനനം (Quarrying) എന്ന് പറയുന്നത്. കെട്ടിടങ്ങളുടെ നിർമാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന ഗ്രാനൈറ്റ്, ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്, മാർബിൾ, മണൽകല്ല്, എന്നിവയ്ക്കും സെറാമിക് ടൈലുകൾ നിർമിക്കുന്നതിന് വേണ്ടിയുള്ള കളിമണ്ണ് എടുക്കുന്നതിനും ഉപരിതല ഖനനം നടത്തേണ്ടതുണ്ട്. എന്നാൽ മനുഷ്യന്റെ മറ്റെല്ലാപ്രവൃത്തികളും പോലെ തന്നെ ഉപരിതല ഖനനവും നിരവധി പാരിസ്ഥിതിക പ്രത്യാഘാതങ്ങൾക്ക് കാരണമായിത്തീരാറുണ്ട്.

ഖനനത്തിന്റേയും പാറ പൊട്ടിക്കലിന്റേയും പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ വേഗത്തിൽ ദൃശ്യമാവുകയില്ല. പകരം കുറേകാലങ്ങൾക്ക് ശേഷമാണ് അവ ശ്രദ്ധിക്കപ്പെടുക. നിങ്ങൾ ഒരു ഖനനം നടക്കുന്ന പ്രദേശത്താണ് ജീവിക്കുന്നതെങ്കിൽ ആ പ്രദേശത്ത് പാരിസ്ഥിതികവും സാമൂഹ്യപരവുമായ നിരവധി പ്രശ്നങ്ങൾ അഭിമുഖീകരിക്കുന്നുണ്ടാവാം. അവിടെയുള്ള ഭൂഭാഗത്തിന്റെ സ്ഥിരതയേയും ഉപയോഗക്ഷമതയേയും മുഴുവനായും അത് നശിപ്പിക്കുന്നുണ്ടാകും. (ചിത്രം 6.2)



ചിത്രം 6.2 : ഉപരിതല ഖനനവും ഭൂഗർഭ ഖനനവും സൃഷ്ടിക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ

ഉപരിതല ഖനനവും ഭൂഗർഭ ഖനനവും പരിസ്ഥിതിയുടെ വിവിധ മണ്ഡലങ്ങൾക്ക് കോട്ടംതട്ടുന്ന വിധത്തിൽ നിരവധി ഫലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നുണ്ട്.

6.3.1 ശിലാമണ്ഡലത്തിലുണ്ടാക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Effects on Lithosphere)

വനനശീകരണം (Deforestation): ഖനനം ആരംഭിക്കേണ്ട പ്രദേശങ്ങളിൽ വലിയ തോതിലുള്ള വനനശീകരണം നടത്തേണ്ടതായി വരുന്നു (ചിത്രം 6.3). ഭൂമിയിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ ഓക്സിജൻ, മരം, മരുന്നുകൾ എന്നിവ നൽകുന്ന

ഇത്തരത്തിലുള്ള മഴക്കാടുകൾ നീക്കം ചെയ്യേണ്ടതായി വരുന്നു. ഖനനം നടത്തേണ്ട പ്രദേശത്തു മാത്രമല്ല റോഡുകൾ നിർമിക്കുന്നതിനും, തൊഴിലെടുക്കുന്നവർക്ക് വാസസ്ഥലം നിർമിക്കുന്നതിനും മറ്റും സസ്യജാലങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യേണ്ടതായി വരുന്നു.



ചിത്രം 6.3 : ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കായി നടത്തിയ വൻതോതിലുള്ള വനനശീകരണം.

ഭൗമാപചയവും ഭൂമലിനീകരണവും (Land degradation and land pollution): ഖനന സമയത്ത് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന രാസമാലിന്യങ്ങൾ, ഭൂമിയുടെ രാസസ്വഭാവത്തിൽ മാറ്റം വരുത്തുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള രാസപദാർത്ഥങ്ങൾ വിഷാംശമുള്ളവയായതിനാൽ അവ മണ്ണിലെ ചെടികൾക്ക് വളരാൻ പറ്റാത്ത വിധമാക്കുന്നു (ചിത്രം 6.4). കൂടാതെ അവിടെ ജീവിക്കുന്ന ജീവികൾക്ക് തങ്ങളുടെ അതിജീവനത്തിനായി പാടുപെടേണ്ടിയും വരുന്നു.



ചിത്രം 6.4 : ഖനനം മൂലമുള്ള ഭൗമ അപചയം

ഭൂമി ഇടിഞ്ഞുതാഴൽ (Land Subsidence): ധാതുക്കൾ കുഴിച്ചെടുക്കുന്നതുമൂലം ഭൗമോപരിതലം ഇടിഞ്ഞു താഴുന്നു. ഉപരിതലത്തിൽ വിള്ളലുകൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുകയും ചുറ്റുപാടുകളെ അപേക്ഷിച്ച് നിലം താഴ്ന്നു പോവുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്. ദീർഘകാലമായി ഭൂഗർഭ ഖനന രീതിയിൽ കൽക്കരി ഖനനം നടക്കുന്നിടങ്ങളിലും ഉപേക്ഷിക്കപ്പെട്ട ഭൂഗർഭ ഖനന പ്രദേശങ്ങളിലുമാണ് ഭൂമി ഇടിഞ്ഞുതാഴൽ സംഭവിക്കുന്നത് (ചിത്രം 6.5).



ചിത്രം. 6.5 : ഖനനം മൂലമുള്ള ഭൂമിയുടെ ഇടിഞ്ഞുതാഴൽ

ഉരുൾപൊട്ടൽ (Land Slide): ഭൂമിയിൽ പുതുതായി ഉണ്ടാകുന്ന ഉരുൾപൊട്ടലുകളിൽ 30 ശതമാനവും ഖനനം കൊണ്ടാണ് സംഭവിക്കുന്നതെന്നു കണക്കാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ആഴത്തിലുള്ള തുറന്ന ഖനികളുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ ഉരുൾപ്പൊട്ടൽ പതിവായിരിക്കും (ചിത്രം 6.6).



ചിത്രം 6.6 : ഖനനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഉരുൾപൊട്ടൽ

ക്വാറി മാലിന്യങ്ങൾ കുമിഞ്ഞുകൂടൽ (Accumulation of quarry waste): മനുഷ്യന്റെ മറ്റ് പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് സമാനമായി ഉപരിതല ഖനനവും വലിയ തോതിൽ ഖനന അവശിഷ്ടങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. മണൽ, ചരൽ മുതലായവയുടെ ഖനന സമയത്ത് കൂടുതലായി അവശിഷ്ടങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നില്ല. എങ്കിലും മറ്റുള്ള ഖനനരീതികളിൽ കളിമണ്ണ്, സിലിക്ക തുടങ്ങിയവയുടെ വലിയ തോതിലുള്ള അവശിഷ്ടങ്ങളാണ് ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്. മാത്രമല്ല, ഇത്തരം മാലിന്യങ്ങളുടെ സംസ്കരണവും നശീകരണവും പരിസ്ഥിതിയ്ക്ക് ദോഷ ഫലങ്ങളാണ് ഉണ്ടാക്കുന്നത്. പരിസ്ഥിതിയ്ക്ക് ദോഷ ഫലങ്ങളുണ്ടാകാത്ത തരത്തിൽ അവശിഷ്ടങ്ങൾ ശേഖരിക്കുകയും നിയന്ത്രിക്കുകയുമാണ് ചെയ്യേണ്ടത്.

6.3.2 ജലമണ്ഡലത്തിലുണ്ടാക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Effects on Hydrosphere):

ജല മലിനീകരണം (Water pollution): നാമെല്ലാവരും ധാരാളമായി ആശ്രയിക്കുന്ന ജല സ്രോതസ്സുകളെയാണ് ഖനന പ്രക്രിയകൾ കൂടുതൽ ഭീഷണിപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. മെർക്കുറി, സയനൈഡ്, സൾഫ്യൂറിക് ആസിഡ്, ആർസെനിക്, മീഥൈൽമെർക്കുറി തുടങ്ങിയ രാസവസ്തുക്കൾ ഖനനത്തിന്റെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിൽ ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഇത്തരം സംയുക്തങ്ങൾ പ്രാദേശിക ജലമാർഗങ്ങളിൽ കലർന്ന് നദികളെ ഘനലോഹങ്ങൾ കൊണ്ട് മലിനീകരിക്കുന്നു. ഭൂരിഭാഗം രാസവസ്തുക്കളും അടുത്തുള്ള ജലാശയങ്ങളിൽ വ്യാപിക്കുകയും ജല മലിനീകരണത്തിന് ഇടവരുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

ജലാശയങ്ങളിലേയ്ക്ക് ഈ രാസവസ്തുക്കൾ വ്യാപിക്കാതിരിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന പൈപ്പുകൾ ഉണ്ടെങ്കിലും ചോർച്ച സാധ്യതകൾ നില നില്ക്കുന്നു. ചോർച്ചയിലൂടെ ഇത്തരം രാസവസ്തുക്കൾ ശിലാപാളികളിലൂടെ ഊർന്നിറങ്ങി ഭൂജലത്തെ മലിനമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഖനികളിൽ നിന്നുള്ള അമ്ലജലത്തിന്റെ പുറന്തള്ളൽ (Acid mine drainage): കൽക്കരി ഖനികളിൽ നിന്നോ ലോഹഖനികളിൽ നിന്നോ അമ്ലജലം പുറത്തു വിടുന്നതിനെയാണ് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുമ്പോൾ ലോഹ സൾഫൈഡുകൾ പുറത്തേക്ക് വരുന്നു. ഉപരിതല ഖനനം വഴിയോ ഭൂഗർഭ ഖനനം വഴിയോ വലിയ തോതിൽ സൾഫൈഡ് അടങ്ങിയ ധാതുക്കൾ ഖനനം ചെയ്യുമ്പോൾ അവ ജലവും ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ച് സൾഫ്യൂറിക് ആസിഡ് നിർമിക്കപ്പെടുന്നു. ജലം ഒരു നിശ്ചിത അമ്ലത്വത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ തിയോബാസിലസ് ഫെറോക്സിഡൻസ് എന്ന ബാക്ടീരിയ പ്രവർത്തനക്ഷമമാവുകയും ഓക്സീകരണ, അമ്ലീകരണ പ്രക്രിയ ത്വരിതപ്പെടുകയും മാലിന്യങ്ങളിൽ നിന്നും കൂടുതൽ ലോഹാംശങ്ങൾ കിനിഞ്ഞിറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. വായുവിലും ജലത്തിലും വെളിപ്പെട്ടുനിൽക്കുന്ന മുഴുവൻ സൾഫൈഡുകളും തീരുന്നതുവരെ അമ്ലജലം താഴേയ്ക്ക് കിനിഞ്ഞിറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കും. ഈ പ്രക്രിയ നൂറു കണക്കിനോ ആയിരക്കണക്കിനോ വർഷങ്ങളോളം നിലനില്ക്കും. ഖനി കേന്ദ്രങ്ങളിൽ നിന്നുമുള്ള അമ്ലജലം, മഴവെള്ളം അല്ലെങ്കിൽ ഉപരിതല ജലവിതരണ ചാലുകൾ വഴി അരുവികൾ, പുഴകൾ, തടാകങ്ങൾ, ഭൂജലം എന്നിവയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. അമ്ലജലം ജലത്തിന്റെ ഗുണനിലവാരത്തെ രൂക്ഷമായ രീതിയിൽ ബാധിക്കുകയും ജല ജീവികളെ ഉൻമൂലനം ചെയ്യുകയും ജലം ഉപയോഗശൂന്യമാകുകയും ചെയ്യും (ചിത്രം 6.7 എ). വിഷമയമായ രാസപാദർത്ഥങ്ങൾ ജലത്തിലെത്തിച്ചേരുന്നത് ജലാശയങ്ങളിലെ സസ്യ- ജന്തു വർഗങ്ങൾക്ക് ഹാനികരമായിത്തീരും. ഇത്തരം ജീവജാലങ്ങൾക്ക് നിലനില്പിനു വേണ്ടിയുള്ള ജലം ലഭ്യമല്ലാതെ വരികയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 6.7 ബി).



ചിത്രം 6.7 : (എ), (ബി) ഖനികളിൽ നിന്നുള്ള അമ്ലജലം പുറന്തള്ളലും ജലജീവികളുടെ ജീവഹാനിയും

ഭൂജലവിതാനം താഴൽ (Lowering of ground water table): ഖനനത്തിനു വേണ്ടി സമീപ പ്രദേശങ്ങളിൽ നിന്നും ജലാശയങ്ങളിൽ നിന്നും കൂടുതൽ ജലം

ലഭ്യമാക്കേണ്ടിവരുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് കൽക്കരിയുടെ കൂടെ കാണപ്പെടുന്ന അപദ്രവ്യങ്ങൾ കഴുകിക്കളയുന്നതിനായി ധാരാളം ജലം ആവശ്യമായി വരുന്നു. ഇതിന്റെ പരിണിത ഫലമായി നദികളിലേയും തടാകങ്ങളിലേയും ജല ലഭ്യത കുറഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കും. ഇതു കൂടാതെ ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങൾ ആ പ്രദേശങ്ങളിലെ ഭൂജല വിതാനത്തെ ശോഷിപ്പിക്കുന്നു. കാരണം, ഭൂജലത്തെ സംഭരിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ശിലകളായിരിക്കും ഖനന സമയത്ത് വലിയ തോതിൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്.

6.3.3 അന്തരീക്ഷത്തിലുണ്ടാക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Effects on Atmosphere):

ഖനനത്തിനായി വലിയ യന്ത്രസാമഗ്രികൾ ഉപയോഗിക്കേണ്ടതായി വരുന്നു. ക്രഷറുകൾ, ഉയർന്ന ക്ഷമതയുള്ള വാഹനങ്ങൾ, ട്രക്കുകൾ, ബുൾഡോസറുകൾ, മണ്ണുമാന്തി യന്ത്രങ്ങൾ, ട്രെഞ്ചറുകൾ, ലോഡറുകൾ എന്നിവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഖനനത്തിനായി പ്രത്യേകം സ്ഫോടക വസ്തുകളും ഉപയോഗിക്കേണ്ടതായി വരുന്നു. ശബ്ദ മലിനീകരണം, വായു മലിനീകരണം, ജൈവ വൈവിധ്യത്തിന്റെ നാശം, ആവാസ വ്യവസ്ഥകളുടെ നാശം എന്നിവ ഇത് മൂലം അഭിമുഖീകരിക്കേണ്ടതായി വരുന്നു.

വായു മലിനീകരണം (Air pollution): മീഥേൻ, സൾഫർ ഡയോക്സൈഡ്, നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡുകൾ എന്നിവയുൾപ്പെടുന്ന വിനാശകാരികളായ വാതകങ്ങളുടേയും സൂക്ഷ്മ കണികകളുടേയും ഉദ്ഗമനം മൂലമാണ് വായു മലിനീകരണം പ്രധാനമായും ഉണ്ടാകുന്നത്. ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഭാഗമായി വരുന്ന യന്ത്രങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനം, ശേഖരണം, ഗതാഗതം, അയിരുകൾ കൈകാര്യം ചെയ്യപ്പെടൽ, സ്ക്രീനിംഗ്, പരുവപ്പെടുത്തൽ എന്നീ കാര്യങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടെല്ലാം വായു മലിനീകരണം നടക്കുന്നു. (ചിത്രം 6.8).



ചിത്രം 6.8 : വർദ്ധിത ഖനനം മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന അന്തരീക്ഷ മലിനീകരണം.

വായു മലിനീകരണത്തിന്റെ പ്രധാന കാരണം ഖനന പ്രദേശങ്ങളിലെ പൊടി പടലങ്ങളാണ്. എങ്കിലും പ്രാദേശിക സൂക്ഷ്മകാലാവസ്ഥ, പൊടിപടലങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത, അവയുടെ വലിപ്പം തുടങ്ങിയ ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും

അതിന്റെ തീവ്രത. പൊടിപടലങ്ങൾ ചുറ്റുപാടുള്ള സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരിക ഘടകങ്ങളെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നതിനോ, കേടുവരുത്തുന്നതിനോ, ഇലകൾ, ബാഹ്യ ചർമം എന്നിവയിൽ ഭൗതികമായ ആഘാതങ്ങളും ദീർഘകാല നിലനില്പിനെ സ്വാധീനിക്കാവുന്ന രാസപരമായ ആഘാതങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ശ്വാസകോശ സംബന്ധമായ പ്രശ്നമുള്ളവർക്ക് ഇവിടങ്ങളിൽ കൂടുതൽ ആരോഗ്യ പ്രശ്നങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു.

ശബ്ദ മലിനീകരണം (Noise pollution): വലിയ തോതിൽ ശബ്ദം പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന നിരവധി പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ് എല്ലാ ഖനന പ്രക്രിയകളും. ഖനനത്തിന്റെ പ്രാരംഭ പ്രവൃത്തികളായ റോഡ്-റെയിൽ നിർമാണം മുതൽ ധാതു സംസ്കരണം വരെയുള്ള എല്ലാ കാലയളവിലും മലിനീകരണം നടക്കുന്നു. ശിലകളും ധാതുക്കളും ഖനനം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ ഉപരിമണ്ണും മൃദു മണൽ പാളികളും, സ്ക്രാപർ, ഹൈഡ്രോളിക് എക്സ്കവേറ്റർ, ഡംപ് ട്രക്ക് മുതലായവ ഉപയോഗിച്ച് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. സ്ഫോടനം നടത്തി ശിലകളും ധാതുക്കളും പൊട്ടിക്കുമ്പോൾ വലിയ അളവിൽ ശബ്ദമലിനീകരണം ഉണ്ടാകുന്നു.

ഖനനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ശബ്ദ മലിനീകരണം പ്രധാനമായും സ്ഫോടനം, യന്ത്രങ്ങളുടെ ചലനം, വാഹനങ്ങൾ, ഡ്രില്ലിംഗ് മെഷീനുകൾ, മറ്റ് സ്രോതസ്സുകൾ എന്നിവയിൽ നിന്നുമാകുന്നു. സ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായി ഭൂപ്രദേശങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കമ്പനം, ഖനനത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങളെയും കെട്ടിടങ്ങളേയും ജനവാസ കേന്ദ്രങ്ങളേയും ബാധിക്കുന്നു.

6.3.4 ജൈവ മണ്ഡലത്തിലുണ്ടാക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Effects on Biosphere):

ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ നാശം (Destruction of habitat): ഉപരിതല ഖനനം ആവാസ സ്ഥലങ്ങളുടെയും അവിടെയുള്ള ജീവജാലങ്ങളുടെയും സർവ്വ നാശത്തിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്നു. ഖനനം വഴി ജീവജാലങ്ങൾ നേരിട്ട് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നില്ലെങ്കിലും ഖനനത്തിന്റെ പ്രത്യാഘാതങ്ങളുടെ ഫലമായി പരോക്ഷമായി അവയെ ബാധിക്കുകയും അവ നശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ഭൂജല വിതാനത്തിലോ ഉപരിതല ജലവിതാനത്തിലോ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നതിന്റെ ഫലമായി വരൾച്ച നേരിടുകയോ പ്രളയം ബാധിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ശബ്ദ മലിനീകരണംപോലും വന്യജീവികളുടെ ആവാസ വ്യവസ്ഥയിൽ പ്രത്യാഘാതം ഉണ്ടാക്കുകയും ചില ജന്തു വർഗങ്ങളുടെ പ്രത്യുൽപ്പാദനത്തെ ബാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ജൈവവൈവിധ്യത്തിന് ക്ഷതമേൽക്കൽ (Damage to biodiversity): ജൈവവൈവിധ്യം എന്നത് കൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത് മത്സ്യങ്ങൾ, ഷഡ്പദങ്ങൾ, അകശേരുക്കൾ, ഉരഗങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, സസ്തനികൾ, സസ്യങ്ങൾ, ഫംഗസുകൾ, സൂക്ഷ്മജീവികൾ തുടങ്ങി വ്യത്യസ്തങ്ങളായ എല്ലാതരം ജീവി വർഗങ്ങളുടേയും വൈവിധ്യത്തെയാണ്. ജൈവ വൈവിധ്യ സംരക്ഷണം വളരെ പ്രധാനമാണ്, എന്തെന്നാൽ എല്ലാ ജീവി വർഗങ്ങളും പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ട് ജീവിക്കുന്നവയാണ്. ഈ പരസ്പരബന്ധം പ്രത്യക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുകയോ അറിയപ്പെടുകയോ ഇല്ലെങ്കിലും അവയുടെ നിലനില്പ് തീരുമാനിക്കുന്നത് പ്രകൃതിയിൽ നിലനിൽക്കുന്ന ഈ ശരിയായ സന്തുലിതാവസ്ഥ അനുസരിച്ചായിരിക്കും.

ഖനന ആവശ്യങ്ങൾക്കുവേണ്ടി വെട്ടിത്തെളിക്കപ്പെടുന്ന വനങ്ങൾ നിരവധി ജീവികളുടെ ആവാസസ്ഥലമാണ്. വനങ്ങളെ വിവേചന രഹിതമായി നീക്കം ചെയ്യുന്നത് മൂലം അനേകം ജീവജാലങ്ങൾക്ക് അവയുടെ ആവാസ വ്യവസ്ഥ നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഇത് അനേകം ജീവി വർഗങ്ങളുടെ നിലനില്പ് അപകടത്തിലാക്കുന്നു. വനപ്രദേശങ്ങളിൽ അധിവസിക്കുന്ന സസ്യങ്ങൾ, വൃക്ഷങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, മൃഗങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്ക് വനനശീകരണമെന്നത് വലിയ ഭീഷണിയാണ്. ഖനികളിൽ നിന്നുള്ള രാസദ്രാവകങ്ങളുടെ ചോർച്ച ജലജീവികളുടെ ജീവൻ മൊത്തത്തിൽ അപകടത്തിലാക്കുന്നു.

ഇനി നിങ്ങൾ ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത് പോലെയുള്ള ഒരു പട്ടിക തയ്യാറാക്കി ഉപരിതല ഖനനത്തിന്റേയും ഭൂഗർഭ ഖനനത്തിന്റേയും പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ അതിൽ എഴുതുക.

ശിലാമണ്ഡലം	വായുമണ്ഡലം	ജലമണ്ഡലം
• ഇടിഞ്ഞിറങ്ങൽ	• ശബ്ദം, പൊടിപടലങ്ങൾ എന്നിവ കൊണ്ടുള്ള മലിനീകരണം	• വെള്ളക്കെട്ട്
•	•	•
•	•	•

6.4. മണൽ ഖനനത്തിന്റെ പാരിസ്ഥിതിക പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Environmental Problems of Sand mining)

മണൽ നമ്മുടെ സമൂഹത്തിനാവശ്യമായ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു പ്രകൃതി വിഭവമാണ്. ശക്തമായ സമുദ്ര തിരമാലകളേയും കൊടുങ്കാറ്റിനേയും പ്രതിരോധി

ക്കുന്നതിൽ മണൽത്തിട്ടകൾ നിർണ്ണായക പങ്ക്വഹിക്കുന്നു. നിരവധി ശുദ്ധജല ജീവികളുടേയും കടൽജല ജീവജാലങ്ങളുടെയും വാസസ്ഥലമാണ് മണൽ. റോഡ് -കെട്ടിട നിർമ്മാണം, സിമന്റ് കട്ടകൾ, ഗ്ലാസ് ഉരപേപ്പറുകൾ, എന്നിവയുടെ നിർമ്മാണം തുടങ്ങി നമ്മുടെ സമൂഹത്തിന്റെ നിർണായകമായ പല ആവശ്യങ്ങളും നിറവേറ്റുന്നതിനുള്ള ഒരു പ്രധാന വസ്തുവാണ് മണൽ.

ചെറിയ കുഴികൾ നിർമിച്ച് തുറസ്സായ രീതിയിലാണ് സാധാരണ മണൽ ഖനനം നടത്തുന്നത്. വ്യവസായം, നിർമ്മാണം, മുതലായ കാര്യങ്ങൾക്ക് മണലിന്റെ ആവശ്യകത വർദ്ധിച്ചത് കാരണം മണലെടുക്കുന്നത് ഇന്ന് വലിയ പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നമായി ഉയർന്നിരിക്കുകയാണ്. മണൽ ഖനനം അത് നദികളിലെ മണലാണെങ്കിലും (ചിത്രം 6.9) തീരങ്ങളിലെ മണലാണെങ്കിലും (ചിത്രം 6.10) വലിയ തോതിലുള്ള പ്രത്യാഘാതങ്ങളാണ് പരിസ്ഥിതിയിൽ ഉണ്ടാക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 6.9 : നദിയിലെ മണലെടുപ്പ്



ചിത്രം 6.10 : തീരങ്ങളിലെ മണലെടുപ്പ്

മണൽ ഖനനം മൂലം നദികളുടെ അടിത്തട്ട് താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു. ഇത് നദികളുടെ കര ഇടിയുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. തുടർച്ചയായുള്ള മണൽ ഖനനം മൂലം അടിത്തട്ട് മുഴുവനായും നശിപ്പിക്കപ്പെട്ടേക്കാം. അമിതമായ മണൽ ഖനനം പാലങ്ങൾ, നദികളുടെ കരകൾ, സമീപത്തുള്ള നിർമാണങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്ക് ഭീഷണി ഉണ്ടാക്കുന്നു. നദികളിലെ അടിത്തട്ടിലെ മണലും തീരങ്ങളിലെ മണലും കുറയുന്നത് നദികളുടേയും അഴിമുഖങ്ങളുടേയും ആഴം വർദ്ധിക്കുന്നതിനും നദികളുടെ വായ്ഭാഗവും സമുദ്രത്തിലേക്കുള്ള പ്രവേശന വഴിയും വലുതാകുന്നതിനും ഇടയാക്കുന്നു.

മണൽ ഖനനം സമീപത്തുള്ള ഭൂജല സംവിധാനത്തേയും ബാധിക്കുന്നു. മണൽ ഖനനം നദികളുടെ അടിത്തട്ടിൽ വലിയ കുഴികൾ രൂപപ്പെടുന്നതിനും ഭൂജലവിതാനം താഴുന്നതിനും, സമീപത്തുള്ള കിണറുകൾ വരണ്ട് പോവുന്നതിനും ഇടയാക്കുന്നു. മണൽ ഖനനംമൂലം നദികളുടെ അടിത്തട്ടുകളും, പ്രളയ സമതലങ്ങളും അമിതമായി താഴ്ത്തപ്പെടുന്നത് കാരണം കടലിനോട് ചേർന്നുള്ള നദികളിലേക്ക് ലവണജല അധിനിവേശം നടക്കുന്നു.

അനിയന്ത്രിതമായ മണൽ ഖനനം നദീചാലുകളുടെ ഘടനയിൽ വലിയമാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നതോടൊപ്പം ജല നദീതീര ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ നാശത്തിന് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

മണൽ ഖനനം കേരളത്തിൽ (Sand mining in Kerala)

നിർമാണ മേഖലയിലുണ്ടായ കുതിച്ചുചാട്ടം കാരണം 1990 കൾക്കുശേഷം വളരെ വലിയ തോതിലാണ് കേരളത്തിൽ മണൽ ഖനനം നടന്നുവരുന്നത്. ചിലയിടങ്ങളിൽ ഇത് ഭീതിജനകമായ അനുപാതത്തിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഭൂജലവിതാനം ഗണ്യമായി കുറഞ്ഞു. ഒരു കാലത്ത് സമൃദ്ധമായി നെൽകൃഷി വിളവെടുത്തിരുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇന്ന് ജല ദൗർലഭ്യം നേരിടുന്നു. നദികളോട് ചേർന്ന് ഗ്രാമങ്ങളിലേയും പട്ടണങ്ങളിലേയും ഭൂജലനിരപ്പ് ക്രമാതീതമായി കുറയുകയും ചില കിണറുകൾ സ്ഥിരമായി വറ്റിവരളുകയും ചെയ്യുന്നു. അനിയന്ത്രിതമായ മണൽ വാരൽമൂലം ഓരോ വർഷവും നദികളുടെ അടിത്തട്ട് താഴ്ന്ന് വരുന്നു.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. മണൽ ഖനനം ഒരു പ്രദേശത്തെ ഭൂജലവിതാനം താഴ്ത്തുന്നതിന് കാരണമാകുന്നതെങ്ങനെ?
2. ആസിഡ് മൈൻ ഡ്രെയിനേജ് എന്നത്കൊണ്ടർത്ഥമാക്കുന്നതെന്ത്?
3. ഉപരിതല ഖനനവും, ഭൂഗർഭ ഖനനവും ജലജീവികളേയും വന്യജീവികളേയും എങ്ങനെ ബാധിക്കുന്നു?

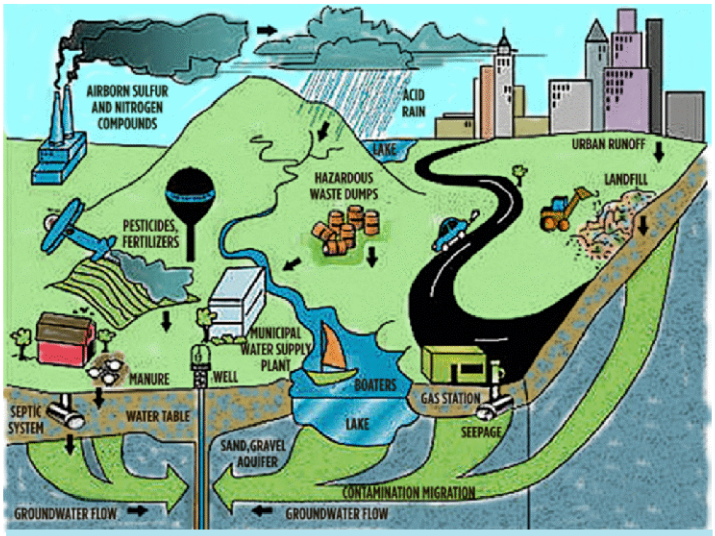
6.5 ഭൂജല മലിനീകരണം (Pollution of Groundwater)

നമുക്ക് കുടിക്കുന്നതിനായി ശുദ്ധജലം കൂടിയേതീരൂ. എന്നാൽ നമ്മൾ കുടിക്കുന്ന എല്ലാ ജലവും സുരക്ഷിതമാണോ? ആഴ്ചകളോളം നമുക്ക് ഭക്ഷണമില്ലാതെ കഴിയാം എന്നാൽ കുടിവെള്ളമില്ലാതെ ഏതാനും ദിവസങ്ങൾ മാത്രമേ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. മലിനീകരിക്കപ്പെട്ട ജലം ഓരോരുത്തരുടേയും ആരോഗ്യത്തിന് ഭീഷണിയാണ്.

മനുഷ്യന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഉണ്ടായില്ലെങ്കിൽപ്പോലും ജലത്തിൽ കുറച്ച് പ്രകൃതിജന്യമായ അഴുക്കുകളോ മാലിന്യങ്ങളോ ഉണ്ടായിരിക്കാം. പല സാഹചര്യങ്ങളിൽ നിന്നും പ്രകൃതിജന്യ മാലിന്യങ്ങൾ വരാം. ഭൂഗർഭ ശിലകളിലൂടെയും മണ്ണിലൂടെയും സഞ്ചരിക്കുന്ന ജലത്തിൽ ചിലപ്പോൾ മഗ്നീഷ്യം, കാൽസ്യം ക്ലോറൈഡ് മുതലായവ അലിഞ്ഞുചേർന്നിരിക്കാം. മണ്ണിൽ റേഡിയോ ആക്ടീവ് യുറേനിയം വിഘടിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഭൂജലത്തിൽ ചിലയിടങ്ങളിൽ ആർസെനിക്, ബോറോൺ, സെലീനിയം, റെഡോൺ വാതകം എന്നിവ ലയിച്ചു ചേർന്നിട്ടുണ്ടാകാം. പ്രകൃതിജന്യ മാലിന്യങ്ങളെ കൂടാതെ മനുഷ്യന്റെ പ്രവൃത്തികളാലും ഭൂജലം വൻതോതിൽ മലിനപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഭൂജലം വലിയതോതിൽ കൃഷി, വ്യവസായം മുതലായ ആവശ്യങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുമ്പോൾ മനുഷ്യൻ ഭൂമിയിലും ജലത്തിലും നടത്തുന്ന വിവിധ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഈ വിലപ്പെട്ട വിഭവത്തെ മലിനമാക്കുന്നതിന് ഇടവരുത്തുന്നു.

6.5.1 ഭൂജല മലിനീകരണത്തിന്റെ പ്രബലമായ ഉറവിടങ്ങൾ (Potential sources of groundwater contamination)

കുടിവെള്ളത്തിനായി വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ജലമാണ് ഭൂജലം. ശുദ്ധജലം ഒരു തവണ മലിനമാക്കപ്പെട്ടാൽ അതിന്റെ ഗുണനിലവാരം പിന്നീട് പുനഃസ്ഥാപിക്കുക പ്രയാസമാണ്. മനുഷ്യ നിർമ്മിത ഉൽപ്പന്നങ്ങളും രാസപദാർത്ഥങ്ങളും ഭൂജലത്തിൽ കലരുമ്പോൾ ജലമലിനീകരണം സംഭവിക്കുകയും അവ മനുഷ്യന് ഉപയോഗിക്കുവാൻ പറ്റാതാവുകയോ സുരക്ഷിതമല്ലാതാവുകയോ ചെയ്യുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം (ചിത്രം 6.11) വിശകലനം ചെയ്ത് ഏതെല്ലാം വഴികളിലൂടെയാണ് ഭൂജലത്തിലേയ്ക്ക് മാലിന്യങ്ങൾ എത്തുന്നത് എന്ന് തിരിച്ചറിയുക. ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഖരദ്രവ്യ പദാർത്ഥങ്ങളെല്ലാം മണ്ണിലൂടെ അവസാനം ഭൂജലത്തിലെത്തിച്ചേരുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് കീടനാശിനികളും വളങ്ങളും കാലാകാലങ്ങളിൽ ഭൂജല സ്രോതസ്സുകളിലേയ്ക്ക് എത്തുന്നത് കാണാം.



ചിത്രം 6.11 : ഭൂജല മലിനീകരണത്തിന്റെ ഉറവിടങ്ങൾ

ചില പ്രധാന മലിനീകരണ ഉറവിടങ്ങൾ താഴെ വിവരിക്കുന്നു.

എ) രാസപദാർത്ഥങ്ങളും വളങ്ങളും (Chemicals and fertilizers)

പുൽത്തകിടികളിലും കൃഷിയിടങ്ങളിലും കളകളേയും കീടങ്ങളേയും നശിപ്പിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളും ചെടികൾക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്ന കൃത്രിമ വളങ്ങളും, വീടുകളിലും വാണിജ്യാവശ്യങ്ങളിലും ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉത്പന്നങ്ങളും എല്ലാം രാസപദാർത്ഥങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. മഴ പെയ്യുമ്പോൾ ഇത്തരം രാസവസ്തുക്കൾ മണ്ണിനടിയിലേക്ക് ഊർന്നിറങ്ങുകയും അവസാനം ഭൂജലത്തിൽ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു. രാസവളങ്ങൾ വളരെ കൂടുതലായി ഉപയോഗിക്കുന്നത് കാരണം അവക്ഷിപ്ത നൈട്രേറ്റുകൾ കിനിഞ്ഞിറങ്ങുകയും ഭൂജലത്തിലെ നൈട്രേറ്റിന്റെ അളവ് വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഡി.ഡി.റ്റി, ബി.എച്ച്.സി, എൻഡോസൾഫാൻ മുതലായവ ഇത്തരത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രധാന കീടനാശിനികളാണ്. കാർഷിക മേഖലയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന രാസവളങ്ങളും കീടനാശിനികളും വലിയ പ്രദേശങ്ങളിൽ വ്യാപിക്കുന്നത് ഭൂഗർഭ ശുദ്ധജല ആവാസ വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് വലിയ ഭീഷണിയാണ്.



ചിത്രം 6.12 : രാസപദാർത്ഥങ്ങളും വളങ്ങളും ഭൂജലത്തിലെ പ്രധാന മലിനീകാരികൾ.

പ്രധാന മലിനീകാരികളിൽപ്പെട്ട മറ്റു ചിലതാണ് പെട്രോളിയം ഹൈഡ്രോകാർബണുകളായ ബെൻസീൻ, ടൊളുവിൻ, സൈലീൻ, ക്ലോറിനേറ്റ് ചെയ്ത പദാർത്ഥങ്ങളായ പെരിക്ലോറോ എഥിലിൻ, നൈട്രോക്ലോറോ എഥിലിൻ, അവയുടെ ഉപ ഉത്പന്നങ്ങൾ എന്നിവ. ലെഡ്, സിങ്ക്, ക്രോമിയം എന്നീ ഘനലോഹങ്ങളും അകാർബണിക ലവണങ്ങളും നിരവധി വ്യവസായ മാലിന്യങ്ങളും മലിനീകാരികളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

ബി) സെപ്റ്റിക് സംവിധാനങ്ങൾ (Septic systems)

ഹാനികരമല്ലാത്ത വിധത്തിൽ സാവധാനം മനുഷ്യ വിസർജ്യങ്ങൾ ഭൂമിക്കുള്ളിലേക്ക് ഒഴുക്കി വിടുന്ന തരത്തിലാണ് സെപ്റ്റിക് ടാങ്കുകൾ രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളത്. എന്നാൽ ശരിയായ രീതിയിലല്ലാതെ നിർമിക്കപ്പെടുകയോ പരി

പാലിക്കപ്പെടുകയോ സ്ഥാപിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്തിട്ടുള്ള സെപ്റ്റിക് സംവിധാനത്തിൽ നിന്നും ബാക്ടീരിയ, വൈറസ്, മറ്റു മലിനീകാരികൾ എന്നിവ ഭൂജലത്തിൽ എത്തി മാരകമായ പ്രശ്നങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു (ചിത്രം 6.13).



ചിത്രം 6.13 : സെപ്റ്റിക് ടാങ്കുകൾ ഭൂജല മലിനീകരണത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന സ്രോതസ്സ്.

സി) അനിയന്ത്രിതമായ ആപത്ക്കര മാലിന്യങ്ങൾ (Uncontrolled Hazardous wastes)

ഇന്ന് ഓരോ പ്രദേശങ്ങളിലും ഉപേക്ഷിക്കപ്പെട്ടതോ, അല്ലാത്തതോ ആയ ആപത്ക്കര മാലിന്യ നിക്ഷേപസ്ഥലങ്ങൾ ധാരാളം കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഓരോ വർഷവും ഇതിന്റെ എണ്ണം കൂടിക്കൂടി വരുന്നു. വ്യവസായങ്ങളിൽ നിന്നും പുറന്തള്ളുന്ന മാലിന്യങ്ങളിൽ ജലത്തെ മലിനമാക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള മാരകമായ രാസപദാർത്ഥങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും (ചിത്രം 6.14) ഈ മാലിന്യങ്ങൾ ക്രമേണ മണ്ണിലൂടെ ഭൂജലത്തിലെത്തുന്നു. ദൈനംദിന ഉത്പന്നങ്ങളുടെ അലക്ഷ്യമായ നിർമാർജ്ജനം ഭൂജലമലിനീകരണത്തിന് വഴിയൊരുക്കുന്നു. വൃത്തിയാക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ലായനികൾ, ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട വാഹന എണ്ണകൾ, ചായങ്ങൾ എന്നിവ ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു. സോപ്പും ഡിറ്റർജെന്റും പോലും വെള്ളത്തെ ഹാനികരമാക്കുന്നവയാണ്.



ചിത്രം 6.14 : വ്യവസായങ്ങളിൽനിന്ന് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന മാരകമായ മാലിന്യങ്ങൾ

ഡി) സംഭരണ ടാങ്കുകളും ലാൻഡ് ഫില്ലിംഗുകളും (Storage tanks and landfills)

പ്രെട്രോളിയം, പ്രകൃതി വാതകം, രാസപദാർത്ഥങ്ങൾ മറ്റ് തരത്തിലുള്ള ദ്രാവകങ്ങൾ എന്നിവയാണ് സംഭരണ ടാങ്കുകളിൽ സൂക്ഷിക്കാറുള്ളത്. ഇവ ഭൗമോപരിതലത്തിലോ ഭൗമോപരിതലത്തിന് അടിയിലോ ആയിരിക്കും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. കാലക്രമേണ ഇവ തകരുകയോ, ദ്രവിക്കുകയോ പൊട്ടലുകൾ ഉണ്ടാകുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ ചോർച്ചകൾ ഉടലെടുക്കുന്നു. ഇതിലെ മലിനീകാരികൾ ഭൂജലത്തിലെത്തിക്കഴിഞ്ഞാൽ ഗുരുതരമായ മലിനീകരണമായിരിക്കും സംഭവിക്കുക. (ചിത്രം 6.15 a).

മാലിന്യങ്ങൾ കുഴിച്ചിടുന്ന സ്ഥലങ്ങളാണ് ലാൻഡ് ഫില്ലുകൾ. ലാൻഡ് ഫില്ലുകളിലെ മലിനീകാരികൾ ജലത്തിൽ എത്തിപ്പെടാത്ത രീതിയിൽ സുരക്ഷിത പാളികൾ അവയ്ക്കിടയിൽ നിർമിച്ചിട്ടുണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ ഇത്തരം പാളികൾ നിർമിക്കാതിരിക്കുകയോ വിള്ളലുകൾ സംഭവിക്കുകയോ ചെയ്താൽ അവയ്ക്ക് ഭൂജലത്തിലെത്തിച്ചേരാൻ സാധിക്കുന്നു (ചിത്രം 6.15 b).



ചിത്രം 6.15 : (എ, ബി) സംഭരണ ടാങ്കുകളും ലാൻഡ് ഫില്ലുകളും ഭൂജല മലിനീകരണത്തിന്റെ ഉറവിടങ്ങൾ.

ഇ) അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്നുള്ള മലിനീകാരികൾ (Atmospheric contaminants)

ഭൂജലം ജലപരിവൃത്തിയുടെ ഭാഗമായതിനാൽ ചംക്രമണത്തിന്റെ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നുമുള്ള (അന്തരീക്ഷം, ഉപരിതല ജലാശയം തുടങ്ങിയവ) മലിനീകാരികൾ ഭൂജലത്തിൽ എത്തുകയും കുടിവെള്ളസ്രോതസ്സുകൾ മലിനമാക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

6.5.2 മലിനീകരിക്കപ്പെട്ട ഭൂജലം കൊണ്ടുള്ള അപകടങ്ങൾ (Dangers of Contaminated Groundwater)

മലിനീകരിക്കപ്പെട്ട ഭൂജലം കുടിക്കുന്നത് ഗുരുതരമായ ആരോഗ്യ പ്രശ്നങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഹെപറ്റൈറ്റിസ്, അതിസാരം തുടങ്ങിയ നിരവധി രോഗങ്ങൾ സെപ്റ്റിക്ക് ടാങ്കിൽ നിന്നുള്ള മലിനീകരണം കൊണ്ടുണ്ടാകുന്നു. ജല വിതരണ സംവിധാനങ്ങളിൽ വിഷാംശം കലരുന്നത് വിഷബാധയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു.

രസത്തിന്റെ (മെർക്കുറി) സാന്നിധ്യം മസ്തിഷ്കത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെ മന്ദീഭവിപ്പിക്കുകയും നാഡീ വ്യൂഹത്തിന്റെ ക്രമഭംഗം, കുട്ടികളിലെ വളർച്ച മുരടിപ്പ്, അന്ധസ്രാവിഗ്രന്ഥികളുടെ തടസ്സം എന്നിവയ്ക്ക് കാരണമായേക്കാമെന്ന് രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. കീടനാശിനികൾ വിഷാംശമുള്ളവയും അർബുദത്തിന് കാരണമാകുന്നവയുമാണ്. പൊതുവിൽ കീടനാശിനികൾ കരൾ, നാഡീ വ്യൂഹം എന്നിവയെ കേടുവരുത്തുന്നവയാണ്. കരളിൽ മുഴകൾ രൂപപ്പെടുത്തുമെന്നും കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്.

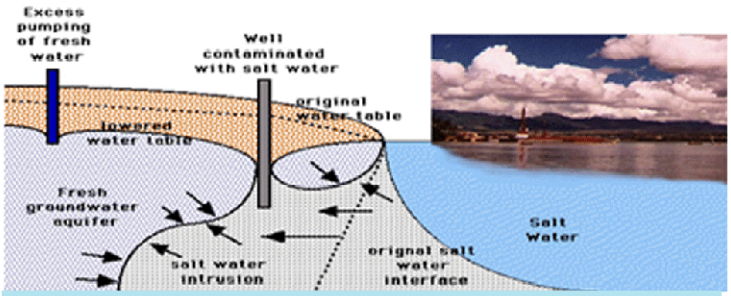
ദീർഘകാലം ഉയർന്ന തോതിൽ ഫ്ളൂറൈഡ് അടങ്ങിയ ജലം ഉപയോഗിക്കുന്നവരിൽ പല്ലുകൾ മഞ്ഞ നിറമാവുക, സന്ധികളും എല്ലുകളും കേടുവരിക, വൈകല്ല്യങ്ങൾ ഉണ്ടാവുക തുടങ്ങിയ രോഗങ്ങൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഈ വൻ വിപത്ത് തിരിച്ചറിയുമ്പോഴേയ്ക്കും സമൂഹത്തിലെ ഒരു വലിയ വിഭാഗത്തെത്തന്നെ ഇത് ബാധിച്ചിട്ടുണ്ടാവും.

ഉയർന്ന തോതിൽ ലവണങ്ങൾ അടങ്ങിയ ജലം ദീർഘകാലം ഉപയോഗിക്കുന്നവരിൽ (സഞ്ചിത വിലേയ ലവണം (TDS) 500 പി.പി.എമ്മിന് മുകളിൽ) വൃക്കയിലെ കല്ലിന് കാരണമാകുന്നു. ദീർഘകാല പ്രത്യാഘാതമായി ചിലയാളുകളിൽ പ്രത്യേക തരത്തിലുള്ള അർബുദവും മലിനമായ ജലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം മൂലം ഉണ്ടാകാനിടയുണ്ട്. വന്യ ജീവി സമ്പത്തിനും ഭൂജലമലിനീകരണം ഭീഷണി ഉയർത്തുന്നുണ്ട്.

6.6. ലവണജല തള്ളിക്കയറ്റം (Saline Water Intrusion)

ശുദ്ധജലം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു ജലഭൃതത്തിലേയ്ക്കോ, ഉപരിതല ജലാശയത്തിലേയ്ക്കോ ഉപ്പുവെള്ളം പ്രവേശിക്കുന്നതിനെയാണ് ലവണജല അധിനിവേശം (ഓരു ജലം കയറൽ) എന്ന് പറയുന്നത്. ഇപ്രകാരം പ്രവേശിക്കുന്ന ജലത്തിന്റെ ഉറവിടം സമുദ്ര ജലമാണെങ്കിൽ ഈ പ്രക്രിയയെ സമുദ്രജല അധിനിവേശം എന്ന് പറയുന്നു. തീരപ്രദേശങ്ങളിലെ ശുദ്ധജലത്തിന്റെ പ്രധാന സ്രോതസ്സ് ഭൂജലം മാത്രമായതിനാൽ ലവണജലാധിനിവേശത്തിൽ നിന്നും ജലഭൃതത്തെ സംരക്ഷിച്ചു നിറുത്തുക എന്നത് പരമ പ്രാധാന്യമുള്ള കാര്യമാണ്. ഭൂജലത്തിന്റെ അമിത ചൂഷണം, ജലഭൃതങ്ങളിൽ പോഷണം നടത്തുന്നതിലെ കുറവ്, സമുദ്ര നിരപ്പ് ഉയരൽ മുതലായവ കാരണം തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ ലവണജല അധിനിവേശം ഉണ്ടാകുന്നു. തീരപ്രദേശങ്ങളിലെ ലവണജല അധിനിവേശത്തിന്റെ വ്യാപ്തി ശുദ്ധജലപ്രവാഹത്തിന്റെയും സമുദ്രത്തിൽ നിന്നുള്ള ലവണജലത്തിന്റെയും സന്തുലനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ജലഭൃതങ്ങൾ സമുദ്രഭാഗത്തേയ്ക്കായി ഒരു സ്വാഭാവിക ചായ്മാനം നിലനിറുത്തുന്നതു കാരണം ഭൂജലം സമുദ്രത്തിലേയ്ക്ക് ഒഴുകി പോകുന്നു. ഒരു ജലഭൃതത്തിൽ ശുദ്ധജലവും ലവണജലവും ഒരേ സമയം നിലനില്ക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ ശുദ്ധ

ജലത്തിന് അല്പം സാന്ദ്രത കുറവായതിനാൽ ലവണ ജലത്തിനു മുകളിൽ ശുദ്ധ ജലം പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. സമുദ്രജലത്തിന് ശുദ്ധജലത്തേക്കാൾ അല്പം സാന്ദ്രത കൂടുതലായതിനാൽ അത് തീരങ്ങളിലെ ജലഭൃതങ്ങളിലേയ്ക്ക് അധിനിവേശിക്കുകയും ശുദ്ധജല പാളികൾക്ക് താഴെയായി ഒരു ലവണ കീലം (Saline Wedge) രൂപപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവ രണ്ടും തമ്മിലുള്ള അതിരുകൾ അല്ലെങ്കിൽ സമ്പർക്ക മുഖങ്ങൾ ജലവിതാനത്തിന്റെ കാലിക വ്യതിയാനങ്ങൾക്കും, ദൈനംദിന വേലിയേറ്റ വേലിയിറക്ക വ്യതിയാനങ്ങൾക്കും ഒപ്പം സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു ചലനാത്മക സന്തുലിതാവസ്ഥയിലാണ് (ചിത്രം - 6.16).



