इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
विज्ञान विद्यापीठ

BGYCT – 131
भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

संरचनात्मक भूविज्ञान

3

"शिक्षा मानव को बन्धनों से मुक्त करती है और आज के युग में तो यह लोकतंत्र की भावना का आधार भी है। जन्म तथा अन्य कारणों से उत्पन्न जाति एवं वर्गगत विषमताओं को दूर करते हुए मनुष्य को इन सबसे ऊपर उठाती है।"

– इन्दिरा गांधी

ignou
THE PEOPLE'S
UNIVERSITY

"Education is a liberating force, and in our age it is also a democratising force, cutting across the barriers of caste and class, smoothing out inequalities imposed by birth and other circumstances."

– Indira Gandhi

इंदिरा गांधी
राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
विज्ञान विद्यापीठ

BGYCT-131
भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

खण्ड

3

संरचनात्मक भूविज्ञान

इकाई 9
संरचनात्मक भूविज्ञान - एक परिचय 7

इकाई 10
वलन 29

इकाई 11
भ्रंश 52

इकाई 12
संधि और विषमविन्यास 69

इकाई 13
क्षेत्र भूविज्ञान 90

शब्द संग्रह 119

पाठ्यक्रम अभिकल्प समिति

प्रो. विजयश्री
भूतपूर्व निदेशक
विज्ञान विद्यापीठ
इग्नू, नई दिल्ली

प्रो. वी. के. वर्मा (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

प्रो. प्रमेन्द्र देव (से. नि.)
भूविज्ञान अध्ययनशाला
विक्रम विश्वविद्यालय
उज्जैन, म.प्र.

प्रो. पी. मधुसूदन रेड्डी (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
डॉ. बी. आर. अम्बेडकर मुक्त वि.वि.
हैदराबाद, आंध्र प्रदेश

प्रो. एल. एस. चामयाल
भूविज्ञान विभाग
म. स. गा. बड़ौदा विश्वविद्यालय
वडोदरा, गुजरात

(स्व.) प्रो. जी. वल्लिनायगम
भूविज्ञान विभाग
कुरुक्षेत्र विश्वविद्यालय
कुरुक्षेत्र, हरियाणा

प्रो. दीपक सी. श्रीवास्तव
पृथ्वी विज्ञान विभाग
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान रूड़की
रूड़की, उत्तराखंड

प्रो. जे. पी. श्रीवास्तव
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

प्रो. एच. बी. श्रीवास्तव
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
काशी हिन्दू विश्वविद्यालय
वाराणसी, उ.प्र.

प्रो. एम. ए. मलिक (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
जम्मू विश्वविद्यालय, जम्मू
जम्मू एवं कश्मीर

प्रो. एस. जे. सांगोड़े
भूविज्ञान विभाग
सावित्रीबाई फुले पुणे विवि
पुणे, महाराष्ट्र

प्रो. अरूण कुमार
पृथ्वी विज्ञान विभाग
मणिपुर विश्वविद्यालय
इम्फाल, मणिपुर

प्रो. (श्रीमती) मधुमिता दास
भूविज्ञान विभाग
उत्कल विश्वविद्यालय
भुवनेश्वर, ओडिशा

प्रो. के. आर. हरि
भूविज्ञान एवं जल संसाधन
प्रबंधन अध्ययनशाला
पं. रविशंकर शुक्ल विश्वविद्यालय
रायपुर, छत्तीसगढ़

डॉ. के. अन्नबरसु
भूविज्ञान विभाग
नेशनल कॉलेज
तिरूचिरापल्ली, तमिलनाडु

भूविज्ञान विषय संकाय सदस्य
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू

डा. मीनल मिश्रा

डॉ. बेनीधर देशमुख

डॉ. काकोली गोगोई

डॉ. एम. प्रशांथ

डॉ. ओमकार वर्मा

खंड निर्माण दल

विषयवस्तु लेखन

प्रो. एच. बी. श्रीवास्तव (इकाई 9)
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
काशी हिन्दू विश्वविद्यालय, वाराणसी, उ.प्र.

प्रो. वैभव श्रीवास्तव (इकाई 10, 11, 12)
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
काशी हिन्दू विश्वविद्यालय, वाराणसी, उ.प्र.

डॉ. ओमकार वर्मा (इकाई 13)
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू, नई दिल्ली

विषयवस्तु संपादक

प्रो. वी. के. वर्मा (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

अनुवाद

डॉ. आर. ए. सिह (इकाई 9, 10, 11 व 12)
भूविज्ञान विभाग, एल.एस.एम.राज.
स्नातकोतर महाविद्यालय
पिथौरागढ, उत्तराखंड

प्रो. सीताराम सिंह (इकाई 13)
देवघर महाविद्यालय, देवघर
झारखंड

पुनरीक्षण : डॉ. मीनल मिश्रा

पाठ्यक्रम समन्वयक : डॉ. मीनल मिश्रा एवं डॉ. बेनीधर देशमुख

श्रव्य दृश्य सामग्री

डॉ. अमितोष दुबे
निर्माता, संचार केन्द्र, इग्नू

डॉ. मीनल मिश्रा एवं डॉ. बेनीधर देशमुख
विषयवस्तु समन्वयक

मुद्रण निर्माण

श्री सुनील कुमार
सहायक कुलसचिव (प्रकाशन), विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू, नई दिल्ली

आभार : आवरण पृष्ठ की अभिकल्पना हेतु डॉ. काकोली गोगोई एवं टंकन वआलेखी कार्य हेतु श्रीमती सविता शर्मा

अगस्त, 2019

© इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, 2019

ISBN: 978-93-89668-17-9

अस्वीकरण : विभिन्न स्रोतों से लिए गए चित्र या अन्य संसाधन शैक्षणिक उद्देश्य के लिए है ना कि किसी व्यावसायिक उद्देश्य हेतु और उनके कॉपीराइट मूल स्रोत या लेखक के पास हैं।

सर्वाधिकार सुरक्षित। इस कार्य का कोई भी अंश इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की लिखित अनुमति लिए बिना किसी भी रूप में मिमियोग्राफ (मुद्रण) अथवा किसी अन्य साधन से पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति नहीं है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय के पाठ्यक्रमों के विषय में और अधिक जानकारी विश्वविद्यालय के कार्यालय, मैदानगढ़ी, नई दिल्ली–110 068 और इग्नू की वेबसाइट www.ignou.ac.in से प्राप्त की जा सकती है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की ओर से निदेशक, विज्ञान विद्यापीठ द्वारा मुद्रित एवं प्रकाशित।

लेजर टाइप सेटिंग : राजश्री कम्प्यूटर्स, वी-166ए, भगवती विहार (नजदीक सेक्टर 2, द्वारका), उत्तम नगर, नई दिल्ली-110059

मुद्रक : हाईटेक ग्राफिक्स, डी–4/3, ओखला इण्डस्ट्रियल एरिया, फेस–2, नई दिल्ली–110020

BGYCT-131 भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

खंड 1 सामान्य भूविज्ञान

इकाई 1 भूविज्ञान – एक परिचय

इकाई 2 पृथ्वी और सौरमंडल

इकाई 3 पृथ्वी की संरचना और संयोजन

इकाई 4 भूकंप और ज्वालामुखी

खंड 2 भूसतही प्रक्रियाएं

इकाई 5 शैल अपक्षय

इकाई 6 नदी के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई 7 वायु और भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई 8 हिमनदों और महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्य

खंड 3 संरचनात्मक भूविज्ञान

इकाई 9 संरचनात्मक भूविज्ञान – एक परिचय

इकाई 10 वलन

इकाई 11 भ्रंश

इकाई 12 संधि और विषमविन्यास

इकाई 13 क्षेत्र भूविज्ञान

खंड 4 पर्वत निर्माण और प्लेट विवर्तनिकी

इकाई 14 पर्वत निर्माण एवं पर्वतनी प्रक्रियाएं

इकाई 15 पर्वत निर्माण के सिद्धांत

इकाई 16 प्लेट विवर्तनिकी सिद्धांत

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

पाठ्यक्रम से संबंधित श्रव्य/दृश्य सामग्रियों की सूची

1. Earth System Science and Society - Part 1
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=dVbjNn0ZHRg

2. Earth System Science and Society - Part 2
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=0GMPlOrCdcE

3. Geoinformatics: An Introduction
   लिंक : https://youtu.be/vu7f5aFoox0

4. Applications of Geoinformatics
   लिंक : https://youtu.be/tfSDp2TO-Eg

5. Weathering, its types and Significance
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=gBYijlPPVgc

6. Soil: Product of Weathering
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=y-SENU4Abv8

7. Landslides: Its types and causes
   लिंक : https://youtu.be/cI73TU0hjQk

8. Landslides: Mitigation measures
   लिंक : https://www.youtu.be/BcUVeL43x7c

9. Deccan Volcanism-an Inside Story
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=1a3glcg0oGs

10. Himalaya-an Overview
    लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=vK5Cglisa1Y

11. Evolution of Himalaya
    लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=gVGZKqrjVZY

श्रव्य/दृश्य सामग्रियों का निर्माण एक निरंतर प्रक्रिया है। आप इस पाठ्यक्रम से संबंधित और सामग्रियों के लिए यूट्यूब के विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू के वेबसाइट पर जाए।

ये वीडियो आप इग्नू के eGyankosh वेबसाइट में भी देख सकते हैं।
लिंक : http://egyankosh.ac.in/handle/123456789/36575

खंड 3 : संरचनात्मक भूविज्ञान

संरचनात्मक भूविज्ञान, भूविज्ञान की वह शाखा है जिसमें शैल संरचनाओं की पहचान, निरूपण और उत्पत्ति के आधार पर उनका निर्वचन किया जाता है। कई बार शैलों में विभिन्न प्रकार का विरूपण हो जाता है। भूवैज्ञानिक संरचनाए जैसे वलन, भ्रंश, संधि और विभंग पृथ्वी के अन्दर कार्य करने वाले बलों के कारण शैलों में विरूपण के फलस्वरूप बनते हैं। ये भूवैज्ञानिक संरचनाएं भूवैज्ञानिक इतिहास को केवल अभिलिखित नहीं करते बल्कि ये हमें पृथ्वी के प्रक्रमो को समझने में, अभियांत्रिकी परियोजनाओं जैसे सुरंग, बांध, विद्युत उत्पादन इत्यादि के साथ–साथ ऊर्जा संसाधनों और मूल्यवान खनिज निक्षेपों (deposits) की खोज में भी सहायता करते हैं। ये भूवैज्ञानिक संरचनाएं सुन्दर भूदृश्य (landscape) उत्पन्न करते हैं जिससे भूपर्यटन (geotourism) बढ़ सकता है। इन भूवैज्ञानिक संरचनाओं के अध्ययन के लिए क्षेत्र में जाकर पृथ्वी के पदार्थों और प्रक्रमों को प्राकृतिक परिवेश में निरीक्षण करना पड़ता है। भूविज्ञान में यह एक सर्वस्वीकार सिद्वांत है कि "वर्तमान, भूतकाल की कुंजी है" अर्थात् जो प्रक्रियाएं आज पृथ्वी पर हो रही हैं वही पृथ्वी के इतिहास में होती आ रही हैं। सावधानीपूर्वक आंकड़ें इकटठा करना, परीक्षण और सम्पूर्ण क्षेत्र और प्रयोगशाला आंकड़े दोनों की पूर्ण व्याख्या, सभी क्रियाओं के अनुक्रम को समझने में सहायता करता है। अनुभव और ज्ञान विवर्तनिक घटनाओं के पुर्नर्निमाण में सहायता करता है। यह मूलतः क्षेत्र विज्ञान है जो भूवैज्ञानिक धारणाओं और विधियों के लिए जमीनी सच्चाई का प्रबंधन करता है कि पृथ्वी कैसे कार्य करती है।

यह खंड पांच इकाईयों का है जिसके अंतर्गत संरचनात्मक भूविज्ञान की आधारभूत भूवैज्ञानिक संरचनाएं जैसे वलन, भ्रंश, संधि और विषमविन्यास तथा क्षेत्र भूविज्ञान के सिद्वांत शामिल हैं।

इकाई 9 में संरचनात्मक भूविज्ञान में प्रयोग होने वाले मूल परिकल्पनाओं और शब्दों का परिचय दिया गया है। इस इकाई में हम स्थलाकृति के निरूपण के बारे में चर्चा करेंगे और नति (dip) तथा नतिलम्ब (strike) कैसे मापा जाता है, सीखेंगे। इस इकाई में तलीय (planar) और रेखीय (linear) संरचनाओं को भी विस्तारपूर्वक समझाया गया है।

इकाई 10 में हम वलन के बारे में पढ़ेंगे, भूविज्ञान में वलनों के महत्व की व्याख्या करेगें और वलनों को ज्यामितीय आधार पर वर्गीकृत करेंगे। साथ ही हम क्षेत्र में वलनों को पहचानने के मापदण्डों को समझेंगे और वलन बनने के कारणों को सूचीबद्व करेंगे।

इकाई 11 में हम भ्रंश के विषय में सीखेंगे और भूवैज्ञानिक के लिए उनके महत्व की व्याख्या करेंगें। हम भ्रंश के ज्यामितीय और उत्पत्ति के आधार पर वर्गीकरण को पढ़ेंगे। इसके साथ ही भ्रंश को क्षेत्र में पहचानने के मानकों को समझेंगे और भ्रंशन के कारणों को सूचीबद्व करेंगे।

इकाई 12 हमें संधि और विषमविन्यास के बारे में परिचय कराता है। यह हमें उनके भूवैज्ञानिक महत्व से अवगत कराता है और विषमविन्यास के प्रकारों को पहचानने में सहायता करता है।

इकाई 13 भूविज्ञान में क्षेत्रकार्य की अवधारणाओं से परिचय कराता है। यह इकाई हमें उन उपक्रमों से अवगत कराता है जो क्षेत्रकार्य की योजना करते समय आवश्यक होती हैं जैसे क्षेत्र सुरक्षा संबंधी जानकारी, क्षेत्र कार्य में प्रयोग होने वाले उपकरण इत्यादि। यह हमें क्षेत्र में भूवैज्ञानिक लक्षणों को पहचानने और मापने के योग्य बनाएगा और क्षेत्र निरीक्षण के अभिलेख तैयार करने की विधियों को सिखायेगा।

अपेक्षित लक्ष्य

इस खंड के अध्ययन के उपरान्त आप निम्न में सक्षम होंगे :

- संरचनात्मक भूविज्ञान के मूल परिभाषाओं और अवधारणाओं की व्याख्या कर सकेंगे;

- प्रवणतामापी से परिचित होंगे और नति तथा नतिलम्ब माप सकेंगें;
- वलन और भ्रंश के महत्व की व्याख्या कर सकेंगे तथा उसको वर्गीकृत कर सकेंगे;
- क्षेत्र में वलन और भ्रंश को पहचानने के मापदण्डों को समझ सकेंगे;
- वलन और भ्रंश के कारणों को सूचीबद्व कर सकेंगे;
- संधि और विषमविन्यास को परिभाषित और वर्गीकृत कर सकेंगे;
- संधि और विषमविन्यास के भूवैज्ञानिक महत्व का मूल्यांकन कर सकेंगे;
- भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य के महत्व को पहचान सकेंगे;
- सुरक्षा उपायों और क्षेत्रकार्य में आवश्यक क्षेत्र उपकरणों को सूचीबद्व करेंगे; और
- क्षेत्रकार्य की योजना बना सकेंगे, क्षेत्र में आंकड़ों को एकत्र कर सकेंगे और उनको अभिलेखित कर सकेंगे।

हम आशा करते है कि इस खंड को पढ़ने के पश्चात् आप संरचनात्मक भूविज्ञान की मूल धारणाओं और भूवैज्ञानिक संरचनाओं जैसे वलन, भ्रंश, संधि और विषमविन्यास तथा भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य की समझ विकसित कर लेंगे।

हम आशा करते है कि इस प्रयत्न में आप सफल होंगे!

ignou
THE PEOPLE'S
UNIVERSITY

इकाई 9

संरचनात्मक भूविज्ञान - एक परिचय

इकाई की रूपरेखा

9.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
9.2 संरचनात्मक भूविज्ञान की अवधारणाएं
परतन
दृश्यांश
नति और नतिलम्ब
नतिलम्ब और नति का महत्व
अन्तर्वेधन
विरूपण
संरचनात्मक भूविज्ञान का महत्व
9.3 उँचाई का निरूपण
9.4 संरचनाओं का वर्गीकरण
तलीय संरचनाएं
रेखीय संरचनाएं
वलन
9.5 संरचनात्मक अवयवों का मापन
क्लाइनोमीटर कम्पास (प्रवणतामापी कम्पास)
नत संस्तरों के नतिलम्ब और नति का मापन
9.6 सारांश
9.7 क्रियाकलाप
9.8 सात्रिल प्रश्न
9.9 सन्दर्भ
9.10 आगे/प्रस्तावित अध्ययन
9.11 उत्तर

9.1 प्रस्तावना

अब तक आप खण्ड 1 एवं 2 में भूविज्ञान और पृथ्वी ग्रह की मौलिक अवधारणा के साथ ही पृथ्वी की सतह पर परिचालित एवं अभिविन्यास परिवर्तन करने वाले बाह्य (बहिर्जनिक/ endogenic) और आन्तरिक (अंतर्जनिक/exogenic) प्रक्रमों से भली–भांति परिचित हो गए होंगें। इस इकाई में हम संरचनात्मक भूविज्ञान की मौलिक अवधारणाओं के बारे में अध्ययन करेंगे। आइए, इस पाठ्यक्रम की इकाई 1 में अध्ययन की गयी संरचनात्मक भूविज्ञान की परिभाषा को पुनःस्मरण करने की कोशिश करें। इस परिभाषा के अनुसार संरचनात्मक भूविज्ञान, शैलों में अवलोकित संरचनाओं के अध्ययन की व्याख्या करता है जो सामान्यतया पिंड के अन्दर से विभिन्न प्रकार के प्रतिबलों (ब्लों) के प्रतिक्रिया से निर्मित होता है। '**संरचनात्मक**' शब्द की उत्पत्ति लैटिन भाषा के शब्द *struere* से हुई है जिसका अर्थ 'निर्माण करना' हैं यह विभिन्न प्रकार से परिभाषित किया जाता है।

संरचनात्मक भूविज्ञान (structural geology) विरूपण (deformation) के फलस्वरूप निर्मित शैलों के वास्तुशिल्प का अध्ययन हैं (Billings, 1990)।

संरचनात्मक भूविज्ञान संरचनाओं के ज्यामितीय, विस्तार और निर्माण की व्याख्या करता है (Fossen, 2010)।

भूवैज्ञानिक संरचनाएं अथवा वास्तुशिल्प सभी पैमानों पर पृथ्वी की भूपर्पटी के रूप को सममिति शैलों के ज्यामितीय विन्यास और रमणीय अवयवों को दिखाता है। यह पृथ्वी और बाह्य पिण्डों (extraterrestrial bodies) के बलों के द्वारा होने वाले विरूपण के फलस्वरूप शैलों में विभिन्न ज्यामितियों को समाविष्ट करता है। तथापि शैलों में अधिकतर संरचनाएं पृथ्वी के विरूपण बलों के द्वारा विकसित होती हैं। ये बल प्रकृति में अंतर्जनित (पृथ्वी के अन्दर से उत्पन्न) होते है और इनको **विवर्तनिक बल** (tectonic force) भी कहा जाता है। विवर्तनिकी की उत्पत्ति ग्रीक भाषा के शब्द *'टैक्टोस* से हुई है जिसका अर्थ है 'निर्माणकर्ता' जिसमें हम बलों तथा गति का अध्ययन करते है जिसके फलस्वरूप शैलो में विरूपण तथा संरचना का निर्माण होता है।

आइये हम संरचनात्मक भूविज्ञान और **विवर्तनिकी** के संबंध के विषय में जाने। सामान्यतया ये एक जैसे ही होते है। फिर भी संरचनात्मक भूविज्ञान का विषय मुख्यतः शैलों में पायी जाने वाली संरचनाओं की ज्यामितीय से संबंधित होता है। जबकि विवर्तनिकी (tectonics) संरचनाओं को उत्पन्न करने वाले बलों और संचलनों की व्याख्या करता है। दूसरे शब्दों में, संरचनात्मक भूविज्ञान और विवर्तनिकी दोनों शैलों के बनने और परिणामस्वरूप विकसित संरचनाओं और गति जो हमारे ग्रह के बाह्य भागों को परिवर्तित करता है और आकार देता है, को बताता है। आप कह सकते हैं कि विवर्तनिकी पृथ्वी के अन्तःशायी प्रक्रमों से ज्यादा जुड़ा होता है, जिसके कारण संरचनाएं बनती हैं। इसका अभिप्राय है कि विवर्तनिकी कारण, उत्पत्ति और प्रक्रिया से संबंधित है जबकि संरचनात्मक पहलू अन्तिम ज्यामिती की व्याख्या करता है। संरचनात्मक भूविज्ञान का उद्देश्य क्षेत्र में अवलोकित शैलों के वास्तुशिल्प को निश्चित करना और उनकी व्याख्या करना है। प्रयोगशाला अनुसंधान इस उद्देश्य की उपलब्धि के लिए संपूरक है। यह अनुसंधान निरीक्षण, विवरण और व्याख्या से सम्बंधित है। संरचनाओं को क्षेत्र (field) में मापा जा सकता है। भूवैज्ञानिक संरचनाएं विभिन्न बलों से उत्पन्न आकृतियां अथवा चट्टानों और अवसादों के अनुक्रम हैं जो पृथ्वी के आंतरिक बलों की क्रिया के फलस्वरूप निर्मित होते हैं। ये संरचनाएं गतिशील बलों के विषय में सूचनाएं संग्रहित रखती हैं। इन संरचनाओं का विस्तार सूक्ष्मदर्शी स्केल से लेकर सैकड़ों कि.मी. तक का होता है। वलन (fold), भ्रंश (fault), संधि (joint) और विषमविन्यास (unconformity) कुछ सामान्य संरचनाएं है जिनका अध्ययन संरचनात्मक भूविज्ञान में किया जाता है।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई का ध्यानपूर्वक अध्ययन के बाद आप :

- ❖ संरचनात्मक भूविज्ञान में प्रयुक्त मौलिक शब्दों को परिभाषित कर सकेंगे;
- ❖ स्थलाकृति को निरूपित करने के लिए भलीभांति परिचित हो सकेंगे;
- ❖ क्लाइनोमीटर से परिचित होगें तथा नति और नतिलम्ब को माप सकेंगे; और
- ❖ तलीय और रेखीय संरचनाओं तथा उनके संयोजन को सूचिबद्व कर सकेंगे।

9.2 संरचनात्मक भूविज्ञान की अवधारणाएं

आप पढ़ चुके हैं कि पृथ्वी में विवर्तनिक बलों और संचलनों के फलस्वरूप विभिन्न प्रकार की संरचनाएं यथा वलन, भ्रंष, संधि और विषमविन्यास विकसित होते हैं। आइये हम इन संरचनाओं को अध्ययन करने के पहले इनकी कुछ मौलिक अवधारणाओं को समझते हैं।

आप पढ़ चुके हैं कि संरचनात्मक भूविज्ञान पृथ्वी के शैलों के वास्तुशिल्प का अध्ययन है। यह मुख्यतः भूवैज्ञानिक संरचनाओं के ज्यामितीय पहलुओं से संबंधित है, जो शैलों की उत्पत्ति के समय बना हो या बाद में विरूपण के दौरान विकसित हुआ हो। संरचनात्मक भूवैज्ञानिक जब एक संरचना का प्रेक्षण करता है तब निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर पाने की कोशिश करता है:

- संरचना क्या है?
- क्षेत्र में संरचनाओं का वितरण कैसे है?
- शैलों की दशाएं और प्रतिबल (stress) क्या थे जिनके अधीन संरचनाएं विकसित हुई हैं?
- इन संरचनाओं के विकास के अनुक्रम क्या थे?

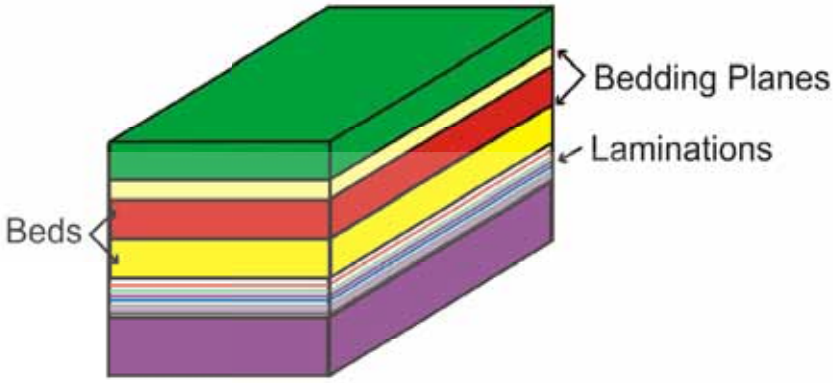
प्रयोगशाला अनुसंधान संरचनात्मक भूविज्ञान के इन उद्देश्यों को प्राप्त करने में सहायता करता है। इस प्रकार यह समझा जाता है कि **संरचनात्मक भूवैज्ञानिक** संरचना की पहचान, इनकी ज्यामिती (geometry) और पृथ्वी में अभिविन्यास (orientation), उनके विकास का समय और अनुक्रम तथा इन संरचनाओं के विकास के लिए उत्तरदायी भौतिक दशाओं से संबंधित है। आइये हम भूवैज्ञानिक संरचनाओं के वर्णन के लिए प्रयोग होने वाले कुछ सामान्य परिभाषित शब्दों से परिचित होते हैं।

9.2.1 परतन

परतन (layering), अवसादों के संघटक–मूल खनिजों के छोटे कण, शैल पदार्थ अथवा शैल के खनिज कणों का रेखीय निक्षेप है। अवसादी शैले (sedimentary rocks) सामान्यतया स्तरीय (layered) शैल होती हैं क्योंकि द्रोणी (basin) में अवसादों (sediments) का एक के ऊपर एक निक्षेपण होता है। अवसादी शैल के पृथक परत को **संस्तर** (bed) कहा जाता है (चित्र 9.1 और 9.4)। प्रत्येक संस्तर निकटवर्ती संस्तर से एक तल के द्वारा पृथक्कृत है, जिसे **संस्तर तल** (bedding plane) कहा जाता है। यदि परतों की अलग–अलग चौड़ाई 1 से.मी. से कम है तब उन्हें **स्तरण** (lamination) कहते हैं (चित्र 9.1a और b)। **स्टैटम** (stratum) (स्ट्राट्रा का बहुवचन) शब्द के अन्तर्गत संस्तर और स्तरण दोनों आते हैं। स्ट्रैटम/स्तर का एक के ऊपर एक अम्बार लगने के विधि को **स्तरण** (stratification) कहा जाता है (चित्र 9.1a)।

अवसादी शैलों में संस्तर तल पाये जाते हैं। अवसादी शैलों में संस्तर तल शैल के उत्पत्ति के समय बन जाते हैं और इसे एक **प्राथमिक संरचना** (primary structure) के रूप में भी संदर्भित किया जाता हैं जैसा कि चित्र 9.1b नें तलीय स्तरण (planar lamination)। संस्तर तल अथवा कोई दूसरी तलीय संरचनाओं का विन्यास उनके नतिलम्ब और नति जैसे शब्दों में वर्णन किया जाता है। जिनकी व्याख्या उपअनुभाग 9.2.3 में की गयी है। ज्वालामुखी शैल (आग्नेय शैल) में भी लावा बहने के कारण परतन विकसित होता है। यह प्राथमिक संरचना कहलाता है क्योंकि ये शैल निर्माण के

साथ–साथ विकसित होता हैं। कायांतरित शैलों में परतों को **द्वितीयक संरचनाएं** (secondary structure) कहा जाता है क्योंकि ये नए खनिज कणों के पुनर्क्रिस्टलन के पुनःविन्यास से विकसित होता है। कायांतरित शैलों में विभिन्न प्रकार के द्वितीयक शल्कन यथा स्लेटी विदलन, शिष्टाभता, नाइसी संरचना पाए जाते हैं।



(a)

(b)

चित्र 9.1: a) संस्तरों, संस्तर तलों और स्तर का स्तरण दर्शाता **आरेख, और**
b) तलीय स्तरण का क्षेत्र छायाचित्र, पेन का दक्कन स्तरण के समांतर रखा गया है।
(Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya)

9.2.2 दृश्यांश

आपने निरीक्षण किया होगा कि पृथ्वी की सतह सामान्यतया मिट्टी, जल अथवा बर्फ से ढकी होती है और शैल अनावरण (rock exposure) सर्वत्र दिखायी नहीं देता। शैल का वो भाग जो सतह पर दिखाई देता है उसे **दृश्यांश** (outcrop) कहा जाता है (चित्र 9.2)। शैल के वे भाग जो सतह पर नहीं दिखाई देते उसे **अदृश्यांश** (incorp) कहते हैं। दृश्यांश सामान्यतया पर्वत, घाटी, दीवारों, सड़क/रेल पटरी कटाव और सुरंगों के अनुदिश दिखता है। दृश्यांश शब्द का अर्थ है 'क्या बाहर प्रकट होता है'। इस प्रकार एक दृश्यांश उस क्षेत्र को निर्दिष्ट करता है जहाँ से शैल पिण्ड ऊपर को आता है और सतह पर दिखाई देता है। शैल पिण्ड की सतह और भूमि की सतह की कटान रेखा

इसकी सीमाओं की जानकारी देता है। भूवैज्ञानिक संरचनाओं का अध्ययन ज्यादातर दृश्यांश पर आधारित होता है क्योंकि ये भूवैज्ञानिको के लिये सूचना के मौलिक स्रोत्र होते हैं।

(a)

(b)

चित्र 9.2: a) इग्नू मुख्यालय, नई दिल्ली में क्वार्ट्जाइट शैल का एक दृश्यांश; और b) नर्मदा नदी घाटी जबलपुर में संगमरमर शैल का दृश्यांश। (Photo credit: Dr. Nishi Rani).

9.2.3 नति और नतिलम्ब

अधिकांश अवसादी शैल एक द्रोणी में पहले क्षैतिज रूप में निक्षेपित होते हैं। परंतु संस्तरों के निक्षेपण के बाद संचलन के द्वारा उनका झुकाव होता है। इस बात को ध्यान में रखते हुये हम नति और नतिलम्ब जैसे शब्दों के बारे में अध्ययन करेगें।

संस्तर तल के क्षैतिज के परिपेक्ष में झुकाव (inclination) को **नति** (dip) कहते है। यह सामान्यतया संस्तर तल के नतिलम्ब के लम्बवत् होता है तथा उर्ध्वाधर तल में मापा जाता है।

नतिलम्ब (strike) आनत संस्तर (inclined beds) और एक क्षैतिज तल के प्रतिच्छेदन (intersection) से प्राप्त रेखा की भौगालिक दिशा है। नतिलम्ब क्षैतिज तल पर मापा जाता है (चित्र 9.4b and 9.5)। नतिलम्ब में केवल दिशा होती है और परिमाण (magnitude) नहीं होता है। नति एक सदिश राशि (vector quantity) है। इसके दो घटक होते हैं यथा दिशा और परिमाण।

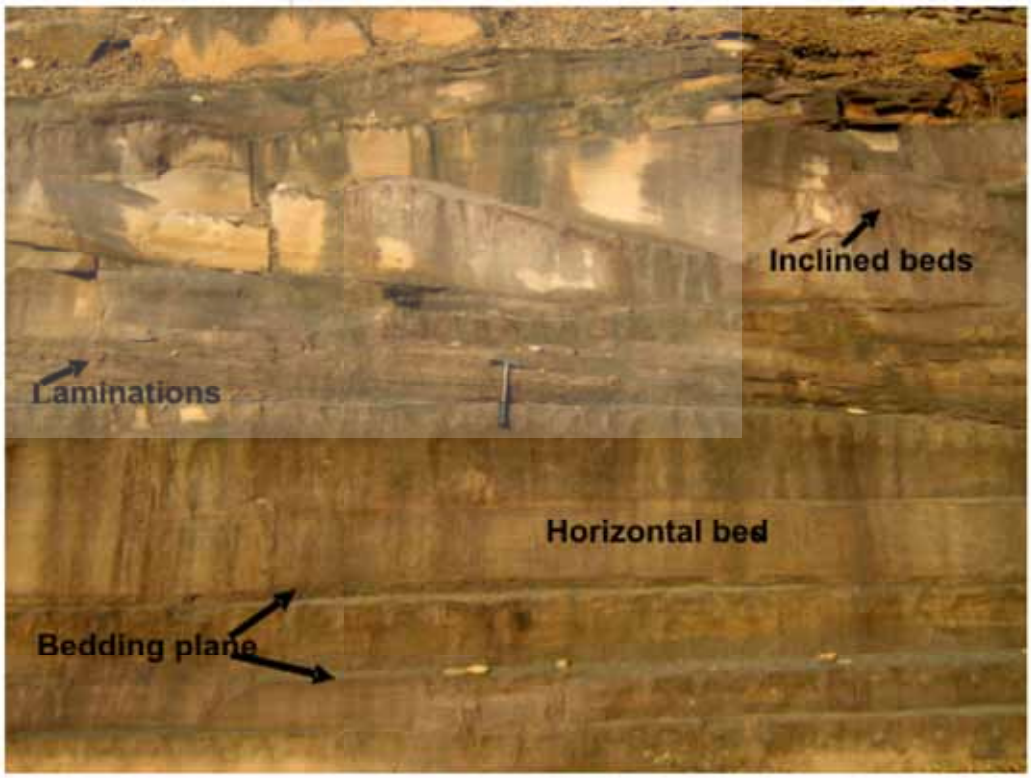
नति की दिशा, भौगोलिक दिशा को निरूपित करता है जिस दिशा में संस्तर आनत होता है।

नति का परिमाण, क्षैतिज से संस्तर के झुकाव का कोण है जो 0° से 90° के बीच होता है। इससे यह स्पष्ट होता है के क्षैतिज संस्तरों के नति का परिमाण 0° होगा जबकि आनत या झुके हुए संस्तरों की नति 0° और 90° के बीच परिवर्तनीय है और उर्ध्वाधर संस्तरों के नति का परिमाण 90° होता है (चित्र 9.3 एवं 9.4)।

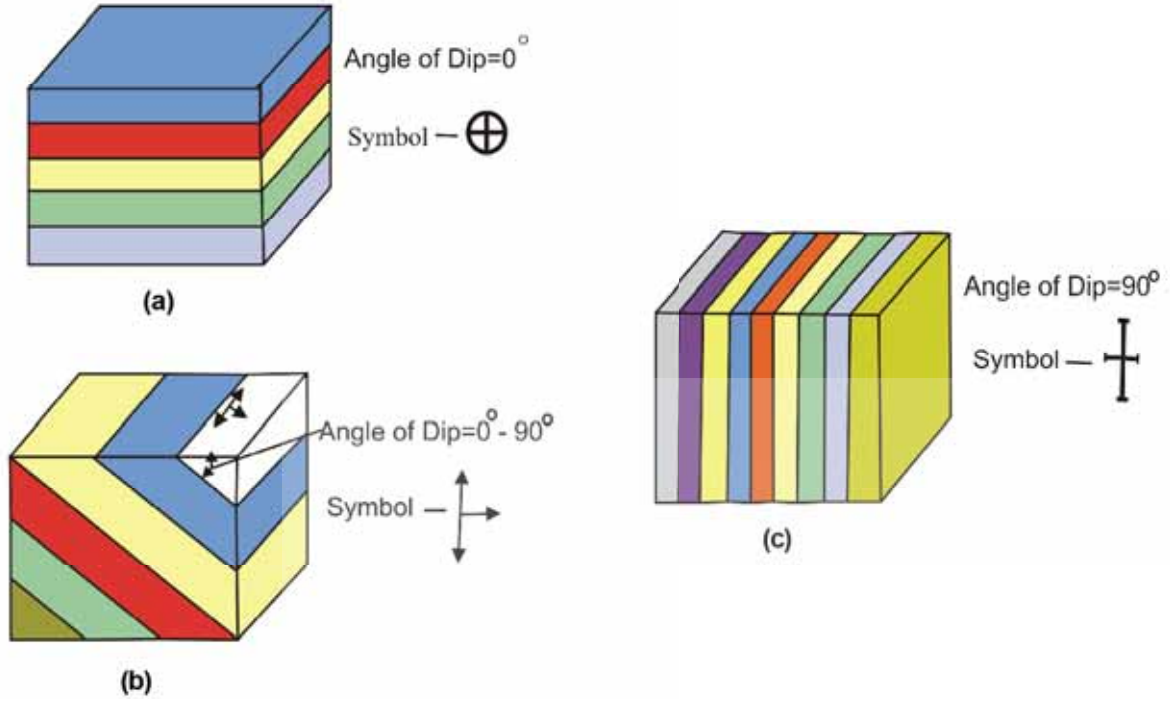
अब हम यथार्थ नति और आभासी नति के विषय में पढ़ेगें।

1. **यथार्थ नति (True dip)**: एक संस्तर के नति का अधिकतम परिमाण नतिलम्ब के लम्बवत् पाया जाता है और इसे यथार्थ नति कहा जाता है। एक संस्तर तल की यथार्थ नति दिशा और नतिलम्ब सर्वदा एक दूसरे के लम्बवत् होते हैं (चित्र 9.3, 9.4 और 9.5)।

2. **आभासी नति (Apparent dip)**: जब संस्तर की नति यथार्थ नति की दिशा के अतिरिक्त किसी भी दिशा में मापा जाता है तब उसे आभासी नति कहा जाता है। आभासी नति का परिमाण सर्वदा यथार्थ नति से कम होता है। एक संस्तर की आभासी नति का परिमाण नतिलम्ब की दिशा में शून्य होता है जबकि वास्तव में संस्तर तल झुका होता है (चित्र 9.5)।

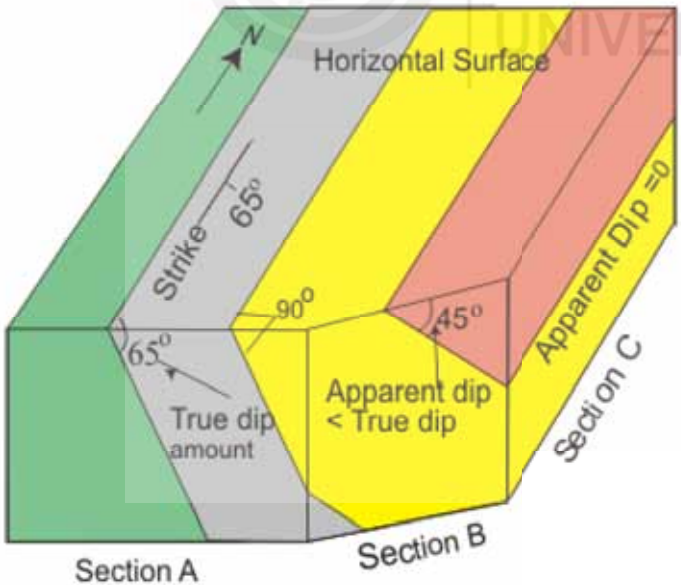


चित्र 9.3: स्तरण, संस्तर तल, क्षैतिज (horizontal) और आनत (inclined) संस्तरों को प्रदर्शित करने वाला क्षेत्र छायाचित्र।



चित्र 9.4 : a) क्षैतिज; b) उर्ध्वाधर; और c) आनत संस्तर।

नति और नतिलम्ब के बीच सम्बन्ध : यथार्थ नति की दिशा और किसी आनत संस्तर तल का नतिलम्ब हमेशा एक दूसरे के लम्बवत् होता है। यथार्थ नति सर्वदा नतिलम्ब के लम्बवत् दिशा में मापा जाता है। किसी आनत संस्तर के अभिवृत्ति (atittude) का उल्लेख करने के लिए उसके परिमाण और दिशा का जिक्र स्पष्टतापूर्वक करना चाहिए।



चित्र 9.5: यथार्थ नति, आभासी नति और नति एवं नतिलम्ब दिशाओं के बीच संबंध। नतिलम्ब क्षैतिज तल पर मापा जाता है जो इस दिशा में उत्तर दक्षिण है। यथार्थ नति की दिशा पूर्व की ओर है। संस्तर के यथार्थ नति का परिमाण 65° है जो नतिलम्ब के लम्बवत् उर्ध्वाधर तल पर मापा गया है (परिच्छेद **A**)। ध्यान दीजिए कि परिच्छेद **B** जो नतिलम्ब के समान्तर अथवा लम्बवत् नहीं है तथा संस्तर की नति का परिमाप कम है। यह आभासी नति है। परिच्छेद **C** पर जहां तल नतिलम्ब के समान्तर है, वहां आभासी नति का परिमाण शून्य है।

बोध प्रश्न 1

a) संरचनात्मक भूविज्ञान को परिभाषित कीजिए। इसका विवर्तनिकी से क्या संबंध है?

b) संस्तर तल और स्तर में क्या अन्तर है?

c) दृश्यांश को परिभाषित कीजिए।

d) नति एक सदिश राशि है, कारण बताइए।

e) आभासी और यथार्थ नति के बीच प्रभेद करिए।

9.2.4 नतिलम्ब और नति का महत्व

संरचनात्मक भूविज्ञान में नतिलम्ब और नति का निम्नलिखित कारणो से बहुत महत्व है।

- **कम आयु के संस्तर अथवा समूह का निर्धारण करना** : यदि हम नति की दिशा में जाएं तब हमें क्रमशः कम आयु के संस्तर मिलेंगे। कम आयु के संस्तर सर्वदा नति की दिशा में पाए जाते है। इसी प्रकार नति की विपरीत दिशा में जाने पर ज्यादा आयु के संस्तर मिलते हैं। हम उसी संस्तर को पाते हैं यदि हम नतिलम्ब के अनुदिश चलते हैं।
- **भूवैज्ञानिक संरचनाओं की पहचान और वर्गीकरण**: नति और नतिलम्ब के ऑकड़े, संरचना यथा वलन, भ्रंश, संधि और विषमविन्यास की पहचान और वर्गीकरण के लिए उपयोगी सूचना देते हैं।

9.2.5 अन्तर्वेधन

संस्तर तथा शल्कन का स्तरण अथवा परतन सामान्यतया शैल में उनके दृश्यांश में अवलोकित होता है जिसमें प्रत्येक परत समान्तर अवस्था में होती है। लेकिन कभी–कभी कुछ आग्नेय पिण्ड, जिन्हें स्थानीय शैल (country rocks) या आतिथेय शैल (host rocks) भी कहते हैं, संस्तरों को तिरछा काटते हैं क्योंकि वे निकाय में कुछ विभंगों (fractures) अथवा कमजोर तलों (plane of weakness) के अनुदिश बाद में प्रवेश करते हैं। इन आग्नेय शैलों को अन्तर्वेधी शैल (intrusive rocks) और प्रक्रिया को अन्तर्वेधन (intrusion) कहते हैं (चित्र 9.5)। इस प्रकार अन्तर्वेधी शैल वे आग्नेय शैल हैं जो पहले से उपस्थित स्थानीय शैलों में प्रवेश करते है। अन्तर्वेधी शैल पिण्ड पृथ्वी की सतह के नीचे अधिक दाब और ताप पर ठण्डे तथा ठोस होते है। अन्तर्वेधन विभिन्न प्रकार का हो सकता है जो आप इस इकाई में आगे पढ़ेंगे।

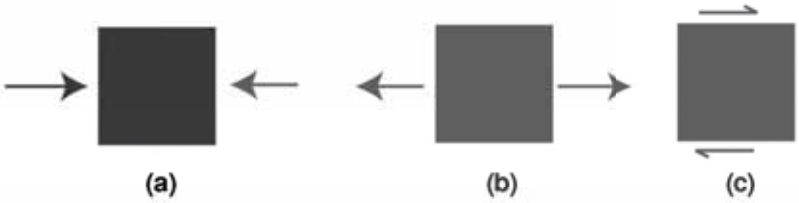
9.2.6 विरूपण

विरूपण एक सामान्य शब्द है जिसमें एक पिण्ड के आकृति, आकार अथवा दोनों में परिवर्तन सम्मिलित है। भूवैज्ञानिक अध्ययन में शैल में विरूपण सामान्यतया वलन, भ्रंशन (faulting) और अपरूपण (shearing) के रूप में अवलोकित होता है। विवर्तनिक बल द्वारा शैल के आकृति तथा आकार में बदलाव को विरूपण कहते है। बल अथवा प्रतिबल जिसके कारण से शैल में विरूपण होता है वे पृथ्वी के अन्दर से उत्पन्न होते हैं और वे संपीडन (compressional), तनाव (tensional) और/अथवा अपरूपण (shearing) प्रकार के हो सकते हैं।

चित्र 9.6 : अन्तर्वेधी आग्नेय शैल पिण्ड, सीधी जनपद, मध्य प्रदेश।

आइये हम लोग इसकी चर्चा करते हैं।

- **संपीडक बल (Compressive forces)** विपरीत दिशा से एक दूसरे की ओर निर्दिष्ट (directed) होते हैं (चित्र 9.7a)।
- **तनाव बल (Tensional forces)** विपरीत दिशा में पिण्ड से बाहर की ओर निर्दिष्ट होते हैं। वे तने हुए और पिण्ड को बाहर की ओर खींचते हैं (चित्र 9.7b)।
- **अपरूपण बल (Shearing forces)** पिण्ड के विपरीत सीमा पर विपरीत दिशा में कार्य करता है तथा उसे घुमाने का प्रयत्न करता है (चित्र 9.7c)।



चित्र 9.7: a) संपीडन बल; b) तनाव बल; और c) अपरूपण बल।

यदि एक पिण्ड पर निर्दिष्ट बल एक निश्चित समय से अधिक लगता है तब वह सामान्यतया विरूपण की निम्न स्थितियों से गुजरता है।

1. **प्रत्यास्थ (Elastic)**: प्रारंभ में विरूपण प्रत्यास्थ होता है, क्योंकि जब प्रतिबल हटा लिया जाता है तब पिण्ड अपने मूल आकृति और आकार में वापस आ जाता है। **प्रत्यास्थता सीमा (elastic limit)**: यह शैल द्रव्यमान की दिक्मान (bearing) क्षमता है। लगातार प्रतिबल को बढ़ाते रहने पर एक ऐसी क्रांतिक (critical) स्थिति आती है जब यदि हम लोग प्रतिबल को हटा लें तब भी पिण्ड अपनी मूल अवस्था में वापस नहीं आता। ऐसी क्रांतिक स्थिति को पिण्ड की प्रत्यास्थता सीमा कहा जाता है।
2. **सुघट्य (Plastic)**: जब प्रतिबल प्रत्यास्थता सीमा से अधिक होता है तब विरूपण सुघट्य होता है, ऐसे में पिण्ड अपनी मूल आकृति में वापस नहीं पहुँचता चाहे प्रतिबल को हटा लिया जाए इसलिए इस प्रकार का विरूपण स्थायी होता है।

3. **दृढ़ (Rigid)**: लगातार प्रतिबल के कारण विरूपण प्रत्यास्थता और सुघट्यता सीमा के पार चला जाता है और अन्ततः शैल द्रव्यमान टूट जाता है ऐसे शैल द्रव्यमान को दृढ़ कहा जाता है। आग्नेय और कायांतरित शैलें सामान्यतया दृढ़ होती हैं यद्यपि बहुत से अवसादी शैलें भो दृढ़ होती हैं।

शैल पिण्ड में विरूपण निम्न के घटकों की क्रिया के कारण होता है:

- प्रतिबल के परिमाण और प्रकार
- शैल पदार्थों का संघटन
- ताप
- समय

तथापि **विरूपण के प्रकार** को व्यापक रूप से निम्न में वर्गीकृत किया जा सकता है:

- **प्रत्यास्थ विरूपण (Elastic deformation)**: जब प्रतिबल लगता है तब शैल विरूपित होता है लेकिन जब प्रतिबल हट जाता है तब वापस वह पुनः मूल आकृति ग्रहण कर लेता है (एक रबर की तरह)।
- **सुघट्य विरूपण (Plastic deformation)**: यह स्थायी विरूपण है और पिण्ड अपने मूल आकृति में वापस नहीं आता है। एक शैल पिण्ड प्रतिबल के क्रांतिक मान {परामव बिन्दु (yield point)} के पार करने बाद सुघट्य विरूपण में चला जाता है।

  पराभव बिन्दु पिण्ड की प्रत्यास्थता सीमा भी है इसके परे विरूपण सुघट्य हो जाता है।
- **भंगुर विरूपण (Brittle deformation)**: इसमें प्रत्यास्थ सीमा के अन्तर्गत विभंगन (fracturing) अथवा संविदारण (rupturing) पाया जाता है। सुघट्य विरूपण अथवा तन्य (ductile) विरूपण (deformation), झुकाव (bending), वलन, तनन (stretching), शैलों का पतला (thinning) होना और कणों का सरेखण (aligning) आदि शैलों की संरचना के रूप में पाया जाता है।

9.2.7 संरचनात्मक भूविज्ञान का महत्व

संरचनात्मक भूवैज्ञानिक वे व्यक्ति होते हैं जो संरचनात्मक भूविज्ञान का अभ्यास करते है। शैलों में संरचनाओं द्वारा प्रदर्शित कहानी सुन्दर, मोहक और दिलचस्प होती है, और यह समाज के लिए बहुत उपयोगी होती है।

संरचनात्मक भूविज्ञान का अध्ययन भूवैज्ञानिको के लिए सर्वोत्तम महत्वपूर्ण है आइये हम इसके बारे में अध्ययन करें।

1. संरचनात्मक भूविज्ञान का ज्ञान पृथ्वी की जटिल प्राथमिक (primary) / बृहत् (mega) संरचनाओं को अनावृत करता है और विभिन्न विवर्तनिक घटनाओं और प्रक्रमों जिनसे पृथ्वी गुजरी है अर्थात् पृथ्वी के इतिहास को सुलझाता है।
2. यह विवर्तनिक घटनाओं और पृथ्वी पर विभिन्न प्राकृतिक शिल्पों के निर्माण में उनके आशय को समझने में सहायता करता है।
3. प्रभावी और धारणीय खनन कार्यों की योजना बनाने के लिए संरचनात्मक भूविज्ञान की जानकारी अति आवश्यक है।

4. यह प्राकृतिक संसाधन जैसे इमारती पत्थर, अयस्क, भूजल और प्राकृतिक तेल एवं गैस को खोज और निष्कर्षण करने के लिए सहायता करता है। कई प्रकार की संरचनाएं होती हैं जिसमें खनिज विलयन अथवा पेट्रोलियम निक्षेपित होता है। इसलिए इन संरचनाओं का ज्यामितीय पहलू बहुत महत्वपूर्ण है।

5. बृहत् सिविल अभियांत्रिकी परियोजना जैसे बांध, सुरंग आदि के लिए उपयुक्त स्थल चुनने के लिए संरचनात्मक भूविज्ञान के ज्ञान का उपयोग किया जाता है। बहुत सी परियोजनाओं का स्थल विपरीत संरचनात्मक दशाओं में परिवर्तित अथवा अस्वीकार कर दिया जाता है।

6. कृत्रिम भूजल पुनर्भरण (artificial ground water recharge) और वर्षाजल संचयन के लिए स्थल की रूपरेखा चित्रित करने में संरचनात्मक भूविज्ञान की जानकारी आवश्यक है।

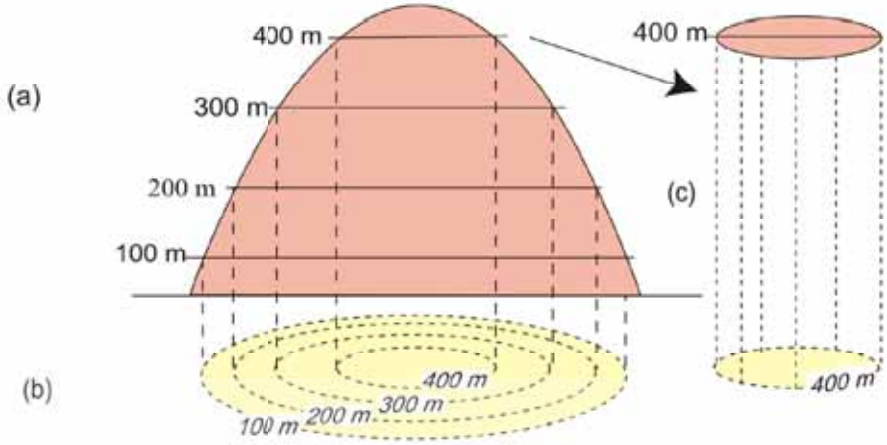
7. इसका अध्ययन सामाजिक पारिस्थितिकी संयोजन (linkage) के लिए बहुत महत्वपूर्ण है।

