

**Mineraalid  
ja  
kivimid**





Tartu Ülikool  
Geoloogia Instituut

## MINERAALID JA KIVIMID

Voili Kalm, Juho Kirs, Kalle Kirsimäe, Tilla Kuvits

## MINERAALID JA KIVIMID

MAAKOORE MINERAALNE JA KIVIMILINE KOOSTIS,  
MINERAALIDE JA KIVENITE OMADUSED JA TÕURID,  
TEKKEPOTSENSID JA LEVIK

Tartu 1999





# SISUKORD

Tartu Ülikool  
Geoloogia instituut

EESSONA

## 1. OSA. MINERAALID

1. MAAKOORE KEEMILINE KOOSTIS	8
2. MINERAALIDE KOOSTIS JA STRUKTUUR	9
3. MINERAALIDE FÜSİKALISED OMADUSED	13
3.1. Kristallide kuju	13
3.2. Kristallagregaatide tüüp	18
3.3. Värvi	21
3.4. Lõhenemine	22
3.5. Lõige	24
3.6. Lõhenemine	24
3.7. Kõvadus	25

Volli Kalm, Juho Kirs, Kalle Kirsimäe, Tiia Kurvits

## MINERAALID JA KIVIMID

### MAAKOORE MINERAALNE JA KIVIMILINE KOOSTIS, MINERAALIDE JA KIVIMITE OMADUSED JA TÜÜBID, TEKKEPROTSESSID JA LEVIK

4.2.1. Marmal	30
4.2.2. Pseudototitaalsed ja hõõrd	31
4.2.3. Mõõdukate protsessid	32
4.3. Elagogenesi mineraalide protsessid	33
4.3.1. Murenenemine	33
4.3.2. Aine olaskaanne	37
4.3.3. settimine	34
4.3.4. Düogenes	34
5. MINERAALIDE KLASSIFITSEERIMINE	35
5.1. Klassifitseerimise põhimõtted	35
5.2. Lihtained ehk kristallid	37
5.3. Kalkogeenid ehk sulfidid ja nende analoogid	37
5.4. Halogeenid	38
5.5. Hapnikuised ühendid	38

ISBN 9985-4-0073-0

Tartu Ülikooli Kirjastus

Tartu 1999

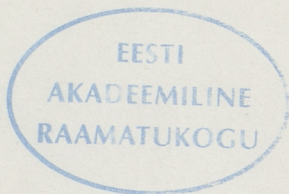
Tellimus nr. 234

Kaanel: deformeeritud vilgud Neugrundi bretšas – üle 500 miljoni aasta vanuse meteoriidi löögi tagajärg, õhik polarisatsioonimikroskoobis (kivim Sten Suurojalt, pildistanud Gennadi Baranov).

Tekstitöötlus: Tiia Kurvits

Kaane kujundus: Oive Tinn

XEB99  
1888



© Tartu Ülikool, 1999

ISBN 9985-4-0072-0

Tartu Ülikooli Kirjastuse trükikoda  
Tiigi 78, 50410 Tartu  
Tellimus nr. 224



# SISUKORD

EESSÕNA .....	7
I. OSA. MINERAALID	
1. MAAKOORE KEEMILINE KOOSTIS .....	8
2. MINERAALIDE KOOSTIS JA STRUKTUUR .....	9
3. MINERAALIDE FÜSIKALISED OMADUSED .....	13
3.1. Kristallide kuju .....	13
3.2. Kristalliagregaatide kuju .....	18
3.3. Värvus .....	21
3.4. Lõhenevus ja murre .....	22
3.5. Läige .....	24
3.6. Läbipaistvus .....	24
3.7. Kõvadus .....	25
3.8. Tihedus .....	26
3.9. Teised omadused .....	27
4. MINERAALIDE TEKKEPROTSESSID .....	27
4.1. Geoloogiline aineringkäik .....	27
4.2. Endogeensed mineraalitekke protsessid .....	30
4.2.1. Magmalised protsessid .....	30
4.2.2. Pneumatolüütilised ja hüdrotermaalsed protsessid .....	31
4.2.3. Moondeprotsessid .....	32
4.3. Eksogeensed mineraalitekke protsessid .....	33
4.3.1. Murenemine .....	33
4.3.2. Aine edasikanne .....	33
4.3.3. Settimine .....	34
4.3.4. Diagenees .....	34
5. MINERAALIDE KLASSIFITSEERIMINE .....	35
5.1. Klassifitseerimise põhimõtted .....	35
5.2. Lihtained ehk ehedad elemendid .....	37
5.3. Kalkogeniidid ehk sulfiidid ja nende analoogid .....	37
5.4. Halogeniidid .....	38
5.5. Hapnikulised ühendid .....	38