ചിത്രം 6.16 : തീരദേശ ജലഭൃതത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലവണ ജല അധിനിവേശം

ആവാസവ്യവസ്ഥകളുടെ പ്രവർത്തനം, നദികളിലെ അവസാദ രൂപീകരണത്തിന്റെ തോത്, മനുഷ്യന്റെ ആരോഗ്യം തുടങ്ങിയവയെ നദികളിലെ അമിത ലവണത്വം പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കുന്നു. ലവണജല അധിനിവേശം അങ്ങേയറ്റം ഗുരുതരമായാൽ പിന്നീട് ആ ജലം മിക്കവാറും ആവശ്യങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കാതാകുന്നു. കാർഷിക വിളകളുടെ ഉത്പാദനം, മത്സ്യം, ചെമ്മീൻ കൃഷി, വ്യവസായിക ആവശ്യങ്ങൾക്കുള്ള ജലലഭ്യത തുടങ്ങി വാണിജ്യ സാമ്പത്തിക മേഖലകളിൽ ജലത്തിന്റെ ലവണത്വം പ്രത്യാഘാതമുണ്ടാക്കും.

6.6.1 ലവണജലക്കയറ്റത്തെ തടയലും നിയന്ത്രിക്കലും (Prevention and Control of Saline water intrusion)

സമുദ്രജല അധിനിവേശത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിനും ഭൂജലവിഭവം സംരക്ഷിക്കുന്നതിനും നിരവധി നടപടികൾ സ്വീകരിക്കാവുന്നതാണ്. ശുദ്ധമായ ഭൂജലത്തിന്റെ അളവ് വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും ലവണജലത്തിന്റെ അളവ് കുറയ്ക്കുകയുമാണ് ഭൂജല സംരക്ഷണത്തിന്റെ പ്രധാന തത്വം. തീരപ്രദേശങ്ങളിലെ ജലഭൃതങ്ങളിൽ ലവണജല അധിനിവേശം കുറയ്ക്കുന്നതിനായി സ്വീകരിക്കാവുന്ന നടപടികളുടെ പട്ടികയാണ് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

എ. പമ്പിങ്ങിന്റെ തോത് കുറയ്ക്കുക. അല്ലെങ്കിൽ വിവിധ കിണറുകളിലെ പമ്പിങ്ങിന്റെ സമയം വ്യത്യസ്ത സമയങ്ങളിലായി ക്രമീകരിക്കുക.

ബി. കിണറുകളുടെ സ്ഥാനം പുനർനിർണ്ണയിക്കുക.

സി. ജലഭൃതങ്ങളിലേയ്ക്ക് നേരിട്ടുള്ള ജലപോഷണത്തിന്റെ അളവ് വർദ്ധിപ്പിക്കുക.

ഡി. ഹൈഡ്രോ ഡൈനാമിക് തടസ്സങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനായി തീരത്തിനു സമാന്തരമായി കിണറുകളിൽ ജല പോഷണം നടത്തുക.

ഇ. കിണറുകളിൽ ലവണജലം നുഴഞ്ഞ് കയറുന്നതിന് മുമ്പ് തീരത്തിന് സമാന്തരമായി വലിയ കിടങ്ങുകൾ നിർമിക്കുക.

എഫ്. കിണറുകളിൽ ലവണജലം എത്തിച്ചേരുന്നതിനുമുമ്പേ അതിനെ നീക്കം ചെയ്യുക.

ജി. കടൽജലത്തിന്റെ പ്രവേശനീയതയെ ചെറുക്കുന്ന ഉപരിതല തടയണകൾ നിർമിക്കുക.

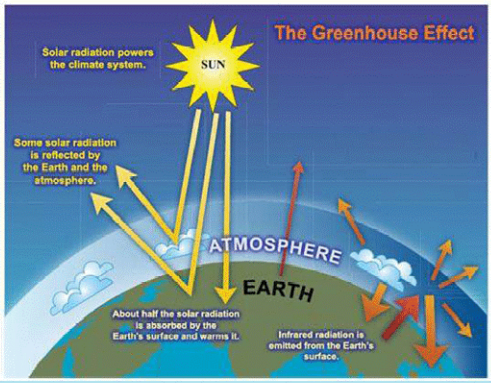


പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. സെപ്റ്റിക് ടാങ്കുകൾ ശരിയായ വിധത്തിൽ പരിപാലിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് സമൂഹം ഉറപ്പുവരുത്തുന്നതെന്തിന്?
2. നിങ്ങൾ ഒരു തീരപ്രദേശത്ത് താമസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കെ കിണർ ജലത്തിന് നേരിയ ലവണരുചി ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടുന്നെങ്കിൽ, വെള്ളത്തിന്റെ ഗുണനിലവാരത്തിന്റെ ഈ മാറ്റത്തെ എങ്ങനെ വിശദീകരിക്കും?
3. "പരിസ്ഥിതി സംരക്ഷണം", എന്നാൽ മലിനീകരണ പ്രതിരോധമാണ്. ഈ പ്രസ്താവനയെ ന്യായീകരിക്കുക.

6.7 ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവവും ആഗോള താപനവും (Green house effect and Global warming)

സൂര്യനിൽ നിന്നും വരുന്ന ഊർജം വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗ രൂപത്തിലാണ് എത്തുന്നത്. സൗരവികിരണങ്ങളിലെ എല്ലാ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ളവയേയും ഭൂമി സ്വീകരിക്കുന്നു. എന്നാൽ അന്തരീക്ഷത്തിലെ ചിലവാതകങ്ങളും മറ്റു മലിനീകാരികളും വിവിധ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങളുള്ള വികിരണങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത ഫലങ്ങളാണ് ഉളവാക്കുന്നത്. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഹരിത ഗൃഹ വാതകങ്ങൾ തരംഗദൈർഘ്യം കൂടിയ ചില തരംഗങ്ങളെ (ഇൻഫ്രാറെഡ്) ആഗിരണം ചെയ്യുകയും മറ്റു ചിലതിനെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ തന്നെ സൂക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 6.17).



ചിത്രം 6.17 : ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം

അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഹരിത ഗൃഹ വാതകങ്ങളുടെ അനുപാതം സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നിടത്തോളംകാലം അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഊഷ്മാവും ഏറെക്കുറെ

സ്ഥിരമായിരിക്കും. താഴെയുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിലനിർത്തപ്പെട്ട ഊർജം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ താപനില ഉയരുവാൻ കാരണമാവുന്നു.

കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ് (CO_2), മീഥേൻ (CH_4), ഓസോൺ (O_3), നീരാവി തുടങ്ങിയ ചില സ്വാഭാവിക ഹരിത ഗൃഹവാതകങ്ങൾ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഉണ്ട്. നീരാവിയാണ് ഏറ്റവും സമൃദ്ധമായ ഹരിത ഗൃഹവാതകം. എന്നാൽ അതിന്റെ അനുപാതം അന്തരീക്ഷത്തിലെ താപനിലയ്ക്ക് അനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ചൂടുപിടിപ്പിക്കുന്നതിനും വാസയോഗ്യമാക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നത് ഈ വാതകങ്ങളാണ്. പക്ഷേ മാനുഷിക പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി രൂപംകൊള്ളുന്ന ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ ഈ സന്തുലനത്തെ താളം തെറ്റിക്കുന്നുണ്ട്.

1800 കളുടെ മധ്യത്തോടുകൂടി അന്തരീക്ഷത്തിലെ CO_2 ന്റെ അനുപാതം വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ ജ്വലനവുമായി ഇത് ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വ്യാവസായിക വിപ്ലവം ആരംഭിച്ചതുമുതൽ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും മറ്റ് ഹരിത ഗൃഹവാതകങ്ങളുടെയും അനുപാതം വർദ്ധിച്ചുവരികയാണ്. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കൂടുതൽ സൗരവികിരണങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ലോകവ്യാപകമായി ശരാശരി അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് ഗണ്യമായ വിധത്തിൽ വർദ്ധിച്ചുവരികയുമാണ്.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ മീഥേനിന്റെ അനുപാതവും വർദ്ധിച്ചുവരികയാണ്. ജീവജാലങ്ങളുടെ നശീകരണം ജൈവ വിസർജ്യങ്ങളുടെ വിഘടനം, പെട്രോളിയം സംഭരണികളിൽ നിന്നുമുള്ള പുറം ഒഴുക്ക് എന്നിവ കാരണമാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്. അമിതമായ കന്നുകാലി വളർത്തൽ, ധാന്യങ്ങളുടെ അമിതോത്പാദനം, വാതകപൈപ്പ് ലൈനുകളിൽ നിന്നും പ്രെട്രോളിയം സംഭരണികളിൽ നിന്നുമുള്ള ചോർച്ച എന്നിവവഴി മനുഷ്യനും ഇതിന്റെ പങ്കാളിയായി മാറുന്നു.

ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിലെ ശരാശരി താപനിലയിൽ, പ്രത്യേകിച്ച് ആഗോള കാലാവസ്ഥയിൽ, മാറ്റങ്ങൾ വരത്തക്കവിധത്തിൽ വർദ്ധനവ് ഉണ്ടാകുന്നതാണ് ആഗോള താപനം. ആഗോള താപനവും വർദ്ധിത ഹരിത ഗൃഹ പ്രഭാവവും അനുപൂരകങ്ങളാണ്. ആഗോളതാപനം എന്ന പദം വർദ്ധിച്ച ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവത്തിന് സമാനമാണ്. ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിലെ ഹരിത ഗൃഹവാതകങ്ങളുടെ വർദ്ധനവ് ആഗോള താപനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഇത് കൂടുതൽ സൗരവികിരണങ്ങൾ തടഞ്ഞു നിർത്തപ്പെടുന്നതിലേയ്ക്ക് നയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങിനെ ഭൂമിയുടെ മൊത്തം ഊഷ്മാവ് വർദ്ധിക്കാനിടവരുകയും ചെയ്യുന്നു. അതായത്, ഹരിത ഗൃഹ വാതകങ്ങളുടെ അളവിൽ വർദ്ധനവ് ഉണ്ടാവുകയും കൂടുതൽ സൗരവികിരണങ്ങൾ തടഞ്ഞു നിർത്തപ്പെടുകയും അതുവഴി ഭൂമിയുടെ മൊത്തം ഊഷ്മാവ് വർദ്ധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹരിത ഗൃഹ പ്രഭാവം ഒരു സ്വാഭാവിക പ്രക്രിയയാണ്,

എന്നാൽ ഉയർന്ന അളവിൽ ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ പുറത്തുവിടുന്നതുമൂലമുള്ള അതിന്റെ വർദ്ധനവിന്റെ ഫലമാണ് ആഗോള താപനം എന്നത്.

6.7.1 ആഗോള താപനത്തിന്റെ പരിണിത ഫലങ്ങൾ (Consequences of Global Warming)

കഴിഞ്ഞ 150 വർഷത്തെ കാലാവസ്ഥയെ സംബന്ധിച്ച വിശദമായ പഠനങ്ങൾ ആഗോള താപനില വർദ്ധിച്ചതായി വെളിപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. ആഗോള താപനത്തിന്റെ ചില സൂചകങ്ങൾ ഇനി പറയുന്നവയാണ്.

എ. **ഐസ് ഘടനയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ (Changes in Ice Patterns):** ഉയർന്ന താപനില കാരണം പർവ്വത ഹിമാനികൾ ഉരുകുന്നു. കഴിഞ്ഞ 100 വർഷത്തിനിടയ്ക്ക് പർവ്വത ഹിമാനികളുടെ വിസ്തീർണം ലോകത്താകമാനം കുറഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. അതു പോലെ തന്നെ ആർട്ടിക്കിലെ പെർമാഫ്രോസ്റ്റിന്റെ (ജലത്തിന്റെ ഖരാങ്കത്തിനു താഴെ ഊഷ്മാവിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന മണ്ണ്) അളവിലും കുറവ് വന്നിട്ടുണ്ട്. ഗ്രീൻലാൻഡിലെ മഞ്ഞുപാളിയും വളരെ വേഗത്തിൽ ഉരുകിത്തീരുന്നു. ഊഷ്മാവിന്റെ വർദ്ധനവ് കാരണം ഉയർന്ന അക്ഷാംശ മേഖലകളിൽ, പ്രത്യേകിച്ച് കടൽമഞ്ഞ് സുലഭമായ ഉത്തരാർദ്ധഗോളത്തിൽ, കടൽ ഖരമഞ്ഞ് വൻതോതിൽ ശോഷിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

ബി. **സമുദ്രനിരപ്പ് ഉയരൽ (Rise of sea level):** ജലത്തിന്റെ താപനില വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ജലം വികസിക്കുന്നതു കാരണം ആഗോള താപനം വഴി സമുദ്രജലവും വികസിക്കുന്നു. കൂടാതെ സമുദ്രജല താപനിലയും ഉയർന്നിട്ടുണ്ട്. കടൽ ഖരമഞ്ഞിന്റെ അളവിൽ കുറവുവരുന്നതും സമുദ്ര നിരപ്പ് ഉയരുന്നതും പ്രളയത്തിനും കാരണമാവുന്നു. ഇങ്ങനെ സംഭവിച്ചാൽ ലോകത്തിന്റെ ജനസംഖ്യയിൽ വലിയൊരു ഭാഗവും അധിവസിക്കുന്ന തീരമേഖലയെ അതു ബാധിക്കും.

20-ാം നൂറ്റാണ്ടോടുകൂടി ഹിമാനികൾ ഉരുകിയും സമുദ്രജലം ചൂട് പിടിച്ച് വികസിച്ചും സമുദ്ര നിരപ്പ് ഏകദേശം 15 സെ.മീ. (6 ഇഞ്ച്) ഉയർന്നിട്ടുണ്ട്. 21-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ സമുദ്രജലനിരപ്പ് 59 സെ.മി (23 ഇഞ്ച്) ഉയരാനിടയുണ്ടെന്നും തീരദേശ സമൂഹങ്ങൾ, ചതുപ്പു നിലങ്ങൾ, പവിഴ പുറ്റുകൾ എന്നിവയെ ബാധിക്കുമെന്നും കണക്കു കൂട്ടലുകൾ പ്രവചിക്കുന്നു.

സി. **ആഗോള കാലാവസ്ഥ മാറ്റങ്ങൾ (Global climatic changes):** ചൂടുള്ള അന്തരീക്ഷം ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും കൂടുതൽ ബാഷ്പീകരണം ഉണ്ടാക്കുകയും ഉയർന്ന അളവിൽ വർഷപാതം ലഭ്യമാകുന്നതിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യും. ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശങ്ങൾ ഇപ്പോൾ ഉള്ളതിനേക്കാൾ ഈർപ്പമു

ള്ളതാകുമ്പോൾ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ ഉൾഭാഗം ഇപ്പോഴത്തേതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ ഉഷ്ണപ്രകൃതത്തോടുകൂടിയതും വരണ്ടതുമായിത്തീരും. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവ് ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ കൂടുതൽ ഉയർന്ന വർഷപാതത്തിനും മറ്റു ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ കൂടുതൽ വരൾച്ചയ്ക്കും ഇടവരുത്തും. ചൂടുള്ളതും ഈർപ്പമുള്ളതുമായ അന്തരീക്ഷം ഉഷ്ണ മേഖലാ കൊടുങ്കാറ്റുകൾക്ക് അനുകൂലമായിത്തീരും. 1970 കൾക്ക് ശേഷം അറ്റ്ലാന്റിക്കിൽ രൂപപ്പെട്ട കൊടുങ്കാറ്റുകളുടെ കണക്കുകളിൽ നിന്നും ഇത് മനസ്സിലാക്കാം.

ഡി. **ആവാസ വ്യവസ്ഥയിലെ മാറ്റങ്ങൾ (Changes in ecosystems):** ഊഷ്മാവ് ഉയരുമ്പോൾ ജീവിവർഗങ്ങൾ തണുത്ത ആവാസവ്യസ്ഥയിലേക്ക് പലായനം ചെയ്യപ്പെടുകയോ ചത്തൊടുങ്ങുകയോ ചെയ്യും. വംശനാശ ഭീഷണി നേരിടുന്ന ജീവിവർഗങ്ങൾ, പവിഴ പുറ്റുകൾ, ധ്രുവങ്ങളിലെ ജീവികൾ തുടങ്ങിയ ദുർബലമായ വർഗങ്ങളെ ഇത് കൂടുതലായി ബാധിക്കും. ഊഷ്മാവിലെ വർദ്ധനവ് വിളകളുടെ വളർച്ചാഘട്ടങ്ങളുടെ ദൈർഘ്യത്തിന്റെയും വസന്താഗമന സമയത്തിന്റെയും മാറ്റങ്ങൾക്കും കാരണമാകുന്നുണ്ട്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. ഭൂമിയുടെ താപനില കൂടുന്നതിന്റെ ഫലമായി സമുദ്രങ്ങളിലെ ബാഷ്പീകരണ തോത് വർദ്ധിക്കുന്നു, ഇപ്രകാരമാണെങ്കിൽ ഇന്നത്തെ ജലചക്രം മാറുന്നത് എപ്രകാരമായിരിക്കും?
2. വ്യവസായവത്ക്കരണത്തിനും, നഗരവൽക്കരണത്തിനും വിധേയമായി ഉണ്ടാകുന്ന അന്തരീക്ഷ മലിനീകരണം ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവ സാഹചര്യത്തിലേക്കും ആഗോള താപനത്തിലേക്കും നയിക്കുന്നത് എങ്ങനെ?
3. ആഗോള താപനവും ഹരിത ഗൃഹ പ്രഭാവവും തമ്മിൽ എങ്ങനെ ബന്ധപ്പെടുത്താനാവും?

6.8 സുസ്ഥിര വികസനവും പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണവും (Sustainable development and conservation of natural resources)

പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളെ മനുഷ്യൻ വ്യാപകമായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത് ഇപ്പോഴത്തെപോലെ ഭാവിയിലും തുടരും. എന്നാൽ പരിസ്ഥിതിയിൽ ഉണ്ടാക്കുന്ന അസ്വസ്ഥത വളരെ ഉയർന്ന നിലയിലേക്ക് എത്തിയിട്ടുണ്ടെന്നും പ്രകൃതി വിഭവങ്ങൾ അനിയന്ത്രിതമായി ഉപയോഗിക്കാനാവില്ലെന്നും മനുഷ്യൻ തിരിച്ചറിഞ്ഞി

ട്ടുണ്ട്. ലോക ജനസംഖ്യയിലെ പെട്ടെന്നുള്ള വർദ്ധനവും പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ വേഗത്തിലുള്ള ഉപയോഗവും, ഈ അവസ്ഥ ഗുരുതരവും വ്യാപകവുമാക്കിയിരിക്കയാണ്. ആധുനിക മനുഷ്യസമൂഹത്തിന്റെ വർദ്ധിച്ചുവരുന്ന വ്യവസായവൽക്കരണവും നഗരവൽക്കരണവും കാരണം എല്ലാ വിഭവങ്ങളുടേയും ഉപയോഗം വർദ്ധിക്കുകയാണ്. അവ ശരിയായി ഉപയോഗിക്കാതിരിക്കുകയും കൈകാര്യം ചെയ്യാതിരിക്കുകയും ചെയ്താൽ ഗുരുതരമായ ക്ഷാമമായിരിക്കും ഫലം. ഇത് പാരിസ്ഥിതിക സന്തുലനാവസ്ഥ തകിടം മറിക്കുകയും ചെയ്യും. വികസന പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏറ്റെടുക്കുമ്പോൾ ഇത് സവിശേഷ പരിഗണന അർഹിക്കുന്നു.

6.8.1 സുസ്ഥിര വികസനം (Sustainable Development)

ജൈവവ്യവസ്ഥയ്ക്ക് കോട്ടം തട്ടാത്ത തരത്തിലുള്ള ഒരു വികസന സങ്കല്പത്തെയാണ് സുസ്ഥിര വികസനം എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്. ഇപ്പോഴത്തെ തലമുറയുടെ ആവശ്യങ്ങൾ നിറവേറ്റുന്നതും ഭാവി തലമുറയ്ക്ക് വേണ്ടി സംരക്ഷിച്ചു നിർത്തുന്നതുമാണ് ഇത്തരത്തിലുള്ള വികസനം. അതിനാൽ നമ്മൾ ജലം, വായു, മണ്ണ്, മറ്റ് പ്രകൃതി വിഭവങ്ങൾ എന്നിവ ഭൂമിയിലുണ്ടായ സമയത്ത് എങ്ങനെയായിരുന്നോ അതേ രീതിയിൽ സംശുദ്ധവും, മലിനമാക്കാതെയും നിലനിർത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ വിഭവങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ജീവിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ സുസ്ഥിരത നിലനിർത്തേണ്ടത് അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. സുസ്ഥിര വികസനത്തിൽ ശ്രദ്ധ ചെലുത്തേണ്ട പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്.

എ. മണ്ണ്: കൃഷി ആവശ്യത്തിന് ഉപയോഗിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന മണ്ണ് ഗുരുതരമായ ഭീഷണിയിലാണ്. കൃഷി ആവശ്യത്തിനുള്ള മണ്ണ് രൂപപ്പെടുന്നത് വളരെ സാവധാനം നടക്കുന്ന പ്രക്രിയകൾ വഴിയാണ്. ഒരു വർഷത്തിൽ ഏതാനും മില്ലി മീറ്ററുകൾ മാത്രമാണത്. മനുഷ്യന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങളായ വനനശീകരണം, അശാസ്ത്രീയമായ ഭൂവിനിയോഗ വിദ്യകൾ, (ഉദാ: കാട് വെട്ടലും അഗ്നിക്കിരയാക്കലും), രാസവളങ്ങളുടേയും രാസവസ്തുക്കളുടേയും അമിതമായ ഉപയോഗം എന്നിവ കാരണം മണ്ണ് നഷ്ടപ്പെടുകയോ, നശിക്കുകയോ ചെയ്തു വരികയാണ്. കമ്പോസ്റ്റ്, ഭാഗികമായി അഴുകിയ ജൈവവസ്തുക്കൾ എന്നിവ വളങ്ങളായി ഉപയോഗിക്കുന്നതുവഴി നമുക്ക് മണ്ണിന്റെ ഫലഭൂയിഷ്ഠത പുനഃസ്ഥാപിക്കുവാൻ കഴിയും.

ചുരുക്കത്തിൽ സുസ്ഥിരമായ കൃഷി എന്നത്, മണ്ണൊലിപ്പും മണ്ണിന്റെ നാശവും അതിന്റെ പുനരുത്പാദനത്തേക്കാൾ കൂടുതലാവാതിരുന്നാൽ മാത്രമേ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. മനുഷ്യായുസ്സും നിലവിലെ കാർഷികരീതികളും പരിഗണിക്കുമ്പോൾ, മണ്ണ് ഒരു പുനസ്ഥാപിക്കുവാൻ സാധിക്കാത്ത

വിഭവമായി മാറുകയും സുസ്ഥിര വികസനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനപരമായ ഒരു പരിമിതിയായിത്തീരുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഫലഭൂയിഷ്ഠമായ പ്രദേശങ്ങളുടെ ശോഷണം തടയുന്നതിനായി മണ്ണൊലിപ്പിന്റേയും മൺ അപചയത്തിന്റേയും തോത് കുറയ്ക്കാനാവശ്യമായ രീതികൾ വികസിപ്പിക്കേണ്ടതാണ്.

ബി. ജലം: സുസ്ഥിരവികസനത്തിന് പരിമിതിയായിവർത്തിക്കുന്ന വലിയൊരു ഘടകമാണ് ജലം. അടുത്ത ദശാബ്ദത്തിൽ ശുദ്ധജല ലഭ്യതയായിരിക്കും വികസനത്തിന്റെ എല്ലാ മുന്നോട്ടുള്ള ഗതികളേയും തീരുമാനിക്കുന്നത്. ഇത് വികസ്വര രാജ്യങ്ങളിൽ മാത്രമല്ല, വരൾച്ച ബാധിച്ച ഏതൊരു പ്രദേശത്തും രാഷ്ട്രീയ അസ്ഥിരതയ്ക്ക് കാരണമാകുകയും ചെയ്യും. പുതിയ ജലശേഖരമുള്ള ഭൂമിയുടെ വീണ്ടെടുക്കൽ, പ്രകൃതിദത്തമായ ജലപോഷണം എന്നിവയിലൂടെയും, ജല സംഭരണികളിലെ മാലിന്യങ്ങളുടെ ഒഴുക്ക് മുൻകൂട്ടി കണ്ടു തടയുന്നതിലൂടെയും ഭൂജല ഉപയോഗം പരിമിതപ്പെടുത്തുന്നതിലൂടെയും വരാൻ പോകുന്ന ശുദ്ധ ജലക്ഷാമം പരിഹരിക്കാവുന്നതാണ്.

നീർത്തടാധിഷ്ഠിത പരിപാലന പദ്ധതികൾ സ്വീകരിക്കുന്നതുവഴി ഉപരിതല ജല പ്രവാഹവും, മണ്ണൊലിപ്പും നിയന്ത്രിക്കാവുന്നതാണ്. ഒരു നീർമറി പ്രദേശത്തെ ജലവും, സസ്യങ്ങളും, മൃഗങ്ങളും, മനുഷ്യനും ഭൂപ്രദേശവും തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്കത്തെയും ഭൂവിനിയോഗത്തെയും തിരിച്ചറിഞ്ഞും ഉപരിതല ഭൂജലഒഴുക്ക് പരിഗണിച്ചും നീർത്തടാധിഷ്ഠിത പദ്ധതികൾ ഏകോപിപ്പിക്കാവുന്നതാണ്.

സി. മാലിന്യ നിർമ്മാർജനം (Waste disposal): അപര്യാപ്തമായ മാലിന്യ നിർമ്മാർജന മാർഗങ്ങൾ പലപ്പോഴും സുസ്ഥിര വികസനത്തെ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്ന ഘടകമാണ്. ഗാർഹിക മാലിന്യങ്ങളിൽ കൂടുതലും സമീപ പ്രദേശത്തോ നഗര കേന്ദ്രങ്ങൾക്കരികിലോ സൂക്ഷിക്കുന്ന സ്ഥിതിയാണുള്ളത്. ഏതെങ്കിലും ശാസ്ത്രീയ രൂപകല്പനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാവില്ല ഇവ കൂഴിച്ചു മൂടുന്നത്. അത് കൊണ്ട് തന്നെ ഇവ അടുത്തുള്ള ജലഭൃതങ്ങളിലേക്ക് ഊർന്നിറങ്ങുന്ന തരത്തിലായിരിക്കും. മാലിന്യങ്ങൾ ജല സ്രോതസ്സുകളിൽ എത്തുന്നത് തടയാൻ നൈസർഗിക ഭൗമതടയണകളുടെ ലഭ്യത പരിഗണിക്കാവുന്നതാണ്.

ഡി. ഊർജം: ജനസംഖ്യാ വർദ്ധനവിനൊപ്പം ഊർജത്തിന്റെ ആവശ്യം നിലനില്ക്കുമ്പോൾ തന്നെ എണ്ണ, പ്രകൃതിവാതകം പോലുള്ള പുനർനിർമ്മിക്കുവാൻ സാധിക്കാത്ത ഊർജ വിഭവങ്ങൾ ക്രമാനുഗതമായി കുറഞ്ഞു വരുന്നു. അതിനാൽ ഊർജ വിഭവങ്ങളുടെ ബുദ്ധിപൂർവ്വമായ തെരെഞ്ഞെടുപ്പ് വികസന വിഷയങ്ങളിൽ ഒരു പ്രധാന സ്ഥാനം അർഹിക്കുന്നുവെന്ന് വ്യക്തമാണ്. പാരമ്പര്യേതര ഊർജ ഉൽപാദന രീതികൾ വികസിപ്പിക്കുകയും,

ഉത്പാദന, സംഭരണ, ഗതാഗത മേഖലകളിൽ ഊർജം പാഴായിപ്പോകുന്നത് കുറയ്ക്കുകയും വഴി ലോകത്തിലെ ഊർജ പ്രതിസന്ധി പരിഹരിക്കപ്പെടുകയും വേണം.

ഇ. **ഖനനം (Mining):** വലിയ തോതിലുള്ള ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങൾ ശാസ്ത്രീയ പഠനങ്ങളുടേയും ശുപാർശകളുടേയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ മാത്രമായിരിക്കണം. തദ്ദേശ സ്ഥാപനങ്ങൾ അനുവദിക്കുന്ന ഖനനങ്ങൾ ഒരു പ്രാദേശിക വികസന പദ്ധതിയുടെ ഭാഗമായി ആസൂത്രണം ചെയ്ത് നടപ്പിലാക്കുന്നതാവണം. പരിസ്ഥിതിലോല പ്രദേശങ്ങളിലെ ഖനനം ഒഴിവാക്കേണ്ടതാണ്. ഖനന വ്യവസായങ്ങളുടെ പാരിസ്ഥിതിക ആഘാതം സംബന്ധിച്ച് സർക്കാറുകൾ കൂടുതൽ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതും ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് കടുത്ത പരിസ്ഥിതി നിയന്ത്രണങ്ങൾ ഏർപെടുത്തേണ്ടതുമാണ്. ഒരു വികസന പദ്ധതി നടപ്പിലാക്കുന്നതിന് മുമ്പ് അത് മൂലമുണ്ടാകുന്ന പാരിസ്ഥിതിക കേടുപാടുകൾ മുൻകൂട്ടിക്കണ്ട് വിലയിരുത്തുന്ന പ്രവർത്തനത്തെ പാരിസ്ഥിതിക ആഘാത വിലയിരുത്തൽ (Environmental Impact Assessment) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു.

6.8.2 വിവിധ തരത്തിലുള്ള ഭൗമവിഭവങ്ങൾ (Types of Earth resources)

നമ്മുടെ ആവശ്യങ്ങൾ നിറവേറ്റുന്നതിനായി നമ്മുടെ ചുറ്റുപാടുനിന്നും നാം സ്വീകരിക്കുന്ന എല്ലാറ്റിനേയുമാണ് വിഭവം (Resource) എന്ന പദം കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന് കെട്ടിട നിർമാണത്തിനായി നമുക്ക് ഇഷ്ടിക, സിമന്റ്, ഇരുമ്പ്, മരം എന്നിവ ആവശ്യമുണ്ട്. ഇവയെ നാം കെട്ടിട നിർമാണത്തിനുള്ള വിഭവങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മനുഷ്യൻ തന്റെ ക്ഷേമത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ഏതെങ്കിലും പ്രകൃതിദത്ത വസ്തുക്കൾ, കൃത്രിമ വസ്തുക്കൾ, ഊർജം, ജീവ ജാലങ്ങൾ എന്നിവയെ വിഭവം എന്ന് നിർവ്വചിക്കാം. വിഭവങ്ങളെ **പ്രകൃതിദത്ത വിഭവങ്ങൾ, കൃത്രിമ വിഭവങ്ങൾ (മനുഷ്യനിർമിത വിഭവങ്ങൾ)** എന്നിങ്ങനെ പൊതുവായി തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്.

പ്രകൃതിദത്ത വിഭവങ്ങളും കൃത്രിമ വിഭവങ്ങളും (Natural and artificial resources)

പ്രകൃതി കനിഞ്ഞുനൽകിയിട്ടുള്ള മണ്ണ്, വായു, ജലം, ധാതുക്കൾ, കൽക്കരി, സൂര്യപ്രകാശം, മൃഗങ്ങൾ, സസ്യങ്ങൾ മുതലായവ എല്ലാംതന്നെ പ്രകൃതിദത്ത വിഭവങ്ങളാണ്. സ്വാഭാവികാവസ്ഥയിൽ തന്നെ പ്രകൃതിയിൽ നിന്നും ലഭ്യമായിട്ടുള്ള മൂല്യവത്തായ വിഭവങ്ങളാണ് പ്രകൃതിദത്ത വിഭവങ്ങൾ. നാഗരികതയുടെ വളർച്ചാഘട്ടങ്ങളിൽ മനുഷ്യൻ ഉണ്ടാക്കിയെടുത്ത വിഭവങ്ങളാണ് കൃത്രിമവിഭവങ്ങൾ. ഉദാഹരണത്തിന് ജൈവവാതകം, താപ വൈദ്യുതി, പ്ലാസ്റ്റിക് മുത

ലായവയെല്ലാം മനുഷ്യ നിർമിത വിഭവങ്ങളാണ്. ഈ മനുഷ്യ നിർമിത വിഭവങ്ങളെല്ലാം സാധാരണയായി പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളിൽ നിന്നും ഉണ്ടാക്കിയെടുക്കുന്നതാണ്.

പ്രകൃതിദത്ത വിഭവങ്ങളെ പുനരുൽപാദിപ്പിക്കുവാൻ സാധിക്കുന്നവ എന്നും പുനരുല്പാദിപ്പിക്കുവാൻ സാധിക്കാത്തവ എന്നും രണ്ടായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

പുനരുൽപ്പാദിപ്പിക്കാവുന്ന വിഭവങ്ങൾ (Renewable Resources): ജീവികളിൽ നിന്നും ലഭ്യമായിട്ടുള്ള (മത്സ്യം, മൃഗങ്ങൾ, വനങ്ങൾ) വിഭവങ്ങളാണ് പുനരുൽപ്പാദിപ്പിക്കാവുന്ന വിഭവങ്ങൾ. അമിതമായി ഉപയോഗിക്കാത്തിടത്തോളം സുസ്ഥിരമായി നിലനില്ക്കുന്ന വിഭവങ്ങളാണ് ഇവ. പുനരുല്പാദിപ്പിക്കാവുന്ന വിഭവങ്ങളുടെ സുസ്ഥിര ഉപയോഗത്തിന്റെ തോത് കണക്കാക്കുന്നത് ആ വിഭവത്തിന്റെ നിലവിലെ ലഭ്യതയും അതിന്റെ പുനഃസ്ഥാപനവും എത്രത്തോളം എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. പുനരുല്പാദിപ്പിക്കാവുന്ന ഒരു വിഭവത്തിന്റെ ഉപഭോഗ നിരക്ക് അതിന്റെ സ്വാഭാവിക ഉത്പാദന നിരക്കിനേക്കാൾ അധികരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ തോത് കുറയുകയും തീർന്നുപോവുകയും ചെയ്യുന്നു. ജൈവിക മല്ലാത്ത ഒരു പുനരുല്പാദിപ്പിക്കാവുന്ന പ്രകൃതി വിഭവത്തിനുദാഹരണമാണ് ജലം.

പുനരുൽപാദിപ്പിക്കാനാവാത്ത വിഭവങ്ങൾ (Non Renewable Resources): നാം ശ്വസിക്കുന്ന വായു, സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം എന്നിവ പരിധിയില്ലാത്ത അളവിൽ ലഭ്യമാണ്. എന്നാൽ കൽക്കരി, പ്രെട്രോളിയം, പ്രകൃതിവാതകം തുടങ്ങിയ വിഭവങ്ങളുടെ അവസ്ഥയോ? പ്രകൃതിയിലെ വിലമതിക്കാനാവാത്ത ഈ വിഭവങ്ങൾ എത്രകാലം ലഭ്യമാകുമെന്ന് നിങ്ങൾ എപ്പോഴെങ്കിലും ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ഒരിക്കൽ ഉപയോഗിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ പുനഃസ്ഥാപിക്കുവാൻ കഴിയാത്ത വിഭവങ്ങൾ പുനരുല്പാദിപ്പിക്കാനാവാത്ത വിഭവങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ധാതുക്കൾ (ഇരുമ്പ്, ചെമ്പ് മുതലായവ), ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ (കൽക്കരി, പെട്രോളിയം) മുതലായവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഈ വിഭവങ്ങളുടെ ശേഖരം പരിമിതമാണ്. നിത്യേന ഇവയുടെ അളവ് ചുരുങ്ങിവരുന്നു.

6.8.3 പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണം (Conservation of natural resources)

പ്രകൃതി വിഭവങ്ങൾ ക്രമേണ കുറയുകയും നമ്മുടെ ഭാവി തലമുറയ്ക്ക് ഒട്ടും ലഭ്യമാവാത്ത തരത്തിൽ ഒരു നാൾ ആഗതമാവുകയും ചെയ്യും. അതിനാൽ പരിസ്ഥിതിയ്ക്കും വികസനത്തിനും ഇടയിൽ സന്തുലനം നിലനിറുത്തുന്നതിനെ കുറിച്ച് ചിന്തിക്കുവാനുള്ള സമയമാണിത്. അതുവഴി ഇന്നത്തെ തലമുറയ്ക്കും ഭാവി തലമുറയ്ക്കും പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ പ്രയോജനം ഉചിതമായ അളവിൽ ലഭ്യമാക്കാൻ കഴിയും. പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണം എന്ന ആശയത്തിലേക്ക് ഇത് നമ്മെ കൊണ്ടെത്തിക്കുന്നു.

വിഭവങ്ങളുടെ ശ്രദ്ധാപൂർവ്വമായ ഉപയോഗമാണ് വിഭവ സംരക്ഷണം എന്നത്. ഒരു പ്രകൃതി വിഭവത്തെ ചൂഷണത്തിൽ നിന്നും, നാശത്തിൽ നിന്നും തടയുന്നതിനുള്ള ശരിയായ നിയന്ത്രണമാണിത്. ഒരേസമയം തന്നെ പ്രകൃതി വിഭവങ്ങൾ ലഭ്യമാക്കാൻ കഴിയുന്നതും എന്നാൽ അതിന്റെ നാശത്തിൽ നിന്ന് അല്ലെങ്കിൽ നാശത്തിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്ന അമിത ഉപയോഗത്തിൽ നിന്നും തടയാൻ കഴിയുന്നതുമായ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ആകെത്തുകയാണ് വിഭവ സംരക്ഷണം കൊണ്ടർത്ഥമാക്കുന്നത്. സമീപ ഭാവിയിൽ മിക്കവാറും എല്ലാ പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളും വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ ലഭ്യമാകുന്ന അവസ്ഥ സംജാതമാകും. കൃത്യ സമയത്ത് അവയെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിനുള്ള നടപടികൾ എടുക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ ഭാവിയിൽ നാം വളരെ ബുദ്ധിമുട്ടുകൾ നേരിടേണ്ടിവരും. അതിനാൽ നമുക്ക് പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

ധാതു വിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണത്തിനുള്ള പ്രധാന തന്ത്രങ്ങൾ പുനരുപയോഗിക്കുക, പകരം ഉപയോഗിക്കുക തുടങ്ങിയവയാണ്. ലോഹ ധാതുക്കൾക്ക് വളരെ പുനരുപയോഗ മൂല്യമുണ്ട്. ഇവ ഒരിക്കൽ ഉപയോഗിച്ചാലും നഷ്ടപ്പെട്ടു പോകുന്നില്ല. ഒരിക്കൽ ഉപയോഗിച്ച വസ്തുക്കൾ ശേഖരിക്കുകയും, സംസ്കരിക്കുകയും ചെയ്തതിനു ശേഷം പുതിയ ഉൽപ്പന്നമാക്കി മാറ്റുന്ന രീതിയാണ് **പുനഃചംക്രമണം (Recycling)**. നിർമാണവസ്തുക്കളുടെ ഉത്പാദനത്തിലും ഉപഭോഗത്തിലും നിന്ന് ലഭിക്കുന്ന ലോഹത്തുണ്ടുകൾ ശേഖരിച്ച് അവ ഉരുക്കി വീണ്ടും ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്യാം.

വളരെ അപൂർവ്വമായി (ലഭ്യത വിരളമായ) മാത്രം കാണപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾക്ക് പകരം കൂടുതൽ ലഭ്യമായവ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നതാണ് **സബ്സ്റ്റിറ്റ്യൂഷൻ.** ബദൽ ധാതുക്കളെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുക വഴി അപൂർവ്വമായി ലഭിക്കുന്നവയെ നമുക്ക് സംരക്ഷിക്കുവാനാകുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ലോകത്താകമാനം ചെമ്പിന്റെ ലഭ്യതയിൽ കുറവ് അനുഭവപ്പെട്ടപ്പോൾ അലൂമിനിയം കൊണ്ട് നാം അത് നികത്തി. ശാസ്ത്രജ്ഞർ വിവിധ വ്യവസായങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന പല അപൂർവ വസ്തുക്കൾക്കു പകരമായി കൃത്രിമമായി ഉപയോഗിക്കാവുന്ന വസ്തുക്കൾ വികസിപ്പിച്ചെടുത്തിട്ടുണ്ട്.

സൗരോർജം, കാറ്റ്, ജല വൈദ്യുതി, ഭൗമതാപോർജം തുടങ്ങിയ ഊർജ സ്രോതസ്സുകൾ വികസിപ്പിക്കുകയും എന്നാൽ ദുർലഭ്യം നേരിടുന്നതും, ഭൂമിയിൽ നിന്നും വീണ്ടെടുക്കുവാൻ ചെലവേറിയതും, പാരിസ്ഥിതിക പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതുമായ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ പോലുള്ളവയുടെ ഉപഭോഗം കുറയ്ക്കുകയും വേണം.

ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്ക് കോട്ടം തട്ടാതെയും ആഗോളകാലാവസ്ഥയെ ബാധിക്കാതെയും ജലം, വനം, പുൽമേട്, മത്സ്യസമ്പത്ത് തുടങ്ങിയ പുനരുൽപ്പാദിപ്പി

ക്കാൻ കഴിയുന്ന വിഭവങ്ങളുടെ ഉപയോഗരൂപരേഖ പ്രകാരം പ്രകൃതി വിഭവങ്ങൾ പ്രയോജനപ്പെടുത്തുക എന്നതാണ് മനുഷ്യനിലനിൽപ്പിന് അത്യന്താപേക്ഷിതമായിട്ടുള്ളത്.

ഭൂമിയ്ക്ക് സ്വയം പുനരുൽപ്പാദിപ്പിക്കാൻ ശേഷി കൈവരിക്കത്തക്കവിധത്തിൽ ഭൂമിയെ തന്നെ സംരക്ഷിക്കുക എന്നതാണ് വളരെ വിശാലമായി പ്രകൃതി വിഭവ സംരക്ഷണം കൊണ്ട് ഇന്ന് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. സുസ്ഥിരത എന്നത് ഒരു പരിസ്ഥിതി ലക്ഷ്യമായതിനാൽ നമ്മുടെ പരിസ്ഥിതി വിഭവങ്ങളെ നമുക്ക് സംരക്ഷിച്ചു നിർത്തേണ്ടതുണ്ട്.

നമ്മുടെ സ്വാഭാവിക പരിസ്ഥിതിയിലെ മണ്ണ്, ജലം, വനം, ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ തുടങ്ങിയ മനുഷ്യന്റെ അഭിവൃദ്ധിക്കായി ഉപയോഗിക്കുന്ന മുഴുവൻ ഘടകങ്ങളെയും പരിപാലിക്കുകയും സംരക്ഷിക്കുകയും വേണം.

എല്ലാ തരത്തിലുള്ള പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ ഉപയോഗവും ഭീതിജനകമായ നിരക്കിൽ വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കയാണ്. ആയതിനാൽ അവയുടെ സംരക്ഷണത്തിൽ വലിയ ഉത്കണ്ഠയുണ്ട്. ഇനി സുസ്ഥിര വികസനത്തെക്കുറിച്ചും പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണത്തെക്കുറിച്ചും നിങ്ങളുടെ ക്ലാസിൽ ഒരു സെമിനാർ നടത്തുക. നാം പരിഹാരം കാണേണ്ട ചില വിഷയങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുള്ള സൂചനകൾ താഴെ കൊടുക്കുന്നു.

- പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ അമിത ചൂഷണം
- സാങ്കേതിക വിദ്യയുടെ ദുരുപയോഗം
- ഊർജ്ജ പ്രതിസന്ധി
- ജൈവവ്യവസ്ഥയുടെ സംരക്ഷണം
- പരിസ്ഥിതിയുടെ അപചയം
- മാലിന്യ നിർമാർജനത്തിന്റേയും പരിപാലനത്തിന്റേയും പ്രശ്നങ്ങൾ
- വനനശീകരണം
- ജൈവകൃഷി
- മണ്ണ്, ജലം, ധാതു, ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ എന്നീ വിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണം.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. ഭൂമിയെ സംരക്ഷിക്കേണ്ടതുണ്ടോ? എന്തുകൊണ്ട്?
2. ഒരു വിഭവത്തെ പുനരുൽപാദിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയുന്നതും അല്ലാത്തതുമാ



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ആവാസ വ്യവസ്ഥകൾക്കും വിഭവങ്ങൾക്കുമുള്ള ഒരു ഉറവിടമാണ് ഭൂമി. എല്ലാ പരിസ്ഥിതി പ്രശ്നങ്ങളിലും ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ ഒരു വശമുണ്ട്. മനുഷ്യന്റെ വലിയ തോതിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾ പരിസ്ഥിതിയിൽ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നുവെന്നത് തീർച്ചയാണ്. പരിസ്ഥിതിയിൽ തന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങളെക്കുറിച്ച് മനുഷ്യൻ ബോധവാനാണെങ്കിൽ മാത്രമേ പരിസ്ഥിതി സംരക്ഷണത്തെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാകുകയുള്ളൂ. പരിസ്ഥിതി ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ മനുഷ്യനും പരിസ്ഥിതിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെയാണ് പ്രതിപാദിക്കുന്നത്. ഈ ഭൂമിയിൽ ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിലുള്ള പരിസ്ഥിതിയുടെ പ്രാധാന്യം എന്താണെന്ന് മനുഷ്യൻ ഇപ്പോൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞിരിക്കുന്നു എന്നു വേണം കരുതാൻ. ശ്രദ്ധാപൂർവ്വമുള്ള പരിപാലനവും ബുദ്ധിപൂർവ്വമായ ഉപയോഗവും കൊണ്ട് മാത്രമേ പരിമിതമായ വിഭവങ്ങളുള്ള ഭൂമിയിൽ സാമൂഹിക നൈതികതയോടുകൂടിയ ഒരു ആഗോള സമ്പദ് വ്യവസ്ഥ സൃഷ്ടിച്ചെടുക്കുവാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. പരിസ്ഥിതിയെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിനും ഭാവിയിലേയ്ക്ക് നിലനിർത്തുന്നതിനും മനുഷ്യസമൂഹത്തിന് ഒരു ധാർമ്മികമായ ഉത്തരവാദിത്തമുണ്ട്.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. ഹരിതഗൃഹ വാതകങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് _____ ആണ്.

എ. സൗര വികിരണങ്ങൾ (ഹ്രസ്വ തരംഗം)

ബി. ഭൂമി പുറത്തുവിടുന്ന ദീർഘ തരംഗങ്ങൾ

സി. ഹ്രസ്വ തരംഗങ്ങളും, ദീർഘ തരംഗങ്ങളും ഒരുപോലെ

ഡി. ഹ്രസ്വ തരംഗങ്ങളോ, ദീർഘ തരംഗങ്ങളോ അല്ല.

2. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ പുനരുൽപാദിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയുന്ന വിഭവമേതാണ്?

(കൽക്കരി, പ്രെട്രോളിയം, ഭൂജലം, ഹേമറ്റൈറ്റ്)

3. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളവയിൽ മനുഷ്യ പ്രവർത്തിമൂലമുണ്ടാകുന്ന ഏറ്റവും പ്രധാന ഹരിത ഗൃഹ വാതകമാണ് _____ .

(കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ്, ഓസോൺ, മീഥേൻ, ജലബാഷ്പം)

4. ഭൂജലത്തിലെ പ്രധാന മലിനീകാരികൾ ഏതെല്ലാമാണ്?

5. ലവണജല അധിനിവേശം തടയുന്നതിനായി എന്തൊക്കെ ചെയ്യാനാകും?

6. കൽക്കരി പുനരുൽപാദിപ്പിക്കുവാൻ സാധിക്കാത്ത ഒരു വിഭവമാണ്, എന്നാൽ മരക്കരി പുനരുൽപാദിപ്പിക്കാവുന്ന ഒരു വിഭവമാണ്. എന്ത്കൊണ്ട്?

7. ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം എങ്ങനെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നും, മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏതു വിധത്തിലാണ് ആഗോള താപനത്തിന് ഇടയാക്കുന്നത് എന്നും വിശദീകരിക്കുക.

8. മണൽ ഖനനം കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന പാരിസ്ഥിതിക പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

9. പുനചംക്രമണം എന്നാലെന്ത്?

10. ഖനനംമൂലം ജലമണ്ഡലത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഏതെങ്കിലും മൂന്ന് പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുക.

അധ്യായം

07

ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes)

E9G1C6

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ രീതിയും കാരണങ്ങളും വിവരിക്കുന്നു.
- ഫലകസീമകളിൽ നടക്കുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- ലോകത്തിലെ പ്രധാന ഭൂകമ്പമേഖലകളെ വരച്ചുകാണിക്കുന്നു.
- വിവിധ തരം ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളെ വിവേചിക്കുന്നു.
- സീസ്മോഗ്രാഫ്, സീസ്മോഗ്രാം എന്നിവ ചിത്രീകരിക്കുന്നു.
- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലിപ്പം നിർണയിക്കുന്ന വ്യാപ്തി, തീവ്രത മാനകങ്ങൾ തുലനം ചെയ്യുന്നു.
- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങളെ പ്രകൃതിദുരന്തമെന്ന നിലയിൽ തിരിച്ചറിയുന്നു.

ഭൂകമ്പങ്ങൾ അവയുടെ വിനാശകരമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ മൂലം ചരിത്രത്തിലുടനീളം നാഗരികതയെ ഭയചകിതരാക്കിയിട്ടുണ്ട്. വളരെ ശക്തവും വേഗമേറിയതും അപ്രതീക്ഷിതവുമായ പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളിൽപ്പെട്ടതാണ് ഭൂകമ്പങ്ങൾ. വിവർത്തനിക സമ്മർദ ബലത്താൽ ശിലകളിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജം പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാകുന്നതിനാൽ ഭൂമിയിലുണ്ടാകുന്ന പ്രകമ്പനമാണ് ഭൂകമ്പം.