अब आप संरचनात्मक भूविज्ञान के महत्व के विभिन्न पहलुओं से परिचित हो गए होंगे। आइए अब हम उँचाई के निरूपण के विषय में पढ़ें।

9.3 ऊँचाई का निरूपण

आपने अवलोकन किया होगा कि पृथ्वी की सतह सर्वत्र एक समान नहीं है। सतह पर पर्वत, पठार, घाटी और मैदान के रूप में बहुत से ऊँचे उठे हुए स्थान और गर्त है। पृथ्वी की सतह पर ऊँचे और नीचे स्थान को नक्शे में रेखाच्छादन (hachuring) अथवा छायाकरण से निरूपित किया जाता हैं।

आइए हम समोच्च रेखा (contour line) की सहायता से स्थलाकृतिक नक्शों पर ऊँचाई को निरूपित करने की चर्चा करेंगे। **स्थलाकृतिक नक्शे** (topographical map) में किसी क्षेत्र की सतह के लक्षण को समोच्च रेखा की सहायता से एक निश्चित स्केल पर चित्रित किया जाता है। **समोच्च रेखाएं** काल्पनिक रेखाएं हैं जो भूमि सतह से एक समान ऊँचाई के बिन्दुओं को निरूपित करती हैं (चित्र 9.8)। दूसरे शब्दों में, समोच्च रेखा किसी दिए हुए भूमि पर एक समान ऊँचाई वाले बिन्दुओं का बिन्दु पथ है। चित्र 9.8a में 400 मी. से अधिक ऊँची पहाड़ी को निरूपित करता है। इस पहाड़ी पर औसत समुद्र तल से 100मी., 200मी., 300मी. और 400मी. की ऊँचाई चिन्हित की गयी है। यदि 400 मी. ऊँचाई का एक क्षैतिज तल पहाड़ी को काटता है तब तल और पहाड़ी के प्रतिच्छेदन का निशान प्राप्त होगा (चित्र 9.8c)। यदि हम ऊपर से देखें तो इस निशान का प्रक्षेप भूमि सतह पर दिखाई देगा (चित्र 9.8c)। यह काल्पनिक रेखा जो पहाड़ी और 400 मी. ऊँची क्षैतिज सतह के प्रतिच्छेदन को निरूपित करता है उसे पहाड़ों पर 400 मी. ऊँची समोच्च रेखा कहते हैं। इसी प्रकार पहाड़ी को 100 मी., 200मी., 300मी. और 400मी. ऊँचाई के समोच्च रेखा के द्वारा निरूपित किया जा सकता है (चित्र 9.8b)।

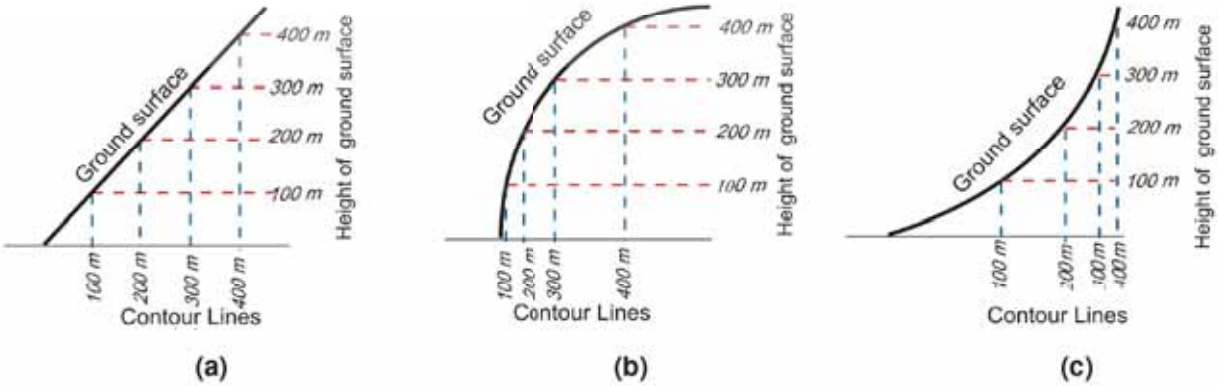


चित्र 9.8: a) विभिन्न ऊँचाई प्रदर्शित करती एक पहाड़ी; b) विभिन्न ऊँचाइयों के लिए समोच्च रेखाएं; और c) 400मी. का भूमि सतह पर प्रक्षेप समोच्च रेखा और प्रवणता

उपर्युक्त से यह भी पता चलता है कि समोच्च रेखा से भूमि की ढाल कैसे प्राप्त की जा सकती है। किसी दिशा में भूमि की ढाल को प्राप्त करने के लिए उसी दिशा में दो समोच्च रेखा के बीच क्षैतिज दूरी को मापते हैं और ऊँचाई में भिन्नता को समोच्च रेखाओं के बीच उर्ध्वाधर अन्तराल (vertical interval) के रूप में सम्बोधित किया जाता है। ढाल प्रवणता (slope gradient) को स्थलाकृतिक नक्शे पर निम्न समीकरण का प्रयोग करके निकाला जाता है।

उपर्युक्त से यह ध्यान देने योग्य है कि यदि समोच्च रेखाएं नजदीक होती हैं तो सतह की ढाल (प्रवणता/gradient) अधिक होता है। उर्ध्वाधर ढाल के लिए समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी शून्य होती है। दूसरे शब्दों में स्थलाकृतिक नक्शे में विभिन्न ऊँचाई की कई समोच्च रेखाएं एक स्थान पर एक दूसरे के ऊपर पायी जाती हैं और यह उस स्थान पर उर्ध्वाधर ढाल को निरूपित करता है। एक स्थलाकृतिक नक्शे में यदि समोच्च रेखाएं बराबर अन्तराल पर हों तब यह **समतलीय ढाल** (planar slope) को निरूपित करता है (चित्र 9.9a)। एक **अवतल ढाल** (concave slope) में (चित्र 9.9b), उच्च मान की समोच्च रेखाएं नजदीक होती हैं जबकि निम्न मान की दूर होती है। **उ ाल ढाल** (convex slope) के लिए उच्च मान की समोच्च रेखाएं दूर–दूर होती है जबकि निम्न मान की करीब होती हैं (चित्र 9.9c)।

$$\text{ढाल} = \frac{\text{समोच्च रेखाओं के बीच उर्ध्वाधर अन्तराल}}{\text{समोच्च रेखाओं के बीच क्षैतीज दूरी}}$$



चित्र 9.9: a) समतलीय ढाल; b) उत्तल ढाल; और c) अवतल ढाल का चित्रात्मक निरूपण।

समोच्च रेखाओं के निम्न लक्षण होते हैं :

- ये हमेशा एक बंद वक्र रेखा है। ये एकाएक समाप्त नहीं होती है।
- ये एक–दूसरे को काटती नहीं है।
- यदि समोच्च रेखाएं पास–पास होती हैं तो इसका अर्थ है कि सतह की ढाल अधिक है और यदि समोच्च रेखाएं दूर–दूर होती है तो सतह का ढाल कम होती है।
- समोच्च रेखाओं के नियमित अथवा अनियमित होने का अर्थ है कि सतह की ढाल क्रमशः नियमित एकसमान ढाल (uniformly sloping) है अथवा अनियमित है।

9.4 संरचनाओं का वर्गीकरण

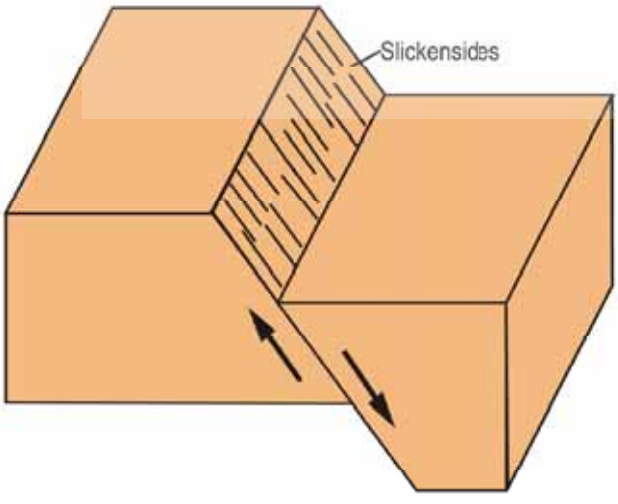
अब हम शैल में पाए जाने वाले बृहत् संरचनाओं के बारे में अध्ययन करेगें।

9.4.1 तलीय संरचनाएं

तलीय संरचनाए (planar structures) वे संरचनाएं है जो शैल में एक तल अथवा एक सतह के रूप में पायी जाती हैं और रेखीय संरचनाओं के साथ–साथ मिलती है।

आइए हम लोग निम्न प्रकार की तलीय संरचनाओं की व्याख्या करते है:

1. **संस्तर तल** : आप इस इकाई मे पहले पढ़ चुके हैं कि संस्तर तल वह सतह है जो अवसादी संस्तरों को बाँधती है। अवसादी शैल में दो संस्तर, संस्तर तल के द्वारा पृथक होते हैं (चित्र 9.4)। संस्तर तल को प्राथमिक शल्कन (foliation) के रूप में माना जाता है क्योंकि ये तलीय लक्षण अवसादी शैल के निर्माण के साथ बनते हैं।
2. **संधि** : संधि व्यवस्थित अथवा अव्यवस्थित तलीय विभंग है जो दो सन्निकट खण्डों को दरार के द्वारा पृथक करते हैं। हम संधि के विषय में विस्तारपूर्वक इकाई 11 में पढ़ेगें।
3. **भ्रंश तल** (Fault plane): भ्रंश तल एक विभंग है जिसके अनुदिश सन्निकट उपस्थित शैल खण्डों का विस्थापन हुआ हो (चित्र 9.10a और b)।



(a)

(b)

(c)

चित्र 9.10: **a) भ्रंश तल के अनुदिश विस्थापन हुआ है। संचलन की दिशा तीरों के द्वारा चिन्हित की गयी है; b) भ्रंश का क्षेत्र फोटोग्राफ भ्रंश तल पर ध्यान दीजिए।** (Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya) **c) भ्रंश तल पर श्लक्षण पार्श्व का क्षेत्र छायाचित्र।**

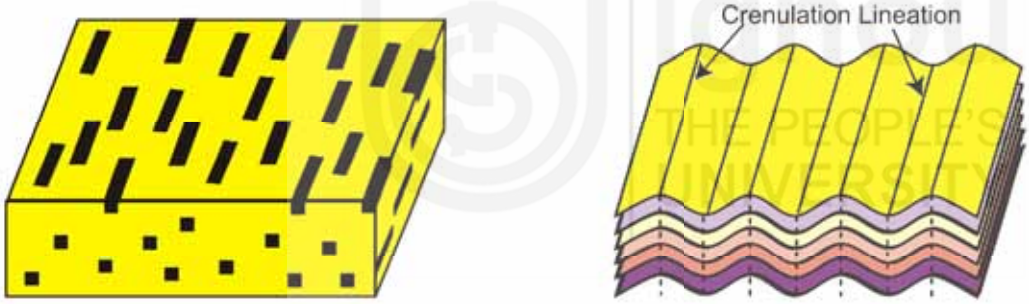
4. **कायांतरी शल्कन** : कायान्तरी शल्कन (metamorphic foliation) वे तलीय संरचनाएं है जो शैल बनने के बाद अनुवर्ती विरूपण और कायान्तरण के द्वारा बनती हैं। कायांतरी शल्कन अथवा सिर्फ शल्कन अभिलाक्षाणिक रूप से कायांतरी शैलों में पाया जाता है (चित्र 9.11)। अक्सर कायान्तरी शैल, उसमें पाए जाने वाले अभिलाक्षणिक शल्कन के द्वारा पहचाना जाता है। कायान्तरी शल्कन के अन्तर्गत स्लेटी विदलन (slaty cleavage), शिष्टाभता (schistosity) और नाइसी संरचना (gneissosity) क्रमशः स्लेट, शिस्ट और नाइसी शैलों में पाया जाता है।

9.4.2 रेखीय संरचनाएं

रेखीय संरचनाएं (Linear structures) वे संरचनाएं है जो अविरल हैं जैसा कि इसके नामकरण से ज्ञात होता है और ये एक रेखा के रूप में पाया जाता हैं। ये मध्याकार (मध्यम आकार) होते हैं और निश्चित दिशा में निर्देशित होते हैं और निम्न प्रकार की होते हैं।

चित्र 9.11: कायांतरी शैल (फिलाइट) में कलम के समानान्तर शल्कन दिख रहा है।

1. **खनिज रेखण (Mineral lineation)** : कुछ खनिज क्रिस्टलीय होते है और इनका एक आयाम दूसरे से काफी लम्बा होता है। खनिजों का लम्बा आयाम एक निश्चित दिशा में पंक्तिबद्ध होता हैं। खनिजों का वेरूपित संघ (deformed group) और विन्यास इस तरह होता हैं कि उनका लम्बा आयाम एक विशेष दिशा में एक–दूसरे के समान्तर पंक्तिबद्ध होता हैं और वे खनिज रेखण बनाते हैं (चित्र 9.12a)



(a) (b)

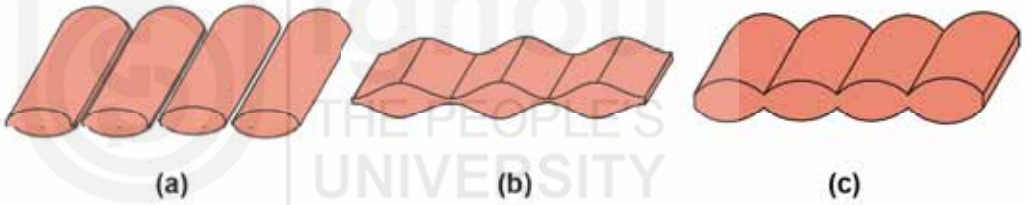
(c)

चित्र 9.12 : a) खनिज रेखण; b) सूक्ष्मवलन रेखण; और c) सूक्ष्मवलन रेखण का क्षेत्र छायाचित्र। (Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya)

2. **सूक्ष्मवलन रेखण (Crenulation lineation)** : यदि कोई तलीय सतह जैसे शल्कन, छोटे अथवा सूक्ष्मदर्शी स्केल के वलन के द्वारा प्रभावित होता है तब इन वलनों की हिन्ज रेखा एक विशेष दिशा में पंक्तिबद्ध हो जाते हैं जिससे सूक्ष्म वलन रेखण की उत्पत्ति होती है (चित्र 9.12b)।

3. **श्लक्षण पार्श्व (Slickensides)**: ये प्रायः भ्रंश तल पर विकसित घर्षण रेखा (frictional lines) के साथ चमकती सतह होती है और दो भ्रंशित खण्डों (faulted blocks) के बीच संचलन के कारण बनती है (चित्र 9.10a और c)।

4. **बूडिनाज** (Boudinage), **संकोच एवं स्फीत** (pinch-and-swell), **मूलियन** (mullion) और **संशलाकन** (rodding): ये रेखीय संरचनाएं, **असमर्थ परतों** (incompetent layers) के बीच **समर्थ परतों** (मजबूत) (competent layers) में विरूपण से विकसित होती हैं। बूडिनाज संरचना में परतें खिंच जाती हैं और खण्डों में अलग हो जाती हैं। व्यक्तिगत बूडिन का एक आयाम बाकी दो आयामों से अधिक लम्बा होता है इस प्रकार यह रेखण को चित्रित करता है (चित्र 9.13a)। संकोच एवं स्फीत संरचना में परत संकुचन और स्फीतन प्रदर्शित करती है लेकिन विभाजित नहीं होती है (चित्र 9.13b)। मूलियन और संशलाकन शैलों में रेखीय नाली (linear corrugation) बनाती हैं (चित्र 9.13c)। यदि ये नालियाँ स्वयं शैल के द्वारा बनता है तब इसे मूलियन कहते हैं और यदि किसी विशेष खनिज के द्वारा बनता है, जैसे सामान्यतः क्वार्ट्ज, तब इसे संशलाकन कहते हैं।



(d)

चित्र 9.13: a) बूडिनाज; b) संकोच एवं स्फीत संरचना; और c) मूलियन/संशलाकन संरचना; और c) संशलाकन का क्षेत्र छायाचित्र।
(Photo credit: Garga Prasad Bhartiya)

9.4.3 वलन

कुछ संरचनाओं में दोनों रेखीय और तलीय संरचनाएं एक साथ विकसित होती हैं उदाहरणार्थ वलन जो तलीय संरचना जैसे संस्तर तल अथवा शल्कन पर तरंग के लहरों की तरह होता है। ये तलीय और रेखीय सरंचनाओं का संयोजन होता है। हन वलन के बारे में विस्तारपूर्वक इकाई 10 में पढ़ेगे।

9.5 संरचनात्मक अवयवों का मापन

हम पहले इस इकाई में पढ़ चुके है कि बहुत से शैल परतन, संस्तर तल, शल्कन के रूप में तलीय संरचना प्रदर्शित करते हैं। संस्तर तल और शल्कन किसी दृश्यांश में हमेशा क्षैतिज नहीं होते हैं और ये विभिन्न परिमाण का झुकाव प्रदर्शित करते हैं। नतिलम्ब और नति एक दृश्यांश पर शैल परत के अभिविन्यास को व्यक्त करते हैं। नतिलम्ब, शैल परत के सतह और क्षैतिज सतह के प्रतिच्छेदन से बनने वाली रेखा की दिशासूचक की दिशा है। नति, नतिलम्ब के लम्बवत् मापा जाता है जो सिर्फ झुकाव का परिमाण है यानि क्षैतिज से शैल परत के झुकाव का कोण। परंतु परत अथवा संस्तर तल के नति का परिमाण विभिन्न दिशाओं में मापने पर परिवर्तनीय होता है। संरचनाओं के अभिविन्यास को समझने के लिए यह आवश्यक है कि क्षेत्र कार्य के दौरान दृश्यांश पर नति और नतिलम्ब को मापा जाये। वास्तव में क्षेत्र, संरचनात्मक, भूवैज्ञानिक के लिए वास्तविक प्रयोगशाला है। नति और नतिलम्ब का मापन क्लाइनोमीटर कम्पारा (clinometer compass) के द्वारा किया जाता है (चित्र 9.14)।

9.5.1 क्लाइनोमीटर कम्पास ञ्रवणतामापी कम्पास७

क्लाइनोमीटर/प्रवणतामापी कम्पास के अन्तर्गत एक कम्पास और प्रवणतामापी होता है। कम्पास में दिशा को पढ़ने के लिए बाहरी वृत्त में वृत्ताकार डायल होता है जो वामावर्त दिशा (anticlockwise direction) में 360 भागों में विभाजित होता है, जिसे दिगंशीय वृत्त (azimuthal circle) कहते हैं। जहाँ पर 0° अथवा 360° उत्तर को, 90° पूर्व को, 180° दक्षिण को और 270° पश्चिम को निरूपित करता है। इसमें एक चुम्बकीय सूई (magnetic needle) होती है। इच्छित दिशा को चुम्बकीय सूई पर चिन्हित N (उत्तर) की सहायता से डायल पर पढ़ा है। डायल पर एक भीतरी वृत दिशा E (पूर्व), NE (उत्तर पूर्व), NNE (उत्तर उत्तर पूर्व), W (पश्चिम) के द्वारा भी चिन्हित होता है जो सीधे दिशा पढ़ने के लिए बाह्य वृत्त के पूरक के रूप में होता है।

किसी रेखा का क्षैतिज से झुकाव को कम्पास में स्थित प्रवणतामापी के द्वारा पढ़ा जाता है (चित्र 9.14)। क्लाइनोमीटर निम्न भाग होते हैं :

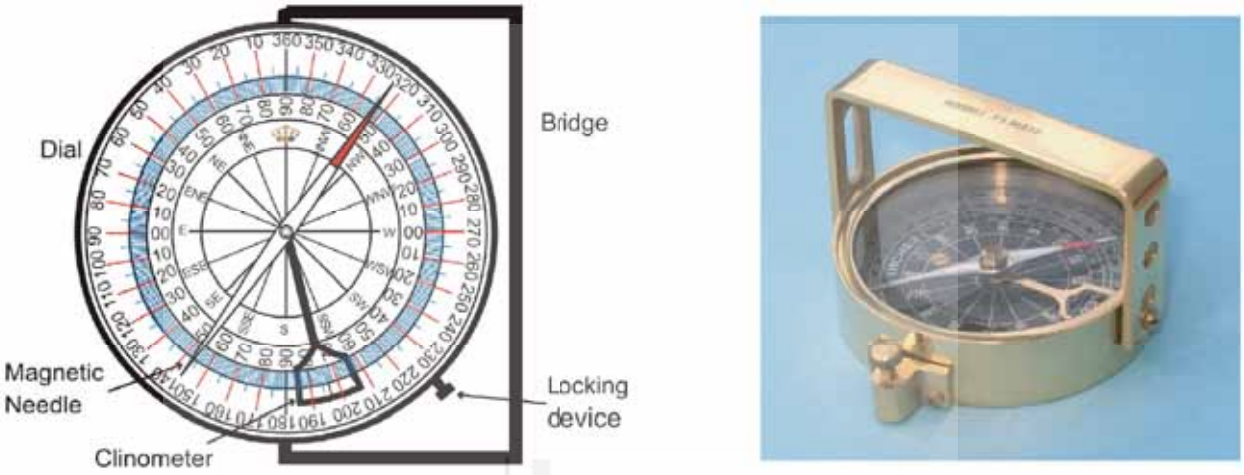
i) एक चुम्बकीय सूई साथ में रेखाओं द्वारा चिन्हित डायल (graduated dial)

ii) एक लोलक (pendulum)

iii) दोनों एक ढांचे में व्यवस्थित होते हैं जिसे ब्रिज कहा जाता है

क्लाइनोमीटर के ढांचे के अन्तर्गत खाली स्थान में सीधे कुछ आंकड़ों को लेने के लिए डायल में रेखाओं द्वारा चिन्हित 0° से 90° का भीतरी वृत्त है। झुकाव (अथवा नति

परिमाण) को पढ़ने को लिए ढांचे के छेद के बीच में स्थित एक चिन्ह का प्रयोग किया जाता है। संस्तर के झुकाव को पढ़ने के लिए डायल के बाहर फिट ब्रिज की सहायता ली जाती है। यह एक घूमने वाला ब्रिज है जो डायल के तल के समान्तर से डायल के तल के लम्बवत् 90° तक घूम सकता है। ब्रिज रेखा डायल के उत्तर–दक्षिण रेखा के सर्वदा समान्तर होती है। डायल घेरा के बाहर ताला बंद करने जैसी युक्ति है, ताला को दबाने पर चुम्बकीय सूई और प्रवणतामापी के आँकड़े को दृश्यांश से कम्पास हटा लेने के बाद भी पढ़ा जा सकता है।



चित्र 9.14: क्लाइनोमीटर/प्रवणतामापी कम्पास का आरेख और फोटोग्राफ।

9.5.2 नत संस्तरों के नतिलम्ब और नति का मापन

आपको अनुदेश दिया जाता है कि एक संस्तर के नतिलम्ब और नति मापने के क्रम में कृपया निम्नलिखित प्रक्रिया का पालन करें :

i) **नतिलम्ब दिशा मापने के लिए**

- संस्तर तल पर कम्पास इस प्रकार से रखें कि कम्पास का ब्रिज पूरी तरह से संस्तर तल को स्पर्श करे।
- कम्पास को इस प्रकार घुमाएं कि ब्रिज क्षैतिज हो जाए और ब्रिज का एक किनारा संस्तर तल को स्पर्श करे।
- क्षैतिज होने पर चुम्बकीय सूई स्वतंत्र रूप से घूमती है।
- सूई के रूक जाने पर दिगंशीय वृत्त पर दोनों किनारों को पढ़ें। दोनों किनारे नतिलम्ब को निरूपित करते हैं।

ii) **संस्तर के नति के परिमाण को मापने के लिए**

- संस्तर पर नतिलम्ब रेखा के लम्बवत् एक रेखा खीचिए। सुविधा के लिए इसे हम नति रेखा कहते हैं।
- इस रेखा के अनुदिश संस्तर तल पर इस प्रकार ब्रिज को रखें कि डायल तल उर्ध्वाधर रहे।
- प्रवणतामापी के ढांचे में आंकड़े का प्रेक्षण लें, जो नति परिमाण दर्शाता है।

iii) **नति की दिशा मापने के लिए**

- संस्तर पर खींची हुई नति रेखा पर ब्रिज को रखें लेकिन इस बार डायल का सम्मुख आसमान की ओर हो।
- अब कम्पास को क्षैतिज इस प्रकार घुमाएं कि ब्रिज और डायल पर N-S रेखा दोनों नति रेखा के समान्तर हो। ध्यान दें कि डायल में बना मुकुट (crown) (कई क्लाइनोमीटर कम्पास में N मुकुट के रूप में चिन्हित होता है) संस्तर के नति दिशा की ओर हो।
- क्षैतिज घुमाने पर चुम्बकीय सूई का चिन्हित सिरा नति दिशा को बताता है।
- आप अपने आंकड़े को दोबारा जांच सकते हैं क्योंकि नतिलम्ब और यथार्थ नति दिशा परस्पर लम्बवत् होता है।
- उर्ध्वाधर तल में यदि एक रेखीय संरचना का क्षैतिज से झुकाव मापते हैं तब उसे उस संरचना का अवनमन (plunge) कहते हैं। इस प्रकार तलीय संरचना की नति और रेखीय संरचना का अवनमन दोनों सदृश हैं।

एक रेखीय संरचना के अवनमन की भौगोलिक दिशा को दिक्मान (bearing) शब्द से सम्बोधित करते हैं।

बोध प्रश्न 2

a) समोच्च रेखा और स्थलाकृतिक मानचित्र को परिभाषित करें।

b) तलीय, अवतल और उत्तल ढालों के समोच्च रेखाओं के बीच क्या भिन्नता है?

c) तलीय और रेखीय संरचनाओं की सूची तैयार करें।

d) बहिर्वेधी और अन्तर्वेधी आग्नेय शैलों के अन्तर बताएं।

9.6 सारांश

संरचनात्मक भूविज्ञान ठोस पृथ्वी की शैल वास्तुकला का अध्ययन है। आइए हमने इस इकाई में जो पढ़ा है उसका संक्षेपण करते हैं।

- भूवैज्ञानिक संरचनाओं की ज्यामिती और विकास के अनुक्रम का अध्ययन संरचनात्मक भूविज्ञान के अधिकार क्षेत्र में आता है। शैलों में बहुत प्रकार के तलीय और रेखीय संरचनाएं अथवा उनके संयोजन विवर्तनिक बलों के कारण विकसित होते हैं।
- दृश्यांश और उनके पैटर्न भूमि सतह की संरचनाओं और स्थलाकृति के बीच पारस्परिक क्रिया से विकसित होते है। संरचनाओं का अध्ययन मुख्यतः दृश्यांश पर किया जाता है जहाँ ये संरचनाएं शैल में दिखती हैं।
- इन संरचनाओं के ज्यामितीय को समझने के लिए उनके अभिविन्यास का मापन दृश्यांश पर प्रवणतामापी कम्पास की सहायता से नतिलम्ब और नति मापने के द्वारा किया जाता है।

- समोच्च रेखाएं स्थलाकृतिक मानचित्र में उच्च और निम्न भूमि सतह को चित्रित करती हैं।

9.7 क्रियाकलाप

1. आप अपने क्षेत्र अथवा किसी भी क्षेत्र का एक स्थलाकृतिक मानचित्र प्राप्त करने की कोशिश करें। समोच्च रेखाओं को देखें और अपने पसन्द के क्षेत्र की ऊँचाई और निचाई का निर्धारण करें।

2. अपने क्षेत्र में शैलों में परतों को निरीक्षण करने की कोशिश करें। परतों के नति का परिमाण और दिशा तय करें। आनत संस्तर का नतिलम्ब मापन करने का भी प्रयास करें।

9.8 सात्रिक प्रश्न

1. संरचनात्मक भूविज्ञान के महत्व को विस्तृत करें।

2. क्षेत्र में संस्तर के नतिलम्ब और नति को कैसे मापते हैं, संक्षेप में चर्चा करें।

3. विभिन्न तलीय और रेखीय संरचनाओं की व्याख्या करें।

9.9 संदर्भ

- Billings, M.P. (1990) Structural Geology, Prentice Hall of India Pvt Ltd., 606p.

- Fossen, H. (2010) Structural Geology, Cambridge University Press, 463p.

9.10 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Lahee, F.H. (2002) Field Geology, (First Indian Edition). CBS Publishers and Distributors Pvt. Ltd., New Delhi, 926p.

- Mukherjee, P.K. (2000) A Text Book of Geology, The World Press, Kolkata, 638p.

- Singh, P. (2009) Engineering and General Geology, S.K. Kataria and Sons., 600p.

9.11 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) संरचनात्मक भूविज्ञान विरूपण से विकसित शैलों के वास्तुशिल्प का अध्ययन है। संरचनात्मक भूविज्ञान संरचना के ज्यामिती, वितरण एवं

निर्माण की व्याख्या करता है। संरचनात्मक भूविज्ञान और विवर्तनिकी साथ–साथ चलते है। तथापि संरचनात्मक भूविज्ञान विषय मुख्यतः शैलों के ज्यामितीय से संबंधित है जबकि विवर्तनिकी संरचनाओं को उत्पन्न करने वाले बलों और उनके संचलन की व्याख्या करता है। दूसरे शब्दों में दोनों संरचनात्मक भूविज्ञान और विवर्तनिकी पृथ्वी के स्थलमण्डल के बनने और परिणामस्वरूप विकसित संरचना को बतलाता है और हमारे ग्रह के बाहरी भागों में होने वाले परिवर्तन और आकृति देने वाली चाल को बतलाता है।

b) दोनों तलीय संरचनाएं तथा संस्तर तल अवसादी शैलों में और परतन आग्नेय शैलों में पायी जाती हैं।

c) पृथ्वी के सतह पर दिखने वाली शैल को दृश्यांश कहते हैं।

d) संस्तर की नति के दो भाग होते हैं दिशा और परिमाण, इसलिए यह एक सदिश राशि है।

e) नतिलम्ब के लम्बवत् किसी संस्तर के झुकाव के अधिकतम परिमाण को यथार्थ नति कहते हैं। यथार्थ नति के अतिरिक्त किसी दिशा में मापी गयी संस्तर की नति को आभासी नति कहते हैं। आभासी नति का परिमाण यथार्थ नति के परिमाण (जो अधिकतम होता है) से सर्वदा कम होता है और एक संस्तर के आभासी नति का परिमाण नतिलम्ब के दिशा में मापने पर शून्य होता है।

2. a) एक स्थलाकृतिक मानचित्र वह मानचित्र है जहाँ किसी क्षेत्र के सतह के लक्षणों को एक निश्चित स्केल (पैमाने) पर चित्रित किया जाता है। स्थलाकृतिक मानचित्र पर समोच्च रेखाएं काल्पनिक रेखाएं है जो वास्तविक रूप में सतह पर एक समान ऊँचाई के बिन्दुओं को निरूपित करती हैं।

b) एक स्थलाकृतिक मानचित्र में यदि समोच्च रेखाएं एक समान अन्तराल पर हैं तब यह समतलीय ढाल को निरूपित करेगा। एक अवतलीय ढाल में उच्च मान की समोच्च रेखाएं पास–पास होती हैं जबकि निम्न मान की समोच्च रेखाएं दूर–दूर होती हैं। उत्तल ढाल के लिए उच्च मान की समोच्च रेखाएं दूर–दूर होती हैं जबकि निम्न मान की पास–पास होती हैं।

c) तलीय संरचनाऐं – संस्तर तल, कायान्तरी शल्कन, आग्नेय शल्कन, संधि और भ्रंश तल। रेखीय संरचनाएं – खनिज रेखण, सूक्ष्मवलन रेखण, हिंज लक्षण पार्श्व, बूडिनाज, मूलियन और संशलाकन, और वलन हिंज रेखा।

d) जब मैग्मा पृथ्वी की सतह पर पहुंचता है तब यह बहिर्वेधी आग्नेय शैल का निर्माण करता है। जब मैग्मा स्थानीय शैल में प्रवेश करता है लेकिन पृथ्वी की सतह में नीचे ठोस हो जाता है तब अन्तर्वेधी आग्नेय शैल का निर्माण होता है।

सात्रिक प्रश्न

1. कृपया उपअनुभाग 9.2.7 का संदर्भ लें।
2. कृपया अनुभाग 9.5 का संदर्भ लें।
3. कृपया अनुभाग 9.4 का संदर्भ लें।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 10

वलन

इकाई की रूपरेखा

10.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
10.2 वलन
परिभाषा
भूवैज्ञानिक वलन से क्या निष्कर्ष निकालते हैं?
10.3 वलन के अवयव
10.4 वलन का ज्यामितीय वर्गीकरण
चाप दिशा के आधार पर
वलन के संस्तरों की तुलनात्मक आयु के आधार पर
सममिति के आधार पर
अक्षीय तल की नति के आधार पर
वलन हिन्ज रेखा के अवनमन के आधार पर
अक्षीय तल की नति और वलन हिन्ज रेखा के अवनमन के संबधों के आधार पर
बेलनाकार के आधार पर
वलित परतों के मोटाई के आधार पर
अन्तरापृष्ठ कोण के आधार पर
वलन के विशेष गुणों के आधार पर
10.5 वलन को पहचानने के मापदण्ड
10.6 वलन के कारण
10.7 सारांश
10.8 क्रियाकलाप
10.9 सान्त्रिक प्रश्न
10.10 सन्दर्भ
10.11 आगे / प्रस्तावित अध्ययन
10.12 उत्तर

10.1 प्रस्तावना

पिछली इकाई में हम संरचनात्मक भूविज्ञान का परिचय के बारे में सीख चुके हैं। अब आगे की दो ईकाइयों में हम लोग भूवैज्ञानिक संरचनाओं जैसे वलन, भ्रंश, संधि और विभंग के बारे में पढ़ेंगें, जो पृथ्वी के अन्दर कार्य करने वाले बलों के द्वारा शैलों में विरूपण के परिणामस्वरूप बनते हैं। ये भूवैज्ञानिक संरचनाएं केवल भूवैज्ञानिक इतिहास को रिकार्ड नहीं करते बल्कि ये पृथ्वी के प्रक्रियाओं जैसे पर्वत निर्माण को समझने में हमारी सहायता करते हैं। भूवैज्ञानिक संरचनाओं का ज्ञान, अभियांत्रिकी परियोजनाओं जैसे बांध, सुरंग, विद्युत उत्पादन के अवस्थान आदि के लिए स्थान को चुनने के लिये आवश्यक है। इसके साथ ही इनका ज्ञान उर्जा संसाधनों और मूल्यवान खनिज निक्षेपों को खोजने के लिए आवश्यक है।

इस इकाई में हम एक महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक संरचना यानि वलन की चर्चा करेंगे। वलन पृथ्वी के भूपर्पटी में शैलों के विरूपण का सबसे सामान्य रूप है, भ्रंशन के बारे में हम इकाई 11 में चर्चा करेंगे। वलन का आकार कुछ मिलीमीटर से हजारों किलोमीटर तक

हो सकता है। प्रभावशाली पर्वत श्रेणियां चाहे वे अरावली हो अथवा हिमालय वास्तव में ये वलन श्रेणियों का ढ़ांचा है। वलन शैल के तन्य अथवा प्लास्टिक विरूपण को निरूपित करता है और भ्रंश मुख्यतः विरूपण की भंगुर प्रकृति को निरूपित करता है। संस्तरण का वलन पृथ्वी के भूपर्पटी को घटाता है जो संपीड़न बलों (compressive forces) के परिणामस्वरुप होता है। **संपीडन बल**, कसी वस्तु अथवा पदार्थ को संपीड़ित करने से उत्पन्न होता है। वस्तु इसके कारण सघन हो जाती है।

भूवैज्ञानिक, इस अवधारणा से शुरुआत करते हैं कि प्राचीन समुद्र की तलहटी में संस्तरो का निक्षेपण मूल रूप से क्षैतिज और अविरूपित अवस्था में होता है। सावधानी से एकत्र किये हुए आंकड़े, परीक्षण और सभी के विस्तृत विवरण से एक भूवैज्ञानिक को क्रियाओं के सम्पूर्ण अनुक्रम को समझने में सहायता मिलती है। इस अनुभव और जानकारी से भूवैज्ञानिकों को भूगर्भीय अतीत में होने वाले विवर्तनिक घटनाओं के पुनःनिर्माण में सहायता मिलती है।

इस इकाई में हम वलन को परिभाषित तथा उसका वर्गीकरण करेगें तथा उनके उत्पन्न होने के कारणों और दृश्यांश पर पड़ने वाले प्रभाव की भी व्याख्या करेगें। हम क्षेत्र में वलन के पहचान के लिए मानकों के बारे में भी सीखेंगे।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई के अध्ययन के बाद आप :

- वलन को परिभाषित कर सकेगें;
- भूविज्ञान में वलन के महत्व की व्याख्या कर सकेगें;
- वलन को ज्यामिती के आधार पर वर्गीकृत करेगें;
- क्षेत्र में वलनों की पहचान के लिए मानको को स्पष्ट कर सकेगें; तथा
- वलन के कारणों को सूचीबद्व कर सकेगें।

10.2 वलन

वलन प्रभावशाली और आंखों को आकर्षक लगने वाली संरचना है, जो प्रायोगिक तौर पर किसी भी प्रकार के शैल में पायी जाता है। तथापि परतदार शैलों में वलन सबसे अच्छी तरह से पहचाना जाता है। भूवैज्ञानिक और यहां तक कि जो भूवैज्ञानिक नहीं है, उनके द्वारा भी वलन को पहचाना गया है, प्रशंसा की गयी है तथा खोज की गयी है। ये भूवैज्ञानिक भूतकाल के स्थानीय और प्रादेशिक विरूपण के इतिहास में हमारे लिए महत्वपूर्ण झरोखा है। आइए अब हम वलन को परिभाषित करते हैं।

10.2.1 परिभाषा

वलन संस्तर या शल्कन में तरंग की तरह लहरें हैं। ये पृथ्वी के बलों के कारण शैल परतों के संस्तर अथवा शल्कन तलों में मोड़ अथवा चापाकार होते हैं। वलन सामान्यतया परतदार शैलों में अवलोकित होते है। ये स्तरित शैल समूह जैसे अवसादी, परतदार ज्वालामुखी आग्नेय शैल और ज्यादातर कायान्तरित शैलों में उत्तम प्रदर्शित होते है।

शैलों में वलन कपड़ों की तह की तरह है, जैसे कि जब कपडे के दोनों किनारों को एक साथ पकड़कर दबाते हैं, तब यह वलन के रूप में आंकुचित (buckle) हो जाता है। इसी प्रकार शैल की परतों का जब बलों के द्वारा संपीड़न (compression) होता है तब वलन का विकास होता हे, क्योंकि इनमें संकुचन अथवा मुड़ने से वलन बनने के लिए सामर्थ्य है। वलन का बनने का प्रक्रम वलन के विकास की प्रक्रिया है। वलन का विकास कई तरह से हो सकता है। हम उसके बारे में इस इकाई में पढ़ेगें।

10.2.2 भूवैज्ञानिक वलन से क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

क्षेत्र में निरीक्षण भूवैज्ञानिक को कभी कभार ही पूरी सूचना देता है। या तो आधार शैल उपरिशायी (overlying) मृदा के कारण अस्पष्ट (obscured) होते है या अपरदन (erosion) के द्वारा बहुत से प्रमाण गायब हो जाते हैं। इसलिए भूवैज्ञानिक प्रमाण की खोज में रहते है, जिससे एक दूसरे संस्तर के संबधों को पहचाना जा सके। वलन भूवैज्ञानिक अध्ययन में निम्नलिखित कारणों से महत्वपूर्ण है :

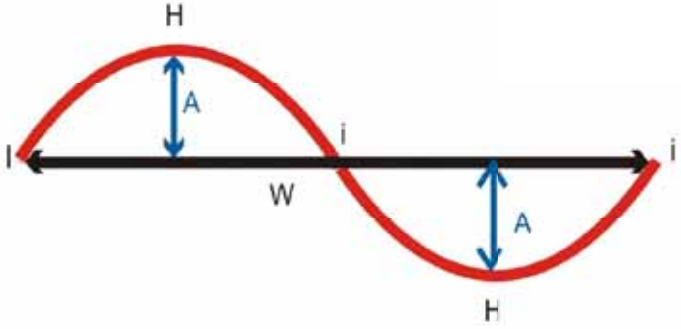
- गहराई में स्थित शैलों को पृथ्वी की सतह पर ला देते हैं।
- खनिजीय विलयन के निक्षेप के लिए स्थान के विकास को सुगम बना देते हैं।
- तेल और प्राकृतिक गैस के लिए अच्छे मेजबान का कर्य करते हैं।
- बहुत सुंदर प्राकृतिक दृश्य उत्पन्न करते हैं जिससे भूपर्यटन बढ़ सकता है।

10.3 वलन के अवयय

अब हम वलन के विभिन्न भागों अथवा अवयवों की व्याख्या करेगें।

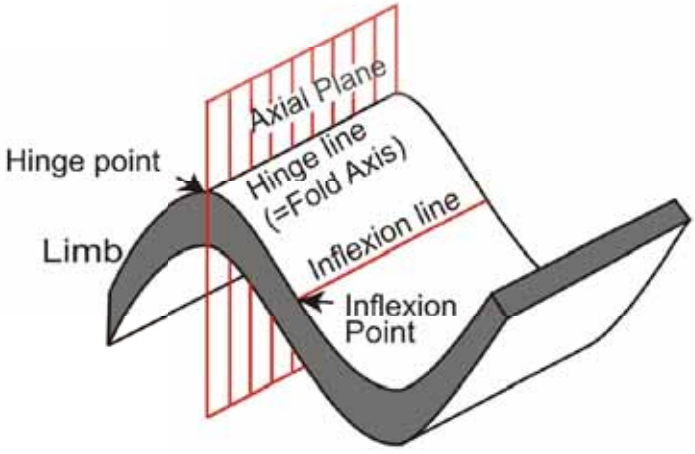
वलन आकृति विज्ञान के अन्तर्गत घटक/अवयव है जैसे :

- **वलन का तरंगदैर्घ्य (Wavelength of fold)**: जैसे कि आप पहले ही पढ़ चुके हैं कि वलन तरंग सदृश लहरें हैं जो परतदार शैलों में पायी जाती है। वलन का तरंगदैर्घ्य एक समान अवस्था में दो निकट बिन्दुओं की न्यूनतम दूरी है। इसको दो एकान्तर नतिपरिवर्ती बिन्दुओं के बीच दूरी के रूप में भी परिभाषित किया जाता है। व्यवहारिक उद्देश्यों के लिए दो क्रमिक नतिपरिवर्ती बिन्दुओं के बीच की दूरी को वलन का तरंगदैर्घ्य कहते हैं (चित्र 10.1)।
- **वलन का आयाम (Amplitude of fold)**: यह वलन के हिंज बिन्दु (hinge point) से वलन के दो क्रमिक नतिपरिवर्ती बिन्दुओं को मिलाने वाली रेखा पर खींची गयी लम्बवत् दूरी है।

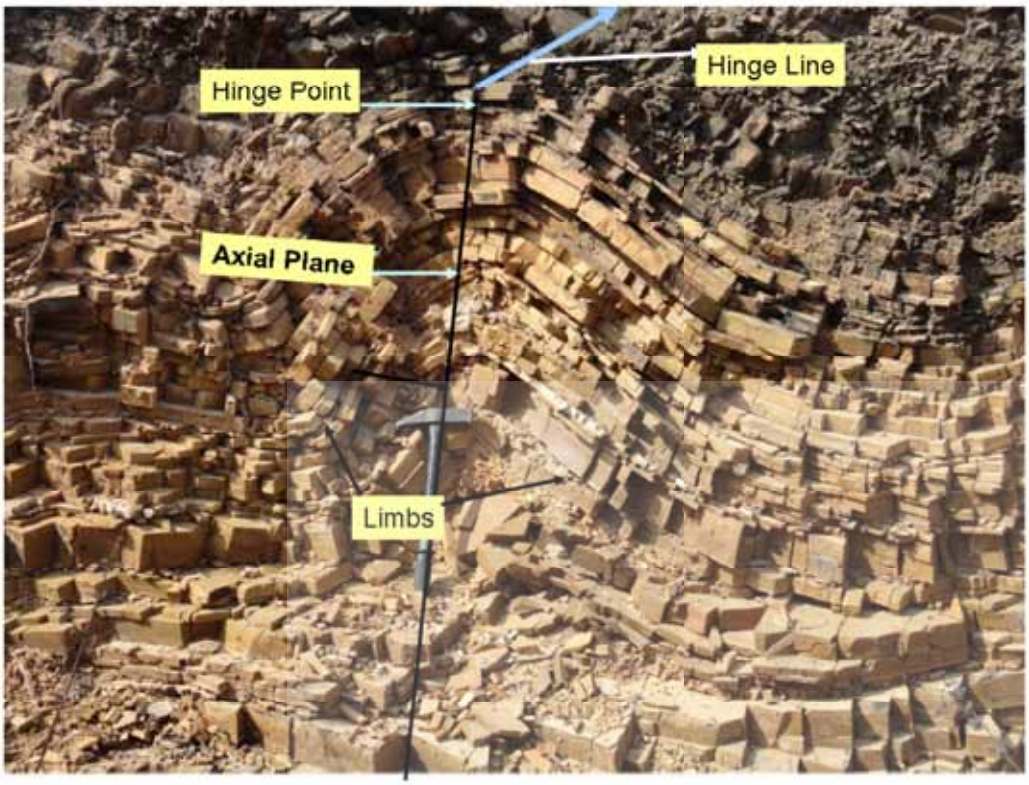


चित्र 10.1 : वलन के अवयव (प्रयोग किये हुए संक्षिप्त शब्दः W– तरंगदैर्घ्य, A– आयाम, H– हिंजबिन्दु, i– नतिपरिवर्ती बिन्दु inflexion point)।

- **हिन्ज बिन्दु (Hinge point)**: वलन के प्रोफाईल सेक्शन पर अधिक्तम गोलाई का बिन्दु है (चित्र 10.2)। वलन का प्रोफाईल वलन के हिन्ज रेखा के आरपार कहा हुआ परिच्छेद अथवा अनुप्रस्थ परिच्छेद (cross section) है।
- **हिन्ज क्षेत्र (Hinge zone)**: कभी–कभी वलन का अधिकतम गोलाई एक बिन्दु न होकर एक क्षेत्र होता है, तब उसे हिन्ज क्षेत्र कहते हैं। हिन्ज क्षेत्र वह क्षेत्र है जहां वलित सतह की नति थोड़ी दूर में बदलती है। ऐसे क्षेत्र को वलन संवरण (fold closure) भी कहा जाता है।
- **हिन्ज रेखा (Hinge line)**: यह एक रांतर तल के हिन्ज बिन्दुओं का बिन्दुपथ है। वलित संस्तर में अधिकतम गोलाई की रेखा को हिन्ज रेखा कहते हैं (चित्र 10.2)। दूसरे शब्दों में, हम यह कह सकते हैं कि हिन्ज रेखा वह रेखा है जिसके अनुदिश नति की दिशा परिवर्तित होती है और बहुत से वलनों पर अधिकतम गोलाई के परिमाण से मेल खाता है।
- **वलन अक्ष (Fold axis)**: यह एक काल्पनिक रेखा है जो अपने से समान्तर घूमने पर वलन की उत्पत्ति करती है। वलन की हिन्ज रेखा **वलन अक्ष** (fold axis) के सदृश होती है यदि यह सीधी होती है और वलन बेलनाकार प्रकृति का होता है (चित्र 10.2)।
- **नतिपरिवर्ती बिन्दु (Inflexion point)**: यह वलन का शून्य गोलाई वाला बिन्दु है जहां इसका रूप बदलता है। यह कहा जा सकता है कि यह वह बिन्दु है जहां वलन के परिच्छेद काट पर अपनति रूप (antiform) अभिनति रूप (synform) में अथवा अभिनति रूप अपनति रूप में परिवर्तित होता है (चित्र 10.1 और 10.2)।
- **नतिपरिवर्ती रेखा (Inflexion line)**: इस रेखा को वलित परत (folded layer) के नतिपरिवर्ती बिन्दुओं को मिलाने से प्राप्त किया जा सकता है। दूसरे शब्दों में नतिपरिवर्ती रेखा वह रेखा है जहां एक अपनति रूप अभिनति रूप में अथवा एक अभिनति रूप अपनति रूप में परिवर्तित होता है (चित्र 10.2)।
- **पाद (Limb)**: नतिपरिवर्ती बिन्दु और हिन्ज के बीच भाग को पाद कहते है (चित्र 10.2)।
- **अक्षीय सतह/तल (Axial surface/ plane)**: यह क्रमशः संस्तरों के वलन हिन्ज रेखाओं के मिलाने से बनता है। जब अक्षीय सतह समतल होता है तब उसे अक्षीय तल (चित्र 10.2) कहा जाता है।



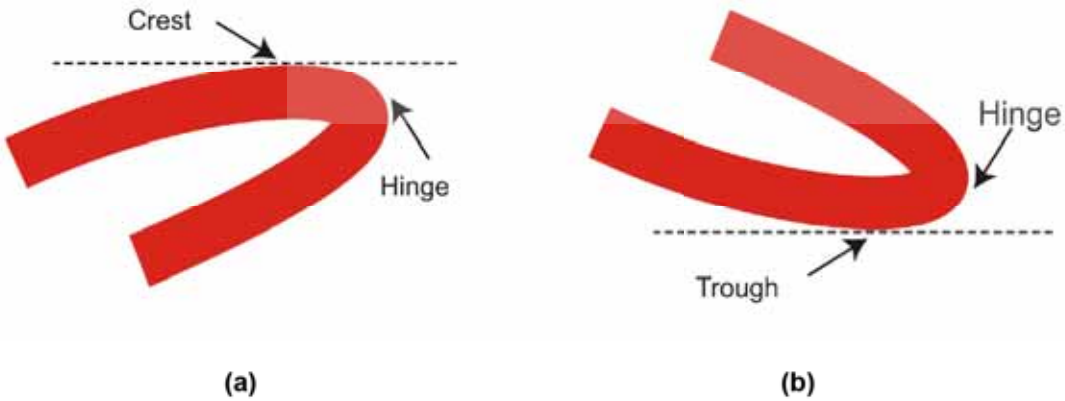
(a)



(b)

चित्र 10.2: a) वलन के भाग; और b) वलन का क्षेत्र छायाचित्र।

- **शीर्ष (Crest)** : यह वह बिन्दु है जो वलन के प्रोफाईल सेक्शन में सबसे उच्च स्थान पर अवस्थित है (चित्र 10.3a)।
- **गर्त (Trough)**: यह वह बिन्दु है जो वलन के प्रोफाईल सेक्शन में सबसे निम्न स्थान पर अवस्थित है (चित्र 10.3b)।
- **शीर्ष रेखा (Crestal line)**: यह वलन में सबसे ऊँचाई पर स्थित होता है तथा उसके परत के शीर्श बिन्दुओं को मिलाने से प्राप्त होता है (चित्र 10.4a)।
- **गर्त रेखा (Trough line)**: यह वलन में सबसे नीचे स्थित होती है और वलित परत के गर्त बिन्दुओं को मिलाने से प्राप्त होती है (चित्र 10.4b)।