## II. OSA. KIVIMID

1. KIVIMI MÕISTE .....	42
2. KIVIMITE FÜÜSIKALISED OMADUSED .....	42
2.1. Struktuur .....	43
2.2. Tekstuur .....	43
3. KIVIMITE KLASSIFITSEERIMINE .....	44
4. TARDKIVIMID .....	45
4.1. Tardkivimite teke magma kristalliseerumisprotsessis .....	45
4.2. Tardkivimite lasumusvormid .....	47
4.3. Tardkivimite struktuurid ja tekstuurid .....	49
4.4. Tardkivimite tüübid .....	51
4.5. Tardkivimite levik Eestis .....	53
5. SETTEKIVIMID .....	53
5.1. Settekivimite teke .....	53
5.2. Settekivimite klassifitseerimine ja koostis .....	56
5.3. Settekivimite struktuurid .....	60
5.4. Settekivimite tekstuurid .....	63
5.5. Settekivimite levik Eestis .....	64
6. MOONDEKIVIMID .....	65
6.1. Lähtekivimite moone ja moonde põhjused .....	65
6.2. Moondekivimite struktuurid ja tekstuurid .....	66
6.3. Moondekivimite tüübid .....	68
6.4. Moone ookeanipõhjas .....	73
6.5. Moondekivimite levik Eestis .....	73
KIRJANDUSE LOETELU .....	74
INGLISE - EESTI VÄIKE MÕISTETE SÕNASTIK .....	75
AINEREGISTER .....	87
Lisa. MINERAALIDE KIRJELDUS .....	95



# EESSÕNA

Eestis on avaldatud läbi aegade mitmeid mineraale ja kivimeid käsitlevaid trükiseid – õpikuid ja populaarteaduslikke raamatuid. Esimesed eestikeelsed mõisted selles vallas ilmusid kooliraamatuisse juba 19. sajandi lõpul. Esimene eestikeelne kõrgkooli mineraloogiaõpik pärineb aastast 1940, autoriks Tallinna Tehnikaülikooli professor Jaan Kark. Järgnevatel aastatael on mitmete Eesti kõrgkoolide õppejõud andnud välja erinevas mahus ja erinevatesse geoloogia-mineraloogia-petrograafia valdkondadesse süvenevaid õpperaamatuid.

Senine uuem õppekirjandus toetus suurel määral venekeelsetele töödele. Käesolevas raamatus on eelnevaid liigitusi ja mõisteid täiendatud ingliskeelse õppe- ja teaduskirjanduse alusel. Raamatu lõppu on lisatud inglise-eesti lühike mõistete sõnastik, mis abistab ingliskeelse mineraloogilis-petrograafilise õppekirjanduse lugemist.

Õpperaamat kooneb kahest osast. Esimeses osas käsitletakse mineraale, nende omadusi, tekkeprotsesse ja klassifitseerimist. Kõiki tekstis nimetatud mineraale on kirjeldatud raamatu lõppu lisatud tabelis.

Teine osa käsitleb kivimeid. Esitatakse kivimite liigitus, kirjeldatakse kivimite koostisosi, levinumaid struktuure ja tekstuure ning selgitatakse kivimite tekkeprotsesse.

Kirjanduse loetelus on toodud valik eestikeelseid mineraale ja kivimeid käsitlevaid õppe- ja populaarteaduslikke raamatuid ning soovitatavad inglise- ja venekeelsed õpikud lisalugemiseks. Nimetatud raamatud on olnud abiks ka käesoleva õpperaamatu koostamisel.

Õpperaamat on mõeldud eelkõige kõrgkooli loodusteaduste üliõpilastele, aga ka teistele huvilistele. Raamatu maht võimaldab saada esmaseid teadmisi mineraalidest ja kivimitest, mis on vajalik geoloogia aluste omandamiseks.