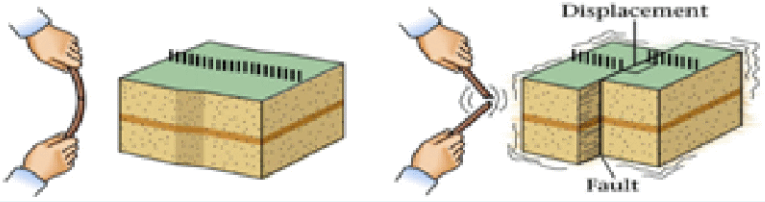
ഭൂകമ്പങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള ശാസ്ത്രീയ പഠനമാണ് **ഭൂകമ്പശാസ്ത്രം (seismology)**. ഭൂകമ്പങ്ങളെയും ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് പഠിക്കുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞരാണ് **ഭൂകമ്പവിജ്ഞാനീയർ (seismologists)**. ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പവേധ കെട്ടിടങ്ങളോ മറ്റു നിർമ്മിതികളോ രൂപകല്പന ചെയ്യുവാനും, അപകട സാധ്യതാ മേഖലകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് അനുയോജ്യമായ കെട്ടിട നിർമ്മാണ നിയമാവലികൾക്ക് രൂപം നൽകുവാനും സിവിൽ എഞ്ചിനിയർമാർക്കും എഞ്ചിനീയറിംഗ് ഭൂവൈജ്ഞാനീയർക്കും ഭൂകമ്പപഠനം സവിശേഷ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

7.1 ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണങ്ങൾ (Causes of earthquakes)

ഭൗമാന്തർഭാഗത്തെ ശിലകൾ, അവയെ വളയ്ക്കുവാനും തിരിക്കുവാനും പൊട്ടിക്കുവാനുമെല്ലാമുതകുന്ന ബലങ്ങൾക്ക് നിരന്തരം വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് ഇതിനകം അധ്യായം IV (ഭൗമശിലാഘടനകൾ (Geological structures)) ൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ശിലകളിൽ രൂപമാറ്റത്തിന് ഹേതുവാകുന്ന ബലങ്ങളെ വ്യതിരിക്ത സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ (differential stresses) അതായത് എല്ലാ ദിശകളിൽ നിന്നും തുല്യമല്ലാത്ത അളവിൽ ചെലുത്തപ്പെടുന്ന സമ്മർദ്ദ ബലം എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ശിലകൾക്ക് വളയലോ, തിരിയലോ പൊട്ടലോ സംഭവിക്കുമ്പോൾ അവയ്ക്ക് രൂപമാറ്റമുണ്ടാകുന്നുവെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. ശിലകളെ രൂപമാറ്റപ്പെടുത്തുന്ന മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള സമ്മർദ്ദബലങ്ങളെപ്പറ്റിയും (ശിലകളെ വലിച്ചുനീട്ടുന്ന വലിവുബലം (tensional stress), ശിലകളെ ഞെരുക്കുന്ന സങ്കോചബലം (compressional stress), ശിലകളെ ഉരസി നീക്കി തെന്നാൻ കാരണമാക്കുന്ന ഛേദകബലം (shear stress)) നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. വർദ്ധിതമായ വ്യതിരിക്ത സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾക്ക് ശില വിധേയമായാൽ, അതിന്റെ ആകൃതി, വലുപ്പം, വ്യാപ്തം, എന്നിവ മാറാവുന്നതാണ്. ആകൃതിയിലോ വലുപ്പത്തിലോ വ്യാപ്തത്തിലോ വരുന്ന അത്തരം മാറ്റത്തെയാണ് സമ്മർദ്ദഫലം (strain) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്.

രൂപമാറ്റത്തിന്റെ മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളെയും (പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുന്ന ഇലാസ്തിക രൂപമാറ്റം (elastic deformation), പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കാത്ത വിധം രൂപം മാറുന്ന വഴങ്ങൽ രൂപമാറ്റം (ductile deformation), പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിക്കാത്തതും

വസ്തുവിന് പൊട്ടൽ സംഭവിക്കുന്നതുമായ പൊട്ടൽ രൂപ മാറ്റം (fracture deformation) (ചിത്രം 7.1) സംബന്ധിച്ച് മനസ്സിലാക്കിയ കാര്യം ഓർത്തുനോക്കുക. സാധാരണയായി ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്തുള്ള ശിലകളെല്ലാം ഭംഗുരസ്വഭാവമുള്ളവയാണ്. അതിനാൽ, വ്യതിരിക്ത സമ്മർദബലങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുമ്പോൾ, അവ പൊട്ടിപ്പോകുന്നു.



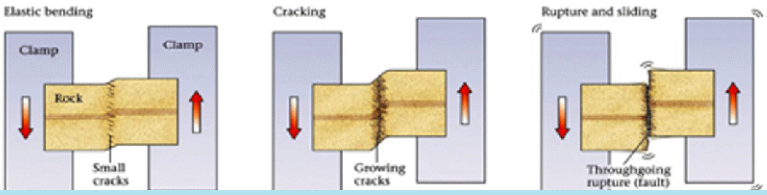
ചിത്രം 7.1 വഴങ്ങുന്ന സമ്മർദഫലവും ഭംഗുരരൂപമാറ്റവും

ഭംഗുര സ്വഭാവമുള്ള പാറകൾ പൊട്ടുകയും തത്ഫലമായി വിള്ളലിന്റെ ഇരു വശത്തുള്ള ശിലകൾക്ക് ആപേക്ഷികമായി സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോഴാണ് ഭ്രംശങ്ങൾ (faults) ഉണ്ടാകുന്നത്. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിവിധ കാരണങ്ങളിൽ ഭ്രംശനചലനമാണ് കൂടുതൽ വ്യാപകമായ ഒരു കാരണമായി വർത്തിക്കുന്നത്. ഭ്രംശനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുണ്ടാകുന്ന പിളർപ്പുകളും അനുബന്ധമായുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പ സ്പന്ദനങ്ങളും വിശദീകരിക്കുന്ന പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും വിവിധ സമയങ്ങളിലായി മുന്നോട്ട് വെക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

7.1.1 ഭ്രംശനവും ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തവും (Faulting and Elastic Rebound Theory)

1906 ൽ എച്ച്.എച്ച്.റീഡ് മുന്നോട്ട് വെച്ച ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തം ഒട്ടുമിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കും തൃപ്തികരമായ വിശദീകരണം നൽകുന്ന ഒന്നായി വ്യാപകമായി അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ശിലകളിൽ പടിപടിയായി സംഭരിക്കപ്പെട്ട സമ്മർദബലം പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാകുകയും തത്ഫലമായി ഭ്രംശനത്തിലൂടെ സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം സമ്മർദ്ദബലം ചെലുത്തപ്പെടുമ്പോൾ ശിലകൾ ഇലാസ്തിക സ്വഭാവത്തിലാണ് പെരുമാറുന്നത്. എപ്പോഴാണോ സമ്മർദബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്, ആദ്യം ഇലാസ്തികസ്വഭാവവും തുടർന്ന് പ്ലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവത്തോടു കൂടിയതുമായ രൂപമാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ സമ്മർദ്ദബലത്തിന്റെ തീവ്രത വർദ്ധിക്കുന്നതോടെ, ശിലകൾ പ്ലാസ്റ്റിക് രൂപമാറ്റത്തിന്റെ പരിധി വിടുകയും അവയ്ക്ക് പിളർപ്പുണ്ടാവുകയും തുടർന്ന് സ്ഥാനഭ്രംശത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 7.2 ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ചിത്രീകരണം.

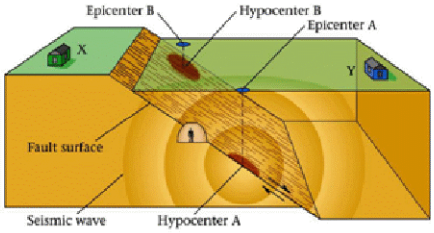
ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച്, ഒരു ഭ്രംശനത്തിലൂടെയുള്ള ശിലകളുടെ തെന്നലിന് വിഘ്നമുണ്ടാകുമ്പോൾ ഭ്രംശനത്തിനിരുഭാഗത്തും രൂപ മാറ്റത്തിലായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ശിലകളിൽ കൂടുതൽ ഊർജം സംഭരിക്കപ്പെ ടുന്നതാണ്. ശിലകളുടെ വഴുതൽ നടക്കുമ്പോൾ ഈ സംഭരിത ഊർജം വിമുക്ത മാവുകയും ഭൂകമ്പത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂകമ്പം നടക്കുന്നതിന് മുമ്പ് ഭ്രംശനങ്ങളുടെ സമീപമുള്ള ശിലകൾ വളയുന്നതായി കാണപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം ഈ വക്രീകൃതാവസ്ഥ, അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാകുന്നത് വക്രീകൃത ശിലകളിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ട ഊർജം ഭൂകമ്പത്തിലൂടെ പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാകുന്നുവെന്നാണ്.

ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഘർഷണം നിമിത്തം ഭ്രംശനത്തിലൂടെ അവ യുടെ തുടർന്നുള്ള ചലനം തടസ്സപ്പെടുന്നതാണ്. എന്നാൽ ഭ്രംശമേഖലകളിൽ വീണ്ടും ഇലാസ്തിക സമ്മർദ്ദഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഊർജം സംഭരിക്കപ്പെടുകയും ഘർഷണത്തെ മറികടക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ മറ്റൊരു ഭൂകമ്പമായി അത് ഭവി ക്കുന്നതാണ്. ഒരിക്കൽ ഒരു ഭ്രംശനം രൂപം കൊണ്ടാൽ, ഭൂവൽക്കത്തിലെ ഒരു ദുർബല മേഖലയായി അത് മാറുകയും അവിടെ സമ്മർദബലം ഉളവാക്കുന്നിട ത്തോളം കാലം ഭ്രംശന ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകാനിടവരികയും ചെയ്യുന്നു. ശിലാപിണ്ഡങ്ങൾക്ക് സ്ഥാനഭ്രംശം സംഭവിക്കുന്നതോട് കൂടെതന്നെ, സമ്മർദ്ദ ബലത്താൽ രൂപപ്പെട്ട വക്രതയിൽ നിന്നും അവ പൂർവ്വസ്ഥാനത്തേക്ക് മടങ്ങിവരുന്നുവെന്നതാണ് ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ആശയം. ഈ ഉത്പതന പ്രക്രിയാ വേളയിൽ സമ്മർദ്ദബലത്തിനിടയിൽ സംഭരി ക്കപ്പെട്ട ഇലാസ്തിക ഊർജം സ്ഥാനചലനം നടന്നിടത്ത് നിന്നും (ഭൂകമ്പ ഉത്ഭവ കേന്ദ്രം) സീസ്മിക് തരംഗങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ മോചിതമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവകേന്ദ്രവും ഉപരികേന്ദ്രവും
(Focus and epicenter of an earthquake)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിന് താഴെ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ശരിയായ സ്ഥാനമായി വർത്തിച്ച് ഭ്രംശന പിളർപ്പ് ആരംഭിക്കുന്ന സ്ഥലമാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റെ **ഉത്ഭവകേന്ദ്രം (focus)** അല്ലെങ്കിൽ **പ്രഭവകേന്ദ്രം** അഥവാ **ഹൈപോസെന്റർ (hypocentre)**. ഇതാണ് സീസ്മിക് തരംഗങ്ങൾ പുറപ്പെടുന്ന കൃത്യമായ സ്ഥാനം. മറ്റൊരർത്ഥ ത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനമാണ് ഫോക്കസ് (focus) അഥവാ

ഉത്ഭവകേന്ദ്രം. ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തിൽ വിള്ളൽ ആരംഭിച്ച് ഭ്രംശന മേഖലയിലൂടെ അതി വേഗം വ്യാപിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. ഉത്ഭവ കേന്ദ്രത്തിന് നേരെ മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഭൗമോപരിതലത്തിലുള്ള സ്ഥാനത്തെ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ **ഉപരികേന്ദ്രം (epicenter)** എന്നാണ് പറയുന്നത്.



ചിത്രം 7.3 ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവകേന്ദ്രവും ഉപരികേന്ദ്രവും

മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും ഉത്ഭവം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനടുത്തായിട്ടാണെങ്കിലും ചില ഭൂകമ്പങ്ങൾ കൂടുതൽ ആഴത്തിൽ നിന്നും ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തിന്റെ പരമാവധി ആഴം ഏകദേശം 700 കി.മീറ്ററാണ്. ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തിന്റെ ആഴം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനനുസരിച്ച് ഭൂകമ്പങ്ങളെ മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാവുന്നതാണ്.

എ) ആഴം കുറഞ്ഞ ഉത്ഭവകേന്ദ്ര ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Shallow focus earthquakes): ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനും 70 കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴത്തിനുമിടയിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ.

ബി) മധ്യമ ആഴ ഉത്ഭവകേന്ദ്ര ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Intermediate focus earthquakes): 70 മുതൽ 350 കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ നിന്നുമുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ.

സി) അഗാധ ഉത്ഭവകേന്ദ്ര ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Deep focus earthquakes): 350 മുതൽ 700 കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ നടക്കുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ.

ആഴം കുറഞ്ഞ ഉത്ഭവകേന്ദ്രത്തോട് കൂടിയ ഭൂകമ്പങ്ങളാണ് സാധാരണ കൂടുതലായിട്ടുണ്ടാകുന്നത്. മൊത്തം പ്രമുക്തമാകുന്ന ഊർജത്തിന്റെ 85 ശതമാനവും ഈ ഗണത്തിൽ പെടുന്നു. വളരെ അപൂർവ്വമായിട്ടാണ് മധ്യമ ആഴത്തിലും (12%) കൂടുതൽ ആഴത്തിലും (3%) ഉത്ഭവകേന്ദ്രം സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ നടക്കുന്നത്. കൂടുതൽ ആഴത്തിലുള്ള ശിലകൾ സമ്മർദ്ദ ബലത്തിനോ രൂപമാറ്റത്തിനോ വിധേയപ്പെടുന്നത് പ്ലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവത്തോടെ ആയതിനാൽ ഭംഗുരസ്വാഭാവമുള്ള ശിലകളെപ്പോലെ ഊർജ്ജം സംഭരിക്കുവാനും പെട്ടെന്ന് വിമുക്തമാക്കുവാനും പ്രാപ്തിയില്ലാത്തതാണ് ഇതിന് കാരണം.

7.1.2 ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ടെക്റ്റോണിക് കാരണങ്ങൾ (Tectonic causes of earthquakes)

ഭ്രംശനത്താലുണ്ടാകുന്ന പിളർപ്പ് (Rupture) പ്രതലത്തിലൂടെ ശില പെട്ടെന്ന് ലംബമായോ പാർശ്വസ്ഥമായോ ചലിക്കുന്നത് മൂലമാണ് ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടാകുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഭൂകമ്പങ്ങൾക്ക് നിമിത്തമാകുന്ന വിവിധ കാരണങ്ങളിൽ, വിവർത്തനിക പ്രവർത്തനത്താലുണ്ടാകുന്ന ഭ്രംശ ചലനമാണ് കൂടുതൽ വ്യാപകമായി ഭൂകമ്പത്തിനിടയാക്കുന്നത്.

ടെക്റ്റോണിക് ഭൂകമ്പങ്ങൾ കൂടുതൽ സാധാരണവും വിനാശകരവുമാണ്. സ്ഥാനാന്തരണം മൂലമോ രൂപമാറ്റം മൂലമോ ഭൂവൽക്കത്തിനുണ്ടാകുന്ന ഘടനാപരമായ മാറ്റങ്ങളെയാണ് ടെക്റ്റോണിക് (tectonic) എന്ന പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂവൽക്കത്തിനകത്തെ ചലനങ്ങൾ ദുർബല സ്ഥാനങ്ങളിൽ സമ്മർദ്ദബലം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടാനും ശിലകളെ രൂപമാറ്റത്തിനിടയാക്കുവാനും കാരണമാകുന്നു.

ഫലകവിവർത്തനിക പ്രവർത്തനത്തോടനുബന്ധമായി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം നിരന്തരമായ മന്ദചലനത്തിലാണ്. ഭൂഗോളത്തിന്റെ മൊത്തം ഉപരിഭാഗവും ഫലകങ്ങളാൽ ആവരണം ചെയ്യുന്നു. ഫലകങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ചലിക്കുന്നതിനാൽ, ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ അവ പരസ്പരം ഉരസി നീങ്ങുന്നു (സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഫോൾട്ട് പോലെ), അതേ സമയം മറ്റ് ചിലയിടങ്ങളിൽ (സൗത്ത് അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ അതിർത്തിയിലെ പെറു - ചിലി ട്രഞ്ചിലേതുപോലെ) ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനടിയിലേക്ക് താഴുകയോ, ഒന്ന് മറ്റൊന്നിൽ നിന്നും (മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വത വരമ്പിലേത് പോലെ) പരസ്പരം അകന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം സ്ഥലങ്ങളിലെല്ലാം ഫലകാതിരുകളിലെ ശിലാപിണ്ഡങ്ങൾ വക്രീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു (നാം അതിനെ സമ്മർദഫലം (strain) എന്ന് വിളിക്കുന്നു). ചലനം തുടരുന്നതിനനുസരിച്ച് സമ്മർദ്ദഫലം കൂടിക്കൂടി തുടർന്നുള്ള വക്രീകരണത്തെ അതിജയിക്കാൻ പറ്റാത്ത അവസ്ഥയിലേക്കെത്തുന്നു. അങ്ങനെ ശിലാപിണ്ഡങ്ങൾ പൊട്ടിപ്പോവുകയും ഈ സംഭവവികാസം ഒരു ഭൂകമ്പത്തിനിടയാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

7.1.3 നോൺ ടെക്റ്റോണിക് കാരണങ്ങളാലുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Non-tectonic causes of earthquakes)

അഗ്നിപർവ്വത വിസ്ഫോടനങ്ങൾ, ഭൂഗർഭ ആണവ സ്ഫോടനം, ഭീമൻ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ, വലിയ ഉൽക്കാപതനം കൊണ്ടുള്ള ആഘാതം എന്നിവ മൂലമുണ്ടാകുന്ന കമ്പനങ്ങളോടനുബന്ധിച്ചു നടക്കുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെല്ലാം വിവർത്തനികേതര കാരണങ്ങളിൽ പെടുന്നു.

അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനം മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെ അഗ്നിപർവ്വത ഭൂകമ്പങ്ങൾ (volcanic earthquakes) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത്തരം സന്ദർഭങ്ങളിലെല്ലാം, ഭൂകമ്പങ്ങൾ അഗ്നിപർവ്വതത്തിനു സമീപമുള്ള ശിലാപിണ്ഡങ്ങളുടെ പെട്ടെന്നുള്ള വഴുതൽ നടക്കുന്നത് മൂലവും അനുബന്ധമായി സംഭരിത ഊർജം പെട്ടെന്ന് പ്രമുക്തമാകുന്നതിനാലും ഉടലെടുക്കുന്നവയാണ്. സർക്കം പസഫിക് മേഖല (Circum Pacific belt) യിലും മധ്യ സമുദ്രാന്തര പർവ്വത വരമ്പുകളിലുമുള്ള സ്ഥിതിവിശേഷം പോലെ സജീവ അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളുടെയും ഇടയ്ക്കിടെയുണ്ടാകുന്ന വലിയ ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ വിന്യാസസ്ഥാനങ്ങൾ തമ്മിൽ പരസ്പര സാദൃശ്യം കാണുന്നുണ്ട്.

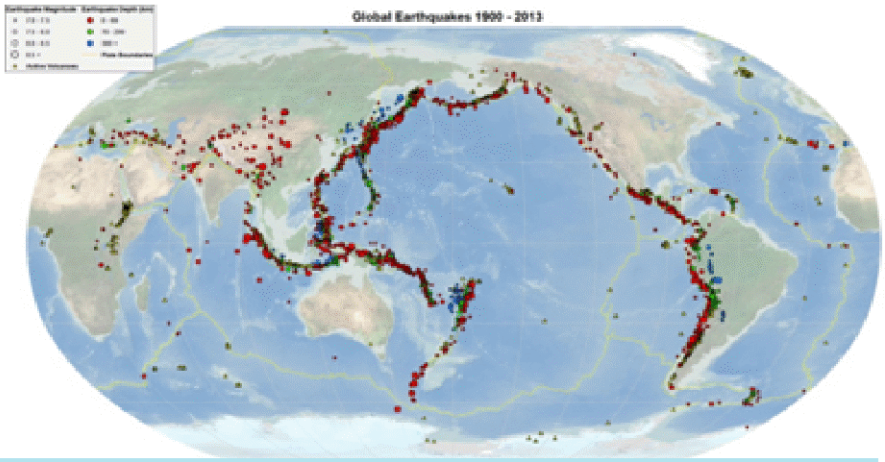
അഗ്നിപർവ്വത ഭൂകമ്പങ്ങൾ, സജീവമായ അഗ്നിപർവതങ്ങളെ ചുറ്റിപ്പറ്റിയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. പ്രധാനമായും സ്ഫോടനാത്മകമായ ഉൽസർജനത്താലും, ഭൂഗർഭ അറകളും ചാലുകളും ശിലാദ്രവ (magma) ത്താൽ ശക്തിയായി നിറയ്ക്കപ്പെടുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന ആഘാതത്താലുമാണ് ഇത്തരം ഭൂകമ്പങ്ങൾ നടക്കുന്നത്. വലിയ ഭൂഗർഭ ആണവ സ്ഫോടനങ്ങൾ വഴിയുള്ള പൊട്ടിത്തെറി, ഖനികളിലെ ഖനനം, അണക്കെട്ടുകൾക്ക് പിന്നിലെ വലിയ ജലസംഭരണികൾ (reservoirs) നിറയ്ക്കൽ എന്നിവയും ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കിടയാക്കാറുണ്ട്.

വലിയതും ഉയരമുള്ളതുമായ അണക്കെട്ടുകൾക്ക് പുറകിൽ വെള്ളം നിറയുന്നത് മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനങ്ങളെ റിസർവോയർ പ്രേരിത ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Reservoir Induced Seismicity or 'RIS') എന്ന് പറയുന്നു. 100 മീറ്ററിലധികം ആഴത്തിലും 1 ഘന കി.മീറ്റർ വ്യാപ്തത്തിലുമുള്ള ജലസംഭരണികളാകുംകൂടുതലായും ഭൂകമ്പങ്ങൾക്ക് വഴി വയ്ക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയിലെ കൊയ്നയിൽ 1967 ലുണ്ടായ ഭൂകമ്പം, കൊയ്ന ഡാമിന്റെയും ബന്ധപ്പെട്ട ജലാശയത്തിന്റെയും പ്രേരിതഫലമായിട്ടുണ്ടായതായി കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

മലഞ്ചെരുവുകളിൽ വേണ്ടത്ര ശക്തിയിലുണ്ടാകുന്ന ഉരുൾപൊട്ടലുകളും ശിലാപാതവും ചെറിയ തോതിലുള്ള ഭൂചലനങ്ങൾക്ക് കാരണമാകാറുണ്ട്. വ്യവസായ മേഖലകളിൽ, കനത്ത യന്ത്രങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനവും, റെയിൽപ്പാതയിലൂടെയുള്ള തീവണ്ടികളുടെ ചലനവും, വലിയ വാഹനങ്ങളുടെ ചലനങ്ങളുമെല്ലാം, ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നേരിയ കമ്പനങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നവയാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഉൽക്കാപതനമുണ്ടാക്കുന്ന ആഘാതവും ഭൂചലനത്തിന് കാരണമായേക്കാം.

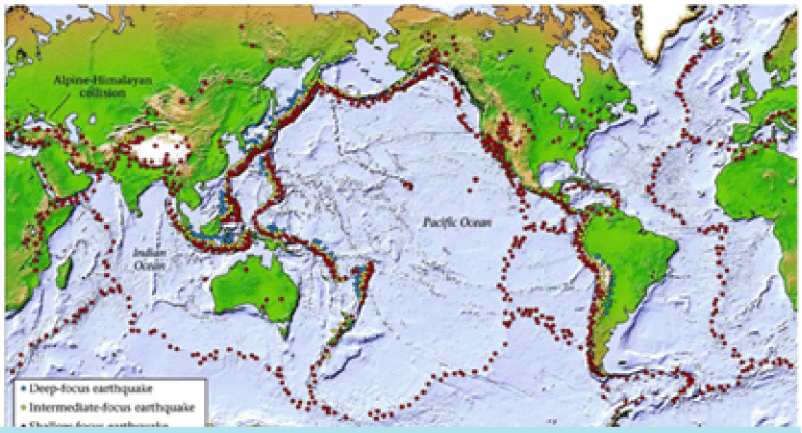
7.2 ഭൂകമ്പങ്ങളും പ്ലെയ്റ്റ് ടെക്റ്റോണിക്സും (Earthquakes and Plate tectonics)

ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിന്യാസ സ്ഥാനവും, ആവർത്തനവും **ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനം അഥവാ സീസ്മിസിറ്റി (seismicity)** എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാവുന്നതാണ് (ചിത്രം 7.4). മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളും വിവർത്തനിക ഫലക സീമകളോട് ചേർന്ന് നിലകൊള്ളുന്ന താരതമ്യേന പരിമിതമായ മേഖലകളിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ചിലത് ഫലകങ്ങൾക്കകത്താണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഇവയെ **അന്തർഫലക ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Intraplate earthquakes)** എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 7.4 ലോക ഭൂകമ്പ ഭൂപടം

ശിലാമണ്ഡല ഫലകങ്ങൾ (Lithospheric Plates) ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനെ അപേക്ഷിച്ച് ചലിക്കുന്ന മേഖലകളാണ് ഫലക സീമകളെന്ന് നിങ്ങൾ നേരത്തെ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്ത് ഭൂകമ്പ മേഖലകളും ഫലകസീമകളും തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിക്കാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 7.5 ശിലാമണ്ഡല ഫലക സീമകളിലെ ഭൂകമ്പ മേഖലകൾ

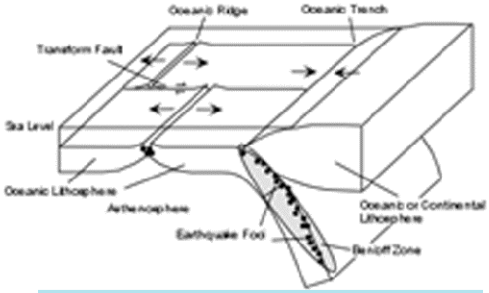
7.2.1 വിയോജന ഫലകസീമകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes at diverging plate boundaries)

രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം അകന്ന് നീങ്ങുന്ന (സമുദ്ര വരമ്പുകളിലേതുപോലെ) മേഖലകളാണ് വിയോജന ഫലകസീമകൾ. ഇത്തരം ഭാഗങ്ങളിൽ ശിലാമണ്ഡലം വലിവു ബലം അനുഭവപ്പെടുന്ന അവസ്ഥയിലാണ്. അതിനാൽ അവിടെ സാധാരണ ഭ്രംശനങ്ങളും ഭ്രംശതാഴ്വരകളും കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം ഫലകസീമകളിലുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങൾ നേർഭ്രംശചലനം (Normal fault) കാണിക്കുന്ന

വയും 20 കി.മീറ്ററിൽ കുറഞ്ഞ ആഴത്തിൽ പ്രഭവസ്ഥാനമുള്ള (ആഴം കുറഞ്ഞ പ്രഭവസ്ഥാനത്തോട് കൂടിയ) വയുമായിരിക്കും. ഇത്തരം കുറഞ്ഞ ആഴത്തിലുള്ള പ്രഭവസ്ഥാനങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, വിയോജന ഫലക സീമകളിൽ ഭംഗുര സ്വഭാവമുള്ള ശിലാമണ്ഡലം താരതമ്യേന നേർത്തതാണെന്നാണ്.

7.2.2 സംയോജന ഫലകസീമകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes at converging plate boundaries)

ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ പരസ്പരം അടുക്കുന്ന ഫലക സീമകളാണ് സംയോജന ഫലകസീമകൾ. ഇവിടെ ചുരുങ്ങൽ ബലങ്ങൾ സജീവമാവുകയും, പ്രതിഭ്രംശനം (Reverse fault) അല്ലെങ്കിൽ തള്ളൽഭ്രംശനം (thrust fault) സാധാരണയായി കാണപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്ന മേഖലകളാണ്. രണ്ട് തരത്തിലുള്ള സംയോജന സീമകളാണുള്ളത്. അതായത് (1) നിമജ്ജന സീമകൾ (subduction boundaries). ഇവിടെ ഒരു സമുദ്രഫലകം മറ്റൊരു സമുദ്ര ഫലകത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ വൻകരാ ഫലകത്തിന്റെ അടിയിലേക്ക് തള്ളപ്പെടുന്നു. (2) സംഘട്ടന സീമകൾ (Collision boundaries) ഇവിടെ വൻകരാശിലാമണ്ഡലത്തോട് കൂടിയ രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ കൂട്ടിയിടിക്കപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 7.6 നിമജ്ജന മേഖലയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഭൂചലനങ്ങൾ

രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിക്കുന്ന നിമജ്ജന സീമകളിൽ, താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിലുള്ള ശിലാമണ്ഡലം മാന്റിലിലേക്ക് തള്ളി ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നു. നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ശിലാമണ്ഡലം താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിലായതിനാൽ, താണുപോകുമ്പോൾ ഭംഗുരാവസ്ഥയിൽ തന്നെ ശേഷിക്കുകയും, ചുരുങ്ങൽ ബലത്താൽ പൊട്ടാനിടവരികയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ പൊട്ടുന്ന വേളയിൽ, അടിയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതിനനുസൃതമായി വർദ്ധിത ആഴത്തിൽ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ഒരു മേഖലയെത്തന്നെ സൃഷ്ടിക്കുന്നതാണ് (ചിത്രം 7.6). ഒരു സമുദ്ര ഫലകം മറ്റൊരു ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് തെന്നിയിറങ്ങുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഈ ഭൂകമ്പ മേഖലയെ **ബെനിയോഫ് മേഖല (Benioff Zone)** എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നു. ബെനിയോഫ് മേഖലയിൽ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രഭവകേന്ദ്രം 700 കി.മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിലെത്താവുന്നതാണ്. സംഘട്ടനസീമകളിൽ (collision boundaries) രണ്ട് വൻകരാ ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം കൂട്ടിയിടിക്കുകയും, വലന-തള്ളൽ പർവ്വത മേഖലകളെ സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്. തള്ളൽ ഭ്രംശന പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി 200 കി.മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിലുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതാണ്.

7.2.3 ഛേദക/രൂപാന്തര ഭ്രംശസീമകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes at transform fault boundaries)

ശിലാമണ്ഡല ഫലകങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായി തെന്നി നീങ്ങുന്ന തരത്തിലുള്ള സീമകളാണ് ഛേദക സീമകൾ (രൂപാന്തര ഭ്രംശ സീമകൾ). കാലിഫോർണിയയിലെ സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശം (San Andreas Fault) അറിയപ്പെട്ടതിൽ വെച്ചേറ്റവും വലിയ ഛേദക സീമയാണ്. ഈ സീമകളിലുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പ്രഭവ കേന്ദ്രങ്ങൾ ആഴം കുറഞ്ഞവയും 50 കി.മീറ്ററിൽ താഴെ ഉള്ളവയുമായിരിക്കും.

7.2.4 ഫലകാന്തർഭാഗ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Intraplate earthquakes)

ഫലക സീമകളുടെ സമീപമല്ലാത്ത വിധത്തിൽ, വൻകരകളുടെ സ്ഥിരതയാർന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളാണിവ. ചില ഫലകാന്തർഭാഗ ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണങ്ങൾ ശരിയായ വിധം ബോധ്യപ്പെട്ടിട്ടില്ലെങ്കിൽ കൂടി, പുരാതന ഭ്രംശ മേഖലകൾ പുനഃസജീവമാകുന്നതിന്റെ ഫലമായി പല ഭൂകമ്പങ്ങളും ഇത്തരത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്.

7.3 ലോകത്തിലെ ഭൂകമ്പമേഖലകൾ (Seismic belts of the world)

ഭൂഗോളത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് എന്തെന്നാൽ ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പം ഇടയ്ക്കിടെ നടക്കുന്നുവെന്നും, മറ്റ് ചിലയിടങ്ങളിൽ വളരെ അപൂർവ്വവും ദുർബലവുമാണെന്നാണ്. വിനാശകരമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ മിക്കതും ഉത്ഭവിക്കുന്നത് രണ്ട് വ്യക്തമായി നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ട മേഖലകളിലാണ്. അവ (1) പസഫിക് സമുദ്രത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള മേഖല (The Circum Pacific belt) യും (2) മെഡിറ്ററേനിയൻ - ട്രാൻസ് ഏഷ്യാറ്റിക് ഹിമാലയൻ (Mediterranean - Trans Asiatic Himalayan belt) മേഖലയുമാണ്. ഇവയിൽ പസഫിക് സമുദ്ര പരിധിയെ വലയം ചെയ്തു സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന മേഖലയിലാണ് ഏറ്റവും കൂടുതലായി ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്. അഗാധ സമുദ്രകയങ്ങളും (deep ocean trenches) അനുബന്ധമായ ദ്വീപുകമാനങ്ങളും (island arcs) ഈ മേഖലയോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്നു. തെക്ക്, വടക്കെ അമേരിക്കകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ മലനിരകളിൽ നിന്നും തുടങ്ങി, ഏഷ്യയിലൂടെ കടന്ന് കിഴക്കൻ തീരത്ത് കൂടെയും അതോട് ചേർന്നു കിടക്കുന്ന ദ്വീപുകമാനങ്ങളിലൂടെയും തെക്കോട്ട് നീണ്ട് കിടക്കുന്നതാണ് ഈ മേഖല. ലോകത്തിലെ ആഴമില്ലാത്ത പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളിൽ 80 ശതമാനവും, ഇടത്തരം ആഴത്തിൽ പ്രഭവകേന്ദ്രമുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ 90 ശതമാനവും അഗാധ പ്രഭവകേന്ദ്രമുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ഏതാണ്ട് 100 ശതമാനവും ഈ മേഖലയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

രണ്ടാമത്തെ വലിയ ഭൂകമ്പമേഖലയാണ് മെഡിറ്ററേനിയൻ - ഹിമാലയൻ മേഖല. ഇത് മെഡിറ്ററേനിയൻ കടൽ വഴി മധ്യ പൂർവ്വ രാജ്യങ്ങൾ, ഹിമാലയ

പർവ്വത പ്രദേശങ്ങൾ കടന്ന് ഈസ്റ്റ് ഇൻഡീസിലൂടെ ആസ്ട്രേലിയയുടെ വടക്ക് ഭാഗത്തായി പസഫിക് മേഖലയിലേക്ക് എത്തുന്നു. ഈ മേഖല ഏതാണ്ട് ടെർഷ്യറി - നവീന കാലഘട്ടത്തെ പർവ്വതോത്ഥാന മേഖലകളിലൂടെയാണ് കടന്ന് പോകുന്നത്. ഭൂകമ്പ മേഖലകളായി കിടക്കുന്നത് കരഭാഗത്തെ ഉൾനാടൻ ഭൂപ്രദേശങ്ങളായതിനാൽ അനുബന്ധമായി ഗർത്തങ്ങൾ കാണപ്പെടുകയില്ല. ഇവയ്ക്ക് പുറമെ മറ്റു ഭൂകമ്പമേഖലകളായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് സമുദ്ര മധ്യമലകളും (Mid oceanic ridges) അവയെ ഛേദിച്ചു കിടക്കുന്ന രൂപാന്തര (ഛേദക) ഭ്രംശ മേഖലകളുമാണ്.

വിവിധ ഫലകങ്ങളുടെ സീമകളിലായിട്ടാണ് മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളും ഉടലെടുക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ഇതിനകം മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഭൂഗോളത്തിന്റെ ദുർബല മേഖലകളുമായും വിവർത്തനികമായി അസ്ഥിരപ്പെടുത്തപ്പെടുന്ന ഭൂപ്രദേശങ്ങളുമായും ഭൂകമ്പ മേഖലകൾ വളരെയധികം ബന്ധപ്പെട്ടു കിടക്കുന്നുണ്ട്. നിങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ലോഗിൽ ലോകത്തിലെ ഭൂകമ്പ മേഖലകളെ കാണിക്കുന്ന ഒരു ഭൂപടം ഇനി നിങ്ങൾ തയ്യാറാക്കുക.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഭ്രംശനങ്ങൾ, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങൾ, ഉപകേന്ദ്രങ്ങൾ എന്നിവ എങ്ങനെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?
2. ആഴത്തിൽ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടാകുന്ന ബെനിയോഫ് മേഖലയെ എങ്ങനെ വിശദീകരിക്കാം?
3. ഭൂകമ്പങ്ങൾ ദൃഢസ്വഭാവമുള്ള ശിലാമണ്ഡലങ്ങളിലാണ് നടക്കുന്നത്, മറിച്ച് പ്ലാസ്റ്റിക് സ്വഭാവമുള്ള ആസ്തനോസ്ഫിയറിലല്ല. ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ഈ പ്രതിഭാസത്തെ വിശദീകരിക്കാനാവുമോ?

7.4 ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ (Seismic waves)

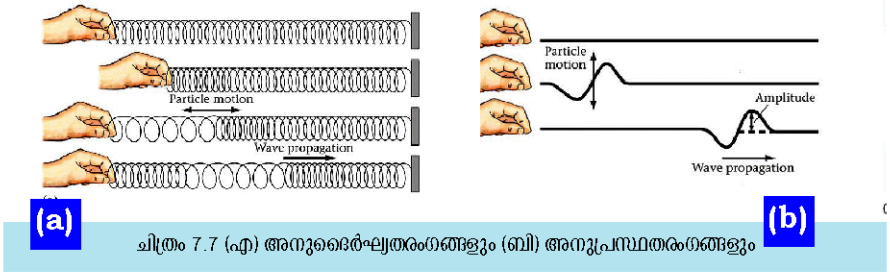
ഭൗമാന്തർഭാഗത്തെ ഭ്രംശനങ്ങളിൽ, പൊട്ടൽ സംഭവിച്ച് ശിലകളിലെ ഇലാസ്തിക ആയാസ ഊർജം പെട്ടെന്ന് പുറത്ത് വരുന്നത് മൂലം ഭൂമിയിലുണ്ടാകുന്ന ഇളക്കമോ കുലുക്കമോ ആണ് ഭൂകമ്പമെന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ഇതിനകം മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഊർജത്തിന്റെ ഈ പ്രമുക്തമാകൽ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവ പ്രദേശത്തിന് സമീപം തീവ്രമായ ഭൗമചലനമുണ്ടാക്കുകയും ഭൂമിയൊട്ടാകെ വ്യാപിക്കുന്ന വിധത്തിൽ **ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ (seismic waves)** എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന ഇലാസ്തിക ഊർജമായി പുറപ്പെടുവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂചലനം ഏതാനും സെക്കന്റുകളോ വളരെ അപൂർവ്വമായി മാത്രം ഒരു മിനുട്ടിൽ കൂടുതലോ നിലനിൽക്കുന്നതാണ്.

ഭൂകമ്പത്തിന്റെ സമയത്തും അതിനു ശേഷവും ഭൂമിയിലൂടെ കടന്നു പോകുന്ന വികിരണ ഊർജമാണ് ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളായി അറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻ തരംഗങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഒരു പൊതു ധാരണ അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

തരംഗ വ്യാപന സമയത്ത്, അവ സഞ്ചരിക്കുന്ന മാധ്യമത്തിലെ കണങ്ങൾ എങ്ങനെ ചലിക്കുന്നുവെന്നതിനെയോ, അല്ലെങ്കിൽ തരംഗങ്ങൾ അവ സഞ്ചരിക്കുന്ന വസ്തുക്കളിൽ രൂപമാറ്റമുണ്ടാക്കുന്നതെങ്ങനെയാണോ എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, തരംഗങ്ങളെ തരംതിരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഈ വിധത്തിൽ, തരംഗങ്ങളെ രണ്ടിനമായി തിരിക്കാവുന്നതാണ്.

(1) **അനുദൈർഘ്യ (സമ്മർദ) തരംഗങ്ങൾ (Longitudinal (compressional) waves)** - സഞ്ചരിക്കുന്ന മാധ്യമത്തിലെ കണങ്ങൾ തരംഗദിശക്ക് സമാന്തരമായി ചലിക്കുകയും സഞ്ചാര വേളയിൽ പദാർത്ഥത്തെ ഞെരുക്കുകയും അയക്കുകയും (മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും ചലിപ്പിച്ച്) ചെയ്യുന്നതുമായ തരംഗങ്ങളാണിവ. (ചിത്രം 7.7 എ). ഈ തരംഗങ്ങൾക്ക് എല്ലാവിധ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയും (ഖരവും ദ്രവവും) സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നതാണ്.

(2) **അനുപ്രസ്ഥ (ഛേദക) തരംഗങ്ങൾ (Transverse / Shear waves)** - തരംഗ പ്രസരണ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായി മാധ്യമത്തിലെ കണങ്ങൾക്ക് സ്ഥാനാന്തരണം സംഭവിക്കുന്ന വിധത്തിലുള്ള തരംഗങ്ങളാണിവ (ചിത്രം 7.7 ബി). ഒരു കുളത്തിലെ അലകളും, ഒരു വലിച്ചു കെട്ടിയ കയർ ഇളക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന തരംഗവുമെല്ലാം വേഗത്തിൽ മനസ്സിലാകുന്ന വിധത്തിലുള്ള അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങളാണ്. അനുപ്രസ്ഥ തരംഗങ്ങൾക്ക് ദ്രവങ്ങളിലൂടെ (വാതകങ്ങളും ദ്രാവകങ്ങളും) വ്യാപിക്കാനാവില്ല.



ചിത്രം 7.7 (എ) അനുദൈർഘ്യതരംഗങ്ങളും (ബി) അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളും

തരംഗങ്ങളെ അവ കടന്നുപോകുന്ന സ്ഥലവും സ്വഭാവവുമനുസരിച്ച് രണ്ട് തരമായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

(1) അന്തർ തരംഗങ്ങൾ (Body waves):- ഇവ വസ്തുവിലൂടെ അല്ലെങ്കിൽ പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഉൾഭാഗത്ത് കൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണ്. (2) ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ (Surface waves):- പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണിവ. ഭൂകമ്പങ്ങൾ മൂലം അന്തർ തരംഗങ്ങളും ഉപരിതല തരം

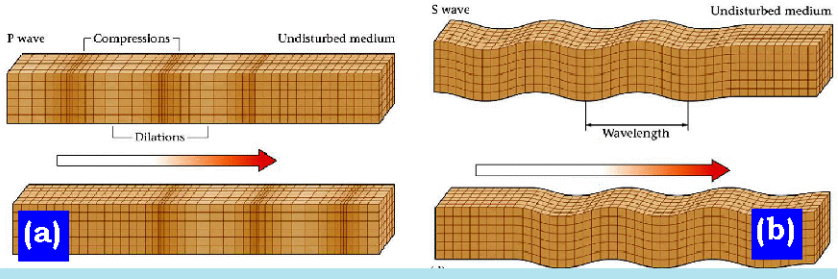
ഗങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്. ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾക്ക് പലതരത്തിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നതിനാൽ അവയെ വിവിധ ഇനങ്ങളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

7.4.1 അന്തർതരംഗങ്ങൾ (Body waves)

അന്തർ തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ അന്തർ ഭാഗത്തുനിന്നും എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണ്. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനത്ത് നിന്നാണവ പുറപ്പെടുന്നത്. രണ്ട് തരം അന്തർ തരംഗങ്ങളുണ്ട്.

(എ) പി-തരംഗങ്ങൾ (പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ) (Primary waves) : പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ സമ്മർദ്ദ തരംഗങ്ങളോ അല്ലെങ്കിൽ 'തള്ളൽ-വലിവ്' തരംഗങ്ങളോ അനുദൈർഘ്യ തരംഗങ്ങളോ ആകുന്നു (ചിത്രം 7.8 എ). ഈ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം അവ കടന്ന് പോകുന്ന ശിലകളുടെ ഇലാസ്തിക പ്രത്യേകതകളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. വായുവിലൂടെ ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതിനു സമാനമാണ് P-തരംഗങ്ങളുടെ സഞ്ചാരം. ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളിൽ ഏറ്റവും വേഗതയാർന്നവയാണ് ഈ തരംഗങ്ങൾ. അതിനാൽ ഒരു ഭൂകമ്പമാപിനി കേന്ദ്രത്തിൽ ഇവ ആദ്യമേ എത്തുന്നതാണ്.

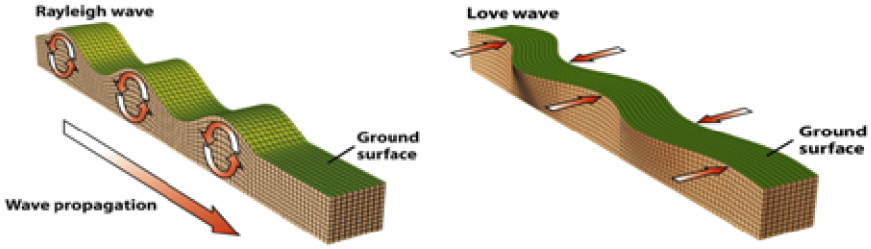
(ബി) എസ്-തരംഗങ്ങൾ (ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ) (Secondary waves) : ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങൾ അപരൂപണ തരംഗങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ അനുപ്രസ്ഥതരംഗങ്ങളാണ്. (ചിത്രം 7.8 ബി). P-തരംഗങ്ങളുടെ വേഗതയുടെ 60 ശതമാനത്തോളം വേഗത്തിൽ ഈ അന്തർതരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ P-തരംഗങ്ങൾ എത്തിയതിന് ശേഷമാണ് ഒരു ഭൂകമ്പമാപിനി കേന്ദ്രത്തിൽ S-തരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരുന്നത്. S-തരംഗങ്ങളുടെ വേഗത പ്രധാനമായും അവ കടന്ന് പോകുന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയെയും ദൃഢതയെയും ആശ്രയിച്ചാണ്. അപരൂപണത്തെ പ്രതിരോധിക്കുവാനുള്ള ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ശേഷിയെയാണ് ദൃഢത (rigidity) എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നത്. ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് ദൃഢതയില്ലെന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണല്ലോ. അതിനാൽ ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ S-തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗം പൂജ്യമാണ്. (അതായത്, അവ ദ്രാവകങ്ങളിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയില്ല.)



ചിത്രം 7.8 (എ) പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങളും (ബി) ദ്വിതീയ തരംഗങ്ങളും

7.4.2 ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ (Surface waves)

അന്തർ തരംഗങ്ങളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി, ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കാതെ ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന തരംഗങ്ങളാണ് രണ്ടാമത്തെ ഇനമായ ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ. ഇവയ്ക്ക് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ സഞ്ചാര വേഗതയാണുള്ളത്. രണ്ട് തരത്തിലുള്ള ഉപരിതല തരംഗങ്ങളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. (എ) R-തരംഗങ്ങൾ (റേലി (Rayleigh) എന്ന ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ നാമത്തിലറിയപ്പെടുന്നു). ഈ അപരൂപണ തരംഗങ്ങൾ കടന്ന് പോകുമ്പോൾ, പ്രതിലോമഗതിയിൽ, ഭൂതലം മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും മുകളിലേക്കും താഴേക്കും ലംബതലത്തിൽ ദീർഘ വൃത്താകൃതിയിൽ ചലിക്കും. (ബി) L-തരംഗങ്ങൾ (ലവ്, എന്ന ഭൂകമ്പവിജ്ഞാനീയന്റെ നാമധേയത്തിൽ അറിയപ്പെടുന്നു). ഈ ഉപരിതല അപരൂപണ തരംഗങ്ങൾ ഭൂതലത്തെ വശങ്ങളിലേക്ക് തിരശ്ചീന തലത്തിൽ (പാമ്പ് ഇഴയുന്നത് പോലെ) ചലിപ്പിക്കും. ഉപരിതല സമ്മർദ്ദ തരംഗങ്ങളില്ല, മറിച്ച് ഉപരിതല അപരൂപണ തരംഗങ്ങളേയുള്ളൂ (ചിത്രം 7.9) എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക.



ചിത്രം 7.9 റേലി തരംഗങ്ങളും ലവ് തരംഗങ്ങളും

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഭൂകമ്പമുണ്ടാകുമ്പോൾ, തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നതാണ്. അന്തർ തരംഗങ്ങളും ഉപരിതല തരംഗങ്ങളും തമ്മിൽ ഏത് വിധത്തിലാണ് വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നത്?
2. പ്രാഥമിക തരംഗങ്ങൾ സമ്മർദ്ദ തരംഗങ്ങളെന്ന് പറയപ്പെടാൻ കാരണമെന്താണ്?

7.5 സീസ്മോഗ്രാഫും സീസ്മോഗ്രാമും (Seismograph and Seismogram)

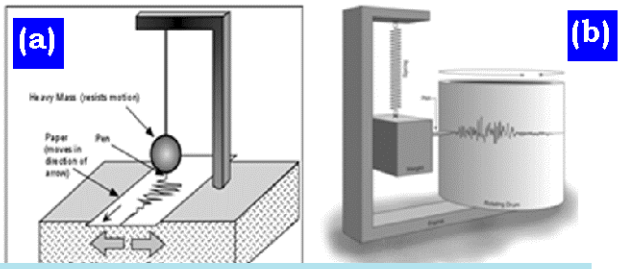
ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുകയും രേഖപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്ന ഉപകരണങ്ങളാണ് **സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ (seismographs)** അല്ലെങ്കിൽ **ഭൂകമ്പമാപിനികൾ (seismometers)**. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ മുമ്പും പിമ്പുമുള്ള ഭൂമിയുടെ കമ്പ

നങ്ങൾ അളക്കാൻ ഭൂകമ്പ വൈജ്ഞാനികൾ, സീസ്മോഗ്രാഫുകളെയാണ് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്. ഭൂകമ്പ വേളയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കമ്പനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുന്ന ഉപകരണത്തെ സീസ്മോഗ്രാഫ് (ഭൂകമ്പ ലേഖി) എന്നും, തത്ഫലമായി ലഭിക്കുന്ന കമ്പനങ്ങളെ കാണിക്കുന്ന രേഖകളെ സീസ്മോഗ്രാം **(Seismogram)** അഥവാ ഭൂകമ്പ അഭിലേഖം എന്നും പറയപ്പെടുന്നു.