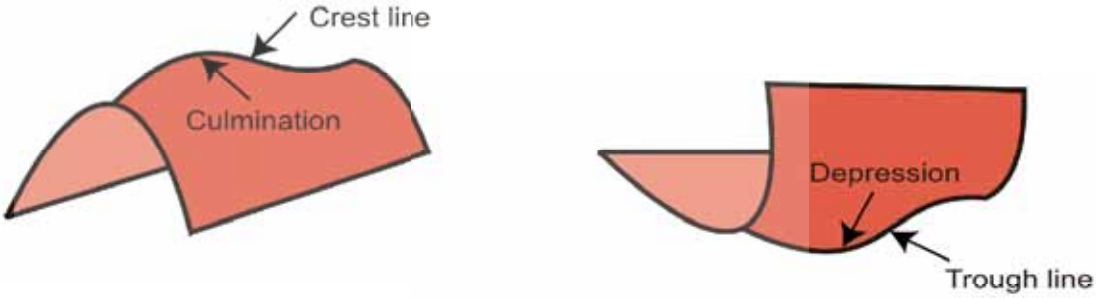


(a) (b)

चित्र 10.3: a) शीर्ष; b) गर्त।

- **सर्वोच्च (Culmination)**: यह शीर्ष रेखा पर अवस्थित सबसे उच्च बिन्दु है (चित्र 10.4a)।

- **अवनमन (depression)**: यह गर्त रेखा पर अवस्थित सबसे निम्न बिन्दु है (चित्र 10.4b)।
- **वलन संवरण (Fold closure)**: यह उस दिशा को इंगित करता है जिसमें पाद अभिमुख (converge) हो गये हों, जो कभी–कभी वलन के चापाकार (arching) और नोज (nose) जैसे शब्दों के द्वारा सम्बोधित किया जाता है। वलन संवरण की आकृति हिंज के चारों ओर वलित सतह की गोलाई में होने वाले परिवर्तन पर निर्भर करती है; यह बहुत तीक्ष्ण (sharp) तथा पाद (limb) अपेक्षाकृत सीधे हो सकते है, अथवा वलन के चारों ओर गोलाई अधिक चिकना हो सकता है।



चित्र 10.4: a) सर्वोच्च; और b) अवनमन।

10.4 वलन का ज्यामितीय वर्गीकरण

आइए हम वलन के ज्यामितीय वर्गीकरण की व्याख्या करते हैं।

वलन को ज्यामितीय रूप से विभिन्न प्राचलों (पैरामीटर) के आधार पर वर्गीकृत किया गया है, जिसकी हम निम्नलिखित अनुभाग में चर्चा करेगें।

10.4.1 चाप दिशा के आधार पर

- **अपनति (Antiform)** रूप एक वलन है जिसका चाप (arch) ऊपर की ओर होता है (चित्र 10.5a और b)।

चित्र 10.5: अपनति रूप; a) आरेख; और b) क्षेत्र छायाचित्र।

- **अभिनति (Synform)** रूप एक वलन है जिसका चाप नीचे की ओर होता है (चित्र 10.6a और b।
- **तटस्थ वलन (Neutral fold)** में चाप न तो ऊपर की ओर न तो नीचे की ओर होता है बल्कि बगल में होता है (चित्र 10.7a और b)।

(a) (b)

चित्र 10.6: अभिनति रूपः a) आरेख; और b) क्षेत्र छायाचित्र।

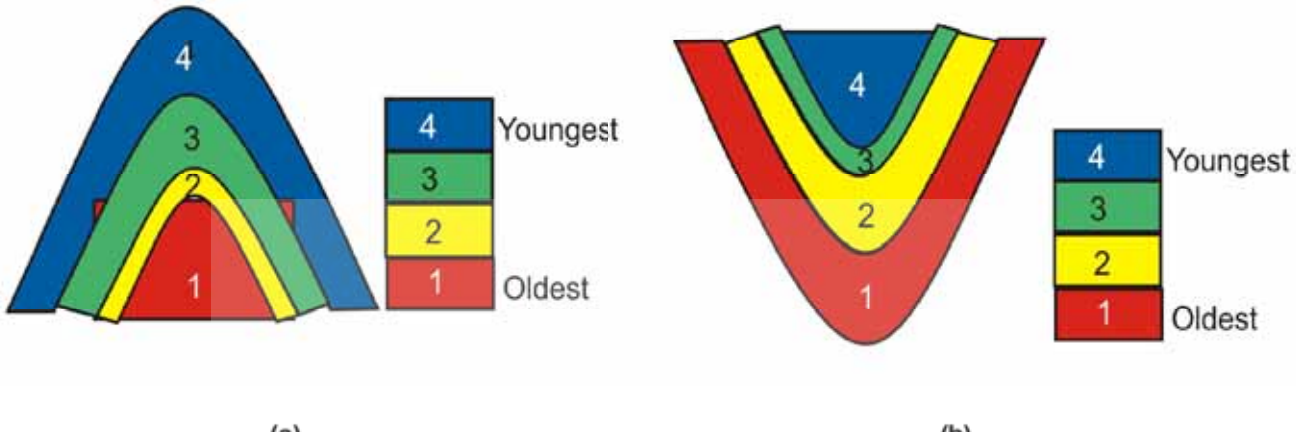
(a) (b)

चित्र 10.7: तटस्थ वलनः a) आरेख; और b) क्षेत्र छायाचित्र।

10.4.2 वलन के संस्तरों की तुलनात्मक आयु के आधार पर

- **अपनति** : यह एक वलन है जिसके क्रोड (core) में पुरानी शैलें होती है (चित्र 10.8a)।
- **अभिनति** : यह एक वलन है जिसके क्रोड में नई शैलें (younger rocks) विद्यमान होती है (चित्र 10.8b)।
- **अपनति रूप अपनति (Antiformal anticline)** : इस दिशा में वलन का चाप ऊपर की ओर होता है तथा क्रोड में पुरानी शैल होती है (चित्र 10.8a)।
- **अभिनति रूप अभिनति (Synformal syncline)** : यह एक वलन है जिसमें चापाकार नीचे की ओर होता है तथा नई शैल क्रोड में होती हैं (चित्र 10.8b)।
- **अपनति रूप अभिनति (Antiformal syncline)** : अपनति रूप अभिनति एक वलन है जिसका चाप ऊपर की ओर होता है, और वलन के क्रोड में नई शैल होती है (चित्र 10.9a)।

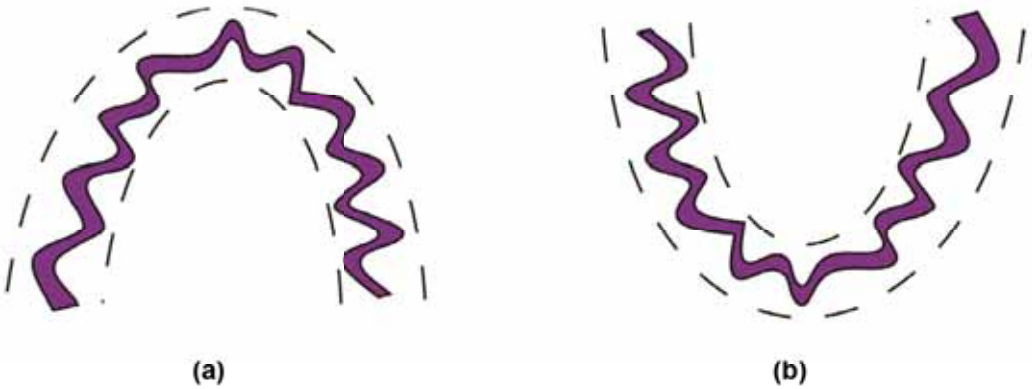
- **अभिनति रूप अपनति (Synformal anticline)**: अभिनति रूप अपनति में वलन का चाप नीचे की ओर होता है और वलन के क्रोड में पुरानी शैल (older rocks) होती है (चित्र 101.9b)।



चित्र 10.8 : a) अपनति/अपनति रूप अपनति; और b) अभिनति/अभिनति रूप अभिनति।

चित्र 10.9: a) अपनति रूप अभिनति; और b) अभिनति रूप अपनति।

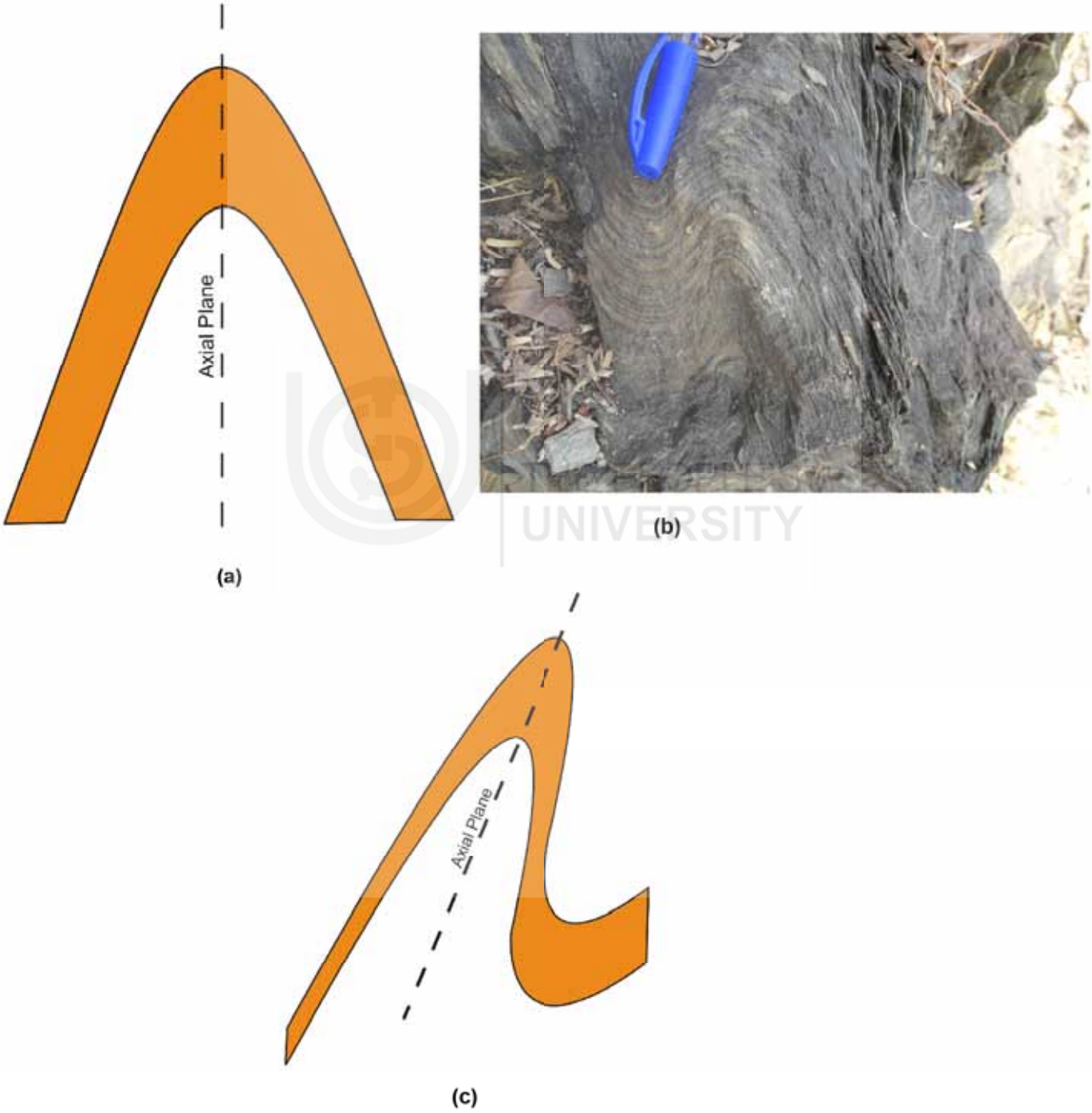
- **समपनति (Anticlinorium)** : यह एक बृहत अपनति है जिसमें बहुत से छोटे अपनति और अभिनति होते हैं (चित्र 10.10a)।
- **समभिनति (Synclinorium)** : यह एक बृहत अभिनति है जिसमें बहुत से छोटे अपनति और अभिनति होते हैं (चित्र 10.10b)।



चित्र 10.10: a) समपनति; और b) समभिनति।

10.4.3 सममिति के आधार पर

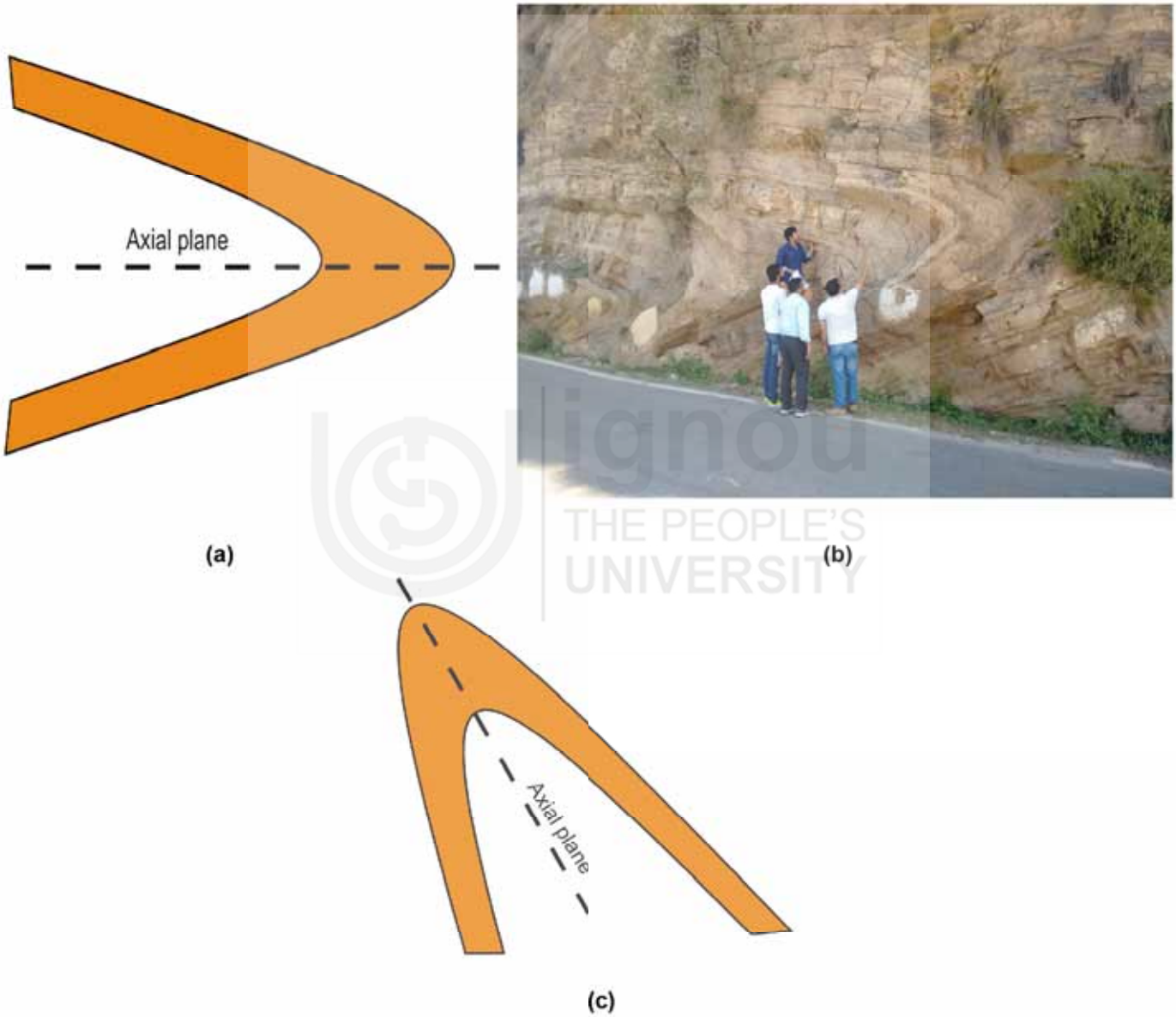
- **सममित वलन (Symmetrical fold)**: सममित वलन में अक्षीय तल इसे दो भागों में बांटता है, जो एक दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब होते हैं (चित्र 10.11a)।
- **असममित वलन (Asymmetrical fold)**: असममित वलन में अक्षीय तल इसे दो भागों में बांटता है, जो थोड़ा टेढ़ा होता है, जिससे कि ये एक दूसरे के दपर्ण प्रतिबिम्ब नही होते हैं (चित्र 10.11b)।



चित्र 10.11: a) सममित वलन; b) सममित वलन का क्षेत्र छायाचित्र; और c) असममित वलन (Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya)।

10.4.4 अक्षीय तल की नति के आधार पर

- **शयान वलन (Recumbent fold)**: इस प्रकार के वलन में अक्षीय तल लगभग क्षैतिज होता है। ऐसे वलन में अक्षीय तल की नति 0° ये 10° के बीच होती है (चित्र 10.12a)।
- **आनत वलन (Inclined fold)**: जब अक्षीय तल की नति 10° से अधिक होती है, उसे आनत वलन कहते है (चित्र 10.12b)।



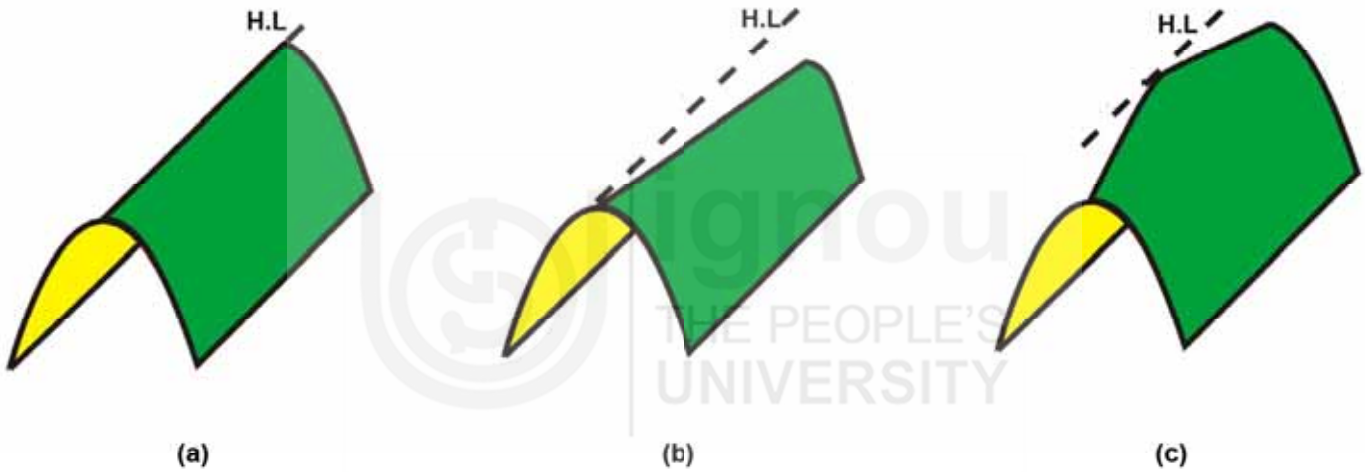
चित्र 10.12: **a) शयान वलन; b) नाइसी शैल में शयान वलन का क्षेत्र छायाचित्र** (Photo credit: Dr. Dinesh Sati); **और c) आनत वलन।**

10.4.5 वलन हिन्ज रेखा के अवनमन के आधार पर

जैसा कि हम जानते हैं कि **अवनमन** (plunge) एक रेखा अथवा **रेखण** (lineation) का क्षैतिज से झुकाव होता है। सधारण प्रकार के वलन में अक्ष क्षैतिज अथवा हल्का आनत होता है लेकिन यह तीक्ष्ण आनत अथवा उर्ध्वाधर हो सकता है। अक्ष का क्षैतिज से झुकाव का कोण अवनमन कहलाता है। वलन के अक्ष के आनत कोण का क्षैतिज से

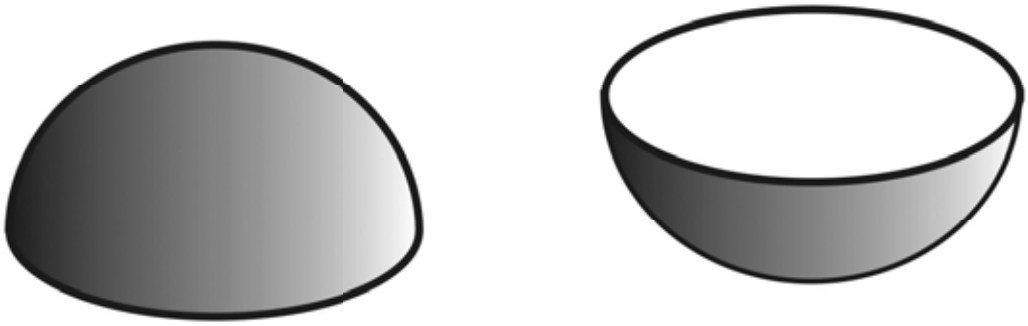
मापन को **अवनमन** कहते है। किसी रेखा का अवनमन हमेशा उर्ध्वाधर तल में मापा जाता है। वलन को हिन्ज रेखा अथवा वलन अक्ष के अवनम्न के आधार पर निम्न की तरह वर्गीकृत किया गया है।

- **अनवनमनी वलन (Non plunging fold)**: वलन हिन्ज रेखा का अवनमन शून्य होता है (चित्र 10.13a)।
- **अवनमनी वलन (Plunging fold)**: वलन हिन्ज रेखा के अवनमन का परिणाम शून्य से अधिक होता है (चित्र 10.13b)।
- **द्विअवनमनी वलन (Doubly plunging fold)**: यह एक संरचना है जिसमें वलन हिन्ज रेखा सर्वोच्च (culmination) से दो विपरीत दिशा में अवनमन करता है (चित्र 10.13c)। एक द्विअवनमनी अपनति में अवनमन सर्वोच्च से बाहर की ओर होता है जबकि एक द्विअवनमनी अभिनति में अवनमन गर्त की ओर होता है।



चित्र 10.13 : a) अनवनमनी वलन; b) अवनमनी वलन; और c) द्विअवनमनी वलन। H.L. हिन्ज रेखा दर्शाता है।

- **गुम्बद (Dome)**: गुम्बद शैल परतों का एक चौड़ा वृत्ताकार ऊपर की ओर उभार वाला सर्वतोनतिक (quaquaversal) अपनति रूप संरचना है। नक्शे पर गुम्बद की रूपरेखा वृत्ताकार होती है और पूरी संरचना एक उलटा कटोरा की तरह होता है। किसी केन्द्रीय बिन्दु से बाहर की ओर सभी तरफ नति वाली संरचनाओं को **सर्वतोनतिक** कहते है। गुम्बद के पार्श्व संस्तर एक बिन्दु को चारों ओर से घेरे होते हैं और नति अरीय (radial) रूप से बाहर की ओर होती है (चित्र 10.14a)। पेट्रोलियम के अनुसंधान में गुम्बद का बहुत महत्व समझा जाता है।
- **द्रोणी (Basin)**: यह एक विशेष प्रकार का वलन है जो प्रकृति में अभिनति रूप तथा नक्शे पर इसकी रूपरेखा वृत्ताकार होता है। इसकी नति अभिकेन्द्री (centripetal) अर्थात् सभी दिशा से एक बिन्दु की ओर होती है। यह एक कटोरा सदृश दिखता है (चित्र 10.14b)।



(a) (b)

चित्र 10.14: a) गुम्बद; और b) द्रोणी।

वलन के ज्यामितीय वर्गीकरण के बारे में और अधिक पढ़ने से पहले हम अपनी प्रगति को जाँचते हैं।

बोध प्रश्न 1

a) हिन्ज रेखा और वलन अक्ष को परिभाषित कीजिये।

b) अपनति रूप अभिनति और अभिनति रूप अपनति में अन्तर बताइए।

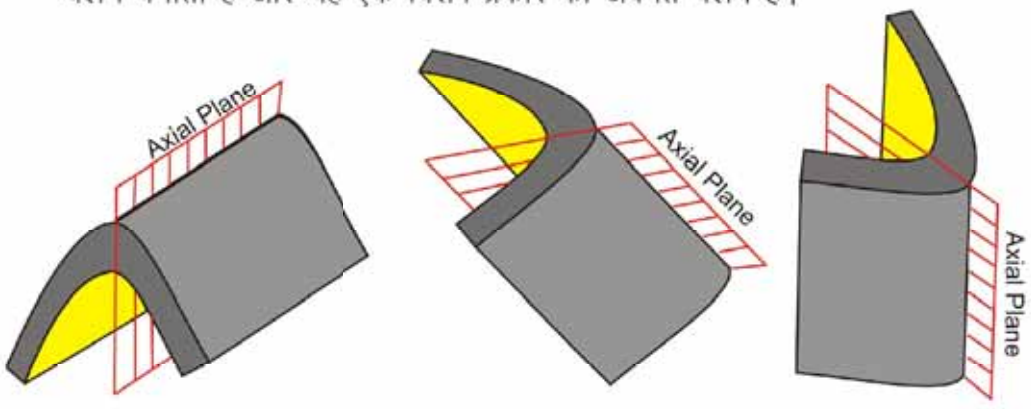
c) नति और अक्षीय तल के आधार पर वलन का वर्गीकरण कीजिये।

d) गुम्बद और द्रोणी में अन्तर बताइए।

अब हम वलन के ज्यामितीय वर्गीकरण के कुछ अतिरिक्त मानकों का अध्ययन करते हैं।

10.4.6 अक्षीय तल की नति और वलन हिन्ज रेखा के अवनमन के संबधों के आधार पर

- **खड़ा वलन (Upright fold)**: यह एक वलन जिसका अक्षीय तल उर्ध्वाधर तथा वलन हिन्ज रेखा का अवनमन शून्य होता है (चित्र 10.15a)।
- **अवनत वलन (Reclined fold)**: वलन जिसमें अक्षीय तल का परिमाण और दिशा तथा वलन हिन्ज रेखा का अवनमन एक समान होता है (चित्र 10.15b)।
- **उर्ध्वाधर वलन (Vertical fold)**: इस वलन में अक्षीय तल की नति और वलन हिन्ज रेखा का अवनमन 90° होता है (चित्र 10.15c)। यह प्रत्यक्ष रूप से उर्ध्वाधर वलन बनाता है और यह एक विशेष प्रकार का अवनत वलन है।



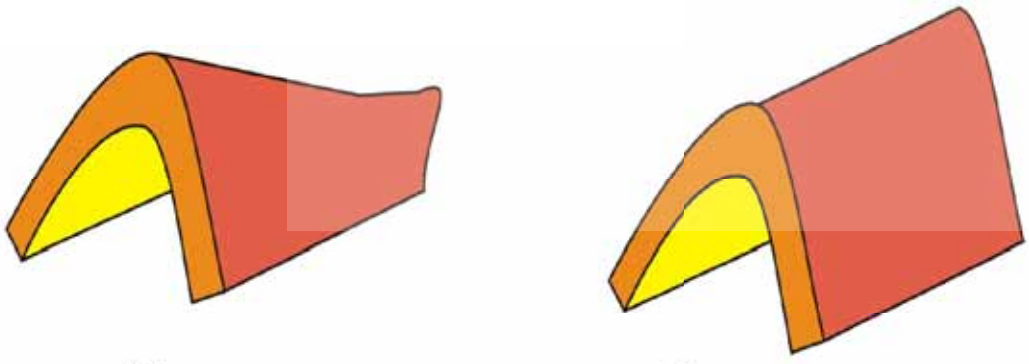
(a) (b) (c)

(d)

चित्र 10.15: a) खडा वलन; b) अवनत वलन; c) उर्ध्वाधर वलन; और d) खड़े वलन का क्षेत्र छायाचित्र। (Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya)

10.4.7 बेलनाकार के आधार पर

- **बेलनाकार वलन (Cylindrical fold)**: यह एक प्रकार का वलन है जिसका वलन अक्ष (fold axis) स्वयं के समान्तर घूमने पर बेलनाकार वलन उत्पन्न करता है (चित्र 10.16a)। वलन का आरेख प्रायः बेलनाकार संरचना की तरह होता है अर्थात इसका वलन अक्ष सीधा होता है और जब वह अपने के समान्तर घूमता है तब वह उसी पीढ़ी का अकेला वलन उत्पन्न करता है। बेलनाकार का अक्ष वलन अक्ष के समान्तर होता है। बेलनाकार वलन, इसके अक्ष के समान्तर सेक्शन में सीधी रेखा में दिखता है, जबकि किसी दूसरे सेक्शन में वलित सतह का आरेख लगभग वलन की तरह तरंगित आकृति (wavy shape) का होता है (चित्र 10.16a)।
- **अबेलनाकार वलन (non-cylindrical fold)**: यह वलन स्वयं वलन अक्ष के समान्तर घूमने पर उत्पन्न नहीं होता है (चित्र 10.16b)।



(a) (b)

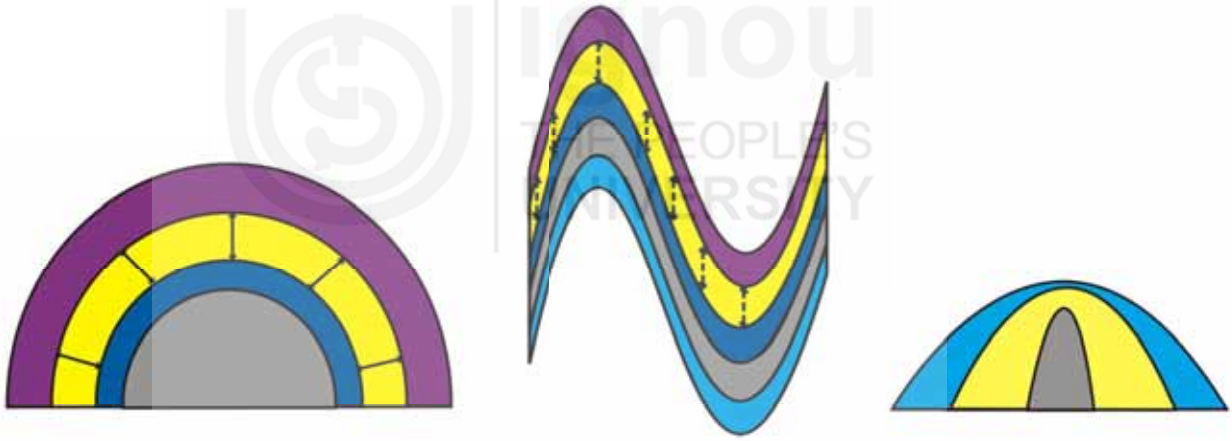
चित्र 10.16: a) बेलनाकार वलन; और b) अबेलनाकार वलन।

10.4.8 वलित परतों के मोटाई के आधार पर

वलित परत की मोटाई समान्यतः वलन के प्रोफाईल सेक्शन पर मापा जाता है। वलन का प्रोफाईल सेक्शन वह उर्ध्वाधर तल है जो वलन अक्ष के लम्बवत् होता है।

इस प्रकार प्रोफाईल सेक्शन पर मापी गयी मोटाई के आधार पर वलन को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है :

- **समान्तर अथवा संकेन्द्री वलन (Paralled or Concentric fold)**: यह समान्तर वलन है जिसमें परत के लम्बवत् मापी गयी मोटाई को लाम्बिक (orthogonal) मोटाई कहा जाता है तथा जो पूरे परत के लिए एक रामान रहती है (चित्र 10.17a)। प्रत्येक वलन के संस्तर लगभग संकेन्द्री (concentric) होते हैं अर्थात् क्रम में सभी संस्तर ऐसे चाप में मुड़े रहते हैं जिनका वक्रता केन्द्र (centre of curvature) एक होता है। रांस्तर की वक्र के चारों ओर अपने घटक की मोटाई एक समान बनाए रखते है, और वलन के पाद के संस्तर अथवा की मोटाई में घटाव तथा क्षीणन होता है।
- **समरूप वलन (Similar fold)**: यह एक वलन है जिसमें संस्तर की मोटाई अक्षीय सतह (axial surface) के समान्तर मापने पर पूरे परत में एक समान होती है। हिन्ज क्षेत्र में वलित संस्तर की लाम्बिक मोटाई पाद क्षेत्र की तुलना में अधिक हो सकती है (चित्र 10.17b)। वलन के पादों में संस्तर पतला होता है और सामान्यतया इसमें जबरदस्त अक्षीय तल विदलन (axial plane cleavage) विकसित होता है।
- **अतितनु वलन (Suprataneous fold)**: अक्षीय क्षेत्र में परत की लाम्बिक मोटाई पाद क्षेत्र की अपेक्षा कम होती है (चित्र 10.17c)।



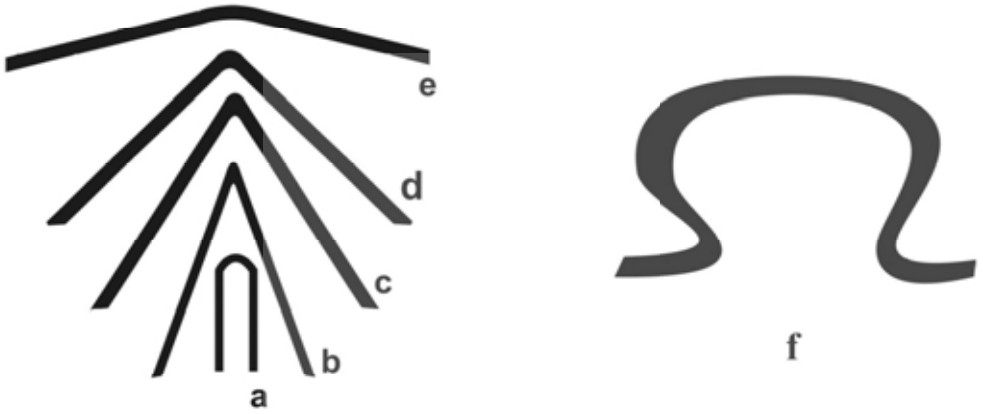
चित्र 10.17: a७ समान्तर वलन; b७ समरूप वलन; और c७ अतितनु वलन।

10.4.9 अन्तरापाद कोण के आधार पर

वलन की तनाव (tightness) को उसके पादों के बीच कोण के आकार तथा माप के आधार पर परिभाषित किया जाता है। मंद वलन का अंतरापाद (interlimb) कोण 120° से 180° के बीच होता है। अन्तरापाद कोण प्रोफाईल सेक्शन पर मापित एक वलन के दो पादों के बीच का कोण है। अन्तरापाद कोण के आधार पर वलनों के निम्नलिखित प्रकार हैं :

वलन प्रकार	अन्तरापाद कोण
1– समनतिक वलन	0- 10° (चित्र 10-18a)
2– टाइट (तंग) वलन	10-30° (चित्र 10-18b)

3– संवृत वलन	30-70° (चित्र 10.18c)
4– विवृत वलन	70-120° (चित्र 10.18d)
5– मंद वलन	>120° (चित्र 10.18e)
6– पंख वलन	< 0°) (चित्र 10.18f) (ऋणात्मक अन्तरापाद कोण)

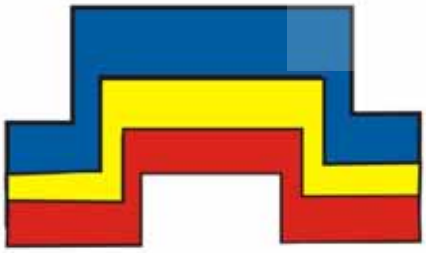


चित्र 10.18: a) समनतिक वलन (isoclinal); b) टाइट (tight) वलन; **c) संवृत** (close) वलन; **d) विवृत** (open) वलन; **e)** मंद (gentle) वलन; **और f)** पंख (fan) वलन।

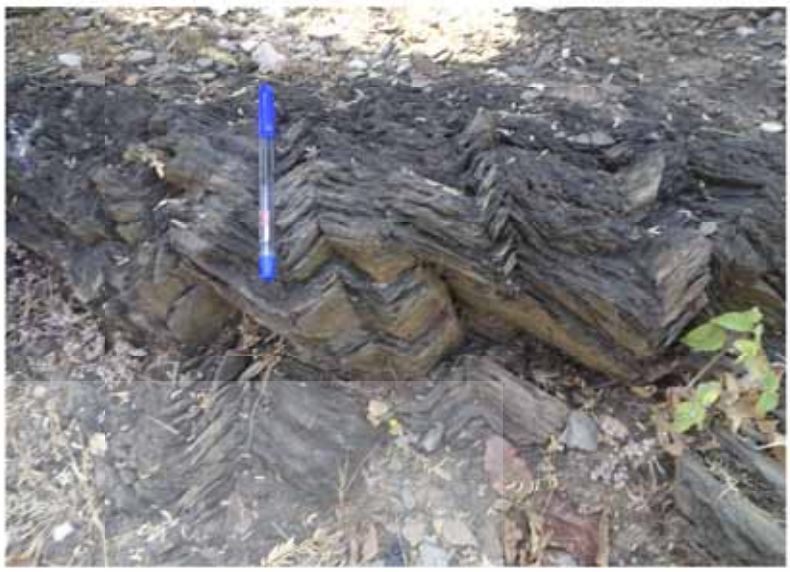
समनतिक वलन, प्रतिवलन (overfolding) का एक विशेष प्रकार है जिसमें एक वलन के दोनों पादों के नति का परिमाण और दिशा एक समान होता है (*isos*= एक समान; *clino*= ढ़ाल) जैसा कि नाम से पता चलता है।

10.4.10 वलन के विशेष गुणों के आधार पर

- **बक्स वलन (Box fold)**: यह एक विशेष प्रकार का वलन है जिसमें दो हिन्ज होते हैं (चित्र 10.19a)।



(a)

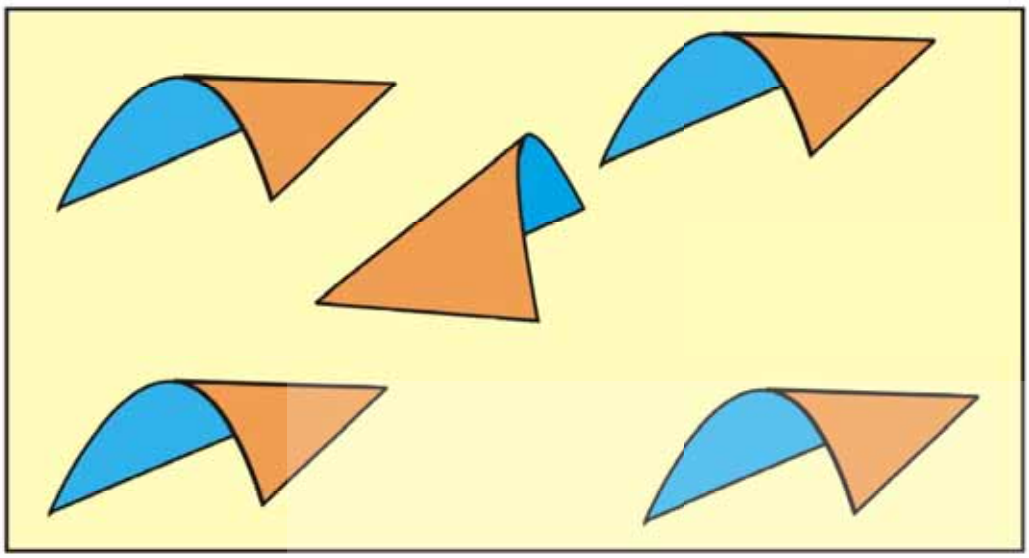


(b)

(c)

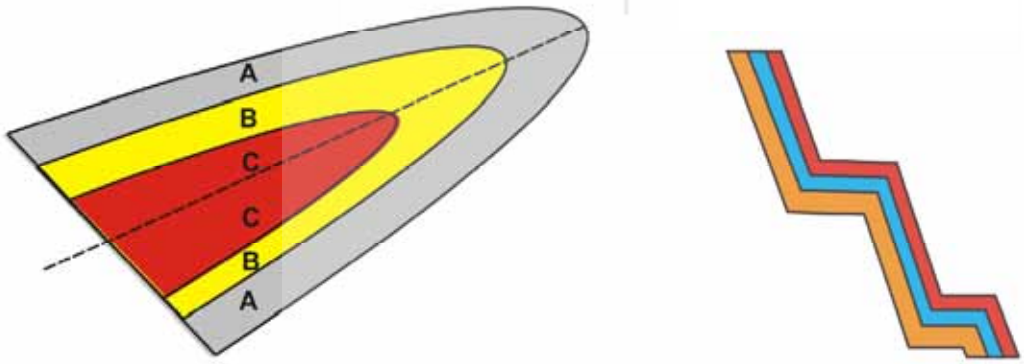
चित्र 10.19: a) बक्स वलन आरेख तथा क्षेत्र फोटोग्राफ; b) निकुंच वलन का आरेख तथा क्षेत्र छायाचित्र; और c) कोणीय वलन। (Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya)

- **निकुंच वलन (Kink fold)**: यह एक विशेष प्रकार का असममित (asymmetrical) वलन है जिसका हिन्ज पैना तथा पाद सीधे होते हैं। निकुंच वलन पतली पट्टियों में पाया जाता है जहाँ संस्तर की नति स्थानीय रूप से तीक्ष्ण (steeper) अथवा मंद (gentle) हो जाता है। पट्टी जिसमें निकुंच वलन मिलता है, उसे **निकुंच पट्टी** कहते हैं। निकुंच वलन अथवा पट्टी पतले परतदार अथवा शल्कित शैलों में पाया जाता है तथा इनका विस्तार कुछ इंच से एक मीटर तक होता है (चित्र 10.19b)।
- **कोणीय वलन (Chevron fold)**: यह एक विशेष प्रकार का वलन है जिसका हिन्ज पैना तथा पाद सीधे होते हैं। इनको **कन्सर्टिना** (concertina) अथवा **एकॉर्डियन** (accordian) वलन भी कहा जाता है। सामान्यतया कोणीय वलन के दोनों पाद अक्षीय तल के आर–पार एक समान आकार के और सममित (symmetrical) (दर्पण प्रतिबिम्ब रूप) होते हैं (चित्र 10.19c)।
- **एनएशलॉन वलन (En-echlon fold)**: यह वलनों का एक समूह है जिसमें प्रत्येक वलन का विस्तार अधिक नही होता है बल्कि अंशतः एक दूसरे को ढ़के रहते हैं (चित्र 10.20)। शब्द एनएशलॉन शैल में कम अन्तराल, समान्तर अथवा लगभग समान्तर, एक दूसरे को ढ़का हुआ अथवा सीढ़ीनुमा छोटा संरचनात्मक लक्षण (भ्रंश और तनन विभंगों) है जो समस्त संरचनात्मक प्रवृत (trend) के तिर्यक (oblique) पाया जाता है।



चित्र 10.20: एनएशलॉन वलन।

- **प्रतिवलित वलन अथवा प्रतिवलन (Overturned fold or Overfold)**: इसमें वलन के विपरीत पाद के संस्तरों की नति एक ही दिशा में एक समान अथवा भिन्न परिमाण में होता है। इस स्थिति में एक पाद के संस्तर सामान्य तथा दूसरा पाद विपरीत स्तरिक (stratigraphic) अनुक्रम में होता है (चित्र 10.21a)। यह एक वलन को निरूपित करता है। जिसमें यदि हम वलन के अक्षीय तल के आर पार एक उध र्वाधर रेखा खींचते हैं तब हम वहां स्तरिक अनुक्रम विपरीत–क्रम पा सकते हैं; अर्थात् पुराना (AB) और नया परत (BC) अनुक्रम एक दूसरे के ऊपर विपरीत क्रम में होंगें। एक प्रतिवलित वलन अथवा प्रतिवलन का अक्षीय तल इतना आनत होता है एक पाद के संस्तर प्रतिवलित होते हैं।



(a) (b)

चित्र 10.21 : a) प्रतिवलित वलन; और b) संरचनात्मक वेदिका।

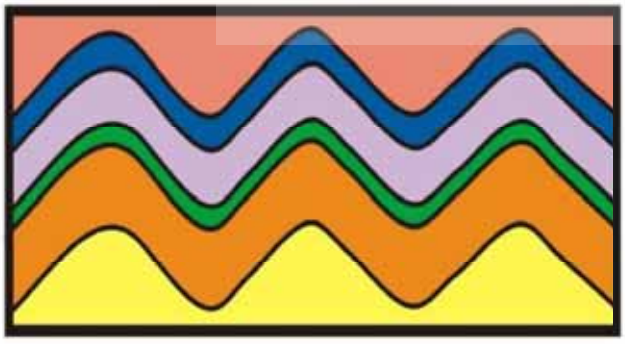
- **संरनात्मक वेदिका (Structural terrace)** : एक क्षेत्र में मध्यम अथवा तीक्ष्ण नति वाले शैलों के संस्तर जब स्थानीय रूप में क्षैतिज नति प्राप्त करता है, तब संरचना को संरचनात्मक वेदिका अथवा संरचना बेंच कहा जाता है (चित्र 10.21b)।

- **एकनतिक (Monocline)** : क्षैतिज रूप में स्तरित शैलों के एक क्षेत्र में जब संस्तरों में स्थानीय लगभग खड़ी ढाल पाया जाता है तब इसे एकनतिक कहा जाता है। एकनतिक को कभी–कभी अपनतिक मोड़ (anticlinal bend) भी कहते हैं (चित्र 10.22a और b)।

(a) (b)

चित्र 10.22: एकनतिक वलन a) आरेख; और b) क्षेत्र छायाचित्र।

- **भूअपनति (Geanticline)**: यह भूअभिनति के सन्निकट बहुत बड़ा उठा हुआ क्षेत्र होता है।
- **भूअभिनति (Geosyncline)**: यह एक बहुत बड़ा गर्त अथवा द्रोणी होता है जो समुद्र में पाया जाता है और जो अवसादों की बड़ी मोटाई एकत्र कर सकता है।
- **ओरोक्लाइन (Orocline)**: कभी–कभी अधिक वलित पर्वत श्रेणियों से बना हुआ सम्पूर्ण पर्वत मेखला स्पष्ट मोड़ प्रदर्शित करता है, जिसे ओरोक्लाइन कहते हैं।
- **संस्तरवेधी अथवा अन्तर्वेधी वलन (Piercing or Diapric fold)**: अन्तर्वेधी वलन स्थानीय अपनति रूप संरचना है जो खनिज नमक (rock salt) अथवा जिप्सम (gypsum) द्वारा नीचे के संस्तरों से प्रवाहित होने, तथा जहां पर एकत्र हो जाते हैं वहां स्थानीय रूप से चापाकार होने से बनता है। यह वलन अविवर्तनिक कारणों से बनता है।
- **सुसंवादी वलन (Harmonic fold)**: यह वह बहुपरत वलन है जिसमें सभी परतों का तरंगदैर्ध्य और आयाम एक समान होता है (चित्र 10.23a)।
- **विविधरूपी वलन (Disharmonic fold)**: यह एक बहुपरत वलन है जिसमें विभिन्न परतों में तरंगदैर्ध्य और आयाम एक समान नही होता है (चित्र 10.23b)।



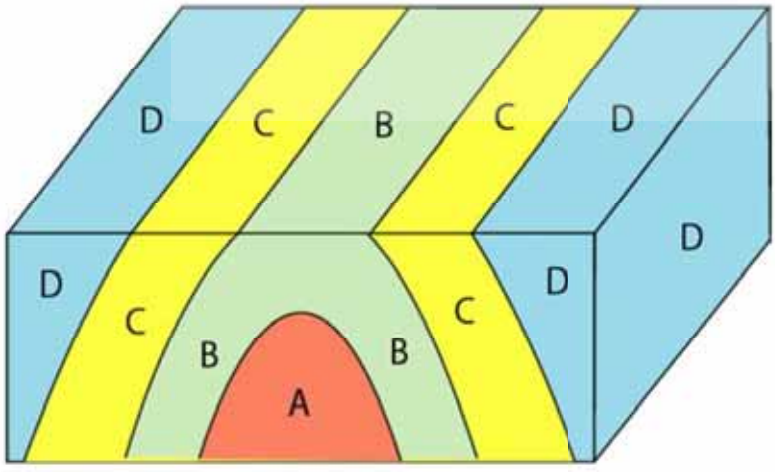
(a) (b)

चित्र 10.23 : a) सुसंवादी वलन; और b) विविधरूपी वलन।

10.5 वलन को पहचानने के मापदण्ड

हम ने इकाई 5 शैल अपक्षय में पढ़ा है कि भूवैज्ञानिक क्रियाओं यथा हवा, नदी, हिमनद, भौम जल आदि से अपक्षय और अपरदन होता है तथा इसके परिणामस्वरूप ऊँची सतहें नीची हो जाती हैं। वलित सतहों के अपरदन से दृश्यांश उत्पन्न होते हैं जैसे कि एक पाद के संस्तरों का अनुक्रम (यद्यपि शायद विपरीत क्रम में) दूसरे पाद में पुनः दिखता है। एक अपरदित अपनति में वलन के केन्द्र में पुराने शैल होते हैं तथा जैसे बाहर को जाते हैं दृश्यांश में क्रमशः नए संस्तर मिलते हैं। एक अपरदित अभिनति में इसका उल्टा होता है। सबसे नए संस्तर संरचना के क्रेन्द्र में पाए जाते हैं और क्रमशः पुराने संस्तर बाहर जाने पर मिलते हैं। वलन प्रायः सतह में, सतह पर और नग्न आंखों से पहचाने जाते हैं लेकिन कभी–कभी वलनों को पहचानना संभव नहीं होता है। यहां पर निश्चित कुछ विरूपण हैं जो सतह को परिवर्तित कर देते हैं और वलनों को सीधे पहचानने के लिए कठिन बना देते हैं। वलन को क्षेत्र में पहचानने अथवा खोजने के लिए निम्नलिखित मापदण्ड प्रयोग किया जाता है:

- **सीधा अवलोकन (Direct observation)**: वलनो को दृश्यांश पर नदियों, सड़क, रेल कटानों, खदानों, अथवा सुरंगों में सीधे अवलोकन करके पहचाना जा सकता है।
- **संस्तर अभिवृति माप के द्वारा** : यदि वलन दृश्यांश से बड़े हैं तब ये संस्तर तलों के नति और नतिलम्ब के आंकड़ों को माप कर पहचाना जाता है।
- **संस्तरों के पुनरावृत्ति पैटर्न के द्वारा** : वलन की पहचान में संस्तरों की सममित पुनरावृत्ति (symmetric) सहायता करता है। उदाहरणार्थ एक रेखीय पथ पर DCBCD पैटर्न में पुनरावृत्ति पायी जाती है, इसका अर्थ है कि वलन अक्ष संस्तर B में स्थित है। जो शैल अनुक्रम को दो बराबर भागों में विभाजित करता है तथा ये दोनों एक दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब हैं (चित्र 10.24)।
- **मोटाई में परिवर्तन के द्वारा** : यदि संस्तर की मोटाई क्रमशः बढ़ती है अथवा घटती है तब वहां वलन हो सकता है।
- **विदलन–संस्तर संबधों के द्वारा** : वलन को प्राप्त करने के लिए विदलन संस्तर संबधों के मापदण्ड का प्रयोग किया जा सकता है। संस्तर के ऊपर और नीचे को भी वलन की पहचान के लिए प्रयोग किया जा सकता है।



चित्र 10.24 : वलन में संस्तरों का पुनरावृत्ति पैटर्न।

बोध प्रश्न 2

a) बेलनाकार और अबेलनाकार वलनों के बीच भेद बताएं।

b) समनतिक वलन को परिभाषित करें।

c) निकुंच वलन क्या है?

d) भूअपनति और भूअभिनति के बीच में अन्तर बताइए।

10.6 वलन के कारण

हम वलन और भ्रंशन के कारणों को विवर्तनिक और अविवर्तनिक वर्गों में विभाजित कर सकते हैं। आइए अब हम उसके बारे में संक्षिप्त में पढ़ते हैं।

- **विवर्तनिक कारण (Tectonic causes)**: विवर्तनिक कारण संपिडन बलों की वजह से विकसित होते हैं जिसके अन्तर्गत पर्वतन (orogenic), पर्वत निमाण और अन्तर्जनित बल आते हैं जो पृथ्वी के अन्दर उत्पन्न होते हैं। हम विवर्तनिक कारणों को खण्ड 4 पर्वत निर्माण और प्लेट विवर्तनिकी में विस्तार से पढ़ेगें।
- **अविवर्तनिक कारण (Non-tectonic causes)**: अविवर्तनिक कारण जिससे स्थानीय वलन हो सकता है वे हैं–गिरी पार्श्व विसर्पण (hill side creep), निपाट (collapse) अथवा गुरुत्व सर्पण (gravity sliding), निश्चित संस्तर का अपरदन हिमनदीय हिमप्रणोदन (glacier icepush), विलयन, विभेदी संहनन (differential compaction) और समकालीन (contemporaneous) अथवा सहअवसादी विरूपण (synsedimentary deformation) ।

10.7 सारांश

इस इकाई में हम ने एक महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक संरचना वलन के बारे में अध्ययन किया है। अब हम ने इस इकाई में जो सीखा हैं उसका सार प्रस्तुत है :

- भूवैज्ञानिक संरचना विकसित होने का प्रमुख कारण पृथ्वी के बल हैं जो शैल पिण्डों पर कार्य करते हैं और उनको विरूपित करते हैं।
- वलन शैल में तरंग सदृश लहर है जो परतदार शैलों में आसानी से सदृश होती हैं।
- वलन तन्य प्रकृति का विरूपण निरूपित करता है।
- वलन विभिन्न प्रकार के ज्यामितीय रूप में मिलता है और उसी अनुसार विभिन्न नामों से पहचाना जाता है।
- वलन को ज्यामितीय रूप से निम्न आधारों पर वर्गीकृत किया गया है : (1) चाप दिशा के आधार पर, (2) वलन के संस्तरों के तुलनात्मक आयु के आधार पर, (3)

अक्षीय तल के नति के आधार पर, (4) अक्षीय तल के नति और वलन हिन्ज रेखा के अवनमन के संबधों के आधार पर, (5) बेलनाकार के आधार पर, (6) वलित परतों की मोटाई के आधार पर, (7) अन्तरापाद कोण के आधार पर, और (8) वलन के विशेष गुणों के आधार पर आदि।

- क्षेत्र में वलन को पहचानने के लिए कई मापदण्ड हैं : (1) सीधे अवलोकन द्वारा, (2) संस्तरों के पुनरावृत्ति पैटर्न के आधार पर, (3) संस्तर अभिवृत्ति माप के द्वारा, (4) विदलन–संस्तर संबधों के द्वारा, और (5) मोटाई में परिवर्तन के द्वारा।

- वलन सामान्यतया संपीड़न बलों के द्वारा विकसित होता है जो विर्वतनिक और अविर्वतनिक कारणों से हो सकता है।

10.8 क्रियाकलाप

विभिन्न रंगों के 3–5 पन्नों को लीजिए और उनकों एक के ऊपर एक रखे जो परतदार शैल को निरूपित करते हैं। इन पन्नों को वलित करके ऊपर बताए गये सभी ज्यामितीय रूपों को स्पष्ट रूप से देखने की कोशिश करें।

10.9 सात्रिक प्रश्न

1. वलन के विभिन्न भागों को स्पष्ट आरेखों के द्वारा व्याख्या करें।
2. वलन के ज्यामितीय वर्गीकरण के आधार की विस्तृत विवेचना करें। जहां आवश्यकता पड़े स्पष्ट नाम पट्टी वाला आरेख बनाएं।
3. क्षेत्र में वलन को पहचानने के मापदण्डों की चर्चा करें।
4. वलन के कारणों का उल्लेख करें।

10.10 संदर्भ

- Hatcher, R.D. Jr. (1990) Structural Geology Principles, concepts, and problems, Merrill Publishing Company, London, 533p

- Twiss, R.J. and Moores, E.M. (1992) Structural Geology, W.H. Freeman and Company, New York.