# I. OSA. MINERAALID

## 1. MAAKOORE KEEMILINE KOOSTIS

Maakoor on Maa kõige pindmisem, keskmiselt 20 km paksune tahke kiht. Kontinentidel on ta paksus suurem (keskmiselt 40 km), ookeanides väiksem (keskmiselt alla 10 km). Maakoor on tekkinud Maa geoloogilise ajaloo vältel planeedi ainese ülessulamise protsessides, mille käigus kergem sulamass tõusis pinnale, jahtus, tahkestus ja muutus kivimeiks. Maa ülejäänud tahkete sfääridega võrreldes on maakoor tühiselt õhuke. Samas on ta kõige muutlikuma suhtelise paksuse ja koostisega, kuid tervikuna teistest väiksema tihedusega. Maakoores massist moodustavad u 80 % kolm kerget elementi – hapnik, räni ja alumiinium (tabel 1).

Tabel 1. Maakoores keskmine keemiline koostis (Mason & Moore, 1982).

ELEMENT	MASSI %
O - hapnik	46,6
Si - räni	27,7
Al - alumiinium	8,1
Fe - raud	5,0
Ca - kaltsium	3,6
Na - naatrium	2,8
K - kaalium	2,6
Mg - magneesium	2,1
ülejäänud	1,4

Mahuliste suhete järgi on hapniku sisalduse ülekaal teiste elementide seas veelgi suurem, ulatudes 94 mahuprotsendini. Seega võib öelda, et aatomtasandil koosneb maakoor valdavalt hapniku anioonidest, mis on seotud teiste, vähemuses olevate elementide ioonidega. Põhiliseks siduvaks elemendiks on



räni.

Seaduspärasused keemilises koostises väljenduvad omakorda mineraalide esinemissageduses. Sagedamini kohatavad mineraalid maakooses on silikaadid, ühendid, mis koosnevad põhiliselt kahest levinuimast elemendist – hapnikust (O) ja ränist (Si).

Maakoore kivimite hulgas on ülekaalus mitmesugused tardkivimid ja nende moondel tekkinud kivimid, mis moodustavad 95% kogu kivimite massist. Settekivimid ja nendest tekkinud moondekivimid moodustavad vaid 5% maakoorest. Seega vastab maakoore keskmine keemiline koostis ligilähedaselt tardkivimite keskmisele keemilisele koostisele.

## 2. MINERAALIDE KOOSTIS JA STRUKTUUR

Maalt, meteoriididest ja Kuu kivimeist on käesolevaks ajaks leitud üle 3700 erineva mineraali. Igal aastal kirjeldatakse 60–70 uut mineraali. Geoloogia-eaduse haru, mis tegeleb mineraalide kirjeldamise ja uurimisega, nimetatakse **mineraloogiaks**.

Mineraalid, kui keemilised ühendid, tekivad nii eluta looduse füüsikalise-keemilistes protsessides kui ka organismide elutegevuse käigus. Tegeldes eelkõige looduse anorgaanilise osa uurimisega, jäävad geoloogiateaduste vaateväljast tavaliselt välja **orgaanilised mineraalsed ühendid** (süsiniku orgaanilised ühendid, kondenseerunud naftaproduktid jt) ja inimese poolt laboratooriumis sünteesitud **tehism mineraalid**.