കമ്പനങ്ങൾക്കൊപ്പം നീങ്ങാൻ ഭൂകമ്പ ലേഖിയ്ക്കു കഴിയുമെങ്കിലും, അതിന്റെ ഒരു ഭാഗം ഏതാണ്ട് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നില കൊള്ളണം. നിശ്ചലതാ (ജഡത്വം) തത്വമാണ് ഇവിടെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്. ഇപ്രകാരം രേഖപ്പെടുത്തുന്ന (പേന പോലെയുള്ള) ഉപകരണ ഭാഗത്തെ, ഭൂമിയോടൊപ്പം ചലിക്കാതെ മാറ്റി നിർത്തപ്പെട്ട് കൊണ്ടാണ് ഇത് സാധ്യമാക്കുന്നത്. നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തു പെട്ടെന്നൊരു ചലനത്തോട് കാണിക്കുന്ന പ്രതിരോധത്തെ (നേരെ മറിച്ചും) യാണ് നിശ്ചലതാ (ജഡത്വം) തത്വം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു സ്പ്രിംഗിനാൽ തൂക്കിയിട്ട വലിയൊരു പിണ്ഡത്തോട് പേനയെ ബന്ധിപ്പിച്ചാൽ, പേനയും അനുബന്ധമായ വലിയ പിണ്ഡവും, ഭൂമിയോട് ചേർന്ന്കിടക്കുന്ന ഉപകരണത്തിലെ കടലാസിനേക്കാൾ കുറവായിട്ടേ ചലിക്കുകയുള്ളൂ. ഈ കടലാസിലാണ് കമ്പനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നത്.

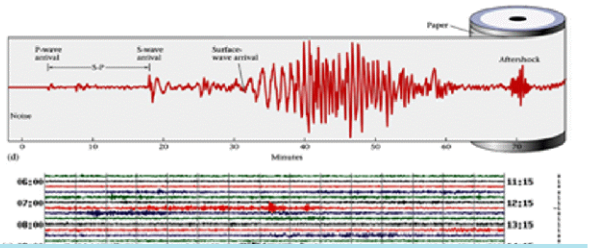
തൂക്കിയിടപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന ഘനപിണ്ഡം ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ കമ്പന സമയത്ത് നിശ്ചലമായി നിലകൊള്ളുന്നതാണ്. ഭൂതലം കമ്പനം ചെയ്യുന്ന സമയത്ത് ഉപകരണത്തിലെ കടലാസ് കഷണം പതിച്ചിട്ടുള്ള കറങ്ങുന്ന ഡ്രമ്മും കമ്പനത്തിന് വിധേയമാകുന്നതാണ്. അതേസമയത്ത് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ തുടരുന്ന പിണ്ഡത്തെ ഭൗമചലനത്തെ കൃത്യമായി രേഖപ്പെടുത്തുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. കറങ്ങുന്ന ഡ്രമ്മിനു മീതെയുള്ള കടലാസ് തുണ്ടത്തിന് മുകളിലാണ് കമ്പനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുക. കടലാസിൽ പേനയാൽ പതിയുന്ന ഈ ലിഖിതമാണ് സീസ്മോഗ്രാം.

ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ചലനത്തിന് കാരണമാകുന്നു. സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ ഈ ചലനത്തെ തിരിച്ചറിയുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ ഭൂതലത്തിന്റെ ലംബദിശയിലുള്ള ചലനത്തെ തിരിച്ചറിയുവാനായി രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളവയായിരിക്കും. മറ്റ് ചിലവ തിരശ്ചീന ചലനങ്ങളെ (പല ദിശകളിൽ-തെക്ക്-വടക്ക്, കിഴക്ക് - പടിഞ്ഞാറ്) തിരിച്ചറിയാനായി രൂപകല്പന ചെയ്തവയുമായിരിക്കും. ഭൂതലം താഴേക്ക് ചലിക്കുമ്പോൾ, സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ മേല് പോട്ടുള്ള



ചിത്രം 7.10 (എ) യും (ബി)യും :- സീസ്മോഗ്രാഫിന്റെ ഒരു ലളിത നിർമാണം.

അല്ലെങ്കിൽ ഉപരിയായ ഒരു ചായ്വ് രേഖപ്പെടുത്തുന്നുവെന്നർത്ഥം. സീസ്മോഗ്രാഫിന്റെ ലളിതമായ ഒരു നിർമ്മിതിയാണ് ചിത്രം 7.10 (എ) യും (ബി) യും കാണിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 7.11 : P - തരംങ്ങളുടെയും S - തരംങ്ങളുടെയും ഭൂകമ്പാങ്കി ലേഖം

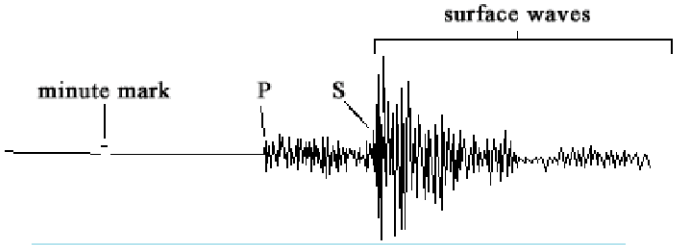
സീസ്മോഗ്രാഫിൽ രേഖപ്പെടുത്തുന്ന ഭൂകമ്പത്തിന്റെ രേഖ, കമ്പനങ്ങളെയും സമയത്തെയും നേർക്കുനേർ കാണിക്കുന്ന ഒരു രൂപരേഖയാണ്. സീസ്മോഗ്രാഫിൽ സമയം നിശ്ചിത ഇടവേളകളുടെ രൂപത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിയിരിക്കും. അതിനാൽ ആദ്യത്തെ P-തരംഗം എത്തുന്ന സമയവും ആദ്യത്തെ S-തരംഗമെത്തിയ സമയവും നിർണ്ണയിക്കാൻ കഴിയും.

മുമ്പ് നാം മനസ്സിലാക്കിയതു പ്രകാരം, S-തരംഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് P-തരംഗങ്ങൾക്ക് ഉയർന്ന പ്രവേഗമുള്ളതിനാൽ, ചിത്രം 7.11 ൽ നിങ്ങൾ കാണുന്നത് പോലെ, ഒരു ഭൂകമ്പമാപിനി കേന്ദ്രത്തിൽ S-തരംഗങ്ങൾക്ക് മുമ്പായി P-തരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരുന്നതാണ്.

ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾ S-തരംഗങ്ങളെക്കാൾ കുറഞ്ഞ വേഗതയിലും, S-തരംഗങ്ങൾ P-തരംഗങ്ങളേക്കാൾ സാവധാനത്തിലും സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ S-തരംഗങ്ങൾ എത്തിയതിന് ശേഷമായിരിക്കും ഭൂകമ്പമാപിനിയിൽ ഉപരിതലതരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരുന്നത്.

ഉപരിതല തരംഗങ്ങൾക്ക് ആയതി കൂടുതലും താരതമ്യേന കുറഞ്ഞ ആവൃത്തിയുമാണ്. എല്ലാതരത്തിലുള്ള ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾക്കും സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തിനനുസൃതമായി ആയതിയിൽ കുറവ് വരുന്നതാണ്. അത്തരത്തിൽ, എല്ലാ കാര്യങ്ങളും തുല്യവിധത്തിലാണെങ്കിൽ കൂടി, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉറവിടത്തിൽ നിന്നും അകലുന്നതിനുസരിച്ച് കുലുക്കത്തിനും കുറവ് അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ്. ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നതിന് കൂടുതലും കാരണമാകുന്നതും, ഭൂകമ്പവേളയിലെ മിക്ക നാശനഷ്ടങ്ങൾക്ക് ഇടയാക്കുന്നതും ഉപരിതല തരംഗങ്ങളാണ്.

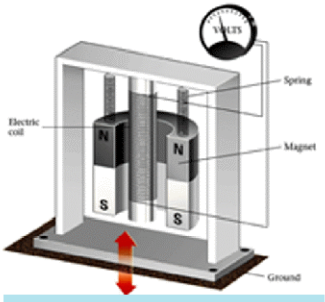
ഒരു സീസ്മോഗ്രാം നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചാൽ, അവയിലൊന്നാകെ കുറെ വേച്ചുവേച്ചു പോവുന്ന വരകൾ കാണാവുന്നതാണ് (ചിത്രം 7.12). ഭൂകമ്പലേഖിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്ന ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളാണിവ. തരംഗങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും ആർക്കും തിരിച്ചറിയാനാകാത്ത വിധം ചെറുതായിരിക്കും. ഭൂകമ്പമാപിനിക്ക് സമീപമുള്ള റോഡ് ഗതാഗതം മൂലമുണ്ടാകുന്ന കുലുക്കം, തീരത്ത് കടൽത്തിരമാലകൾ ആഞ്ഞടിക്കുന്നതിനാലോ, കാറ്റ് മൂലമോ അല്ലെങ്കിൽ കുലുക്കമുണ്ടാക്കുന്ന മറ്റെന്തെങ്കിലും സംഭവങ്ങൾ കൊണ്ടോ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നവയാണ് ഈ ചെറിയ അളവിലുള്ള **സൂക്ഷ്മ ഭൂചലനതരംഗങ്ങൾ (microseisms).**



ചിത്രം 7.12 സീസ്മോഗ്രാഫിലെ വേച്ചുവേച്ചുള്ള വരകൾ

അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ, വേച്ചുവേച്ചുള്ള ഈ വരകളിൽ ഏതാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റേതായി വരിക? എല്ലാതരം ചെറുവരകളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി, വലിപ്പത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ആദ്യത്തെ വര P-തരംഗമായിരിക്കും. ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളിൽ ഏറ്റവും വേഗതയാർന്നത് P-തരംഗങ്ങളായതിനാൽ, അതായിരിക്കും ഭൂകമ്പമാപിനി രേഖകളിൽ ഒന്നാമതായി രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നത്. അടുത്തത് S-തരംഗങ്ങളുടെ ഒരു ഗണമായിരിക്കും കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവ സാധാരണ P-തരംഗങ്ങളേക്കാൾ കൂടുതൽ വലുപ്പമുള്ളവയായിരിക്കും.

ഭൂകമ്പാഭിലേഖത്തിൽ S-തരംഗങ്ങളൊന്നും രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടില്ലെങ്കിൽ, ഭൂകമ്പമാപിനി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പ്രദേശത്തിന്റെ മറുഭാഗത്താണ് ഭൂമിയിൽ ഭൂകമ്പമുണ്ടായിരിക്കുന്നത് എന്നർത്ഥമാക്കാം. S-തരംഗങ്ങൾക്ക് ദ്രാവക പാളി (ബാഹ്യ അകക്കാമ്പ്) യിലൂടെ സഞ്ചരിക്കാനാവാത്തതിനാൽ ഈ ഭൂകമ്പമാപിനിയിൽ അവയ്ക്ക് എത്തിപ്പെടാനാവില്ല.



ചിത്രം 7.13 ഒരു ആധുനിക സീസ്മോഗ്രാഫിന്റെ പ്രവർത്തനം

ആധുനിക ഭൂകമ്പലേഖികൾ, പ്രാചീന രീതിയിൽ രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളവയുടെ അതേ തത്വങ്ങളിൽ തന്നെയാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഇവയിൽ ഒരു കാന്തത്തിനകത്ത് സ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ള കമ്പിച്ചുരുളാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത് (ചിത്രം 7.13). ഒരു കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലൂടെ, ചലിക്കുന്ന കമ്പിയിലുണ്ടാകുന്ന വൈദ്യുത പ്രവാഹം ഒരു കമ്പ്യൂട്ടർ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കാൻ സാധിക്കും. ഒരു മില്ലിമീറ്ററിന്റെ ദശലക്ഷത്തിലൊരംശത്തോളം ചെറിയ ചലനങ്ങൾവരെ ആധുനിക ഭൂകമ്പലേഖികൾക്ക് അളക്കാൻ കഴിയുന്നതാണ്. ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ഭൂകമ്പലേഖികൾ ഏകതാനമായി ഒത്തുനോക്കി കൃത്യത സ്ഥിരീകരിക്കുകയും അത് വഴി താരതമ്യപ്പെടുത്താവുന്ന ഡാറ്റ ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയുന്നതുമാണ്.

7.6 ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലുപ്പം അളക്കൽ (വ്യാപ്തിയും തീവ്രതയും) (Measuring the size of an earthquake (Magnitude and Intensity))

ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലുപ്പം അളക്കുന്നത് രണ്ട് വ്യത്യസ്ത രീതികളിലാണ്. (1) വ്യാപ്തി (Magnitude) (2) തീവ്രത (Intensity). ഭൂകമ്പത്താൽ മോചിതമായ ഊർജത്തിന്റെ അളവിനെയാണ് വ്യാപ്തി സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. എന്നാൽ, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രത നിർണയിക്കുന്നത്, ഭൂകമ്പഫലമായി സംഭവിച്ച നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അളവും രീതിയും അനുസരിച്ചാണ്.

(എ) ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വ്യാപ്തി (Earthquake Magnitude) :

ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വലുപ്പം മെച്ചപ്പെട്ട രീതിയിൽ കണക്കാക്കാനാവുന്നത് ഭൂകമ്പഫലമായി പുറത്ത് വന്ന ഊർജത്തിന്റെ അളവിനാലാണ്. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ശക്തിയോ അല്ലെങ്കിൽ ഭൂകമ്പത്തോടെ പുറത്ത് വന്ന ഊർജത്തിന്റെ അളവിനെയോ ആണ് വ്യാപ്തി സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

ഭൂകമ്പത്താൽ ഉണ്ടായതും സീസ്മോഗ്രാഫിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതുമായ ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ ആയതി നോക്കിയാണ് ഭൂകമ്പവ്യാപ്തി പ്രസ്താവിക്കുന്നത്. 1935 – ൽ അമേരിക്കൻ ഭൂകമ്പവിജ്ഞാനീയനായ ചാൾസ്. എഫ്. റിക്ടർ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഒരു വ്യാപ്തിമാനകം ആവിഷ്കരിക്കുകയുണ്ടായി. ഭൂകമ്പ ഉപരികേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും 100 കി.മീറ്റർ ദൂരത്തുള്ള പ്രമാണികമായ ഒരു സീസ്മോഗ്രാഫിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതും പരമാവധി ആയതി കാണുന്നതുമായ (മില്ലി മീറ്ററിന്റെ ആയിരത്തിലൊരംശം എന്ന കണക്കിൽ) ഭൂകമ്പതരംഗത്തിന്റെ ലോഗരിത മൂല്യ (10 ആധാരമാക്കി) മാണ് ഈ മാനകത്തിൽ കണക്കാക്കുന്നത്. ഭൂകമ്പ വ്യാപ്തിയിൽ ഓരോ അക്കത്തിന്റെ വർദ്ധനവിനും തരംഗ ആയതിയിൽ 10 മടങ്ങ് വർദ്ധനവ് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതാണ് (റിക്ടർ വ്യാപ്തി മാനകത്തിലെ വർദ്ധന ഒന്നാണെങ്കിൽ, പത്ത് മടങ്ങ് വലുപ്പമുള്ള ശക്തിയോടുകൂടിയ ഭൂകമ്പത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു എന്ന് പറയുന്നത് തെറ്റാണ്)

ഭൂകമ്പ വ്യാപ്തി മാനകത്തിൽ ഓരോ അക്കം വർദ്ധിക്കുന്നത് 31 ഇരട്ടി അളവ് ഊർജം ബഹിർഗമിക്കുന്നതിനെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നതായി കണക്കാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ വ്യാപ്തി 7 കാണിക്കുന്ന ഒരു ഭൂകമ്പം വ്യാപ്തി 6 രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ട ഭൂകമ്പത്തേക്കാൾ 31 മടങ്ങ് കൂടുതൽ ഊർജം പുറത്ത് വിടുന്നതാണ്. വ്യാപ്തി 8 ഉള്ള ഒരു ഭൂകമ്പം വ്യാപ്തി 6 ആയ ഭൂകമ്പത്തേക്കാൾ 31x31 അല്ലെങ്കിൽ 961 മടങ്ങ് കൂടുതൽ ഊർജം വിമുക്തമാക്കുന്നതാണ്. പട്ടിക 7.1 ൽ വ്യത്യസ്ത വ്യാപ്തിയുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ലോകവ്യാപകമായ ആവൃത്തി വിവരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.1 വിവിധ വ്യാപ്തിയുള്ള ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ആവൃത്തി

വ്യാപ്തി	ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പ്രതിവർഷ എണ്ണം	വിവരണം
> 8.5	0.3	മഹാഭൂകമ്പം
8.0 - 8.4	1	
7.5 -7.9	3	അതിശക്തം
7.0-7.4	15	
6.6-6.9	56	
6.0-6.5	210	വിനാശകരം
5.0-5.9	800	ഹാനികരം
4.0-4.9	6,200	ലഘുഭൂകമ്പം
3.0-3.9	4,900	
2.0-2.9	3,00,000	
0-1.9	7,00,000	

പരിഷ്ക്കരിച്ച മെർക്കാലി തീവ്രതാമാനകം (Modified Mercalli Intensity Scale)

മെർക്കാലി തീവ്രതാമാനകം - ഭൂകമ്പത്താൽ സംഭവിച്ച നാശനഷ്ടങ്ങളും എത്രമാത്രം കുലുക്കം അനുഭവപ്പെട്ടുവെന്നതും അടിസ്ഥാനമാക്കി ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രത നിർവ്വചിക്കുന്നു. 1800 കളുടെ അവസാനത്തോടെയാണ് പരിഷ്ക്കരിച്ച മാനകം വികസിപ്പിക്കപ്പെട്ടത്. വലിയൊരു പ്രദേശത്ത് കെട്ടിടങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളും ഭൂതലത്തിലുണ്ടാകുന്ന കുലുക്കത്തിന്റെ തീവ്രതയും നിർണയിക്കാനാണ് ഇതുപയോഗിക്കുന്നത്. I മുതൽ XII വരെയുള്ള റോമൻ അക്കങ്ങളുപയോഗിച്ചാണ് ഈ മാനകം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂകമ്പമുണ്ടായ സ്ഥലത്ത് അനുഭവപ്പെട്ട നാശനഷ്ടങ്ങളുടെയും ഭൂതല കുലുക്കത്തിന്റെയും തീവ്രത സംബന്ധിച്ച ജനങ്ങളുടെ പ്രതികരണങ്ങൾ സർവ്വേ നടത്തിയാണ് ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രത മാനകം തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നത്. പരിഷ്ക്കരിച്ച മെർക്കാലി മാനകം ചുവടെ പട്ടിക 7.2 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. റിക്ടർ മാനക വ്യാപ്തിയും, പരമാവധി തീവ്രതയും തമ്മിലുള്ള പാരസ്പര്യം ഉപരികേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള പ്രദേശത്ത് മാത്രമേ ബാധകമായി കാണുകയുള്ളൂ എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക.

പട്ടിക 7.2 പരിഷ്ക്കരിച്ച മെർക്കാലി മാനകം

തീവ്രത	സവിശേഷ ഫലങ്ങൾ	തത്തുല്യ റിക്ടർ മാനകം
I	ജനങ്ങൾക്ക് യാതൊരു രീതിയിലുമുള്ള ഭൗമചലനവും അനുഭവപ്പെടുകയില്ല	3.4
II	വിശ്രമിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ചിലർക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നു. പ്രത്യേകിച്ച് വലിയ കെട്ടിടത്തിന്റെ മുകൾ നിലയിലുള്ളവർക്ക്.	
III	കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉള്ളിലുള്ളവർക്ക് ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. തൂക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് ആട്ടമുണ്ടാകുന്നു. വെളിയിലുള്ള പലർക്കും ഭൂകമ്പമാണെന്ന് തിരിച്ചറിയാനാവാത്ത സ്ഥിതി.	4.2
IV	കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉള്ളിലുള്ളവർക്ക് ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. തൂങ്ങിക്കിടക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് ആട്ടമുണ്ടാകുന്നു. പാത്രങ്ങൾ, കതകുകൾ, ജനാലകൾ എന്നിവ അനങ്ങുന്നു. ചരക്കുലോറി ഭിത്തിയിലിടിക്കുന്ന പോലെതോന്നും, വെളിയിലുള്ള പലർക്കും ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. നിർത്തിയിട്ടിരിക്കുന്ന കാറുകൾക്ക് ചാഞ്ചാട്ടമുണ്ടാകുന്നു.	4.3 - 4.8
V	ഏതാണ്ടെല്ലാവർക്കും ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഉറങ്ങുന്ന ആളുകൾ എഴുന്നേൽക്കുന്നു. വാതിൽ പൊളികൾ തുറക്കുകയും അടയുകയും ചെയ്യുന്നു. പാത്രങ്ങൾ താഴെ വീണ് ഉടയുന്നു. ചെറിയ വസ്തുക്കൾ അനങ്ങുകയും വട്ടം തിരിയുകയും ചെയ്യുന്നു. മരങ്ങൾ കുലുങ്ങുന്നു. തുറന്ന പാത്രത്തിലെ ദ്രാവകങ്ങൾ പുറത്തേക്ക് തെറിക്കുന്നു.	4.9-5.4
VI	എല്ലാവർക്കും ചലനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ജനങ്ങൾക്ക് നടക്കാൻ പ്രയാസമനുഭവപ്പെടുന്നു. വസ്തുക്കൾ അലമാരകളിൽ നിന്നും തെറിച്ച് പോകുന്നു. ഭിത്തിയിലെ ചിത്രങ്ങൾ അടർന്ന് വീഴുന്നു. ഫർണിച്ചറുകൾക്ക് സ്ഥാന ചലനമുണ്ടാകുന്നു. ഭിത്തിയിലെ സിമന്റ് തേപ്പിന് വിള്ളൽ ഉണ്ടാകുന്നു. ചെടികളും മരങ്ങളും വിറക്കുന്നു. ബലവത്തല്ലാത്ത കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് നേരിയ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.	5.5 - 6.1
VII	ജനങ്ങൾക്ക് നിൽക്കാൻ പ്രയാസമനുഭവപ്പെടുന്നു. കാറുകൾ കുലുങ്ങുന്നതായി ഡ്രൈവർമാർക്കനുഭവ	

	പ്പെടുന്നു. ഫർണിച്ചറുകൾ തകരുന്നു. ഇളകിയ ഇഷ്ടികകൾ കെട്ടിടങ്ങളിൽ നിന്നും താഴേയ്ക്ക് പതിക്കുന്നു. നല്ല രീതിയിൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് നിസ്സാര തകരാറുകൾ സംഭവിക്കുന്നു. മോശമായി നിർമിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ തകരാറുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു.	5.5 - 6.1
VIII	കാറോടിക്കുന്നവർക്ക് ബുദ്ധിമുട്ട് അനുഭവപ്പെടുന്നു. ശരിയായി ഉറപ്പിക്കാത്ത കെട്ടിടങ്ങൾ അടിതെറ്റുന്നു. ടവറുകളും പുകക്കുഴലുകളും വളയുകയും നിലം പതിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നല്ലരീതിയിൽ നിർമിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് നേരിയ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. മോശപ്പെട്ട രീതിയിൽ പണിത കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് സാരമായ നഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു. മരത്തിന്റെ ശാഖകൾ പൊട്ടിവീഴുന്നു. കുന്നിൻ പ്രദേശങ്ങളിൽ നനഞ്ഞ പ്രതലങ്ങൾക്ക് വിള്ളലുകളുണ്ടാകുന്നു. കിണറുകളിലെ ജലവിതാനങ്ങൾക്ക് മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു.	6.2 - 6.9
IX	നന്നായി പണിത കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് കാര്യമായ നാശ നഷ്ടങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അടിത്തറയിൽ നിന്ന് കെട്ടിടങ്ങൾ തെന്നി മാറുന്നു. മണ്ണിനടിയിലെ പൈപ്പുകൾക്ക് തകർച്ചയുണ്ടാകുന്നു. ഭൂമിയിൽ സ്പഷ്ടമായ വിള്ളലുണ്ടാകുന്നു. ജലസംഭരണികൾക്ക് കാര്യമായ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.	6.2 - 6.9
X	മിക്ക കെട്ടിടങ്ങളും അടിത്തറയോട് കൂടി തകരുന്നു. ചില പാലങ്ങൾ തകരുന്നു. അണക്കെട്ടുകൾ പൊളിയുന്നു. വലിയ ഉരുൾപ്പൊട്ടലുകളുണ്ടാകുന്നു. കനാലുകൾ, നദികൾ, തടാകങ്ങൾ എന്നിവയുടെ തീരങ്ങളിലേക്ക് വെള്ളം കയറുന്നു. ഭൂമിയിൽ വലിയ അളവിൽ വിള്ളലുകളുണ്ടാകുന്നു. റെയിൽ പാളങ്ങൾ വളയുന്നു.	7.0 - 7.3
XI	മിക്ക കെട്ടിടങ്ങളും നിലം പതിക്കുന്നു. ചില പാലങ്ങൾക്ക് നാശമുണ്ടാകുന്നു. ഭൂമിയിൽ വലിയ വിള്ളലുകൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. പൈപ്പ് ലൈനുകൾ പൂർണ്ണമായും തകരുന്നു. റെയിലുകൾ വളഞ്ഞു പുളഞ്ഞു നാശമാകുന്നു.	7.4 - 7.9
XII	സമ്പൂർണ്ണ നാശനഷ്ടമുണ്ടാകുന്നു. വസ്തുക്കൾ വായുവിലേക്ക് എറിയപ്പെടുന്നു. ഭൂതലത്തിൽ മൺതിരകളും അലകളുമുണ്ടാകുന്നു. ശിലകൾ വലിയ അളവിൽ നീങ്ങുന്നു.	>8.0

ഒരു ഭൂകമ്പം നടന്നാൽ, പരമാവധി തീവ്രതയുള്ള പ്രദേശത്തിന് ചുറ്റുമായി വ്യത്യസ്ത തീവ്രത കാണിക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളുണ്ടാകാവുന്നതാണ്. വലിയൊരു പ്രദേശത്ത് ഭൂകമ്പ ഫലമായുണ്ടായ ആഘാതങ്ങൾ പരിശോധിക്കുന്നതിന് മെർക്കാലി മാനകം വളരെ സഹായകരമാണ്. കാരണം, ഉപരികേന്ദ്രത്തിനടുത്തുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ റിക്ടർ മാനക പ്രകാരം കണക്കാക്കിയ വലിപ്പത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രതികരണമായിട്ട് മാത്രമല്ല, ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്തുള്ള വ്യത്യസ്ത തരം പദാർത്ഥങ്ങൾ ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളെ പ്രസരണം നടത്തുന്നതിന്റെ കാര്യക്ഷമത എത്രത്തോളമുണ്ടെന്ന് കാണിക്കുന്നതിനും ഈ മാനകം ഉപകരിക്കുന്നതാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. റിക്ടർ മാനകത്തിലെ ഓരോ അക്കം വർദ്ധിക്കുമ്പോഴും തരംഗ ആയതിയിൽ എത്ര മടങ്ങ് വർദ്ധനവാണുണ്ടാകുന്നത്?
2. റിക്ടർ മാനക പ്രകാരം വ്യാപ്തി 5 രേഖപ്പെടുത്തിയ ഒരു ഭൂകമ്പത്തേക്കാൾ എത്ര മടങ്ങ് ഊർജമാണ് 7 വ്യാപ്തിയുള്ള ഒരു ഭൂകമ്പം പുറത്ത് വിടുന്നത്?
3. ഭൂകമ്പ വേളയിലുണ്ടാകുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അളവുകോൽ ഏതാണ്?

7.7 ഭൂകമ്പ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (Effects of earthquakes)

ഭൂകമ്പം ഒരു പ്രകൃതിദുരന്തമാണ്. ജനങ്ങളുടെ ജീവൻ കാക്കുവാനോ രക്ഷപ്പെടാനോ അവസരവും സാധ്യതയും അത് നൽകാറില്ല. തൽക്ഷണം അത്യാപത്താവുകയും, കാലേക്കൂട്ടി ജനങ്ങൾക്ക് മുന്നറിയിപ്പ് നൽകാൻ അത്ര സാധ്യത ലഭിക്കാതെ അപ്രതീക്ഷിതമായ ആവർത്തനത്തോട് കൂടിയതുമായ നിലയിൽ ജനങ്ങൾ അകപ്പെടുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ട ആദ്യത്തെ ഭൂകമ്പം 1556 ൽ ചൈനയിൽ മിനിറ്റുകൾക്കുള്ളിൽ 8,30,000 ആളുകളെ കൊന്നൊടുക്കി. അതിന് ശേഷവും ജപ്പാൻ, ഇന്തോനേഷ്യ, റഷ്യ, ഇറ്റലി, ഇന്ത്യ തുടങ്ങി ലോകത്തിലെ മറ്റു പല ഭാഗങ്ങളെയും ഭൂകമ്പം ബാധിക്കുകയും നാശത്തിന്റെയും തകർച്ചയുടെയും അടയാളങ്ങൾ ശേഷിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ മാത്രം, ഭൂകമ്പം മൂലം ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ ദശലക്ഷക്കണക്കിനാളുകൾ കൊല്ലപ്പെടുകയും ഒട്ടനവധി പേർ ശാരീരിക വൈകല്യങ്ങൾക്കടിമയാവുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. രാജ്യം, അതിന്റെ റിപ്പബ്ലിക് ദിനം ആഘോഷിക്കുമ്പോൾ, ഇന്ത്യയിൽ 2001 ജനുവരി 26 ന് ഗുജറാത്ത് ഭൂകമ്പത്തിൽ ഒരൊറ്റ ദിവസത്തിനകം ഒരു ദശലക്ഷം പേർക്ക് പരിക്കേൽക്കുകയോ കൊല്ലപ്പെടുകയോ ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

വിനാശത്തിനും തകർച്ചക്കും ഹേതുവാകുന്ന വിവിധങ്ങളായ അനന്തരഫലങ്ങൾക്ക് ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഇടയാക്കുന്നു. ഭൗമ സവിശേഷതകൾക്ക് സംഭവിക്കുന്ന രൂപാന്തരം, മനുഷ്യനിർമ്മിത ഘടനാസംവിധാനങ്ങളുടെ തകർച്ച, മനുഷ്യരുടെയും മൃഗങ്ങളുടെയും ജീവന് ആഘാതം എന്നിവയെല്ലാം ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു. ഈ ഫലങ്ങളിൽ ചിലത് ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ ആഗമനം മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഭൗമ ചലനത്തിന്റെ പ്രത്യക്ഷ പ്രാഥമിക ഫലങ്ങളും മറ്റ് ചിലത് ദ്വിതീയ ഫലങ്ങളുമാണ്.

(എ) ഭൗമരൂപങ്ങളുടെ രൂപാന്തരം (Modification of geological features): ചെരിവുതലങ്ങളുടെ വികാസങ്ങൾക്കും, ചിലപ്പോൾ പൊട്ടലുകൾക്കും തുറന്ന വിള്ളലുകൾക്കും കാരണമാകുന്ന വിധത്തിൽ ശിലകളുടെ തിരശ്ചീനവും ലംബദിശീയവുമായ സ്ഥാനാന്തരണം ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടുണ്ടാകുന്നതാണ്. ഭൂജലവും അതിന്റെ ചലനവും പലപ്പോഴും ഭൂകമ്പത്താൽ താറുമാറാകുന്നു. ചിലപ്പോൾ നദികളുടെ ഒഴുക്ക് വഴിമാറുന്നു. തീവ്രമായ തകർച്ചയുണ്ടാകുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ, ശക്തമായ ഭൂകമ്പത്തിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങൾ സാധാരണ ഗതിയിൽ സങ്കീർണ്ണവും ഭൗമോപരിതല വസ്തുകളുടെ പ്രകൃതത്തെയും സ്ഥാലാകൃതിയെയും ആശ്രയിച്ചുമാണ്. കാഠിന്യ ശിലകളുള്ള പ്രദേശത്തേക്കാൾ, അയഞ്ഞതും ഉറപ്പില്ലാത്തതുമായ അവസാദങ്ങളുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ തകർച്ച കൂടുതൽ ഗുരുതരമായിരിക്കും.

(ബി) നിർമാണ ഘടനാ സംവിധാനങ്ങളുടെ തകർച്ച (Damage to Structures) : കെട്ടിടങ്ങൾ, പാലങ്ങൾ, പൈപ്പ് ലൈനുകൾ, റെയിൽ പാതകൾ, അണക്കെട്ടുകൾ, ജലസംഭരണികൾ, മറ്റ് മനുഷ്യ നിർമ്മിത ഘടനാ സംവിധാനങ്ങൾക്കെല്ലാം കാര്യമായ നാശമുണ്ടാക്കാൻ ഭൂകമ്പം കാരണമായേക്കാം (ചിത്രം 7.14) ഭൂതലത്തിന്റെ കുലുക്കത്താൽ കെട്ടിട സംവിധാനങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന തകർച്ച നിർമ്മാണ രീതിക്കനുസരിച്ചാണ്. കോൺക്രീറ്റ് കൊണ്ടും കല്ലുകൊണ്ടും നിർമ്മിതമായ കെട്ടിടങ്ങൾ അവയുടെ ഭംഗുരസ്വഭാവം കാരണം, കൂടുതൽ വഴക്കം ഉള്ള മരം, സ്റ്റീൽ മുതലായവ കൊണ്ട് നിർമിക്കപ്പെട്ട കെട്ടിടത്തേക്കാൾ തകർച്ചക്ക് വിധേയമാകുന്നതാണ്. ഭൂകമ്പങ്ങൾ റോഡ് വഴിയുള്ള ഗതാഗതങ്ങളും ആശയ വിനിമയസംവിധാനങ്ങളും തകർക്കുകയും, ജലത്തെ വഹിച്ച് കൊണ്ട് പോകുന്ന പൈപ്പുകളെയും വാതക പൈപ്പ് ലൈനുകളെയും നശിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. റെയിൽ പാളങ്ങൾ വളഞ്ഞ് പിണയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ കടന്ന് പോകുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന ഭൂതലത്തിന്റെ കുലുക്കമാണ് മിക്ക കെട്ടിടങ്ങളും നിലം പതിക്കുന്നതിന് ഹേതുവാകുന്നത്. നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ രീതിയും വിസ്തൃതിയുമെല്ലാം പ്രാഥമികമായും ഭൂതലചലനത്തിന്റെ ശക്തിയുമായും കെട്ടിടത്തിന്റെ അസ്ഥിവാരത്തിന്റെ പ്രകൃതവുമായും ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.14 ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിനാശകരമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ

(സി) ഭൂതല പിളർപ്പ് (Ground rupture): ഭൂകമ്പ വേളയിൽ ചലനമുണ്ടാകുന്ന ഭ്രംശമേഖലകളിലാണ് ഭൂതലത്തിൽ വിള്ളലുണ്ടാകുന്നത്. ഇത് സംഭവിക്കുമ്പോൾ ഭ്രംശമേഖലയ്ക്ക് കുറുകെയുള്ള പ്രദേശത്ത് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട മനുഷ്യനിർമ്മിത ശില്പഘടനകളെല്ലാം നിലം പൊത്തുന്നതാണ്. അതേ സമയം ചുറ്റുഭാഗത്തെ കെട്ടിടങ്ങൾ ഭ്രംശമേഖലയ്ക്ക് കുറുകെ അല്ലാത്തവ പലതും നാശമേൽക്കാതെ അവേശഷിക്കുകയും ചെയ്തേക്കാം.

(ഡി) ഭൂകമ്പ കടൽതിരമാലകൾ അഥവാ സുനാമി (Seismic sea waves or tsunami): സമുദ്രാന്തർ ഭൂകമ്പങ്ങളെത്തുടർന്ന്, സമുദ്രങ്ങളിലും തീരത്തോടടുത്തായിക്കിടക്കുന്ന കടലോരങ്ങളിലുമെല്ലാം വളരെയധികം തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ജലതിരമാലകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതാണ്. ഇവയാണ് **ഭൂകമ്പ കടൽതിരമാലകൾ അല്ലെങ്കിൽ സുനാമി തിരകൾ.** (സുനാമി എന്ന ജപ്പാൻ പദത്തിനർത്ഥം "തുറമുഖ തിരകൾ" എന്നാണ്). സമുദ്രങ്ങളിലൂടെ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന കൂറ്റൻ തിരമാലകളാണ് സുനാമി. ഈ തിരകൾ ചിലപ്പോൾ ശരാശരി സമുദ്രജലനിരപ്പിൽ നിന്നും ദശമീറ്ററുകൾ വരെ ഉയരത്തിലെത്തുകയും, തീരദേശ അധിവാസങ്ങളെ അങ്ങേയറ്റം വിനാശകരമായി ബാധിക്കുകയും ചെയ്തേക്കാം.

സുനാമി തിരകളും തീരപ്രദേശത്ത് അവയുടെ ആഘാതങ്ങളും ചുവടെ തന്നിട്ടുള്ള ചിത്രം (ചിത്രം 7.15 എയും ബിയും) കാണിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.15 (എ), (ബി) : തീരപ്രദേശത്ത് സുനാമിയുടെ ആഘാതങ്ങൾ

2004 ഡിസംബർ 26 നാണ് രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതിൽ വെച്ചേറ്റവും നാശന ഷ്ടങ്ങളുണ്ടായ സുനാമിയുണ്ടായത്. ഇൻഡോനേഷ്യയിലെ സുമാത്ര തീരത്ത് നിന്നകലെ കടൽ തട്ടിലുണ്ടായ ഭൂകമ്പത്തോടനുബന്ധിച്ചാണ് സുനാമിയുണ്ടായ ത്. ഇന്തോനേഷ്യയിൽ നിന്ന് (ഇന്ത്യയുൾപ്പെടെ) ശ്രീലങ്കയിലേക്ക് വ്യാപിച്ച് തീര ദേശമൊന്നാകെ പ്രളയത്തിലാഴ്ത്തിയ തിരമാലകളുടെ പരമ്പരയാൽ 2,00,000 ൽ കൂടുതൽ ആളുകൾ കൊല്ലപ്പെട്ടു. കൂടാതെ അനുബന്ധ തിരകൾ ആഫ്രിക്കയുടെ തെക്കെ അറ്റത്തെ തീരം വരെ എത്തുകയും ചെയ്തു.

(ഇ) സെയ്ഷുകൾ (Seiches): കരബന്ധിതമായ തടാകങ്ങൾ, കനാലുകൾ, ഉൾക്ക ടലുകൾ എന്നിവയിൽ താളാത്മകമായ ജലചലനത്തിന് ഭൂകമ്പങ്ങളും സുനാ മിതിരകളും പ്രേരിതമാകാറുണ്ട്. ഇവ **സെയ്ഷുകൾ** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ആന്ദോളനങ്ങൾ മണിക്കൂറുകളോ അല്ലെങ്കിൽ ഒന്നോ രണ്ടോ ദിവസമോ ഉണ്ടാകാം.

(എഫ്) കടൽകമ്പനങ്ങൾ (Seaquakes): ഭൂകമ്പത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ഭൂകമ്പതരം ഗങ്ങളും അതേതുടർന്ന് കടൽത്തറയിലൂടെ അവയ്ക്കു അപവർത്തനം സംഭ വിച്ചുണ്ടാകുന്ന തരംഗങ്ങളും കടൽ ജലത്തിലൂടെ പൊതുവെ സെക്കന്റിൽ 1.5 കി.മീ വേഗത്തിൽ കടന്നു പോകുന്നു. അത്തരം തിരകൾ, മതിയായ തീവ്രതയോടെ, ഒരു കപ്പലിനെ നേരിടുമ്പോൾ കപ്പൽ അന്തർലീനമായ ഒരു വസ്തുവിൽ ഇടിക്കുന്ന പ്രതീതി അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ്. ഈ പ്രതിഭാ സത്തെ കടൽക്കമ്പനം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

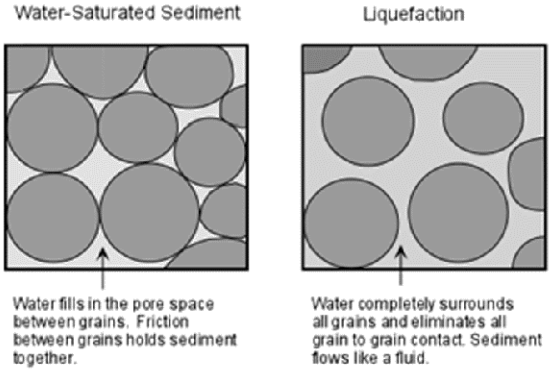
(ജി) അഗ്നി (Fire): ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ഒരു ദ്വിതീയഫലമായിട്ടാണ് അഗ്നിയുണ്ടാകു ന്നത്. ഭൂകമ്പം മൂലം വൈദ്യുതി ലൈനുകൾ പൊട്ടുകയും, പ്രകൃതി വാതക ലൈനുകൾ തകർന്നു പോകുകയും ചെയ്യുന്നതിനാൽ, ഭൂകമ്പത്തെത്തുടർന്ന് അഗ്നിബാധയുണ്ടാകാനിടയുണ്ട്. ഭൂകമ്പസമയത്ത് ജലപ്പൈപ്പുകൾ തകർന്നി ട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, തീ പടർന്നു പിടിക്കാൻ തുടങ്ങിയത് കെടുത്തിക്കളയാൻ വേണ്ട ജല വിതരണ സംവിധാനമില്ലാതാകുകയും ചെയ്യും.

(എച്ച്) ഉരുൾപൊട്ടലുകളും അവശിഷ്ട/ശിലാ പതനങ്ങളും (Landslides and Debris/Rock Falls): മലയോര ഭാഗങ്ങൾ ഭൂകമ്പത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നത് വഴി ദ്രുതഗതിയിലുള്ള ഭൂദ്രവ്യശോഷണ സംഭവവി കാസങ്ങളായ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ, ശിലാപതനം, ശിലാകഷണ പതനം, ഇടിഞ്ഞു താഴൽ, പാറക്കഷണങ്ങളോട് കൂടിയ ഹിമാനീയപാതം തുടങ്ങി യവ വേഗത്തിലാകാം. കടലിനോടോ തടാകത്തോടോ ചേർന്നുള്ള കരഭാ ഗത്ത് പെട്ടെന്ന് അവതലനം സംഭവിക്കുന്നത് തീരദേശ പ്രളയത്തിലും മുങ്ങി മരണത്തിലും കലാശിക്കുന്നതാണ്.

(ഐ) പ്രളയം (Flooding): സുനാമി, മനുഷ്യനിർമ്മിത അണക്കെട്ടുകളുടെയും ജലസംഭരണികളുടെയും തകർച്ച, ഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം ഭൂതലഭാഗം അവ തലനത്തിന് വിധേയമാകൽ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം മൂലം ദ്വിതീയ ഫലമായി പ്രളയമുണ്ടാകാവുന്നതാണ്.

(ജെ) ദ്രവീകരണം (Liquefaction): ഭൂകമ്പത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന കുലുക്കം കാരണം ചില ജല പൂരിതമായ അയഞ്ഞ അവസാദങ്ങളുടെ ഭൗതിക സ്വഭാവങ്ങൾ ഖരാവസ്ഥയിൽ നിന്നും ദ്രാവകാവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്ന പ്രക്രിയയെയാണ് ദ്രവീകരണം എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. ഇത്തരം വസ്തുക്കൾ താഴെ നില കൊള്ളുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ, ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നത് വഴി അവസാദങ്ങളിലെ തരികൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം നഷ്ടമാവുകയും, അവ ഒഴുകാൻ പ്രവണത കാണിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഏതാനും മിനുട്ടുകൾക്ക് ശേഷം ദ്രവീകരണം സംഭവിക്കാം.

നിങ്ങൾ അടുത്ത പ്രാവശ്യം കടൽത്തീരത്തേക്ക് പോകുമ്പോൾ ഈ പ്രക്രിയ സ്വയം ബോധ്യപ്പെടുന്നതാണ്. തിരമാലകൾ കയറിവരുന്ന സമയത്ത് തന്നെ മണലിൽ നിൽക്കുക. നിങ്ങൾ നിശ്ചലമായി നിലകൊള്ളുന്നുവെങ്കിൽ മണൽ നിങ്ങളുടെ ഭാരത്തെ നിഷ്പ്രയാസം താങ്ങി നിർത്തും. പക്ഷെ, നിങ്ങൾ നനഞ്ഞ ഈ മണലിന് മുകളിൽ നിന്ന് കൊണ്ട്, ശരീരം കുലുക്കാൻ തുടങ്ങുകയാണെങ്കിൽ, ദ്രവീകരണ (ചിത്രം 7.16) ഫലമായി മണലൊഴുകാൻ ആരംഭിക്കുകയും, നിങ്ങളുടെ കാൽപാദം മണലിൽ താഴുകയും ചെയ്യുന്നതുമായിരിക്കും.



ചിത്രം 7.16: ജലപൂരിത അവസാദങ്ങളിൽ ദ്രവീകരണത്തിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങൾ

(കെ) തുടർചലനങ്ങൾ (Aftershocks): മുഖ്യാഘാതത്തിന് ശേഷമുണ്ടാകുന്ന ലഘുഭൂകമ്പങ്ങളാണ് പിന്നാഘാതങ്ങൾ. ഭൂകമ്പങ്ങൾ മൂലം പ്രഭവ കേന്ദ്രത്തിനടുത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലകളിലെ സമ്മർദ്ദബലം മാറ്റത്തിനിടയാകുകയും, മുഖ്യഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം അനേകം ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കിടയാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവ എപ്പോഴും ലഘു ഭൂകമ്പങ്ങളായിരിക്കും. പക്ഷെ പ്രധാന ഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷം മാസങ്ങളോളം അവ അവശേഷിക്കും. ഭൂകമ്പബാധിത പ്രദേശങ്ങളിൽ രക്ഷാ പ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുന്നവർക്ക് സുരക്ഷ ഭീഷണിയാകുന്നതിനും തകർന്ന കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നതിനും ഇവ നിമിത്തമാകുന്നതിനാൽ, പിന്നാഘാതങ്ങൾ പ്രത്യേകിച്ചും അപകടകരമാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. ഭൂകമ്പ വേളയിൽ ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുണ്ടാകുന്ന പ്രാഥമിക ഫലങ്ങൾ നിരത്തുക.
2. ഭൂകമ്പസമയത്ത്, ഭൂതലം കുലുങ്ങുന്നത് അടിസ്ഥാന ശിലയുടെ പ്രകൃതത്തെയും ഉപരികേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ദൂരത്തെയുമെല്ലാം എങ്ങനെ ആശ്രയിക്കുന്നു?



ഭൂകമ്പ പ്രവചനം (Earthquake prediction)

ഭൂകമ്പങ്ങളെ പ്രവചിക്കാൻ പ്രായോഗികമായ ഒരു രീതി ഉടൻ കണ്ടെത്തുമെന്ന് പല ശാസ്ത്രകാരന്മാരും വിശ്വസിക്കുന്നു. എന്നാൽ നിരന്തരപരാജയം, ഇത് സാധ്യമാകുമോ എന്ന ചോദ്യത്തിലേക്കാണ് പലരെയും നയിച്ചിരിക്കുന്നത്. മതിയായ വിഭവങ്ങൾ ലഭിച്ചാൽ, പ്രവചനം സാധ്യമാണെന്ന് ചില ശാസ്ത്രകാരന്മാർ കരുതുന്നുവെങ്കിൽ, മറ്റ് പലരും ഭൂകമ്പ പ്രവചനം സാധ്യമല്ലെന്ന അഭിപ്രായക്കാരാണ്.

ദീർഘകാല പ്രവചനം (Long term forecasting)

മുൻകാലങ്ങളിൽ എവിടെ, എപ്പോൾ ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടായി എന്ന അറിവ് ആധാരമാക്കിയാണ് ദീർഘകാല പ്രവചനം നടത്തുന്നത്. ഇത്തരത്തിൽ, ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പുനരാവൃത്തി ഇടവേളകളും, സ്ഥാനങ്ങളും നിർണയിക്കാൻ, നിലവിലെ വിവർത്തനിക ക്രമീകരണം, ചരിത്ര രേഖകൾ, ഭൗമ വിജ്ഞാനീയ രേഖകൾ എന്നിവയെല്ലാം പഠന വിധേയമാക്കുന്നു.

ഹ്രസ്വകാല പ്രവചനം (Short term prediction)

ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ ഭ്രംശനങ്ങളുടെ സമീപം, വരാനിരിക്കുന്ന ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളെ നിരീക്ഷിക്കലാണ് ഹ്രസ്വകാല പ്രവചനമായി കണക്കാക്കുന്നത്. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പുണ്ടായേക്കാവുന്ന അസാധാരണമായ സംഭവങ്ങളോ പ്രക്രിയകളോ മുന്നോടി പ്രക്രിയകൾ എന്ന് വിശേഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവ വരും ഭൂകമ്പങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കാം. നിരീക്ഷണ സാധ്യമായ മുൻകൂർ സംഭവങ്ങളുടെ ശ്രേണികൾ ഉണ്ടായിരുന്നിട്ടും, വിജയകരമായ രീതിയിൽ ഹ്രസ്വകാല ഭൂകമ്പ മുൻകൂർ പ്രവചനം ലഭിക്കാൻ ഇനിയും പ്രയാസമനുഭവപ്പെടുന്നു.