10.11 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Mukherjee, P.K. (2000) A Text Book of Geology, The World Press, Kolkata, 638p.

- Singh, P. (2009) Engineering and General Geolcgy, S.K. Kataria and Sons. 600p.

10.12 उत्तर

बो□ श्न

1. a) एक विशेष वलित संस्तर तल के हिन्ज बिन्दुओं के बिन्दु पथ को हिन्ज रेखा कहते हैं। वलन में हिन्ज रेखा वलित संस्तर के अधिकतम गोलाई की वास्तविक रेखा है। वलन अक्ष एक काल्पनिक रेखा होती है जो अपने समान्तर घूमने पर वलन का निर्माण करती है। वलन की हिन्ज रेखा वलन अक्ष के समान होती है।

   b) अपनति रूप अभिनति ऊपर की ओर चापाकार एक वलन है जिसमें संस्तर की नति एक दूसरे के दूर होती है और वलन के क्रोड में कम आयु की शैलें होती है। अभिनति रूप अपनति में वलन नीचे की ओर चापाकार होता है और क्रोड में पुरानी शैलें होती हैं।

   c) संकेत : शयान और आनत वलन।

   d) गुम्बद शैल परतों का एक विस्तृत वृताकार ऊपर की ओर फूला हुआ अपनति रूप संरचना है। यह सर्वतोनतिक होता है द्रोणी की मानचित्र पर रूपरेखा वृत्ताकार होती है और नति अभिकेन्द्री होता है। यहाँ वलन कटोरा सदृश होती है जिसमें नति सभी दिशा से एक बिन्दु अथवा गर्त में होता है।

2. a) बेलनाकार वलन एक प्रकार का वलन है जो वलन अक्ष के स्वयं के समान्तर घूमने से उत्पन्न हो सकता है जबकि अबेलनाकार वलन, वलन अक्ष के समान्तर घूमने से नही बन सकता।

   b) सामनतिक वलन प्रतिवलन की विशेष दशा है जिसमें वलन के दोनों पाद एक ही दिशा में एक समान कोण में नति करते है। जैसे कि नाम से भी प्रतीत होता है (आइसोज– एक समान; क्लाइनो– ढाल)

   c) निकुंच वलन पतली पट्टी अथवा क्षेत्र है जहाँ पर संस्तर की नति स्थानीय रूप से तीक्ष्ण अथवा मन्द हो जाती है।

   d) भूअपनति, भूअभिनति के सन्निकट एक बहुत विस्तृत ऊचाई वाला क्षेत्र है जबकि भूअभिनति एक बहुत बढ़ा गर्त अथवा द्रोणी होता है. जो समुद्र में पाया जाता है और जो अवसादों के बड़ी मोटाई को एकत्र कर सकता है।

सात्रिक प्रश्न

1. कृपया अनुभाग 10.2 एवं 10.3 का संदर्भ लें।

2. कृपया अनुभाग 10.4 का संदर्भ लें। आठ प्रकार के वर्गीकरण को संक्षिप्त में व्याख्या करें। वलन को ज्यामितीय रूप से निम्न आधारों पर वर्गीकृत किया गया है: (1) चाप दिशा के आधार पर, (2) वलन के संस्तरों के तुलनात्मक आयु के आधार पर, (3) अक्षीय तल के नति के आधार पर, (4) अक्षीय तल के नति और वलन हिन्ज रेखा के अवनमन के संबधों के आधार पर (5) बेलनाकार के आधार पर,

(6) वलित परतों की मोटाई के आधार पर, (7) अन्तरापाद कोण के आधार पर और (8) वलन के विशेष गुणों के आधार पर आदि।

3. कृपया अनुभाग 10.5 का संदर्भ लें। क्षेत्र में वलन को पहचानने के लिए कई मापदण्ड हैं। यह हो सकते हैं : (1) सीधे अवलोकन, (2) संस्तरों के पुनरावृत्ति पैटर्न के आधार पर, (3) संस्तर अभिवृत्ति माप के द्वारा, (4) विदलन–संस्तर संबधों के द्वारा, और (5) मोटाई में परिवर्तन के द्वारा

4. कृपया अनुभाग 10.6 का संदर्भ लें। वलन संपीड़न बलों के कारण बनते हैं जो अविवर्तनिक तथा विवर्तनिक कारणों से उत्पन्न हो सकते हैं।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 11

भ्रंश

इकाई की रूपरेखा

11.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
11.2 भ्रंश
परिभाषा
भूवैज्ञानिक अध्ययन में भ्रंश का महत्व
11.3 भ्रंश के अवयव
मूल पारिभाषिक शब्द
पृथकन
11.4 भ्रंश का ज्यामितीय वर्गीकरण
नेट-सर्पण की दिशा के आधार पर
संस्तर तल से संबध के आधाार पर
बृहत् संरचनाओं से संबध के आधार पर
भ्रंश के पैटर्न के आधार पर
संचलन के प्रकार के आधार पर
11.5 भ्रंशों की उत्पत्ति के आधार पर वर्गीकरण
11.6 क्षेत्र में भ्रंश के पहचान के लिए मापदण्ड
11.7 भ्रंशन के कारण
11.8 सारांश
11.9 क्रियाकलाप
11.10 सात्रिक प्रश्न
11.11 सन्दर्भ
11.12 आगे/प्रस्तावित अध्ययन
11.13 उत्तर

11.1 प्रस्तावना

पूर्व की इकाइयों में हम ने संरचनात्मक भूविज्ञान के अध्ययन में एक महत्वपूर्ण संरचना वलन के बारे में अध्ययन किया था। हम ने सीखा था कि पृथ्वी की भूपर्पटी के शैलों में अवलोकित विरूपण में वलन और भ्रंशन सबसे सामान्य रूप से पाये जाते हैं। इस इकाई में हम भ्रंशन जिसके द्वारा शैल पिण्डों में विस्थापन होता है के बारे में चर्चा करेंगे। भ्रंश एक महत्वपूर्ण घटक है जो एक क्षेत्र के भूविज्ञान में जटिलता लाता है। इस इकाई में हम भ्रंशों को परिभाषित करेंगे और उनके वर्गीकरण पर विचार करेंगे तथा भ्रंशन के कारणों के बारे में एवं क्षेत्र में भ्रंशों को पहचाननें के विभिन्न मानको के बारे में भी सीखेंगे।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई के अध्ययन के उपरान्त आप :

- ❖ भ्रंशों को परिभाषित कर सकेंगे;
- ❖ भूविज्ञान में भ्रंशों के महत्व की चर्चा कर सकेंगे;
- ❖ ज्यामितीय आधार पर भ्रंशों का वर्गीकरण कर सकेंगे;
- ❖ भ्रंशों का उत्पत्ति के आधार पर वर्गीकरण की विस्तृत व्याख्या कर सकेंगे;
- ❖ क्षेत्र में भ्रंशों के पहचान के तरीकों की चर्चा कर सकेंगे; और
- ❖ भ्रंशन के कारणों को सूचीबद्व कर सकेंगें।

11.2 भ्रंश

आइए अब हम लोग भ्रंश का अध्ययन करते हैं। ये प्राकृतिक संविदारण (ruptures) हैं जिसके अनुदिश विपरीत दीवार का एक दूसरे के सापेक्ष संचलन होता है। भ्रंश शैल अनुक्रमों को अलग करता है तथा स्तरिकी (stratigraphic) ढ़ांचे में 'भ्रंश' अथवा 'त्रुटि' को प्रस्तावित करता है। भूवैज्ञानिकों के लिए भ्रंश क्षेत्र में शैलों के मापन तथा अध्ययन के दौरान चुनौती प्रस्तुत करते हैं। पेट्रोलियम उद्योग में इनके महत्व के कारण एक दशक पूर्व की तुलना में हम लोग आज भ्रंश के बारे में बहुत कुछ जानते हैं। भ्रंश सिविल अभियांत्रिकी लिहाज से परियोजना के लिए स्थल चुनने में भी समस्या उत्पन्न करते हैं।

11.2.1 परिभाषा

भ्रंश एक विभंग है, जिसके अनुदिश दो शैल खण्डों में निरीक्षण करने योग्य विस्थापन हुआ हो (चित्र 11.1 एवं 11.2) यह शैल को इसके दोनों तरफ विस्थापित करता है। इन शैल खण्डों का विस्थापन आवश्यक रूप से विभंग सतह के समान्तर होता है। वलन की भॉति भ्रंश सभी आकार के पर्वत क्षेत्र, महाद्वीप और समुद्र में पाए जाते हैं। शैलों में भ्रंशो का विकास तनन, संपीडन और स्पर्शरेखीय (tangential) प्रकार के विवर्तनिक प्रतिबल अथवा इनके संयोजन से भी हो सकता है।

11.2.2 भूवैज्ञानिक अध्ययन में भ्रंश का महत्व

भूवैज्ञानिक अध्ययन में भ्रंश की सार्थकता है क्योंकि :

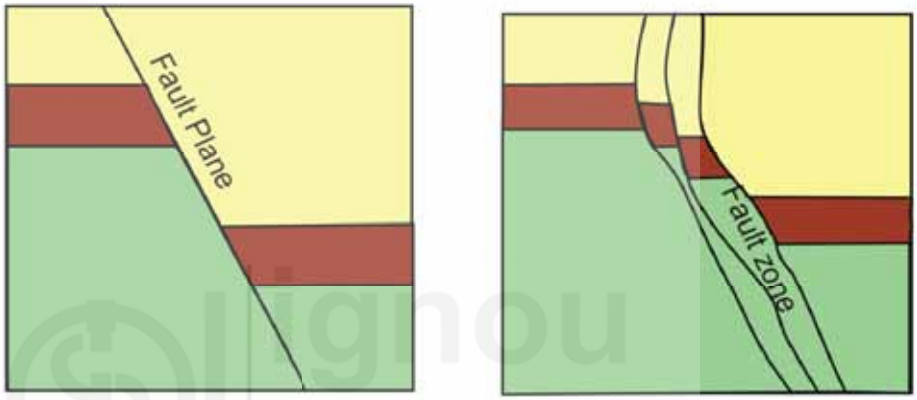
1. भ्रंश गहराई से पदार्थ को पृथ्वी के सतह अथवा सतह के पास लाते हैं और इस प्रकार ये हमको उपस्तह का ज्ञान प्रदान कराते हैं।
2. बहुत से खनिज विलयन अथवा पेट्रोलियम भ्रंश के अनुदिश ऊपर को आते हैं। भ्रंश कभी-कभी पेट्रोलियम को प्रवसन और नुकसान से रोकता है।
3. भ्रंश से सुन्दर भूदृश्य विकसित हो सकता है जिससे भूपर्यटन को बढ़ावा मिल सकता है।
4. भ्रंशन से भूकम्प आ सकता है।
5. भ्रंश की स्थिति खनन के लिए बहुत महत्वपूर्ण है।

11.3 भ्रंश के अवयव

आइए हम भ्रंश के विभिन्न घटकों अथवा भागों के बारे में जानकारी प्राप्त करते हैं। आपको सलाह दिया जाता है कि प्रमाण के लिए चित्र 11.1 और 11.2 मे प्रस्तुत आरेखों का सन्दर्भ लें।

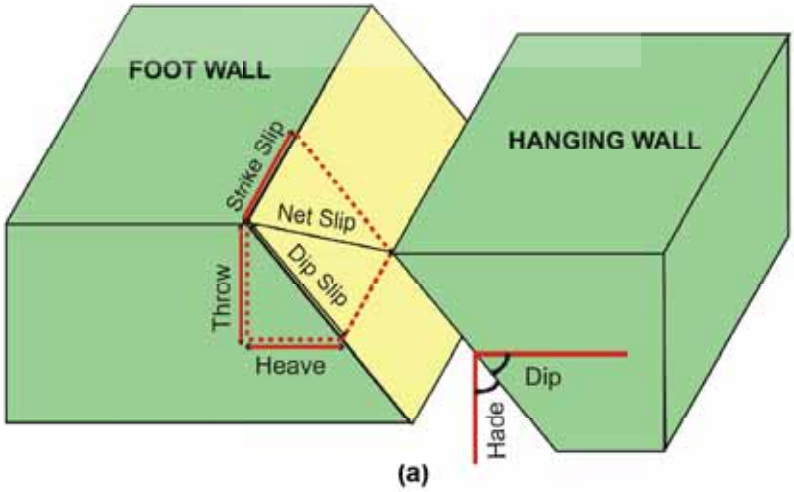
11.3.1 मूल पारिभाषिक शब्द

- **भ्रंश सतह/भ्रंश तल** : यह एक सतह अथवा तल है। जिसके अनुदिश विस्थापन हुआ है (चित्र 11.1a)।
- **भ्रंश क्षेत्र** : भ्रंश क्षेत्र बहुत से छोटे पैमाने के विस्थापित विभंगों का क्षेत्र है जो भ्रंश को संस्थापित करते (चित्र 11.1b) हैं।



चित्र 11.1: भ्रंश के भाग a) सतह/भ्रंश तल; और (b) भ्रंश क्षेत्र।

- **भ्रंश रेखा/भ्रंश अनुरेख** : भ्रंश का पृथ्वी की सतह अथवा कोई दी हुयी सतह के साथ कटान से बनी रेखा है।
- **भ्रंश तल का नतिलम्ब** : वह रेखा जिसमें भ्रंश तल क्षैतिज भूमि को काटता है।
- **भ्रंश तल की नति** : क्षैतिज से भ्रंश तल के झुकाव के कोण को नति कहते हैं। यथार्थ नति उर्ध्वाधर काट में नतिलम्ब के लम्बवत् मापते हैं।
- **भ्रंश तल का उन्नमन (Hade)**: यह उर्ध्वाधर रेखा के सापेक्ष भ्रंश तल द्वारा बना हुआ कोण है। यह नति के परिणाम का पूरक है जो आपस में मिलकर 90^0 बनाता है।



(b)

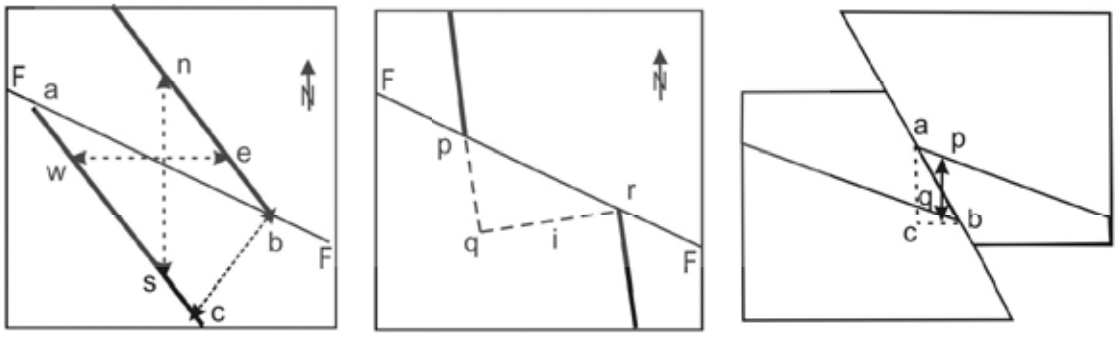
चित्र 11.2 : a) भ्रंश के भागों को दर्शाता हुआ आरेख; और b) भ्रंश का क्षेत्र छायाचित्र।
(Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya)

- **उपरिभित्ति (Hanging wall)**: यदि भ्रंश तल उर्ध्वाधर नहीं है तब जो शैल द्रव्यमान भ्रंश तल के ऊपर टिका हुआ है उसे उपरिभित्ति कहते हैं।
- **आधार भित्ति (Foot wall)**: शैल द्रव्यमान जो आनत भ्रंश तल के नीचे होता है। उसे आधार भित्ति कहते हैं।
- **सर्पण (Slip)**: सर्पण दी हुयी दिशा में भ्रंश तल के समान्तर वास्तविक विस्थापन को कहते हैं।
- **नेट सर्पण (Net slip)**: भ्रंश तल के समान्तर मापित कुल विस्थापन को नेट सर्पण कहते हैं।
- **नति सर्पण (Dip slip)**: भ्रंश तल के नति के समान्तर विस्थापन अथवा संचलन को नति सर्पण कहते हैं।
- **नतिलम्ब सर्पण (Strike slip)**: भ्रंश तल के नतिलम्ब के समान्तर विस्थापन अथवा संचलन को नतिलम्ब सर्पण कहते हैं।
- **तिर्यक सर्पण (Oblique slip)**: जब नेट सर्पण न तो पूरी तरह से नति के समानान्तर होता है और न ही नतिलम्ब के समान्तर होता है। चित्र 11.2 तिर्यक सर्पण भ्रंश का वर्णन करते है जहाँ नेट सर्पण में नति सर्पण तथा नतिलम्ब सर्पण दोनों के घटक पाये जाते हैं।
- **अनुप्रस्थ विस्थापन (Heave)**: यह नति सर्पण का क्षैतिज घटक है (चित्र 11.2)।
- **पात** (Throw): यह नति सर्पण का उर्ध्वाधर घटक है (चित्र 11.2)।

11.3.2 पृथकन

पृथकन (Separation) विदरित (disrupted) संस्तर के दो भागों के बीच की दूरी को बताता है और किसी दी हुयी दिशा में मापा जाता है।

- **क्षैतिज** : यह किसी क्षैतिज दिशा में मापा जाता है, चित्र 11.3a को देखें जहाँ ew और ns दूरियां क्रमशः पूर्व-पश्चिम और उत्तर-दक्षिण दिशा में क्षैतिज पृथकन को निरूपित करते हैं। क्षैतिज पृथकन का अर्थ है कि यदि कोई दिशा निश्चित नहीं की गयी है तो भ्रंश के नतिलम्ब के लम्बवत् पृथकन लिया जाता है। इस स्थिति में यह नति पृथकन का क्षैतिज घटक है।
- **नतिलम्ब पृथकन** : यह भ्रंश के नतिलम्ब के समान्तर क्षैतिज पृथकन हैं (चित्र 11.3a में ab और चित्र 11.3b में pr)। इसे नतिलम्ब पृथकन (slip separation) कहते है।
- **नति पृथकन (Dip separation)**: यह पृथकन सीधे भ्रंश के नति की ओर मापित किया जाता है (चित्र 113c में ab)।
- **सामान्य पृथकन अथवा क्षैतिज विस्थापन अथवा लम्बवत् पृथकन** : यह विदरित संस्तर के लम्बवत् मापा जाता है (चित्र 11.3a में bc और चित्र 11.3b में qr)।
- **अतिव्याप्ति** : विदरित संस्तर का वह भाग जो भ्रंशन के कारण अतिछादित (overlap) हुए हो (चित्र 11.3a में ac)।
- **रिक्ति (Gap)** : विदरित संस्तर का वह भाग जो भ्रंशन के कारण दिखाई नही पड़ रहा हो (चित्र 11.3b में pq)। इसे **रिक्ति** कहते हैं।
- **दायाँ पृथकन** : संस्तर के नतिलम्ब के दिशा में जाने पर दांये हाथ की दिशा में जब विदरित संस्तर मिलता है तब दायाँ पृथकन कहलाता है (चित्र 11.3a)।
- **बायॉ पृथकन** : संस्तर के नतिलम्ब के दिशा में जाने पर बायें हाथ की दिशा में जब विदरित संस्तर मिलता है तब बायाँ पृथकन कहलाता है (चित्र 11.3b)।
- **उर्ध्वाधर पृथकन** : उर्ध्वाधर पृथकन उर्ध्वाधर रेखा के अनुदिश मापा जाता है। यह नति पृथकन और स्तरिक पृथकन का उर्ध्वाधर घटक है (चित्र 11.3c में pq)।
- **स्तरिक पृथकन अथवा स्तरिक पात** : मध्यवर्ती संस्तर की मोटाई को स्तरिक पृथकन (stratigraphic throw) अथवा स्तरिक पात कहा जाता है।



(a) (b) (c)

चित्र 11.3: a) अतिव्याप्ति; b) रिक्ति; और c) उर्ध्वाधर पृथकन।

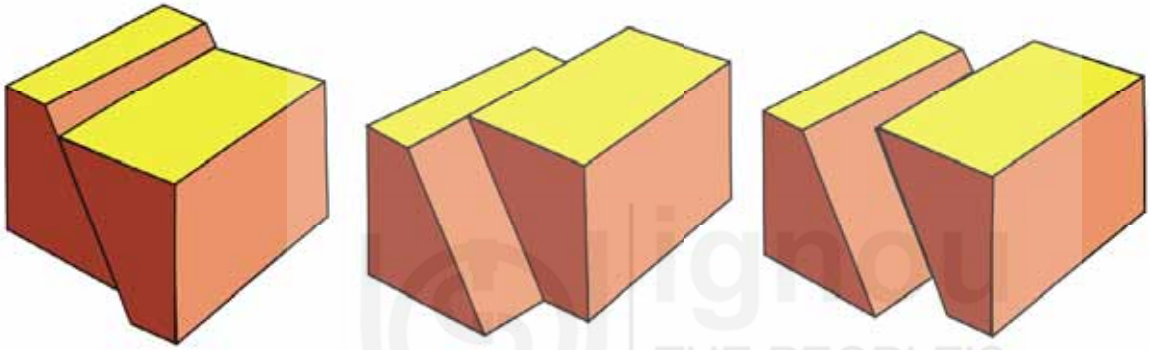
11.4 भ्रंश का ज्यामितीय वर्गीकरण

आइए अब हम लोग भ्रंश के ज्यामितीय वर्गीकरण की व्याख्या करते है। इसके अन्तर्गत निम्न है :

11.4.1 नेट–सर्पण की दिशा के आधार पर

जैसा कि हम पहले से जानते हैं कि नेट-सर्पण भ्रंश तल के अनुदिश खण्डों का वास्तविक विस्थापन है। दूसरे शब्दों में, भ्रंश सतह पर दो बिन्दुओं के बीच का वास्तविक विस्थापन है जो भ्रंशन के पूर्व सन्निकट थे। ये निम्न तीन प्रकार के हो सकते है :

- जिसमें नेट-सर्पण, भ्रंश तल के नति के दिशा के समान्तर होता है (चित्र 11.4a), उसे **नति-सर्पण भ्रंश** कहते हैं।
- जिसमें नेट सर्पण भ्रंश तल के नतिलम्ब के दिशा के समान्तर होता है (चित्र 11.4b), उसे **नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश** कहते हैं।
- जिसमें नेट सर्पण भ्रंश तल के न तो नति और न तो नतिलम्ब के दिशा के समान्तर होता है (चित्र 11.4c), उसे **तिर्यक-सर्पण भ्रंश** कहते हैं।

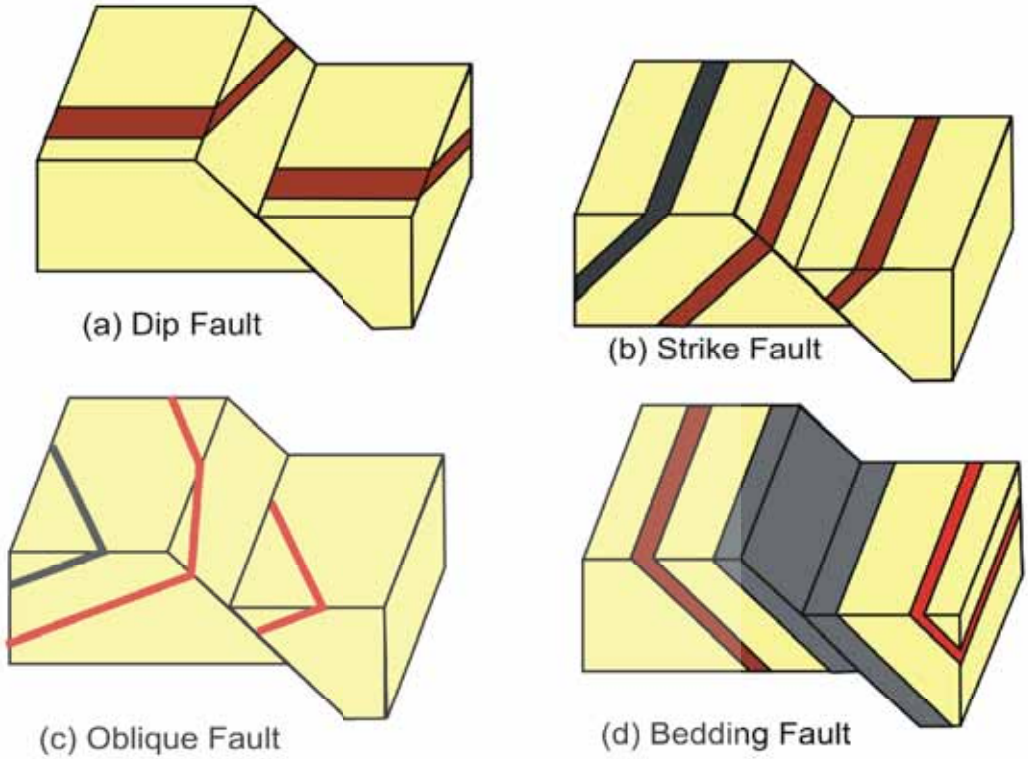


चित्र 11.4: a) नति-सर्पण भ्रंश; b) नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश; और c) तिर्यक-सर्पण भ्रंश।

11.4.2 संस्तर तल से संबंध के आधार पर

पूर्व के अनुभाग में हमने उल्लेख किया कि नति सर्पण, नतिलम्ब सर्पण, और तिर्यक सर्पण भ्रंश केवल भ्रंश तल के नति और नतिलम्ब का नेट सर्पण के साथ संबधों पर आधारित था। तथापि संस्तर तल के नति और नतिलम्ब के संबधों के आधार पर भ्रंश को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है।

- **नति भ्रंश (Dip Fault)** : इसमें भ्रंश तल का नतिलम्ब संस्तर के नति दिशा के समान्तर होता है, अथवा दूसरे शब्दों में भ्रंश तल का नतिलम्ब और संस्तर तल का नतिलम्ब आपस में लम्बवत् होते हैं (चित्र 11.5a)।
- **नतिलम्ब भ्रंश (Strike Fault)** : इसमें भ्रंश तल का नतिलम्ब और संस्तर तल का नतिलम्ब समान्तर होते हैं (चित्र 11.5b)।
- **तिर्यक भ्रंश (Oblique Fault)** : इसमें भ्रंश का नतिलम्ब संस्तर के न तो समान्तर होता है और न तो लम्बवत् होता है लेकिन एक दूसरे के तिर्यक होते हैं (चित्र 11.5c)।
- **संस्तर भ्रंश (Bedding Fault)** : संस्तर भ्रंश वह है जिसमें भ्रंश तल का नति और नतिलम्ब संस्तर तल के समान्तर होता है (चित्र 11.5d)।

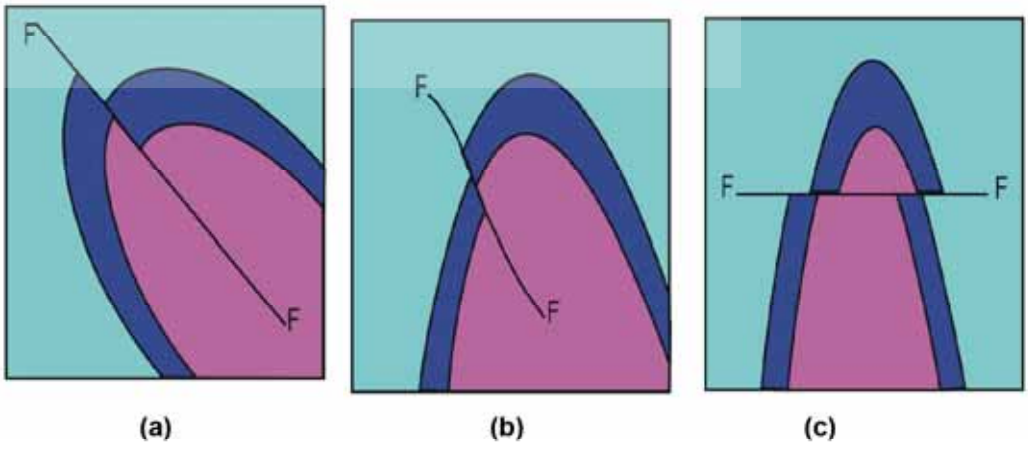


चित्र 11.5 : a) नति भ्रंश; b) नतिलम्ब भ्रंश; c) तिर्यक भ्रंश; और d) संस्तर भ्रंश।

11.4.3 बृहत् संरचनाओं से संबंध के आधार पर

कई बार संस्तर सहज और सीधे नहीं होते लेकिन वे वलन प्रदर्शित कर सकते हैं जो एक क्षेत्र में नति और नतिलम्ब के परिवर्तन के कारण होता है। वलित क्षेत्र में भ्रंश की व्याख्या के लिए निम्न शब्दों का प्रयोग किया जाता है :

- **अनुदैर्ध्य (Longitudinal) भ्रंश** : यह बृहत वलन के अक्षीय अनुरेख (axial trace) के समान्तर होता है (चित्र 11.6a)।
- **अनुप्रस्थ (Transverse) भ्रंश** : यह बृहत संरचना यथा बृहत वलन को ऐसी दिशा में भंग (disrupts) करती है जो वलन के अक्षीय अनुरेख के समान्तर नहीं होती है चित्र 11.6b)।

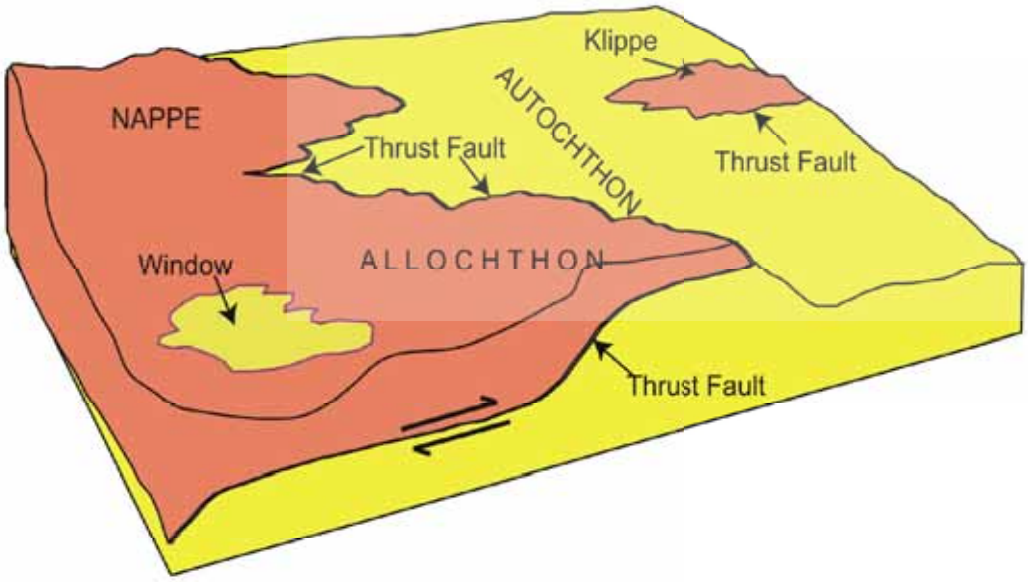


चित्र 11.6: a) अनुदैर्ध्य भ्रंश; b) अनुप्रस्थ भ्रंश; और c) विदारण भ्रंश।

- **विदारण (Tear) भ्रंश** : यह बड़े स्केल का भ्रंश है जो प्रादेशिक संरचनाओं जैसे बृहत वलन अथवा नॉपे (nappes) को काटता है। विदारण भ्रंश बृहत् स्केल का नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश है जिसके कारण संरचनाएं फटकर दूर हुई प्रतीत होती हैं (चित्र 11.6c)।

भ्रंश से सम्बन्धित कुछ दूसरी बृहत संरचनाए हैं इसलिये आपको उन्हें भी जानना चाहियें।

- **नॉपे** : अत्यधिक वलित संस्तरों के एक क्षेत्र का एक भाग **अधिक्षेपण** (overthrusting) के कारण कई किलोमीटर तक विस्थापित हो सकता है। निम्न कोण नति वाले क्षेप भ्रंश को प्रायः अधिक्षेप कहा जाता है। विस्थापित खण्ड जो दूसरे शैल इकाई पर पड़ा रहता है उसे नॉपे कहा जाता है (चित्र 11.7) नॉपे, **अपरस्थानिक** (allochthonous) शैल इकाई है जो दूरस्थ स्थान से विस्थापित होकर **स्वस्थानिक** (authochthonous) शैल इकाई पर पड़ा रहता है। *अलॉक* अथवा अपरस्थान शब्द का अर्थ है 'मूल शैल पिण्ड से दूर गए हुये' और *ऑटोक* अथवा स्वस्थाने शब्द का अर्थ है 'उत्पत्ति के स्थान पर स्थिति को संदर्भित है'। अपरस्थानिक शब्द उस शैल इकाई के लिए लागू होता है जो अपने मूल स्थान से हट गया हो। इसी प्रकार स्वस्थानिक उस शैल इकाई के लिए प्रयोग होता है जो अपने स्थान से हटा न हो बल्कि अपने उत्पत्ति के स्थान पर टिका हो।
- **गवाक्ष** : कभी कभी नॉपे का गहराई तक अपरदन हो जाता है और नीचे की शैल दिखने लगती है जिससे उपस्तह की जानकारी प्राप्त होती है। ऐसी संरचना को गवाक्ष (window) कहा जाता है। और इसे फेन्सटर [विन्डों (गवाक्ष) के लिये जर्मन शब्द] और भ्रंश नवांतःशायी (inlier) भी कहा जाता है (चित्र 11.7)।
- **क्लीपे** : क्लीपे (भृगु अथवा शृंग के लिए दैनिश शब्द), मुख्य रूप से नापे के बीच में स्थित नापे शैल के अपरदन के कारण मुख्य पिण्ड से अलग होकर पृथक अवशेष भाग है। क्लीपे इस तरह से नक्शे में देखने पर स्वस्थानिक (authochthonous) शैलों से घिरा होता है (चित्र 11.7)।

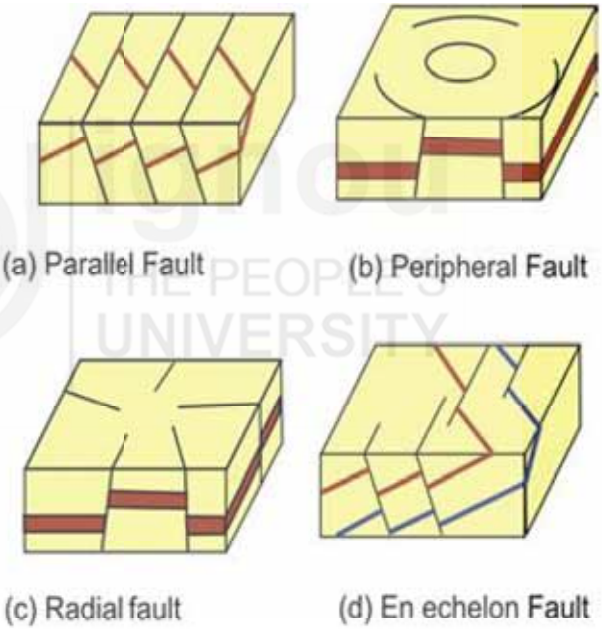


चित्र 11.7: नापे, गवाक्ष और क्लीपे।

11.4.4 भ्रंश के पैटर्न के आधार पर

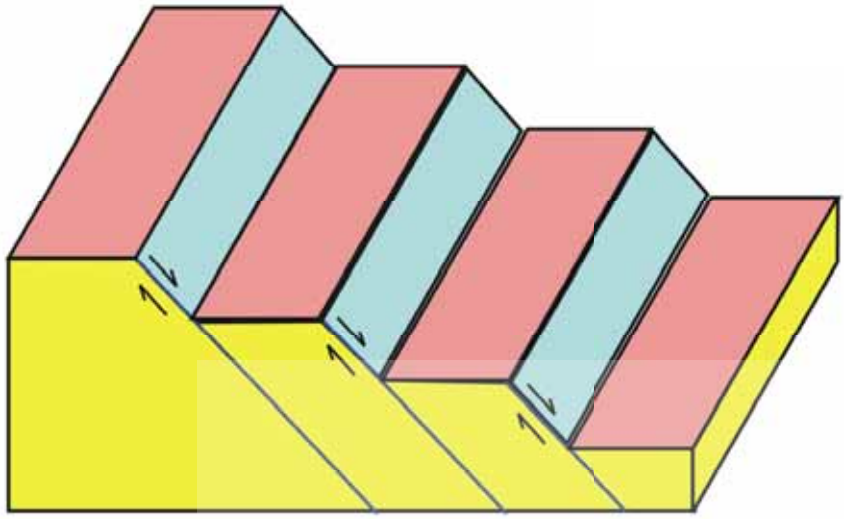
भ्रंश अकेले अथवा समूह में और किसी निश्चित पैटर्न अथवा बिना किसी पैटर्न के मिलते है। भ्रंशों के समूह में यदि कोई पैटर्न मिलता है तब उन्हें निम्नलिखित प्रकार से वर्गीकरण किया जाता है :

- **समान्तर भ्रंश** : भ्रंश की एक श्रेणी जिसमें भ्रंश तलो की नति और नतिलम्ब एक समान होता है (चित्र 11.8a), उसे समान्तर (parallel) भ्रंश कहते हैं।
- **परिधीय भ्रंश** : चापाकार भ्रंश है जो सामान्यतः उठे हुए अथवा दबे हुए क्षेत्र जैसे गुम्बद और द्रोणी के परिधि पर पाया जाता है (चित्र 11.8b), उसे परिधीय (peripheral) भ्रंश कहते हैं।
- **अरीय भ्रंश** : यह भ्रंशों का समूह है जो एक केन्द्रिय बिन्दु से चारों ओर निकलता है (चित्र 11.8c) उसे अरीय (radial) भ्रंश कहते हैं।
- **सोपानी भ्रंश** : यह छोटे समान्तर भ्रंशों का समूह जो आंशिक रूप से क्रमशः अतिछादित (overlap) हो (चित्र 11.8d), उसे सोपानी (en-echclon) भ्रंश कहते हैं।



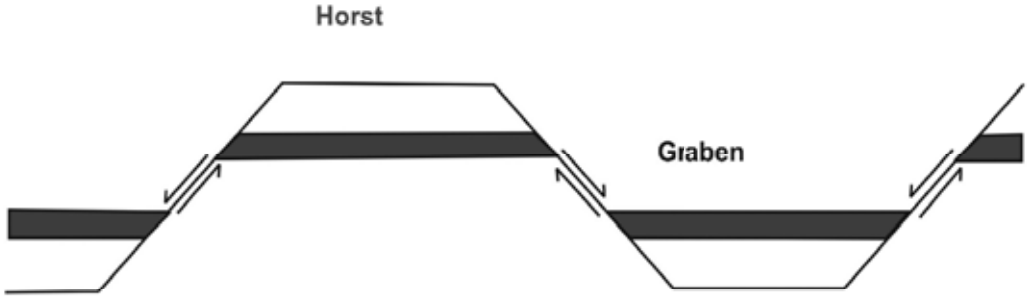
चित्र 11.8: a) समान्तर भ्रंश; b) परिधीय भ्रंश; c) अरीय भ्रंश; और d) सोपानी भ्रंश।

- **गौण अथवा शाखा भ्रंश** : ये छोटे भ्रंश हैं जो मुख्य भ्रंश के सामने समाप्त हो जाते हैं जिसे गौण (auxillary) अथवा शाखा (branch) भ्रंश कहते हैं।
- **बहुल भ्रंश** : जब बहुत से भ्रंश समान्तर और एक दूसरे के पास हों तथा मध्यवर्ती भ्रंश पटिया/फांक विकृत न हुआ हों तब ऐसे समूह को बहुल (multiple) भ्रंश कहते हैं।
- **स्टेप भ्रंश अथवा वितरण भ्रंश** : एक बहुल भ्रंश जिसमें अवपात (thrown down) खण्ड प्रत्येक भ्रंश घटक के सामान्य दिशा की ओर होता है, उसको वितरण भ्रंश कहते हैं। इन कम दूरी के भ्रंशो को स्टेप (step) अथवा वितरण (distributive) भ्रंश कहते हैं (चित्र 11.9)।



चित्र 11.9: स्टेप भ्रंश।

- **प्रतिच्छेदी भ्रंश** : जब भ्रंश एक दूसरे को काटते हैं, उसको प्रतिच्छेदी (intersecting) भ्रंश कहते है।
- **भ्रंश जटिल** : यह एक समान अथवा विभिन्न आयु के प्रतिच्छेदी भ्रंशों का जटिल (intricate) समूह है जिसे भ्रंश जटिल (fault complex) कहते है।
- **कोरछादी संरचना** : यह बहुल भ्रंश समूह को सम्बोधित करता है जिसमें बहुत से क्षेप (thurst) भ्रंश पाए जाते हैं। यह प्रादेशिक अधिक्षेपण (overthrusting) में बृहत खण्डों को छोटे पट्टियों में विभाजित कर सकता है। जिसे कोरछादी संरचना (imbricate structure) कहते हैं।
- **उत्खण्ड** : यह एक उठा हुआ खण्ड है जो विपरीत दिशा में नति वाले दो सामान्य भ्रंशों के बीच घिरा होता है (चित्र 11.10), उसे उत्खण्ड (horst) कहते हैं।
- **द्रोणिका** : द्रोणिका एक अवपात खण्ड है जो एक समान नतिलम्ब तथा विपरीत नति वाले दो सामान्य भ्रंशों के समुच्चय से घिरा होता है (चित्र 11.10)। उसे द्रोणिका (graben) कहते हैं।

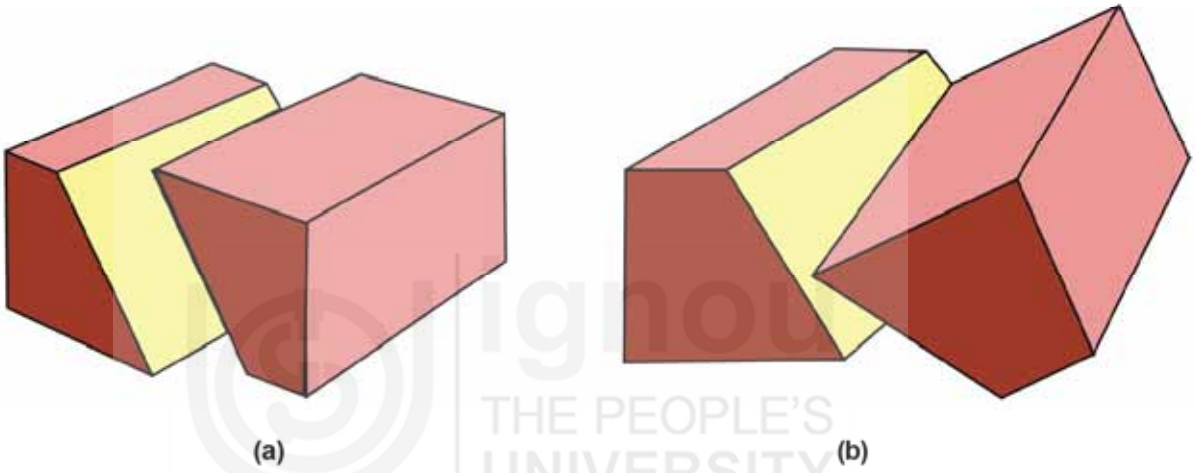


चित्र 11.10: उत्खण्ड (Horst) तथा (Graben) द्रोणिका।

11.4.5 संचलन के प्रकार के आधार पर

जैसा कि हमने अध्ययन किया हैं कि भ्रंश दो सन्निकट शैल खण्डों के बीच विस्थापन के कारण विकसित होता है। फिर भी यह विस्थापन सीधी रेखा (स्थानान्तरण/translational) में अथवा कोणीय (घूर्णनीय/rotational) हो सकता है। जिसके अनुसार भ्रंश को कहा जाता है :

- स्थानान्तरण भ्रंश वह है जिसमें स्थानान्तरण संचलन होता है और इसमें घूर्णन (rotational) घटक नहीं होता है (चित्र 11.11a)।
- घूर्णन भ्रंश वह भ्रंश है जिसमें विस्थापन के दौरान खण्ड घूर्णन करता है। इनको हिन्ज भ्रंश, कीलक (pivotal) भ्रंश अथवा कर्तनी (scissor) भ्रंश भी कहा जाता है। इस दशा में दोनों भ्रंश खण्डों के संस्तर की नति एक समान नहीं रह पाती (चित्र 11.11b)।



चित्र 11.11: a) स्थानान्तरण भ्रंश; और b) घूर्णन भ्रंश।

बोध प्रश्न 1

a) नेट सर्पण के दिशा के आधार पर भ्रंश के प्रकार की सूची बनाएं।

b) अनुदैर्ध्य और अनुप्रस्थ भ्रंश के बीच भेद बताइए।

c) गवाक्ष और क्लिपे को परिभाषित कीजिये।

d) उत्खण्ड और द्रोणिका के बीच भेद बताइए।

11.5 भ्रंशों की उत्पत्ति के आधार पर वर्गीकरण

भ्रंश की उत्पत्ति के आधार पर वर्गीकरण प्रतिबलों के अभिविन्यास से संबधित है जो उनके विकास के लिए जिम्मेदार है। इनमें से एक गुरूत्व बल है। जो हमेशा उर्ध्वाधर होता है। लेकिन प्रतिबलों के परिचालन की दूसरी दिशाएं भी हो सकती हैं। हम लोग तीन परस्पर लम्बवत् अक्षों के अनुदिश प्रतिबली समूह पर विचार करते हैं। जिसमें से दो क्षैतिज तथा एक उर्ध्वाधर होते हैं। अध्ययन के सुविधा के लिए शैल पिण्ड पर कार्य करने वाले प्रतिबल को त्रिविमीय स्थान में तीन घटकों में विभाजित किया जा सकता है। इनमें से एक जो परिमाण में अधिकतम होते हैं। उसे अधिकतम मुख्य प्रतिबल अक्ष और

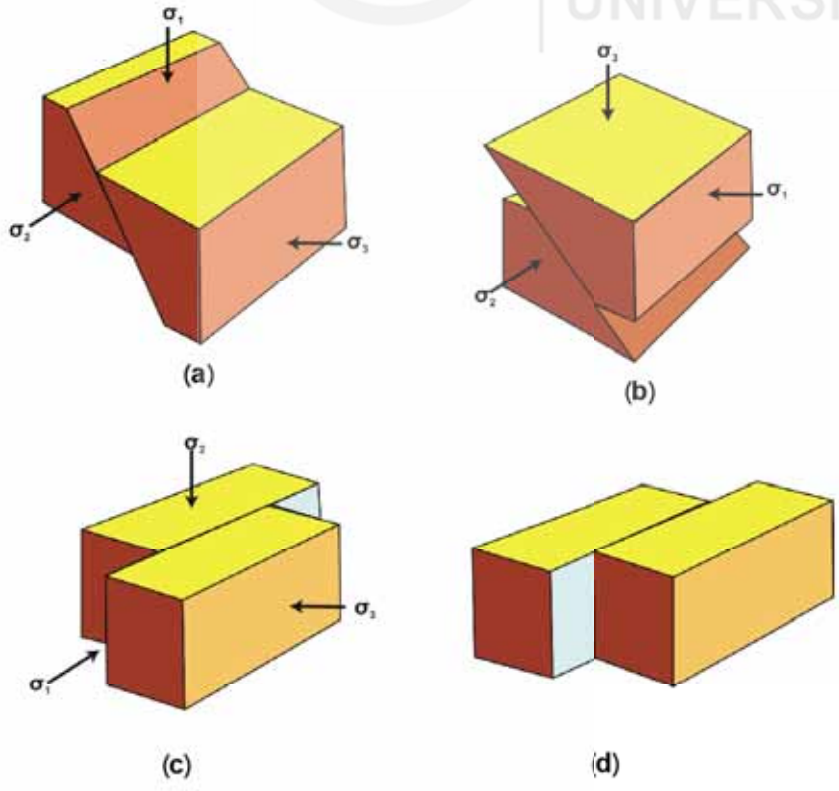
परम्परागत रूप से σ_1 से सम्बोधित किया जाता है। न्यूनतम प्रतिबल अक्ष को σ_3 और मध्यम को σ_2 के द्वारा निरूपित किया जाता है। इन प्रतिबलों का अभिविन्यास कुछ ज्यामितीय और उत्पत्ति संबधी संबधों को विकसित करता है। जो विभिन्न प्रकार के भ्रंश के उत्पत्ति का कारण बनता है। जैसा कि इनके उत्पत्ति संबधी वर्गीकरण में वर्णन किया गया है।

उत्पत्ति के आधार पर भ्रंशों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जाता है :