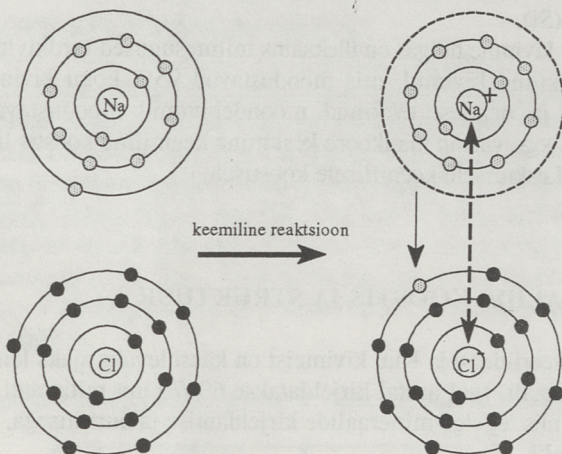
---

**Mineraal** on loodusliku tekkega, iseloomuliku keemilise koostise ja struktuuriga anorgaaniline tahke aine.

---

Nagu kõik ained, koosnevad mineraalid keemilistest elementidest ja nende ühenditest. Keemiliste ühendite moodustumine on võimalik tänu aatomite vahel tekkivatele keemilistele sidemetele. **Keemiline side** tekib aatomis olevate elektronide ja prootonite vahel mõjuvate elektriliste jõudude toimet. Keemias tuntud oktetiprintsiibi kohaselt püüab aatom elektronide liitmise või loovutamise teel seisundi poole, et tema välimine orbitaal oleks täidetud 8 elektroniga. Näiteks kivisoolas (NaCl) on keemiline side moodustunud järgmiselt: Na aatom, ühe elektroniga välimises kihis, loovutab selle elektroni Cl aatomile, mille väliskihis on seitse elektroni. Seejuures rikutakse aatomite

neutraalsus ja Na muutub positiivselt laetud iooniks ehk katiooniks ja Cl negatiivselt laetud iooniks ehk aniooniks (joonis 1).



Joonis 1. Keemilise sideme moodustumine Na<sup>+</sup>- ja Cl<sup>-</sup>-iooni vahel, tekib keemiline ühend NaCl.

Sellisel viisil moodustunud keemilist sidet nimetatakse **iooniliseks sidemeks** – sidemeks, mis on moodustunud ioonide vahel ühelt poolt elektronide loovutamise ja teiselt poolt elektronide liitmise teel.

Ligikaudu 90%-s mineraalides on domineerivaks sidemetüübiks iooniline side. Teine võimalus keemilise sideme moodustumiseks on elektronide jagamine aatomite vahel nii, et üks elektron võib statistiliselt kuuluda mitme aatomi elektronipilve koosseisu, olles ühine mitme aatomi jaoks. Seda sidemetüüpi nimetatakse **kovalentseks sidemeks**, mis on tugevam kui iooniline side. Kovalentne side on domineeriv sulfiidsetes mineraalides ja oluline ka silikaatides nende põhiliste koostiselementide räni ja hapniku vahel. Aatomite vahel elektronide jagamise teel tekkiva sideme eriliigiks on **metalliline side**. Sellisel juhul on elektronid võimalised vabalt liikuma ühe iooni juurest teise juurde. Metalliline side on omane metallidele (kuld, hõbe jt).

Enamiku mineraalide struktuuris esineb üheaegselt koos mitu keemilise sideme tüüpi.

Mineraali koostise individuaalsus seisneb tema koostisosade – aatomite,



ioonide ja ioonrühmade – seostumise kindlas vahekorras, mida väljendab **mineraali keemiline valem**. Iga mineraali iseloomustab kindel või kindlates piirides muutuv keemiline koostis. Enamiku mineraalide koostis on teatud piirides muutuv seetõttu, et elemendid asendavad üksteist kristallstruktuuris. Seda nähtust nimetatakse **isomorfismiks**.

---

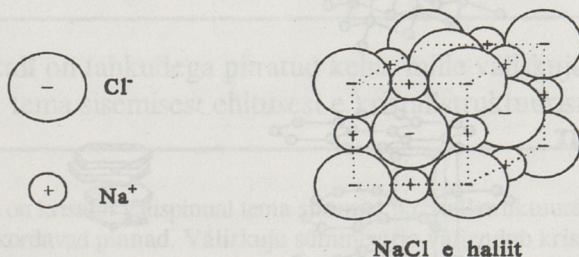
Erineva keemilise koostise, kuid ühesuguse struktuuriga mineraale nimetatakse **isomorfseteks**.