സുപ്രധാനമായ മുൻകൂർ സംഭവങ്ങൾ താഴെപ്പറയുന്നവയാണ്.

i) **ഭൂതലം ഉയരുകയും ചായുകയും ചെയ്യൽ (Uplift and tilting of ground):** സജീവമായ ഭ്രംശനങ്ങളുടെ സമീപത്ത് നിന്നുമെടുക്കുന്ന അളവുകൾ കാണിക്കുന്നത് ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പായി, ഭ്രംശമേഖലകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സമ്മർദഫലമായി ശിലകൾ തള്ളിവീർത്ത് ഭൂതലത്തിന് ഉയർച്ചയോ ചായ്വോ സംഭവിക്കുന്നുവെന്നാണ്. ഇത് ചെറിയ വിള്ളലുകളുടെ (സൂക്ഷ്മ

വിള്ളലുകൾ) രൂപീകരണത്തിലേക്ക് നയിച്ചേക്കാം. ഈ വിള്ളലുകൾ പിന്നാ ഘാതങ്ങളെന്നറിയപ്പെടുന്ന ലഘു ഭൂകമ്പങ്ങളിലേക്കും നയിക്കുന്നതാണ്.

ii) **മുന്നാഘാതങ്ങൾ (Fore shocks)**:- 1975 ൽ ചൈനയിൽ ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പ്, നിരവധി മുന്നാഘാതങ്ങളുടെ നിരീക്ഷണം, ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വിജയ കരമായ പ്രവചനത്തിലേക്കും, ഹൈച്ചെങ് പട്ടണത്തിലെ ആളുകളെ ഒഴി പ്പിക്കുന്നതിലേക്കും നയിച്ചു. വ്യാപ്തി 7.3 രേഖപ്പെടുത്തിയ ഭൂകമ്പമുണ്ടാ യപ്പോൾ, 100 ദശലക്ഷം പേർ വസിക്കുന്ന നഗരം തകർന്നടിഞ്ഞെങ്കിലും, വിജയകരമായ കുടിഒഴിപ്പിക്കലിലൂടെ മരണം നൂറ് കണക്കിൽ ഒതുങ്ങി.

iii) **കിണറുകളിൽ ജലനിരപ്പിൽ വരുന്ന പെട്ടെന്നുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ (Abrupt changes of water level in wells)**:- ഒരു ഭ്രംശനത്തിന് സമീപം, ശിലകൾക്ക് രൂപമാറ്റമുണ്ടാകുമ്പോൾ, ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ (ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളി ലും, സുഷിരങ്ങളിലും നിലകൊള്ളുന്ന ജലം) മർദ്ദത്തിൽ വ്യതിയാനങ്ങ ളുണ്ടാകുന്നതാണ്. ഇത് ഭൂഗർഭജലത്തെ ഉയർന്ന അല്ലെങ്കിൽ താഴ്ന്ന വിതാ നത്തിലേക്ക് ചലിപ്പിക്കുകയും, കിണറുകളിലെ ജലനിരപ്പിൽ മാറ്റങ്ങൾക്ക് കാരണമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

iv) **റാഡോൺ വാതകത്തിന്റെ പുറന്തള്ളൽ Emission of radon gas)**:- യുറേ നിയത്തിന്റെയും ശിലകളിലെ മറ്റ് ചില മൂലകങ്ങളുടെയും, റേഡിയോ ആക്ടീവ് ജീർണ്ണനഫലമായി ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു നിഷ്ക്രിയ വാത കമാണ് റാഡോൺ. നിഷ്ക്രിയ വാതകമായതിനാൽ, റാഡോൺ മറ്റ് മൂലക ങ്ങളോട് ചേർന്ന് സംയുക്തങ്ങളായി മാറുന്നില്ല. അതിനാൽ മറ്റ് പല വിധേന പുറത്ത് തള്ളിവരുന്നത് വരെ അതിന്റെ പരൽഘടനയിൽ തന്നെ അവശേഷി ക്കുന്നതാണ്. സമ്മർദ്ദഫലത്താൽ ശിലകൾക്കുണ്ടാകുന്ന രൂപമാറ്റം റാഡോൺ വാതകത്തെ വെളിയിലേക്ക് എത്തിച്ച്, കിണർ ജലത്തിൽ കാണാൻ മാത്രം റാഡോൺ വാതക ഉൽസർജ്ജനത്തിലേക്ക് നയിക്കു കയും ചെയ്യുന്നതാണ്. മുമ്പ് വിവരിച്ച സൂക്ഷ്മ വിള്ളലുകൾ, ഭൂഗർഭജല ത്തിലേക്ക് റാഡോൺ ബഹിർഗമിക്കാനുള്ള വഴികൾ ആയിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില ഭൂകമ്പങ്ങൾക്ക് മുമ്പായി റാഡോൺ ഉൽസർജനത്തിന്റെ അളവിൽ വർദ്ധനവ് രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

v) **മൃഗങ്ങളുടെ വിചിത്രമായ പെരുമാറ്റം (Strange animal behaviour)**:- ചൈന യിലെ തജ്ഞിനിൽ 7.4 വ്യാപ്തി രേഖപ്പെടുത്തിയ ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പ്, മൃഗങ്ങൾ അസാധാരണമായ സ്വഭാവം പ്രകടിപ്പിച്ചതായി മൃഗപാലകർ റിപ്പോർട്ട് ചെയ്യുകയുണ്ടായി. പാമ്പുകൾ അവയുടെ മാളങ്ങളിലേക്ക് പോകാൻ മടി കാണിച്ചു, അരയന്നങ്ങൾ വെള്ളത്തിനടുത്തേക്ക് പോകാൻ വിസമ്മതിച്ചിരുന്നു, പാണ്ടകൾ അലറിയിരുന്നു തുടങ്ങിയവ ഉദാഹരണ ങ്ങളാണ്. ഭൂകമ്പത്തിന് മുമ്പ് ഈ പ്രതിഭാസം പഠിക്കാൻ കഴിഞ്ഞ ആദ്യ ശ്രമമായിരുന്നു ഇത്. മൃഗങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പ്രവചനം ആവർത്തിക്കാൻ പല ശ്രമങ്ങൾ നടത്തിയിരുന്നുവെങ്കിലും, മറ്റ് വിജയക രമായ പ്രവചനങ്ങളൊന്നും ഉണ്ടായിട്ടില്ല.



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂകമ്പ സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽ വസിക്കുന്നവർക്ക് ഭൂകമ്പമെന്നത് പ്രധാന പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളിലൊന്ന് തന്നെയാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിന് താഴെയുള്ള ഭ്രംശനങ്ങളിലൂടെയുള്ള ശിലകളുടെ ചലനങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടവയാണ് മിക്ക ഭൂകമ്പങ്ങളും. ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തം, ശിലകളിൽ ഊർജ്ജം എങ്ങനെ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നത് വിശദീകരിക്കുന്നുണ്ട്. ഒരു ഭൂകമ്പം സംഭവിക്കുമ്പോൾ, ഇലാസ്തിക ഊർജ്ജം വിമോചിതമായി, കമ്പനങ്ങളായി (ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങൾ) അയക്കപ്പെടുകയും, ഭൂമിയിലൂടെ എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൂകമ്പവേളയിൽ ശിലകളുടെ പൊട്ടൽ മൂലം വിമുക്തമാകുന്ന ഊർജത്തിന്റെ ആഗമനം ഭൂകമ്പമാപിനികളിൽ ഭൂകമ്പാഭിലേഖങ്ങളായി രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നു. ഭൂകമ്പവേളയിൽ പുറത്ത് വരുന്ന മൊത്തം ഊർജത്തിന്റെ അളവാണ് റിക്ടർ വ്യാപ്തി മാനകം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂകമ്പത്തോടനുബന്ധിച്ചുണ്ടായ നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ തരവും ജനങ്ങളുടെ അതിനോടുള്ള പ്രതികരണവും വ്യക്തിനിഷ്ഠമായി ഭൂകമ്പ തീവ്രതാമാനകം അളക്കുന്നു. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വിനാശകരമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങളിൽ കെട്ടിടങ്ങളുടെ വീഴ്ച്ച, ഭൂതല തകർച്ച, സുനാമി, അഗ്നി മുതലായവയുൾപ്പെടുന്നു. എന്നിരുന്നാലും, ഭൂകമ്പത്താൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ആന്തരഭാഗത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിന് ഏറെ വിലപ്പെട്ടതാണ്.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെപറയുന്നവ വിശദീകരിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന പദങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുക.

   എ) ഭൂകമ്പം ഉത്ഭവിക്കുന്ന യഥാർത്ഥ സ്ഥാനം.

   ബി) ഭൂകമ്പകേന്ദ്രത്തിന് നേരെ മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സ്ഥാനം.

   സി) സീസ്മോഗ്രാഫിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന രേഖകൾ.

2. ബ്രാക്കറ്റുകളിൽ നൽകിയിട്ടുള്ളതിൽ നിന്നും ശരിയായ ഉത്തരം തിരഞ്ഞെടുക്കുക.

   (ഭൂകമ്പ ശാസ്ത്രം, സീസ്മോഗ്രാം, ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനം, സുനാമി)

   എ) വളരെ ഉയർന്ന തരംഗ ദൈർഘ്യമുള്ള ഭൂകമ്പ കടൽതിരകൾ

   ബി) ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ ആഗമനം കണ്ടെത്തുന്ന ഉപകരണം.

   സി) ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ശാസ്ത്രീയ പഠനം.

   ഡി) ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ആവൃത്തിയും വിന്യാസ സ്ഥാനങ്ങളും.

3. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണത്തെ സംബന്ധിക്കുന്ന ഇലാസ്തിക ഉത്പതന സിദ്ധാന്തം വിവരിക്കുക.

4. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ഉത്ഭവ കേന്ദ്രവും ഉപരികേന്ദ്രവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

5. P-തരംഗങ്ങളുടെ ചലനവും S-തരംഗങ്ങളുടെ ചലനവും തമ്മിലുള്ള സമാനതകളും വ്യത്യാസങ്ങളുമെഴുതുക.

6. ഏത് തരം ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളാണ് കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് വലിയ നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാക്കിത്തീർക്കുന്നത്?

7. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ തീവ്രതയും വ്യാപ്തിയും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്താണ്?

8. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ വിന്യാസ സ്ഥാനങ്ങൾ ഫലകസീമകളുമായി പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതെങ്ങനെയാണ്?

9. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രധാന പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

10. റിക്ടർ മാനകം ഭൂതല ചലനത്തിന്റെയും ഊർജ്ജ ബഹിർഗമനത്തിന്റെയും അനുശ്രേണമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതെങ്ങനെ?

അധ്യായം

08

ഭൗമ വിപത്തുകളും ദുരന്ത നിവാരണവും (Geological Hazards and Disaster Management)

I3E2J5

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ദുരന്ത നിവാരണ നിർവ്വഹണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പദങ്ങളായ വിപത്ത്, ദുരന്തം, ആഘാതസാധ്യത, നഷ്ടസാധ്യത, കൈകാര്യക്ഷമത എന്നിവ നിർവ്വചിക്കുന്നു.
- ദുരന്തനിവാരണ നിർവ്വഹണത്തിലുള്ള വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- ഭൂകമ്പ നഷ്ടസാധ്യത ലഘൂകരിക്കുന്നതിനുള്ള വിവിധ ചുവടുകൾ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- സുനാമി ദുരന്ത ലഘൂകരണ പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഒരു നിഗമനത്തിലെത്തിച്ചേരുന്നു.
- അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന ദുരന്തങ്ങളെക്കുറിച്ചും അവയുടെ അനന്തരഫലങ്ങളെ ലഘൂകരിക്കുന്നതിനെക്കുറിച്ചും വിശദീകരിക്കുന്നു.
- പ്രളയ വിപത്തുകളുടെ കാരണങ്ങൾ, ദൂഷ്യഫലങ്ങൾ, അവയുടെ ലഘൂകരണം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് പ്രസ്താവിക്കുന്നു.
- ഉരുൾപൊട്ടലിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെയും ലഘൂകരിക്കാനുള്ള മാർഗ്ഗങ്ങളേയും കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുന്നു.
- തീരദേശ അപരദനത്തിന്റെ കാരണങ്ങളെ സോദാഹരണം വിവരിക്കുകയും തീരദേശ പരിപാലന പദ്ധതികളെ വിലയിരുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

എന്നാണോ മനുഷ്യൻ സാമൂഹ്യജീവിയായി മാറിയതും വിഭവങ്ങളും ഉത്തരവാദിത്തങ്ങളും പങ്ക്വെക്കാൻ തുടങ്ങിയതും, അന്ന് മുതൽ വിപത്തുകളോടൊപ്പമാണ് മനുഷ്യൻ ജീവിക്കുന്നത്. സാമൂഹിക വികസനവും മാനുഷിക പുരോഗതികളും മനുഷ്യർ കൈവരിച്ചത് ഇത്തരം അപകട സാധ്യതകൾ ഏറ്റെടുത്തതുകൊണ്ടായിരുന്നു. കഴിഞ്ഞ ഏതാനും ദശകങ്ങളായി പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിൽ ക്രമാതീതമായ വർദ്ധനവുണ്ടാവുകയും അതിനാൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന സാമൂഹിക സാമ്പത്തിക പാരിസ്ഥിതിക അഘാതങ്ങളുടെ ആഴം കൂടി വരുന്നതായും നമുക്ക് കാണാൻ കഴിയും. ഇത്തരം ദുരന്തങ്ങൾ ജീവനോപാധികൾക്കും ജനങ്ങളുടെ ജീവനും വസ്തുക്കൾക്കും വൻ ഭീഷണി സൃഷ്ടിച്ചതിനോടൊപ്പം ആ സമൂഹം കൈവരിച്ചിരുന്ന വികസനത്തെ ഏതാനും ദശകങ്ങൾ പിറകോട്ട് മാറ്റുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

ഒറീസ്സയിലെ വൻ ചുഴലിക്കാറ്റ് (1999), ഗുജറാത്ത് ഭൂകമ്പം (2001), സുനാമി (2004), കാശ്മീർ വെള്ളപ്പൊക്കം (2014), ആന്ധ്രപ്രദേശിൽ വീശിയടിച്ച ഹുദ് - ഹുദ് ചുഴലികാറ്റ് (2014), കേരള പ്രളയം (2018) എന്നിവയെല്ലാം നമ്മുടെ രാജ്യത്ത് ഒട്ടനവധി മനുഷ്യ ജീവൻ എടുത്തതിനോടൊപ്പം വസ്തുവകകളെയും ജനങ്ങളുടെ ജീവനോപാധികളെയും സാരമായി ബാധിക്കുകയും ചെയ്യുകയുണ്ടായി. വെള്ളപ്പൊക്കം, ചുഴലിക്കാറ്റ്, കൂറ്റൻ കടൽ തിരമാലകൾ തുടങ്ങിയ ആവർത്തിച്ചുണ്ടാകുന്ന ദുരന്തങ്ങൾ രാജ്യത്തെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലെ ജനങ്ങളുടെമേൽ വലിയ ആഘാതമാണ് സൃഷ്ടിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. ഭൗമപ്രക്രിയകൾ വളരെ ശക്തിയുള്ളതാകയാൽ മനുഷ്യനു അവയെ ഒരിക്കലും തടയുവാൻ സാധിക്കുകയില്ല. എന്നാൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള വൻ വിപത്തുക്കൾക്ക് ആസ്പദമായ കാരണങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുന്നതിലൂടെയും അവ എന്ത് കൊണ്ട് ഉണ്ടാകുന്നു എന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നതിലൂടെയും ഇത്തരം ദുരന്തങ്ങൾ വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ആഘാതങ്ങളുടെ വ്യാപ്തി നമുക്ക് കുറക്കാനായി സാധിക്കും.

8.1 ദുരന്തനിവാരണ നിർവ്വഹണത്തിലെ അടിസ്ഥാന ആശയങ്ങൾ (Basic concepts in disaster management)

പ്രകൃതി ക്ഷോഭങ്ങളെ സമചിത്തതയോടെയും സമയോചിതമായും നേരിട്ട് പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളുടെ തീവ്രതയും നഷ്ടസാധ്യതയും കുറച്ച് എങ്ങനെ നിവാരണം നടത്താവുന്നതാണെന്ന് ജനങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്. ദുരന്ത നിവാരണ പദ്ധതികളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രവർത്തനങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനു മുന്നോടിയായി ദുരന്തനിവാരണ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പതിവായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ചില പദങ്ങളെ പരിചയപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. *വിപത്ത് (hazard), ദുരന്തം (disaster), നഷ്ട സാധ്യത (Risk), ആഘാത സാധ്യത (Vulnerability), കൈകാര്യക്ഷമത (Capacity)* എന്നിവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

8.1.1 വിപത്തുകളും ദുരന്തങ്ങളും (Hazards and disasters)

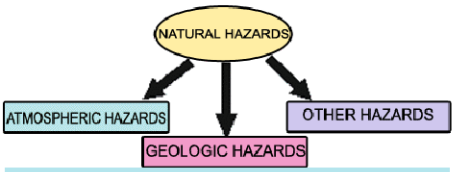
ജീവജാലങ്ങളുടെ ജീവനും ആരോഗ്യത്തിനും, വസ്തുവകകൾക്കും സേവനങ്ങൾക്കും, പരിസ്ഥിതിക്കും സാമൂഹിക സാമ്പത്തിക മേഖലകൾക്കും ഭീഷണി ഉയർത്തുന്ന സാഹചര്യത്തെ വിപത്ത് (hazard) എന്ന് പൊതുവായി പറയാം. വിപത്ത് എന്നത് സൈദ്ധാന്തികമായി നാശനഷ്ടങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാൻ ഉതകുന്ന ഒരു സാഹചര്യമാണ്. ജീവഹാനി, അനാരോഗ്യം, ക്ഷതങ്ങൾ, വസ്തുനഷ്ടം, ഉപജീവനമാർഗ്ഗ നഷ്ടം എന്നിവയ്ക്ക് ഇടയാക്കുന്ന ആപല്കരമായ പ്രതിഭാസങ്ങൾ, വസ്തുക്കൾ, മാനുഷിക ഇടപെടൽ എന്നിവയെയാണ് വിപത്ത് എന്ന പദം കൊണ്ട് വിവക്ഷിക്കുന്നത്. നിയതമായി പറയുകയാണെങ്കിൽ വിപത്ത് എന്ന പദം കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ജീവജാലങ്ങളുടെ മരണത്തിനോ ആരോഗ്യത്തിനോ ഒപ്പം വസ്തുവകകളുടെ നാശനഷ്ടങ്ങൾക്കും ജനങ്ങളുടെ ഉപജീവന മാർഗ്ഗങ്ങൾക്കും തടസ്സം സൃഷ്ടിക്കുന്ന അടിയന്തിര സാഹചര്യത്തെയാണ്.

മാനുഷിക പ്രവർത്തനത്താലോ പ്രകൃത്യാലോ വിപത്തുകൾ സംഭവിക്കാം. മനുഷ്യനാലുണ്ടാകുന്ന വിപത്തുകളിൽ പലതും വ്യവസായ ശാലകളുമായോ ഊർജ്ജോൽപാദന സംവിധാനങ്ങളുമായോ ബന്ധപ്പെട്ടവയാണ്. വ്യവസായശാലകളിലെ സ്ഫോടനങ്ങൾ, വിഷമാലിന്യങ്ങളുടെ ചോർച്ച, മലിനീകരണം, ഡാമുകളുടെ തകർച്ച, യുദ്ധങ്ങൾ, ആഭ്യന്തരയുദ്ധങ്ങൾ എന്നിവ ഈ ഗണത്തിൽപ്പെടും.

ഒരു ദുരന്തത്തെ നമുക്ക് ഇങ്ങനെ നിർവ്വചിക്കാം. *ജനങ്ങൾക്ക് തങ്ങളുടെ കഴിവുകളും ലഭ്യമായ വിഭവങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് ഒരു വിപത്തിനെ നേരിടാൻ സാധിക്കാതെ വരികയും അതുവഴി സാമൂഹിക - സാമ്പത്തിക - പാരിസ്ഥിതിക മേഖലകളിൽ വ്യാപക്മായ നാശനഷ്ടങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയും തൽഫലമായി തങ്ങളുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ വലിയ ക്ഷതങ്ങൾ ഏൽപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന ഗുരുതരമായ ഒരു സ്ഥിതിവിശേഷമാണ് ദുരന്തം എന്നത്.* ഒരു ദുരന്തത്തിന് പ്രേരകശക്തിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഭൗതിക പ്രക്രിയയാണ് വിപത്ത്. എന്നാൽ വിപത്ത് എപ്പോഴും ഒരു ദുരന്തമായിത്തീരണമെന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി ജനവാസം തീരെയില്ലാത്ത മരുഭൂമിയിൽ ഉണ്ടാവുന്ന അതിശക്തമായ ഭൂകമ്പം പോലും ഒരു ദുരന്തമായി പരിണമിക്കുകയില്ല.

അത്യാഹിതവും (emergency) ദുരന്തവും (disaster) വ്യത്യസ്തങ്ങളാണ്. ഒരു വിപത്തിനെ ജനങ്ങൾക്ക് ഫലപ്രദമായി നേരിടാൻ സാധിക്കുന്നുവെങ്കിൽ ആ സാഹചര്യത്തെ **അത്യാഹിതം** എന്നു വിളിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഒരു വിപത്തിനെ ഫലപ്രദമായി നേരിടാൻ ഒരു ജനതയ്ക്ക് സാധിക്കുന്നില്ല എങ്കിൽ അതിനെ **ദുരന്തം** എന്നു വിളിക്കാം. ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിൽ പലഘട്ടങ്ങളിലുണ്ടായ സ്വാഭാവികമായ പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണ് **പ്രകൃതി വിപത്തുകൾ** ഉണ്ടാകുന്നത്.

പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളുടെ വർഗ്ഗീകരണം (Classification of natural hazards) പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങളെ പല വിഭാഗങ്ങളായി തരം തിരിക്കാം. അത്തരത്തിലുള്ള വർഗ്ഗീകരണമാണ് ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത് (ചിത്രം 8.1)



ചിത്രം 8.1 പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളുടെ വർഗ്ഗീകരണം.

വിവിധ ഭൗമ പ്രക്രിയകൾ വഴി ജീവൻ നഷ്ടപ്പെടാനും ക്ഷതമേൽക്കാനും സാധ്യതയുള്ളതും വസ്തുവകകൾ നശിപ്പിക്കപ്പെടാനും, ഉപജീവന മാർഗ്ഗങ്ങളും സേവനങ്ങളും നഷ്ടപ്പെടാനും അതോടൊപ്പം സാമൂഹിക - സാമ്പത്തിക - പാരിസ്ഥിതിക നശീകരണത്തിനും കാരണമാകുന്നതുമായ ദുരന്തങ്ങളെ **ഭൗമ ദുരന്തങ്ങൾ (Geologic hazards)** എന്നു പറയാം. അന്തരീക്ഷത്തിലെ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ദുരന്തങ്ങൾ **അന്തരീക്ഷ ദുരന്തങ്ങൾ (Atmospheric hazards)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഭൗമ പ്രകിയകൾ വഴിയോ അന്തരീക്ഷ പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയോ അല്ലാതെ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ദുരന്തങ്ങൾ **'മറ്റു തരത്തിലുള്ള ദുരന്തങ്ങൾ' (Other types of hazards)** എന്ന പട്ടികയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നവയാണ്.

8.1.2 നഷ്ടസാധ്യത (Risk)

"ഒരു പ്രത്യേക പ്രദേശത്ത് ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിനുള്ളിൽ സംഭവിക്കുന്ന ദുരന്തത്തെ തുടർന്ന് ആ പ്രദേശത്ത് പ്രതീക്ഷിക്കാവുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അളവിനെയാണ്" നഷ്ടസാധ്യത എന്നത് കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ഒരു ദുരന്തവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഉണ്ടാകാവുന്ന നഷ്ടസാധ്യത എന്നത് ആപ്രദേശത്തെ ജനങ്ങളുടെ ജീവനും ആരോഗ്യത്തിനും ഉപജീവനമാർഗ്ഗങ്ങൾക്കും സമ്പാദ്യങ്ങൾക്കും സേവനങ്ങൾക്കും സംഭവിക്കുന്ന നഷ്ടങ്ങളുടെ ആകെ തുകയാണ്. ഒരു സമൂഹം/പ്രദേശം 'റിസ്ക്' എന്ന സാഹചര്യത്തിൽ ആണെന്നു പറഞ്ഞാൽ അതിനർത്ഥം ഒരു വിപത്ത് മുമ്പിലുണ്ടെന്നും ഇത് പ്രസ്തുത പ്രദേശത്തെ പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കാൻ സാധ്യതയുണ്ടെന്നുമാണ്.

8.1.3 ആഘാതസാധ്യത (Vulnerability)

ഒരു ദുരന്തത്തിന്റെ പശ്ചാതലത്തിൽ ആഘാത സാധ്യതയെ ഇങ്ങനെ നിർവ്വചിക്കാം. *'ഒരു ദുരന്തത്തെ തുടർന്ന് മനുഷ്യ സമൂഹമോ, നിർമ്മിതികളോ, സേവനങ്ങളോ, ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ പ്രദേശങ്ങളോ പ്രകൃതിയുടെ പ്രത്യേകതകൾ കൊണ്ടോ, നിർമ്മാണത്തിലെ സവിശേഷതകൾ കൊണ്ടോ ദുരന്ത ബാധിത പ്രദേ*

ശങ്ങളുടെ സാമീപ്യത്താലോ പ്രതീക്ഷിക്കുന്ന അപായങ്ങളുടെയും നാശനഷ്ടങ്ങളുടെയും തോത്'. പ്രക്ഷുബ്ധമായ നദീതീരങ്ങളിലോ ഭൂപ്രകമ്പന മേഖലകളിലോ താമസിക്കുന്ന ജനവിഭാഗങ്ങൾ തീർത്തും ഉയർന്ന ആഘാത സാധ്യതയിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതെന്ന് പറയാം.

8.1.4 കാര്യക്ഷമത (Capacity)

ഒരു ദുരന്തത്തെ നേരിടാനോ, പ്രതിരോധിക്കാനോ, ലഘൂകരിക്കാനോ തരണം ചെയ്യാനോ അതിജീവിക്കാനോ ജനങ്ങൾക്കും സമൂഹത്തിനും ഉള്ള കഴിവുകൾ, വിഭവങ്ങൾ, മാർഗങ്ങൾ എന്നിവയാണ് കാര്യക്ഷമത എന്നത് കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. നഷ്ടസാധ്യത (risk) കുറയ്ക്കുന്നതിനായി ആഘാത സാധ്യത (vulnerability) കുറയ്ക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്. ഇത് ഫലവത്താവണമെങ്കിൽ പാരിസ്ഥിതിക പ്രവർത്തനങ്ങളെ കുറിച്ച് നമുക്ക് ആഴത്തിലുള്ള അറിവുണ്ടായിരിക്കണം. നഷ്ടസാധ്യത (risk) കുറയ്ക്കുന്നതിനായി ഉചിതമായ മാർഗ്ഗങ്ങൾ നടപ്പിലാക്കുന്നതിന് പാരിസ്ഥിതിക പ്രവർത്തനങ്ങളെ ക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് നമ്മെ സഹായിക്കുന്നു.

8.2 ദുരന്ത നിവാരണം (Disaster management)

ലഭ്യമായ എല്ലാ വിഭവങ്ങളും ഉപയോഗിച്ച് ഉത്തരവാദിത്ത ബോധത്തോട് കൂടി മാനുഷിക മൂല്യങ്ങൾക്ക് മുൻഗണന നൽകികൊണ്ട് അത്യാഹിത സന്ദർഭങ്ങളിൽ മുൻകൂട്ടി തയ്യാറെടുപ്പുകൾ നടത്തിയും ദുരന്തവേളയിൽ ഫലപ്രദമായി പ്രതികരിച്ച് കൊണ്ടും ദുരന്ത മേഖലകളെ യഥാസമയം വീണ്ടെടുത്ത് കൊണ്ടും ആഘാതങ്ങളെ ലഘൂകരിക്കാൻ തക്കവണ്ണം നടത്തുന്ന ഫലപ്രദമായ ഇടപെടലുകളാണ് ദുരന്ത നിവാരണം (disaster management). പ്രതിരോധം (prevention), ലഘൂകരണം (mitigation), തയ്യാറെടുക്കൽ/മുന്നൊരുക്കം (preparedness) എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ദുരന്തത്തിന്റെ ആഘാതങ്ങളെ ലഘൂകരിക്കുകയോ ഒഴിവാക്കുകയോ ആണ് ദുരന്തനിവാരണത്തിലൂടെ ലക്ഷ്യമിടുന്നത്.

8.2.1 ദുരന്ത നിവാരണ പരിവൃത്തിയിലെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ (Phases of disaster management cycle)

ദുരന്തനിവാരണ പരിവൃത്തിയിൽ വളരെ ആസൂത്രിതമായി നടപ്പിലാക്കുന്ന മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളാണ് ഉള്ളത്. (1) ദുരന്ത പൂർവ്വഘട്ടം (pre-disaster phase) (2) ദുരന്തസമയ ഘട്ടം (disaster occurrence phase) (3) ദുരാന്താനന്തര ഘട്ടം (post - disaster phase).

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ദുരന്തനിവാരണ പരിവൃത്തിയിലെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്ന രേഖാ ചിത്രം (ചിത്രം 8.2) വിലയിരുത്തുക. നിങ്ങൾക്കറിയാവുന്ന ഒരു ദുരന്ത വേളയിൽ സർക്കാർ അധികൃതരോ സന്നദ്ധ സംഘടനകളോ നടത്തിയ ദുരന്ത നിവാരണ പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് നിങ്ങളുടെ സഹപഠിതാക്കളുമായി ചർച്ച നടത്തുക. ആശയങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന പുസ്തകത്തിൽ (activity log) രേഖപ്പെടുത്തുക.



ചിത്രം 8.2 ദുരന്ത നിവാരണ പരിവൃത്തിയിലെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ

മുന്നൊരുക്കം (Preparation or Preparedness) : ഒരു ദുരന്തത്തെ തുടർന്ന് സംഭവിക്കാവുന്ന ജീവഹാനി കുറയ്ക്കുക, അവശ്യ സേവനങ്ങളുടെ ലഭ്യത ഉറപ്പുവരുത്തുക, നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ തോത് പരമാവധി കുറയ്ക്കുക എന്നീ ലക്ഷ്യത്തോട്കൂടി ഒരു ദുരന്തത്തിന് മുന്നോടിയായി എടുക്കുന്ന നടപടികളാണ് മുന്നൊരുക്കം എന്നത്കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. പ്രായോഗികമായ അത്യാഹിത സേവന മാർഗരേഖകൾ തയ്യാറാക്കുക, അപായ സൂചനകൾ യഥാസമയം നൽകാനുള്ള സംവിധാനങ്ങൾ ഒരുക്കുക. വസ്തു വിവരപട്ടികകൾ (inventories) തയ്യാറാക്കുക, സന്നദ്ധ പ്രവർത്തകർക്ക് പരിശീലനം നൽകുക എന്നിവയെല്ലാം ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

പ്രതികരണം (Response) : ദുരന്തത്തെ തുടർന്ന് ഉണ്ടാകാവുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ തോത് കുറയ്ക്കുന്നതിനായി ദുരന്തതത്സമയവേളയിൽ നടത്തുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. ഉദാഹരണം: മുന്നറിയിപ്പ് സംവിധാനങ്ങൾ; അത്യാഹിത സേവന പ്രവർത്തനങ്ങൾ; അപകടത്തിൽപ്പെട്ടവരെ കണ്ടെത്തലും രക്ഷപ്പെടുത്തലും; അപകട മേഖലകളിൽ നിന്ന് ജനങ്ങളെ ഒഴിപ്പിക്കൽ; അടിയന്തിര ആശ്വാസ നടപടികൾ.

വീണ്ടെടുപ്പ് (Recovery) : ദുരന്തത്തിന് ശേഷം പ്രസ്തുത പ്രദേശത്ത് നടത്തുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് വീണ്ടെടുപ്പ് എന്നത്കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ഉദാഹരണം: താൽക്കാലിക താമസ സൗകര്യങ്ങൾ ഒരുക്കുക; നഷ്ടപരിഹാരം കണക്കാക്കി അർഹരായവർക്ക് അനുവദിക്കുക; ദീർഘ-കാല വൈദ്യസഹായം നൽകുക; മാനസികമായി തകർന്നവർക്ക് കൗൺസിലിംഗ് നൽകുക; ജനങ്ങളെ സാധാരണ നിലയിലേക്ക് മടക്കികൊണ്ടുവരിക; നാശനഷ്ടങ്ങൾ വിലയിരുത്തുക; നശിച്ചുപോയ വസ്തുക്കളെ വീണ്ടെടുത്ത് പുനസ്ഥാപിക്കുക, നഷ്ടപ്പെട്ട രേഖകളുടെ പുനർനിർമ്മാണം, തുടർപ്രവർത്തനങ്ങൾ.

ലഘൂകരണം (Mitigation) : ഒരു ദുരന്തത്തിന്റെ ആഘാതങ്ങളെ കുറക്കാനായി സ്വീകരിക്കുന്ന നടപടികൾക്കൊപ്പം ഭാവിയിൽ ഉണ്ടാകാൻ സാധ്യതയുള്ള ഒരു ദുരന്തത്തിന്റെ തീവ്രത കുറക്കുക എന്നലക്ഷ്യവും ലഘൂകരണ പ്രക്രിയയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. വരൾച്ച ബാധിത പ്രദേശങ്ങളിലെ ജലവിഭവങ്ങളെ വേണ്ട രീതിയിൽ ഉപയോഗിക്കുക, ദുരന്ത സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽനിന്ന് ജനങ്ങളെ മാറ്റി പാർപ്പിക്കുക, ബലക്ഷയമുള്ള കെട്ടിടങ്ങളെ ശക്തിപ്പെടുത്തി ദുരന്ത വേളയിൽ ഉണ്ടാകാവുന്ന അപകട സാധ്യതകൾ കുറയ്ക്കുക എന്നിവയെല്ലാം ലഘൂകരണ പ്രക്രിയകളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. മേൽപറഞ്ഞ ഭൗതിക നടപടികൾക്ക് പുറമേ ദുരന്തത്തെ തുടർന്ന് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന സാമ്പത്തിക- സാമൂഹിക മേഖലകളിലെ അസ്വസ്ഥകളുടെ ആഘാതവും കുറയ്ക്കുക എന്ന ലക്ഷ്യവുംകൂടി ലഘൂകരണ പ്രക്രിയയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

8.2.2 ദുരന്തങ്ങളുടെ അനന്തര ഫലങ്ങൾ (Effects of hazards)

ഒരു ദുരന്തത്തിന്റെ പ്രത്യാഘാതങ്ങളെ പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ, ത്രിതീയ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിക്കാം. വിപത്തുണ്ടാകുന്ന സമയത്ത് തന്നെ സംഭവിക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങളാണ് **പ്രാഥമിക പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ (primary effects)**. ഉദാഹരണമായി പ്രളയവേളയിലെ അപകടങ്ങൾ, ഭൂകമ്പ സമയത്തുള്ള കെട്ടിടങ്ങളുടെ തകർച്ച, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം, ഉരുൾപൊട്ടൽ, ചുഴലിക്കാറ്റ് എന്നിവ. പ്രാഥമിക പ്രത്യാഘാതങ്ങളുടെ പ്രേരണയാൽ സംഭവിക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങളാണ് **ദ്വിതീയ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ**. ഉദാഹരണമായി ഭൂകമ്പത്തെ തുടർന്നുണ്ടാകുന്ന അഗ്നിബാധ, വൈദ്യുത ജലസേവനങ്ങളുടെ തടസ്സപ്പെടൽ, ഉരുൾപൊട്ടലിനെ തുടർന്ന് ശിലകളും മണ്ണും മറ്റും നദികളിലോ തടാകങ്ങളിലോ ചെന്ന് പതിച്ചുണ്ടാകുന്ന വെള്ളപ്പൊക്കം. അപകടത്തെ തുടർന്ന് ദീർഘകാലത്തേക്ക് നീണ്ട്നിൽക്കുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങളാണ് **ത്രിതീയ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ**. ഉദാഹരണമായി വെള്ളപ്പൊക്കത്തെ തുടർന്ന് ജീവജാലങ്ങളുടെ ആവാസ വ്യവസ്ഥാ നശീകരണം, വെള്ളപ്പൊക്കത്തെ തുടർന്ന് നദീപാതകൾ സ്ഥിരമായി ദിശമാറി ഒഴുകൽ, അഗ്നിപർവ്വതസ്ഫോടനത്തെ തുടർന്നുള്ള കൃഷിനാശം തുടങ്ങിയവ.

8.2.3. പ്രവചനവും മുന്നറിയിപ്പും (Prediction and warning)

ഒരു വിപത്തിനെ തൃപ്തികരമായ വിധത്തിൽ പ്രവചിക്കാൻ സാധിക്കുമെങ്കിൽ, ഒരു പക്ഷേ ദുരന്തത്തെ തുടർന്നുള്ള നഷ്ടസാധ്യതയും (risk), ആഘാത സാധ്യതയും (vulnerability) കുറക്കാം. ഭാവിയിൽ സംഭവിക്കാവുന്ന ദുരന്തത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രസ്താവനകളാണ് പ്രവചനം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. രണ്ട് ഭാഗങ്ങളാണ് ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത് (എ) ശാസ്ത്രീയ നിരീക്ഷണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ദുരന്തസാധ്യതാ പ്രസ്താവനകൾ നടത്തുന്നു. (ബി) അത്തരം നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ വിവിധ ഭൗമ പ്രക്രിയകളെ വിലയിരുത്തി വരാൻപോകുന്ന അപകടത്തിന് മുന്നോടിയായി സംഭവിക്കാൻ സാധ്യതയുള്ള ഏതെങ്കിലും സൂചകങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുന്നു.

അപകടത്തെക്കുറിച്ച് നൽകുന്ന സന്ദേശങ്ങളാണ് **മുന്നറിയിപ്പ്/അപായ സൂചനകൾ (Warning)**. പ്രവചനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ദുരന്തത്തെക്കുറിച്ച് നൽകുന്ന പ്രസ്താവനകളാണ് മുന്നറിയിപ്പ് എന്നത്കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്.

മുന്നറിയിപ്പിന്റെ കാര്യക്ഷമത (എ) സമയബന്ധിതമായി നൽകുന്ന മുന്നറിയിപ്പ് (ബി) ആസന്നമായ ദുരന്തത്തെക്കുറിച്ച് ജനങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കാനുള്ള ഫലവത്തായ ആശയവിനിമയ ഉപാധികളുടെ കാര്യക്ഷമത (സി) മുന്നറിയിപ്പുകൾ നൽകുന്ന സ്രോതസ്സുകളുടെ വിശ്വാസ്യത എന്നീ ഘടകങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ദുരന്ത നിവാരണം എന്നാൽ എന്താണ്? ഏതെല്ലാമാണ് ദുരന്ത നിവാരണത്തിലെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ?
2. പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളും മനുഷ്യ നിർമ്മിത ദുരന്തങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം ഉദാഹരണ സഹിതം വ്യക്തമാക്കുക.
3. ദുരന്തങ്ങളും ആഘാത സാധ്യതയും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ ഉദാഹരണ സഹിതം വിശദീകരിക്കുക.

ദുരന്ത നിവാരണ നിർവ്വഹണ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ പശ്ചാത്തലത്തിൽ പ്രധാനപ്പെട്ട ഏതാനും ഭൗമ ദുരന്തങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഇനി നമുക്ക് ചർച്ച ചെയ്യാം. ഭൂകമ്പം, സുനാമി, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം, ഉരുൾപൊട്ടൽ, വെള്ളപ്പൊക്കം, കൊടുങ്കാറ്റ് വഴി നടക്കുന്ന കടൽ ക്ഷോഭം, അവതലനം, സമുദ്രതീര അപരദനം, ഹിമപാതം തുടങ്ങിയവ ഭൗമദുരന്തത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

8.3 ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Earthquakes)

ഭൂക്കമ്പത്തിന്റെ കാരണങ്ങളെക്കുറിച്ചും പ്രത്യാഘാതങ്ങളെക്കുറിച്ചും നിങ്ങൾ കഴിഞ്ഞ അധ്യായത്തിൽ പഠിച്ചതാണല്ലോ. ഇലാസ്തികമായി വലിഞ്ഞു മുറുകിയ ശിലകളിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ഊർജം ദ്രുതഗതിയിൽ സ്വതന്ത്രമാകുന്നത് വഴിയാണ് ഭൂകമ്പങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നതെന്ന് ഓർക്കുമല്ലോ. ശിലകൾക്കുള്ളിലെ ഈ സമ്മർദ്ദഫല ഊർജ്ജം ഭൂകമ്പ പ്രഭവ കേന്ദ്രത്തിൽ (focus) നിന്ന് സ്വതന്ത്രമായി തരംഗരൂപത്തിൽ വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇത്തരം ഊർജ തരംഗങ്ങൾ ശിലകളെ പ്രകമ്പനം കൊള്ളിക്കുകയും അങ്ങേയറ്റം നാശനഷ്ടങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

8.3.1 ഭൂകമ്പ നഷ്ടസാദ്ധ്യത (Earthquake Risk)

ഭൂരിഭാഗം ഭൂകമ്പശാസ്ത്രജ്ഞരുടെയും കാഴ്ചപ്പാടിൽ *"ഭൂകമ്പം ജീവഹാനിക്ക് കാരണമാകുന്നില്ല. പക്ഷേ കെട്ടിടങ്ങൾ തകരുന്നതു വഴി ജീവഹാനി സംഭവിക്കുന്നു"* ("earthquakes don't kill people, buildings do"). ഓരോ കെട്ടിടങ്ങൾക്കും വ്യത്യസ്ത നഷ്ടസാധ്യതയാണ് ഉള്ളത്. ഭൂകമ്പം മൂലമുണ്ടാകുന്ന മരണങ്ങളിൽ അധികവും സംഭവിക്കുന്നത് കെട്ടിടങ്ങളും മറ്റ് മനുഷ്യനിർമ്മിതികളും തകർന്ന് വീഴുന്നത് കാരണമാണ് (ചിത്രം 8.3).



ചിത്രം 8.3: ഭൂകമ്പവേളയിലെ കെട്ടിടങ്ങളുടെ തകർച്ച

ജനവാസ മേഖലകളിൽനിന്ന് വളരെ അകലെയായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒറ്റപ്പെട്ട പ്രദേശങ്ങളിലുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പത്തിൽ ജീവഹാനി ഉണ്ടാകണമെന്നില്ല. ആയതിനാൽ ഭൂകമ്പ നഷ്ടസാദ്ധ്യത ഇനി പറയുന്ന ഘടകങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് കിടക്കുന്നു **(1) ജനസാന്ദ്രത (Population density) (2) നിർമ്മാണ ഗുണനിലവാരം (Construction standards)** (ഇത് നിർമ്മാണചട്ടത്തിനെ ആശ്രയിച്ചാണ് - കെട്ടിട നിർമ്മാണ ചട്ടം എന്നത് കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് കെട്ടിട രൂപരേഖ, കെട്ടിട നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ, കെട്ടിട പുനഃരൂപകൽപ്പന, നാശത്തിനും തകർച്ചയ്ക്കും എതിരെയുള്ള പ്രതിരോധ നടപടികൾ, മനുഷ്യരുടെ സുരക്ഷ ഉറപ്പുവരുത്തുന്നതിനാവശ്യമായ മറ്റു സംവിധാനങ്ങൾ മുതലായവയാണ്). **(3) അത്യാഹിത മുന്നൊരുക്കം (Emergency preparedness)**

8.3.2 ഭൂകമ്പ നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ ലഘൂകരണം (Mitigation of earthquake damage)

ഭൂകമ്പം നേരിട്ട് ജീവഹാനിക്ക് കാരണമാകുന്നില്ല എന്നും മറിച്ച് ഭൂകമ്പം മൂലം കെട്ടിടങ്ങൾ തകർന്ന് വീഴുന്നത് വഴിയാണ് ജീവഹാനി സംഭവിക്കുന്നതെന്നും നാം നേരത്തെ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഭൂകമ്പം പ്രതിരോധിക്കാൻ ശക്തിയുള്ള കെട്ടിടങ്ങളും മറ്റ് നിർമ്മിതികളും നിർമ്മിക്കുകയാണെങ്കിൽ മരണസംഖ്യയും അപകടങ്ങളും കുറയ്ക്കുവാൻ സാധിക്കും. ഭൂകമ്പ പ്രതിരോധശേഷിയുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിച്ചും (seismic resistant construction), ഭൂകമ്പ രഹിത മേഖലയിൽ കെട്ടിങ്ങൾ പണിതും (enforcement of zoning (where to build)), കെട്ടിട നിർമ്മാണ ചട്ടങ്ങൾ (Building codes) കൃത്യമായി പാലിച്ചും (how to build) ഭൂകമ്പവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട നഷ്ടസാധ്യത (Risk) ഒരു പരിധിവരെ കുറയ്ക്കുവാൻ സാധിക്കും. നിർമ്മാണചട്ടങ്ങൾ കൃത്യമായി പാലിച്ചുകൊണ്ട് നിർമ്മിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങൾ പോലും പലപ്പോഴും നിർമ്മാണ വസ്തുക്കളുടെ ഗുണമേൻമയില്ലായ്മകൊണ്ടോ തൊഴിൽ വൈദഗ്ധ്യത്തിന്റെ പോരായ്മകൊണ്ടോ തകർന്ന് വീണേക്കാം. കാലഹരണപ്പെട്ട കെട്ടിടങ്ങൾ പലതും പുതുതായി നടപ്പാക്കിയ നിർമ്മാണ ചട്ടങ്ങൾക്ക് അനുസൃതമല്ലാത്തതിനാൽ തകർന്ന് വീഴാനുള്ള സാധ്യത കൂടുതലാണ്.

മികച്ച മുന്നൊരുക്കം, പൊതുജന അവബോധനം, ഉന്നത എഞ്ചിനിയറിംഗ് വൈദഗ്ധ്യം എന്നിവയോടെ കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിച്ചാൽ ഭൂകമ്പനാശനഷ്ടങ്ങളെ ലഘൂകരിക്കാൻ കഴിയും. ഭൂകമ്പസാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽ വസിക്കുന്ന ജനങ്ങൾക്ക് ഭൂകമ്പത്തിന് മുന്നോടിയായും, ഭൂകമ്പ സമയത്തും ഭൂകമ്പത്തിന് ശേഷവും ആഘാതങ്ങൾ കുറക്കുന്നതിനായി സ്വീകരിക്കേണ്ട നടപടികളെക്കുറിച്ച് ബോധവൽക്കരണം നടത്തുന്നതു വഴി ഭൂകമ്പപ്രത്യാഘാതങ്ങളെ കുറക്കുവാനായി സാധിക്കുന്നു.

ഭൂകമ്പത്തെ ചെറുക്കുവാനായി കെട്ടിടങ്ങളുടെ രൂപരേഖ തയ്യാറാക്കുമ്പോഴും കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുമ്പോഴും ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ചില സവിശേഷതകൾ കൂടി കണക്കിലെടുക്കേണ്ടതാണ്. ഭൂതല ത്വരണം (ground acceleration), പ്രകമ്പനം, ചലന ദൈർഘ്യം, ഭൂകമ്പ തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി, കെട്ടിടങ്ങളുടെ അനുരണനം തുടങ്ങിയവയാണവ.

അനുരണനം (Resonance)

എല്ലാ കെട്ടിടങ്ങൾക്കും പ്രകൃതിദത്തമായ ആവൃത്തി അഥവ കമ്പനം (period of vibration) ഉള്ളതാകുന്നു. ഒരു കെട്ടിടത്തിന്റെ പ്രകൃത്യാലുള്ള കമ്പനകാലയളവ് ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾക്ക് തുല്യമാവുകയാണെങ്കിൽ അവിടെ അനുരണനം സംഭവിക്കും. ഇത് (അനുരണനം) നീണ്ടു നിൽക്കുകയാണെങ്കിൽ കെട്ടിടങ്ങൾ തകർന്ന് വീഴും. കെട്ടിങ്ങളുടെ അനുരണനം താഴെപറയും പ്രകാരം ഒഴിവാക്കനായി സാധിക്കും.

- കെട്ടിടങ്ങളുടെ ഉയരത്തിൽ മാറ്റം വരുത്തിക്കൊണ്ട്
- കെട്ടിടങ്ങളുടെ ആകൃതിയിൽ മാറ്റം വരുത്തിക്കൊണ്ട്
- കെട്ടിട നിർമ്മാണ സാമഗ്രികളിൽ മാറ്റം വരുത്തിക്കൊണ്ട്
- കെട്ടിടങ്ങളുടെ അടിത്തറയും കെട്ടിടവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിൽ മാറ്റം വരുത്തികൊണ്ട്.

കെട്ടിടങ്ങൾക്കും അടിത്തറയ്ക്കും ഇടയിൽ ചക്രങ്ങൾ, ബോൾ ബെയറിങ്ങ്, ഷോക്ക് അബ്സോർബറുകൾ, റബ്ബർ ഡോനട്ട് തുടങ്ങിയവ ഘടിപ്പിക്കുന്നത് വഴി ഭൂകമ്പ ഊർജം ഭാഗികമായി ഇവ പിടിച്ചെടുക്കുകയും കെട്ടിടങ്ങളുടെ കമ്പനം കുറക്കാനായി സാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

നിത്യോപയോഗ സാമഗ്രികൾ (Utilities) : ഭൂകമ്പത്തെ തുടർന്ന് ജലവിതരണ പൈപ്പുകൾ പൊട്ടിപ്പോകുന്നത് വഴി ഭൂകമ്പത്തിന്റെ ദ്വിതിയ പ്രത്യാഘാതങ്ങളിൽ (secondary effects) ഒന്നായ തീപ്പിടുത്തം സമയബന്ധിതമായി നിയന്ത്രിക്കാൻ ജല ദൗർലഭ്യതമൂലം സാധിക്കില്ല. ദൃഢമല്ലാത്തതും വഴങ്ങുന്നതുമായ (flexible) പൈപ്പുകളിലൂടെ ജലവിതരണം നടത്തിയാൽ പൈപ്പുകൾ പൊട്ടിപോകുന്നത് തടയാൻ കഴിയും. ഗ്യാസ് വിതരണ പൈപ്പുകളിലും വൈദ്യുത മീറ്ററുകളിലും ഭൂകമ്പ പ്രകമ്പനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ സ്വയം വിതരണം നിലയ്ക്കുന്ന വാൽവ് പോലുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ ഘടിപ്പിക്കാവുന്നതാണ്. ഇത് ദ്വിതീയഫലമായ അഗ്നിബാധ തടയുന്നതിന് സഹായകരമായിരിക്കും.