- **सामान्य भ्रंश** : सामान्य भ्रंश (normal fault) वह है जिसमें स्पष्टतया उपरिभित्ति आधार भित्ती के सापेक्ष नीचे को गयी हो (11.12a)। सामान्य भ्रंश ऐसे प्रतिबल तंत्रो के द्वारा उत्पन्न होता है जिसमें अधिकतम मुख्य प्रतिबल अक्ष σ_1 उर्ध्वाधर होता है और दूसरे दो मध्यम मुख्य प्रतिबल अक्ष σ_2 और न्यूनतम मुख्य प्रतिबल अक्ष σ_3 क्षैतिज होते हैं। जब सामान्य भ्रंशन होता है तब स्थान बढता है, अथवा चौड़ा होता है। सामान्य भ्रंश को गुरूत्व भ्रंश (gravity fault) भी कहा जाता है क्योंकि इन भ्रंशों के बनने में पृथ्वी के गुरूत्व की बड़ी भूमिका होती है।

- **उत्क्रम भ्रंश** : उत्क्रम भ्रंश (reverse fault) में उपरिभित्ति स्पष्टया आधार भित्ति के सापेक्ष ऊपर को गयी होती है (चित्र 11.12b)। न्यूनतम मुख्य प्रतिबल अक्ष σ_3 इस दशा में उर्ध्वाधर होता है जबकि दूसरे दो अर्थात σ_1, और σ_2 क्षैतिज होते हैं (11.21b)। इस भ्रंशन में कुछ स्थान का नुकसान होता है। निम्न नति वाले उत्क्रम भ्रंश को जिसमें भ्रंश तल की नति 45^0 से कम होती है उसे क्षेप भ्रंश (thrust) कहा जाता है।

- **नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश** : नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश वह भ्रंश है जिसमें दोनों खण्ड ऊपर अथवा नीचे नहीं विस्थापित होते हैं बल्कि एक दूसरे के सापेक्ष इनका विस्थापन



चित्र 11.12: (a) सामान्य भ्रंश, (b) उत्क्रम भ्रंश; (c) नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश (दक्षिण पार्श्वीय); और (d) नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश (वाम पार्श्वीय)।

क्षैतिज होता है (11.12C, d)। नतिलम्ब सर्पण भ्रंश को आगे वाम पार्श्वीय (left lateral) अथवा वामावर्त (sinistral) और दक्षिण पार्श्वीय (right lateral) अथवा दक्षिणावर्त (dextral) प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है। एक खण्ड पर खड़े होनें पर यदि निरीक्षणकर्ता के सामने दूसरा खण्ड हो और वह पाए कि दूसरा खण्ड दक्षिण हाथ की ओर गया है तब भ्रंश को दक्षिण पार्श्वीय अथवा दक्षिणावर्त नतिलम्ब सर्पण भ्रंश कहा जाता है (11.12c)। यदि दूसरा खण्ड निरीक्षणकर्ता के बाएं हाथ की ओर गया हो तब यह वाम पार्श्वीय अथवा वामावर्त नतिलम्ब सर्पण भ्रंश कहा जाता है (11.12d)। नतिलम्ब सर्पण भ्रंश बनता है जब मध्यम प्रतिबल अक्ष (σ_2) उर्ध्वाधर होता है और दूसरे दो (σ_1) और (σ_3) क्षैतिज होते हैं (चित्र 11.12c)। रेन्च भ्रंश (wrench fault), ट्रान्सकरैन्ट (transcurrent) भ्रंश और रूपान्तर भ्रंश (transform fault), नतिलम्ब सर्पण भ्रंश के प्रकार हैं।

11.6 क्षेत्र में भ्रंश के पहचान के लिए मापदण्ड

बहुत से लक्षण भ्रंशन से अभिलाक्षणिक रूप से संबधित हैं। परिणामतः जब ये क्षेत्र में पाए जाते हैं, वे भ्रंश के सूचक हैं। ये लक्षण हैं :

- **दृश्य विस्थापन** : क्षेत्र में यदि शिराओं, डाइक संस्तर आदि में यदि दृश्य (visible) विस्थापन दिखता है तब ये भ्रंशन के उत्तम प्रमाण हैं। ये भ्रंश प्रायः छोटे पैमाने पर होते हैं। बृहत स्केल के भ्रंशन के लिए सामान्यतया यह अप्रत्यक्ष प्रमाण उपस्थित होते हैं।

- **श्लक्ष्ण पार्श्व** : भ्रंश तल के अनुदिश चमकदार और धारीदार सतह श्लक्ष्ण पार्श्व (slickensides) कहलाता है और भ्रंश तल पर दो भ्रंशित खण्डों के घर्षण के कारण विकसित होता है (चित्र 11.13)।

चित्र 11.13 : श्लक्ष्ण पार्श्व को दर्शाता क्षेत्र छायाचित्र। (Photo credit: Ganga Prasad Bhartiya)

- **भ्रंश संकोणाष्म** : यह एक शैल है जो सामान्यतया भ्रंश तल के अनुदिश पाया जाता है। जिसमें सन्निकट स्थानीय शैलों के बहुत से कोणीय टुकडे पाये जाते हैं, जिन्हें भ्रंश संकोणाष्म (fault breccia) कहते है।

- **संस्तर का संकर्षण** : क्षेत्र में जब हम लोग एक तल के अनुदिश संस्तरों का आनमन (flexure) अथवा झुकाव (bending) पाते हैं यह तल भ्रंश तल हो सकता है।
- **संदलन, अपरूपण और चूर्णन** : खण्डों के भ्रंशन के कारण मूल शैल दो खण्डों के बीच घर्षण की वजह से छोटे टुकडों में टूट जाती है अथवा चूर चूर हो जाती है।
- **माइलोनाइट की उपस्थिति** : माइलोनाइट (mylonite) वास्तव में भ्रंश संकोणाष्म है जहाँ पर टुकडे सूक्ष्मदर्शीय माप के होते हैं। कभी-कभी ये काँचीय द्रव्य की तरह दिखते हैं। जिसे अतिमाइलोनाइट अथवा स्यूडोटैकीलाइट (pseudotachylite) कहते हैं।
- **सिलिकीभवन और खनिजीभवन** : भ्रंश, विलयन और दूसरे द्रवों के गमन के लिए और उनके निक्षेप के लिए अच्छा स्थान हो सकता है। यदि विलयन में क्वार्ट्ज की अधिकता हो तब यह स्थानीय शैल को सूक्ष्म कणित क्वार्ट्ज के द्वारा प्रतिस्थापित कर देता है जिसे सिलिकाभवन (silicification) कहते हैं। खनिज प्रचुर विलयन के द्वारा विस्थापन को खनिजीभवन (mineralisation) कहते हैं।
- **अवसादी अथवा कायान्तरी दशाओं में अन्तर** : ऐसे अवसादी अथवा कायान्तरी दशाएं जो सामान्यतः दूरस्थ स्थानों पर पाए जाते हैं। यदि वे एक दूसरे के पास-पास आ जाएं तब ये भ्रंश के उपस्थिति को इंगित करता है।
- **स्थलाकृति में अचानक परिवर्तन** : भ्रंशन के कारण प्रायः स्थलाकृति में अचानक परिवर्तन होता है। जो घाटी, भृगु, पर्वत पर त्रिभुजाकार फलक के रूप में दिखाई देता है। पर्वत की ऊँचाई में तीक्ष्ण परिवर्तन, बृहत भ्रंशन का संकेतक भी हो सकता है।
- **नदी के रूपरेखा में अचानक परिवर्तन** : नदी अपने बहाव दिशा में अचानक परिवर्तन प्रदशित करती है अथवा जल प्रताप उत्पन्न हो जाता है। यह भ्रंशन का संकेतक हो सकता है।
- **स्रोत रेखा** : बहुत बार पहाड़ों पर स्रोत पाए जाते हैं। यदि स्रोत एक रेखा के अनुदिश पाया जाता है। तब भ्रंश उपस्थित हो सकता है।

यह ध्यान रखना चाहिए कि स्थलाकृति अथवा भूआकृति मापदण्ड भ्रंशन के संकेतक हैं लेकिन ये भ्रंशन के पूर्णरूपेण प्रमाण नहीं हैं। ये स्थलाकृति लक्षण कुछ दूसरे कारणों से भी विकसित हो सकते हैं।

बोध प्रश्न 2

a) (σ_1), (σ_2) और (σ_3) संकेत क्या निरूपित करते हैं।

b) उत्पत्ति के आधार पर तीन प्रकार के भ्रंश की सूची बनाएं।

c) सामान्य भ्रंश और उत्क्रम भ्रंश की दशा में उपरिभित्ती का सापेक्षिक संचलन आधार भित्ति के संबध में क्या होता है?

d) क्षेत्र में भ्रंशों की पहचान के लिए मानको को सूचीबद्व कीजिये।

11.7 भ्रंशन के कारण

हम वलन और भ्रंशन के कारणों को विवर्तनिक और अविवर्तनिक में वर्गीकृत कर सकते हैं।

- **विवर्तनिक कारणः** विवर्तनिक कारण संपिडन बलों के कारण विकसित होते हैं। जिसके अन्तर्गत पर्वतन (पर्वत निर्माण) बल और पृथ्वी के अन्दर उत्पन्न होने वाले अन्तर्जात बल आते हैं।
- **अविर्वतनिक कारणः** अविर्वतनिक कारण जिससे सीमित भ्रंशन हो सकता है, वे हैं- गिरी पार्श्व विसर्पण, निपात अथवा गुरूत्व सर्पण, निश्चित संस्तर का अपरदन, हिमनदीय हिमप्रणोदन, विलयन, विभेदी संहनन और समकालीन अथवा सहअवसादी विरूपण।

11.8 सारांश

इस इकाई में हमने एक महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक संरचना भ्रंश के बारे में अध्ययन किया है। अब हमने जो सीखा उसका संक्षिप्तीकरण करते है :

- भूवैज्ञानिक संरचनाओं के विकास के लिए प्राथमिक कारण पृथ्वी के बल हैं जो शैल पिण्डों के ऊपर कार्य करते हैं और उनको विरूपित करते हैं।
- भ्रंश एक विभंग है जो शैल को इसके दोनों ओर विस्थापित करता है।
- वलन जो सामान्यतया तन्य प्रकृति के विरूपण को निरूपित करता है इसकी तुलना में भ्रंश सामान्यतया भंगुर दशाओं में विकसित होता है।
- भ्रंश विभिन्न प्रकार के ज्यामितीय रूपों में उत्पन्न हो सकता है। प्रत्येक ज्यामितीय रूप एक अभिलाक्षणिक नाम से जाना जाता है।
- उत्पत्ति के आधार पर भ्रंश का वर्गीकरण उनके विकास के लिए जिम्मेदार मुख्य प्रतिबलों (σ_1, σ_2 और σ_3) के अभिविन्यास पर आधारित है।
- भ्रंश को ज्यामितीय आधार पर (1) नेट सर्पण की दिशा, (2) संस्तर बल के साथ संबंध, (3) बृहत संरचनाओं से संबध, (4) भ्रंश पैटर्न, और (5) संचलन के प्रकार के आधार पर वर्गीकृत किया गया है।
- भ्रंश को क्षेत्र में पहचानने के लिए कई मापदण्ड है।

11.9 कियाकलाप

1. मृत्तिका खण्ड से आनत भ्रंश तल का चपटा फांक करें। इस भ्रंश तल के साथ या तो सामान्य या उत्क्रम भ्रंश बनायें। भ्रंशित मृतिका खण्ड का आरेख बनाए, रंगे और उपरिभित्ती तथा आधार भित्ती को लेबल करें। जिस रंग का प्रयोग करें उसी को लेख में परिभाषित करें। संचलन के अभिप्राय को तीर द्वारा इंगित करें और खाका को सामान्य भ्रंश अथवा उत्क्रम भ्रंश का शीर्षक दें।
2. हिमालय में बृहत क्षेपों और नापे के नाम को जानने की कोशिश करें।

11.10 सात्रिक प्रश्न

1. भ्रंश के विभिन्न भागों का स्पष्ट आरेख बनाकर व्याख्या करें।
2. भ्रंश के ज्यामितीय वर्गीकरण के आधारों को विस्तृत में बताएं। समर्थन में स्पष्ट नाम-पट्टी वाला आरेख बनायें।
3. भ्रंश की उत्पत्ति के आधार पर वर्गीकरण की संक्षेप में व्याख्या करें।
4. भ्रंशन के कारणों को बताएं।

11.11 सन्दर्भ

- Hatcher, R.D. Jr. (1990) Structural Geology Principles, concepts, and problems, Merrill Publishing Company, London, 533p.
- Twiss, R.J. and Moores, E.M. (1992) Structural Geology, W.H. Freeman and Company, New York.

11.12 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Billings, M.P. (1990) Structural Geology, Prentice Hall of India Pvt Ltd., 601p.
- Mukherjee, P.K. (2000) A Text Book of Geology, The World Press, Kolkata, 638p.
- Singh, P. (2009) Engineering and General Geology, S.K. Kataria and Sons., 600p.

11.13 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) संकेत : नति-सर्पण, भ्रंश, नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश, तिर्यक-सर्पण भ्रंश।

   b) अनुदैर्ध्य भ्रंश, बृहत वलन के अक्षीय अनुरेख के समान्तर होता है। अनुप्रस्थ भ्रंश वे भ्रंश है जो बृहत वलन जैसी संरचनाओं को एक दिशा में भंग करता है। जो वलन के अक्षीय अनुरेख के समान्तर नहीं होता है।

   c) जब नॉपे का अपरदन होता है और एक सीमित क्षेत्र में इसके नीचे की शैल दिखती है। इस क्षेत्र को गवाक्ष अथवा फेन्स्टर कहा जाता है। एक भूवैज्ञानिक नक्शें में गवाक्ष नापे अपरस्थानिक शैलों से घिरा होता है। क्लिपे, नापे के मुख्य क्षेत्र से अपरदन के द्वारा अलग हुआ ऊपरिक्षेप खण्ड (नापे) का अवशेष है और निम्न खण्ड के शैलों द्वारा घिरा होता है। भूवैज्ञानिक नक्शे में क्लिपे स्वस्थानिक शैलों द्वारा घिरा होता है।

   d) उत्खण्ड एक उठा हुआ खण्ड है जो विपरीत दिशा में नति वाले दो सामान्य भ्रंशों के बीच घिरा होता है। द्रोणिका एक अवपात खण्ड है जो एक समान नतिलम्ब तथा विपरीत नति वाले दो सामान्य भ्रंशों के समुच्चय से घिरा होता है।

2. a) अनुभाग 11.5 का सन्दर्भ लें। अधिकतम, मध्यम और निम्नतम मुख्य प्रतिबल।

   b) समान्तर भ्रंश, उत्क्रम भ्रंश और नतिलम्ब-सर्पण भ्रंश।

   c) सामान्य भ्रंश में उपरिभित्ति नीचे को जाती है जबकि उत्क्रम भ्रंश में उपरिभित्ति आधार भित्ति के सापेक्ष ऊपर को जाती है।

   d) इनके बारे मे अपने उत्तर में उल्लेख करें : दृश्य विस्थापन, भ्रंश संकोणाष्म, संस्तर का संकर्षण, संदलन अपरूपण और चूर्णन, माइलोनाइट की उपस्थिति स्त्रोत रेखा और कायान्तरी दशाओं का अन्तर, स्थलाकृति में अचानक परिवर्तन, नदी के रूपरेखा में अचानक परिवर्तन, सिलिकीभवन और खनिजीभवन।

सात्रिक प्रश्न

1. अनुभाग 11.3 का सन्दर्भ लें।
2. अनुभाग 11.4 का सन्दर्भ लें।
3. अनुभाग 11.5 का सन्दर्भ लें।
4. अनुभाग 11.7 का सन्दर्भ लें।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 12

संधि और विषमविन्यास

इकाई की रूपरेखा

12.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
12.2 संधि
संधियों का विवरण
उत्पत्ति के आधार पर संधियों का वर्गीकरण
संधियों का ज्यामितीय वर्गीकरण
संधियों का महत्व
12.3 विषमविन्यास
विषमविन्यास के प्रकार
क्षेत्र में विषमविन्यास की पहचान
विषमविन्यास का महत्व
12.4 सारांश
12.5 क्रियाकलाप
12.6 सात्रिक प्रश्न
12.7 सन्दर्भ
12.8 आगे/प्रस्तावित अध्ययन
12.9 उत्तर

12.1 प्रस्तावना

हम लोग भूवैज्ञानिक संरचनाओं जैसे वलन और भ्रंश के बारे में क्रमशः इकाई 11 और इकाई 12 में अध्ययन कर चुके है। अब इस इकाई में कुछ दूसरी भूवैज्ञानिक संरचनाओं जैसे संधि और विषमविन्यास के बारे में चर्चा करेंगे। पृथ्वी की सतह पर अधिकांश शैल विभंगों के द्वारा टूटी हुई हैं उनको **संधि (joint)** कहा जाता है। 'ज्वाइंट (संधि) शब्द की उत्पत्ति ब्रिटिश कोयलित (coalfields) में हुई क्योंकि खनक सोचते थे कि शैल विभंगों के अनुदिश जुड़ा हुआ है जैसे दीवार में ईंट रखी जाती है (Billings, 1990)। वास्तविकता यह है कि ज्वांइट शब्द मिथ्या नाम है क्योंकि ये सतह पर अखण्ड शैल में विभंगों को निरूपित करते हैं। वे भंगुर प्रकृति के विरूपण को निरूपित करते हैं। संधियों का ज्ञान भूवैज्ञानिक अध्ययन जैसे अभियांत्रिकी परियोजना में स्थल चुनाव, प्राकृतिक आपदा जैसे भूस्खलन की पहचान, जल आपूर्ति के लिए कुआँ खोदना आदि के लिए महत्वपूर्ण है। संधि की तरह विषमविन्यास भी एक दूसरे प्रकार का तलीय सतह है जो शैल के निक्षेपण क्रम (depositional sequences) में एक प्रकार की असंगते/अतंराल (discontinuity) को निरूपित करता है। हम इनके बारे में इस इकाई में चर्चा करेंगे।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई के अध्ययन के उपरान्त आप :

- संधियों को परिभाषित कर सकेंगे और उनके भूवैज्ञानिक महत्व से अवगत होंगे;
- संधियों को उनके ज्यामितीय और उत्पत्ति के आधार पर वर्गीकृत कर सकेंगे;
- विषमविन्यास को परिभाषित कर सकेंगे;
- विषमविन्यास के प्रकार को पहचानेंगे; और
- विषमविन्यास के महत्व की चर्चा कर सकेंगे।

12.2 संधि

संधि पृथ्वी की सतह पर सामन्यतया पाए जाने वाली भूवैज्ञानिक संरचनाआं में से एक है। शायद ही कोई दृश्यंश होगा जिसमें कोई विभंग या संधि न हो। संधि दो निकटवर्ती शैलखण्डों को बिना किसी सापेक्षिक विस्थापन के पृथक करती है। प्रादेशिक बल जैसे संपीडन, तनाव और अपरूपण अपनी छाप संधि के रूप में छोड़ सकते हैं। आपने इन बलों के बारे में इस खण्ड के इकाई 10 में पढ़ा है। ये बल पृथ्वी के भूपर्पटी के शैलों को विरूपित करते हैं और अक्सर इनके कारण नियमित अथवा अनियमित दरारें विकसित होती हैं। अधिकतम संधियाँ शुरू में तंग विभंगों की तरह होती हैं। लेकिन अपक्षय के कारण संधि बढ़कर खुली दरार के रूप लेती है। जब अपरदन के द्वारा सतह की परतें उतर जाती हैं तब संधियों का निर्माण शैलों के अविवर्तनिक फैलाव और संकुचन के फलस्वरूप भी होता है ये लावा में ठंढ़े होने पर संकुचन के कारण भी विकसित होते हैं। जब शैल विभंगित होता है तब संधियों का विकास होता है। ये सामान्यतः परिवर्तन की शुरूआत होती है जिससे शैल में महत्वपूर्ण परिवर्तन आते है। उदाहरण के तौर पर संधियाँ चैनल उपलब्ध कराती हैं जिस्से होकर जल और हवा शैल में अन्दर गहराई तक पहुँच जाता है और अपक्षय के प्रक्रिया को तेज कर देता है तथा शैलों को कमजोर कर देता है।

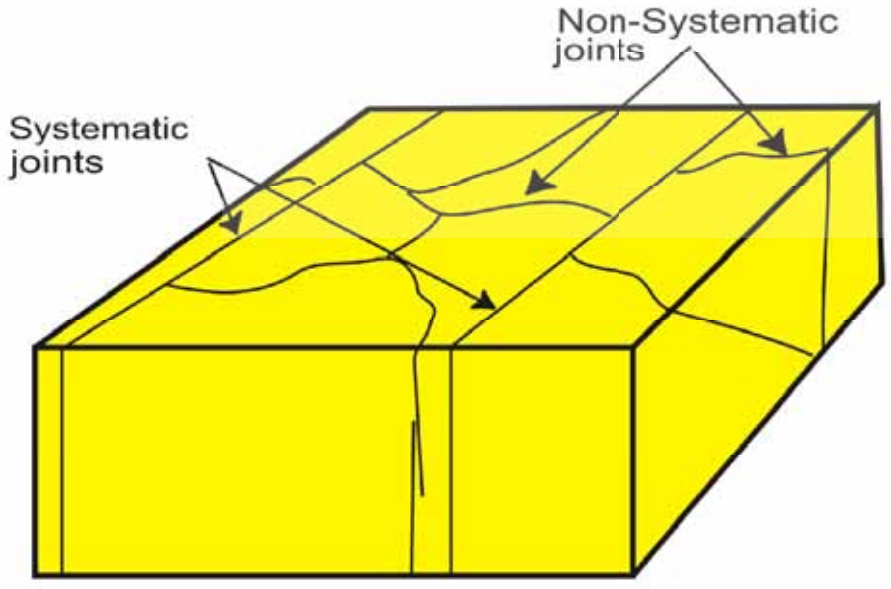
परिभाषा

संधि वह विभंग सतह है जिसके अनुदिश संचलन नगण्य होता है अथवा दृष्टिगोचर नहीं होता है। यद्यपि खण्डों का थोड़ा संचलन मि.मी. या कुछ से.मी. तक विभंग सतह के लम्बवत् हो सकता है। सभी भूवैज्ञानिक लक्षणों में संधि सबसे आम है। आप पाएंगे कि संधि सर्वव्यापक है और सभी प्रकार के शैलों जैसे आग्नेय, अवसादी अथवा कायान्तरित में पायी जाती है। कोयले में संधि को क्लीट या कोयला संधि कही जाती है। किसी क्षेत्र में संधियों का अध्ययन विभंग के निर्माण का समय और क्रम व्यक्त करता है और दोनों शुद्ध एवं अनुप्रयुक्त वैज्ञानिक मूल्यों की सूचना उपलब्ध कराते हैं। जल विज्ञान, अभियांत्रिकी, खनन आदि के दृष्टिकोण से विभंग और संधि सबसे महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक संरचनाओं में से है।

12.2.1 संधियों का विवरण

आप इकाई 10 संरचनात्मक भूविज्ञान का परिचय में पढ़ चुके हैं कि संधि तलीय विभंग तल है जिसकी किसी दूसरे तलीय संरचना की तरह नति और नतिलम्ब के रूप में वर्णन किया जाता है। संधियों की अलग–अलग अभिवृत्ति हो सकती है। कुछ उर्ध्वाधर, दूसरे क्षैतिज अथवा आनत हो सकते हैं। संधियों का नतिलम्ब और नति संस्तर तलों की तरह ही मापते हैं। संधि की सतह पर क्षैतिज रेखा की दिशा नतिलम्ब होती है। नति को संधि के नतिलम्ब के लम्बवत् उर्ध्वाधर तल में मापते हैं।

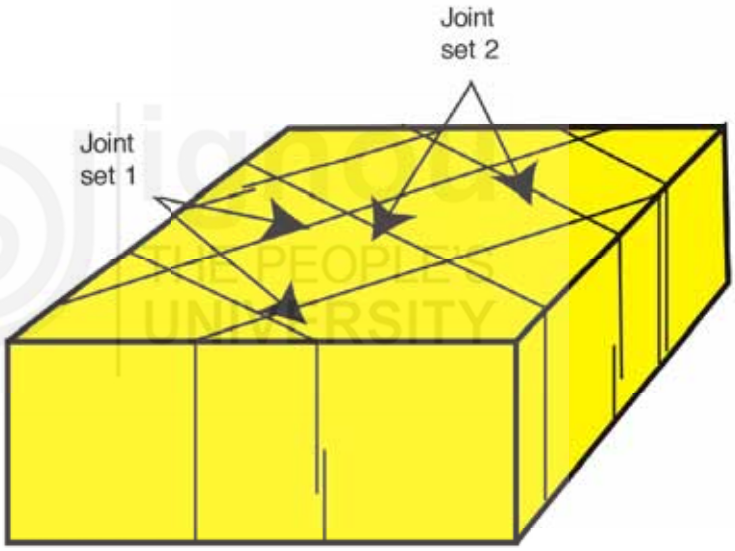
आप अवलोकन कर सकते हैं कि प्रकृति में संधियाँ बहुतायत में पायी जाती हैं जो व्यवस्थित और अव्यवस्थित हो सकती हैं। **अव्यवस्थित (non-systematic) संधियों** अथवा **अनियमित (irregular) संधियों** का अभिविन्यास अनियमित होता है। जबकि **व्यवस्थित संधियाँ** (systematic joints) एक दूसरे के समान्तर पायी जाती हैं और एक नियमित पैटर्न में दिखती हैं (चित्र 12.1a और b)। क्रम से सजी हुई समांतर संधिया जिनकी नति और नतिलम्ब एक समान होता है उसे **संधि समुदाय (joint set)** कहते हैं (चित्र 12.2a और b)। दो या अधिक संधि समुदाय जो एक दूसरे को काटें उसे **संधि समूह (joint-system)** कहा जाता है। एक संधि समूह में विभिन्न संधि समुदाय एक आयु के हो भी सकते हैं और नहीं भी हो सकते हैं। जबकि **संयुग्मी संधिया (conjugate joints)** एक समान आयु की दो संधि समुदाय हैं जो एक दूसरे को काटते है तथा संधि तलों के बीच 60° से 90° का कोण बनाते हैं। जब संधियों के तीन समुदाय परस्पर लम्बवत् होते हैं तब इनके द्वारा घनाकार शैल पिण्ड बनता हैं, इस प्रकार के संधियों को **भित्ति संधि** (mural joints) कहते हैं। एक संधि समूह में यदि एक संधि समुदाय प्रधान होता है। तब उन्हें **प्राथमिक संधि समुदाय** कहते हैं और संधि के दूसरे समुदाय अथवा समुदायों को **द्वितीयक/गौण संधि समुदाय** कहा जाता है। एक **संधि क्षेत्र (joint zone)** एक अविच्छिनप्राय (quasicontinuous) विभंग है जो निकटतम सम्बद्ध समान्तर विभंगों की एक श्रेणी का बना होता है और जिसका विस्तार किसी एक विभंग के परे होता है (चित्र 12.3a और b)।



(a)

(b)

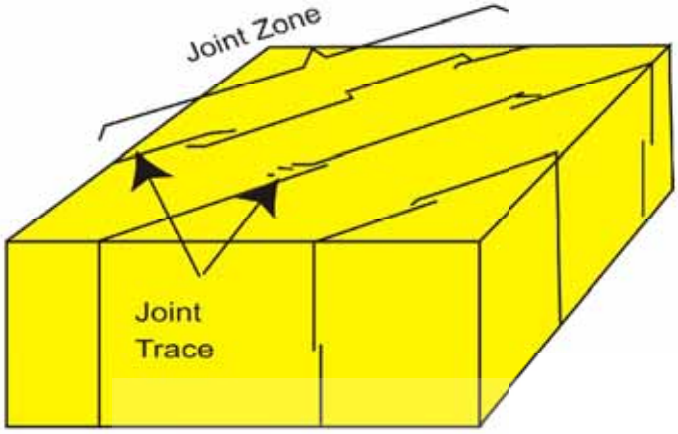
चित्र 12.1: व्यवस्थित और अव्यवस्थित संधियाँ a) रेखा चित्र; और b) क्षेत्र छायाचित्र।



(a)

(b)

चित्र 12.2: संधि समुदाय और संधि समूह a) रेखा चित्र; और b) क्षेत्र छायाचित्र।

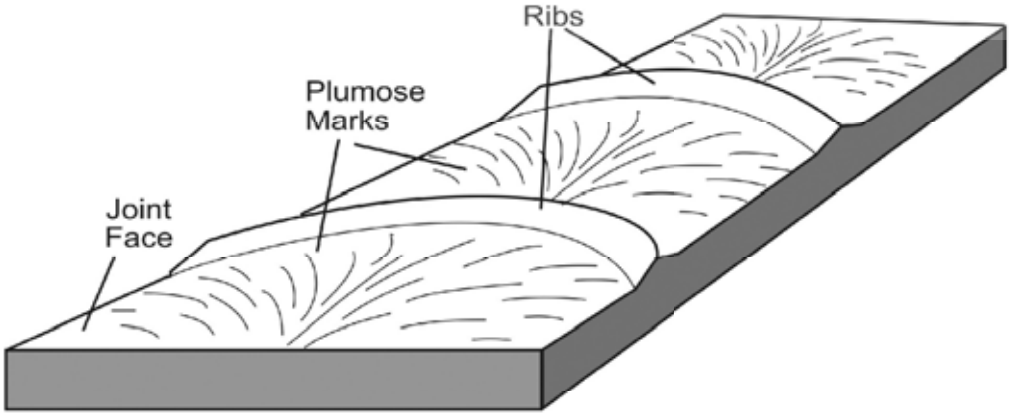


(a)

(b)

चित्र 12.3: संधि अनुरेख और संधि क्षेत्रः a) रेखाचित्र; और b) क्षेत्र छायाचित्र।

संधि फलक (Joint face) संधि खण्ड का द्विविमीय सतह है जो तलीय, वक्रतलीय और सामान्यतया लक्षण विहीन होता है। **संधि का द्वारक** (aperture) एक ही संधि के दो फलकों के बीच की लम्बवत् दूरी पर होती है। संधि अनुरेख (joint trace) एक रेखीय लक्षण है जो संधि सतह और दृश्यांश सतह अथवा किसी दिए हुए सतह के प्रतिच्छेदन के द्वारा बनता है (चित्र 12.3a और b)। **प्लूमोज़ चिन्ह** (plumose marks), संधि सतह पर पाया जाता है जो वक्ररेखीय पैटर्न में छोटे–छोटे कटक ओर गर्त की श्रेणियों की उपस्थिति के द्वारा अभिलक्षित होते है (चित्र 12.4)।



चित्र 12.4: संधि फलक पर प्लूमोज चिन्ह।

12.2.2 उत्पत्ति के आधार पर संधियों का वर्गीकरण

संधि की उत्पत्ति निम्न कारणों से हो सकती है :

- प्रतिबल के कारण विभंगों का बनना जो अवश्य विवर्तनिक क्रिया के साथ विकसित हुआ है;
- अवशिष्ट प्रतिबल, जो विभंगों के विकसित होने के बहुत पहले विवर्तनिक घटनाओं के कारण उत्पन्न हुआ था;
- मैग्मा के ठंड़े होने पर संकुचन के कारण से सिकुडन होने पर
- शैलों का पहाड़ी से नीचे की ओर अथवा पर्वतीय हिमनद का सतह पर संचलन के कारण।

संधि के विकास के लिए जिम्मेदार बलों की प्रकृति निम्न हो सकती है:

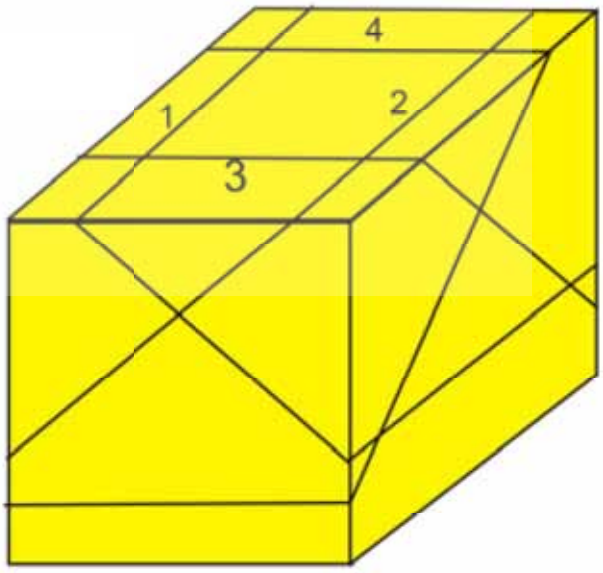
A) विवर्तनिक (Tectonic)

B) अविवर्तनिक (Non-tectonic)

A) विवर्तनिक संधियाँ

ऐसा पाया गया है कि अधिकतम संधियों का विकास तब होता है जब शैल सतह के ऊपरी भाग पर भंगुर अवस्था में विवर्तनिक प्रतिबलों के कारण विरूपण होता है। विवर्तनिक संधियाँ निम्न प्रकार से भी पहचानी जाती है :

1. **तनाव संधि (Tension joint)** : ये संधियाँ बाहर की तरफ खींचने वाले अथवा तनाव प्रतिबलों के कारण से बनती हैं। तनाव संधि छोटे वृत्तीय खोंचा अथवा कटक प्रदर्शित करती हैं जिन्ह प्लोमोज़ चिन्ह कहा जाता है (चित्र 12.4)।
2. **अपरूपण संधि (Shear joint)** : संपीडन प्रतिबलों के कारण अपरूपण संधि बनती हैं। इस स्थिति में संधियाँ एक दूसरे के विपरीत नति दिशा वाले संयुग्मी समुदाय के रूप में विकसित होती हैं (चित्र 12.5)।



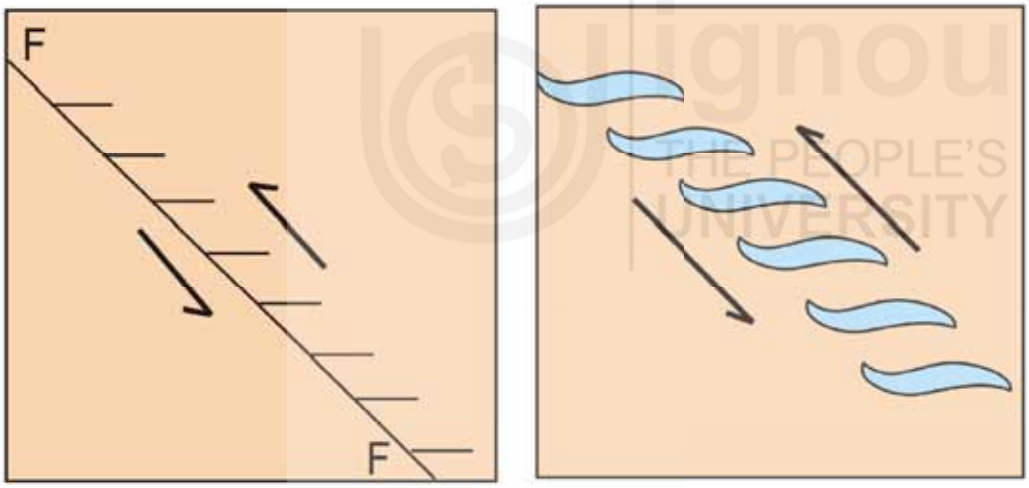
चित्र 12.5: अपरूपण संधि– 1 और 2 समुदाय संयुग्मी समुदाय हैं जिनकी नतिलम्ब एक ही है लेकिन नति विपरीत है। इसी प्रकार समुदाय 3 और 4 दूसरे संयुग्मी समुदाय हैं।

3. **विस्तार संधि (Extension joint)** : जिन संधियों का नतिलम्ब वलन अक्ष के लम्बवत् होता है उन्हें विस्तार संधि कहा जाता है। इनको इसलिये ऐसा कहा जाता है क्योंकि ऐसा सोचा जाता है कि इनसे संरचना (वलन) का आगे और विस्तार होता है।

4. **मोचन संधि (Release joint)**: वलन अक्ष के समान्तर बनी संधियों को मोचन संधि कहा जाता है। ये संधियाँ उपरिशायी अधिक भार के हटने से विकसित होती है।

5. **पिच्छाकार संधि (Feather joint)** : छोटे सोपानी (आंशिक रूप से परस्पर ढकी हुई) संधियों का एक समूह जिसकी उत्पत्ति भ्रंश क्षेत्र के पास भंगुर विरूपण के कारण हुई हो उनको पिच्छकार संधि कहते हैं (चित्र 12.6)। यह एक प्रकार की विस्तार संधि है।

6. **मिश्रित संधि (Hybrid joint)** : मिश्रित संधि एक से अधिक प्रकार के बल जैसे तनाव, संपीडन अथवा घूर्णन बलों के भागीदारी होने से बनती है। मिश्रित संधि एक तल पर अवलोकित नहीं होती है बल्कि ये घूर्णी प्रकृति की होती हैं। तन्य गैस शिरा (tensional gash veins) अथवा सोपानी संधि (en echelon joints) मिश्रित संधि के उदाहरण है (चित्र 12.6)। विरूपण के दौरान घूर्णन के कारण पिच्छाकार अथवा सोपानी संधि अंग्रेजी के अक्षर 'S' अथवा 'Z' की आकृति धारण कर लेती हैं।



(a) (b)

चित्र 12.6: a) पिच्छाकार संधि; और b) मिश्रित संधि।

B) अविवर्तनिक संधियाँ

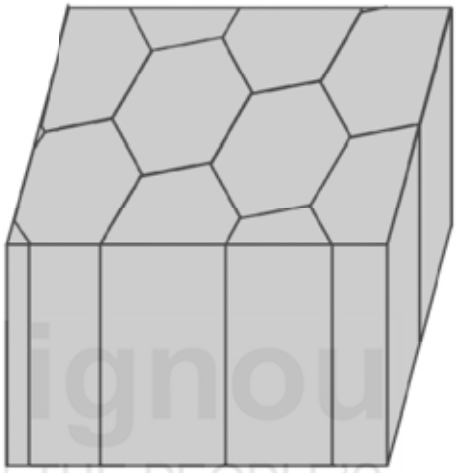
अविवर्तनिक संधियाँ विवर्तनिक बलों से वास्तव में स्वतंत्र होती हैं। अविवर्तनिक कारणों में पहाड़ी किनारे का सरकना, भूस्खलन अथवा मानवजनित कार्य जैसे संघात, विस्फोट आदि हो सकता है। इनका प्रभाव स्थानीय अथवा सीमित विस्तार होता है।

1. **स्तम्भी संधियाँ (Columnar joints)**: ये संधियाँ गहराई में स्तम्भी संरचना प्रदर्शित करती हैं और सतह पर बहुभुजीय (सामान्यतः षट्कोणीय) रूपरेखा दिखाती है (चित्र 12.7a)। स्तम्भों का व्यास कुछ मीटर का तथा लम्बाई कई मीटर होती है। जबकि **स्तम्भी संधियाँ** जो अविवर्तनिक कारणों से विकसित होती हैं उनका नियमित पैटर्न होता है। ये संधियाँ पृथ्वी सतह पर लावा के ठंड़े होने के दौरान विकसित होती हैं। अतः इन्हें **प्राथमिक** अथवा **संकुचन संधि** भी कहा जाता है। संकुचन संधि शीतलन का परिणाम है। बेसाल्ट लावा स्तम्भी संधियों के कारण बहुभुजीय स्तम्भ

विकसित करता है (चित्र 12.7)। कुछ स्तम्भ षट्कोणीय होते हैं कुछ चार अथवा पांच पार्श्व वाले होते हैं।

2. **भित्ति संधि (Mural joint)** : जब तीन परस्पर लम्बवत् संधि समुदाय लगभग बराबर दूरी पर काटती हैं तब भित्ति संधियाँ (Mural joints) विकसित होती हैं। ग्रेनाइट में भित्ति संधियों का लाभपूर्ण उपयोग खनन के दौरान धनाभ खण्ड निकालने के लिए किया जाता है।

3. **आस्तरी संधि (Sheet joint) :** समुदाय में विकसित होती हैं और ये भूमि सतह के लगभग समान्तर होती है, विशेषकर वितलीय आग्नेय अन्तर्वेधी शैल जैसे ग्रेनाइट। ये दिन और रात के समय शैलों के सूर्य तापन और शीतलन के वजह से फैलाव और संकुचन के कारण भी बन सकते हैं।



(a)

(b)

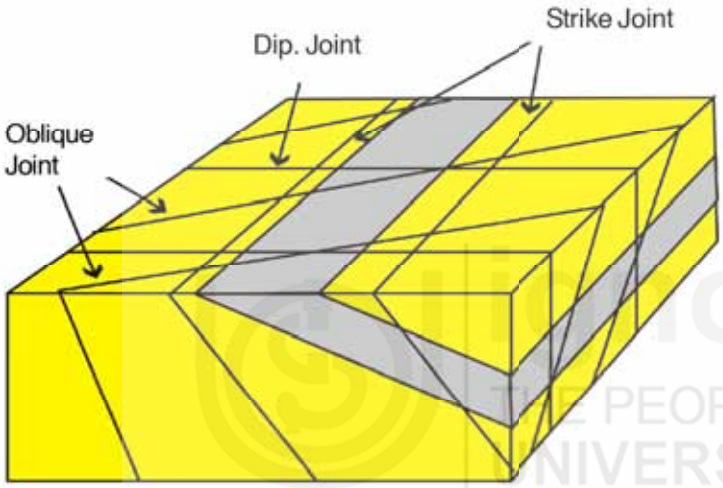
चित्र 12.7: a) बहुभुजीय संधि का रेखाचित्र; और b) दक्कन बेसाल्ट में स्तम्भी संधि का क्षेत्र छायाचित्र।

12.2.3 संधियों का ज्यामितीय वर्गीकरण

पिछले अनुच्छेद में आपने उत्पत्ति के आधार पर संधि के वर्गीकरण के विषय में अध्ययन किया। अब हम लोग ज्यामितीय के आधार पर संधि के वर्गीकरण के बारे में चर्चा करेंगें।

A) संधि और संस्तर तल अभिवृत्ति

- **नतिलम्ब संधि** : इस संधि में संधि तल का नतिलम्ब संस्तर तल के नतिलम्ब के समान्तर होता है (चित्र 12.8)।
- **नति संधि** : जब संधि तल का नतिलम्ब संस्तर तल के नति दिशा के समान्तर होता है तब उसे नति संधि कहते हैं। दूसरे शब्दों, में नति संधि में संधि और संस्तर तल का नतिलम्ब परस्पर लम्बवत् होता है (चित्र 12.8)।
- **तिर्यक संधि** : जब संधि तल का नतिलम्ब संस्तर तल के नतिलम्ब और नति दिशा के समान्तर नहीं होता तब संधि को तिर्यक संधि कहते हैं।
- **संस्तर संधि** : जब संधि की नति एवं नतिलम्ब संस्तर के नति एवं नतिलम्ब के समान्तर होता है तब ऐसे संधि को संस्तर संधि कहा जाता है।



चित्र 12.8: नति संधि, नतिलम्ब संधि, और तिर्यक संधि।

B) संधि का आकार

माप में संधि का विस्तार सूक्ष्मदर्शीय से सैकड़ों मीटर तक होता है। आकार के आधार पर संधियों को निम्नलिखित में वर्गीकृत किया जा सकता है :

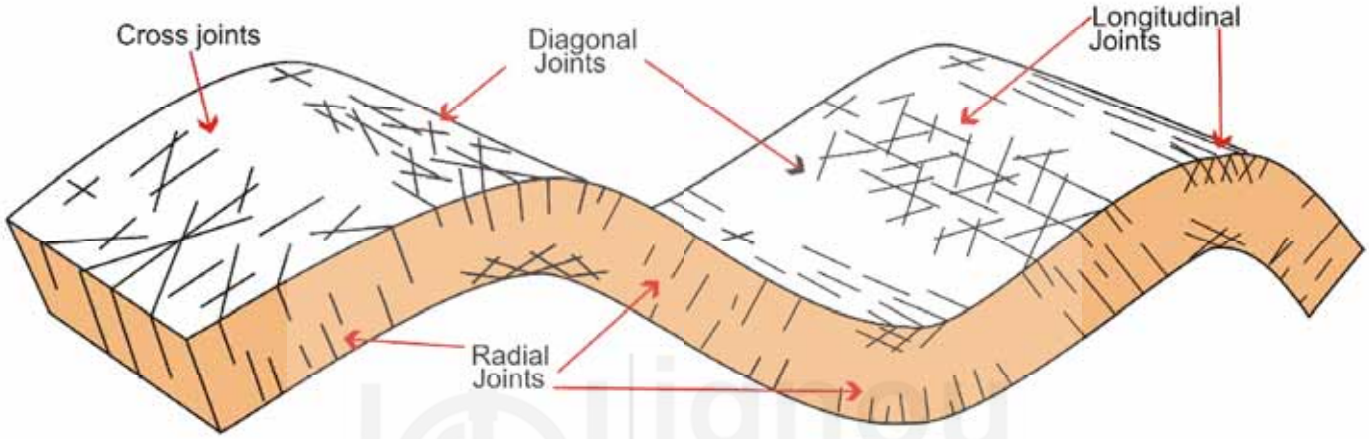
- **प्रधान संधि** : संधि तल जिसका परिमाण औसत विस्तार के अपेक्षा अधिक होता है उनको प्रधान संधि (**master joint**) कहते हैं। यह कई शैल सीमाओं को प्रभावित करता है और सैकड़ों मीटर तक होता है।
- **मुख्य संधि (Major joint)** : यह संधि प्रधान संधियों की तुलना में छोटी होती हैं लेकिन ये क्षेत्र में प्रमुख होती है।
- **गौण संधि (Minor joint)** : यह संधि एक संस्तर तक सीमित रहती है और इनका विस्तार संस्तर तल के बाहर नहीं जाता है।
- **सूक्ष्म संधि (Micro joint) :** यह संधि आकार में बहुत छोटी होती है और आकार में केवल कुछ मिमी तक होती है।

C) क्षेत्र के मुख्य संरचनाओं से संबंध

i) वलन के साथ ज्यामितीय संबंध

संधि वलन के साथ विभिन्न प्रकार के संबंध प्रदर्शित करती है :

- **तिर्यक संधि** वलन अक्ष के लम्बवत् होती है;
- **अनुदैर्ध्य संधि** वलन के अक्षीय तल के सागान्तर होती है;
- **विकर्ण संधि** वलन के अक्षीय तल के न तो समान्तर और न तो लम्बवत् होती हे।
- **अरीय संधि** विशेष रूप से वलित समर्थ परतों में पायी जाती है और परतों के स्थानीय विन्यास के लम्बवत् होती है। इनका नतिलम्ब वलन अक्ष के समान्तर होता है (चित्र 12.9)।
- **विस्तार संधि** को सामान्यतया तिर्यक संधि और अरीय संधि कहते हैं।



चित्र 12.9: **तिर्यक संधि (cross joints), विकर्ण संन्धि (diagonal joints), अरीय संधि (radial joints), और अनुदैर्ध्य संधि (longitudinal joints) का रेखाचित्र।**

ii) भ्रंश के साथ ज्यामितीय संबंध

जैसा पूर्व में उल्लेख किया गया है कि भ्रंश के पास बहुत सी लघु संधियाँ मोटेतौर पर भ्रंश से 45^0 पर विकसित होती हैं। ये संधियाँ पिच्छ की तरह दिखती हैं इसलिए इन्हे **पिच्छ संधियाँ** (feather joints) अथवा **पिच्छाकार संधियाँ** (pinnate joints) कहा जाता है। कुछ दशाओं में ये भ्रंश संचलन के दिशा ज्ञात करने के लिए प्रयोग होती हैं। **गैश विभंग** (चित्र 12.10b) अंग्रेजी के शब्द s अथवा z के विस्तार विभंग हैं जो सामान्यतया खनिजों के द्वारा भरा होता है और अपरूपण क्षेत्र (shear zone) के अनुदिश पाया जाता है। इनको **मिश्रित संधि** भी कहते हैं तथा इनके बारे में हम लोग पूर्व में चर्चा कर चुके हैं।

12.2.4 संधियों का महत्व

संधियाँ क्षेत्र में बिना संचलन के भ्रंश के रूप में पहचानी जाती हैं। इनके आयाम का परिमाण विस्तृत सीमा में परिवर्तनीय है। कभी ये बहुत छोटे होते हैं लेकिन कुछ दशाओं में इनका विस्तार कुछ कि.मी. तक होता है। आप अपने आपसे संधियों के अध्ययन की आवश्यकता और उनके दृश्यांश पर पड़ने वाले प्रभाव के बारे में प्रश्न कर रहे होंगे। यहाँ उनका उत्तर दिया गया है :

1. संधियाँ लगभग सभी शैलों में दश्ष्यांश के पैमाने पर मिलती हैं और इस प्रकार पृथ्वी के भूपर्पटी पर सबसे प्रचुर भूवैज्ञानिक संरचनाओं में से एक है।

2. शैल पिण्डों में संधियों में अतिसूक्ष्म समायोजन होता है जैसे विवर्तनिक संचलन के दौरान आकृति और/अथवा आकार में परिवर्तन यथा अवतलन, उत्थान, क्षेपण, संकुचन, फैलाव और वलन।

3. बहुत से सुरम्य प्राकृतिक दृश्य संधियों और संधियों के अनुदिश अपक्षय और अपरदन के द्वारा बनते है।

4. किसी क्षेत्र का अपवाह (drainage) पैटर्न संधियों के अनुदिश हो सकता है। ये जल के लिए नाली का कार्य करती हैं और इसमें भौम जल भी एकत्रित हो सकता है। इनसे जल प्रवाह के क्रिया के द्वारा अपक्षय भी होता है।

5. संधियों की उपस्थिति के साथ–साथ वर्षाजल और भौमजल, उष्णजलीय खनिज तरल विलयन (hydrothermal mineralising fluid) तथा तेल और प्राकृतिक गैस का संचरण (circulation) होता है। संधियाँ उष्णजलीय निक्षेप के द्वारा धातु अथवा अधात्विक खनिजों के निक्षेप के लिए स्थल का कार्य करती हैं।

6. संधि शैल में आयतन संरघ्रता (bulk porosity) और पारगम्यता (permeability) को बढ़ाता है, विशेषकर पारगम्यता को। यह इतना महत्वपूर्ण है कि पेट्रोलियम उत्पादन में सतही अवसादी शैलों में कृत्रिम रूप से विभंग उत्पन्न किया जाता है जिससे कि पेट्रोलियम को गहराई से प्राप्त किया जा सके।

7. गर्म शैलों की संधियों के द्वारा गहराई पर तरल का प्राकृतिक परिभ्रमण भूतापीय ऊर्जा निकासी का महत्वपूर्ण पहलू है।

8. संधियों के नियमित रूप से पाये जाने से शैलों के खनन में आसानी होती है।

बोध प्रश्न 1

a) स्तम्भी संधि क्या है?

b) नतिलम्ब संधि और नति संधि के बीच में भिन्नता बताएं।

c) वलन से सम्बन्धित संधियों के विभिन्न प्रकार क्या हैं?

d) संधि और भ्रंश में अन्तर बताइए। भ्रंश से संबधित संधियों की सूची तैयार करें।

12.3 विषमविन्यास

विषमविन्यास शैल में अथवा अनुक्रम में सामान्यतया पाया जाने वाला एक भूवैज्ञानिक लक्षण है। यह दूसरे सभी भूवैज्ञानिक संरचनाओं जैसे वलन, संधि और भ्रंश से भिन्न है। विषमविन्यास भूमि उत्थान (uplift) अथवा/और अवतलन (subsidence) के रूप में विवर्तनिकी से संबंधित है और इसका अनिक्षेप काल (period of non-deposition) से उल्लेख किया जाता है।