---

Mineraale, mis moodustavad isomorfse rea, käsitletakse **mineraalsete liikidena**, neile omistatakse erinevad mineraali nimetused. Isomorfne segunemine võib olla väga laialdane ja pidev, nagu näiteks plagioklasside reas Ca- ja Na-iooni vahel. Sellisel juhul tuleb mineraalset liiki ja seega ka mineraali nime tähistava koostise piirid valida kokkuleppelistena. Nii eraldatakse plagioklasside isomorfses reas välja järgmised mineraalsed liigid:

albiit ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ )	kuni 10% Na-ioonidest on asendunud Ca-ioonidega,
oligoklass	10–30% ”
andesiin	30–50% ”
labrador	50–70% ”
bütaaniit	70–90% ”
anortiit ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ )	90–100% ”

Mineraali struktuuri individuaalsus tuleneb mineraali koostisosade korrapärasest ruumis paiknemise viisist, mida iseloomustab mineraali **kristallvõre e kristallstruktuur** (joonis 2). Mineraali kristalli moodustavaid ioone võib vaadelda kui sfääre, mis on tihedasti kokku pakitud. Ioonide suurus



Joonis 2. NaCl e haliidi kristallvõre teke Cl-anioonidest ja Na-katioonidest.

sõltub elektronide hulgast elektronpilves: mida rohkem elektrone, seda suurem on ioon. Enamus anioone on seetõttu suured ja katioonid väikesed ning valdava osa kristallvõre ruumist hõlmavad anioonid. Selle tulemusel määrab struktuuri põhiliselt anioonide paigutus ning katioonide sobivus anioonide vahele. Anioonide olulisuse tõttu kasutatakse neid mineraalide klassifitseerimisel.

Mineraali kristallstruktuur võib temperatuuri ja rõhu varieerudes muutuda. Sellist nähtust nimetatakse **polümorfismiks**. Tihedalt pakitud kristallstruktuuriga mineraali erimid kujunevad kõrgemal rõhul või madalamal temperatuuril kui hõredalt pakitud erimid.

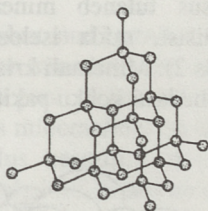
---

Ühesuguse keemilise koostise, kuid erineva struktuuriga mineraale nimetatakse **polümorfseteks**.

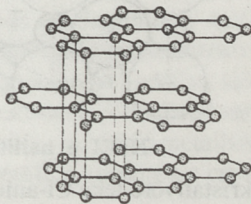
---

**Näited.** Teemant ja grafiit on süsiniku polümorfsed erimid. Mõlema mineraali keemiliseks koostisosaks on süsinik, kuid struktuur on erinev. Teemandi struktuuri moodustavad tetraedrilise võrgustikuna esinevad C aatomid. Grafiidi struktuur koosneb tasapinnalistest C aatomite kuusnurkadest, heksagoonidest, mis on omavahel nõrgalt seotud (joonis 3). Kõrgema rõhu tingimuses kujunenud teemandi struktuur on tihedamini pakitud.

**TEEMANT**



**GRAFIIT**



Joonis 3. Süsiniku mineraalsete erimite kristallvõre polümorfism.



Kvartsi polümorfused erimid on  $\alpha$ -kvarts – püsiv temperatuuril alla  $573^{\circ}\text{C}$  ja  $\beta$ -kvarts – püsiv temperatuuril üle  $573^{\circ}\text{C}$ . Madalamal temperatuuril kujunevad tihedamini pakitud kristallstruktuuriga modifikatsioonid, mistõttu on  $\alpha$ -kvartsi tihedus  $2,7 \text{ g/cm}^3$  ja  $\beta$ -kvartsil –  $2,3 \text{ g/cm}^3$ .

Erijuhul võivad struktuuri koostisosad – aatomid, ioonid, ioonrühmad – paikneda korrapäratult. Seda on näha **amorfsetes mineraalides**. Geoloogilise aja jooksul ilmneb struktuuri korrastumise tendents: amorfsete mineraalid lähevad üle kristalsesse olekusse, sest sellisena on aine siseenergia väiksem ning struktuur tervikuna stabiilsem. Näiteks kristalliseerub amorfne opaal aja jooksul kaltседoniks.

### 3. MINERAALIDE FÜSIKALISED OMADUSED

Mineraalide makroskoopilisel määramisel toetutakse nende mitmesugustele füüsikalistele omadustele. Neist hulgas on olulisemad kristallide ja kristalliagregaatide kuju, mineraalide värvus, pulbri ehk kriipsu värvus, läige, läbipaistvus, lõhenevus, murdepinna iseloom, kõvadus ja tihedus. On oluline meeles pidada, et need omadused on määratavad mineraali kristallil, mitte peenkristalsel agregaadil tervikuna.