8.4 സുനാമി (Tsunami)

സമുദ്രങ്ങൾ, തടാകങ്ങൾ പോലുള്ള വലിയ ജലാശയങ്ങളെ സ്ഥാനാന്തരപ്പെടുത്തുന്ന ജലതരംഗ ശ്രേണികളാണ് **സുനാമി അഥവാ ഭൂകമ്പ കടൽതിരമാലകൾ (Seismic sea waves)** എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂകമ്പങ്ങൾ, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം, സമുദ്ര അടിത്തട്ടിലെ മറ്റ് സ്ഫോടനങ്ങൾ, ഉരുൾപൊട്ടൽ, ഹിമപതനം, ഉൽക്കാപതനം തുടങ്ങിയ ജലോപരിതലത്തിലോ താഴെയോ നടക്കുന്ന വിവിധ പ്രവർത്തനങ്ങൾ സുനാമിയുടെ ഉൽഭവത്തിന് കാരണമാകുന്നു.

സമുദ്ര അടിത്തട്ടിലെ ഭ്രംശമേഖലകളിൽ നടക്കുന്ന ചലനത്തിന്റെ ഫലമായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന സമുദ്രാന്തര ഭൂകമ്പങ്ങളാണ് സുനാമിയുടെ ഉൽഭവത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാന കാരണമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. സമുദ്രാന്തര ഭൂകമ്പത്തെ തുടർന്ന് വൻതോതിൽ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ തരംഗങ്ങൾക്ക് സമുദ്രത്തിലൂടെ വളരെയധികം ദൂരം സഞ്ചരിക്കാനുള്ള ശേഷിയുണ്ടായിരിക്കും.

കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനത്താൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന സാധാരണ കടൽ തിരമാലകളിൽ നിന്നും സുനാമി തിരമാലകൾക്ക് വലിയ വ്യത്യാസമുണ്ട്. സുനാമി

തിരകൾ സാധാരണ കടൽ തിരമാലകളേക്കാൾ വളരെ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഒരു സാധാരണ സമുദ്ര തിരമാലയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം ഏകദേശം 100 മീറ്റർ ആണെങ്കിൽ, സുനാമി തിരമാലകളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം 500 കിലോമീറ്റർ വരെ ആകാറുണ്ട്.

സുനാമി എന്നത് കേവലം ഒരു വലിയ തിരമാലയല്ല. പത്തോ അതിലധികമോ വലിയ തിരമാലകളുടെ ശ്രേണിയാണ് സുനാമി തിരമാലകൾ. "സുനാമി വേവ് ട്രയിൻ" (tsunami wave train) എന്നാണ് ഇത് അറിയപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 8.4). സാധാരണ സമുദ്ര തിരമാലകളുടെ വേഗത മണിക്കൂറിൽ 100 കിലോമീറ്റർ ആണെങ്കിൽ സമുദ്ര അടിത്തട്ടിലെ ആഴം കൂടിയാഭാഗങ്ങളിൽ സുനാമി തിരമാലകളുടെ വേഗത മണിക്കൂറിൽ 800 കിലോമീറ്റർ വരെ ആകാറുണ്ട്.



ചിത്രം 8.4 സുനാമി വേവ് ട്രയിൻ

വളരെ പെട്ടെന്നും അപ്രതീക്ഷിതവുമായി പലപ്പോഴും ഒരു മുന്നറിയിപ്പ് പോലും നൽകാതെ എത്തുന്ന സുനാമി തിരമാലകൾ തീരദേശവാസികൾക്ക് വൻനാശനഷ്ടങ്ങളാണ് സൃഷ്ടിക്കുന്നത്.

8.4.1 സുനാമി ദുരന്തങ്ങളുടെ ലഘൂകരണം (Mitigation of tsunami hazards)

സുനാമി തിരമാലകളെ തടയുക സാദ്ധ്യമല്ല, എന്നാൽ പല സുനാമി ബാധിത രാജ്യങ്ങൾക്കും ഉചിതമായ നടപടികളിലൂടെ സുനാമി വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങൾ (പ്രത്യേകിച്ചും തിരദേശമേഖലകളിൽ) കുറയ്ക്കുവാനായി സാധിച്ചിട്ടുണ്ട്. സുനാമിക്ക് കാരണമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ പലയിടങ്ങളിലും പ്രാദേശികമായി സുനാമി മുന്നറിയിപ്പ് കേന്ദ്രങ്ങൾ ആരംഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. ജപ്പാൻ, കാംചത്ക, അലാസ്ക, ഹവായ്, ഫ്രഞ്ച് പോളിനേഷ്യ, ചിലി തുടങ്ങിയ രാജ്യങ്ങളിലെ പ്രദേശങ്ങൾ ഇവയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

സുനാമി തിരമാലകൾ ഉൽഭവിക്കാൻ ആധാരമായ ഭൂകമ്പ പ്രഭവകേന്ദ്രം തീരമേഖലയിൽ നിന്ന് കിലോമീറ്ററുകളോളം അകലെയാണെങ്കിൽ, ജനങ്ങൾക്ക് മുന്നറിയിപ്പ് നൽകുന്നതിനും തീരദേശവാസികളെ ഒഴിപ്പിക്കുന്നതിനും വേണ്ടത്ര സമയം ലഭിക്കാറുണ്ട്. എന്നിരുന്നാലും സുനാമിയെ തുടർന്ന് വലിയ നിരക്കിലുള്ള ജീവഹാനി പലപ്പോഴും സംഭവിക്കാറുണ്ട്. പ്രത്യേകിച്ചും ഭൂകമ്പ പ്രഭവകേന്ദ്രം തീരത്തിനടുത്താണെങ്കിൽ മുന്നറിയിപ്പ് ജനങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കാൻ മതി

യായ സമയം ലഭിക്കാതെ വരികയോ, ജനങ്ങൾ മുന്നറിയിപ്പ് ഗൗനിക്കാതിരിക്കുകയോ ആണെങ്കിൽ സുനാമി വിനാശകാരിയായി മാറാറുണ്ട്. മറ്റ് എല്ലാ മുന്നറിയിപ്പ് സംവിധാനങ്ങളെപ്പോലെയും, നേരത്തെയുള്ള സുനാമി മുന്നറിയിപ്പിന്റെ ഗുണം ലഭിക്കണമെങ്കിൽ തദ്ദേശീയരായ അധികൃതകർക്ക് അപകടസാധ്യത മനസ്സിലാക്കുന്നതിനും പ്രസ്തുത വിവരം ജനങ്ങളിലേക്ക് എത്രയും വേഗം എത്തിക്കുന്നതിനും കഴിവുണ്ടായിരിക്കണം. കൂടാതെ മുന്നറിയിപ്പ് അവഗണിക്കാതിരിക്കാനും സ്വമേധയാ പ്രദേശം വിട്ടൊഴിഞ്ഞ് പോകാനുള്ള അവബോധം ജനങ്ങളിൽ സൃഷ്ടിക്കുകയും വേണം.

ജപ്പാൻ ജനവാസ സാധ്യത തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ വലിയ സുനാമി ചുമരുകൾ സ്ഥാപിക്കുന്ന പദ്ധതികൾ നടപ്പിലാക്കുകയുണ്ടായി. 4.5 മീറ്റർ (13.5 അടി) ഉയരം വരെയുള്ള സുനാമി ചുമരുകൾ ഇതിന്റെ ഭാഗമായി നിർമ്മിക്കുകയുണ്ടായി. ചിത്രം 8.5 ൽ ജപ്പാനിലെ ജനവാസ തീരമേഖലകളിൽ നിർമ്മിച്ച സുനാമി ചുമരുകളുടെ ചിത്രീകരണം കാണാം.



ചിത്രം 8.5 ജപ്പാനിലെ സുനാമി ചുമരുകൾ



സ്ഥാനാസൂത്രണവും സ്ഥലനിയന്ത്രണവും (Site planning and land management)

തീരദേശത്തെ സുനാമി തിരമാലകളിൽ നിന്നും സംരക്ഷിക്കുന്നതിനായി നടപ്പിലാക്കുന്ന ചിട്ടയായ ലഘൂകരണ പദ്ധതികളിൽ ഒന്നാണ് സ്ഥാനാസൂത്രണവും സ്ഥലനിയന്ത്രണവും. സുനാമി പ്രതീക്ഷിത നഷ്ടം കുറക്കുന്നതിനായി നടപ്പിലാക്കുന്ന സ്ഥലാസൂത്രണം വഴി ഒരു പ്രത്യേക പ്രദേശത്തിന്റെ സ്ഥാനം കണക്കാക്കി വികസന രൂപ രേഖ തയ്യാറാക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

- സ്ഥാന നിർണ്ണയം: സുനാമി ദുരന്തങ്ങൾ ഏറ്റവുമധികം ബാധിക്കാൻ സാധ്യതയുള്ള തീരരേഖയിൽ (coast line) നിന്നും നൂറുകണക്കിന് അടി അകലത്തിൽ കെട്ടിടനിർമ്മാണവും താമസസൗകര്യങ്ങളും ഒഴിവാക്കുക.
- ശരാശരി സമുദ്ര നിരപ്പിൽ നിന്നും ഉയരത്തിലായി കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുക.
- തീരദേശ ഭവനങ്ങളുടെ തറനിരപ്പിൽ നിന്നുള്ള ഉയരം വർദ്ധിപ്പിക്കുക: ഭൂരിഭാഗം സുനാമി തിരമാലകളുടെയും ഉയരം 3 മീറ്ററിൽ താഴെയാണ്. വീടുകളുടെ തറ നിരപ്പ് ഉയർത്തിക്കൊണ്ട് സുനാമി തിരമാലകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന വസ്തുവകകളുടെ നാശനഷ്ടങ്ങൾ കുറയ്ക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

8.4.2 സുനാമി സുരക്ഷാ നിയമങ്ങൾ (Tsunami Safety rules)

ഏതാനും ചില സുനാമി സുരക്ഷാനിയമങ്ങൾ താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

1. താഴ്ന്ന തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ശക്തമായ ഭൂകമ്പം ഒരു പ്രകൃത്യാലുള്ള മുന്നറിയിപ്പായി കണക്കാക്കുക. ശാന്തരായി എത്രയും വേഗത്തിൽ തീരദേശം വിട്ട് ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് മാറുക.
2. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രഭവകേന്ദ്രം തീരത്തിനോട് അടുത്തോ സമുദ്രാടിത്തട്ടിന് ചേർന്നോ ആണെങ്കിൽ സുനാമി തിരമാലകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടാനുള്ള സാധ്യതകൾ വർദ്ധിക്കുന്നു. തീരരേഖക്ക് സമീപമോ സമുദ്രത്തിലോ ഭൂകമ്പം രൂപപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട് എന്ന് നിങ്ങൾ കേൾക്കുകയാണെങ്കിൽ, സുനാമി അത്യാഹിത തയ്യാറെടുപ്പുകൾ നടത്തുക.
3. രാത്രിയെന്നോ പകലെന്നോ വ്യത്യാസമില്ലാതെ എപ്പോൾ വേണമെങ്കിലും സുനാമി രൂപപ്പെടാം. സുനാമി തിരമാലകൾ നദികളിലൂടെയും അരുവികളിലൂടെയും സഞ്ചരിച്ചേക്കാം. സുനാമി തിരമാലകൾ വീക്ഷിക്കുന്നതിന് തീരദേശത്തേക്ക് പോകാതിരിക്കുക. ഒരു വ്യക്തിക്ക് ഓടാൻ കഴിയുന്നതിനേക്കാൾ എത്രയോ വേഗത്തിൽ സുനാമിതിരമാലകൾ സഞ്ചരിച്ചേക്കാം.
4. സുനാമി എന്നത് തുടർച്ചയായ തിരമാലകളുടെ ഒരു ശ്രേണിയാണ്. ഉത്തരവാദിത്തപ്പെട്ട അധികൃതർ അപായരഹിതം (ALL CLEAR) എന്ന് പ്രഖ്യാപിക്കുന്നത്വരെ അപകട സാഹചര്യങ്ങളിൽ നിന്ന് വിട്ട് നിൽക്കുക.
5. സുനാമിയുടെ ആഗമനത്തിന് മുന്നോടിയായി സമുദ്രജലത്തിൽ പ്രകടമായ ഉയർച്ചയോ താഴ്ച്ചയോ ഉണ്ടായേക്കാം. പ്രകൃതിയുടെ ഈ മുന്നറിയിപ്പ് കണക്കിലെടുക്കുക.
6. ഒരു പ്രദേശത്തെ സുനാമി തിരമാലകൾ ചെറുതാണെങ്കിൽ കുറച്ച് കിലോമീറ്റർ അകലെയുള്ള മറ്റൊരുതീരദേശത്ത് അത് വളരെ വലുതായിരിക്കാം.
7. സുനാമി അത്യാഹിത വേളയിൽ പ്രാദേശിക അത്യാഹിത നിർവ്വഹണ ഓഫീസ്, പോലീസ്, അഗ്നിശമന സേനകൾ മറ്റ് സന്നദ്ധ സംഘടനകൾ എല്ലാം തന്നെ നിങ്ങളുടെ ജീവൻ രക്ഷിക്കുവാൻ ശ്രമിക്കുന്നതാണ്. അവർക്ക് നിങ്ങളുടെ മുഴുവൻ സഹകരണവും നൽകുക.
8. വളരെ താഴ്ന്ന തീരമേഖലകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന വീടുകളും കെട്ടിടങ്ങളും സുരക്ഷിതമല്ല. സുനാമി മുന്നറിയിപ്പ് നൽകപ്പെട്ടാൽ അത്തരം കെട്ടിടങ്ങളിൽ താമസിക്കാതിരിക്കുക.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ പ്രതീക്ഷിത നഷ്ടം ഭൂമിക്കുള്ളിലെ ശിലകളുടെയും അവ സാദങ്ങളുടെയും സ്വഭാവത്തിനനുസരിച്ചും മറ്റ് നിരവധി ഘടകങ്ങളുമായും ബന്ധപ്പെട്ടാണ് കിടക്കുന്നത് എന്ന് പറയുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണ്?
2. ഭൂകമ്പത്തെ തുടർന്ന് കെട്ടിടങ്ങൾ തകർന്നു വിഴുന്നത് വഴിയുണ്ടാകുന്ന ആഘാത സാധ്യത നമുക്ക് എങ്ങിനെ കുറയ്ക്കാൻ സാധിക്കും?
3. സാധാരണ സമുദ്ര തിരമാലകളേക്കാൾ സുനാമി തിരമാലകൾ കൂടുതൽ അപകടകാരികളാണ്. എന്തുകൊണ്ട്?

8.5 അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം (Volcanic eruptions)

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സുഷിരങ്ങളിലൂടെ അഥവാ അഗ്നിപർവ്വത രന്ധ്രത്തിലൂടെ (vent) ഉരുകിയ ശിലാദ്രവങ്ങളും (magma) വാതകങ്ങളും പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന പ്രവർത്തനമാണ് അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം. ഒരു അഗ്നിപർവ്വതത്തിൽ നിന്ന് പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന ലാവ ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ ഒരു വലിയ നദിപോലെ ഒഴുകുന്നു (ചിത്രം 8.6). ഒഴുകുന്ന പാതയിലെ സർവ്വ വസ്തുക്കളെയും ലാവ കത്തിച്ചാമ്പലാക്കുകയും ഒപ്പം കറുത്ത ലാവ ഒരുപാളിപോലെ അവശേഷിക്കുകയും സർവ്വവസ്തുക്കളെയും അത് മൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ആയിരക്കണക്കിന് അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഒരേസമയം കരയിലും കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിലും അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 8.6 അഗ്നിപർവ്വതസ്ഫോടനം

8.5.1 വിവിധതരം അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (Types of Volcanoes)

അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളെ അവയുടെ ക്രിയാശേഷിയുടെ (volcanicity) അടിസ്ഥാനത്തിൽ **സജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (Active volcanoes), നിഷ്ക്രിയ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (Dormant volcanoes), നിർജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (extinct volcanoes)** എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിക്കാം.

നിലവിൽ സജീവമായതോ ചുരുങ്ങിയപക്ഷം സമീപ മുൻകാലങ്ങളിൽ

സജീവമായിരുന്നതോ ആയ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളാണ് സജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ. ഏകദേശം 500 ഓളം സജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു; അതിൽ തന്നെ 283 എണ്ണം പസഫിക് സമുദ്രാതിർത്തിയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഈ ഭാഗം "അഗ്നി വളയം" (Ring of Fire) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. 98 ഓളം സജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ ആൽപ്പൈൻ-ഹിമാലയൻ പ്രദേശത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഇറ്റലിയിലെ വെസുവിയസ് സജീവ അഗ്നിപർവ്വതത്തിന് ഉദാഹരണമാണ്. എല്ലാവർഷവും ഏകദേശം 50 ഓളം അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ ഉൽസർജിക്കുന്നുണ്ട്.

വർത്തമാനകാലത്ത് നിഷ്ക്രിയമായി തുടരുന്ന അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളാണ് നിഷ്ക്രിയ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (dormant volcanoes). "സുഷുപ്തിയിലാണ്ട അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ" (sleeping volcanoes) എന്നും ഇവ അറിയപ്പെടുന്നു. ചില നിഷ്ക്രിയ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ തൊട്ടടുത്ത ഭൗമ കാലഘട്ടംവരെ സജീവമായി നിലനിന്നിരുന്നു. ഇപ്പോൾ നിഷ്ക്രിയമായ ഇവയിൽ ചിലത് ഭാവിയിൽ സജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളായി മാറിയേക്കാം. അൻഡമാൻ നിക്കോബാർ (ഇന്ത്യ) ദ്വീപ് സമൂഹങ്ങളിലെ ബാരൻ ദ്വീപുകൾ നിഷ്ക്രിയ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണമാണ്.

ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായി വളരെ പുരാതനമായതും ക്രിയാശേഷി എല്ലാം തന്നെ നഷ്ടപ്പെട്ട് ഇന്ന് പ്രവർത്തനക്ഷമമല്ലാത്ത അവസ്ഥയിൽ തുടരുന്ന അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളാണ് നിർജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (extinct volcanoes). ബലൂചിസ്ഥാനിലെ കോ-ഐ-സുൽത്താൻ (Koh-i-Sultan), ടാൻസാനിയ (ആഫ്രിക്ക) യിലെ കിളിമാൻജാരോ (Kilimanjaro) എന്നിവ നിർജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

സജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾക്ക് സമീപം താമസിക്കുന്ന ജനങ്ങൾ ശാസ്ത്രജ്ഞർ നൽകുന്ന അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടന മുന്നറിയിപ്പുകൾ മുഖവിലക്കെടുക്കേണ്ടതാണ്. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളുടെ ആയുസ്സ് ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷം ആകയാൽ, നിഷ്ക്രിയാവസ്ഥയിൽ തുടരുന്ന അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ പെട്ടന്ന് തന്നെ സജീവ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളായി മാറിയേക്കാം. ഒരു പക്ഷേ ഇത്തരം അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളാണ് ഏറ്റവുമധികം അപകടകാരികളാകുന്നത്. നിഷ്ക്രിയ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾക്ക് സമീപം താമസിക്കുന്ന ജനങ്ങൾക്ക് പലപ്പോഴും ഇത്തരം അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന സജീവതയുടെ അടയാളങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞുകൊള്ളണമെന്നില്ല.

8.5.2 അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനത്തിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങൾ (Effects of Volcanoes)

അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ എല്ലായ്പ്പോഴും വിനാശകാരികളാകണമെന്നില്ല. മണ്ണിന്റെ ഫലഭൂയിഷ്ഠത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിൽ അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനങ്ങൾ വലിയ പങ്കു

വഹിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ വളക്കൂറുള്ള മണ്ണ് കാണപ്പെടുന്ന സ്ഥലങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടന മേഖല. എന്നിരുന്നാലും കഴിഞ്ഞ 500 വർഷങ്ങൾക്കിടയിൽ അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം വഴി നേരിട്ടോ അല്ലാതെയോ ഏകദേശം 2,75,000 പേരുടെ മരണം സംഭവിക്കുകയുണ്ടായി അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനങ്ങളുടെ ഏതാനും ചില പ്രത്യാഘാതങ്ങളാണ് താഴെ പറയുന്നവ.

(എ) ലാവാപ്രവാഹം (Lava flows)

അഗ്നിപർവ്വതം സ്ഫോടനം വഴി പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന ദ്രാവക വസ്തുക്കളിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ് ലാവ. ഉരുകിയ ശിലാദ്രാവകമായ മാഗ്മ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെത്തുമ്പോഴാണ് ലാവ എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. അഗ്നിപർവ്വത നിർഗമന രന്ധ്രത്തിലൂടെ (volconic vent) പുറത്തേക്ക് വരുന്ന ലാവയുടെ താപനില 700^{0}C നും 1200^{0}C നും ഇടയിലാണ്. മണിക്കൂറിൽ ഏകദേശം 64 കിലോമീറ്റർ വേഗതയിലാണ് ലാവ ഒഴുകുന്നത്, എന്നിരുന്നാലും മിക്ക ലാവയും വളരെ മന്ദഗതിയിൽ ചലിക്കുന്നവയായതിനാൽ ജനങ്ങൾക്ക് അപകട മേഖലകളിൽ നിന്ന് രക്ഷപ്പെടാൻ ആവശ്യത്തിന് സമയം ലഭിക്കുന്നു. പൊതുവെ പറയുകയാണെങ്കിൽ, ലാവാപ്രവാഹം ഏറ്റവും അപകടകാരിയും അതിന്റെ പാതയിലെ എല്ലാവസ്തുക്കളെയും നശിപ്പിക്കാൻ കഴിവുള്ളതുമാണ്. ലാവാപ്രവാഹത്തെ വളരെ പരിമിതമായ രീതിയിൽ മാത്രമേ നിയന്ത്രിക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. സ്ഫോടനം നടത്തിയും ലാവയുടെ ഒഴുക്കിന്റെ ഗതിമാറ്റിയും അതിശക്തമായി ജലം തളിച്ചു കൊണ്ട് ലാവയെ ശീതീകരിച്ചുകൊണ്ടും ശിലാദ്രവപ്രവാഹത്തെ ഒരു പരിധിവരെ തടയാം.

(ബി) പൈറോക്ലാസ്റ്റിക്സ് (Pyroclastics)

അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം വഴി പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന വിവിധ വലുപ്പത്തിലുള്ള ശിലാകഷണങ്ങളെ പൊതുവായി **പൈറോക്ലാസ്റ്റിക് (Pyroclastic)** അഥവാ **ടെഫ്റ (tephra)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഏകദേശം 900^{0}C താപനിലയുള്ള ഇവ സെക്കന്റിൽ നൂറുക്കണക്കിന് മീറ്റർ വേഗതയിൽ ദ്രുതഗതിയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നവയാണ്. വളരെ വേഗതയിൽ വായുവിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇത്തരം വസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് രക്ഷപ്പെടാൻ മനുഷ്യർക്ക് വളരെ പ്രയാസമാണ്.

(സി) ചാരപ്രവാഹം (Ash flows)

0.20 മില്ലിമീറ്റർ മുതൽ 0.40 മില്ലമീറ്റർ വരെ വ്യാസമുള്ള വളരെ സൂക്ഷ്മമായ കണികകളാണ് ചാരം (Ash) എന്നിറയപ്പെടുന്നത്. വളരെ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രക്ഷുബ്ധമായ ചൂടുവാതകങ്ങളുടേയും പൈറോക്ലാസ്റ്റുകളുടെയും മിശ്രിതമാണ് ചാരപ്രവാഹം (ചിത്രം 8.7).



ചിത്രം 8.7 സമീപ പ്രദേശങ്ങളിലേയ്ക്കു വ്യാപിക്കുന്ന ചാരം

ധാരാളം ചാരം പതിക്കുന്നതുകൊണ്ട് കെട്ടിടങ്ങളുടെ മേൽക്കൂരകൾ തകർന്നു വീഴാൻ സാദ്ധ്യതയുണ്ട്. സ്ഫോടന സ്ഥലത്തു നിന്ന് ദൂരെയുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ പോലും ഇതിന്റെ അഘാതം അനുഭവപ്പെടാറുണ്ട്. സസ്യജാലങ്ങളിലും കാർഷിക വിളകളിലും ചെന്നു പതിക്കുന്ന ചാരം, സസ്യങ്ങളെ നശിപ്പിക്കുന്നതിനോടൊപ്പം അവ ഭക്ഷിച്ച് ജീവിക്കുന്ന കന്നുകാലികളെപോലും കൊന്നൊടുക്കുന്നു. സ്ഫോടനശേഷവും വർഷങ്ങളോളം ഇവ കാർഷിക പ്രവർത്തനങ്ങളെ സാരമായി ബാധിക്കാറുണ്ട്.

(ഡി) വിഷവാതകങ്ങൾ (Toxic gases)

അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനത്തിന്റെ പ്രാഥമിക പ്രത്യാഘാതങ്ങളിൽ പെട്ട ഒന്നാണ് വിഷവാതകങ്ങളുടെ നിർഗ്ഗമനം. ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് (HC1), ഹൈഡ്രജൻ സൾഫൈഡ് (H_2S), ഹൈഡ്രജൻ ഫ്ളൂറൈഡ് (HF) കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് (CO_2) എന്നിവയാണ് അഗ്നിപർവ്വതസ്ഫോടനത്തിലൂടെ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന പ്രധാന വിഷവാതകങ്ങൾ. ക്ലോറിൻ, സൾഫർ, ഫ്ളൂറിൻ എന്നീ വാതകങ്ങൾ നേരിട്ട് ശ്വസിക്കുന്നത്വഴി ജീവജാലങ്ങൾക്ക് ജീവഹാനി സംഭവിക്കാം.

അഗ്നിപർവ്വത ഉൽസർജന വേളയിൽ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന അത്യന്തം മാരകവും വിഷമയവുമായ വാതകങ്ങൾ അമ്ല കണികകളായും (acid aerosols), ടെഫ്റ പോലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ പറ്റിപ്പിടിച്ചും സൂഷ്മ ലവണ കണികകളായും ദൂരേയ്ക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. സൾഫർ സംയുക്തങ്ങൾ, ക്ലോറിൻ, ഫ്ളൂറിൻ എന്നിവ ജലവുമായി പ്രവർത്തിച്ച് വിഷാമ്ലമായി (poisonous acids) മാറുന്നു. വളരെ ചെറിയ അളവിലാണെങ്കിൽ പോലും ഇത്തരം വിഷാമ്ലം ജീവജാലങ്ങളിൽ ശ്വാസം തടസ്സം, രക്തത്തിൽ വിഷാംശം കലരൽ, പൊള്ളൽ, ശ്വാസകോശം, കണ്ണുകൾ, ത്വക്ക്, ശ്വസനവ്യവസ്ഥ എന്നിവയെയെല്ലാം സാരമായി ബാധിക്കുന്നു. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളിൽ നിന്നും പുറംതള്ളുന്ന മിക്ക വാതകങ്ങളും മാരകവും ജീവികളുടെ കൂട്ട മരണത്തിന് ഹേതുവാകുന്നവയുമാണ്.

അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനത്തിന്റെ ദ്വീതീയ പ്രത്യാഘാതങ്ങളിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടവയാണ് ചെളി പ്രവാഹം (mud flow), അവക്ഷിപ്ത ദ്രുതഹിമപതനം (debris avalanches). അവക്ഷിപ്ത പ്രവഹനം (debris flow), വെള്ളപ്പൊക്കം, സുനാമി, അഗ്നിപർവ്വതജന്യ ഭൂകമ്പങ്ങൾ, അന്തരീക്ഷ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ, ഭക്ഷ്യക്ഷാമം എന്നിവ.

തണുത്ത കാലാവസ്ഥയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം മഞ്ഞും ഹിമാനികളും ഉരുകുന്നതിന് ഇടയാക്കുന്നു. അതുവഴി അതിശക്തമായ ജലപ്രവാഹം നിർച്ചാലുകളിൽ വളരെപെട്ടന്ന് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയും അത് പ്രളയത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

8.5.3 അഗ്നിപർവ്വത ദുരന്തത്തിന്റെ ലഘൂകരണം (Mitigation of volcanic disasters)

ഒരു അഗ്നിപർവ്വതത്തിന്റെ മുൻകാല പ്രവർത്തനങ്ങൾ പഠിച്ചും സ്ഫോടന സാധ്യതകൾ മുൻകൂട്ടി വിലയിരുത്തിയും ജനങ്ങൾക്ക് നൽകുന്ന മുന്നറിയിപ്പാണ് അഗ്നിപർവ്വത ദുരന്തത്തിന്റെ ലഘൂകരണത്തിൽ ഏറ്റവും പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നത്. അഗ്നി പർവ്വതം എപ്പോൾ ഏത് രീതിയിൽ പൊട്ടിതെറിക്കും എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ജനങ്ങളെ ഒഴിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള പദ്ധതികൾ തയ്യാറാക്കുന്നത്.

അഗ്നിപർവ്വത ദുരന്ത ഭൂപടം (volcanic hazard map) തയ്യാറാക്കുന്നതിലൂടെ ഒരു അഗ്നിപർവ്വതം എത്രത്തോളം വിനാശകാരിയാണെന്നും അതുവഴി ഉണ്ടാകാവുന്ന നഷ്ടസാദ്ധ്യത (risk) എത്രയാകാം എന്നും കണക്കാക്കാൻ കഴിയുന്നു. ഇതിനായി, ഒരു അഗ്നിപർവ്വതത്തിന്റെ ചരിത്രവും പ്രത്യേകതകളും സംബന്ധിച്ച് വിശദമായ അറിവ് അത്യാവശ്യമാണ്.

ചില അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള മുന്നറിയിപ്പ് നൽകാൻ ചിലപ്പോൾ ഒട്ടും സാധിക്കാറില്ല. ഏറ്റവും ഫലവത്തായ ലഘൂകരണം എന്നത് സ്ഫോടനത്തിന് മുമ്പേ ജനങ്ങളെ ഒഴിപ്പിക്കുക എന്നതാണ്. വാതക ബഹിർഗമനത്തെക്കുറിച്ച് മുന്നറിയിപ്പ് നൽകാൻ പലപ്പോഴും സമയം ലഭിക്കാറില്ല, അത്തരം സാഹചര്യങ്ങളിൽ അഗ്നിപർവ്വത പ്രദേശങ്ങളുടെ സൂക്ഷ്മ നീരീക്ഷണവും വാതകങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള ആഴത്തിലുള്ള പഠനവും അത്യാവശ്യമാണ്. അന്തരീക്ഷത്തിൽ തങ്ങി നിൽക്കുന്ന അഗ്നിപർവ്വത ചാരവും മറ്റും വിമാനയാത്രയ്ക്ക് തടസ്സം സൃഷ്ടിക്കാറുണ്ട്. ഇന്ന് നിലവിലുള്ള ആഗോള മുന്നറിയിപ്പ് സംവിധാനങ്ങൾ കൂടുതൽ കാര്യക്ഷമമായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് വിമാനങ്ങളെ ചാരം മൂടി നിൽക്കുന്ന മേഘപടലത്തിൽ നിന്നും അകറ്റി നിർത്താം.

അഗ്നിപർവ്വത ബഹിർഗമനത്തെതുടർന്ന് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജം വളരെ വലുതാകയാൽ, വളരെ കുറച്ച് കെട്ടിടങ്ങൾക്ക് മാത്രമേ അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടന പ്രക്രിയകളെ അതിജീവിക്കാൻ സാധിക്കാറുള്ളൂ. ചാരം പതിക്കുന്നത് വഴിയുണ്ടാകുന്ന ദുരന്തങ്ങളെ കൃത്യമായ ആസൂത്രണവും മുന്നൊരുക്കവും വഴി ലഘൂകരിക്കാൻ കഴിയുന്നു. താഴെ പറയുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ഇത് ഫലപ്രദമായി നടപ്പിലാക്കാം. കെട്ടിങ്ങളുടെ മേൽക്കൂരകളിൽ അടിഞ്ഞുകൂടുന്ന ടെഫ്റ പോലുള്ള

വസ്തുക്കളെ സമയ ബന്ധിതമായി നീക്കം ചെയ്യുക, കെട്ടിടങ്ങളുടെ മേൽക്കൂരകളും ചുമരുകളും ശക്തിപ്പെടുത്തുക, കെട്ടിടങ്ങളുടെ മേൽക്കൂരകൾ ചെരിഞ്ഞ രീതിയിൽ രൂപകൽപന ചെയ്യുക, ശ്വസന സഹായികൾ ധരിക്കുക, നനഞ്ഞ തുണികൾ കൊണ്ട് മൂക്കും വായും മൂടുക.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. നിങ്ങൾ ഒരു സജീവ അഗ്നിപർവ്വതത്തിന് സമീപമാണ് താമസിക്കുന്നതെന്ന് കരുതുക. നിങ്ങളുടെ ജീവനും വസ്തുക്കളും സംരക്ഷിക്കാൻ എന്തെല്ലാം മുൻകരുതലുകളാണ് നിങ്ങൾ എടുക്കുക?
2. എന്തുകൊണ്ടാണ് ശിലാദ്രവപ്രവാഹം താരതമ്യേന ഒരു അപ്രധാന അപകടകാരിയാണെന്ന് പറയുന്നത്?
3. അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനത്തിൽ പുറം തള്ളപ്പെടുന്ന വിഷവാതകങ്ങളുടെ നാമാവലി തയ്യാറാക്കുക.

8.6 പ്രളയം (Floods)

നദികളിലൂടെ അസാധാരണമാം വിധം ജലം ഒഴുകുന്ന വേളയിൽ അത് പ്രളയമായി മാറുന്നു. പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളിൽ ഏറ്റവും സർവ്വ സാധാരണമായ ദുരന്തമാണ് പ്രളയം. താഴെ പറയുന്നവയാണ് പ്രളയത്തിന്റെ പ്രധാന കാരണങ്ങൾ

1. അതിശക്ത മഴയും അനുബന്ധ മേലൊഴുക്കും (Excessive heavy rainfall and associated high surface run off)

ശക്തമായ കൊടുങ്കാറ്റ് ഒരു പ്രത്യേക പ്രദേശത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നതു വഴി ലഭിക്കുന്ന ശക്തമായ മഴ, ആ പ്രദേശത്തെ ജലനിർഗമന ക്ഷമതയേക്കാൾ കൂടുതൽ ആണെങ്കിൽ അത് പ്രളയം സൃഷ്ടിക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. ശക്തമായ ചുഴലിക്കാറ്റ് വിശുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ലഭിക്കുന്ന അതിവർഷം പ്രളയത്തിന് കാരണമാകാറുണ്ട്.

2. ഊർന്നിറങ്ങലിന്റെ അപര്യാപ്തത (Less infiltration)

വലിയ നദീതടങ്ങളിൽ മണ്ണിലേക്കുള്ള ജലത്തിന്റെ ഊർന്നിറങ്ങലിന്റെ അപര്യാപ്തത പ്രസ്തുത പ്രദേശങ്ങളിൽ ജലം കരകവിഞ്ഞൊഴുകാൻ ഇടയാക്കുന്നു. ജലത്തെ എത്രത്തോളം ഊർന്നിറങ്ങാൻ മണ്ണ് അനുവദിക്കുന്നുവോ അതിനനുസരിച്ച് മേലൊഴുക്കിന്റെ വേഗതയും കുറയുന്നു. ഒരു ചെറിയ സമയത്തിനുള്ളിൽ പെയ്യുന്ന അതിശക്തമായ മഴയോടൊപ്പം ഊർന്നിറങ്ങൽ കുറയുകയാണെങ്കിൽ ആ പ്രദേശത്ത് ക്ഷണനേരം കൊണ്ട് പ്രളയം സംഭവിക്കാം.

3. **മഞ്ഞുരുകൽ (Melting of snow)**

പർവ്വത ശിഖരങ്ങളിൽ മഞ്ഞുരുകുന്നതിന്റെ ഫലമായി നദികളിലൂടെയുള്ള നീരൊഴുക്കിന്റെ വ്യാപ്തി വർദ്ധിക്കുന്നു.

വിവിധ മാനുഷിക പ്രവർത്തനങ്ങളായ വൻതോതിലുള്ള വനനശീകരണം, അനുചിതമായ കാർഷിക രീതികൾ, അമിതമായ കൃഷി എന്നിവയും പ്രളയത്തിന് കാരണമാണ്.

8.6.1 പ്രളയാനന്തര ദുരന്തങ്ങൾ (Hazards associated with flooding)

പ്രളയജലം പാലങ്ങളുടെയും കെട്ടിടങ്ങളുടെയും അടിത്തറ ഇളക്കിമാറ്റുകയും കെട്ടിടങ്ങൾ തകർന്ന് വിഴാൻ ഇടയാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കന്നുകാലികളും വളർത്തുമൃഗങ്ങളും പക്ഷികളും മറ്റ് മൃഗങ്ങളും പ്രളയത്തിൽ ഒലിച്ച് പോകുകയും മുങ്ങിമരിക്കാൻ ഇടയാവുകും ചെയ്യുന്നു. അതിശക്തമായ പ്രളയജല പ്രവാഹത്തിൽ മനുഷ്യൻ അകപ്പെടുകയും പലപ്പോഴും മുങ്ങിമരണം സംഭവിക്കാറുമുണ്ട്. പ്രളയത്തെ തുടർന്ന് അടിഞ്ഞുകൂടന്ന ചപ്പ്ചവറുകൾ, അവശിഷ്ടങ്ങൾ, വിഷ മാലിന്യകാരികൾ തുടങ്ങിയവ പ്രളയത്തിന്റെ ദ്വിതീയ പ്രത്യാഘാതമായ ആരോഗ്യ പ്രശ്നങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

പ്രളയത്തിന്റെ ദ്വീതിയ പ്രത്യാഘാതങ്ങളാണ്-വിവിധ സേവനങ്ങൾ തടസ്സപ്പെടുക, ഭക്ഷ്യക്ഷാമം, രോഗങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ആരോഗ്യപ്രശ്നങ്ങൾ. പകർച്ചവ്യാധികൾ പരക്കുന്നതിനും, അതിസാരം, വൈറസ് അണുബാധ, മലേറിയ മറ്റ് സാംക്രമിക രോഗങ്ങൾ പകരുന്നതിനും മലിനജലം ഇടയാക്കുന്നു. ഗതാഗത സംവിധാനങ്ങളും കാർഷിക ഭൂമികളും തകരുന്നതു വഴി ഭക്ഷ്യക്ഷാമവും പട്ടിണിയും രൂക്ഷമാവുന്നു.

8.6.2 പ്രളയ ദുരന്ത ലഘൂകരണം (Mitigation of flood hazards)

പ്രളയ ദുരന്ത ലഘൂകരണത്തിൽ പ്രധാനമായും പ്രളയത്തെ പൂർണമായി തടയുന്നതിന് പകരം പ്രളയ ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തെ പ്രളയ പ്രതിരോധ ഭിത്തികൾ (flood walls), പ്രളയ തടയണകൾ (flood gates) എന്നിവ നിർമ്മിച്ചുകൊണ്ട് നിയന്ത്രിക്കുകയാണ് വേണ്ടത്. പ്രളയദുരന്ത ലഘൂകരണം രണ്ട് സമീപനങ്ങളിലൂടെ സാധ്യമാക്കാം; പ്രളയത്തെ നിയന്ത്രിക്കാനുള്ള എഞ്ചിനിയറിങ്ങ് സമീപനത്തിലൂടെയും (Engineering approach) പ്രളയാഘാത സാധ്യത കുറയ്ക്കാനായി രൂപകൽപ്പന ചെയ്യുന്ന റെഗുലേറ്ററി സമീപനത്തിലൂടെയും (Regulatary approach). എഞ്ചിനിയറിങ്ങ് സമീപനത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്: എ) നദീ ചാലുകളുടെ നവീകരണം, ബി) അണക്കെട്ട് നിർമ്മാണം, സി) പ്രളയജല സംഭരണ തടയണകങ്ങളുടെ നിർമ്മാണം, ഡി) കൃത്രിമ തടാകങ്ങൾ, ചിറകൾ, പ്രളയ പ്രതിരോധ ഭിത്തികൾ എന്നിവയുടെ നിർമ്മാണം, ഇ) പ്രളയ പാതകളുടെ നിർമ്മാണം.

പ്രളയ ലഘൂകരണത്തിന്റെ എഞ്ചിനിയറിങ്ങ് സമീപനം (Engineering approches of flood mitigation)

(എ) നദീചാലുകളുടെ നവീകരണം (Channel modifications)

ചാലുകളുടെ വിസ്താരം വർദ്ധിപ്പിക്കുക വഴി നീരൊഴുക്ക് വർദ്ധിക്കലും നദികൾ കരകവിഞ്ഞൊഴുകുന്നത് നിയന്ത്രിക്കാനും സാധിക്കുന്നു. ചാലുകളുടെ വളവുകൾ നിവർത്തി നേർപാതയിലൂടെ കടത്തിവിടുന്നത് വഴി ജലത്തിന്റെ പ്രവേഗം വർദ്ധിക്കാനും പ്രളയ ജലത്തെ നദികളിൽ നിന്ന് എളുപ്പത്തിൽ ഒഴുക്കി കൊണ്ടു പോകാനും കഴിയുന്നു. ചാലുകളുടെ നവീകരണത്തിൽ ഉൾപെടുന്ന മാർഗ്ഗങ്ങളാണ് ചാലുകളുടെ വളവുകൾ കുറയ്ക്കുക, ചാലുകളുടെ ആഴവും വീതിയും വർദ്ധിപ്പിക്കുക, ചാലുകളുടെ തീരങ്ങളിലെ സസ്യലതാദികളെ നീക്കം ചെയ്യുക, ചാലുകൾക്ക് കോൺക്രീറ്റ് ആവരണം നൽകുക മുതലായവ. ചാലുകൾക്ക് കോൺക്രീറ്റ് ആവരണം നൽകുക വഴി ചാലുകൾ മിനുസമുള്ളതാവുകയും, ഘർഷണം കുറയുന്നത് വഴി ജലത്തെ അതിവേഗം ഒഴുക്കിവിടാൻ സാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

(ബി) പ്രളയജല സംഭരണ തടാകം (Retention ponds)

തുറസ്സായ സ്ഥലങ്ങളിൽ പ്രളയജലസംഭരണ തടാകങ്ങൾ നിർമ്മിച്ചുകൊണ്ട് പ്രളയ ദുരന്തങ്ങളെ വലിയ അളവിൽ നിയന്ത്രിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. തുറസ്സായ സ്ഥലങ്ങളിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന വലിയ തടാകങ്ങളാണ് പ്രളയ ജലസംഭരണ തടാകം. ഇതുവഴി മേലൊഴുക്ക് നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുകയും അധികജലം നദികളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന വേഗതകുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. കൃത്രിമമായി മണ്ണും ശിലകളും കൂനകൂട്ടിയും ഉപയോഗശൂന്യമായ പാറമടകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയും പ്രളയജല സംഭരണ തടാകങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാം.

(സി) തടകൾ (Levees)

നദികളുടെ തീരങ്ങളിൽ ഉയരത്തിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന കൃത്രിമ മൺതിട്ടകങ്ങളാണിവ. ഉയർന്ന ജലപ്രവാഹവേളയിൽ ചില നദികൾ അവസാദനിക്ഷേപത്തിലൂടെ ഉയരം കുറഞ്ഞ തടകൾ ഇരുകരകളിലും നിർമ്മിക്കാറുണ്ട്. അത്തരം പ്രകൃതിദത്ത തടകൾ ബോധപൂർവ്വം ഉയർത്തുകയോ തടകൾ ഇല്ലാത്തിടത്ത് കൃത്രിമ തടകൾ നിർമ്മിക്കുകയോ ചെയ്യാം. തടകൾ നദികളുടെ തീരം ഉയർത്തുകയും, പ്രളയ ജലത്തെ സമീപ പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് പ്രവേശിപ്പിക്കാതെ തടഞ്ഞ് നിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

(ഡി) പ്രളയ ഗേറ്റുകളുടെ നിർമ്മാണം (Construction of flood gates)

പ്രളയ ഗേറ്റുകൾ നിർമ്മിച്ചുകൊണ്ട് ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്കിനെ നിയന്ത്രിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.8). ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്കിനെ ക്രമീകരിക്കാവുന്ന തടകളാണ് ഇതിനായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്.



ചിത്രം 8.8 ഒരു പ്രളയഗേറ്റ് - അരുവിക്കര, കേരളം

പ്രളയ ലഘൂകരണത്തിന്റെ റെഗുലേറ്ററി സമീപനം (Regulatory approaches of flood mitigation)

നിർമ്മാണേതര ലഘൂകരണ സമീപനങ്ങളായ പ്രളയ സമതലങ്ങളെ മേഖലകളായി തരംതിരിക്കൽ, പ്രളയസമതല കെട്ടിട ചട്ടങ്ങൾ രൂപകല്പന ചെയ്യൽ തുടങ്ങിയവയാണ് ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്.

(എ) പ്രളയ സമതല മേഖല തരംതിരിക്കൽ (Flood plain zoning)

ശക്തമായ നിയമ വ്യവസ്ഥയിലൂടെ പ്രളയ സമതല മേഖലകളിൽ കെട്ടിട നിർമ്മാണവും ജനവാസവും നിയന്ത്രിക്കാവുന്നതാണ്. പ്രളയജലം മൂടാൻ സാധ്യതയുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ കെട്ടിട നിർമ്മാണം കുറച്ച് ഭൂവിനിയോഗം നിയന്ത്രിക്കേണ്ടതാണ്. അതേ സമയം അത്തരം പ്രദേശങ്ങൾ കന്നുകാലി മേച്ചിലിനായോ വിനോദ പദ്ധതികൾക്കായോ ഉപയോഗപ്പെടുത്താം. ഇപ്രകാരം പ്രളയസമതലം കാർഷികാവശ്യങ്ങൾക്കും വിനോദ പദ്ധതികൾക്കുമായി തരംതരിക്കപ്പെടുന്നത് വഴി ജീവനും വസ്തുക്കളും അപകടത്തിൽപെടാതെ സംരക്ഷിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

(ബി) പ്രളയ സമതല കെട്ടിട നിർമ്മാണ ചട്ടങ്ങൾ (Flood plain building codes)

പ്രളയ സമതല പ്രദേശങ്ങളിൽ അനുവദിക്കുന്ന കെട്ടിടങ്ങൾ നിർബന്ധമായും പ്രളയ ജലത്തിന്റെ അതിശക്തമായ പ്രവേഗം അതിജീവിയ്ക്കാൻ കഴിവുള്ളതായിരിക്കണം. ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങൾ ഭൂനിരപ്പിൽ നിന്ന് ഒരു നിശ്ചിത ഉയരത്തിൽ മാത്രമേ നിർമ്മിക്കാൻ അനുവദിക്കേണ്ടതുള്ളൂ, അപ്രകാരം പ്രളയ ജലം പതിച്ചുണ്ടാകുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങൾ ലഘൂകരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.9)



ചിത്രം 8.9 പ്രളയമേഖലയിൽ നിർമ്മിച്ച ഒരു ഭവനം

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. നഗരവൽക്കരണം ഏതെല്ലാം വിധത്തിലാണ് പ്രളയ ദുരന്തങ്ങൾക്ക് വേഗത കൂട്ടുന്നതെന്ന് ചർച്ച ചെയ്യുക.
2. പ്രളയ പ്രതീക്ഷിത നഷ്ടം കുറക്കാനായി സ്വീകരിക്കാവുന്ന സാധ്യമായ ചില നടപടികൾ വിശദീകരിക്കുക.
3. പ്രളയ ദുരന്തത്തെ തുടർന്ന് ജീവനും വസ്തുക്കൾക്കും സംഭവിക്കാവുന്ന നഷ്ടങ്ങളെ എങ്ങനെ ലഘൂകരിക്കാം?

8.7 ഉരുൾപൊട്ടലും മറ്റ് ഭൂദ്രവ്യചലനങ്ങളും (Landslides and other types of mass movements)

ഭൂഗുരുത്വത്തിന്റെ സ്വാധീനം മൂലം, പാറകൾ, മണ്ണ് തുടങ്ങിയ ഭൗമ പദാർത്ഥങ്ങൾ ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ (slopes) താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേയ്ക്ക് പ്രകൃത്യാതന്നെ ഗമിക്കുന്നതിനെയാണ് ഭൂദ്രവ്യചലനം (mass Wasting) എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഈ ഗമന പ്രക്രിയ വളരെ മന്ദഗതിയിൽ അനുക്രമമായ രീതിയിൽ സംഭവിയ്ക്കുന്നതോ താരതമ്യേന വേഗത്തിലുള്ളതോ അതുമല്ലെങ്കിൽ അതീവ ദ്രുത ഗതിയിൽ സംഭവിക്കുന്നതോ ആകാം. വിവിധ തരം ഭൂദ്രവ്യ ചനങ്ങളെക്കുറിച്ചും അവയുടെ പ്രവർത്തന രീതികളെക്കുറിച്ചും കഴിഞ്ഞ വർഷം നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നല്ലോ. ഇവിടെ നമ്മൾ ഇത്തരം പ്രകൃതി ദുരന്തത്തിന്റെ വിനാശകരമായ ആഘാതങ്ങളെക്കുറിച്ചാണ് മനസ്സിലാക്കുന്നത്.