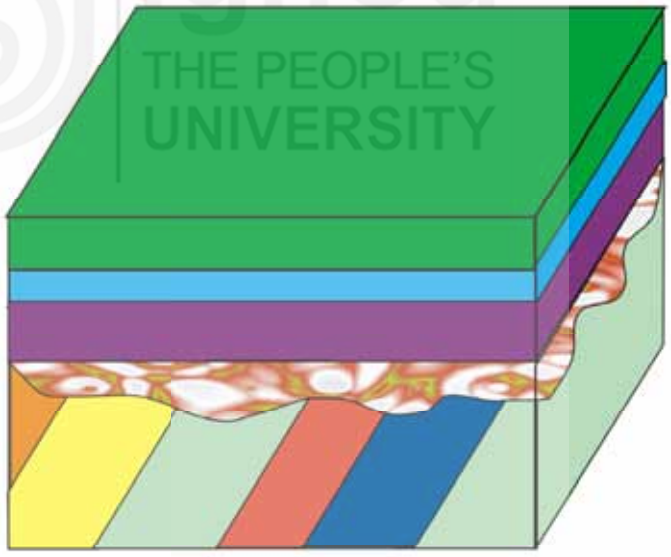
विषमविन्यास को शैल अनुक्रम में अनिक्षेप के काल के रूप में परिभाषित किया जाता है। यह निक्षेप में प्रांतराल (hiatus) अथवा रुकावट को चिन्हित करता है।

निकोलस स्टेनो द्वारा सत्रहवीं शताब्दी में प्रतिपादित स्तरिकी के मौलिक नियमों में **मूल क्षैतिजता का नियम** (Law of Original Horizontality) है जिसको समविन्यास (conformity) कहा जाता है। इससे पता चलता है कि आरम्भ में निक्षेप पूरी तरह क्षैतिज अवस्था में होता है। बाद में अनिक्षेप के दौरान विवर्तनिक अथवा अविवर्तनिक हलचलों के कारण परतें अथवा संस्तरें झुक जाती है और अपक्षय और अपरदन प्रक्रमों के लिए अनावरित हो जाती है। उसके बाद अनावरित शैलें नीचे धंस जाती हैं और दबी हुई द्रोणी में अवसादों का निक्षेपण प्रारम्भ हो जाता है तथा जिससे नए अनुक्रमो का जन्म होता हैं। विषमविन्यास उस समय के अन्तराल को निरूपित करता है जब द्रोणी में अवसाद नहीं पहुँचता है।

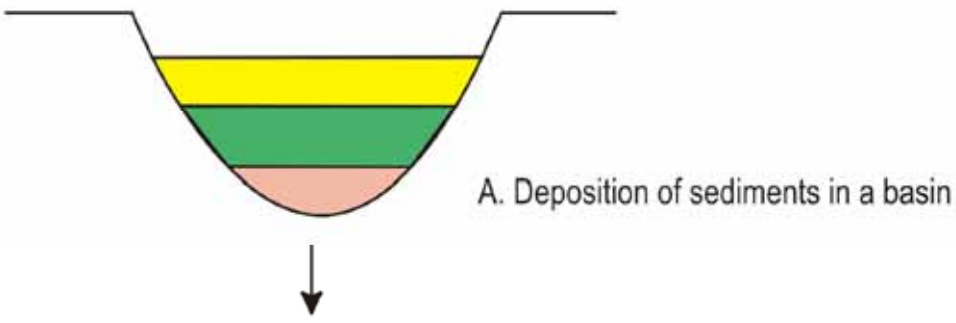
12.3.1 विषमविन्यास के प्रकार

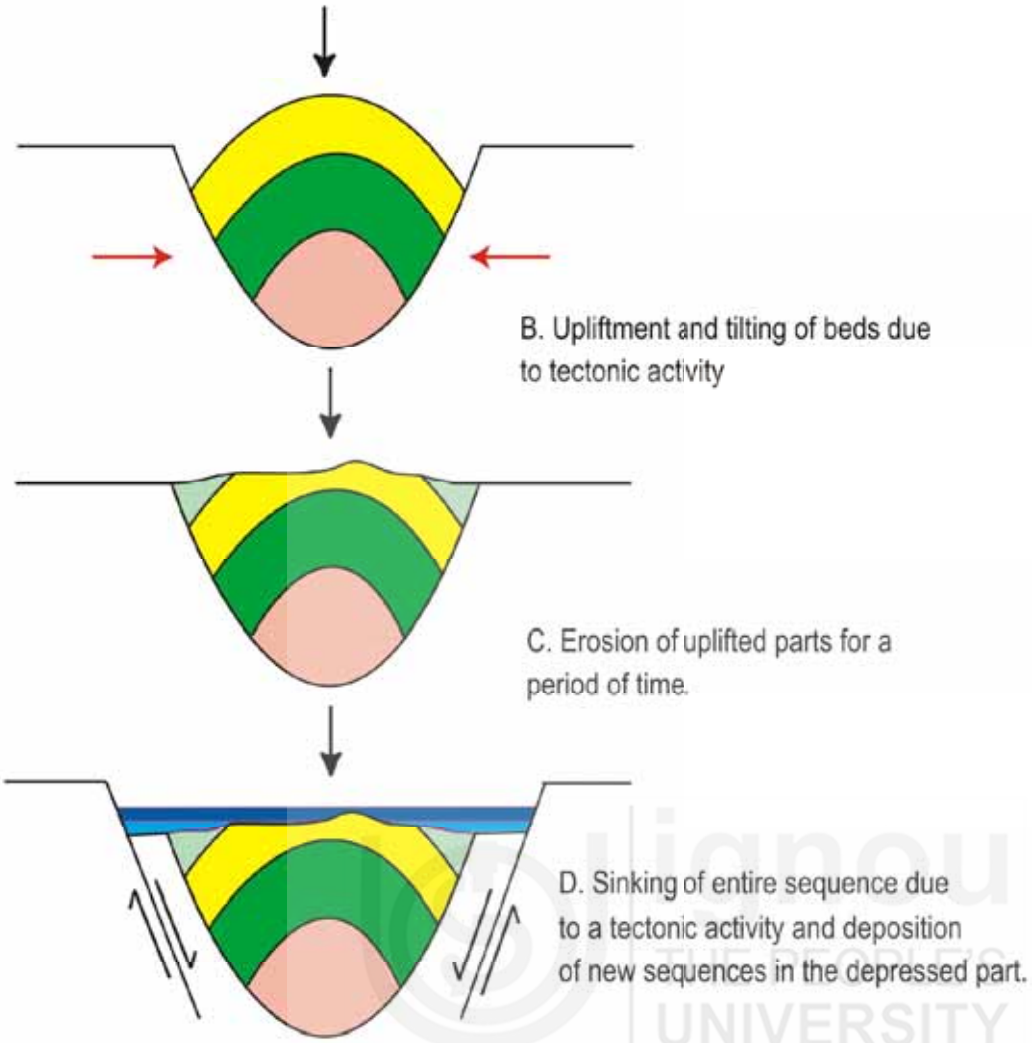
विषमविन्यास निम्नलिखित प्रकार के होते हैं :

1. **कोणीय विषमविन्यास (Angular unconformity):** इसमें विषमविन्यास सतह के आरपार पुराने और नए अनुक्रमों का आपस में कोणीय संबंध होता है (चित्र 12. 10 और 12.11)। ऐसा पुराने शैल समूह के ऊपर नए शैल अवसादों के निक्षेप से विकसित होता है क्योंकि पुराने शैल समूह नए अनुक्रम के निक्षेपण के पूर्व से ही नत होते हैं। चित्र 12.10 कोणीय विषमविन्यास के सभी अवस्थाओं को चित्रित करता है।



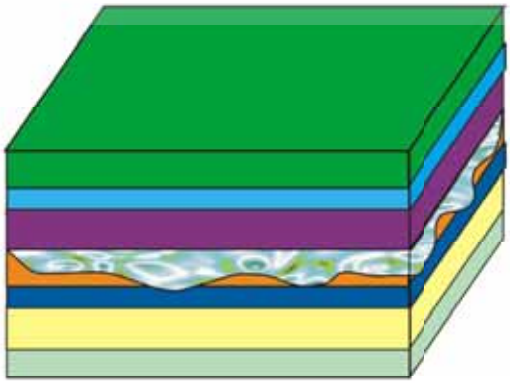
चित्र 12.10: कोणीय विषमविन्यास।



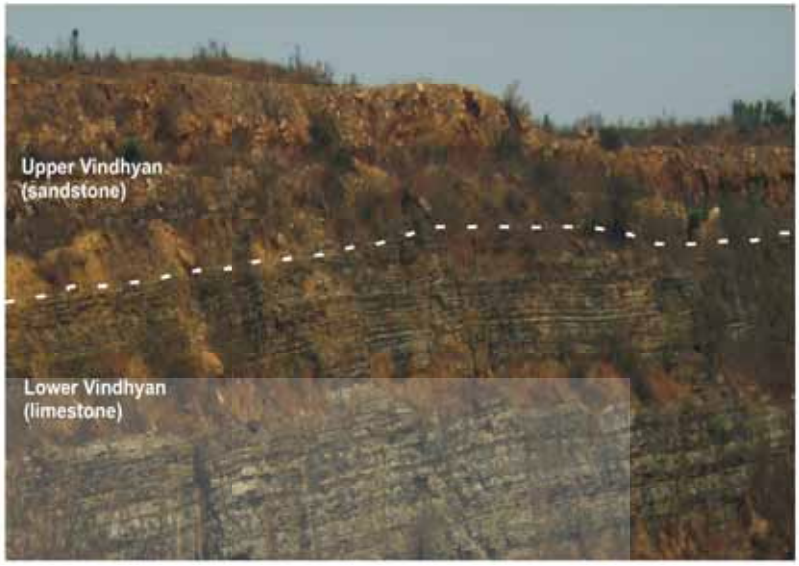


चित्र 12.11: कोणीय विषमविन्यास के विकास की अवस्थाएं : A) द्रोणी में अवसादों का निक्षेपण; B) विवर्तनिक हलचलों द्वारा संस्तरों का उत्थन अथवा आवृत होना; C) समय के अंतराल में उत्थित हिस्सां का अपरदन होना; और D) विवर्तनिक प्रक्रमों द्वारा पूरे शैल अनुक्रम का धंसना तथा गर्त में नये अनुक्रमों का निक्षेपण होना।

2. **अपसमविन्यास (Disconformity)**: इसमें दोनों पुराने और नए अनुक्रमों के संस्तर समान्तर होते हैं (चित्र 12.12a और b)। इसलिए अपसमविन्यास (disconformity) को समान्तर विषमविन्यास (parallel conformity) भी कहा जाता है।



(a)

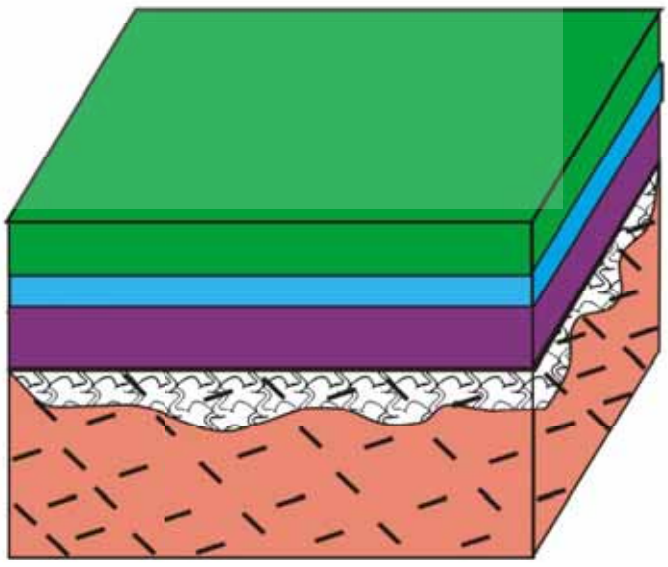


(b)

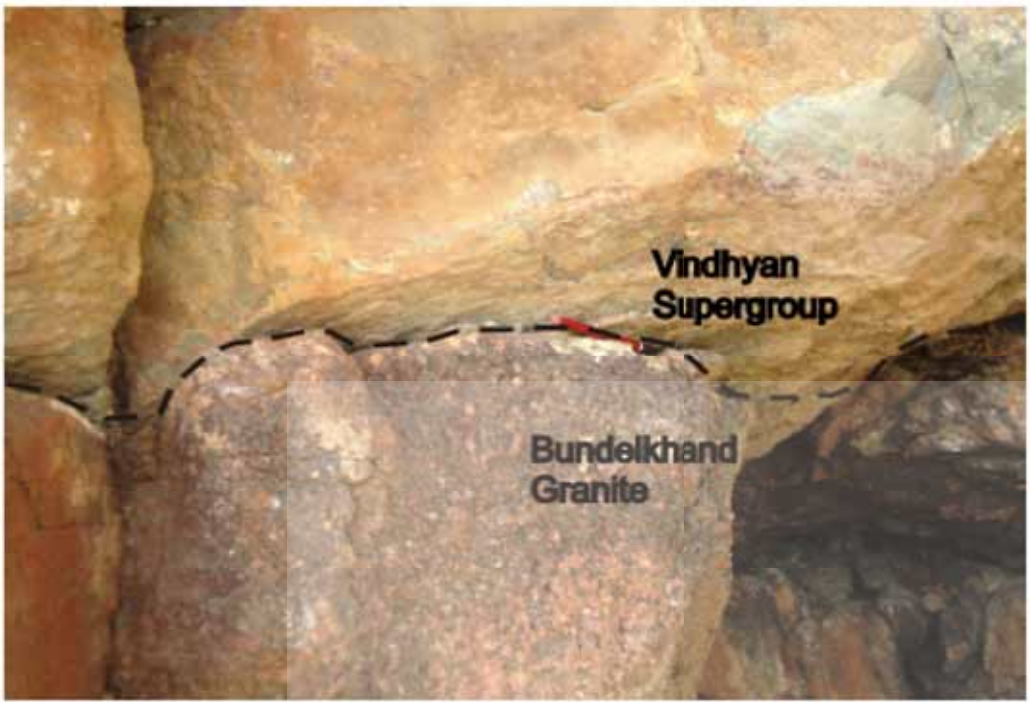
चित्र 12.12 : a) अपसमविन्यास; b) क्षेत्र छायाचित्र जो सोन घाटी, **सोनभद्र जनपद उत्तर प्रदेश में सामान्तर तरीके से लोअर विन्ध्यन का चूना प्रस्तर के पुराने अनुक्रम के ऊपर अपर विन्ध्यन के नूतन बालुकाश्म को दिखाता है।**
(Photo credit : Dr. Meenal Mishra)

3. **असमविन्यास (Nonconformity) :** इसमें पुराना अनुक्रम वितलीय (plutonic) आग्नेय शैल का बना होता है जबकि नया अनुक्रम अवसादी शैल का बना होता है। यहाँ पर अवसादी शैल सीधे वितलीय आग्नेय शैल के ऊपर निक्षेपित होते हैं (चित्र 12.13a और b), जो नए निक्षेपण अनुक्रम के पूर्व अपरदन के लिए अनावरित था। इसको **विषमशिली विषमविन्यास** (heterolithic unconformity) भी कहा जाता है।

4. **स्थानीय विषमविन्यास (Local unconformity)** : वह विषमविन्यास जिसका विस्तार सीमित होता है उसे स्थानीय विषमविन्यास कहा जाता है। यह अनुक्रम में छोटे अन्तराल को निरूपित करता है। यह अपसमविन्यास के समान है लेकिन समय और क्षेत्रफल कम होता है। इसको लघुक्रम भंग (diastem) भी कहते हैं।



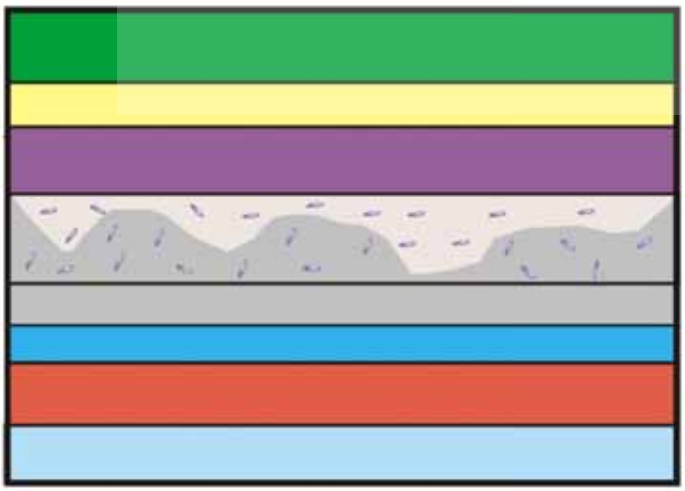
(a)



(b)

चित्र 12.13: असमविन्यास a) रेखाचित्र; और b) क्षेत्र छायाचित्र जो लोअर विन्ध्यन के चूना पत्थर तथा बुन्देलखण्ड ग्रेनाइट वितलीय शैल का तथा असमविन्यास सम्पर्क प्रदर्शित करता है, चित्रकूट (उ.प्र.)। (Photo credit : Dr. Shinjana Sen)

5. **संमिश्रित विषमविन्यास (Blended unconformity)** : सामान्यतया विषमविन्यास पुराने और नए अनुक्रम के बीच स्पष्ट सम्पर्क प्रदर्शित करता है लेकिन कभी–कभी यह सम्पर्क सुस्पष्ट नहीं होता है क्योंकि इनके बीच अवशिष्ट मिट्टी (residual soil) का मोटा अनुक्रम होता है। नए अनुक्रम कभी–कभी अवशिष्ट पदार्थो (मिट्टी और/अथवा गुटिका) को समाहित किए रहता है और इस प्रकार यह दो अनुक्रमों का मिश्रण अथवा सम्मिश्रण दिखाता है। समिश्रित विषमविन्यास भी बिना पृथक विभाजन तल अथवा सम्पर्क वाला एक प्रकार का अपसमविन्यास अथवा असमविन्यास है तथा कभी–कभी अधःशायी शैल (underlying rocks) से उत्पन्न गुटिकाओं के संस्तर अथवा पुरातन मिट्टी का बना होता है (चित्र 12.14)।



चित्र 12.14: संमिश्रित विषमविन्यास का रेखाचित्र।

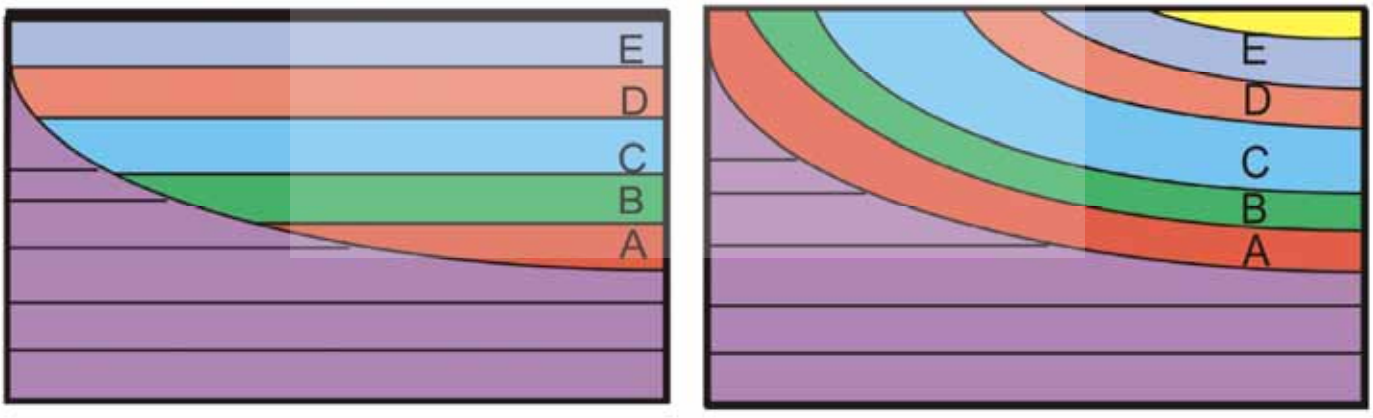
उपर्युक्त प्रकारों के अतिरिक्त कुछ विशेष लक्षण हैं तो संस्तरों के पुराने और नए अनुक्रमों के बीच सम्बन्धों का इंगित करते है। **समुद्री अतिक्रमण** (marine transgression) वह प्रक्रम है जब समुद्री जलस्तर बढ़ने से भूमि का अतिक्रमण करता है। इसी प्रकार जब समुद्री जलस्तर घटता है तब समुद्री जलस्तर पीछे हटने की प्रकिया को समुद्री **पश्च गमन (marine regression)** कहते हैं।

1. **अतिव्यापन (Overlap)** : अतिव्यापन शब्द एक विषमविन्यास में संस्तरों के संबंधों की व्याख्या के लिए प्रयोग किया जाता है जहाँ ऊपर की श्रेणी के नए सदस्य क्रमशः पुरानी श्रेणी के ऊपर अतिव्यापन के द्वारा पड़े रहते हैं और इनका विस्तार अपने से ठीक नीचे वाली सदस्य के बाहर तक होता है (चित्र 12.15)। यह समुद्री अतिक्रमण के कारण होता है।

   चित्र 12.15a में संस्तर B जो संस्तर A से नया है तथा A को पूरी तरह से ढका हुआ है और आगे भी फेला हुआ है और तब पुरानी श्रेणी के संस्तरों से सम्पर्क बनाता है। इस प्रकार के संबंधों को अतिव्यापन कहा जाता है और दूसरी संस्तरों C, D और E के लिए भी देखा जा सकता है। यदि आप ऊपर से देखें तो अतिव्यापन एक संबंध प्रदर्शित करता है जहाँ क्रमशः नए संस्तर पुराने श्रेणी के क्षेत्र को अधिक से अधिक ढका रहता है।

2. **अव्याप्ति (Offlap) :** यह पुराने और नए संस्तरों के विपरीत संबंधों को प्रदर्शित करता है। इसमें नई श्रेणी के क्रमशः नए संस्तर पुराने अनुक्रम के संस्तरों के कम क्षेत्र पर निक्षेपित होते है। अव्याप्ति की दशा में ऊपर की श्रेणी का निम्नतम संस्तर पुराने श्रेणी के ऊपर अपनी श्रेणी के नए संस्तर से अधिक फैला होता है (चित्र 12.15b)। यह घटनाक्रम समुद्री पश्चगमन के कारण होता है।

   चित्र 12.15b एक अव्याप्ति के संबंधों की व्याख्या करता है। यदि आप ऊपर से देखेंगे तो अव्याप्ति में क्रमशः नए संस्तर पुराने श्रेणी के कम क्षेत्र को ढकता है। हम लोग पाएंगे कि पुरानी श्रेणी एवं नयी श्रेणी के सतहों के बीच की दूरी नए संस्तर के साथ बढ़ती रहती है। आप निरीक्षण कर सकते हैं कि पुरानी श्रेणी और संस्तर C के बीच की दूरी D और E से अधिक है।



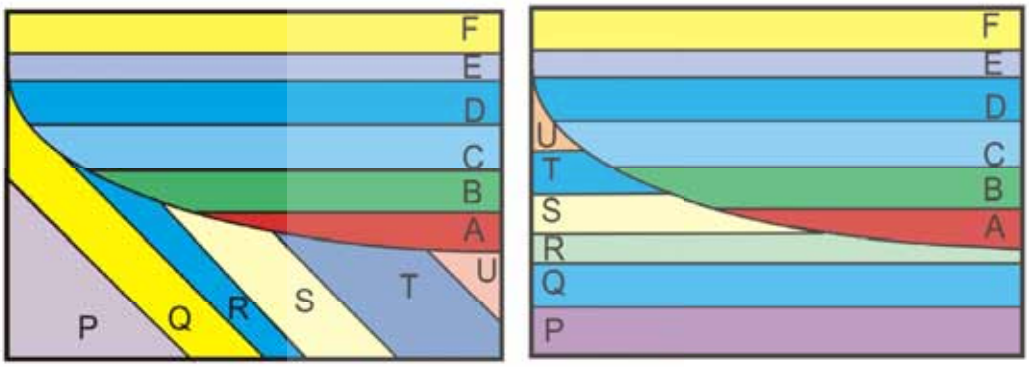
(a) (b)

चित्र 12.15: a) अतिव्यापन; और b) अव्याप्ति।

3. **उर्ध्वव्यापन (Overstep)** : इस शब्द का उपयोग विषमविन्यासी अनुक्रम में संस्तरों के संबंधों की व्याख्या करने के लिए किया जाता है जहाँ पर नई श्रेणी क्रमशः अधःशायी श्रेणी के पुराने सदस्यों के ऊपर रहती है (चित्र 12.16a)। यह समुद्री

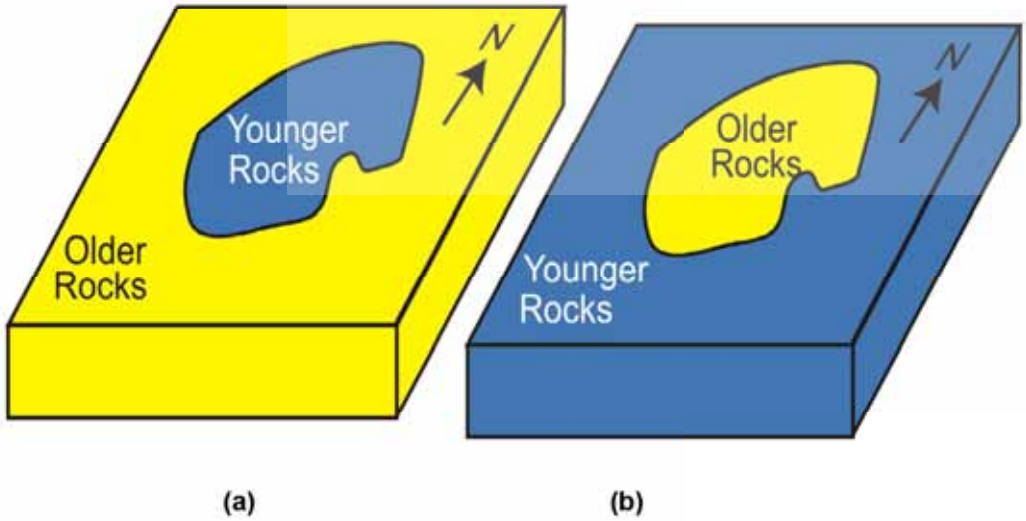
अतिक्रमण (समुद्र का जमीन के ऊपर फैलाव) के कारण होता है। चित्र 12.16a एक उर्ध्वप्यापन में संबंधों की व्याख्या करते हैं। आप ध्यान दें कि नयी श्रेणी का सबसे पुराना संस्तर A पुरानी श्रेणी के नए संस्तरों S, T और U के सीधे सम्पर्क में है; जबकि संस्तर B (A से नया) पुराने श्रेणी के संस्तरों R और S (T और U से पुराना) के सीधे सम्पर्क में है।

4. **अतिव्याप्ति (Onlap)** : कभी–कभी उर्ध्वव्यापन को अतिव्याप्ति भी कहा जाता है। अतिव्याप्ति शब्द ऐसे संबंधों के लिए प्रयोग किया जाता है जो अतिव्यापन और उर्ध्वव्यापन दोनों के लक्षण प्रदर्शित करता है (चित्र 12.16b)।



चित्र 12.16: a) उर्ध्वव्यापन; और b) अतिव्याप्ति।

5. **पुरान्तःशायी (Outlier) और नवांतःशायी (Inlier)** : पुरान्तःशायी का अर्थ है 'बाहर की ओर पुराने' संस्तर और नवांतशायी का अर्थ है 'अन्दर में पुराने संस्तर'। ये शब्द पुराने और नए शैलों के बीच विशेष संबंधों को इंगित करते है। क्षेत्र में या भूवैज्ञानिक मानचित्र पर जब सीमित क्षेत्र के नए शैल पूर्ण रूप से पुराने शैलों के द्वारा घिरे होते है तब ऐसी संरचना को पुरान्तःशायी कहा जाता है (चित्र 12.17a)। लेकिन जब पुराना शैल पूर्ण रूप से नए शैलों से घिरे होते है तब इसे नवांतःशायी कहा जाता है (चित्र 12.17b)। पुरान्तःशायी और नवांतःशायी अपरदन, वलन, भ्रंशन अथवा इनमें से एक से अधिक प्रक्रियाओं के एक साथ घटने से उत्पन्न होते है।



चित्र 12.17: a) पुरान्तःशायी; और b) नवांतःशायी का रेखाचित्र।

12.3.2 क्षेत्र में विषमविन्यास की पहचान

अनुकूल परिस्थितियों में विषमविन्यास को क्षेत्र में अच्छी तरह पहचाना जाता है। तथापि बहुत से क्षेत्र की परिस्थितियों में विषमविन्यास सीधे तौर पर पता नहीं लगाया जा सकता है। ऐसी दशाओं में इससे संबंधित शैल संरचनाएं, मिट्टी के प्रकार शैलों के प्रकार, जीवाश्म समुच्चय आदि विषमविन्यास को पहचानने के लिए अप्रत्यक्ष अवलोकन के उपकरण है। क्षेत्र में विषमविन्यास को विभिन्न प्रकार से पहचाना जा सकता है।

a) **एक दृश्यांश का निरीक्षण** : विषमविन्यास क्षेत्र में पर्वत, खदान, सड़क और रेलवे कटान के अनुदिश दृश्यांश के निरीक्षण के द्वारा अच्छी तरह पहचाना जा सकता है।

b) **संगुटिकाश्म की उपस्थिति** : संगुटिकाश्म शैल प्रायः अपने नीचे विषमविन्यास सतह को चिन्हित करता है। यह सामान्यतया इस परिकल्पना पर आधारित है कि किसी द्रोणी में सर्वप्रथम पहले से उपस्थित शैलों के अपरदन से संगुटिकाश्म का निक्षेपण होता है। अपसमविन्यास प्रायः संगुटिकाश्म की उपस्थिति से पहचाना जाता है।

c) **अचानक संस्तरों के कटन से** : यदि संस्तर दूसरे अनुक्रम के शैलों से अचानक कटा हुआ हो तो वहाँ विषमविन्यास हो सकता हे। यह ध्यान देने योग्य है कि भ्रंशन के कारण भी भ्रंश सतह के अनुदिश संस्तर खण्डित हो जाते है। भ्रंश के द्वारा यदि संस्तर खण्डित हो जाते हैं तो संस्तर पुनः सतह के पार दिखते हैं लेकिन विषमविन्यास की दशा में वही संस्तर विषमविन्यास सतह के पार नहीं दिखाई देता है।

d) **शैलों की आयु में अचानक परिवर्तन** : जब भिन्न आयु के दो अनुक्रम अधिक समय अन्तराल के बाद पास–पास हों तो वहाँ पर विषमविन्यास हो सकता है। आयु को रेडियोऐक्टिवतामापिक काल निर्धारण (radiometric dating), जीवाश्मिकीय (palaeontological) और स्तरिकीय (stratigraphical) रेकार्ड के द्वारा सुनिश्चित किया जाता है।

e) **कायांतरी कोटि में अचानक परिवर्तन** : ऊपरिशायी (overlying) और अधोःशायी (underlying) शैल इकाइयों के बीच कायान्तरी कोटि में अचानक परिवर्तन दोनों के बीच विषमविन्यास की उपस्थिति के कारण हो सकता है।

f) **विरूपण की मात्रा में अन्तर** : उपरिःशायी और अधोःशायी शैलों में वलन अथवा विरूपण की तीव्रता में अन्तर दो शैल इकाइयों के बीच विषमविन्यास की उपस्थिति को इंगित करता है। पुराना शैल समूह अधिक विरूपित होना चाहिए।

12.3.3 विषमविन्यास का महत्व

निम्नलिखित कारणों से विषमविन्यास महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक संरचना हैः

1) ये शैल अनुक्रम के विवर्तनिक इतिहास और उनके निक्षेपण में रूकावट को व्यक्त करते है।

2) कुछ विषमविन्यासों का अधिक महत्व है क्योंकि ये प्रादेशिक पैमाने के विशेष स्तर पर महत्वपूर्ण स्तरिकी रूकावट को चिन्हित करते हैं।

3) ये महत्वपूर्ण हैं और अभियांत्रिकी परियोजनाओं में विषयविन्यासों पर अधिक ध्यान देने की आवश्यकता होती है।

4) पेट्रोलियम की खोज में विषमविन्यास महत्वपूर्ण है क्योंकि पेट्रोलियम इसके अनुदिश पाया जा सकता है।

5) कई बार विषमविन्यास के अनुदिश मूल्यवान खनिज जैसे हीरा और यूरेनियम पाया जाता है।

बोध प्रश्न 2

a) विषमविन्यास को परिभाषित करें।

b) असमविन्यास और कोणीय विषमविन्यास का नाम पट्टी सहित रेखाचित्र बनाए।

c) पुरान्तःशायी और नवान्तःशायी के भेद को लिखिए।

d) मानवता के लिए विषमविन्यास के महत्व के दो पहलुओं का वर्णन कीजिए।

12.4 सारांश

इस इकाई में आपने दो भूवैज्ञानिक संरचनाओं संधि और विषमविन्यास के बारे में अध्ययन किया हैं। हमने हम इस इकाई में जो कुछ सीखा हैं उसक संक्षिप्त में चर्चा करते हैं :

- संधि शैल में पाया जाने वाली बिल्कुल सामान्य और महत्वपूर्ण संरचना है। संधि वास्तव में एक प्रकार का विभंग है जिसके अनुदिश कोई दर्शनीय संचलन नहीं होता है।
- संधि को उसके प्रतिरूप, आकार और विशिष्टता के अधार पर व्याख्या के लिए विभिन्न शब्दों का प्रयोग किया जाता है। ज्यादातर संधियों की उत्पत्ति विवर्तनिक कारणों से होती है लेकिन इसकी उत्पत्ति के अविवर्तनिक कारणों से भी सकती है।
- संधियों को विभिन्न प्रकार से उनकी अभिवृत्ति, आकार और बड़ी संरचनाओं से संबंध के आधार पर वर्गीकृत किया गया है।
- विषमविन्यास भिन्न आयु के दो शैल अनुक्रमों के बीच तलीय संरचना है। यह निक्षेपण की प्रक्रिया में अन्तराल को अभिलेखित करती है।
- पुराने और नए अनुक्रमों के बीच संबधों के आधार पर विषमविन्यास को विभिन्न नामों से पहचाना जाता है।
- अतिव्यापन, अव्याप्ति, उर्ध्वव्यापन, पुरान्तःशायी और नवान्तःशायी भी कुछ ऐसे शब्द हैं जो पुराने और नए अनुक्रमों के विशिष्ट संबंधों की व्याख्या करते हैं।

12.5 क्रियाकलाप

1. आसपास के क्षेत्रों में जाएं जहाँ ठोस शैल/दृश्यांश अवरित हो। उनमें संधियों को निरीक्षण करने की कोशिश करें। संधियों को ऊपर दिए गए मापदण्डों के आधार पर वर्गीकृत करें।
2. प्रतिदिन अखबार तारीख के हिसाब से अपने घर में या पुस्तकालय में ढेर लगाएं।

नियमित दिनों के बीच में छूटे हुए दिनों (जैसे छुट्टी आदि) आपको अखबारों के अनुपलब्धता के अन्तराल का बताएगा। यह शैल अनुक्रमों के निक्षेप में अन्तराल के समान है और इसलिये विषमविन्यास की उपस्थिति को इंगित करता है।

12.6 सात्रिक प्रश्न

1. संधि क्या है? संधियों के ज्यामितीय वर्गीकरण को बताएं। इनको स्पष्ट करने के लिए नाम पट्टी सहित रेखचित्र बनाएं।
2. विभिन्न प्रकार के विषमविन्यास कौन से है?
3. संधियों के महत्व की व्याख्या करें।
4. विषमविन्यास क्षेत्र में को कैसे पहचाना जाता है?

12.7 सन्दर्भ

- Billings, M.P. (1990) Structural Geology, Prentice Hall of India Pvt Ltd. 606p.

12.8 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Mukherjee, P.K. (2000) A Text Book of Geology, The World Press, Kolkata, 638p.
- Singh, P. (2009) Engineering and General Geology, S.K. Kataria and Sons. 600p.

12.9 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) स्तम्भी संधि अल्पसिंलिक ज्वालामुखीय आग्नेय शैलों में पाया जाता है। ये संधियाँ पृथ्वी की सतह पर लावा के ठंडा होने के दौरान विकसित होती हैं, इसलिए इसे संकुचन संधि भी कहा जाता है।

   b) नतिलम्ब संधियाँ वे संधियाँ हैं जिनकी संधि तल का नतिलम्ब और संस्तर तल का नतिलम्ब समान्तर होता है। दूसरे शब्दों में, नति संधि की दशा में संधि और संस्तर तल का नतिलम्ब में आपस में लम्बवत् होते है।

   c) संधियाँ वलनों के साथ विभिन्न संबंध प्रदर्शित करती हैं। तिर्यक संधि वे हैं जिनका नतिलम्ब वलन अक्ष के लम्बवत् होती है और अनुदैर्ध्य संधि वलन के अक्षीय तल के समान्तर होता है। विकर्ण संधि का नतिलम्ब वलन के अक्षीय तल के न तो समान्तर होता है और न तो लम्बवत् होता है। अरीय संधियाँ परतों के स्थानीय विन्यास के लम्बवत् होती है और इनका नतिलम्ब वलन अक्ष के समान्तर होता है। तिर्यक सन्धि और अरीय संधि को सामान्यतया विस्तार संधि कहा जाता है।

d) भ्रंशों और संधियों के बीच अन्तर के लिए इकाई 11 और इकाई 12 में पिच्छाकार संधि, गैश विभंग अथवा मिश्रित संधि देखें।

2. a) विषमविन्यास को शैल अनुक्रम में बिना निक्षेप के तल के रूप में परिभाषित किया जाता हैं यह अपरदन के क्षेत्र को निरूपित करता है।

b) चित्र 12.13 और 12.15 को बनाएं।

c) क्षेत्र में अथवा भूवैज्ञानिक मानचित्र पर जब सीमित क्षेत्र के नए शैल पूर्ण रूप से पुराने शैलों के द्वारा घिरा होता है तब ऐसी संरचना को पुरान्तःशायी कहा जाता है। लेकिन जब पुराना शैल पूर्ण रूप से नए शैलों से घिरा होता है तब इसे नवान्तःशायी कहा जाता है। पुरान्तःशायी और नवान्तःशायी अपरदन, वलन, भ्रंशन अथवा इनमें से एक से अधिक प्रक्रियाओं के एक साथ घटने से उत्पन्न होता है।

d) पेट्रोलियम विषमविन्यास के अनुदिश पाया जा सकता है। विषमविन्यास में कई बार मूल्यवान खनिज जैसे हीरा और यूरेनियम मिलता है। इस प्रकार विषमविन्यास मानवता के लिए महत्वपूर्ण है।

सात्रिक प्रश्न

1. कृपया अनुभाग 12.2 और उपअनुभाग 12.2.3 देखें
2. कृपया उपअनुभाग 12.3.1 को देखें।
3. कृपया उपअनुभाग 12.2.4 को देखें।
4. कृपया उपअनुभाग 12.3.2 को देखें।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 13

क्षेत्र भूविज्ञान

इकाई की रूपरेखा

12.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
13.2 भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य
13.3 क्षेत्र भूविज्ञान के आधार
13.4 क्षेत्रकार्य की योजना
उद्देश्य
तैयारी
13.5 क्षेत्र उपकरण
13.6 क्षेत्र में सुरक्षा के उपाय
13.7 आश्मिकी की पहचान
आग्नेय शैल
अवसादी शैल
कायान्तरित शैल
13.8 संरचनात्मक आकृतियों की माप
अपनी स्थिति का निर्धारण
संस्तरों की मोटाई का मापन
संरचनात्मक तत्वों का मापन
संस्तरों की अभिवृति का आलेखन
13.9 निदर्श और प्रतिदर्श
13.10 क्षेत्र रेखाचित्र एवं छायाचित्र
13.11 क्षेत्र अवलोकनों का अभिलेखीकरण
13.12 सारांश
13.13 क्रियाकलाप
13.14 सात्रिक प्रश्न
13.15 सन्दर्भ
13.16 आगे/प्रस्तावित अध्ययन
13.17 उत्तर

13.1 प्रस्तावना

आपने इस पाठयक्रम के इकाई 1 भूविज्ञान-एक परिचय में पढ़ा है कि क्षेत्रकार्य भूविज्ञान विषय का सबसे महत्वपूर्ण घटक है। इसके अंतर्गत पृथ्वी के संबधित प्रक्रियाओं तथा विकसित पर्यावरण को समझने हेतु संग्रहीत विश्वसनीय भूवैज्ञानिक आँकड़ों की आवश्यकता होती है। पृथ्वी अपने आप में एक प्रयोगशाला हैं तथा क्षेत्रकार्य भूविज्ञान–पाठ्यक्रम का महत्वपूर्ण अवयव हैं। अतः पृथ्वी के संबंध में सूक्ष्म जानकारी प्राप्त करने हेतु क्षेत्रकार्य एक महत्वपूर्ण क्रियाकलाप है जिसे भूविज्ञान के एक विद्यार्थी के रूप में आपको सीखना चाहिए। इस इकाई में हम भूवैज्ञानिक अध्ययन में कार्य योजना, क्षेत्र–उपकरण, क्षेत्र में सुरक्षा के उपाय तथा क्षेत्र अध्ययन के मूल तकनीकियों की महत्ता के बारे में अध्ययन करेंगे। क्षेत्र में भूविज्ञानिक आकृतियों की पहचान एवं माप तथा क्षेत्र अवलोकनों के सुव्यवस्थित अभिलेखीकरण की भी चर्चा करेंगे।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई के अध्ययन के बाद आप :

- भूविज्ञान में क्षेत्रकार्य के विश्लेषण की महत्ता को समझ सकेंगे;
- क्षेत्रकार्य योजना बनाने के क्रम में प्रक्रियाओं की चर्चा कर सकेंगे;
- क्षेत्रकार्य हेतु सुरक्षा के उपायों एवं जरूरी उपकरणों को सूचीबद्ध कर सकेंगे;
- क्षेत्र में भूविज्ञानी आकृतियों की पहचान एवं माप कर सकेंगे; और
- क्षेत्र डायरी में क्षेत्र में अवलोकित तत्वों का अभिलेखन कर सकेंगे।

13.2 भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य

क्षेत्रकार्य की योजना तथा अन्य पहलुओं की जानकारी से पूर्व हम क्षेत्रकार्य का भूवैज्ञानिक अध्ययन में महत्व के बारे में पढ़ेंगे। भूवैज्ञानिक, पृथ्वी के लंबे इतिहास की जानकारी प्राप्त करने के लिए 'शैलों पर लिखावट' (written on rocks) का अध्ययन करते हैं। क्षेत्रकार्य भूविज्ञान का अभिन्न अंग है क्योंकि यह भूवैज्ञानिकों के लिये प्राकृतिक प्रयोगशाला है जहाँ वे भूआकृतियों एवं पृथ्वी पर क्रियाशील सतही प्रक्रमों का अवलोकन करते हैं। क्षेत्रकार्य का प्रारंभ भूवैज्ञानिक प्रतिदर्शों (samples) के संग्रह, शैलों एवं भूविज्ञानी–संरचनाओं से प्राप्त सूचनाओं से होता है। इसके बाद क्षेत्र से संग्रहित क्षेत्र के आँकड़ों (field data) का विश्लेषण प्रयोगशाला में किया जाता है। इस संयुक्त प्रयास से भूवैज्ञानिक को पृथ्वी के इतिहास को सुलझाने में मदद मिलती है यथा पृथ्वी की उत्पत्ति, विकास, संगठन, संरचना, पुराभूगोल, पुराजलवायु एवं अतीत के जीवन की महत्वपूर्ण जानकारी मिलती है। **पुराभूगोल** भूतकाल में जमीन एवं जल के वितरण को दर्शाता है। **पुराजलवायु** किसी खास भूवैज्ञानिक काल में व्याप्त जलवायु को दर्शाता है।

इसके अतिरिक्त भूवैज्ञानिकों की महत्वपूर्ण भूमिका खनिजों की खोज (exploring) एवं उत्खनन् (exploiting), भूमिगत जल, भवन निर्माण पदार्थ तथा कोयला एवं पेट्रोलियम संसाधनों एवं अभियांत्रिक परियोजनाओं के लिए सुयोग्य स्थलों का परीक्षण जैसे–बाँधों, पुलों सड़कों तथा रेल लाइनों आदि की खोज है। आजकल भूवैज्ञानिकों की महत्वपूर्ण भूमिका, प्राकृतिक संसाधनों का उपयोग तथा प्रबंधन, प्राकृतिक आपदाओं का प्रबंधन एवं उनका अल्पीकरण (mitigation) है। जिससे विभिन्न वातावरण के मूल्यांकन तथा विभिन्न पर्यावरण से संबंधित समस्याओं का आकलन और पृथ्वी प्रक्रमों का जीवन चक्र पर प्रभाव भी शामिल है।

उपरोक्त लिखित, भूविज्ञान में क्षेत्रकार्य के महत्व पर प्रकाश डालता है।

आपने इस अनुभाग में पूर्व में पढ़ा है कि पृथ्वी के अध्ययन के लिए भूवैज्ञानिकों को क्षेत्र में अवश्य जाकर पृथ्वी के पदार्थों (खनिजों, शैलों अवसादों तथा मृदा) तथा उनके प्राकृतिक प्रक्रमों का अवलोकन करना चाहिए। भूविज्ञान में सर्वस्वीकृत सिद्धांत **'वर्तमान भूतकाल की कुंजी है'** यानी **'the present is the key to the past'** है। वर्तमान में क्रियाशील पृथ्वी के प्रक्रम संपूर्ण भू-इतिहास में कार्यरत थे। अतः क्षेत्र अध्ययन के द्वारा भू-वैज्ञानिक भू–प्रक्रमों को क्रमबद्ध कर अभिलिखित कर सकते हैं तथा उन्हें समझ कर भू-इतिहास को समय एवं काल में लिपिबद्ध कर सकते हैं। ये क्षेत्र जाँच **क्षेत्र भूविज्ञान** के अनिवार्य घटक हैं। भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य भूविज्ञान की अवधारणाओं, सिद्धांतों, तथा संबंधित परिकल्पनाओं कि पृथ्वी कैसे कार्य करती है की जमीनी सच्चाई से परिचय

कराता है। यह कहना सही है कि भूवैज्ञानिक अध्ययन बिना क्षेत्र भूविज्ञान या क्षेत्रकार्य के कभी भी पूर्ण नहीं होता हैं जो भूविज्ञान के हृदय या अभ्यन्तर (core) का निर्माण करता है। वास्तविकता में, क्षेत्र भूविज्ञान एक भूवैज्ञानिक को पूर्ण भूवैज्ञानिक बनाता है।

13.3 क्षेत्र भूविज्ञान के आधार

क्षेत्र भूविज्ञान का प्राथमिक उद्देश्य, क्षेत्र अवलोकन, अभिलेखन तथा संरचनात्मक या भूवैज्ञानिक आँकड़ों को इक्ठठा करना तथा शैलों, खनिजों, अवसादों, मृदा एवं जीवाश्मों के प्रतिदर्शो को उनके प्राकृतिक वातावरण संग्रह करना एवं क्षेत्र में उन संबंध की व्याख्या करना है। यह जानना महत्वपूर्ण है कि भूवैज्ञानिक पृथ्वी के प्रक्रमों एवं भूवैज्ञानिक आकृतियों के बीच वास्तविक संबंध को उनके प्राकृतिक वातावरण में अच्छी तरह समझा जा सकता है। आपने इकाई 1 से इकाई 12 तक के अध्ययन के क्रम में पृथ्वी के पदार्थों तथा प्रक्रमों के साथ–साथ संरचनात्मक आकृतियों का प्रारंभिक ज्ञान प्राप्त कर लिया है। अब हमें अपने आपको कुछ मौलिक पारिभाषिक शब्दावली से अवगत कराना चाहिए, जो क्षेत्र भूविज्ञान को समझने में मदद करेगा।

क्षेत्र (Field): यह एक क्षेत्र/इलाका है जहाँ से क्षेत्र आँकड़ों एवं नमूनो (प्रतिदर्शों) को उनके प्राकृति अवस्था में अवस्थित जगहों से संग्रह किया जाता है।

दृश्यांश (Outcrop): यह शैल का वह भाग है जो भूमि की सतह पर दृष्टिगत होता है। दृश्यांश, सामान्यतः पहाड़ों, घाटी की दीवारों, नाला, सड़क/रेल की खुदाई तथा सुरंगों में दृष्टिगत होते हैं। दृश्यांश शब्द का अर्थ है जो बाहर की ओर निकला हो और दिखाई दे रहा हो। अतः दृश्यांश यह दर्शाता है कि वह क्षेत्र जिस पर शैल समूह बाहर निकला तथा सतह पर दिखाई देता है वह भूवैज्ञानिकों को मूलभूत सूचनाओं का स्रोत प्रदान करता है।

क्षेत्रकार्य (Fieldwork): क्षेत्र में प्राकृतिक दृश्यांशों, दृष्टिगत खुले खादानों या खानों तथा सड़क खुदाई स्थल पर जा कर सावधानीपूर्वक अवलोकन करना एवं भूविज्ञानी आकृतियों का मापन करना इसमें सन्निहित है। क्षेत्रकार्य के दौरान हम सावधानीपूर्वक अवलोकन करते है तथा विभिन्न प्रकार के शैलों तथा एक शैल इकाई का दूसरे शैल के सम्पर्क के सम्बन्ध स्थापित कर अभिलेखन करते हैं। नमूनों का संग्रह तथा नमूना संग्रह के स्थानों का बारीकी से प्रयोगशाला में जाँच हेतु अंकन (recording) इसमें सन्निहित है। भूविज्ञान में "उनके लिए जगह है जिनको क्षेत्रकार्य प्रिय है तथा उनके लिए भी जगह है जिनको क्षेत्रकार्य प्रिय नहीं है" (Eric Calais in Perkins, 2011).