#### 3.1. Kristallide kuju

Mineraali **kristall** on füüsikalise-keemiliste protsesside käigus moodustunud tasapindadega – tahkudega – piiratud keha. Kristallide väliskuju on tingitud nende sisemisest võrelisest ehitusest – kristallstruktuurist.

---

**Kristall** on tahkudega piiratud keha, mille väliskuju sõltub tema sisemisest ehitusest e kristallstruktuurist.

---

**Tahud** on kristalli välispinnal tema sisemisi, kristallstruktuuris eristatavaid tasapindu kordavad pinnad. Väliskuju sümmeetria väljendub kristalli tahkude, servade ja tippude seaduspärasel paiknemisel. Ideaalsetes tingimustes kasvavad mineraalide kristallid korrapäraseks hulktahukateks e **tahuvormideks** – kuup, prisma jt. Harvem esineb kristalliskelette e **tipuvorme**, kus kasvamine on

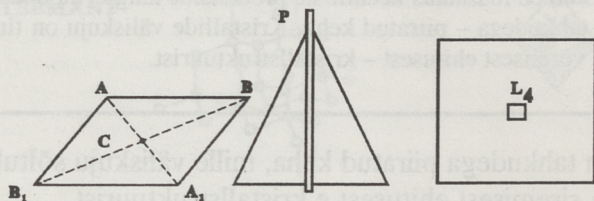
toimunud eelkõige kristalli tippude suunas, nagu on näha lumehelvestel. Kristallide kuju võib iseloomustada järgmiste üldmõistetega:

- |                        |           |             |
|------------------------|-----------|-------------|
| ♦ isomeetiline         | ♦ nõeljas | ♦ tahveljas |
| ♦ tulpjas e prismaline | ♦ kiudjas | ♦ leheline  |

Hästi väljakujunenud kristallide täpsemaks iseloomustuseks võime kasutada geometriast tuntud hulktahukate nimetusi – kuup, oktaeder, trapetsoeder, romboeder jt. Hulktahukate seas eristatakse **lihtvorme**, kus kõik kristalli tahud on ühesuguse kuju ja suurusega ning **kombinatsioonilisi vorme**, kus võib näha eri kuju ja suurusega tahke. Kombinatsioone vaadeldakse mitme lihtvormi kooslusena. Mineraalidel on 47 lihtvormi, kombinatsioonide hulk on lõputu. Enamuse mineraalide kuju on vaadeldav tahuvormide kombinatsioonina.

Lähtudes kristalsete ainete võrelise siseehituse ideest, töötasid vene kristallograaf **J. S. Fjodorov** ja saksa matemaatik **A. Schoenflies** möödunud sajandi lõpul teineteisest sõltumatult välja **teooria kristallvõre 230-st ruumigrupist**. See kirjeldab kristallstruktuuri osakeste (aatomite ja ionide) ranget geometrilist paiknemist sümmeetriaelementide 230 kombineerumisviisi järgi. Teooria õigsust kinnitas käesoleva sajandi algul mineraalide struktuuri uurimine röntgenkiirte abil. Kristallstruktuuri täpse kirjeldamisega tegeleb **kristallograafia**.

Kristallide väliskuju korrapära e **sümmeetriat** (kr. k. vastavus) saab iseloomustada tahkude, servade ja tippude seaduspärasest paiknemisest kirjeldavate abstraktsete mõistete abil. Nendeks on **sümmeetriaelemendid**<sup>1</sup>: **sümmeetriatelg** – **L**, **sümmeetriapind** – **P** ja **sümmeetriakese** – **C** (joonis 4).



Joonis 4. Sümmeetriaelemendid: C – sümmeetriakese, P – peegelpind, L – sümmeetriatelg.

<sup>1</sup> – Sümmeetriaelementide tähistused on antud A. Bravais' sümbolitena, kuid on olemas ka teisi tähistusi.