നമ്മുടെ നാട്ടിൽ സംഭവിക്കുന്ന പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു ദുരന്തമാണ് ഉരുൾപൊട്ടൽ. ഉരുൾപൊട്ടലിനെ തുടർന്ന് വൻതോതിൽ ജീവഹാനി സംഭവിക്കുകയും ഒപ്പം വാർത്താവിനിമയ മാർഗ്ഗങ്ങളും, മനുഷ്യാധിവസിതദേശങ്ങളും, കാർഷിക വിളകളും വനഭൂമികളും നശിപ്പിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹിമാലയൻ മേഖലകളിലാണ് ഈ ദുരന്തത്തിന്റെ തീവ്രത ഏറ്റവും കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടുന്നത്. കേരളത്തിലെ മലമ്പ്രദേശങ്ങളിൽ പ്രത്യേകിച്ച് മൺസൂൺ കാലത്ത് വിവിധ തരം മണ്ണിടിച്ചിലുകൾ സംഭവിക്കുന്നതായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. കേരളത്തിലെ പശ്ചിമഘട്ട മലനിരകളിലെ ചിലഭാഗങ്ങൾ അത്യധികം ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളാണ്. തിരുവനന്തപുരം, ഇടുക്കി, വയനാട്, കണ്ണൂർ, കോഴിക്കോട് ജില്ലകളിലെ പശ്ചിമഘട്ട മലയടിവാരങ്ങൾ കഴിഞ്ഞ രണ്ട് ദശകങ്ങൾക്കിടയിൽ നിരവധി തവണ ഉരുൾപൊട്ടലിന് വിധേയമായിട്ടുണ്ട് (ചിത്രം 8.10).



ചിത്രം 8.10 ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ ആഘാതങ്ങൾ

മൺസൂൺ സമയത്ത് പശ്ചിമഘട്ട മലനിരകളുടെ വനനശീകൃതമേഖലകളിൽ തുടർച്ചയായി പെയ്യുന്ന കനത്ത മഴയാണ് നമ്മുടെ സംസ്ഥാനത്തെ ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ പ്രധാന കാരണം. കൂടാതെ അനിയന്ത്രിതമായ മാനുഷിക ഇടപെടലുകളായ മരം മുറിക്കൽ, റോഡ് നിർമ്മാണത്തിനും മറ്റുമായി ചരിവ് പ്രതലം രൂപാന്തരപ്പെടുത്തൽ, കെട്ടിട നിർമ്മാണം, കാർഷിക വിളവൽക്കരണം തുടങ്ങിയവയും ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ സാധ്യതകളെ വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു.

8.7.1 ഭൂദ്രവ്യചലന ദുരന്തങ്ങളുടെ ലഘൂകരണം (Mitigation of mass movement hazards)

ഭൂദ്രവ്യചലനം വൻതോതിലുള്ള ജീവഹാനിക്കും വസ്തുവകകളുടെ നാശനഷ്ടങ്ങൾക്കും ഇടയാക്കുമെന്ന് നാം നേരത്തെ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. എന്നാൽ, മിക്ക സംഭവങ്ങളിലും അല്പം ഭൗമവിജ്ഞാനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അത്തരം ദുരന്ത സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളെ മുൻകൂട്ടി തിരിച്ചറിയാനായി സാധിക്കും. ദുരന്ത സാധ്യതാ ചരിവുകളെ ബലപ്പെടുത്തിയോ ഒഴിവാക്കിയോ, മുന്നറിയിപ്പ് സംവിധാനങ്ങൾ യഥാസ്ഥാനത്ത് സ്ഥാപിച്ചോ ഇത്തരം ദുരന്തങ്ങളുടെ ആഘാതങ്ങളെ ഒരു പരിധിവരെ കുറക്കാനായി സാധിക്കും.

ഉരുൾപൊട്ടൽ ലഘൂകരണം എന്നത്കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത് ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ തീവ്രത കുറയ്ക്കുക എന്നതാണ്. ഏതാനും ചില ലഘൂകരണ മാർഗ്ഗങ്ങളാണ് ഇനിപറയുന്നത്. അനുയോജ്യമായ ഭൂവിനിയോഗ സമ്പ്രദായങ്ങൾ ആവിഷ്കരിക്കൽ, ഉയർന്ന ചരിവുതലങ്ങളിലെ വനവൽക്കരണം, വികസനപദ്ധതികൾ നടപ്പിലാക്കുന്നതിന് മുന്നേയുള്ള ഭൗമസാങ്കേതിക ഭൗമശാസ്ത്ര പഠനം നടത്തൽ, റോഡുനിർമ്മാണത്തിനിടയിലും മറ്റുമായി പ്രകൃതി ദത്ത ജലനിർഗമന മാർഗങ്ങൾ തടസ്സപ്പെടുത്താതിരിക്കൽ, ജലസേചന ചാലുകളുടെ നിർമ്മാണം, അപകട സാദ്ധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽ നിന്ന് കെട്ടിട നിർമ്മാണം ഒഴിവാക്കുക, ഉരുൾപൊട്ടൽ പാതയിലെ കെട്ടിടങ്ങൾ മാറ്റി സ്ഥാപിക്കൽ, ഒരു നിശ്ചിത ചെരിവിനുമപ്പുറം കെട്ടിട നിർമ്മാണം അനുവദിക്കാതിരിക്കൽ തുടങ്ങിയവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

താങ്ങു മതിലുകൾ നിർമ്മിച്ചുകൊണ്ട് ചരിവു മേഖലകളിൽ നീരൊഴുക്ക് തടയാം. ഉപരിതലനീരൊഴുക്ക് സംവിധാനങ്ങൾ ഒരുക്കുന്നത് വഴി മഴവെള്ളം ഊർന്നിറങ്ങിയുണ്ടാകുന്ന ഉരുൾപൊട്ടൽ നിയന്ത്രിക്കാനോ തടയുവാനോ സാധിക്കുന്നു. ബലവത്തായ അടിത്തറയോട്കൂടിയ എഞ്ചിനിയറിങ്ങ് നിർമ്മിതികളും ഭൂദ്രവ്യചലനത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. സസ്യജാലങ്ങളുടെ അളവ് വർധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് തീർച്ചയായും വളരെ ചെലവ് കുറഞ്ഞ രീതിയിലും കാര്യക്ഷമമായും ഉരുൾപൊട്ടലിനെ പ്രതിരോധിക്കാനായി സാധിക്കുന്നു.

എല്ലാ ചരിവ്തലങ്ങളും ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രേരകശക്തിയുടെ സഹായത്താൽ ഭൂദ്രവ്യചലനങ്ങൾക്ക് വശംവതമാകാറുണ്ട്. ആയതിനാൽ വ്യക്തമായ വാതിൽപുറ പഠനത്തിലൂടെ (Field study) ഏതെല്ലാം ചരിവ് തലങ്ങളിലാണ് ഭൂദ്രവ്യചലനം നടക്കാൻ സാധ്യതയുള്ളത് എന്ന് കണ്ടത്തേണ്ടതുണ്ട്. ചെരിവ് തലങ്ങളെ കൂടുതൽ സുരക്ഷിതമാക്കാൻ താഴെ പറയുന്ന ഏതാനും ചില എഞ്ചിനീയറിങ് തന്ത്രങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്താം.

- കുത്തനെ ചെരിഞ്ഞു കിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളെ കോൺക്രീറ്റ് ചെയ്ത് പൊതിഞ്ഞോ കമ്പിവലകൾ കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തോ ശിലാനിപാതത്തെ (rock falls) തടയാൻ കഴിയുന്നു (ചിത്രം 8.11).



ചിത്രം 8.11 കമ്പിവലകൾ കൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞ ഒരു ചരിവ് തലം

- ഒരു ചരിവുതലത്തിൽ വളരെയധികം വിള്ളലുകളുള്ള ശിലകളുണ്ടെങ്കിൽ, ശിലാ ബോൾട്ടിങ്ങ് (rock bolts) നടത്തി അത്തരം ശിലകളെ യോജിപ്പിച്ച് നിർത്താനും അതുവഴി പ്രദേശം ഇടിഞ്ഞു വിഴുന്നത് തടയാനും സാധിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.12)



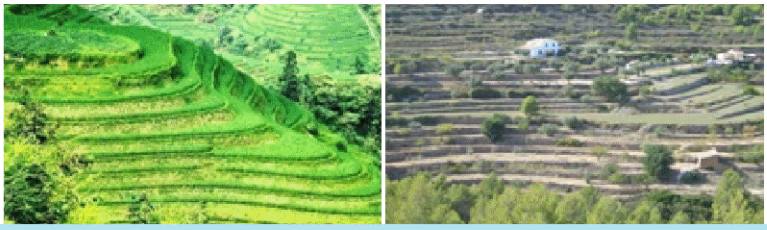
ചിത്രം 8.12: ചെരിവ് വീഴ്ച തടയുന്നതിനായി ശിലാ ബോർട്ടിങ്ങ് നടത്തിയിരിക്കുന്നു.

- ചെരിവ് തലങ്ങളിൽ ജല നിർഗമന പൈപ്പുകൾ സ്ഥാപിച്ചുകൊണ്ട് ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് സുഗമമാക്കാനും അതിലൂടെ ദ്രാവക മർദ്ദം (Fluid pressure) വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന അമിത ഭാരത്തെ കുറയ്ക്കുവാനും സാധിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.13).



ചിത്രം 8.13; ചെരിവ് തലങ്ങളിലെ ജലനിർഗമന പൈപ്പുകൾ

- കുത്തനെ ചെരിഞ്ഞ് കിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളെ തട്ടുകളായി തിരിച്ചുകൊണ്ട് ചെരിവ് കുറയ്ക്കാം (ചിത്രം 8.14).



ചിത്രം 8.14 ചെരിവു തലങ്ങളെ തട്ടുകളാക്കി തിരിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ചെരിവ് കുറയ്ക്കൽ.

- ചെരിവ് തലങ്ങളുടെ പാദത്തിൽ (toe) തിണ്ണകൾ (buttress) (കുന്നിൽ ചെരുവുകളിൽ കൃത്രിമമായി നിർമ്മിക്കുന്ന മണ്ണിന്റെ ഒരു കൂന) നിർമ്മിച്ച് പ്രദേശങ്ങളെ സംരക്ഷിച്ചുനിർത്താം (ചിത്രം 8.15). തിണ്ണകൾ ചെരിവുതലത്തിന്റെ പ്രതിരോധശേഷി വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും അതു വഴി പദാർത്ഥങ്ങൾ ചെരിവ് തലങ്ങളുടെ പാദങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നത് തടയാൻ കഴിയുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ലോഹങ്ങൾ കൊണ്ടോ കോൺക്രീറ്റ് കൊണ്ടോ നിർമ്മിച്ച തുലാം (beam) ചെരിവ് തലങ്ങളുടെ പാദങ്ങളിൽ തിണ്ണകൾക്ക് കൂടുതൽ കരുത്ത് നൽകാനായി നിർമ്മിക്കാറുണ്ട്.



ചിത്രം 8.15 ചെരിവു തലങ്ങളുടെ പാദത്തിലുള്ള തിണ്ണകൾ

എല്ലാ ചെരിവ് തലങ്ങളും എല്ലായ്പ്പോഴും ഭദ്രമാക്കാൻ സാധിച്ചുകൊള്ളണമെന്നില്ല. അത്തരം സാഹചര്യങ്ങളിൽ മനുഷ്യർ പ്രസ്തുത പ്രദേശങ്ങളിൽ നിന്ന് മാറി നിൽക്കുന്നതിനോടൊപ്പം ഭൂദ്രവ്യ ചലനത്തിന് കാരണമാകാവുന്ന മാനുഷിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഒഴിവാക്കേണ്ടതുമാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം



1. കേരളത്തിൽ സംഭവിക്കുന്ന ഉരുൾപൊട്ടലിന് എന്തെല്ലാം കാരണങ്ങളാണ് നിങ്ങൾ കണ്ടെത്തിയിരിക്കുന്നത്?
2. ഭൂദ്രവ്യചലനം കുറയ്ക്കുന്നതിനായി എന്തെല്ലാം നടപടികളാണ് നിർദ്ദേശിക്കാനുള്ളത്?

8.8 തീരദേശ അപരദനം (Coastal erosion)

സമുദ്രജലം തുടർച്ചയായി മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന കടലും കരയും തമ്മിൽ പരസ്പരം കൂടിച്ചേരുന്ന ഭാഗമാണ് തീരരേഖ (coastline) എന്ന റിയപ്പെടുന്നത്. തിരമാലകൾ ഒരേ സമയം ശിലകളെ അപരദനത്തിന് വിധേയമാക്കുകയും ഒപ്പം അവസാദങ്ങളെ നിക്ഷേപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങളും തിരമാലകളും തീരദേശത്തെ കേവലം ഒരു ചെറിയ മാനുഷിക കാലയളവിനുള്ളിൽ തന്നെ ചലനാത്മകമായ ഒരു വ്യൂഹമാക്കി മാറ്റുന്നു.

തിരമാലകളുടെയും, വേലികളുടെയും (Tides) ശക്തമായ കാറ്റിന്റെയും പ്രവർത്തനഫലമായി കരയെടുത്ത് പോകുകയും ബീച്ചുകളിലേയും മണൽ കൂനകളിലേയും അവസാദങ്ങൾ നീക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രവർത്തനമാണ് തീരദേശ അപരദനം (ചിത്രം 8.16). സമുദ്രജലം തുടർച്ചയായി മാറ്റങ്ങൾ നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന പ്രദേശമാണ് തീരരേഖ. തിരമാലകൾക്ക് ഒരേ സമയം ശിലകളെ അപരദനം നടത്താനും അവസാദങ്ങളെ നിക്ഷേപിക്കുവാനുമുള്ള കഴിവുണ്ട്.



ചിത്രം 8.16 തീരദേശ അപരദനം

8.8.1 തീരദേശദുരന്തങ്ങൾ (Coastal hazards)

(എ) കൊടുങ്കാറ്റ് (Storms) : ചുഴലിക്കാറ്റ് പോലുള്ളതോ ശീതകാറ്റ് പോലുള്ളതോ ആയ ശക്തമായ കൊടുങ്കാറ്റുകൾ തീരരേഖകളെ സാധാരണയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി കൂടുതൽ അപരദനത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നു. ഇത്തരം കൊടുങ്കാറ്റടിക്കുന്ന വേളയിൽ ബീച്ചുകൾ വളരെ വേഗത്തിൽ അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു, ഒപ്പം ശക്തമായ തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനം വഴി ശിലകൾക്ക് അപരദനം സംഭവിച്ച് തീരദേശങ്ങളിൽ കിഴുക്കാംതൂക്കായ പാറക്കെട്ടുകൾ (coastal cliffs) രൂപപ്പെടുന്നു.

(ബി) സമുദ്രജലനിരപ്പ് വർദ്ധന (Sea level rise) : ആഗോളതലത്തിൽ സമുദ്ര നിരപ്പ് ഉയരുന്നതായി വിവിധ പഠനങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഗ്രീൻലാന്റിലേയും അന്റാർട്ടിക്കയിലേയും വൻകരാ ഹിമാനികൾ ഉരുകുന്നതിന്റെ ഫലമായി സമുദ്രനിരപ്പ് ഉയർന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. താഴ്ന്ന തീരരേഖകളിൽ താമസിക്കുന്ന ജനവിഭാഗങ്ങൾക്ക് ആസന്ന ഭാവിയിൽ ഇത് വൻ ഭീക്ഷണിയാണ് സൃഷ്ടിക്കുക. സമുദ്ര നിരപ്പിലുള്ള വർദ്ധനവ് താഴ്ന്ന തീരമേഖലയിൽ കൊടുങ്കാറ്റ് വഴിയുണ്ടാകുന്ന കൂറ്റൻ തിരമാലകൾക്കും സുനാമിക്കും കാരണമാകുന്നു.

8.8.2 തീരദേശ അപരദന ലഘൂകരണം (Mitigation of coastal erosion)

തീരദേശ അപരദനത്തെ രണ്ട് രീതികളിൽ നേരിടാം. തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനത്തെ തടയുന്നതിനായി തീരദേശത്ത് നിർമ്മിക്കുന്ന വിവിധ തരത്തിലുള്ള നിർമ്മിതികൾ നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ തീരസംരക്ഷണം ഉറപ്പ് വരുത്തുന്ന (Hard stabilization) പദ്ധതികളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. തീരദേശത്ത് നിന്നും അപരദനത്താൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെട്ട അവസാദങ്ങൾ തിരിച്ച് ബീച്ചുകളിൽ തന്നെ നിക്ഷേപിക്കുന്ന നടപടികൾ നിർമ്മാണേതര പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ തീരസംരക്ഷണം ഉറപ്പ് വരുത്തുന്ന (Soft stabilization) പദ്ധതികളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

നിർമ്മിതികളിലൂടെയുള്ള തീരസംരക്ഷണം (Hard structural/engineering option)

ദൃഢമായ നിർമ്മിതികളിലൂടെയുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ തീരസംരക്ഷണം ഉറപ്പ് വരുത്തുന്ന വിവിധ സാധ്യതകളാണ്/പദ്ധതികളാണ് ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. കടൽ ഭിത്തി നിർമ്മാണം, പുലിമുട്ട് നിർമ്മാണം (Groins), തുറമുഖ ജെട്ടികൾ (Jetties), ഉൾക്കടൽ ഭിത്തി (Break waters) നിർമ്മാണം എന്നിവയെല്ലാം ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

എ) കടൽഭിത്തി (Seawall):

തീരപ്രദേശങ്ങളെ തിരമാലകളിൽ നിന്ന് സംരക്ഷിക്കാനായി തീരരേഖക്ക് സമാന്തരമായി നിർമ്മിക്കുന്ന ചുമരുകളാണ് കടൽഭിത്തികൾ. തീരപ്രദേശത്തെ കിഴുക്കാംതൂക്കായ പാറകളെയും (cliff) സംരക്ഷിക്കുന്നതിന് ഇത് സഹായിക്കുന്നു. മണൽ നിറഞ്ഞ കടൽ തീരത്തേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന തിരമാലകളുടെ ശക്തി ക്ഷയിപ്പിക്കാനും കടൽ ഭിത്തികൾ സഹായിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.17).



ചിത്രം 8.17 തീരസംരക്ഷണത്തിനായി കടൽഭിത്തികൾ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു.

ബി) ഗ്രായിനുകൾ പുലിമുട്ട് (Groins)

തീരരേഖക്ക് ലംബമായി തീരപ്രദേശത്ത് നിന്നും കടലിലേക്ക് നിർമ്മിക്കുന്ന തീരദേശ നിർമ്മിതികളാണ് പുലിമുട്ടുകൾ. കടലോര - സമാന്തര ജലപ്രവാഹത്തെ (Long shore currents) നിയന്ത്രിക്കാനായി ഇത് സഹായിക്കുന്നു. മരംകൊണ്ടോ, ശിലകൾകൊണ്ടോ, മുളകൾകൊണ്ടോ ഇവ നിർമ്മിക്കാം. സാധാരണയായി മണൽ ലഭ്യതക്കുടുതലുള്ള തീരപ്രദേശങ്ങളിലാണ് ഇവ നിർമ്മിക്കാറുള്ളത് (ചിത്രം 8.18)



ചിത്രം 8.18 കടലോര - സമാന്തര ജലപ്രവാഹത്തെ പിടിച്ചെടുക്കുന്നതിനായി നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട പുലിമുട്ടുകൾ

സി) തുറമുഖജെട്ടികൾ (Jetties)



ചിത്രം 8.19 തുറമുഖ സംരക്ഷണഭിത്തി

വിനാശകാരികളായ തിരമാലകളെയും അവ നിക്ഷേപിക്കുന്ന അവസാദങ്ങളും തുറമുഖങ്ങളിലേക്ക് കടന്നു വരാത്ത വിധം ഉണ്ടാക്കുന്ന നിർമ്മിതികളാണ് തുറമുഖസംരക്ഷണ ഭിത്തി (ചിത്രം 8.19). ഇത്തരം സംരക്ഷണ ഭിത്തികൾ തുറമുഖങ്ങളുടെ ഇരു ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് തുടങ്ങി സമുദ്രത്തിലേക്ക് നീണ്ടുകിടക്കുന്ന രീതിയിലാണ് നിർമ്മിക്കുക. തുറമുഖങ്ങളെ തീവ്രമായ അവസാദന പ്രക്രിയകളിൽ നിന്ന് സംരക്ഷിക്കുക എന്നതാണ് ഇതിന്റെ ലക്ഷ്യം.

ഡി) ഉൾക്കടൽ ഭിത്തി (Break waters)



ചിത്രം 8.20 ഉൾക്കടൽ ഭിത്തി

തീരരേഖക്ക് സമാന്തരമായി ഉൾക്കടലിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന നിർമ്മിതികളാണ് ഉൾക്കടൽ ഭിത്തി. ശക്തമായ തിരമാലകളെ തടഞ്ഞ് നിർത്തി തീരപ്രദേശത്ത് ശാന്തമായ ജലപ്രവാഹം സൃഷ്ടിക്കുകയാണ് ഇതിലൂടെ ലക്ഷ്യമിടുന്നത് (ചിത്രം 8.20). കടൽ ഭിത്തി

കളുടെ അതേ ധർമ്മമാണ് ഉൾക്കടൽ ഭിത്തികളും നിർവ്വഹിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഇവ നിർമ്മിക്കുന്നത് അൽപ്പം ഉൽക്കടലിലാണെന്ന് മാത്രം. തിര മാലകളുടെ അപവർത്തനം (Wave refraction) നടത്തുകവഴി കടലോര, സമാ ന്തര ജലപ്രവാഹത്തിന്റെ ഒഴുക്കിനെ ഉൾക്കടൽ ഭിത്തികൾ വ്യതിചലിപ്പി ക്കുന്നു. ഉൾകടൽ ഭിത്തികൾ അവസാദങ്ങൾ പിടിച്ചെടുക്കുകയും തിരമാല കളെ ബീച്ചുകളിലെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യു ന്നു. ഉൽക്കടൽ ഭിത്തികൾ തീരദേശ അപരദനത്തെ വലിയ തോതിൽ കുറ ക്കാൻ സഹായിക്കുന്നുണ്ട്.

2. മൃദുസമീപന തീരസംരക്ഷണം (Soft structural/engineering options)

തീരദേശത്തെ സ്വാഭാവിക ഭൂപ്രകൃതിയെ പരിപോഷിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് തിരമാ ലകളുടെ ശക്തിയെ ഇല്ലാതാക്കുന്ന പ്രവർത്തനമാണ് ഇതിലൂടെ ലക്ഷ്യമിടുന്ന ത്. ബീച്ചുകളെ പരിപോഷിപ്പിക്കുക, കടൽക്കരയിലെ മണൽക്കൂനകളെ വീണ്ടെ ടുക്കുക, തീരദേശവനവൽക്കരണം, മറ്റ് നിർമ്മാണേതര പദ്ധതികൾ എന്നിവയെ ല്ലാമാണ് ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്.

എ) ബീച്ച് പരിപോഷണം (Beach nourishment)

അവസാദങ്ങൾ നഷ്ടപ്പെട്ട ബീച്ചുകളെ വിവിധ പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ അവ സാദങ്ങളുടെ അളവ് വർദ്ധിപ്പിച്ച് വിസ്തൃതമായ ബീച്ചുകളാക്കി മാറ്റുക എന്ന താണ് ബീച്ച് പരിപോഷണത്തിലൂടെ ലക്ഷ്യമിടുന്നത്. നിരന്തരമായ പരിപാല നവും കാലനുസൃതമായി അവസാദങ്ങൾ ലഭ്യമാക്കലും ഈ രീതിക്ക് വളരെ അത്യാവശ്യമാണ്. അതിശക്തമായ തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനം നേരിടുന്ന മേഖ ലകളിൽ ഈ പദ്ധതി വേണ്ടത്ര വിജയിക്കണമെന്നില്ല.

ബി) കടൽക്കര മണൽക്കൂന നിർമ്മാണം (Dune building/reconstruction)

തീരദേശ ഭൂരൂപങ്ങളിൽ ഏറ്റവും സവി ശേഷമായ ഭൂതലമാണ് കടൽക്കര മണൽ കൂന കൾ (ചിത്രം 8.21). ഇവ ഒരു ഉത്തമമായ തീര ദേശ പ്രതിരോധവ്യൂഹം തീർക്കുന്നു. മണൽ കൂനകൾ നിലനിർത്തുന്നതിൽ സസ്യജാല ങ്ങൾക്ക് വലിയൊരു പങ്കുണ്ട്. മണൽക്കൂനക ളിൽ സസ്യജാലങ്ങൾ ഒരു ആവരണം പോലെ പ്രവർത്തിച്ച് മണൽക്കൂനകളെ സംരക്ഷിക്കു കയും, തീരദേശ അപരദനം കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 8.21 കടൽക്കര മൺകൂന നിർമ്മാണം

സി) തീരദേശ പുനഃസസ്യവൽക്കരണം (Coastal revegetation)

തീരദേശത്തെ സസ്യാവരണങ്ങൾ ചെരിവ് പ്രതലങ്ങളുടെ ദൃഢത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു, അവസാദങ്ങളെ സമാഹരിച്ച് തീരത്തേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്ന തിരമാലകളുടെ ഊർജം കുറയ്ക്കുന്നു. അതിനാൽ തീരരേഖകളെ അപരദനത്തിൽ നിന്ന് ഒരു പരിധിവരെ സംരക്ഷിക്കുവാൻ തീരദേശ പുനഃ സസ്യവൽക്കരണത്തിലൂടെ സാധിക്കുന്നു (ചിത്രം 8.22).



ചിത്രം 8.22 തീരരേഖ സംരക്ഷണത്തിനായുള്ള തീരദേശ പുനഃസസ്യവൽക്കരണം

തീരദേശ ദുരന്തങ്ങളുടെ ആഘാതങ്ങളെയും തീരദേശ സംരക്ഷണ ഉപായങ്ങളെയും സമീപത്തുള്ള ഒരു തീരപ്രദേശം സന്ദർശിക്കുന്നതിലൂടെ മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കും. വിവിധ തീരദേശ അപരദന പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ചും തീരദേശ ദുരന്തങ്ങൾ ലഘൂകരിക്കാനുള്ള പദ്ധതികളെക്കുറിച്ചും നിങ്ങൾ ഒരു റിപ്പോർട്ട് തയ്യാറാക്കുക.

തീരദേശ പരിപാലനത്തിനായി അവലംബിക്കാവുന്ന തന്ത്രപ്രധാനമായ നിരവധി പദ്ധതികൾ നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ബീച്ചുകളിലെ നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ലക്ഷ്യമിടുന്നത് തിരമാലകളുടെ ശക്തിയെ പ്രതിരോധിക്കുന്നതിനോടൊപ്പം തീരദേശത്തെ മണൽതരികളുടെയും മറ്റ് അവസാദങ്ങളുടെയും ഒലിച്ചുപോക്ക് തടയുക എന്നത് കൂടിയാണ്. നിർമ്മിതികളിലൂടെയുള്ള തീരസംരക്ഷണം ലക്ഷ്യമിടുന്നത് നിർദ്ധിഷ്ട തീരപ്രദേശങ്ങളിലെ അപരദന പ്രവർത്തനങ്ങൾ ലഘൂകരിക്കുക എന്നതാണ്.

അതേസമയം നിർമ്മിതികളിലൂടെയുള്ള തീരസംരക്ഷണം പരിപൂർണ്ണമാകുന്നത് ബീച്ചുകളിൽ വിവിധ അപരദന പ്രക്രിയകൾ വഴി നീക്കം ചെയ്യപ്പെട്ട അവസാദങ്ങൾ തിരിച്ച് നിക്ഷേപിക്കുന്ന വിവിധ നിർമ്മാണേതര പദ്ധതികളിലൂടെയാണ് (soft stabilization techniques). തീരദേശ അപരദനത്തെ നേരിടുന്നതിനായി നടപ്പിലാക്കാവുന്ന വിവിധ പദ്ധതികളെ രണ്ട് വലിയ വിഭാഗമായി തരം തിരിച്ചുകൊണ്ട് താഴെ നൽകിയിരിക്കുന്ന പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കുക.

നിർമ്മിതികളിലൂടെയുള്ള പദ്ധതികൾ	മൃദുസമീപന നിർമ്മാണ പദ്ധതികൾ
• കടൽ ഭിത്തി • •	• ബീച്ച് പരിപോഷണം • •



പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. പുലിമുട്ട് നിർമ്മാണത്തിലൂടെ കടലോര അവസാദ ചലനങ്ങൾക്ക് എന്താണ് സംഭവിക്കുന്നത്?
2. ബീച്ച് പരിപോഷണം എന്നാൽ എന്ത്? ബീച്ച് പരിപോഷണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രശ്നങ്ങൾ എന്തെല്ലാമാണ്?



നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവം മുതൽ തന്നെ വിവിധ തരത്തിലുള്ള പ്രകൃതിക്ഷോഭങ്ങൾ സംഭവിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ചലനാത്മകമായ ഭൂപ്രക്രിയകൾ ഭൂമിയിൽ ജീവൻ നിലനിൽക്കുന്നതിനാവശ്യമായ അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഇതേ പ്രവർത്തനങ്ങൾ തന്നെ നമ്മുടെ ജീവനും വസ്തുക്കൾക്കും ഭീഷണിയായ വിവിധ ദുരന്തങ്ങളായ ഭൂകമ്പം, സുനാമി, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം, ഉരുൾപൊട്ടൽ, പ്രളയം, തീരദേശ അപരദനം എന്നിവയ്ക്കു കാരണമാകാറുണ്ട്. ഇങ്ങനെയാണെന്നിരിക്കലും, വിവിധ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഭൂമിയെ ജീവനുള്ള ഒരു ഗ്രഹമായി നിലനിർത്തുന്നതുവഴി മനുഷ്യർക്ക് വളരെ അനുകൂലമായി വർത്തിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ചരിത്രനാളുകളിൽ, ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഇന്ന് കാണുന്ന ജലശേഖരങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിലും, അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിലും അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം കാരണമായിട്ടുണ്ട്. നദികളും തടാകങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത് പർവ്വത നിരകളിൽ നിന്നും താഴെക്കൊഴുകുന്ന ജലപ്രവാഹത്താലാണ്. പർവ്വതനിരകളുടെ ഉൽഭവങ്ങൾക്ക് നിദാനമായ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് ഭൂകമ്പം. വിവിധ അപരദന പ്രക്രിയകളായ പ്രളയം, ഉരുൾപൊട്ടൽ, കൊടുങ്കാറ്റ് തുടങ്ങിയവ മണ്ണിനെ സമ്പുഷ്ടമാക്കുകയും അതുവഴി ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിൽ ഒരു പ്രധാന പങ്കു വഹിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

മനുഷ്യരേയും വിവിധ മാനവിക പ്രവർത്തനങ്ങളേയും പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കുമ്പോൾ മാത്രമാണ് മേൽപറഞ്ഞ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഒരു ദുരന്തമായി മാറുന്നത്. പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങൾ അവയുടെ വ്യാപ്തിയ്ക്കും തീവ്രതയ്ക്കും അനുസരിച്ചും, പ്രാരംഭവേഗത, കാലദൈർഘ്യം എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ചും നിരവധി സവിശേഷതകൾ നിറഞ്ഞതാണ്. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഒന്നിലധികം ദുരന്തങ്ങൾ സംയോജിച്ച് സംഭവിയ്ക്കാറുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി ഭൂകമ്പത്തെ തുടർന്ന് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന സുനാമി, ചുഴലിക്കാറ്റ് എന്നിവ ശക്തമായ പ്രളയം സൃഷ്ടിക്കാൻ കാരണമാകാറുണ്ട്. അടുത്ത ഏതാനും ദശകങ്ങളായി, പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിൽ ഭയാനകമായ വർദ്ധനവാണ് രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. സാമൂഹിക, സാമ്പത്തിക പാരിസ്ഥിക മേഖലകളിൽ അതിന്റെ ആഘാതവും വലിയതോതിൽ വർദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ട്.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഭൗമദുരന്തത്തിൽ ഉൾപ്പെടാത്തത് ഏതാണ്?

   എ) ഉരുൾപൊട്ടൽ ബി) പ്രളയം
   സി) മലിനീകരണം ഡി) ഭൂകമ്പം

2. താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഉരുൾപൊട്ടലിനെ പ്രതിരോധിക്കാൻ സാധിക്കാത്ത പദ്ധതി ഏത്?

   (ജലനിർഗമന പൈപ്പുകൾ, പ്രതിരോധ മതിൽ, തട്ടുകളായി തിരിച്ച് ചരിവ് ലഘൂകരണം, സസ്യാവരണം നീക്കം ചെയ്യൽ)

3. അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനത്തിൽ പുറം തള്ളപ്പെടുന്ന ഖര ശിലാകഷണങ്ങൾക്ക് പറയുന്ന പേരെന്ത്?

4. വിപത്തും ദുരന്തവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം ഉദാഹരണ സഹിതം വിശദീകരിക്കുക.

5. ദുരന്ത നിവാരണ നിർവ്വഹണ പരിവൃത്തി അനുയോജ്യമായ ഉദാഹരണങ്ങൾ സഹിതം ചുരുക്കി വിവരിക്കുക.

6. ഭൂകമ്പ പ്രതീക്ഷിതനഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നതിനായി അവലംബിക്കാവുന്ന ഏതെങ്കിലും മുന്ന് പദ്ധതികൾ തിരിച്ചറിയുക.

7. സുനാമി ദുരന്തസാധ്യതാ വ്യാപ്തി ലഘൂകരിക്കുന്നതിനായി നമുക്ക് ഏതെല്ലാം വിധത്തിൽ സ്വയം സജ്ജരാവാം?

8. ഉരുൾപൊട്ടൽ പ്രതിരോധത്തിനായി നടപ്പിലാക്കാവുന്ന അഞ്ച് പ്രതീക്ഷിത നഷ്ട ലഘൂകരണ പദ്ധതികൾ നിർദ്ദേശിയ്ക്കുക.

9. പ്രളയത്തിന്റെ കാരണങ്ങളെക്കുറിച്ചും അതിന്റെ അനന്തര ഫലങ്ങളെക്കുറിച്ചും ഒരു പട്ടിക തയ്യാറാക്കുക.

10. തീരമേഖലകളുടെ സംരക്ഷണത്തിനായി നടപ്പിലാക്കാവുന്ന പദ്ധതികളെക്കുറിച്ച് ഒരു ലഘു കുറിപ്പ് തയ്യാറാക്കുക.

അനുബന്ധം

ധാതുക്കളുടെയും ശിലകളുടെയും തിരിച്ചറിയൽ
(Mineral and Rock Identification)

നമുക്ക് അറിയാത്ത ധാതുക്കളുടെയും ശിലകളുടെയും സാമ്പിളുകൾ അവ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ചില പ്രത്യേക സ്വഭാവ സവിശേഷതകളിലൂടെ തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും. എന്നിരുന്നാലും എല്ലാ സാമ്പിളുകളും സ്ഥൂല നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ മാത്രം എല്ലായ്പ്പോഴും തിരിച്ചറിയുകയെന്നത് അത്ര എളുപ്പമുള്ള ഒരു പ്രവൃത്തിയല്ല.

തിരിച്ചറിയുന്നതിനുവേണ്ടി ചില ശിലാരൂപീകരകണ ധാതുക്കളുടെയും ലോഹ ധാതുക്കളുടെയും അലോഹധാതുക്കളുടെയും പ്രത്യേക ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ ഈ അനുബന്ധത്തിന്റെ തുടർന്നു വരുന്ന ഭാഗത്ത് നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

ചില പ്രധാനപ്പെട്ട ശിലകളുടെ ടെക്സ്ച്ചർ, ധാതുഘടന എന്നിവ വിശദീകരിക്കുന്ന പട്ടികയും അനുബന്ധത്തിൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

പഠിതാക്കൾ പട്ടികയിൽ നൽകിയിട്ടുള്ള വിവരങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ധാതുക്കളുടെയും ശിലകളുടെയും സാമ്പിളുകൾ പരീക്ഷണശാലകളിലെ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

ധാതുക്കളുടെ തിരിച്ചറിയൽ (Mineral Identification)

ധാതുക്കൾ നിരവധി ഭൗതിക-രാസ സവിശേഷ സ്വഭാവങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. നിരവധി ധാതുക്കളുടെ സാമ്പിളുകൾ അവയുടെ സ്വഭാവസവിശേഷതകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നിരിച്ചറിയാൻ കഴിയും. അനുബന്ധത്തിൽ നൽകിയിട്ടുള്ള പട്ടിക 1.1 ൽ ചില ശിലാരൂപീകരണ ധാതുക്കളും അവയുടെ സ്വഭാവ സവിശേഷതകളും നൽകിയിരിക്കുന്നു. ധാതുക്കളുടെ മുഖ്യ ഭൗതീകഗുണങ്ങളായ രൂപം/ഘടന, നിറം, ധൂളീവർണ്ണം, തിളക്കം, വിദളനം, പൊട്ടൽ, കാഠിന്യം ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത എന്നിവ വേർതിരിച്ച് പ്രത്യേക കോളങ്ങളിലായി പട്ടികയിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

അനുബന്ധം I ൽ പ്രധാനപ്പെട്ട ചില ശിലാരൂപീകരണ ധാതുക്കൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ഭൗതീക ഗുണങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള ഒരു ധാരണ നൽകുന്നു.

അനുബന്ധം II ൽ ആഗ്നേയശിലകളുടേയും അവസാദശിലകളുടെയും, കായാന്തരിക ശിലകളുടെയും ടെക്സ്ച്ചർ ധാതുക്കളുടെ ഘടന എന്നിവ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

അനുബന്ധം III.1 ലും III.2 ലുമായി നൽകിയിട്ടുള്ള പട്ടികയിൽ അയിര് ധാതുക്കളുടേയും വ്യാവസായിക ധാതുക്കളുടെയും ഭൗതീക ഗുണങ്ങൾ ക്രമമായി നൽകിയിരിക്കുന്നു.

ശിലകളുടെ തിരിച്ചറിയൽ (Rock Identification)

ശിലകളെ പ്രധാനമായും മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ആഗ്നേയ ശിലകൾ, അവസാദശിലകൾ, കായാന്തരിത ശിലകൾ.

ആഗ്നേയശിലകൾ (Igneous Rocks)

അനുബന്ധം II.1 ആഗ്നേയശിലകളുടെ ടെക്സ്ച്ചർ ധാതുഘടന എന്നീ സ്വഭാവ സവിശേഷ തകളെക്കുറിച്ച് ചെറിയ വിവരണം നൽകുന്നു.

ആഗ്നേയശിലകളെ അവയുടെ ടെക്സ്ച്ചറിന്റെയും ധാതുക്കളുടെയും അടിസ്ഥാന ത്തിൽ തരംതിരിക്കാം. ഭൂരിഭാഗം ആഗ്നേയ ശിലകളേയും അവയുടെ ടെക്സ്ച്ചർ ധാതുഘടന എന്നിവ മനസ്സിലാക്കി തിരിച്ചറിയാൻ കഴിയും. സൂക്ഷ്മ തരികളോടു കൂടിയ ശിലകളെ അവയുടെ ധാതുഘടന നോക്കി തിരിച്ചറിയാൻ കഴിയില്ല. മൈക്രോസ്ക്കോപ്പിലൂടെ മാത്രം അത്തരം ശിലകളിലെ ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റലു കളെ തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. പരസ്പരം കെട്ട് പിണഞ്ഞ് കാണപ്പെ ടുന്ന ടെക്സ്ച്ചർ ക്രിസ്റ്റ്ലൈൻ ശിലകളുടെ മാത്രം പ്രത്യേകതയാണ്.

അവസാദശിലകൾ (Sedimentary Rocks).

അനുബന്ധം II.2 അവസാദ ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ധാതുക്കളേയും ടെക്സ ച്ചറിനെയുംക്കുറിച്ചുള്ള വിശദീകരണം നൽകുന്നു.

അവസാദശിലകളെ ടെക്സ്ച്ചർ, ധാതുഘടന എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലും വർഗ്ഗീകരിക്കാം ഒരു പക്ഷെ ഭൂതക്കണ്ണാടിയുടെ സഹായത്തോടെ അവസാദശില കളിലെ ധാതുതരികളെ തിരിച്ചറിയാം. ക്ലാസ്റ്റിക് ടെക്സ്ച്ചർ ഭൂതക്കണ്ണാടിയുടെ സഹായത്തോടെ വളരെ എളുപ്പത്തിൽ തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും. തരികൾ പര സ്പരം സംയോജിക്കപ്പെട്ടതാണെങ്കിൽ ആ ശില ക്ലാസ്സിക് ആകാം.

താഴെ പറയുന്ന വിവരണങ്ങൾ വിവിധ തരത്തിലുള്ള അവസാദശിലകളെ വേർത്തി രിച്ചറിയുന്നതിന് നിങ്ങളെ സഹായിക്കും.

കൺഗ്ലോമറെയ്റ്റ്	-	ഗോളാകൃത തരികൾ, വലിയ പെബ്ൾ, ചര ലുകൾ എന്നിവയാൽ നിർമ്മിതം
മണൽക്കല്ല്	-	മണൽ തരികളുടെ വലുപ്പത്തിലുള്ള തരികളാൽ നിർമ്മിതം
ഷെയ്ൽ	-	സൂക്ഷ്മ ധാതുതരികളാൽ നിർമ്മിതം, പാളികഘടനയും

ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് – ചെറുതും വലുതുമായ തരികളാൽ നിർമ്മിതം, ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ചിലതിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല. നേർത്ത ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് ഒഴിക്കുമ്പോൾ പതയുണ്ടാകുന്നു.

കായാന്തരിതശിലകൾ

അനുബന്ധം II.3 ൽ കായാന്തരിത ശിലകളുടെ ടെക്സ്ച്ചർ, ധാതുഘടന എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരണം നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

കായാന്തരിത ശിലകളെ തിരിച്ചറിയാൻ സഹായിക്കുന്ന ഒരു സവിശേഷതയാണ് അവയുടെ ടെക്സ്ച്ചർ. പാളികാ ടെക്സ്ച്ചർ പാളികേതര ടെക്സ്ച്ചറുകളും എളുപ്പത്തിൽ തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്. ശിലകളുടെ നാമകരണത്തിന് അവയുടെ ധാതുഘടന അനിവാര്യമാണ്. പാളികേതര ശിലകളെ തിരിച്ചറിയുന്നത് പ്രധാനമായും അവയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുക്കളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്.

ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് – പ്രധാന ധാതു ക്വാർട്ട്സ് ധാതുതരികൾ പരസ്പരം കെട്ടുപിണഞ്ഞാണ് കാണപ്പെടുന്ന ഗ്രാനലോസ് ടെക്സ്ച്ചർ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു.

മാർബിൾ – കാൽസൈറ്റ് തരികൾ കെട്ട് പിണഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്നു.

ഷിസ്റ്റ് നൈസ്, സ്ലേറ്റ് എന്നീ പാളിക ശിലകളെ അവയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പാളിക ഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയാം.

ഷിസ്റ്റ് – ദൃഷ്ടി ഗോചരമായ ധാതുക്കളുടെ സമാന്തര പാളികൾ കാണപ്പെടുന്നു.

നൈസ് – ഇരുണ്ട നിറത്തിലും ഇളം നിറത്തിലുമുള്ള ധാതുക്കളുടെ ഒന്നിടവിട്ട പാളികൾ കാണപ്പെടുന്നു.

സ്ലേറ്റ് – സൂക്ഷ്മ തരികളോടുകൂടിയ ധാതുക്കൾ ശിലാപാളികളായി പിളർത്താവുന്ന വിധത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

അനുബന്ധം I							
	ധാതുക്കൾ	ടാൽക് $[Mg_6(Si_8O_{20})\ (OH_4)]$	ബയോടൈറ്റ് $[K(MgFe)_3\ (A1Si_3O_{10})\ (OH_2)]$	മസ്കോവൈറ്റ് $[KA1_2(A1Si_3O_{10})(OH)_2]$	കാൽസൈറ്റ് $[CaCO_3]$	ഡോളോമൈറ്റ് $[CaMg\ (Co_3)_2]$	ഫ്ളൂറൈറ്റ് $[Ca\ F_2]$
ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ	ബാഹ്യരൂപം	നേർത്ത പാളികളായി അല്ലെങ്കിൽ നാരു രൂപത്തിൽ	ക്രമരഹിത പാളികളായി	നേർത്ത പാളികളായി, അടരുകളായി, പിണ്ഡമായ	സമഭുജസാമാന്തരികം, സ്തൂപികാകൃതി, തരികളായി, പിണ്ഡമായ	സാധാരണയായി സമഭുജസമാന്തരികം വക്രമുഖതരികളായി പിണ്ഡമായ	സമചതുര ഷഡ്ഭുജം അല്ലെങ്കിൽ പിണ്ഡമായ
	നിറം	വെളുത്ത നിറം, വെള്ളി നിറം, ആപ്പിൾപച്ചനിറം, പച്ചകലർന്ന ചാര നിറം, ഇരുണ്ട പച്ചനിറം	കറുപ്പ് നിറത്തിൽ, പച്ചമുതൽ കറുപ്പ് നിറത്തിൽ, ഇരുണ്ട തവിട്ടുനിറത്തിൽ	നിറമില്ലാതെയോ വെളുത്ത നിറത്തിലോ ഇളം മഞ്ഞനിറത്തിലോ തവിട്ടുനിറത്തിലോ ചുവപ്പു നിറത്തിലോ കാണപ്പെടുന്നു.	നിറമില്ലാതെ വെളുത്ത നിറത്തിൽ, പാലുപോലെ വെളുത്തത്, ചാരനിറം, മഞ്ഞനിറം, നീലനിറം, ചുവപ്പ് നിറം, തവിട്ടുനിറം കറുപ്പ് കലർന്ന നിറത്തിൽ	തവിട്ടു നിറവും ചാര നിറത്തിലും പച്ച, കറുപ്പ് നിറത്തിലും	വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളിലും നിറമില്ലാതെയും
	ധൂളീവർണ്ണം	വെളുത്തനിറത്തിലും പവിഴപച്ചനിറത്തിലും	നിറമില്ല	നിറമില്ല	വെളുപ്പ്	വെളുപ്പ്	വെളുപ്പ്
	തിളക്കം/ദ്യുതി	പവിഴത്തിളക്കം	പവിഴത്തിളക്കം	പവിഴത്തിളക്കം	സ്ഫടികം പോലെ, മങ്ങിയ തിളക്കം, മണ്ണുപോലെ	പവിഴത്തിളക്കത്തിലും മങ്ങിയ നിറത്തിലും	സ്ഫടികത്തിളക്കം
	വിദളനം	ഒരേ ദിശയിൽ ക്രമമായി	ഒരേ ദിശയിൽ ക്രമമായി	ഒരേ ദിശയിൽ ക്രമമായി.	കൃത്യമായ സമഭുജസാമാന്തരികമായി	കൃത്യമായ സമഭുജസാമാന്തരികമായി	കൃത്യമായത്
	പൊട്ടൽ	ക്രമരഹിതമായ നിരപ്പായ പ്രതലങ്ങളായി	ക്രമരഹിതം	ക്രമരഹിതം	വക്രാകൃതിയിൽ	വക്രാകൃതിയിലും ക്രമരഹിതമായും	വക്രാകൃതിയിലും ക്രമരഹിതമായും

പട്ടിക 1: ശിലാരൂപീകരണ ധാതുക്കളുടെ തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക

ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ							
	കാഠിന്യം	1	2.5 - 3	2.5 - 3	3	3.5 - 4	4
	ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത	2.58-2.83	2.8 - 3 .2	2.77 - 2.88	2.71	2.84 - 2.86	3.0 - 3.25

അനുബന്ധം - I

	ധാതുക്കൾ	അപ്പറ്റൈറ്റ് $[Ca_5(PO_{4)3}(F,Cl,OH)]$	ഓർത്തോക്ലേസ് ഫെൽഡ്സ്പാറുകൾ $[K(AlSi_3O_8)]$	പ്ലാജിയോക്ലേസ് ഫെൽഡ്സ്പാറുകൾ $[NaAlSi_3O_8 -CaAl_2Si_2O_8]$	ഗാർനറ്റ് (അൽമൈൻ) $[Fe_3Al_2Si_3O_{12}]$	ക്വാർട്സ് $[SiO_2]$	കൊറണ്ടം $[Al_2O_3]$
ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ	**ബാഹ്യരൂപം**	പീഠാകൃതി, സ്തൂപാകൃതിയിലുള്ള പരലുകൾ, ദൃഢമായതും തരികളോട് കൂടിയതും	സാധാരണ സ്തൂപാകൃതി, ചിലപ്പോൾ പീഠാകൃതിയിലും നീളത്തിലും	സാധാരണ സ്തൂപാകൃതി, ചിലപ്പോൾ പീഠാകൃതിയിലും	കൃത്യമായി രൂപപ്പെട്ട ഡൊഡെക്കാ ഹെഡ്രൻ, ട്രപ്പീസോഹെഡ്രൻ പരലുകൾ, തരികളായും ഉരുണ്ട പരലുകളായും	പരലുകൾ സപ്തമുഖങ്ങളോട് കൂടിയതും സ്തൂപങ്ങളായും തരികളായും പിണ്ഡമായും	ബാരൽ ആകൃതി, സ്തൂപീയ പരലുകൾ തരികളോടും പിണ്ഡമായും
	നിറം	ഇളം പച്ച, നീലകലർന്ന പച്ച, മഞ്ഞയോടുകൂടിയ പച്ച, പച്ചയോടുകൂടിയ മഞ്ഞ, നീല, ചാരനിറം, എല്ലാ നിറങ്ങളും	മാംസച്ചുവപ്പ്, ചുവപ്പ്, പിങ്ക്, ഇളം പിങ്ക്	വിഭിന്നം, സാധാരണ വെളുപ്പ് , ഇളം നിറത്തോടെ, ചാരനിറത്തിലും നിറമില്ലാത്തതും	കടും ചുവപ്പ്, തവിട്ടോടു കൂടിയ ചുവപ്പ്, ഇരുണ്ട തവിട്ടു നിറം.	നിറമില്ലാതെയും വെളുപ്പ് നിറത്തോടെയും, ചില വിഭാഗങ്ങൾ നിറം കാണിക്കുന്നു.	ചുവപ്പോട് കൂടി, ചില അവസരങ്ങളിൽ നിറമില്ലാതെയും, തവിട്ട് പിങ്ക്,
	ധൂളീവർണ്ണം	വെളുപ്പ്	വെളുപ്പ്	വെളുപ്പ്	നിറമില്ല	നിറമില്ല	നിറമില്ല
	തിളക്കം/ദ്യുതി	ഏതാണ്ട് മരക്കറപോലെയോ സ്ഫടികം പോലെയോ	സ്ഫടികം പോലെ	സ്ഫടികം പോലെയോ അർദ്ധ സ്ഫടികം പോലെയോ പവിഴം പോലെയോ	സ്ഫടികംപോലെ	സ്ഫടികം	സ്ഫടികം പോലെയോ തിളക്കമില്ലാതെയോ വജ്രശോഭയോടെയോ
	വിദളനം	അവ്യക്തം	രണ്ട് ദിശകളിൽ സ്പഷ്ടം	രണ്ട് ദിശകളിൽ കൃത്യം	ഇല്ല	ഇല്ല	ഇല്ല

പട്ടിക 1: ശിലാരൂപീകരണ ധാതുക്കളുടെ തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക

ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ	പൊട്ടൽ	വക്രതയോട് കൂടിയതോ ക്രമരഹിതമോ	ക്രമരഹിതം	ക്രമരഹിതം/സ്പ്ലിന്ററി	വക്രതയോടെയോ ക്രമരഹിതമോ	വക്രതയോട് കൂടിയത്	വക്രതയോടെയോ ക്രമരഹിതമോ
	കാഠിന്യം	5	6	6.0 - 6.5	7.0-7.5	7	9.0
	ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത	2.9-3.5	2.57	2.55 - 2.76	3.5-4.3	2.65	3.98 - 4.02

അനുബന്ധം II .1

ശില	ടെക്സ്ചർ	രാസസ്വഭാവം	അടിസ്ഥാന ധാതുക്കൾ	അനുബന്ധ ധാതുക്കൾ	ഇനം	ഉൽഭവം
ഗ്രാനൈറ്റ്	ഹോളോക്രിസ്റ്റലൈൻ, ഫാനറിറ്റിക്ക്, വലിയ ശിലാതരികൾ, സമതുലിത കണങ്ങൾ/ പോർഫിറിറ്റിക്	ഫെൽസിക്	ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, (പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് / ഓർത്തോ ക്ലേയ്സ്)	ബയോടൈറ്റ്, മസ്കോവൈറ്റ്, ഹോൺബ്ലെൻഡ്, ആംഫിബോൾ, പൈറോക്സീൻ	അന്തർജാത ശില	സിലിക്ക സമ്പന്നമാഗ്മയുടെ ശീതീകരണത്തിലൂടെ ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ അഗാധങ്ങളിലുണ്ടാവുന്നു. അഗാധങ്ങളിൽ വച്ച് സാവധാനം തണുക്കുന്നതിനാൽ വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.
പെഗ്മറ്റൈറ്റ്	ഹോളോക്രിസ്റ്റലൈൻ, ഫാനറിറ്റിക്, ശിലാതരികൾ വളരെ വലുത്, പെഗ്മറ്റിറ്റിക്, സമതുലിത കണങ്ങൾ	ഫെൽസിക്	ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, (പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് / ഓർത്തോക്ലേസ്)	ബയോടൈറ്റ്, മസ്കോവൈറ്റ്, ഗാർനറ്റ്, ബെറിൽ, ടൂർമലിൻ മറ്റ് അപൂർവ്വ ധാതുക്കൾ	അന്തർജാത ശില	മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന്റെ അവസാനഘട്ടത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. ബാത്തോലിത്ത് പോലുള്ള വലിയ പ്ലൂട്ടോണുകളുടെ അരികിൽ കാണുന്ന വിടവുകളിലും വിള്ളലുകളിലുമാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ് സാധാരണ ഉണ്ടാകുന്നത്.
ഗാബ്രോ	ഹോളോ ക്രിസ്റ്റലൈൻ, ഫാനറിറ്റിക്, വലിയ ശിലാതരികൾ, സമതുലിത കണങ്ങൾ	മാഫിക്	കാൽസ്യം സമ്പന്ന പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, പൈറോക്സീൻ	ഒലിവീൻ, കൂടാതെ ചിലപ്പോൾ മാഗ്നറ്റൈറ്റ്, ക്രോമൈറ്റ്, ടൈറ്റാനൈറ്റ്, ഇൽമനൈറ്റ് എന്നിവയും കാണുന്നു.	അന്തർജാത ശില	ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം സമ്പന്നമായതും സിലിക്ക (ക്വാർട്ട്സ്)കുറഞ്ഞതുമായ മാഗ്മയിൽ നിന്നും രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും വളരെ ആഴങ്ങളിലാണ് മാഗ്മതണുക്കുന്നത്.