क्षेत्र भूविज्ञान (Field geology): प्राकृतिक वातावरण में शैलों एवं शैलकीय पदार्थों का परीक्षण तथा उनके बीच के सम्बन्धों का अध्ययन क्षेत्र भूविज्ञान के अंतर्गत किया जाता है (Lahee, 1987)। क्षेत्र भूविज्ञान में ही सन्नहित है विवरणात्मक, संरचनात्मक, शैलकीय, त्रिविमी तथा कालिक (temporal) आकडों का समाकलन (integration) जिनका उपयोग संबंधित क्षेत्र के भूवैज्ञानिक शैल प्रस्तर के कमवार स्थापित करने तथा संबंधित क्षेत्र के इतिहास को जानने के लिए होता है। भूवैज्ञानिक मानचित्र, अनुप्रस्थ काट, संरचनात्मक आकड़ें तथा प्रतिदर्श, क्षेत्र भूविज्ञान के मूल उत्पाद हैं।

अनुप्रस्थ (Traverse): यह दर्शाता है कि भूवैज्ञानिक किसी क्षेत्र, इलाके या भूभाग में किस रास्ते को क्षेत्र कार्य हेतु अपनाते है। एक योजनाबद्ध मार्ग या दिशा के दो बिन्दुओं को जोड़ता है तथा अनेक स्थानों तथा दृश्यांशों से होकर गुजरता है जहाँ आप क्षेत्रकार्य के क्रम को देख एवं अध्ययन कर सकते हैं। अनुप्रस्थ के लिए संस्तर नति या ढाल की

दिशा अथवा इसके विपरीत करना बेहतर माना जाता है। किसी भी स्थिति में संस्तर के नतिलम्ब की दिशा में अनुप्रस्थ यानि क्षेत्र कार्य नहीं करना चाहिए अन्यथा आपको सम्पूर्ण क्षेत्र में एक ही तरह के संस्तर मिलेंगे। जो नये ऑकड़ो को प्राप्त करने की सम्भावना को क्षीण कर देगा।

प्रतिदर्श/नमूना एकत्रीकरण (Sampling): यह नवीन, सगांगी (homogeneous) शैल टुकडों के एक विचारणीय आयाम (dimension) यथा 7-10X10-15X2.5-5 से.मी. को दृश्यांश से संग्रह करने का संकेत देती है। प्रतिदर्श का आकार इस बात पर निर्भर करता है कि इसका संग्रह किस उद्देश्य के लिए किया जाता है। इस कार्य के लिए हम भूवैज्ञानिक हथौड़ा (geological hammer) तथा छेनी (chisel) का उपयोग करते हैं। प्रतिदर्श का एकत्रीकरण (sampling) क्षेत्रकार्य के कार्यक्रम का निर्णायक पहलू हो सकता है, क्योंकि सभी प्रतिदर्शों/नमूनें, क्षेत्र टिप्पणियाँ एवं छायाचित्रों को क्षेत्रकार्य से लौटने पर विभिन्न प्रकार के अध्ययन हेतु सुरक्षित रखा जाता है।

13.4 क्षेत्रकार्य की योजना

क्षेत्रकार्य की महत्ता को जानने के बाद नितान्त आवश्यक ललक उत्पन्न होती है कि हम भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य की योजना पर विचार करें। आप ने पिछले अनुभाग में पढ़ा है कि क्षेत्रकार्य भूवैज्ञानिक अध्ययन का मूलाधार तैयार करता है क्योंकि यह प्राथमिक आँकड़ों का मूल स्रोत है। यह बिलकुल नये क्षेत्र के अन्वेषण का अवसर प्रदान करता है तथा एक रोमांचक अनुभव का संतोष देता है। भूवैज्ञानिक गण वे लोग हैं, जो सदा पैदल चलकर दूर दराज के इलाके में हथौड़े से शैलों को तोड़ते हैं। क्षेत्रकार्य घर से बाहर निकल कर विभिन्न परिस्थितियों में कार्य करने तथा प्राकृतिक दुनिया की खोज करने का अवसर प्रदान करता है। यह भ्रमण का अवसर तथा स्थानों को देखने का मौका किसी पर्यटक से ज्यादा प्रदान करता है। क्षेत्रकार्य एक गंभीर अभ्यास तथा सुव्यवस्थित (systematic) योजना है।

भारत एक विशाल देश है तथा इसके भूभाग में विभिन्न प्रकार के प्राकृतिक लक्षण हैं जैसे उत्तर में हिम आच्छादित हिमालय की पर्वत श्रृंखला तथा गंगा–सिंधु के मैदान, दक्षिण में दक्कन के पठार एवं धारवार, केन्द्रीय भारत में सतपुरा श्रेणी, समुद्रतटीय क्षेत्रों के साथ पूर्वीघाट तथा पश्चिमी घाट और उत्तर पूर्व भारत में अरावली की पर्वत श्रृंखला एवं विशाल थार मरूभूमि है। अतः क्षेत्रकार्य हेतु हमारी योजना इनमें से किसी भूखण्ड में बड़े पैमाने पर चयनित भूभाग की प्रकृति पर नियंत्रित होती है। इन भूभागों में विभिन्न प्रकार के जलवायु, भूआकृति पहुँचमार्ग तथा सम्भारतंत्र (logistic) होते हैं। अतः प्रत्येक भूभाग में क्षेत्रकार्य हेतु अलग–अलग योजना नीति की आवश्यकता होती है जो निश्चित रूप से क्षेत्रकार्य के उद्देश्य पर निर्भर करती है।

13.4.1 उद्देश्य

भूवैज्ञानिक की प्रधान कुशलता क्षेत्र में सुव्यवस्थित अवलोकन तथा क्षेत्र आँकड़ों का शुद्ध अभिलेखन है। यद्यपि क्षेत्रकार्य अनेक प्रकार के उद्देश्यों के लिए संपादित किये जाते हैं तथापि उपयुक्त तकनीकी भिन्न हो सकती हैं परन्तु सुझाव एक समान हैं **यथासम्भव अधिक से अधिक सूचना का क्षेत्र में संग्रह करना एवं उन्हें साफ–साफ एवं स्वच्छता पूर्वक अभिलेखित करना है।** स्मरण रहे कि आप आँकड़ों को क्षेत्र में संकलित करते समय नहीं जानते हैं कि कौन–सा अवलोकन आपकी व्याख्या तथा

प्रतिवेदन (report) के लिए उपयोगी होगा। भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य करने के अनेक कारण हो सकते है। संक्षेप में, इन्हें हम तीन बड़े उद्देश्यों के लिए संचालित करते हैं जो कभी–कभी एक–दूसरे से अन्तःसम्बद्ध हो सकते हैं (चित्र 13.1)।

- अकादमिक उद्देश्य
- प्राकृतिक संसाधनो की खोज तथा
- सरकार के आदर्श

चित्र 13.1: भूवैज्ञानिक क्षेत्र कार्य के विस्तृत उद्देश्य (Njue, 2010)।

अब हम क्षेत्रकार्य के कुछ सामान्य उद्देश्यों को पढ़ें (तालिका 13.1) जो हमारा क्षेत्रकार्य योजना हेतु मार्गदर्शन करेगा।

तालिका 13.1: भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य संपादित करने के सामान्य उद्देश्य (Coe, 2010 से सरलीकृत)

क्र. सं.	उद्देश्य	क्षेत्र में अवलोकन, अभिलेख एवं संग्रहित किये जाने वाले कार्य
1	क्षेत्र के सामान्य भूविज्ञान को अभिलिखित करना	अश्मविज्ञान, संरचनात्मक आकृतियाँ तथा शैल प्रतिदर्श
2	क्षेत्र का भूवैज्ञानिक मानचित्र तैयार करना	अश्मविज्ञान तथा संरचनात्मक आँकड़ें
3	क्षेत्र के भूवैज्ञानिक इतिहास की रचना	शैल प्रतिदर्श तथा क्षेत्र के मूलभूत भूवैज्ञानिक सूचनाओं को प्राप्त करना।
4	क्षेत्र के जीव–स्तरिकी का निर्माण	जीवाश्मों का संकलन
5	अवसादी निक्षेपण के वातावरण का निर्धारण।	शैल इकाई से प्रतिदर्श का संग्रह तथा उनके गठन तथा संरचनाओं का अवलोकन।
6	खनिज संसाधनों का पता लगाना	भूवैज्ञानिक मानचित्रण तथा अश्म विज्ञान विश्लेषण के लिए शैल–नमूनों का संग्रह
7	आग्नेय–शैलों की प्रकृति निर्धारण करना	अश्मविज्ञान तथा शैल गठन, संरचना एवं सम्बन्ध।

यहाँ हमारा क्षेत्रकार्य के लिए व्यापक उद्देश्य विशुद्ध रूप से अकादमिक है, जबकि विशिष्ट उद्देश्य, क्षेत्र के सामान्य भूविज्ञान का अध्ययन करना है। बाद में आपका ध्यान क्षेत्रकार्य के दौरान, सावधानीपूर्वक अश्मिकी/शैल इकाइयों, उनके एक दूसरे सम्बन्ध तथा अभिलेखन एवं संरचनात्मक आकृतियों का मापन और शैल नमूनों का संग्रह करना होगा।

13.4.2 तैयारी

अब आप यह जानने के इच्छुक होंगे कि किस प्रकार से क्षेत्रकार्य के लिए तैयारी की जाय! क्षेत्रकार्य की आवश्यक तैयारी का वर्णन नीचे दिया गया है :

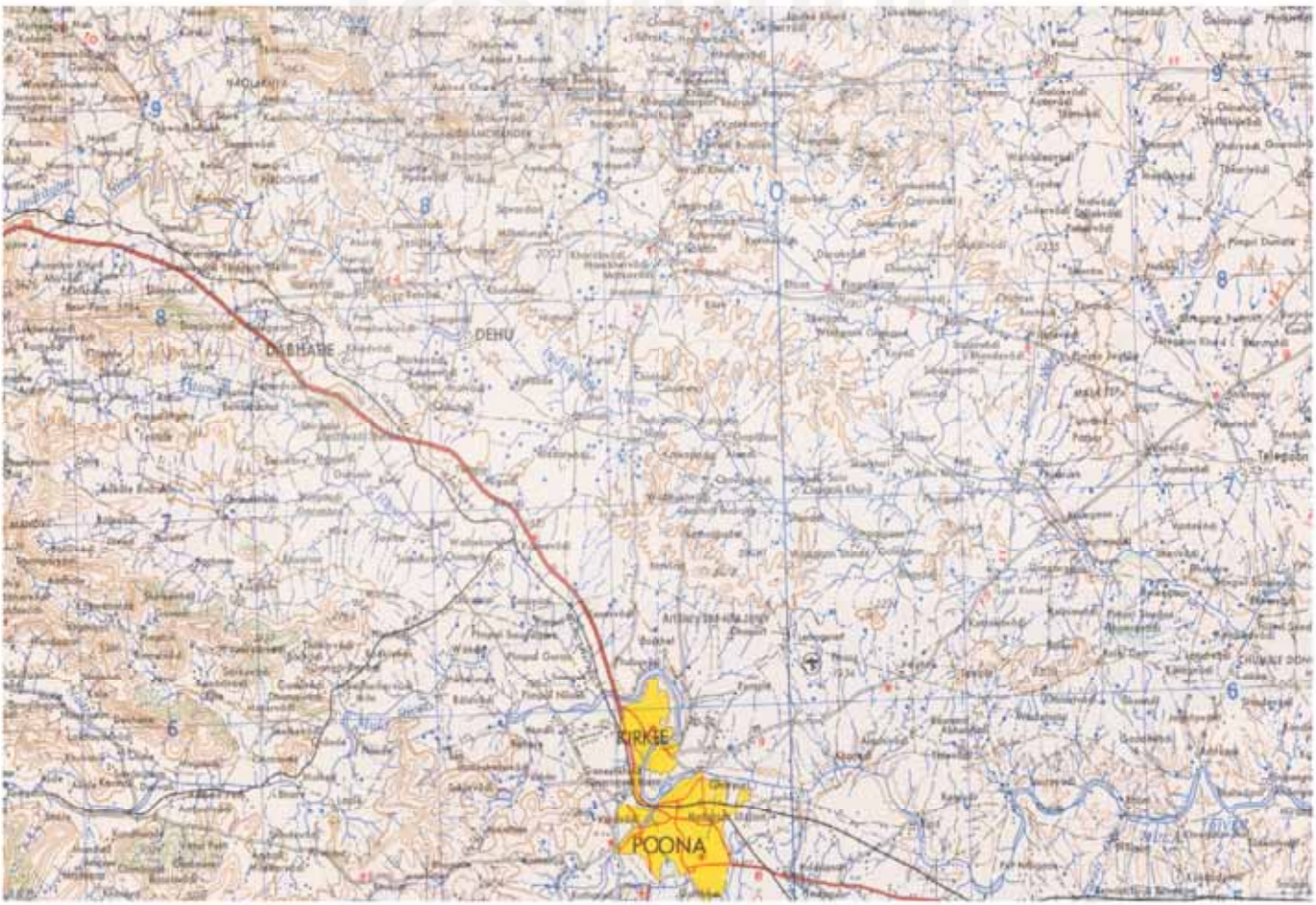
- **साहित्य एवं मानचित्रों का संग्रह** : प्रारम्भ में सभी प्रकार के उपलब्ध आँकड़ों के संग्रह करने से क्षेत्रकार्य की तैयारी शुरू होती है। इस कार्य में स्थलाकृति (topographical) तथा भूवैज्ञानिक मानचित्र के साथ–साथ पुस्तकें, प्रकाशित अथवा अप्रकाशित शोध–पत्र एवं प्रतिवेदन (reports) सन्निहित हैं। इस प्रकार के मानचित्रों से क्षेत्र में दृश्यांशों एंव योजना अनुप्रस्थ के वास्तविक स्थान का निर्धारण करने में हमें मदद मिलती है। साहित्य हमें इलाके के भूविज्ञान से सम्बन्धित उपलब्ध ज्ञान तथा पूर्व के शोधार्थियों द्वारा किए गए कार्य से अवगत कराता है। सुव्यवस्थित पुनर्वलोकन आपको क्षेत्र के भूविज्ञान की आरम्भिक समझ को बढ़ाने में मदद करता है जैसे आश्मिकी के प्रकार तथा उनके बीच के पारम्परिक सम्बन्धों एवं क्षेत्र की भूवैज्ञानिक संरचनाएँ।
- **क्षेत्रकार्य के लिए अनुप्रस्थों की योजना** : क्षेत्रकार्य में अच्छे दृश्यांश का पता लगाने के लिए क्षेत्र में टोही सर्वेक्षण किया जाता है। **टोही सर्वेक्षण** प्रारंभिक सर्वेक्षण है जो सामान्यतः तेजी से एवं कम खर्च पर विस्तृत मानचित्र से पूर्व किया जाता है। विद्यमान भूवैज्ञानिक आँकड़ों के पुनर्वलोकन आपको क्षेत्र में लिए जाने वाले अनुप्रस्थो की योजना में मदद करेगा। क्षेत्र में शैल दृश्यांश की उपलब्धता के आकलन एवं अनुप्रस्थ की योजना के लिए गुगल अर्थ (https://earth.google.com तथा wikimapia (http:// wikimapia.org) वेबसाइट का उपयोग आप कर सकते हैं। प्रतिबंधित क्षेत्र में सम्बन्धित क्षेत्र कार्य करने से पूर्व आपको पदाधिकारी से क्षेत्र भ्रमण, आवासन (camping) एवं प्रतिदर्श/नमूना संग्रह के लिये आवश्यक अनुमति प्राप्त करना अपेक्षित है। आप को संभावित खतरों जैसे वन्यजीव, प्रचंड मौसम स्थिति, आदि से भी अवगत रहना चाहिए जिनसे क्षेत्रकार्य के दरम्यान आपका सामना हो सकता है। **प्रतिबंधित क्षेत्र** सैन्य क्षेत्राधिकार में एक क्षेत्र है जिसमें अनधिकृत प्रवेश को रोकने के लिए विशेष सुरक्षा उपायों को लिया जाता है।
- **क्षेत्र कार्यक्रम एवं बजट प्राक्कलन** : क्षेत्र की पहुँच, मौसम की स्थिति, क्षेत्रकार्य की अवधि, क्षेत्र संभार तंत्र (logistics), क्षेत्र उपकरणों तथा परिवहन के प्रकार (पैदल, जीप, ट्रक, नाव, घोड़ा) के आधार पर क्षेत्र कार्यक्रम तथा अनुमानित खर्च प्राक्कलन तैयार करना आवश्यक है तथा इनका अनुमोदन सम्बन्धित पदाधिकारी से क्षेत्रकार्य प्रारम्भ करने से पूर्व करा लें। गर्मी का मौसम, पर्वतीय भूखण्डों/ क्षेत्रों जैसे हिमालय में क्षेत्र कार्य करना अच्छा है जबकि जाड़े के समय में भारत का प्रायद्वीपीय भाग क्षेत्रकार्य के लिए अनुकूल है। वर्षा ऋतु में अनेक कारणों से क्षेत्रकार्य को प्रोत्साहित नहीं किया जाता है। क्षेत्रकार्य प्रारम्भ करने से पूर्व वायु, रेल या सड़क मार्ग से यात्रा हेतु टिकट और भोजन, आवासन आदि की व्यवस्था कर लेनी चाहिए।

- **उपकरणों की सूची** : क्षेत्रकार्य प्रारम्भ करने से पहले क्षेत्र पोषाक एवं प्राथमिक चिकित्सा बॉक्स के साथ क्षेत्र उपकरणों की सूची तैयार कर लेनी चाहिए। आपकों यात्रा पूर्व सभी क्षेत्र उपकरणों को क्षेत्र थैला में रख लेना चाहिए। हम क्षेत्र उपकरणों के सम्बन्ध में विस्तृत वर्णन नीचे के अनुभाग में करेंगे।

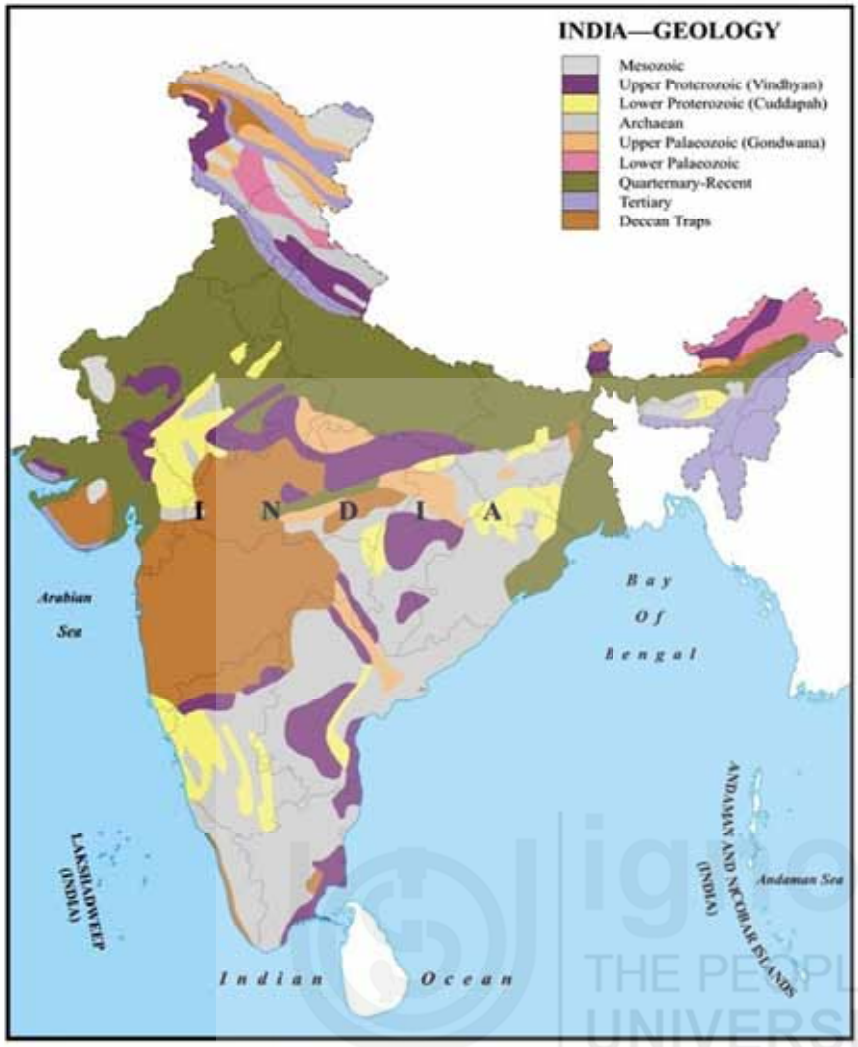
13.5 क्षेत्र उपकरण

क्षेत्र उपकरणों की जरूरत क्षेत्रकार्य के उद्देश्य पर निर्भर करता है। क्षेत्र में जाने से पूर्व सुनियिचत कर लेना चाहिए कि अपको क्षेत्रकार्य के दौरान आवययकता के अनुरूप सभी उपकरण उपलब्ध हैं। आइए अब हम सामान्य क्षेत्र उपकरणों को सूचीबद्ध करते है।

1. **मानचित्र** : आपको अपने साथ स्थलाकृतिक, भूवैज्ञानिक, प्राकृतिक, मानचित्र उभारदार नक्शे (relief map), सड़क एवं राजनीतिक मानचित्र क्षेत्र में ले जाना चाहिए। (चित्र 13.2, 3.3) जो आपके क्षेत्र में उपलब्ध विस्तृत ब्योरा को एकत्रित करने में मदद करेगा। भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य के लिए सबसे महत्वपूर्ण आवश्यकता भूवैज्ञानिक एवं स्थलाकृतिक मानचित्र की है। आप इन मानचित्रों की मद्द से क्षेत्र में अपनी स्थिति तथा दृश्यांश के क्षेत्रफल की जानकारी प्राप्त कर सकते है। स्थलाकृतिक मानचित्र की जरूरत क्षेत्र में भूवैज्ञानिक अवलोकनों की स्थिति अंकित करने में होती है। इन दिनों उपग्रह चित्र (satellite imagery) भी क्षेत्रकार्य सम्पन्न करने में उपयोगी हैं।



चित्र 13.2: पूणे, महाराष्ट्र के एक क्षेत्र के स्थलाकृतिक मानचित्र के एक अंश का है जिसका स्केल 1:250,000। (स्रोत : http://www.lib.utexas.edu/maps/ams/india)



चित्र 13.3: भारतवर्ष का भूवैज्ञानिक मानचित्र।
(स्रोत : http://www.lib.utexas.edu/maps/ams/india/)

2. **भूवैज्ञानिक हथौड़ा एवं छेनी** : ये मूल उपकरण है जिनका उपयोग भूवैज्ञानिकों के द्वारा प्रतिदर्शों को संग्रहित कराने में किया जाता है। वही सर्वोतम भूवैज्ञानिक हथौड़ा माना जाता है जो हथौड़ा कठोर स्टील का बना हो तथा छेनी शीर्ष युक्त हो और जिसकी मूठ/बेंट में आधात कम करने योग्य रबड़ आवृत हो। हम हथौड़ा का उपयोग शैलों को तोड़ने तथा उनका नवीन सतह प्राप्त करने के लिए करते हैं जो हमें नवीन प्रतिदर्श एवं आकृतियों के अवलोकन में मदद करती है। सामान्यतः एक हथौड़ा का वजन 1 कि.ग्रा. के लगभग होता है।

3. **हस्त लेन्स/ताल** : इनका उपयोग क्षेत्र में प्रथम दृश्या (*prima facie*) प्रथम दृष्ट्या यानि 'प्राइमा फेसी' शब्द लेटिन भाषा से लिया गया है जिसका अर्थ है 'पहली दृष्टि में सामना होना'। इस शब्द का उपयोग शैलों के प्रथम अवलोकन के लिए किया जाता है। हस्त लेन्सों का आवर्धन 10×, 15× तथा 20× होता है (चित्र 13.4b)। आप इसका चयन अध्ययन किए जा रहे शैलों के कण–साइज के आधार पर कर सकते हैं। हस्त लेन्स हमें शैलों के प्रकार, कण–आकार, रंग, गठन तथा पहचानने योग्य खनिजों अथवा जीवाश्मों को समझ कर लिखने में मदद करता है।

4. **प्रवणतामापी कम्पास (Clinometer compass)** हमने प्रवणतामापी/क्लाइनोमीटर कम्पास के बारे में इकाई 9 में संरचनात्मक भूविज्ञान में परिचर्चा की

है (चित्र 13.4c)। यह क्षेत्र में आधारभूत भूवैज्ञानिक आंकड़ों के संग्रह में उपयोगी होता है, जैसे भूवैज्ञानिक मानचित्र के उत्तर की दिशा के साथ स्थिति निर्धारण, शैल संस्तरों के नति एवं नतिलम्ब भूवैज्ञानिक संरचनाओं जैसे वलन, भ्रंश या संधि की ज्यामितीय अभिलेखन। हम क्षेत्र में मानचित्र की दिशा निर्धारण करते हैं तथा अपनी स्थिति का भी निर्धारण इस मानचित्र में करते हैं। दिशासूचक (compass) एक यंत्र है जिसका उपयोग दिशा निर्धारण में किया जाता है तथा हाल में आधुनिक यंत्र जैसे ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम (G.P.S.) (वैश्विक स्थिति निर्धारण प्रणाली) के द्वारा भी सम्पूरक किया जाता है। परन्तु क्षेत्र में घने जंगल के आवरण के कारण कभी–कभी जी.पी.एस., उपग्रह का पता नहीं लगा पाता है।

5. **जी.पी.एस.** : यदि आपके पास भूसंग्रही (ground receiver) अथवा जी.पी.एस. हस्तसेट (चित्र 13.4d) है तो एक मल्टी उपग्रह खोजी तंत्र के आधार पर आप अपनी स्थिति पृथ्वी के किसी भी भाग में ज्ञात कर सकते हैं। एक जी.पी.एस. त्रिविमितीय (three dimensional) स्थिति की सूचना प्रदान करता है, जैसे अक्षांश (latitude), देशान्तर (longitude) तथा ऊँचाई। इसका उपयोग भूवैज्ञानिक क्षेत्र में मानचित्र बनाने में, अपनी स्थानीय स्थिति का पता लगाने, आश्मिकी का मानचित्र बनाने, पैदल चलते प्राप्त संरचनाओं के अंकन, भूउत्थान की माप, संग्रहित, प्रतिदर्श आकड़ों के स्थान चिन्हित करने में होता है। जी.पी.एस. (वैश्विक स्थिति निर्धारण प्रणाली) के कार्य एवं कार्यक्षमता में तेजी से तकनीकीय विकास के साथ सुधार हो रहे हैं। जी.पी.एस. (वैश्विक स्थिति निर्धारण प्रणाली) के उपयोग से पूर्व सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि आप ने जी.पी.एस. को सही ढंग से ठीक–ठीक उस भूभाग के डेटम (datum) के अनुकूल सुव्यवस्थित कर लिया है।

6. **झोला या रकसैक तथा प्रतिदर्श बैग** : एक मजबूत कई खलों में विभक्त, अच्छी गुणवत्ता के झोला या रकसैक की आवश्यकता क्षेत्र में सभी आवश्यक वस्तुओं को ढोने के लिए होती है। जैसे–क्षेत्र उपकरण, पीने का पानी, भोजन, प्राथमिक उपचार बॉक्स तथा पहनने के अतिरिक्त वस्त्र आदि (चित्र 13.4e)।

   प्रतिदर्श बैंग की जरूरत भूवैज्ञानिक नमूनों (प्रतिदर्शों) को रखने के लिए होता है, जो मजबूत धागों की बुनावट (canvas fabric) के होते है तथा एक लेवल टैग लगा होता है, जिसमें प्रतिदर्श की संख्या एवं संग्रहण के बिन्दु के स्थान अंकित कर दिया जाता है। यदि प्रतिदर्श मुलायम, विखंडित या भींगे होते है तो प्लास्टिक बैग का उपयोग किया जाता है।

7. **मापन फीता :** एक 30 मीटर लम्बा स्टील या कपड़े का फीता तथा 15 से. मी. प्लासटिक का स्केल/मापनी का उपयोग सभी भूवैज्ञानिक आकृतियों की माप जिनका दायरा क्षेत्र में किसी संस्तर की मोटाई से लेकर एक कण के साइज का हो सकता है (चित्र 13.4f)।

8. **क्षेत्र डायरी, प्रच्छादन फीता, चिह्नकारी कलमें, पेंसिलें तथा मिटाने की रबर :** एक अच्छे कोटि का मजबूत कड़े आवरण पृष्ट तथा अच्छी बाइन्डिग का क्षेत्र डायरी अथवा नोटबुक जो जलरोधक तथा जल–सह कागज का बना जिसका आकार 12×20 से.मी. सईज क्षेत्र किट का एक अनिवार्य वस्तु हैं (चित्र 13.4g)। इसकी आवश्यकता संक्षेप में, क्रमवार तथा सुस्पष्ट तरीके से अवलोकित तथ्यों का अभिलेखन में होता है। प्राच्छादन टेप एवं चिन्हक कलम का उपयोग प्रतिदर्श को प्रतिदर्श बैग में डालने से पूर्व प्रतिदर्श लेवलिंग के लिए किया जाता है। इसके अतिरिक आपको कलमें, पेंन्सिल छीलने वाली मशीन (sharpner), रंगीन पेंन्सिल,

रबड़, चिन्हक कलम अवश्य रखना चाहिए जिनकी आवश्यकता टिप्पणी लेखण रेखाकंन (sketch) एवं क्षेत्र में प्रतिदर्श की लेबलिंग (sample labelling) में होता है।

9. **कैमरा** : क्षेत्र में उच्च विभेदन (resolution) के डिजिटल कैमरा की आव यकता दृश्यांशों, महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक संरचनाओं तथा जीवाश्मों के छायाचित्रण के लिए होती है (चित्र 13.4h) विडियोक्लिप का भी उपयोग किया जा राकता है। रमरण रखें कि प्रत्येक छायाचित्र का जी. पी. एस. (GPS) पाठयांक नोट किया जाय। छायाचित्रों अथवा विडियोक्लिप्स का उपयोग प्रतिवेदन लिखने या प्रस्तुतीकरण में किया जाता है।

10. **अम्ल बोतल** : एक छोटी बोतल जिसमें 10% तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल रहता है, क्षेत्र में उपयोगी होता है जब कार्बोनेट (चूना पत्थर) शैलों पर कार्य करते हैं। कार्बोनेट शैलों यथा चूनापत्थर या डोलोमाइट पर एक बून्द अम्ल डालने पर बुद–बुदाहट उत्पन्न होगा। सुनिश्चित करें कि अम्ल युक्त बोतल पर अच्छी तरह से नामपत्र लगाया (चिपकाया) गया है।

11. **अन्य वस्तुएँ** : इनमें सम्मलित है वर्णपट्टी (streak plate) जेब–चाकू, शयन बैग, पॉकेट संगणक (pocket calculator) टॉर्च, चार्जर तथा जी.पी.एस. (G.P.S.) शैल–वर्गीकरण–चार्ट, कण–साइज–स्केल आदि।

12. **सुरक्षात्मक पोषाक** : मजबूत जूतें तथा कड़े धागों के कपड़े अधिमानतः (preferably) जींस या खाकी इनमें सम्मिलित है। टॉपी एवं धूप चश्मा की जरूरत सूर्य की रोशनी से बचने में होती है। बरसाती कोट एवं गम–बूट (gum boots) वर्षा के मौसम में ले जाना न भूलें। सुरक्षा चश्मा तथा दस्ताना, शैल प्रतिदर्शों पर हथौड़े चलाते समय सुरक्षा प्रदान करेगा।

13. **प्राथमिक उपचार किट** : क्षेत्र में सुरक्षा की सदा ही प्राथमिकता रहती है, इसी कारण हम प्राथमिक उपचार कीट्स ले जाते है।

14. **भूवैज्ञानिक अनुभव एवं अनुमान** : यह सभी उपकरणों में सबसे अधिक कीमती है। पृथ्वी की अधिकांश प्रक्रियाएँ वास्तविक मायने में कभी देखे नहीं गए हैं। यह अनुभव और ज्ञान है जो भूवैज्ञानिकों को क्षेत्र में अवलोकणों की व्याख्या करने में मद्द करता है।

(a)

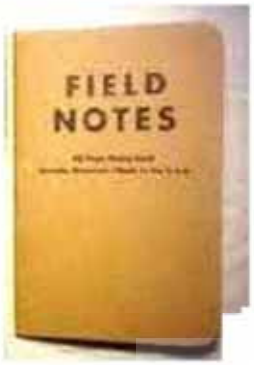
(b)

c)

(d)

(e)

f)



(g)

(h)

(i)

चित्र 13.4: क्षेत्र उपकरण a) हथौड़ा तथा छेनी; b) हस्त लैंस; c) नतिमापी कलाईनोमीटर; d) जी.पी.एस. (G.P.S.); e) नापने का फीता; f) क्षेत्र डायरी; g) डिजिटल कैमरा; h) प्राथमिक उपचार बॉक्स; और i) झोला।

बोध प्रश्न 1

a) भूविज्ञानिक क्षेत्रकार्य की परिभाषा दें!

b) भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य के उद्देश्यों की सूची बनायें।

c) क्षेत्र में स्थलाकृतिक मानचित्र के उपयोगों की सूची दें।

d) क्लाइनोमीटर एक महत्वपूर्ण क्षेत्रकार्य उपकरण क्यों है ?

13.6 क्षेत्र में सुरक्षा के उपाय

आपको ध्यान में रखना चाहिए कि भूविज्ञान क्षेत्रकार्य आनन्ददायी एवं चुनौतीपूर्ण कार्य है। इसमें शारीरिक एवं मानसिक रूप से कठिन कार्य करना पडता हैं। आपको अशरण्य/अप्रीतिकर (inhospitable) कठिन स्थलाकृतिक भूभाग, अगम्य (inaccessible) या सुदूर (remote) इलाके में और अत्यधिक खराब मौसम में क्षेत्रकार्य करना पड़ सकता है। यह संभव है कि आपको क्षेत्रकार्य के दौरान अनेक प्रकार के खतरों एवं जोखिमों का सामना करना पड़ सकता है। अतः निम्नलिखित सुरक्षा के उपायों की अनुशंसा की जाती है :

- सम्बन्धित व्यक्तियों को आपके क्षेत्र योजना की विस्तृत जानकारी बहुत पहले होनी चाहिए ताकि वे आप से आपातकाल में सम्पर्क कर सकें।
- अपने दिन प्रतिदिन की योजना को अपने पड़ाव प्रभारी या होटल प्रबन्धक जहाँ आप ठहरते है के पास छोड़ दें ताकि वे किसी भी समय आपको सम्पर्क कर सकें।
- अप्रीतिकर भूभाग में अकेले क्षेत्रकार्य करना हो यदि संभव हो तो टाल देना चाहिए। हमेशा क्षेत्रकार्य समूह में करें।
- यदि आप किसी नये क्षेत्र में जा रहे है तो हमेशा अपने वरीय लोगों से संपर्क करें, जिन्होंने पहले उस इलाके का भ्रमण किया है, ताकि संभावित खतरों का आकलन एवं बचाव किया जा सके।

- खतरनाक इलाके में क्षेत्रकार्य टाल दें या करते समय बहुत सावधान रहें, जैसे – भृगु (cliffs), ऊँचे–शैल, तीव्र ढ़ाल, खदान के किनारे, पंक सरकन (mud slide) तथा हिमस्खलन (snow avalanche) क्षेत्र, फिसलने वाला तथा मुलायम शैलों या बोल्डरों से आच्छादित सतहें।
- सदा सुरक्षा हेलमेट पहने क्षेत्रकार्य खदान, खुली–खदान, गुफा, भृगु या वैसे क्षेत्र हो जहाँ शैलों के ऊपर से गिरने का खतरा बना रहता है (चित्र 13.5)।
- हमेशा प्रभाव–रोधी (impact resistant) सुरक्षा चश्मा पहन कर कठोर या पट्टियों में टूटनें वाले शैलों पर हथौड़ा चलाना चाहिए।
- कार्य क्षेत्र में पाये जाने वाले भंयकर जानवरों एवं कीड़ों के बारे में अवगत रहना चाहिए।
- साथ में मूल आपातकालीन उपकरण जैसे प्राथमिक चिकित्सा बॉक्स, सीटी, टार्च, माचिस, पीने का पानी, मोबाईल फोन, भोजन तथा आसपास के आपातकालीन सेवाओं की संपर्क सूचना भी ले जाना चाहिए।
- सकारात्मक रहें, अपने साथ परिचय पत्र रखें तथा क्षेत्र कार्य के क्रम में जिन स्थानीय लोगों से मिलते हैं उनके साथ शालीनता के साथ व्यवहार करें। यदि संभव हो तो एक या दो स्थानीय लोगों को साथ ले लें जो पूरे दिन आपके साथ क्षेत्रकार्य में साथ रहें।
- सुन्दरतापूर्वक सुरक्षित शैलों, खनिजों, जीवाश्मों तथा भूवैज्ञानिक संरचनाओं के साथ–साथ भूवैज्ञानिक स्थलों, पार्को तथा भूवैज्ञानिक विरासतों पर हथौड़ा नहीं चलावें।
- यदि आप समूह में कार्य कर रहे हैं तो समूह के नायक (लीडर) द्वारा दिये गये सुरक्षा निर्देशों का पालन करें ।

उपर वर्णित सुरक्षा उपाय क्षेत्रकार्य के दौरान होने वाली समस्याओं जिनका आपको सामना करना पड़ता सकता है तथा उन्हें हल करने के तरीकों पर एक विचार है तथा उनके समाधान के तरीके हैं।

चित्र 13.5: छायाचित्र क्षेत्र में भूवैज्ञानिकों को हेलमेट पहने दर्शाया गया है।

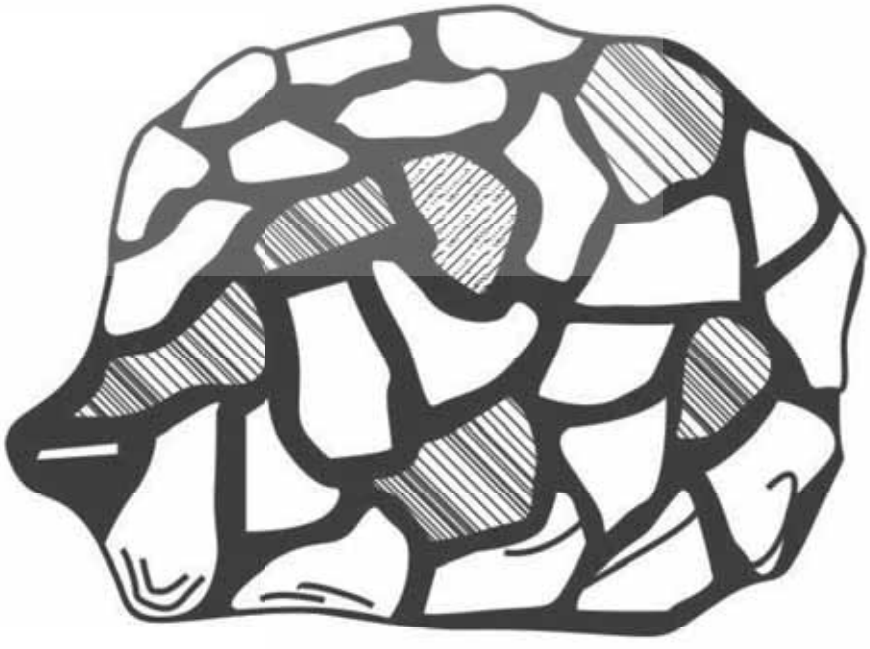
13.7 आश्मिकी की पहचान

हम लोगों ने क्षेत्रकार्य के लिए योजना, क्षेत्र–उपकरणों तथा सुरक्षा उपायों के बारे में पढ़ा है। अब इस अनुभाग में हम लोग क्षेत्र में शैलों के विभिन्न आकृतियों विशेषताओं तथा क्षेत्र में उनको पहचानने की विधियों पर चर्चा करेंगे।

13.7.1 आग्नेय शैल

यदि आप किसी आग्नेय शैलो के भूभाग में कार्य कर रहे हैं तो आपका मुख्य उद्देश्य होगा आग्नेय पिण्डों के विस्तार एवं प्रकार तथा अश्मिकी इकाइयों के बीच सम्पर्क सम्बन्धों का पता लगाना। यदि आप आग्नेय शैलों का परीक्षण हस्त लेंस से करते हैं तो परस्परिक अन्ताविथी (interlocking) गठन दिखाई देता है (चित्र 13.6)। यदि शैल सूक्ष्मकणीय या बड़े कणों से युक्त है तो परिवर्द्धन (magnifying) लेंस को क्रमशः बढ़ा या घटा सकते हैं। आग्नेय शैलों का निर्माण पिघले हुए मैग्मा के ठोसीकरण से होता हैं। मैग्मा को निम्न तरह से विभाजित किया जा सकता है।

- **वितलीय या अन्तर्वेधी शैलें (Intrusive rocks)**: इन शैलो का निर्माण गहराई में स्थित मैग्मा के शीतलीकरण से होता है। सामान्यतः ये अनुस्तरी (sills) तथा अननुस्तरी (dykes) रूप में सम्पर्क स्तरों के साथ दिखते हैं। आप वतलीय शैलों की पहचान क्षेत्र में शैलकणों के माध्यम से लगा सकते है। यह शैल बड़े आकार के कणों से निर्मित होता है।
- **ज्वालामुखी या बहिर्वेधी शैलें (Extrusive rocks)** : इन शैलों का निर्माण भूपटल या भूसतह के निकट लावा बर्हिवेधन (extrusion) से होता है। इन शैलों की पहचान क्षेत्र में उनके सूक्ष्मकणों या काँचाभ (glassy) की प्रकृति के द्वारा की जा सकती है।



(a)

(b)

चित्र 13.6 : a) हस्त लेंस से जब आग्नेय शैलों का अवलोकन किया जाता है तो अन्ताविथी गठन; और b) हस्तप्रतिदर्श में ग्रेनाईट।

आप क्षेत्र में विभिन्न प्रकार के आग्नेय शैलों की पहचान उनके रंग, गठन, संरचना तथा खनिज विज्ञान के अवलोकन से कर सकते हैं उदाहरण स्वरूप, ग्रेनाइट (वतलीय शैल) की पहचान उनके हल्के रंग, मोटे कणीय गठन, तथा कर्वाटज् (quartz), फेल्सपार (feldspar) एवं अभ्रक (mica) से युक्त खनिजों से की जा सकती है (चित्र 13.6b)। पेगमाटाइट (pegmatite) एक अधिवितलीय (hypabyssal) शैल हैं जिसका खनिज संगठन ग्रेनाइट की तरह का होता है, परन्तु इसके कणों (क्रिस्टलों) का आकार बहुत बड़ा (3 से.मी. से ज्यादा) होता है। बेसाल्ट (basalt) एक काले रंग का, सूक्ष्म कणीय ज्वालामुखीय शैल है। ज्वालामुखीय प्रवाह तथा संकुचन संधियों (contraction joints) जैसे समचतुर्भजी या स्तम्भाकर (rhomboidal or columnar), कृपया देखें चित्र 13.7 के कुछ समान लक्षण होते हैं जो क्षेत्र में ज्वालामुखीय शैलों की पहचान में आपको मदद करते है।

चित्र 13.7: दक्कन ट्रैप (Deccan Trap), में स्तम्भाकार संधियाँ।

13.7.2 अवसादी शैल

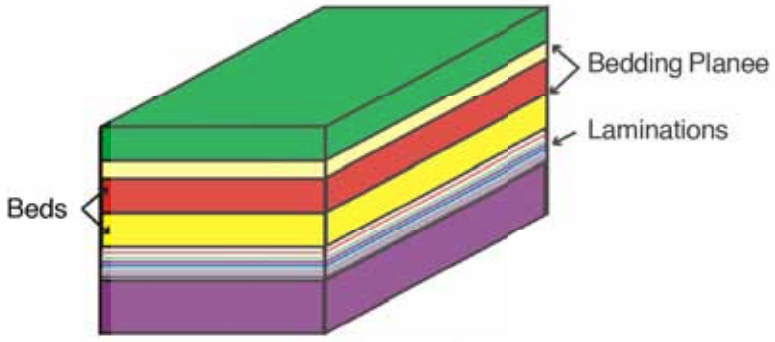
हम लोगों ने इकाई 5 के शैल अपक्षय में पढ़ा है कि अवसादी शैलों का निर्माण पूर्ववर्ती शैलें–आग्नेय, कायान्तरित, या पूर्वनिर्मित अवसादी शैलों के अपघटन या विघटन से होता है। अवसादी शैलों का निर्माण अपक्षय (भौतिक, रसायनिक या जैविक) विधि के द्वारा भूवैज्ञानिक कारकों (agents) यथा पवन, नदी, हिमनद, समुद्र तथा भूमिगत जल से होता है। आपने इकाई 6 से 8 तक मे भूवैज्ञानिक कारकों के बारे पढ़ा है । उसी प्रकार, क्षेत्र में अवसादी शैलों का अध्ययन भी बहुत ही रोचक है। अवसादी शैलों में जीवाश्म के रूप में अतीत के जीवों के अवशेष रह सकते है। उनके अध्ययन से निक्षेपण के वातावरण की जानकारी में भी मदद मिलती है। अवसादी शैल निम्न प्रकार के हो सकते हैं:

- **खंडज (Clastic) अवसादी शैलें** : इनके अन्तर्गत सिलिकीय (siliciclastic) अवसाद आती हैं तथा उनके कण भौतिकीय अपक्षय से बने होते है जैसे क्वार्ट्ज और फेल्सपार की कणें जो पूर्ववर्ती शैलों के अपक्षय से निकलते हैं। ये अवसाद, जल, वायु, और बर्फ में जमा होते है। सिलिकीय खंडज अवसादी शैल, जैसे संगुटिकाश्म, बालुकाश्म, पांशु प्रस्तर तथा मृत्तिकाश्म में क्वार्ट्ज, फेल्सपार, तथा मृत्तिका खनिजें बहुतायत में मिलते हैं।
- **अखंडज (Non-clastic) अवसादी शैलें** : इनमें सम्मलित हैं जैवीय तथा रसायनिक समूहों के अवसाद जिनका निर्माण कार्बनिक या अकार्बनिक पदार्थों के अवक्षेपण (precipitation) विधि से होता है, जैसे चुनापत्थर, वाष्पनज (इवेपोराइट) (evaporite) चर्ट (chert) लौहाश्म (ironstone) फॉस्फोराईट (phosphorite)।

क्षेत्र में आप आसानी से अवसादी शैलों को उनके निम्नलिखित लक्षणों को देख कर पहचान सकते है: खनिज विज्ञान, गठन, कण–आकर, संरचना, रंग तथा जीवाश्म । चूनापत्थर या डोलोमाइट जैसे कार्बनिक शैलों के लिए आप अम्ल परीक्षण कर सकते है। एक बून्द तनु HCl, कार्बनिक शैल पर डालने से बुदबुदाहट पैदा होती है।

चित्र 13.8: मध्यम–कणीय बालुकाश्म के साथ, मोटेकणों से युक्त बालुकाश्म से आच्छादित (overlain) बलुआपत्थर युक्त अवसादी शैल। क्वार्ट्ज खनिज की पहचान से बड़े कणों से युक्त बालुकाश्म में की जा सकती है।

परत, संस्तरण और स्तरिकाय के अभिलेखन (documentation) करने में उनकी मोटाई, ज्यामितीय, सीमाओं की प्रकृति, तलों, नति एवं नतिलंबों के मापन की जानकारी महत्वपूर्ण है। स्तर/स्ट्रैटम (स्ट्राटा का बहुवचन) एक ऐसा शब्द है जिसका उपयोग संस्तर एवं स्तरिका के लिए किया जाता है। एक स्तर के उपर दूसरे स्तर को इकट्ठा (stacking) होने की प्रक्रिया को **स्तरविन्यास** (stratification) कहा जाता है (चित्र 13.9)। एक संस्तर/अवसादी शैलों का एक परत है जो संपर्क के दूसरे संस्तर को तोड़ने के बाद अलग होता हैं, यह संस्तर तल कहलाता है। अर्थात् दो संस्तरों को विभाजित करने वाले तल को संस्तर तल कहा जाता है। मोटाई के आधार पर एक संस्तर को **स्तरिका** (laminae) कहते है जब उनकी मोटाई 1 से.मी. से कम हो और यदि एक संस्तर की मोटाई 1 से.मी. से ज्यादा हो तो उसे **संस्तर** कहा जाता है।



(a)

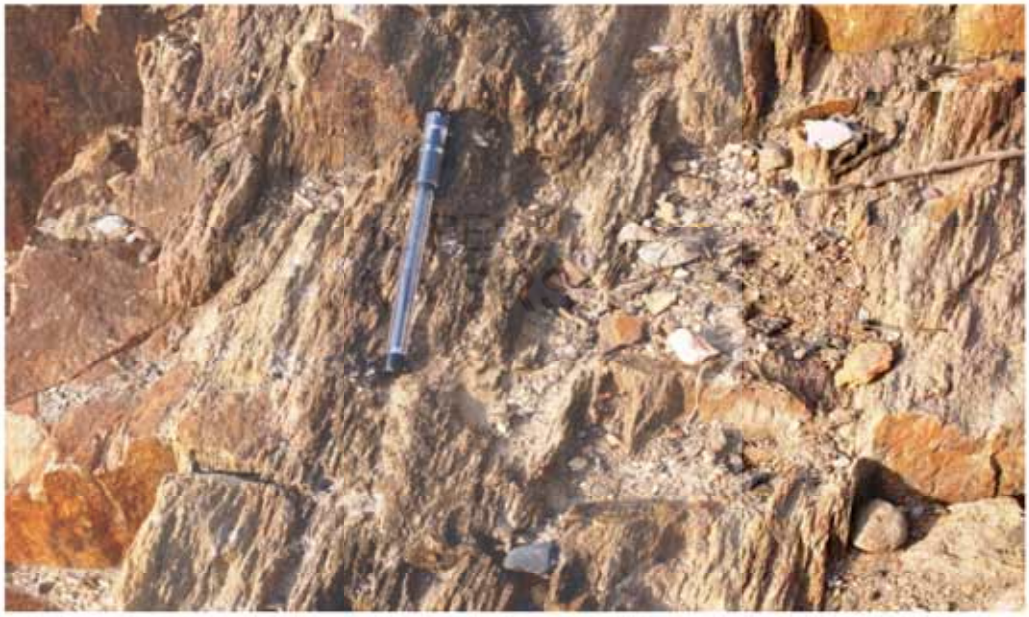
(b)

चित्र 13.9: a) प्रस्तर संस्तरों, संस्तर तलों और स्तर का स्तरण; और b) मृत्तिकाश्म तथा पांशूप्रस्तर के क्षैतिज संस्तर। (Photo credit: Mr. Ganga Prasad Bhartiya)

13.7.3 कायान्तरित शैल

पूर्व स्थित आग्नेय, अवसादी एवं कायांन्तरित शैलों पर दवाब एवं तापक्रम के बदलाव से जो परिवर्तन या पुनः क्रिस्टलीकरण के फलस्वरूप उत्पाद तैयार होता है उसे

कायान्तरित शैल कहते है। अतः कायान्तरित शैलों में और पूर्ववर्त्ती शैलों के कुछ प्राथमिक संरचनाएँ सुरक्षित रहती हैं। क्षेत्र में आप कायान्तरित शैलों को उनके गठन, संरचना खनिज संघटन तथा कण आकार देखकर पहचान सकते हैं उदाहरण स्वरूप स्लेट (slate) शैल को क्षेत्र में उनके अतिसूक्ष्म–कणीय गठन, सुविकसित विदलन तथा अबरख (mica) की उपस्थिति से पहचाना जा सकता है। फिलाइट को आप उनके परतदार संरचना के आधार पर पहचान सकते हैं (चित्र 13.10)। शिस्ट, शल्कन एवं शिस्टाभ (schistose) संरचना को दर्शाता है। यह मुख्यतः अभ्रक एवं हॉर्नब्लेंड (hornblende) का बना होता है। नाइस (gneiss) में मुख्यतः क्वार्ट्ज एवं फेल्सपार खनिज पाया जाता है। मोटे कण **नाईसोसिटी** (gneissosity) संरचना को दर्शाते है। **शिस्टासिटी** (schistosity) अत्यन्त पतली परतों की स्तरिका है जो बड़े कणों, किस्टलीय शैल में प्लेटी/पटलित खनिज कणों के समानांतर अवस्थित रहने से उत्पन्न होता है जैसे मस्कोवाइट (muscovite) और बायोटाइट (biotite) नाइसिक शैलों में पतली परतें (layering) हैं जो बैंड या लेन्सेस से रूप में कणिकामय (granular) खनिजो (क्वार्ट्ज और फेल्सपार) के साथ एकान्तर के क्रम में प्लेटी खनिजों के साथ रहते हैं। दोनों कायान्तरित शैल संरचना हैं। शैल परतों के बीच प्लेटी खनिजों के एकान्तर क्रम में रहने से बनते है।



चित्र 13.10: फिल्लाइट (phyllite) में परतदार संरचना।

13.8 संरचनात्मक आकृतियों की माप

आपने इकाई 9 में संरचनात्मक भूविज्ञान-एक परिचय में संरचनात्मक अवयवों के विषय में पढ़ा है। किसी क्षेत्र के भूवैज्ञानिक मानचित्रण (mapping) में भूवैज्ञानिक संरचनात्मक आकृतियाँ महत्वपूर्ण भूमिका अदा करती हैं। इन संरचनात्मक आकृतियों के अन्तर्गत सम्मलित हैं तलीय (संस्तर तल, कायान्तरित शल्कन, आग्नेय शल्कन, संधियाँ, भ्रंश तथा विषमविन्यास), तथा रेखीय (खनिज एवं सूक्ष्म वलन शल्कन, श्लक्षण पार्श्व (slicken sides), वाउडिनेज, संकोच एवं स्फीत (pinch and swell) के साथ–साथ वलन। इन आकृतियों के अभिलेखन में सम्मलित हैं संस्तरण के नति एवं नतिलम्ब, शल्कन तथा संधियों के साथ–साथ संस्तरो की मोटाई की माप तथा संस्तरविन्यास स्तंभ (stratigraphic column)।

चित्र 13.11: भूवैज्ञानिक वलन के दृश्यांश के आँकड़ों का मापन करते हुए।

13.8.1 अपनी स्थिति का निर्धारण

क्षेत्र में संरचनात्मक अवयवों की माप करने से पूर्व यह महत्वपूर्ण है कि आप अपनी स्थिति मानचित्र पर निर्धारित करें। यह जी.पी.एस. (GPS) की मदद से भी किया जा सकता है। यह स्थलाकृति मानचित्र के आंकड़ों को हस्तधारित जी.पी.एस. (GPS) के निर्देशांक के साथ समायोजित किया जाता है। प्रवणतामापी या क्लाइनोमीटर कम्पास का उपयोग कर अपनी स्थिति, स्थलाकृति मानचित्र पर निर्धारित करना सबसे पुराना एवं विश्वसनीय विधि है जिसे निम्नलिखित चरणों में संपन्न किया जाता है।

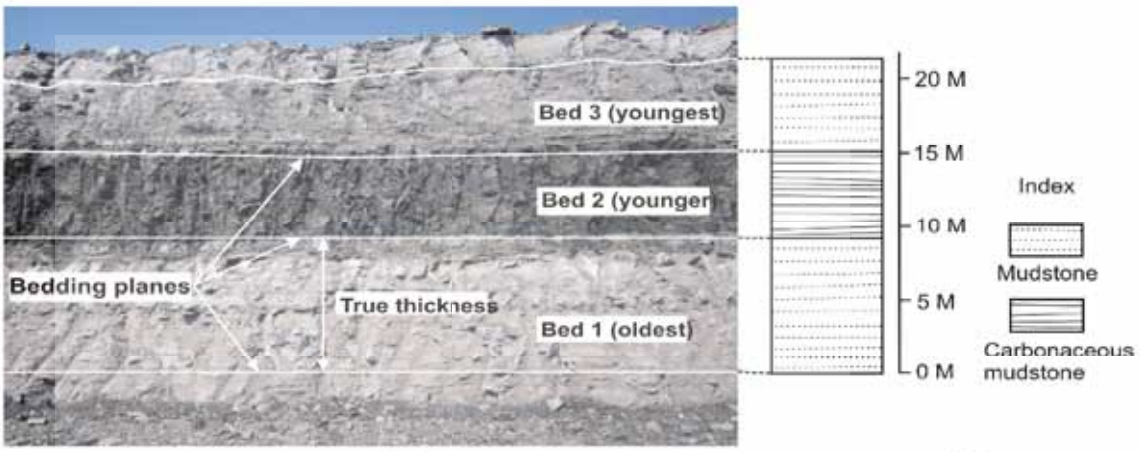
1. मानचित्र को सही ढंग से क्लाइनोमीटर कम्पास की मदद से उत्तर की दिशा अनुस्थापित (orient) कर दिया जाता है तथा सुनिश्चित किया जाता है कि जो आकृतियाँ मानचित्र पर दर्शायें में गयी है वे भूमि पर स्थित लक्षण से मेल खाती है।
2. किन्ही दो आकृतियों को देख कर (यथा एक भवन, एक टावर, एक तलाब, एक पहाड़ी, या कोई अन्य आकृति) चुन लीजिए जो आपके मानचित्र पर एवं जमीन पर दिखाई देते हैं।
3. आप दिशासूचक को किसी एक चुने हुए आकृति के साथ अनुस्थिापित करे, क्लाइनोमीटर की सूई को इस तरह धुमाते रहें जब तक N (उत्तर) की सूई उस बिन्दु (feature) तक न पहुँच जाये और North के सापेक्ष बियरिंग (bearing) नोट कर लें। दिशासूचक के केन्द्र से सीधी लकीर खीचें, जो मानचित्र की निर्धारित आकृतियों को मिलाती हो।
4. अब दिशासूचक को धुमाकर दूसरी आकृति के साथ अनुस्थापित करें। उपर की प्रक्रिया को दोहरावें। वह बिन्दु जहाँ दो रेखाएँ एक दूसरे को काटती है, वहीं हमारी स्थिति है।

आपको इसका ध्यान रखना चाहिए कि क्लाइनोमीटर कम्पास की सूई मैगनेटिक उत्तर में विचलित (reflect) हो जाती है तथा भौगोलिक उत्तर एवं मैगनेटिक उत्तर दोनों एक दूसरे के निकट है अथवा उनकी दिशा में बहुत कम का अंतर है। अतः मानचित्र पर स्थानीय स्थिति को जानने के लिए चुम्बकीय विचलन दिक्पात (declination) का सही

बियरिंग मापन आवश्यक है। पूर्वी या पश्चिमी दिशा से उत्तरी या दक्षिणी दिशा में मापे गये कोण को **बियरिंग** कहते है।

13.8.2 संस्तरों की मोटाई का मापन

क्षेत्र में संपादित करने के लिए एकल संस्तरों की मोटाई की माप एक महत्वपूर्ण कदम है। इसका मापन प्रत्यक्ष रूप से संस्तर तल के लंबवत् नापने के फीता से किया जाता है। यही माप संस्तर की मोटाई को दर्शाता है (चित्र 13.12)। आप एक अश्मस्तम्भ



चित्र 13.12: **a) क्षेत्र छायाचित्र में सबसे नीचे के संस्तर और संस्तर तलों की वास्तविक मोटाई तथा तीन संस्तर (1 से 3) धारित शैल अनुस्तर (sequence) को दर्शाते हुए; और b) एक शैल अनुकम का अश्मस्तम्भ है। उर्ध्वमापी जैसा कि b) में दर्शाया गया है अनावृत की ऊँचाई का प्रतिनिधित्व करता है जबकि स्तम्भ की क्षैतिज मोटाई अपनी इच्छा से लिया जा सकता है लेकिन यह सामान्तः 2 से.मी. से ज्यादा नहीं होता है।**

(litholog) तैयार कर सकते है जो क्षेत्र कार्य के क्रम में संस्तरों के अनुप्रस्थ मिलते हैं। यह अश्मस्तम्भ पैमाने पर आधारित इकाई संस्तरों की मोटाई के अनुरूप में दर्शाया गया है। ध्यान रखें कि अश्मस्तम्भ बनाते समय संस्तरो की माप के आधार या अनावृत शैल अनुक्रम (sequence) के सबसे नीचे से तथा सामान्यतः मीटर में मापी जाय।

13.8.3 संरचनात्मक तत्वों का मापन

इसमें संस्तरों की अभिवृति (attitude of beds) को दर्ज करना सन्निहित हैं जिसका अर्थ है उनके नति एवं नतिलंब की माप करना। आप ने इकाई 9 में संरचनात्मक भूविज्ञान का परिचय में नति एवं नतिलम्ब में बारे में पढ़ा है। एक अनावृत शैल परत के किसी दृश्यांश पर अभिमुखीकरण (orientation) नति कहलाता है जबकि नतिलम्ब, क्षैतिज सतह के साथ शैल के परत सतह के कटान (intersection) से बनी दिशासूचक की दिशा को कहते हैं। नति को नतिलम्ब के लम्बवत् मापा जाता हैं जो समान्यतः संस्तर के झुकाव का कोण है वह कोण जिस पर शैल परत, क्षैतिज से झुका हुआ है।

आइए अब हम किसी आनत यानि झुके हुए संस्तर की माप करें। यहाँ, हम दोबारा इकाई 9 से आपकी सुविधा के लिए झुके संस्तर की नति और नतिलम्ब नापने की विधि प्रस्तुत कर रहें हैं। आपको निर्देश दिया जाता है कि किसी संस्तर के नतिलम्ब एवं नति की माप के लिए निम्नलिखित प्रकिया को अपनाएं।

1. नतिलम्ब की माप हेतु दिशासूचक को संस्तर तल पर इस प्रकार रखा जाता है कि दिशासूचक का ब्रिज (bridge) पूरी तरह से संस्तरतल के संपर्क में हो।

2. दिशासूचक को इस प्रकार से घुमावे कि ब्रिज क्षैतिज हो जाय और ब्रिज का एक छोर संस्तर तल को स्पर्श करता रहे। क्षैतिज होने पर चुम्बकीय सूई तेजी से घुमती हैं। सुई को स्थिर हो जाने दें तब सुई के दानों छोर को दिंगशीयवृत (360) में पढ़े। सुई के दोनो छोर नतिलम्ब को दर्शाता है।

3. किरा संरतर की नति की माप हेतु नतिलम्ब की दिशा पर एक लम्बवत् रेखा (perpendicular line) खींची जाती है अब ब्रिज को संस्तर तल पर खींची गई रेखा के अनुरूप इस प्रकार रखा जाता है कि डायल तल के लम्बवत् हो। नतिमापी यंत्र से पठन लें, जो नति का परिगाण (amount of dip) दर्शाता हैं

4. नति की दिशा की माप हेतु पुनः ब्रिज को रेखा के अनुरूप संस्तर तल पर रखा जाता है, परन्तु इस बार डायल का चेहरा (face) आकाश की ओर रहता है।

5. अब कंपास (दिशासूचक) को क्षैतिज में इस प्रकार घुमावें कि ब्रिज तथा डायल की N-S रेखा दोनों रेखा के समानांतर रहें । ध्यान रखें कि क्राउन (crown) संकेतक की तरह अंकित रहता है। कई क्लाइनोमीटर कम्पास यंत्र में यदा–कदा 'N' क्राउन डायल में संस्तर के नति की दिशा की ओर रहता है।

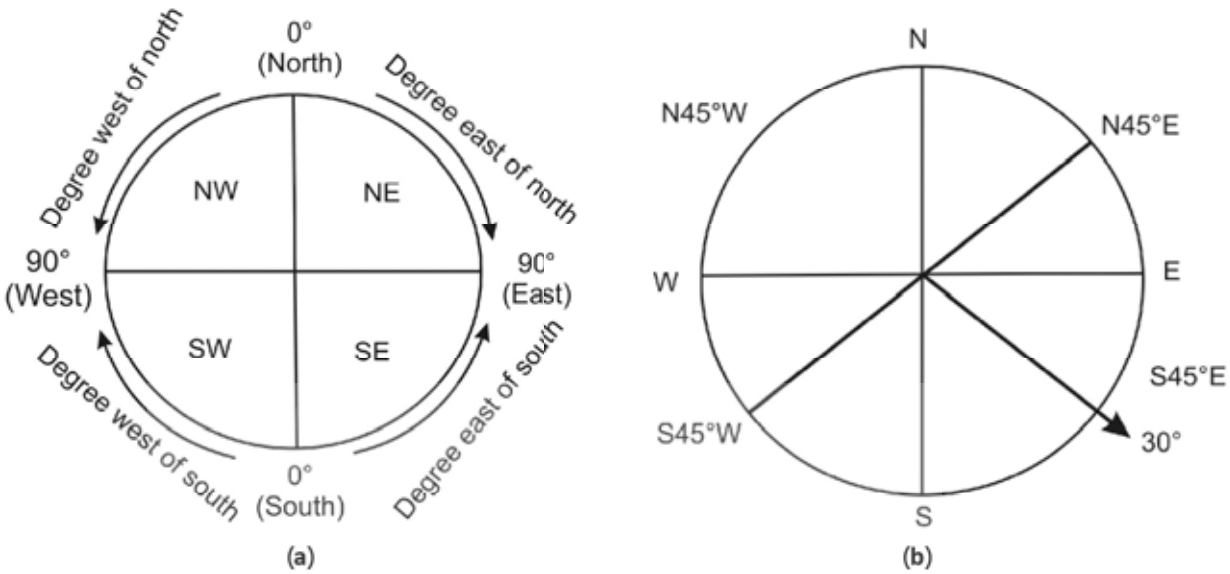
6. क्षैतिज की ओर घुमाने पर, मैगनेटिक सुई पर अंकित 'N' नति की दिशा को दर्शाता है। इस पठन को पुनः सत्यापित किया जा सकता है, क्योंकि नतिलम्ब तथा वास्तविक नति की दिशाएँ सदा एक दूसरे पर लम्बवत् रहते हैं।

7. किसी एक उर्ध्वाधर तल पर यदि रेखीय संरचना की नाप क्षैतिज से की जाती है तो इसे उस संरचना का अवनमन (plunge) कहते है अतः तलीय संरचना की नति तथा रेखीय संरचना का अवनमन सदृश्य रूप है। बियरिंग शब्द, एकरेखीय संरचना के अवनमन (plunge) की भौगौलिक दिशा को दर्शाता है।

13.8.4 संस्तरों की अभिवृति का आलेखन

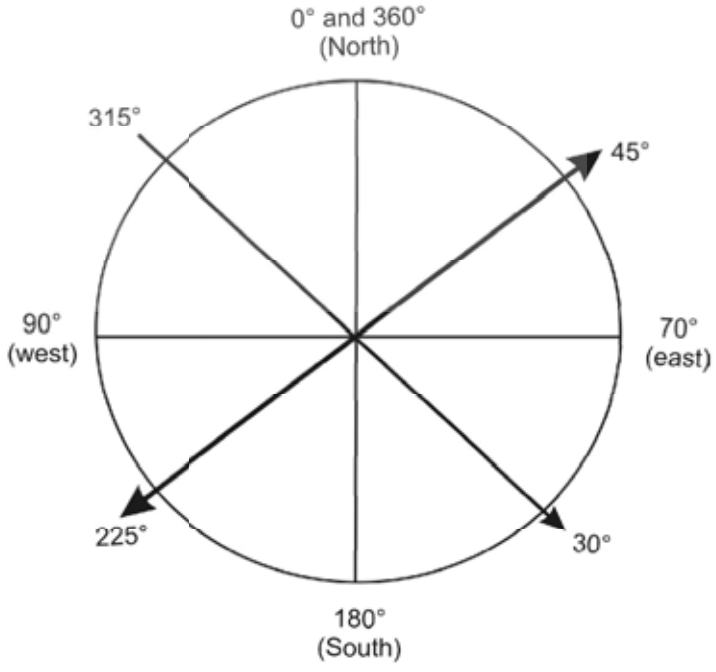
भूवैज्ञानिक मानचित्र बनाने के लिए, यह महत्वपूर्ण है कि आपने जिस दृश्यांश को निर्धारित किया है उनके संस्तर की अभिवृति (नति एवं नतिलम्ब) को मानचित्र पर दर्शाया जाय। संस्तरों के अभिवृति (attitude of beds) को दर्शाने की दो विधियाँ हैं–

- **चतुर्थांश या दिक्मान विधि (Quadrant or bearing method)**: इस विधि में पठन चार चतुर्थांश या कम्पास के दिशाकोण में होता है दिकमान एक कोण है जिसकी माप उत्तर या दक्षिण से पूर्व की ओर अथवा पश्चिम की ओर की जाती है, जो नजदीक होता है। इस विधि में एक वृत को चार चतुर्थांश में विभाजित किया जाता हैं : उत्तरपूर्व (NE), उत्तरपश्चिम (NW), दक्षिणपूर्व (SE) तथा दक्षिण पश्चिम (SW) (चित्र 13.13)। चार चतुर्थंश में से प्रत्येक 90° में विभाजित रहता है जो उत्तर और दक्षिण धुवों पर 0° से प्रारंभ होते हैं और पूर्व एवं पश्चिम ध्रुव में 90° पर समाप्त होते है। अतः दिक्मान हमेशा 90° से कम पूर्व की ओर या पश्चिम की ओर उत्तरीध्रुव या दक्षिणी ध्रुव से मापा जाता है। दिक्मान की दिशा को विशेष रूप से कहा जाता है (प्रथम) उत्तर या दक्षिणध्रुव जहाँ से कोण को मापा जाता है। (द्वितीय) माप गए कोण का परिमाप, उदाहरण स्वरूप, यदि नति की दिशा किसी दृश्यांश पर 135° मापी जाती है तथा नति का परिमाप (amount) 30° है तो आप चित्र 13.13b में जैसा दिखाया गया है दर्शायेंगे।



चित्र 13.13: दिशाओं को दर्शाने की चतुर्थांश या दिकमान विधि, **(a) चार चतुर्थांश–NE, SE, SW, NW- east or west of north या south कहलाता है, तथा (b) नति की दिशा, नतिलम्ब की दिशा एवं नति के परिमाण को चतुर्थांश विधि में दर्शानें की विधि।**

- **दिगांश विधि (Azimuth method)**: दिशाओं को दर्शाने की इस विधि में एक वृत को 360° में विभाजन किया जाता हैं, जो उत्तरी ध्रुव पर 0° से प्रारम्भ होते हुए बढते हुए क्रम में दक्षिणवर्त्त 360° पर उत्तरी ध्रुव पर समाप्त होता है (चित्र 13.14) एक दिगांश वृत घड़ी की अमल (face) की तरह अंकित (graduated) रहता है केवल घड़ी के 60 मिनट चलने के बदले 360 डिग्री में दक्षिणावृत चलता है। एक दक्षिण वृत्त 36° का धुमाव है। चित्र 13.13 में दर्शायी गयी चारों दिशाएँ चित्र 13.14 में दर्शाये गए दिशाओं के समान हैं जो एक विधि की दूसरे विधि के विभेद को दिखलाता है। उदाहरण के लिए, यदि किसी दृश्यांश पर नति की दिशा N 135° है तथा नति का परिमाप 30° है तो आप चित्र 13.13.b की तरह दर्शा सकते हैं।



चित्र 13.14: दिशा को दर्शाने की दिगांश विधि।

13.9 निदर्श और प्रतिदर्श

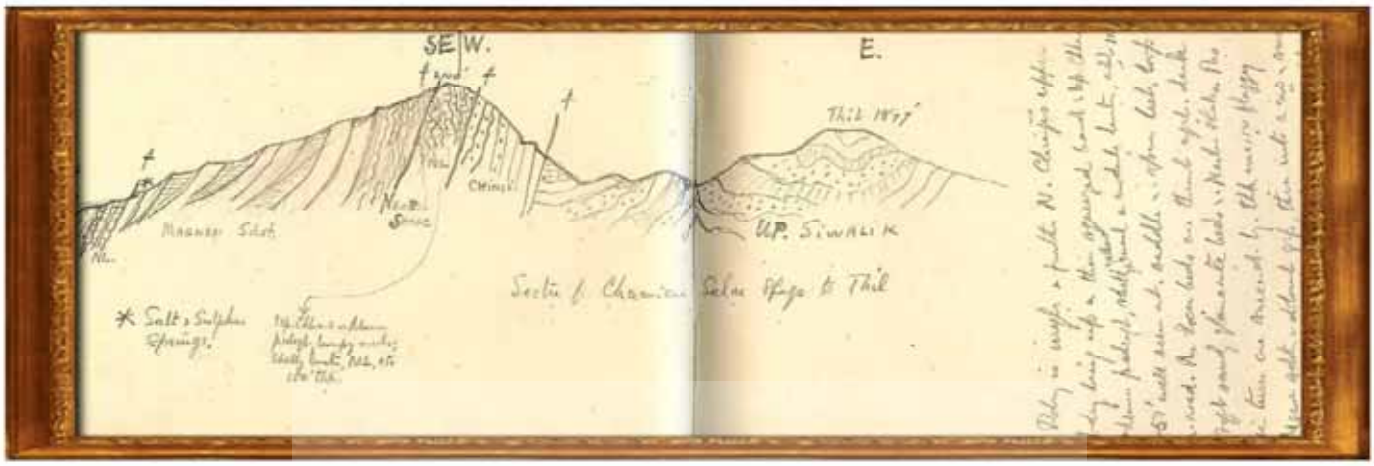
निदर्श (Sample) और प्रतिदर्श (specimen) क्षेत्रकार्य का एक महत्वपूर्ण अंग है। निदर्श शैलों, खनिजों, अयस्कों के टुकड़े या जीवाश्म हैं जिनका संग्रह दृश्यांशों से प्रयोगशाला में हस्त परीक्षण या संग्रहालय में प्रदर्शन हेतु किया जाता है। दूसरी ओर प्रतिदर्श शैल पिंड, खनिज या अस्यक से सुव्यवस्थित ढंग से संग्रहित अंश हैं जिनका आगे के अध्ययन या प्रयोगशाला में विश्लेषण किया जाता है प्रयोगशाला में इन संग्रहित प्रतिदर्शों की पहचान होती है यथासंभव विभिन्न प्रकार के शैलकीय या रासायनिक विश्लेषण किये जाते है। प्रयोगशाला के परिणाम के अध्ययन, क्षेत्र आकड़ों तथा प्रयोगशाला से प्राप्त आंकड़ों के बीच सह सम्बन्ध स्थापित कराने में उपयोगी होते हैं।

निदर्श के साथ–साथ प्रतिदर्श की मात्रा तथा आकार, अध्ययन के उद्देश्यों की प्रकृति पर निर्भर करता हैं। निदर्श का आकार 7-10×10-15×2-5-5 से.मी. होता है सामान्तः अनेक उद्देश्यों के लिए उपयोगी होते हैं। अधिकांश भूवैज्ञानिक विश्लेषणों के लिए शैल प्रतिदर्शों 0.5 कि.ग्रा. से 2 कि.ग्रा. अनुशंसित (recommend) किया जाता है। संग्रहीत निर्देशों तथा प्रतिदर्शों को सावधानीपूर्वक बिना टूटे प्रतिदर्श पोटली (sample bag) में पैक किया जाना चाहिए। लेबल (नाम) के साथ संग्रहित स्थान की जानकारी तथा इसी जानकारी को सावधानीपूर्वक क्षेत्र डायरी में अभिलिखित करना चाहिए। आप प्रतिदर्श के नाम को मानचित्र पर भी लिख सकते हैं। अंत में, पैक किये गए निदर्श तथा प्रतिदर्श को सुरक्षा के साथ प्रयोगशाला तक पहुँचाया जाता हैं। यह हमेशा वांछनीय है की उन दृश्यांशों या शैल पिंडों का क्षेत्र छाया चित्र लिया जाय जो सुविकसित भूवैज्ञानिक संरचनाओं को दर्शाता है। इसके अतिरिक्त आपको उन दृश्यांशों का छायाचित्र लेना चाहिए जहां से निदर्श और प्रतिदर्श संग्रहित किये जाते हैं।

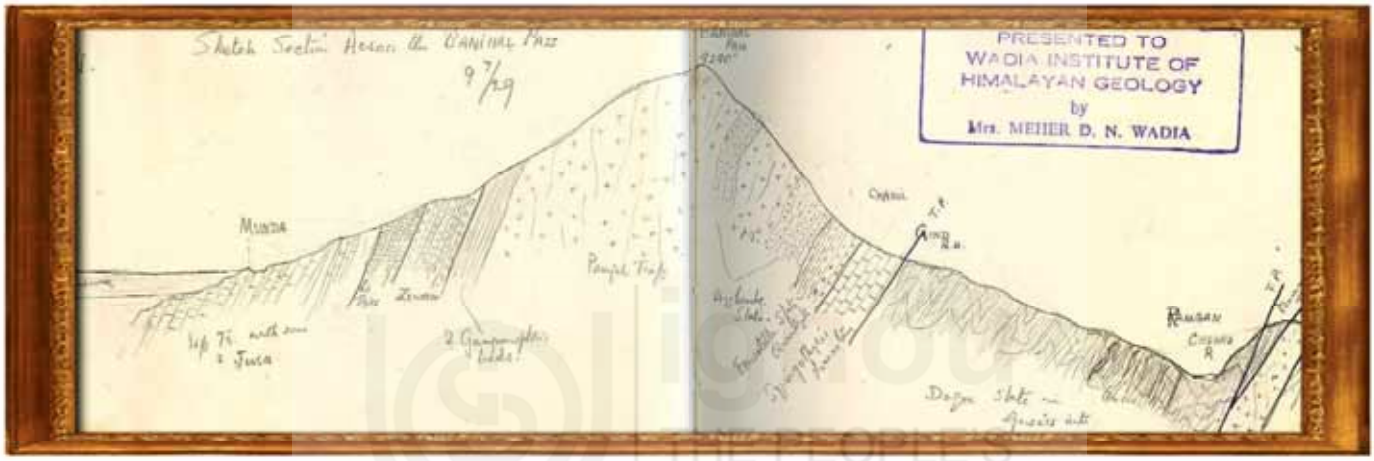
13.10 क्षेत्र रेखाचित्र एवं छायाचित्र

भूवैज्ञानिकों की क्षेत्र पुस्तिकाओं (नोटबुकों) की महत्वपूर्ण जानकारी रेखाचित्र प्रदान करते हैं। ये भूवैज्ञानिक सूचना अभिलेखन का एक सबसे अच्छा तरीका हैं। इनमें सम्मलित हैं दृश्यांशों के रेखाचित्र, शैल समूह, जीवाश्म, खनिज, भूवैज्ञानिक संरचना यथा वलन या भ्रंश या अवसादी संरचना (चित्र 13.15) और अनुप्रस्थ काट। ये सूचना आदान प्रदान करने का संक्षिप्त आधार प्रदान करते हैं। आकृतियाँ, इकाइयाँ और उनका सम्बंध तथा उन सबों के बीच सावधानीपूर्वक अवलोकन रेखाचित्र बनाने में सम्मिलित हैं। छायाचित्र, भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य के दौरान में अवलोकन किये गए अभिलेखों का एक अपरिहार्य अनिवार्य सबूत प्रदान करते हैं।

छायाचित्र लेने के साथ–साथ, क्षेत्र टिप्पणी और रेखाचित्र भी रखना चाहिए। छायाचित्र, रेखाचित्रों का प्रतिस्थापन (replacement) नहीं हैं क्योंकि वे न तो चयनात्मक (selective) है और न ही निगमनिक (deductive) तथा आप लेबल जोड़ तथा संदर्भ मिलान नहीं कर सकते हैं। पेशेवर भूवैज्ञानिक नियमित रूप से छायाचित्र एवं रेखाचित्रों को मिलान कर उपयोग करते हैं। आपने पढ़ा होगा कि "एक चित्र का मूल्य हजार शब्दों से ज्यादा है।



(a)



(b)

चित्र 13.15: प्रथम राष्ट्रीय प्रोफेसर स्व. प्रो. डी. एन. वाडिया की क्षेत्र डायरी से दो क्षेत्र रेखाचित्र। वह पहले भारतीय थे जिनको फेलो ऑफ रॉयल सोसाइटी ऑफ लन्दन एस. आर. एस. से सम्भावित किया गया
(सौजन्य : संग्रहालय, वाडिया हिमालय भूविज्ञान संस्थान, देहरादून)

बोध प्रश्न 2

a) मान लें कि आप एक 20 मीटर की ऊचाई के दृश्यांश का निरीक्षण करते है जिनमें चार परतें हैं यथा चूनापत्थर, निचले भाग या आधार पर है, जिसके बाद संगुटिकाश्म, बालुकाश्म तथा मृत्तिकाश्म सबसे उपर/शीर्ष पर अवस्थित हैं। कहाँ से आप दृश्यांश की माप, आधार या शीर्ष से प्रारंभ करेंगे?

b) क्षेत्र में आप कैसे अवसादी शैलों और आग्नेय शैलो में विभेद करेंगे?

c) मूल संरचनात्मक मापों के नाम की सूची तैयार करें, जिन्हें आप क्षेत्र में अंकित करते हैं ?

d) निदर्श एवं प्रतिदर्श के बीच विभेद करें।

13.11 क्षेत्र अवलोकनों का अभिलेखीकरण

आप ने पढ़ा है कि क्षेत्र में सावधानीपूर्वक अभिलेखन, क्षेत्र भूविज्ञान का एक अनिवार्य अंग है। क्षेत्र डायरी एक मात्र सबसे महत्वपूर्ण क्षेत्र उपकरण है तथा इसमें आपके सभी

निष्कर्षों, प्रतिवेदनों और कोई अन्य भविष्य में किये जाने वाले कार्यों, जो आप करने की इच्छा समान क्षेत्र/इलाके में रखते हैं, का आधार होता है। आपकी क्षेत्र डायरी एक अकादमिक डायरी हैं क्योंकि आपके द्वारा क्षेत्र कार्यकाल नें आपके सभी अवलोकन, विचार, व्याख्या तथा प्रश्न अभिलिखित। क्षेत्र डायरी में अश्मविज्ञान, विभिन्न प्रकार के शैलों के बीच के सम्बन्ध, गठनात्मक, संरचनात्मक तथा खनिज संगठनात्मक विशेषताओं, उनमें स्थित जीवाश्मों–दृश्यांशों के रेखाचित्र, संरचनात्मक तत्वों की माप तथा स्तरविन्यास के स्तम्भें, सन्निहित रहते हैं। इसमें प्रतिदर्शों के स्थानों का विस्तृत विवरण रहता है।

क्षेत्र डायरी में सूचनाएँ यथा, मौसम की स्थिति, मुलाकाती व्यक्तियों, पडाव स्थल, किये गए भोजन, वह व्यक्ति जिनसे अनुमति ली गई हो और जिनसे दिन–प्रतिदिन के कार्य में मदद ली गई हो, अभिलिखित किया जाय अच्छी आदत मानी जाती है। यह जानकारी, आप जब कभी भविष्य में कार्यक्षेत्र भ्रमण की योजना तैयार करते है तो, मदद क्षेत्र डायरी की आपको मदद मिलेगी। क्षेत्र डायरी में अभिलेखन सुस्पष्ट एवं संक्षिप्त रहना चाहिए। आप अपना नाम, पता, ई–मेल तथा अन्य संपर्क सूचना डायरी के कवर पृष्ट/प्रथम पृष्ठ पर लिखें। आपको अपनी क्षेत्र डायरी में अभिलेखन, निश्चित रूप से दृश्यांश, आकड़े संग्रह के स्थान को छोड़ आगे बढ़ने से पूर्व कर लेना चाहिए। सारणी 13.4 में जाँच सूची अवलोकनों एवं आकड़ों को क्षेत्र डायरी में अभिलिखित करने के लिए दिया गया है।

सारणी 13.4: क्षेत्र डायरी में अवलोकनों एवं आकड़ों के अभिलेखन (recording) की जाँच सूची

.सं.	अभिलिखित अवलोकन
1	तारीख एवं समय : दिन, तिथि एवं समय को अंकित करें।
2	आधार पड़ाव (base camp): जहाँ आप ठहरें उस स्थान का नाम लिखें।
3	चुने गये अनुप्रस्थ पथ (traverse taken): क्षेत्रकार्य के लिए चयनित मार्ग (path)
4	स्थान निर्धारण (location): दृश्यांश का भौगोलिक स्थान निर्धारण
5	**अश्मविज्ञान (Lithology) :** **रंग** : शैल के कौन से रंग हैं? क्या अपक्षययुक्त और नवीन शैल सतहों के रंगों के बीच में कोई अंतर है ? **कण आकार (Grain sizes)** उपस्थित कणों के आकार की श्रेणी (range) लिखें। **उपस्थित खनिज (Minerals present):** शैल में उपस्थित मुख्य खनिजों की पहचान करे। **शैलों के प्रकार (Rock type)** उपस्थित शैल के प्रकार/प्रकारों की पहचान करें। यदि एक **प्रतिदर्श** संगृहीत किया जाता है, तो इसको अंकित (numbered) करना चाहिए तथा उसे क्षेत्र डयरी में भी लिखना चाहिए। शैलो के किसी खास, अनूठा (peculiar) तथा विशिष्ठता युक्त गुणों का वर्णन करें।

6	**अवसादी संरचनाएँ** : संस्तर के नति एवं नतिलम्ब की माप लिखें। **संस्तर (Bedding)**: क्या संस्तर तल समान स्थित (evenly spaced) में है या नहीं? क्या शैल संस्तर पतला या मोटा है? क्या संस्तर सतहें तलीय (planar) या तरंगयुक्त या असमतल (irregular) है? **अन्य अवसादी संरचनाएँ (Other sedimentary structures)**: जैसे त्रियक संस्तरण (cross bedding), लहरें, तरंग चिन्ह (ripple mark), नितल चिन्ह (sole marking), संग्रथन/कंकर (concretion) आदि जो उपस्थित हो। इन आकृतियों का रेखाचित्र बनायें।
7	**भूवैज्ञानिक संरचनाएँ** : **संस्तरण तल** : तलीय संरचनाओं के नति एवं नतिलम्ब को अभिलिखित करें जैसे– संस्तर तल। **विदलन** : स्लेटी या विभंग विदलनों के नति और नतिलम्ब को अभिलिखित करें। **संधि एवं विभंग** : इनका नति और नतिलम्ब लिखें। **भ्रंश** : नति और नतिलम्ब तथा विसर्पण की दिशा एवं परिमाण लिखें। **वलन** : वलन का रेखाचित्र बनावें तथा वलन के विस्तार और वलन अक्षों के अवनमन (plunge) को लिखें। **रेखण** : रेखण के विस्तार एवं अवनमन को लिखें जैसे विदलन संस्तर प्रतिच्छेदन या लंबे खनिज के चुने गए दिग्विन्यास (orientation)
8	**जीवाश्म** : लिखें कि क्या वे बहुतायत में पाये जाते हैं या विरल, शरीर। यदि संभव हो तो प्रारंभिक पहचान करे। रेखा चित्रण तथा संगृहीत नमूना को आगे के प्रयोगशाला विश्लेषण के लिए अंकित करें।
9	**किसी अन्य स्पष्ट आकृतियों के बारे में लिखें** : जैसे खनिजीकरण, विभिन्न शैल प्रकारों का एक दूसरे के साथ का सम्बन्ध आदि।
10	**प्रतिदर्श संगृहीत** : जी.पी.एस. की मदद से (यदि सम्भव हो तो) संगृहीत प्रतिदर्श की संख्या तथा स्थान लिखें।
11	**रेखाचित्र** : शैलों की संरचनाओं को स्थालाकृति के साथ के सम्बन्ध को रेखाचित्र में दर्शाना आवश्यक है। सभी रेखाचित्र का पैमाना, दिशा और अंकण अनिवार्य हैं। **छायाचित्र भी लिया जाना चाहिए** : क्षेत्र डायरी में प्रत्येक छायाचित्र का विषय भी लिखा जाना चाहिए।

13.12 सारांश

भूविज्ञान पाठ्यक्रम के लिए क्षेत्रकार्य एक अनिवार्य अंग है। आइए हम संक्षिप्त में देखें आपने इस इकाई में क्या अध्ययन किया है?

- क्षेत्र भूविज्ञान में सन्निहित है शैलों तथा शैलीय पदार्थों का उनके प्राकृतिक वातावरण में विश्लेषण तथा उनके बीच एक दूसरे के साथ प्रकृति सम्बन्ध।
- क्षेत्रकार्य के लिए जरूरी है सुव्यवस्थित योजना, जो निर्भर करता है उद्देश्यों एवं अध्ययन के इलाके पर। योजना के महत्वपूर्ण अंग हैं क्षेत्र के साहित्यों का संग्रह, निर्धारित क्षेत्रभ्रमण कार्यक्रम की तैयारी, तथा इस पर अनुमानित खर्च के साथ साथ उपयोगी उपकरणों की सूची।
- भूवैज्ञानिक हथौड़ा, छैनी, हस्त लेंस, नतिमापी कलाईनोमीटर, क्षेत्र डायरी, नापने का फीता तथा स्केल, मानचित्र और सम्बन्धित साहित्य, जी.पी.एस., ऊँचाई मापी, तनु अम्ल की बोतल, झोला या रकसैक तथा डिजिटल कैनरा आदि भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य में उपयोग किये जाने वाले मुख्य उपकरण हैं।
- क्षेत्र सुरक्षा के उपाय हमें विभिन्न जोखिम या खतरों के सामना करने में मदद करता है, जो क्षेत्रकार्य के दरम्यान उत्पन्न हो सकते हैं।
- आग्नेय शैलों की क्षेत्र में पहचान उनके रंग, गठन, संरचना तथा खनिज विज्ञान की मदद की जा सकती है। अश्मविज्ञान, गठन, संरचना, रंग, संस्तरण खनिज विज्ञान और जीवाश्म, क्षेत्र में अवसादी शैलों की पहचान के महत्वपूर्ण मानदंड हैं– गठन, संरचना, खनिज विज्ञान तथा कण आकार।
- तलीय और रेखीय संरचनाओं की आकृतियों के साथ साथ वलनों की नति और नतिलम्ब की माप, जिस भूभाग का अध्ययन किया जा रहा है उसके भूवैज्ञानिक इतिहास को जानने के लिए महत्वपूर्ण आकड़ें हैं।
- क्षेत्रकार्य के दौरान संगृहीत निदर्शों तथा प्रतिदर्शों का उपयोग संग्रहालय में प्रदर्शन तथा प्रयोगशाला–अध्ययन मे क्रमशः किया जाता हैं। सभी क्षेत्रीय सूचना तथा आँकड़ों का क्षेत्र डायरी में लिखना, क्रमबद्ध/सुव्यवस्थित क्षेत्रीय अवलोकन में सन्निहित है।

13.13 क्रियाकलाप

आप हिमालय के पर्वतीय क्षेत्र, उत्तरी भारत के गंगा–सिंधु के मैदान, कोयला धारित गोंडवाना शैलों, प्रायद्वीपीय भारत के दक्कन ट्रेप, पूर्वी भारत के राज महल के पहाडियों, दक्षिणी भारत के पूर्वी और पश्चिमी घाट या पश्चिमी भारत के छोटे पहाड़ी क्षेत्रों में रह रहे होगें। अपने आसपास के पहाड़ी क्षेत्रों का भ्रमण करें जो आपके नजदीक, उपर्युक्त वर्णित में, हो तथा कुछ दृश्यांशों को खोजें। सावधानीपूर्वक अवलोकन करें तथा अपनी आँखों को दृश्यांशों पर केन्द्रीकृत करें। आप आग्नेय, अवसादी या कायान्तरित शैलों के साथ कुछ सुन्दर विकसित संरचनात्मक आकृतियाँ जैसे परत दर परत, भ्रशों, वलन, संधियाँ, विषमविन्यासें, सिल्स और डाइक्स देख सकते है। विभिन्न प्रकार के शैलो एवं संरचनात्मक आकृतियों को पहचानने का प्रयास करें तथा शैलों के कणों के आकार का निर्धारण करें, पता लगायें कि शैलो में जीवाश्म हैं और आप अपने अवलोकनों एवं व्याख्याओं को निर्धारित करें तथा उन्हें क्षेत्र डायरी पर अभिलिखित भी करें।

13.14 सात्रिक प्रश्न

1. क्षेत्रविज्ञान क्या है ? भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य करने से पूर्व की योजना का विस्तृत वर्णन करें।
2. भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य के लिए जाते समय किन उपकरणों को आपको ले जाना चाहिए।
3. क्षेत्रकार्य हेतु आवश्यक क्षेत्र सुरक्षा उपायों का वर्णन करें।
4. चतुर्थांश एवं दिगंश विधियों द्वारा संरचनात्मक अवयवो का आलेखन करने का वर्णन करें।
5. क्षेत्र नोटबुक/डायरी में क्षेत्र अवलोकनों के अभिलेखन की गणना (नाम लेकर) करें।

13.5 संदर्भ

- Coe, A.L. (2010) Geological Field Techniques, Blackwell Publishing Ltd., United Kingdom.
- Lahee, F.H. (2002) Field Geology, (First Indian Edition). CBS Publishers and Distributors Pvt. Ltd, New Delhi.
- Njue, L.M. (2010) Geological Field Mapping. Short Course V on Exploration for Geothermal Resources, organised by UNU-GTP, GDC and KenGen, at Lake Bogoria and Lake Naivasha, Kenya, Oct. 29 – Nov. 19.
- Perkins, S. (2011) Geosciences: Earth works, Nature, Vol. 473, pp. 243-244. (www.nature.com/naturejobs/science/articles/10.1038/nj7346-243a, accessed on 06 October 2015).
- Stow, D.A.V. (2010) Sedimentary Rocks in the Field – A Color Guide, Academic Press, London.
- Tucker, M.E. (1982) The Field Description of Sedimentary Rocks, Open University Press, England.
- www.lib.utexas.edu/maps/ams/india/
- www.indiamapssite.com/india/india-geological-map.html

(बेवसाइट10th January 2017 को देखे गये)

13.16 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Coe, A.L. (2010) Geological Field Techniques, Blackwell Publishing Ltd., United Kingdom.
- Gokhale, N.W. (2001) A Guide to Field Geology, CBS Publishers and Distributors Pvt. Ltd, New Delhi.
- Lahee, F.H. (2002) Field Geology, (First Indian Edition), CBS Publishers and Distributors Pvt. Ltd, New Delhi.
- Mathur, S.M. (2001) Guide to Field Geology, PHI Learning Private Limited, New Delhi.

13.17 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य में सम्मलित है– प्राकृतिक दृश्याशों का निरीक्षण, जो अनावृत रहता है यथा खदान या खान, घाटी की दीवारें, और सड़क कटान तथा सावधानीपूर्वक अवलोकन एवं भूवैज्ञानिक अकृतियों क्षेत्र में माप/क्षेत्रकार्य में हम सावधानीपूर्वक प्रयोगशाला में अध्ययनों के लिए प्रतिदर्शों एवं निदर्शों के संग्रह के अतिरिक्त विभिन्न प्रकार के शैलों तथा उनके एक दूसरे के साथ सम्बन्ध की जाँच एवं अभिलेखन भी करते है।

   b) भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य के मुख्य उद्देश्य है :

   - क्षेत्र के भूभाग के सामान्य भूविज्ञान को अभिलिखित करना।
   - क्षेत्र भूभाग का भूवैज्ञानिक मानचित्र तैयार करना।
   - क्षेत्र के भूभाग का भूवैज्ञानिक इतिहास तैयार करना।
   - क्षेत्रीय भूभाग का जैव संस्तर विन्यास तैयार करना।
   - अवसाद निक्षेपण–वातावरण का निर्धारण।
   - खनिज संसाधनों का पता लगाना।
   - आग्नेय शैलो की प्रकृति का निर्धारित करन।

   c) स्थलाकृति मानचित्र हमें क्षेत्र में दृश्यांशों की वास्तविक स्थिति तथा अनुदेश दिशा में अध्ययन की योजना बनाने में मदद करता है।

   d) भूवैज्ञानिक क्षेत्रकार्य में क्लाइनोमीटर कम्पास महत्वपूर्ण उपकरणों में एक है। इसका उपयोग क्षेत्र में मूल भूवैज्ञानिक सूचना को एकत्रित करने में होता हैं जैसे भूवैज्ञानिक तलों की दिशा अनुकूलन, उत्तर दिशा के सापेक्ष शैल संस्तरों भूविज्ञानिक संरचनाओं की ज्यामिति, अभिलेखन तथा क्षेत्र में मानचित्र अभिमुख (orient) करने में तथा अपनी स्थिति इसमें सुनिश्चित करने में होता है।

1. a) एक काट या दृश्यांश की माप सदा ही भूवैज्ञानिक अनुक्रमण में नीचे से की जाती है। इस स्थिति में हम सर्वप्रथम एक चूनापत्थर के परत या संस्तर की माप, नापने वाले फीता की एक छोड़ को संस्तर के सबसे नीचे से संस्तरणतल के लंबवत रख कर करते हैं। इसके बाद क्रमिक रूप के अन्य ऐसे तीन बलुआ पत्थर संगुटिकाश्म तथा मृतिकाश्म को नापते हैं जैसा चूना पत्थर के लिए किया गया।

   b) आग्नेय एवं अवसादी शैलों के बीच विभेद नीचे संसूचित है।

आग्नेय शैलें	अवसादी शैलें
पिघले हुए मैग्मा के ठोसीकरण से बनते हैं	पूर्व स्थित शैलों के अपघटन तथा विघटन से बनते है।
जीवाश्म नहीं पाये जाते	इनमें पुराजीवों के अवशेष, जीवाश्मों के रूप में रहते है।
परत संस्तरण और पटले (पतली परत, नहीं उपस्थित रहते हैं।	परतें, संस्तरण तथा पटल इनके चारित्रिक विशेषता / आकृतियाँ हैं
वितलीय शैलों की विशेषता उनके मध्यम से बड़े आकर के कण हैं	खंडज शैलों की विशेषता उनमें उपस्थित सिलिका खण्ड के अवसाद है, जैसे गोलाश्मिका (cobbles) गुटिका (pebbles), बालूकण (sand grains) तथा मृत्तिका (clay) के कण।
ज्वालामुखीय शैलों की विशेषता, सूक्ष्म कण या काँचव गठन (glassy texture)	अखण्डमय (non-clastic) शैलों का निर्माण अवक्षेपण विधि से कार्बनिक पदार्थ के साथ या अनुपस्थिति में होता है जिसमें कैल्शियम कार्बोनेट और/या सिलिका की प्रमुखता होती है।

3. संस्तर के नति और नतिलम्ब मूल संरचना के माप हैं जिन्हें हम प्राप्त कर क्षेत्र में अभिलिखित करते हैं।
4. निदर्श और प्रतिदर्श में मुख्य अन्तर नीचे संसूचित है :

निदर्श	प्रतिदर्श
ये शैलों, खनिजों, अयस्कों, तथा जीवाश्म के टुकड़े हैं जिनका संग्रह दृश्यांशों से किया जाता है ताकि प्रयोगशाला में स्थूलदर्शी अध्ययन किया जा सके या संग्रहालय में प्रदर्शनी के लिए रख सकें।	ये क्रमवार (सुव्यवस्थित) रूप से संग्रह किये गये शैल या अयस्कों के अंश हैं जिन्हें आगे प्रयोगशाला में अन्वेषण हेतु ढोकर लाया जाता
7–10 × 10–15×2–5 से 5 से.मी. का आकार निदर्श का औसत आकर होता है।	0.5 कि.ग्रा. से 2 कि.ग्रा. भार का प्रतिदर्श प्रयोगशाला अध्ययन के लिए उपयोगी है।

सात्रिक प्रश्न

1. कृपया अनुभाग 13.3 और 13.4 को देखें।
2. कृपया अनुभाग 13.5 को देखें।
3. कृपया अनुभाग 13.6 को देखें।
4. कृपया उपअनुभाग 13.8.4 को देखें।
5. कृपया अनुभाग 13.11 को देखें।

शब्द संग्रह

सक्रिय भ्रंश (Active fault) : वह भ्रंश जो विस्थापन अथवा भूकम्पीय क्रियाओं के कारण समय–समय पर बार–बार संचलन के द्वारा अभिलाक्षणिक होता है।

अभिवृत्ति (Attitude) : संरचनात्मक सतह की क्षैतिज के सापेक्ष स्थिति इसमें नतिलम्ब और नति का माप आता है।

ब्लॉक आरेख (Block diagram): ब्लॉक आरेख भूवैज्ञानिक नक्शा और अनुप्रस्थ काट का संयोजन है। ये पृथ्वी के एक खण्ड का त्रीविमीय निरूपण है जो खनिज संसाधनों के अन्वेषण और भूवैज्ञानिक लक्षणों के कारण अथवा अर्थ की व्याख्या में मदद करता है।

खंड भ्रंशन (Block faulting) : एक प्रकार का सामान्य भ्रंश जिसमें शैल पिण्ड विभिन्न माप के भ्रंशित खंड़ो में विभाजित होता है।

अनुप्रस्थ काट (Cross section): अनुप्रस्थ काट पृथ्वी मे उर्ध्वाधर स्तर खण्ड है जो गहराई पर भूविज्ञान की व्याख्या में प्रयोग किया जाता है। वहाँ पर नीचे क्या है, यह जानने के लिए भूवैज्ञानिक आंकड़ें (सम्पर्क शैलसमूहों की नति इत्यादि) सतह से अनुप्रस्थ काट में प्रक्षेपित किया जाता है। प्रायः प्रवेधन परियोजनाओं अथवा भूकम्पीय सर्वेक्षण के आंकड़े अनुप्रस्थ काट बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है।

विरूपण (Deformation) : विर्वतनिक बलों के कारण विकसित शैलों के वलन, भ्रंशन, अपरूपण, संपीडन अथवा विस्तार विधियों के लिए प्रयोग किए जाने वाला एक शब्द।

पटल विरूपण (Diastrophism) : विर्वतनिक प्रक्रियाएं तथा साथ में महासागर,
अथवा विर्वतनिकता (Tectonism) द्रोणियों, महाद्वीपों, पठारों और पर्वत श्रृंखलाओं के द्वारा निर्मित भूपर्पटी के सभी संचलनों के लिए प्रयोग किया जाने वाला सामान्य भाब्द।

डाइक (Dyke) : डाइक एक आग्नेय अन्तर्वेधन है जो स्थानीय शैलों के संस्तर अथवा शल्कन को काटता है।

भ्रंश मृदलेप (गाउज) : भ्रंश संकोणाश्म से सम्बद्ध अत्यधिक पीसा हुआ
(Fault gouge) मृदा सदृश खनिज पदार्थ भ्रंश के अनुदिश अथवा भ्रंश दीवार के बीच एक भ्रंश क्षेत्र में रहता है।

भ्रंश कगार (Fault Scarp) : भृगु, भ्रंश के अनुदिश संचलन से विकसित होता है। यह अपक्षय और अपरदन के द्वारा परिवर्तन के पूर्व भ्रंश के खुले सतह को निरूपित करता है।

विभंग (Fracture) : प्रतिबल के द्वारा अभियांत्रिकी विफलता के कारण शैलों का टूटना इसके अन्तर्गत दरार और संधियां आती हैं।

भूवैज्ञानिक संरचना : गतिकीय रूप से उत्पन्न शैल अथवा अवसाद का पैटर्न
(Geologic structures) अथवा विन्यास जो पृथ्वी में बलों के कार्य करने से बनते हैं।

अर्ध द्रोणिका (Half graben) : एक झुका हुआ भ्रंश खण्ड जिसमें ऊपर का किनारा पर्वतीय स्थलाकृति से संबधित होता है, तथा नीचे का किनारा अवसादों से भरा हुआ द्रोणी होता है।

स्थलानुरेख (Lineament) : एक क्षेत्रीय रेखीय लक्षण जो एक भूपर्वतीय संरचनाओं को प्रदर्शित करता है। जैसे – भ्रंश रेखा, सीधी नदी पथ।

रेखण (Lineation) : एक भौल में किसी रेखीय संरचना के लिए शब्द जैसे श्लक्षण पार्श्व और वलनों के अक्ष।

खनिज (Mineral) : यह प्राकृतिक रूप से पाया जाने वाला अकार्बनिक ठोस है जिसका एक निश्चित आन्तरिक परमाणवीय संरचना और सुनिश्चत रासायनिक संयोजन होता है।

प्लेट विवर्तनिकी (Plate tectonics) : इसके अनुसार स्थल मण्डल कई प्लेटों में विभाजित है जिसके क्षैतिज संचलन का पैटर्न मरोड़दार ठोस पिण्ड हैं जो इनकी सीमाओं के पास एक दूसरे को काटते हैं। जिसके कारण भूकम्पीय और विवर्तनिक क्रियाएं होती हैं।

शैल (Rock) : यह एक अथवा अधिक खनिजों का समूह है जैसे कि खनिज क्रिस्टल एक साथ आपस में बाध्य होकर अथवा पत्थर बनकर समूह अथवा शैल बन जाते हैं।

संरचनात्मक शैल विज्ञान (Structural petrology) : सूक्ष्म पैमाने पर शैल गठन का अध्ययन। इसके अन्तर्गत खनिजों के वरीय क्रम और उनके विरूपण के संबन्ध (सूक्ष्म संरचना) आते हैं। क्रिस्टल संरचना का भी अध्ययन इलेक्ट्रान सूक्ष्मदर्शी में किया जाता है।

विदारण भ्रंश (Tear fault) : एक प्रकार का नति-सर्पण भ्रंश जो उर्ध्वाधर होता है, लेकिन ऊपरिभित्ति की ओर निम्नकोण अधिक्षेप भ्रंश से सम्बन्धित है। अधिक्षेप पार्श्व का विस्थापन क्षैतिज होता है।

विवर्तनिकी ढ़ांचा (Tectonic framework) : प्रादेशिक स्केल पर नीचे को जाना, स्थायी और ऊपर की ओर जाने वाले विवर्तनिक अवयव।

विवर्तनिकी नक्शा (Tectonic map) : एक नक्शा जो संरचनात्मक वास्तुशिल्प जैसे वलन, भ्रंश और क्षेत्रीय नति को चित्रित करना है, यह विभिन्न आयु के संरचनाओं और शैलों के इतिहास को भी चित्रित करता है।

विर्वतनिकी (Tectonics) : यह भूविज्ञान की एक शाखा है जो विरूपणीय लक्षणों के विस्तृत वास्तुशिल्प तथा यह आपसी सम्बन्धों, उत्पत्ति और संरचनाओं के ऐतिहासिक विकास की भी व्याख्या करता है।

उपनति (Trend) : रेखीय भूवैज्ञानिक लक्षण के अवनमन की दिशा में दिशासूचक दिव्यमान।

ignou
THE PEOPLE'S
UNIVERSITY

MPDD/IGNOU/P.O.1.8K/August, 2019

ISBN : 978-93-89668-17-9