പട്ടിക 2.1: തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക – ആഗ്നേയശിലകൾ

ശില	ടെക്സ്ചർ	രാസസ്വഭാവം	അടിസ്ഥാന ധാതുക്കൾ	അനുബന്ധ ധാതുക്കൾ	ഇനം	ഉൽഭവം
ഡോളിറൈറ്റ്	മീറോക്രിസ്റ്റലൈൻ, ഫാനറിറ്റിക്, ചെറുതും ഇടത്തരവുമായ ശിലാതരികൾ, സമതുലിത കണങ്ങൾ /പോർഫിറിറ്റിക്.	മാഫിക്	കാൽസ്യം സമ്പന്ന പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, പൈറോക്സീൻ	ക്വാർട്സ്	അന്തർജാത ശില	ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം എന്നിവയാൽ സമ്പന്നമായതും സിലിക്ക കുറഞ്ഞിരിക്കുന്നതുമായ മാഗമയിൽ നിന്നും രൂപം കൊളളുന്നു. ഡൈക്ക്, സില്ല് രൂപങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു.
ബസാൾട്ട്	ഹോളൊക്രിസ്റ്റലൈൻ, അഫനറ്റിക്, സൂക്ഷ്മശിലാതരികൾ, സമതുലിതകണങ്ങൾ	മാഫിക്	കാൽസ്യം സമ്പന്ന ഫെൽഡ്സ്പാർ, പൈറോക്സീൻ	ഒലിവിൻ	ബാഹ്യജാത ശില	ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം എന്നിവയാൽ സമ്പന്നവും സിലിക്ക കുറഞ്ഞിരിക്കുന്നതുമായ മാഗ്മയിൽ നിന്നും രൂപം കൊളളുന്നു. അഗ്നിപർവ്വതത്തിൽ നിന്നും മാഗ്മ ലാവയായി പുറത്തേക്ക് ഉൽസർജിക്കുന്നു.
ഡ്യൂണൈറ്റ്	ഹോളൊക്രിസ്റ്റലൈൻ, ഫാനറിറ്റിക് , ചെറുതും ഇടത്തരവുമായ തരികൾ, സമതുലിത കണങ്ങൾ.	അൾട്രാമാഫിക്ക്	ഒലിവിൻ	പൈറോക്സീൻ, ക്രോമൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ്	അന്തർജാത ശില	സിലിക്ക കുറഞ്ഞ മാഗ്മയ്ക്ക് ക്രിസ്റ്റലൈസേഷൻ നടക്കുമ്പോൾ ആദ്യം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന ഒലിവിൻ ധാതുകണങ്ങൾ മാഗ്മയുടെ അടിഭാഗത്തേക്ക് താഴുകയും അവിടെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതുവഴി ഡ്യൂണൈറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നു.

പട്ടിക 2.1: തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക – ആഗ്നേയശിലകൾ

ശില	ടെക്സ്ചർ	അടിസ്ഥാന ധാതുക്കൾ	അനുബന്ധ ധാതുക്കൾ	ഇനം	ഉൽഭവം
കൺഗ്ലോമറേറ്റ്	ശകലിതശില, ഗോളാകാര കണങ്ങൾ, വളരെ വലിയ ശിലാതരികൾ.	എല്ലാതരം അവസാദങ്ങളും ഇതിൽ കാണുന്നു. ക്വാർട്സ്, ചെർട്ട് കണങ്ങൾ (Chert)അതിസാധാരണം	എല്ലാതരം അവസാദങ്ങളും കാണുന്നു.	ക്ലാസ്റ്റിക് ശില	ചരിവ് കൂടിയ അരുവികൾ പോലുള്ള ഉന്നത ഊർജ്ജപരിതസ്ഥിതിയിലാണ് കൺഗ്ലോമറേറ്റ് രൂപം കൊളളുന്നത്. കൺഗ്ലോമറേറ്റിലെ മണൽതരികളും പെബ്ൾ കഷണങ്ങളും കടൽതീരത്തും കായൽതീരത്തും നദീതീരങ്ങളിലും ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്ക് മുകളിൽ നിറയുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ ഭാരം മൂലം ഈ വലിയ ശിലാകണങ്ങൾ ദൃഢീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ശിലയിലൂടെ അരിച്ചിറങ്ങുന്ന ജലത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്നിരിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങൾകൊണ്ട് കൺഗ്ലോമറേറ്റ് നന്നായി സിമന്റ് ചെയ്യപ്പെടുന്നു.
മണൽക്കല്ല്	ശകലിതശില, തരികൾ വലുതും ഗോളാകാരമുളളതും.	ക്വാർട്സ് തരികൾ	ഫെൽഡ്സ്പാർ, മൈക്ക, ഗ്ലൗക്കോണൈറ്റ്, ഗാർനറ്റ്, റൂടൈൽ, ഇൽമനൈറ്റ്.	ക്ലാസ്റ്റിക് ശില	ക്വാർട്സ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ശിലകൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന ക്വാർട്സ് തരികൾ, നദികൾ തിരമാലകൾ കാറ്റ് എന്നിവയാൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. മുകളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ ഭാരത്താൽ ദൃഢീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

പട്ടിക 2.2: തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക – അവസാദശിലകൾ

അനുബന്ധം II.2

ശില	ടെക്സ്ചർ	അടിസ്ഥാന ധാതുക്കൾ	അനുബന്ധ ധാതുക്കൾ	ഇനം	ഉൽഭവം
ഷെയ്ൽ	ശകലിതം, സൂക്ഷ്മതരികൾ, ലാമിനേഷൻ കാണപ്പെടുന്നു.	ക്ലെ (കളിമൺ തരികളുടെ) വലിപ്പമുള്ള വസ്തുക്കൾ	സൂക്ഷ്മതരികളുള്ള മാട്രിക്സ്	ക്ലാസ്റ്റിക് ശില	ക്ലെ വലിപ്പമുള്ള ശിലാവസ്തുക്കൾ അടിഞ്ഞുകൂടി നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് ദൃഢീകരിച്ച് ഷെയ്ൽ ആയിമാറുന്നു. അയേൺ ഓക്സൈഡ്, കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് തുടങ്ങിയ പദാർത്ഥങ്ങൾ ശിലാതരികളെ ചേർത്തു നിർത്തുന്നു.
ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്	ഇടത്തരവും വലിയതുമായ ശിലാതരികൾ.	കാൽസൈറ്റ് നേർത്ത ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് ഒഴിക്കുമ്പോൾ പതയുന്നു.	ഡോളോമൈറ്റ്	നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് ശില	മിക്ക ചുണ്ണാമ്പുകല്ലും കടൽ ജലത്തിൽ നിന്ന് അവക്ഷിപ്തമായാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. പവിഴപുറ്റുകളുടെ കഷ്ണങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപെട്ടും ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് രൂപം കൊള്ളുന്നു.

പട്ടിക 2.2: തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക – അവസാദശിലകൾ

അനുബന്ധം II .3

ശില	ടെക്സ്ചർ	അടിസ്ഥാന ധാതുക്കൾ	അനുബന്ധ ധാതുക്കൾ	ഇനം	ഉൽഭവം
സ്ലേറ്റ്	മൈക്ക ധാതുക്കളുടെ ആധിക്യം മൂലം തിളങ്ങുന്നു. സൂക്ഷ്മ തരികൾ, ധാതുക്കൾ ഗോചരമല്ല.	ധാതുതരികൾ അതിസൂ ഷ്മങ്ങളായതിനാൽ തിരി ച്ചറിയാൻ കഴിയുന്നില്ല. മൈക്ക, ഗ്രാഫൈറ്റ് തുട ങ്ങിയവ സാധാരണം.	അതിസൂക്ഷ്മതരികൾ, കാണാൻ കഴിയുന്നില്ല.	ഫോളിയേറ്റഡ് ശില	കളിമണ്ണ്, ഷെയ്ൽ തുങ്ങിയ അവ സാദങ്ങൾ താപമർദ്ദ വ്യതിയാന ങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിട്ടാണ് സ്ലേറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഷിസ്റ്റ് ഉണ്ടാകാനാ വശ്യമായതിൽ നിന്നും താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലുമാണ് സ്ലേറ്റ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്.
ഷിസ്റ്റ്	ശിലാതരികൾ ഇടത്തരവും വലുതും.	മസ്കോവൈറ്റ്, ബയോ ടൈറ്റ്, ക്ലോറൈറ്റ്, ടാൽക്ക്, ഗാർനറ്റ്, കയ നൈറ്റ്, സ്റ്റോറലൈറ്റ്	മസ്കോവൈറ്റ്, ഗാർന റ്റ്, ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, ടൂർമ ലൈൻ	ഫോളിയേറ്റഡ് ശില	ക്ലെ, സാൻഡിക്ലെ തുടങ്ങിയവ യിൽ നിന്നുണ്ടായ ഷെയിലിൽ നിന്നാണ് ഷിസ്റ്റ് രൂപം കൊള്ളുന്ന ത്. അഗ്നിപർവ്വതജന്യ ശിലകളിൽ നിന്നും ചിലപ്പോൾ ഷിസ്റ്റ് രൂപം കൊള്ളാറുണ്ട്.
നൈസ്	ഇളം നിറമുള്ള ഫെൽസിക് ധാതുക്കളുടേയും കടും നിറമു ള്ള മാഫിക് ധാതുക്കളുടേയും പാളികൾ ഒന്നിടവിട്ട് കാണു ന്നു. ശിലാതരികൾ വലുതും ഇടത്തരവും.	ഫെൽഡ്സ്പാർ, ക്വാർട്സ്, മൈക്ക, ഫെറൊ- മഗ്നീഷ്യൻ ധാതുക്കൾ	ഹോൺബ്ലെൻഡ്, ഗാർനറ്റ്	ഫോളിയേറ്റഡ് ശില	ഷിസ്റ്റ് എന്ന കായാന്തരിത ശിലയ്ക്ക് ഹൈ ഗ്രേഡ് കായാന്ത രണം സംഭവിച്ചാണ് നൈസ് ഉണ്ടാ കുന്നത്. ആഗ്നേയ ശിലകൾക്ക് (ഗ്രാനൈറ്റ്) കായാന്തരണം നടന്നും ഉണ്ടാകാം. ഉന്നത താപ ത്തിലും മർദ്ദത്തിലുമാണ് നൈസ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

ശില	ടെക്സ്ചർ	അടിസ്ഥാന ധാതുക്കൾ	അനുബന്ധ ധാതുക്കൾ	ഇനം	ഉൽഭവം
മാർബിൾ	ശിലാതരികൾ ഇടത്തരവും വലുതും.	കാൽസൈറ്റ്	ഡോളമൈറ്റ്	ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത ശില	മാർബ്ൾ ഉണ്ടാവുന്നത് ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിന് കായാന്തരണം സംഭവിച്ചാണ്.
ക്വാർട്സൈറ്റ്	ശിലാതരികൾ ഇടത്തരവും വലുതും.	ക്വാർട്സ്	ഫെൽഡ്സ്പാർ	ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത ശില	മണൽക്കല്ലിന് കായാന്തരണം സംഭവിച്ചാണ് ക്വർട്സൈറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നത്.
ചാർണക്കൈറ്റ്	ശിലാതരികൾ വലുത്.	ഹൈപ്പർസ്തീൻ, ഫെൽഡ്സ്പാർ, ക്വാർട്സ്	ഗാർനറ്റ്	ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത ശില	ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ അടങ്ങിയ ആഗ്നേയ ശിലകൾക്ക് കായാന്തരണം സംഭവിച്ച് ധാതുക്കൾക്ക് പുനർക്രിസ്റ്റലൈസേഷൻ സംഭവിച്ചാണ് ചാർണ്ണക്കൈറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

പട്ടിക 2.3: തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക – കായാന്തരിത ശിലകൾ

അനുബന്ധം III

	ധാതുക്കൾ	മാഗ്നറ്റൈറ്റ് $[Fe_3O_4]$	ഹെമറ്റൈറ്റ് $[Fe_2O_3]$	ചാൽക്കോപ്പൈറൈറ്റ് $[CuFeS_2]$	ബോക്സൈറ്റ് $[Al_2O_3\ 2H_2O]$	ഗലീന $[PbS]$	പൈറോലുസൈറ്റ് $[Mn_2O_3 \cdot H_2O]$
ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ	ബാഹ്യരൂപം	അഷ്ടമുഖം/ പിണ്ഡമായ	പീഠാകൃതി/തരികളായി/ദൃഢമായ	പീഠാകൃതി/പിണ്ഡമായ	തരികളായി/ മണ്ണ് പോലെ, ഘനീകൃതമായ	സമചതുരഷഡ്ദുജം (ക്യൂബ്) ഘനീകൃതമായ തരികളായി	ഘനീകൃതമായ തരികളായി വൃത്താകൃതി
	നിറം	ഇരുമ്പിന്റെ കറുപ്പ്	ചാരനിറം/ തവിട്ട് കലർന്ന ചുവപ്പ് നിറം	സ്വർണ്ണനിറം	ചാരവെള്ള നിറം തവിട്ട് കലർന്ന വെളുത്ത നിറം	ഈയ്യത്തിന്റെ നിറം (ചാരനിറം)	ഇരുമ്പിന്റെ കറുപ്പ്
	ധൂളീവർണ്ണം (പൊടിനിറം)	കറുപ്പ്	ചെറി പഴത്തിന്റെ ചുവപ്പ്	പച്ചകലർന്ന കറുപ്പ് നിറം	ചാരവെള്ള നിറം, തവിട്ട് കലർന്ന വെളുത്ത നിറം	ഈയ്യത്തിന്റെ നിറം (ചാരനിറം)	കറുപ്പ്
	തിളക്കം/ദ്യുതി	ലോഹദ്യുതി	ലോഹദ്യുതി	ലോഹദ്യുതി	മങ്ങിയ നിറം / മണ്ണിന്റെ നിറം	ലോഹദ്യുതി	ലോഹദ്യുതി
	പൊട്ടൽ	ക്രമരഹിതം	അർദ്ധവക്രാകൃതി/ ക്രമരഹിതം	ക്രമരഹിതം	അർദ്ധവക്രാകൃതി	ക്രമമായി/അർദ്ധവക്രാകൃതി	ക്രമരഹിതം
	വിദളനം	അവ്യക്തം	അവ്യക്തം	അവ്യക്തം	കാണപ്പെടുന്നില്ല	കൃത്യമായ സമഷഡ്ദുജ ആകൃതി	കാണപ്പെടുന്നില്ല
	കാഠിന്യം	6	5.5 - 6.5	3.5 - 4	2	2.5	2 - 2.5
	ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത	5.1	5.2	4.2	2.5	7.5	4.8

പട്ടിക 3.1: അയിര് ധാതുക്കളുടെ തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക

അനുബന്ധം III

	ധാതുക്കൾ	ആസ്ബസ്റ്റോസ് ക്രിസോട്ടൈൽ $[Mg(Si_4O_{10})\ (OH)_8]$	ജിപ്സം $[CaSo_42H_2O]$	ബാറൈറ്റ് $[BaSO_4]$	ഗ്രാഫൈറ്റ് [C]	ക്ലെ (കളിമണ്ണ്) (കയോലിൻ) $[(Al_4SI_4O_{10})\ (OH)_8]$	മാഗ്നസൈറ്റ് $[Mg\ CO_3]$
ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ	**ബാഹ്യരൂപം**	നാര് രൂപം	പീഠാകൃതി സ്തൂപാകൃതി	സാധാരണയായി പീഠാകൃതി അല്ലെങ്കിൽ ബ്ലെയ്ഡ് പോലെ	പിണ്ഡമായ അടരുകളായി	പിണ്ഡമായ	പിണ്ഡമായ ദൃഢമായി
	നിറം	വെളുത്ത നിറവും പച്ചനിറവും കലർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു	നിറമില്ലാതെ അല്ലെങ്കിൽ വെളുപ്പ് നിറത്തിൽ	വെളുപ്പ് അല്ലെങ്കിൽ ചാര നിറത്തിൽ	കറുപ്പ്	വെളുപ്പ്	വെളുപ്പ്, ചാരനിറം, മഞ്ഞനിറം അല്ലെങ്കിൽ തവിട്ട് നിറം
	ധൂളീവർണ്ണം (പൊടിനിറം)	വെളുത്ത നിറം	വെളുത്ത നിറം	വെളുത്ത നിറം	ചാര നിറം	വെളുപ്പ്	വെളുപ്പ്
	തിളക്കം/ദ്യുതി	പട്ടുപോലെ ഗ്രീസുപോലെ മണ്ണ് പോലെ	സ്ഫടികം പോലെ പവിഴം പോലെ മങ്ങിയ നിറത്തിൽ	സ്ഫടികം പോലെ പവിഴം മങ്ങിയ നിറത്തിൽ	ലോഹദ്യുതി	മണ്ണ് പോലെ	സ്ഫടികം പോലെ അർദ്ധ സ്ഫടികം പോലെ മണ്ണ് പോലെ
	പൊട്ടൽ	തൂവൽ അടുക്കുപോലെ	ചക്രാകൃതിയിൽ	ക്രമരഹിതം	ക്രമമായി	ക്രമമായി	വക്രാകൃതിയിൽ
	വിദളനം	വ്യക്തം	വ്യക്തം	ഒരു ദിശയിൽ വ്യക്തമായി കാണപ്പെടുന്നു	വ്യക്തം	വ്യക്തം	വ്യക്തം
	കാഠിന്യം	2-5 സാധാരണയായി	2	3-3.5	1	2-2.5	3.5-5
	ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത	2.2	2.32	4.5	2.2	2.6-2.65	3.0-3.2

പട്ടിക 3.2: വ്യാവസായിക ധാതുക്കളുടെ തിരിച്ചറിയൽ പട്ടിക

പദാവലി

Absolute dating	:	കേവല കാലഗണന
Acid mine Drainage	:	ഖനികളിൽ നിന്നുള്ള അമ്ലജല ഒഴുക്ക്
Aftershock	:	തുടർചലനങ്ങൾ
Air pollution	:	വായു മലിനീകരണം
Amplitude	:	ആയതി, ഉച്ചത
Anaerobic	:	അവായുവിക
Angular unconformity	:	കോണീയ അനനുരൂപത,
Anthropogenic	:	മനുഷ്യ ഹേതുവായ, നരവംശപ്രേരിതം
Anthrosphere	:	മനുഷ്യമണ്ഡലം, നരവംശമണ്ഡലം
Anticline	:	ആന്റിക്ലൈൻ, അവനതി
Asphalt	:	താർമഷി, ആസ്ഫാൾട്ട്
Asymmetrical fold	:	അസമപാക്ഷിക വലനം, അസിമട്രിക്കൽ ഫോൾഡ്
Atomic number	:	അണ്വാങ്കം
Attitude	:	ശിലാസ്ഥിതി
Avalanche	:	ഹിമാനീയ പാതം, ഹിമപാതം, അവലാഞ്ചെ
Axial plane	:	അക്ഷീയതലം
Banded structure	:	നാടഘടന
Basin	:	അർദ്ധഗോളാകാര നിമ്നതടം, ബേസിൻ
Beach nourishment	:	ബീച്ച് പരിപോഷണം
Bedding	:	പാളിവൽക്കരണം, ശിലാ അടുക്കുകൾ
Bedding plane	:	ശിലാസ്തരതലം, അടുക്കുതലം
Bio - chemical sedimentary deposit-	:	ജൈവ-രാസിക അവസാദ നിക്ഷേപം
Bio diversity	:	ജൈവ വൈവിധ്യം
Block mountain	:	ഖണ്ഡപർവ്വതം
Body wave	:	അന്തർ തരംഗം
Breakwater	:	ഉൾക്കടൽ ഭിത്തി
Brittle	:	പൊട്ടൽ സ്വഭാവമുള്ള
Brittle deformation	:	പൊട്ടൽ രൂപമാറ്റം

Buoyancy	:	പ്ലവനത, പ്ലവനത്വം, പ്ലവന ശേഷി
Buttress	:	തിണ്ണ
Cap rock	:	ആവരണശില
Capacity	:	പ്രാപ്തി, കൈകാര്യക്ഷമത
Capillary pressure	:	സൂക്ഷ്മനാളി മർദ്ദം, കേശികമർദ്ദം
Carbonisation	:	കാർബണീകരണം
Cast	:	ഫോസിൽ പ്രതിമ
Chemical composition	:	രാസ സംഗ്രഥനം, രാസഘടന, രാസസംയോജനം, രാസ ചേരുവ
Chemical sedimentary deposit	:	രാസീയ അവസാദ നിക്ഷേപം
Chronostratigraphic units	:	കാലദൈർഘ്യ സ്തര യൂണിറ്റുകൾ
Clast	:	ക്ലാസ്റ്റ്, ശിലാശകലം
Clastic	:	ക്ലാസ്റ്റിക്, ശകലീയ
Clastic rock	:	ക്ലാസ്റ്റിക് ശില, ശകലീയ ശില, ശകലിത ശില
Coal seams	:	കൽക്കരി അട്ടികൾ
Coalification	:	കൽക്കരീകരണം, കോലിഫിക്കേഷൻ
Collision boundary	:	സംഘട്ടന സീമ
Columnar joint	:	സ്തൂപീയ സന്ധി
Compaction	:	ദൃഢീകരണം
Complex ore	:	ബഹുലോഹ അയിര്
Compression	:	ചുരുങ്ങൽ, സങ്കോചം, സമ്മർദ്ദം
Compressional stress	:	സങ്കോച ബലം, സമ്മർദ ബലം
Compressional wave	:	സമ്മർദ തരംഗം
Confining stress	:	സന്തുലിത സമ്മർദ്ദബലം
Conservation	:	സംരക്ഷണം, പരിരക്ഷണം
Construction materials	-:	നിർമ്മാണ വസ്തുക്കൾ
Contact metamorphism	:	സമ്പർക്ക കായാന്തരണം
Contact Metasomatic deposit	:	കോണ്ടാക്ട് മെറ്റാസൊമാറ്റിക് നിക്ഷേപം
Converging boundary	:	സംയോജന സീമ
Coprolite	:	ഫോസിലീകൃത വിസർജ്യം

Correlation	:	ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ
Country rock	:	തദ്ദേശശില
Crest	:	മടക്ക് ശീർഷം
Cross - cutting relationship	:	ഭേദക ബന്ധം, ക്രോസ് -കട്ടിംഗ് ബന്ധം
Crude oil	:	അസംസ്കൃത എണ്ണ
Cryosphere	:	അതിശൈത്യമണ്ഡലം
Cyclone	:	ചുഴലിക്കാറ്റ്
Debris	:	ശിലാകഷണം, പാറക്കഷണം
Deep focus	:	അഗാധ ഉത്ഭവകേന്ദ്രം
Deforestation	:	വനനശീകരണം
Deformation	:	രൂപമാറ്റം, വിരൂപണം
Differential stress	:	വിഭിന്നദിശീയ സമ്മർദ ബലം, വ്യതിരിക്ത ബലം
Dykes	:	ചിറകൾ, ഡൈക്ക്
Dip	:	ചായ്വ്, ചായ്മാനം, ഡിപ്
Directed pressure	:	സദിശീയ മർദ്ദം
Disaster	:	ദുരന്തം
Disaster management	:	ദുരന്ത നിവാരണം
Distillation	:	സ്വേദനം
Diverging boundary	:	വിയോജന സീമ
Dome	:	അർദ്ധഗോളാകാര ഉന്നതി, ഡോം, താഴികക്കുടം
Dormant volcano	:	നിഷ്ക്രിയ അഗ്നിപർവ്വതം
Drift theory	:	ഒഴുകിവരൽ സിദ്ധാന്തം
Ductile deformation	:	വഴങ്ങൽ വിരൂപണം, വഴങ്ങൽ രൂപമാറ്റം
Dynamic metamorphism	:	ബലകൃത കായാന്തരണം
Earth system	:	ഭൗമ വ്യവസ്ഥ
Earthquake	:	ഭൂകമ്പം
Earthquake risk	:	ഭൂകമ്പ പ്രതീക്ഷിത നഷ്ടം
Economic geology	:	സാമ്പത്തിക ഭൂവിജ്ഞാനീയം
Ecosystem	:	ആവാസ വ്യവസ്ഥ
Elastic deformation	:	ഇലാസ്തിക രൂപമാറ്റം

Elastic rebound	:	ഇലാസ്തിക ഉത്പതനം
Emergency	:	അത്യാഹിതം
Environment	:	പരിസ്ഥിതി
Environmental geologist	:	പരിസ്ഥിതി ഭൂവൈജ്ഞാനി
Environmental impact	:	പാരിസ്ഥിതിക ആഘാതം
Eon	:	മഹാകല്പം
Eonothem	:	ഇയോണോതെം
Epicentre	:	ഉപരികേന്ദ്രം, ഉപകേന്ദ്രം
Epigenetic deposit	:	ശിലാരൂപീകരണത്തിനു ശേഷം രൂപം കൊള്ളുന്ന നിക്ഷേപം
Epoch	:	യുഗം
Era	:	കല്പം
Estuary	:	അഴിമുഖം
Evacuation	:	ഒഴിപ്പിക്കൽ
Evaporite deposit	:	ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപം
Exponential rate	:	ലഘുജീജക നിരക്ക്
Extinct volcano	:	നിർജീവ അഗ്നിപർവ്വതം
Extrusive	:	ബാഹ്യജാത
Fault	:	ഭ്രംശനം, ഭ്രംശം
Fault breccia	:	ഭ്രംശ ബ്രച്ചിയ
Fault gouge	:	ഭ്രംശ ഗൗജ്
Fault plane	:	ഭ്രംശന തലം
Fault zone	:	ഭ്രംശ മേഖല
Faulting	:	ഭ്രംശന പ്രക്രിയ
Faunal succession	:	പ്രാണിജാല ശ്രേണി
Fertilizer	:	വളം
Fixed carbon	:	നിശ്ചിത കാർബൺ

Flood	:	പ്രളയം, വെള്ളപ്പൊക്കം
Fluid factor	:	ദ്രവ ഘടകം
Focus	:	ഫോക്കസ്, ഉത്ഭവകേന്ദ്രം, പ്രഭവ കേന്ദ്രം, ഭൂകമ്പ നാഭി, അധികേന്ദ്രം
Fold	:	മടക്ക്/ വലനം
Fold axis	:	ഫോൾഡ് അക്ഷം, വലന അക്ഷം
Foliated rock	:	പാളീയശില
Foliation	:	പാളീയത, പാളികത, ഫോളിയേഷൻ
Foot wall	:	പാദഭിത്തി
Foreshocks	:	മുന്നാഘാതങ്ങൾ
Formation	:	ഫോർമേഷൻ
Fossil	:	ഫോസിൽ, അശ്മകം
Fossil fuels	:	ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ
Fossilisation	:	ഫോസിലീകരണം
Fractional crystallisation	:	അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണം, അംശിക പരലീകരണം
Fracture	:	പൊട്ടൽ, വിള്ളൽ
Frequency	:	ആവൃത്തി
Frothy	:	സുഷിരമയ
Fuel ratio	:	ഇന്ധനാനുപാത സംഖ്യ
Gangue	:	മാലിന്യം, ഗാങ്ങ്
Geochronologic units	:	ഭൗമ കാലഗണന ഏകകങ്ങൾ
Geologic clocks	:	ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടികാരം
Geologic dating	:	ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഗണന
Geologic hazards	:	ഭൗമ വിപത്തുകൾ
Geologic time	:	ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം
Geologic time scale	:	ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം
Geological feature	:	ഭൗമ സവിശേഷരൂപം
Geometric rate	:	ക്ഷേത്രഗണിത നിരക്ക്
Glacier calving	:	ഹിമപതനം
Global warming	:	ആഗോളതാപനം
Graben	:	ഗ്രാബെൻ

Grade of ore	:	അയിരിന്റെ ഗുണനിലവാരം /അയിരിന്റെ ഗുണമേന്മ
Green house effect	:	ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം
Groins	:	പുലിമുട്ട്, ഗ്രോയിൻ
Ground motion	:	ഭൂതല ചലനം
Ground rupture	:	ഭൂതല പിളർപ്പ്
Ground shaking	:	ഭൂതല കുലുക്കം, ഭൂതല വിറയ്ക്കൽ
Ground water contamination	:	ഭൂജല മലിനീകരണം
Guide fossils	:	സൂചക ഫോസിലുകൾ
Half life	:	അർദ്ധായുസ്സ്
Hanging wall	:	തൂക്കുഭിത്തി
Hazards	:	വിപത്തുകൾ
Hiatus	:	ഹിയാറ്റസ് (വിടവ്)
Hinge	:	വിജാഗിരി, ഹിഞ്ച്
Hinge line	:	ഹിഞ്ച്രേഖ
Historical geology	:	ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയം
Horizontal	:	തീരശ്ചീന
Horst	:	ഹോസ്റ്റ്
Humid	:	ആർദ്രമായ
Hydrothermal deposit	:	താപീയജല നിക്ഷേപം
Hydrothermal solution	:	താപീയജല ലായനി
Hypocenter	:	പ്രഭവ കേന്ദ്രം
Igneous intrusion	:	തിക്കികയറിയ ആഗ്നേയരൂപം
Igneous rocks	:	ആഗ്നേയശിലകൾ
Impressions	:	മുദ്രണങ്ങൾ
Inclusion	:	ഉൾച്ചേർക്കൽ
Index fossil	:	സൂചക ഫോസിൽ
Inert gas	:	നിഷ്ക്രിയ വാതകം
Inertia	:	നിശ്ചലത, ജഡത്വം
In-situ theory	:	തനതു സ്ഥാന സിദ്ധാന്തം
Interface	:	സമ്പർക്ക മുഖം
Intermediate focus	:	മധ്യമആഴ ഉത്ഭവകേന്ദ്രം, ഇടത്തരം ആഴത്തിലുള്ള ഉത്ഭവ കേന്ദ്രം
Intraplate	:	അന്തർഫലക, ഫലകാന്തർഭാഗ

Intrusive	:	അന്തർജാത
Irrigation	:	ജലസേചനം
Isoclinal fold	:	ഐസോക്ലൈനൽ ഫോൾഡ്
Isotope	:	ഐസൊടോപ്പ്
Jetty	:	തുറമുഖ ജെട്ടി
Joint	:	ശിലാസന്ധി, ജോയിന്റ്
Joint set	:	ശിലാസന്ധി സഞ്ചയം, ജോയിന്റ് കൂട്ടം
Lamina	:	ലാമിന, കനം കുറഞ്ഞ ശിലാടുക്ക്
Landscape	:	ഭൂപ്രകൃതി, ഭൂപ്രദേശം, ഭൂദൃശ്യം
Landslide	:	ഉരുൾപൊട്ടൽ
Lateral	:	പാർശ്വദിശയിൽ, പാർശ്വസ്ഥമായി, തിരശ്ചീന തലത്തിൽ
Laterite	:	വെട്ടുകല്ല്, ചെങ്കല്ല്
Limb or flank	:	പാർശ്വഭാഗം
Limestone	:	ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്
Linear	:	രേഖീയം
Lineation	:	രേഖീയത, രേഖീയരൂപം
Liquefaction	:	ദ്രവീകരണം
Lithification	:	ശിലാവൽക്കരണം
Lithostatic pressure	:	ശിലാസ്ഥിതിക മർദ്ദം
Lithostratigraphic units	:	ശിലാസ്തര ഏകകങ്ങൾ
Longitudinal wave	:	അനുദൈർഘ്യതരംഗം
Magma	:	ശിലാദ്രവം
Magmatic deposit	:	മാഗ്മാറ്റിക് നിക്ഷേപം
Magmatic dissemination	:	മാഗ്മാറ്റിക് ഡിസെമിനേഷൻ
Magmatic intrusion	:	മാഗ്മ തിക്കി കയറിയുണ്ടാകുന്ന രൂപം
Mass movement	:	ഭൂദ്രവ്യചലനം
Metallic mineral	:	ലോഹധാതു

Metamorphic deposit	:	കായാന്തരിത നിക്ഷേപം
Metamorphic rocks	:	കായന്തരിത ശിലകൾ
Metamorphism	:	കായാന്തരണം
Microseisms	:	സൂക്ഷ്മ ഭൂചലന തരംഗങ്ങൾ
Migration	:	പലായനം, സഞ്ചാരം, മൈഗ്രേഷൻ
Mineral	:	ധാതു /ഖനിജം
Mineral based industry	:	ധാതു അധിഷ്ഠിത വ്യവസായം
Mineral deposit	:	ധാതു നിക്ഷേപം
Mining	:	ഖനനം
Mitigation	:	ലഘൂകരണം
Mould	:	ഫോസിൽ അച്ച്, മൗൾഡ്
Native element	:	സ്വതന്ത്ര മൂലകം
Natural gas	:	പ്രകൃതി വാതകം
Natural hazard	:	പ്രകൃതിക്ഷോഭം
Noise pollution	:	ശബ്ദ മലിനീകരണം
Non- renewable	:	പുനരുത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയാത്ത
Non-clastic	:	നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക്, അശകലീയ
Nonconformity	:	വിഭിന്ന ശിലാ അനനുരൂപത
Non-tectonic	:	നോൺ-ടെക്റ്റോണിക്, വിവർത്തനികേതര
Normal fault	:	സാധാരണ ഭ്രംശം, നേർഭ്രംശം
Offshore oil field	:	പുറംകടൽ എണ്ണപാടം
Oil	:	എണ്ണ
Oil fields	:	എണ്ണപ്പാടങ്ങൾ
Oil pools	:	എണ്ണക്കുളം, എണ്ണതടാകം
Oil seepage	:	ഓയിൽ ഉറവ, എണ്ണയുടെ ഊറൽ
Oil shale	:	ഓയിൽ ഷെയ്ൽ
Oil trap	:	എണ്ണക്കുടുക്ക്, എണ്ണക്കെണി, എണ്ണക്കുരുക്ക്, ഓയിൽ ട്രാപ്പ്
Onshore oil field	:	തീരസ്ഥ എണ്ണപ്പാടം
Ore	:	അയിര്

Ore deposit	:	അയിര് നിക്ഷേപം
Orientation	:	വിന്യാസം
Original horizontality	:	ഉത്ഭവ തിരശ്ചീനത
Outcrop	:	ഔട്ട് ക്രോപ്, ബാഹ്യദൃശ്യം,
Overexploitation	:	അമിത ചൂഷണം
Overturned fold	:	ഓവർടേൺഡ് ഫോൾഡ്
Palaeontology	:	പുരാജൈവശാസ്ത്രം, പാലിയന്റോളജി
Parallel unconformity	:	സമാന്തര അനനുരൂപത
Parent rock	:	മാതൃശില
Pegmatite deposit	:	പെഗ്മറ്റൈറ്റ് നിക്ഷേപം
Period	:	മഹായുഗം
Permeability	:	കടത്തിവിടൽ ശേഷി
Permeable	:	കടത്തിവിടുന്ന
Permineralisation	:	ധാതുപുഷ്ടീകരണം
Petroleum	:	പെട്രോളിയം, ശിലാതൈലം
Petrology	:	ശിലാവിജ്ഞാനീയം
Placer deposit	:	പ്ലെയ്സർ നിക്ഷേപം
Planar	:	പാളികം, നിരപ്പ് തലം
Plate boundary	:	ഫലകാതിർത്തി, ഫലക സീമ
Plate tectonics	:	ഫലക വിവർത്തനികം, പ്ലേറ്റ് ടെക്റ്റോണിക്സ്
Plunge	:	പ്ലഞ്ച്
Plutonic rock	:	അന്തർജാതശില, പാതാളശില, പ്ലൂട്ടോണിക് ശില
Pollutant	:	മലിനീകാരി
Pollution	:	മലിനീകരണം
Porosity	:	സുഷിരത
Prediction	:	പ്രവചനം
Preparedness	:	തയ്യാറെടുക്കൽ, മുന്നൊരുക്കം
Pressure factor	:	മർദ്ദ ഘടകം
Prevention	:	പ്രതിരോധം, തടയൽ

Primary wave	:	പ്രാഥമിക തരംഗം
Protolith	:	പൂർവ്വശില
Quarry	:	പാറമട, ക്വാറി
Quarrying	:	പാറഖനനം, ഉപരിതലഖനനം
Radioactive decay	:	റേഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണം
Radiometric dating	:	റോഡിയോ മെട്രിക് കാലഗണന
Raindrop marks	:	മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ
Rainforest	:	മഴക്കാട്
Reaction series	:	ക്രിയാശീലശ്രേണി
Recharge	:	പരിപോഷണം
Recovery	:	വീണ്ടെടുപ്പ്
Recrystallisation	:	പുനഃക്രിസ്റ്റലീകരണം
Recumbent fold	:	റെകംബന്റ് ഫോൾഡ്
Recycling	:	പുനഃചംക്രമണം, റീസൈക്ലിംഗ്
Regional metamorphism	:	മേഖലാതല കായാന്തരണം
Relative dating	:	ആപേക്ഷിക കാലഗണന
Renewable	:	പുനരുത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന
Replacement	:	പകരംവയ്ക്കൽ
Rescue	:	രക്ഷപ്പെടുത്തൽ
Reservoir	:	സംഭരണി, ജലാശയം
Reservoir rock	:	സംഭരണശില, ശേഖരണശില,
Residual deposit	:	അവക്ഷിപ്ത നിക്ഷേപം, അവശിഷ്ട നിക്ഷേപം
Resonance	:	അനുരണനം
Resource	:	വിഭവം
Response	:	പ്രതികരണം
Reverse fault	:	പ്രതിഭ്രംശം, എതിർഭ്രംശം
Rigidity	:	ദൃഢീയത
Ripple marks	:	ഓളപ്പാടുകൾ
Risk	:	പ്രതീക്ഷിത നഷ്ടം/ നഷ്ട സാധ്യത

Rock cycle	:	ശിലാചക്രം
Rock deformation	:	ശിലാവിരൂപണം, ശിലാ രൂപമാറ്റം
Rock fall	:	ശിലാപതനം
Rocks	:	ശിലകൾ
Rounding	:	ഗോളാകാരം
Rupture	:	പൊട്ടൽ, വിള്ളൽ
Salinity	:	ലവണത്വം
Salt plug trap	:	ഉപ്പ് കീലകക്കുരുക്ക്
Salt water intrusion	:	ലവണ ജല അധിനിവേശം, ഓരു വെള്ളം കയറൽ
Sand mining	:	മണൽ ഖനനം
Sandstone	:	മണൽക്കല്ല്
Sea quake	:	കടൽ കമ്പനം
Seawall	:	കടൽഭിത്തി
Secondary wave	:	ദ്വിതീയ തരംഗം
Sedimentary deposit	:	അവസാദ നിക്ഷേപം
Sedimentary rocks	:	അവസാദശിലകൾ
Seismic belt	:	ഭൂകമ്പ മേഖല
Seismicity	:	ഭൂകമ്പ പ്രവർത്തനം
Seismogram	:	സീസ്മോഗ്രാം, ഭൂകമ്പാഭിലേഖം
Seismograph	:	സീസ്മോഗ്രാഫ്, ഭൂകമ്പ മാപിനി, ഭൂകമ്പലേഖി
Seismologist	:	ഭൂകമ്പ വിജ്ഞാനീയൻ
Seismology	:	ഭൂകമ്പ ശാസ്ത്രം, ഭൂകമ്പ വിജ്ഞാനീയം
Seismometer	:	ഭൂകമ്പമാപിനി
Shallow focus	:	ആഴം കുറഞ്ഞ ഉത്ഭവകേന്ദ്രം
Shear	:	ഛേദകബലം
Shear boundary	:	ഛേദക സീമ
Shear stress	:	ഛേദക ബലം
Shear wave	:	അനുരൂപണതരംഗം
Sheet joint	:	പാളികാസന്ധി, ഷീറ്റ് ജോയിന്റ്

Shear Zone	:	ഭ്രംശമേഖല
Simple ore	:	ഏകലോഹ അയിര്
Slump	:	ഇടിഞ്ഞുവീഴൽ
Sorting	:	തരംതിരിവ്
Source rock	:	ഉറവിടശില, ഉൽഭവശില
Storm surge	:	കൊടുങ്കാറ്റ് വഴിയുണ്ടാകുന്ന കടൽക്ഷോഭം
Storm waves	:	ചുഴലിക്കാറ്റ് വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന തിരമാല
Strain	:	സമ്മർദ്ദഫലം
Strata	:	ശിലാപാളി
Stratification	:	ശിലാസ്തരീകരണം
Stratigraphic column	:	ശിലാസ്തര അട്ടികൾ
Stratigraphy	:	സ്തരവിജ്ഞാനീയം
Stratum	:	ശിലാസ്തരം
Streambed	:	നദീ അടിത്തട്ട്
Stress	:	സമ്മർദ്ദബലം/പ്രതിബലം
Strike	:	തിരശ്ചീന പ്രതലരേഖ, സ്ട്രൈക്ക്
Strike -slip fault	:	സ്ട്രൈക്ക് -സ്ലിപ് ഫോൾട്ട്
Subsidence	:	ഇടിഞ്ഞുതാഴൽ, സബ്സിഡൻസ്
Substitution		പകരം ഉപയോഗിക്കൽ, ബദൽ ഉപയോഗിക്കൽ
Supereon	:	അതിമഹാകല്പം
Superposition	:	പഴയതിന് മേൽ പുതിയത്, സൂപ്പർ പൊസിഷൻ
Surface wave	:	ഉപരിതല തരംഗം
Sustainable development	:	സുസ്ഥിര വികസനം
Symmetrical fold	:	സിമട്രിക്കൽ ഫോൾഡ്
Syncline	:	സിൻക്ലൈൻ
Syngenetic deposit	:	ശിലാരൂപീകരണ സമയത്ത് രൂപം കൊള്ളുന്ന നിക്ഷേപം

Tarsand	:	ടാർമണൽ
Technosphere	:	സാങ്കേതിക മണ്ഡലം
Tectonic	:	വിവർത്തനിക, ടെക്റ്റോണിക്
Tension	:	വലിവുബലം
Texture	:	ഘടകഗുണച്ചേർച്ച
Thrust fault	:	അതിസമ്മർദ്ദ ഭ്രംശം, തള്ളൽ ഭ്രംശം
Toe	:	ചരിവ് തലങ്ങളുടെ പാദം
Tracefossil	:	ചലനരേഖാ ഫോസിൽ
Transform fault	:	രൂപാന്തര ഭ്രംശം
Transverse wave	:	അനുപ്രസ്ഥ തരംഗം
Trough	:	മടക്കിന്റെ നിമ്നതടം
Tunnel	:	തുരങ്കം
Type locality	:	മാതൃകാ പ്രദേശം
Unconformity	:	അനനുരൂപത, വിരാമം
Uniformitarianism	:	ഏകരൂപതാതത്വം, യൂണിഫോമിറ്റാരിയാനിസം
Uplift	:	ഉത്ഥാനം, ഉയർത്തൽ
Vegetable matter	:	സസ്യപദാർത്ഥം
Vein deposit	:	സിരാനിക്ഷേപം, ധാതു സിരാനിക്ഷേപം
Vertical	:	ലംബമായ, ലംബദിശീയ
Vesicular	:	സുഷിരമയ
Vibration	:	കമ്പനം, ആന്ദോളനം
Volatile matter	:	ബാഷ്പശീലമുള്ള വസ്തുക്കൾ
Volcanic eruption	:	അഗ്നിപർവ്വത ഉൽസർജനം
Volcanic rock	:	ബാഹ്യജാതശില, വോൾക്കാനിക് ശില
Volcanoe	:	അഗ്നിപർവ്വതം
Vulnerabilitly	:	ദുരന്ത സാധ്യതാ വ്യാപ്തി/ ആഘാത സാധ്യത
Warning	:	മുന്നറിയിപ്പ്
Waste disposal	:	മാലിന്യ നിർമ്മാർജ്ജനം
Water pollution	:	ജലമലിനീകരണം

References

(1). Loren A. Raymond :

Petrology: The Study of Igneous, Sedimentary and Metamorphic Rocks-Paperback : McGraw-Hill (2002)

(2). Harvey Blatt, Robert Tracy, Brent Owens :

Petrology: Igneous, Sedimentary, and Metamorphic : W. H. Freeman, (2006)

(3). Myron G. Best :

Igneous and Metamorphic Petrology ; John Wiley & Sons, (2013)

(4). Walter L. Pohl:

Economic Geology: Principles and Practice; Wiley, (2011)

(5). Laurence Robb:

Introduction to Ore-Forming Processes ; John Wiley & Sons, (2013)

(6). M. Kužvart:

Industrial Minerals and Rocks; Developments in Economic Geology Series , Elsevier (1984)

(7). Seth Stein and Michael Wysession:

An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure; Blackwell Publishing, (2003)

(8). Peter Shearer:

Introduction to Seismology (Paperback): Cambridge University Press (1999)

(9). Edward A. Keller:

Environmental Geology (9th Edition) -Hardcover ; Prentice Hall (2010)

(10). George Bennison and Keith Moseley :

An Introduction to Geological Structures and Maps; Hodder Education(2003).

(11). V. Radhakrishnan :

General Geology ; V.V.P. Publishers, Tuticorin (1987).

(12). Arthur Holmes:

Principles Physical Geology : ELBS, (1978).

(13). G. W. Tyrell :

The Principles of Petrology ; Asia Publishing House ,(1960).

(14). M. P. Billings :

Structural Geology ; Prentice Hall, (1977).

(15). Lemon R.Y:

Principles of Stratigraphy ; Merrill Publishing Co, (1990).

(16). Emiliani, C:

Planet Earth, Cosmology, Geology and the Evolution of Life and Environment. Cambridge University Press (1992).

(17). F. G. Bell:

Environmental Geology: Principles and Practice (Paperback); Wiley-Blackwell; 1 edition , (1998)

(18). Maurice E. Tucker:

Sedimentary Rocks in the Field: A Practical Guide, 4th Edition; Wiley (2011)

(19). Leverson. A.I

Geology of Petroleum (2nd edition)

C.B.S. Publishers & Distributors, New Delhi- 11002

(20). Morrison:

Dictionary of Geology

C.B.S. Publishers & Distributors, New Delhi- 11002