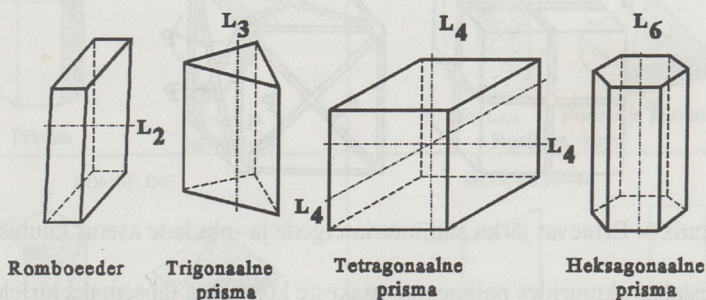
**Sümmeetriatelg** on mõtteline joon kristallis, mille ümber kristalli pöörates elementaarse pöördenurga võrra kattub ta iseendaga. Täisringi jooksul kattub ümber erinevat järku sümmeetriatelje pööratav kujund erinevalt (joonis 5):

♦ **teist järku sümmeetriatelg** –  $L_2$ , kattub 2 korda (elementaarne pöördenurk  $180^\circ$ );

♦ **kolmandat järku sümmeetriatelg** –  $L_3$ , kattub 3 korda (elementaarne pöördenurk  $120^\circ$ );

♦ **neljandat järku sümmeetriatelg** –  $L_4$ , kattub 4 korda (elementaarne pöördenurk  $90^\circ$ );

♦ **kuuendat järku sümmeetriatelg** –  $L_6$ , kattub 6 korda (elementaarne pöördenurk  $60^\circ$ ).



Joonis 5. Teist, kolmandat, neljandat ja kuuendat järku sümmeetriatelgedega tahuvormid.

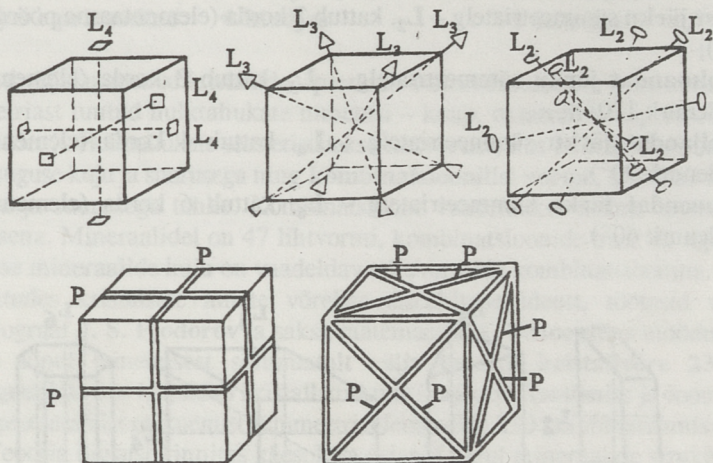
Risttahukat iseloomustab 3 üksteisega ristuvat neljandat järku sümmeetriatelge –  $L_4$  (mis on ühtlasi sümmeetriapindade ristsirgeteks). Kuubist võime leida kolm  $L_4$  (“väljuvad” tahkude keskelt), neli  $L_3$  (“väljuvad” kuubi tippudest), ja kuus  $L_2$  (“väljuvad” servade keskelt) (joonis 6).

Erinevalt eluslooduse vormidest (näiteks meritähed) ei ole eluta looduse kristallivormide kuju kirjeldamisel võimalik leida viiendat järku sümmeetriatelge. See tuleneb kristallide võrelisest struktuurist.

**Sümmeetriapind** e peegelpind jagab kristalli kaheks võrdseks pooleks, mis on teineteise suhtes peegelpiltideks. Trapetsoeederis selliseid pindu pole, risttahukas on kolm üksteisega ristuvat peegelpinda. Maksimaalne arv, üheksa, on neid aga kuubis (joonis 6).

**Sümmeetriakese** on punkt ruumilise kujundi keskmes, mis peegeldab kujundi mistahes osa läbi enda vastaspoolele, peegelvõrdsesse asendisse. Sümmeetriakese esineb neis kristallivormides, kus kõik tahud esinevad

paarikaupa, on ühesuguse kuju ja suurusega ning omavahel paralleelsed. Nii on ta olemas risttahuka ja kuubi tsentris, puudub aga püramiidis.



Joonis 6. Erinevat järku sümmeetriatelgede ja -pindade asetus kuubis.

Kristallstruktuurides paiknevate osakeste korrapära täpsemaks kirjeldamiseks kasutatakse veel täiendavaid sümmeetriaelemente.

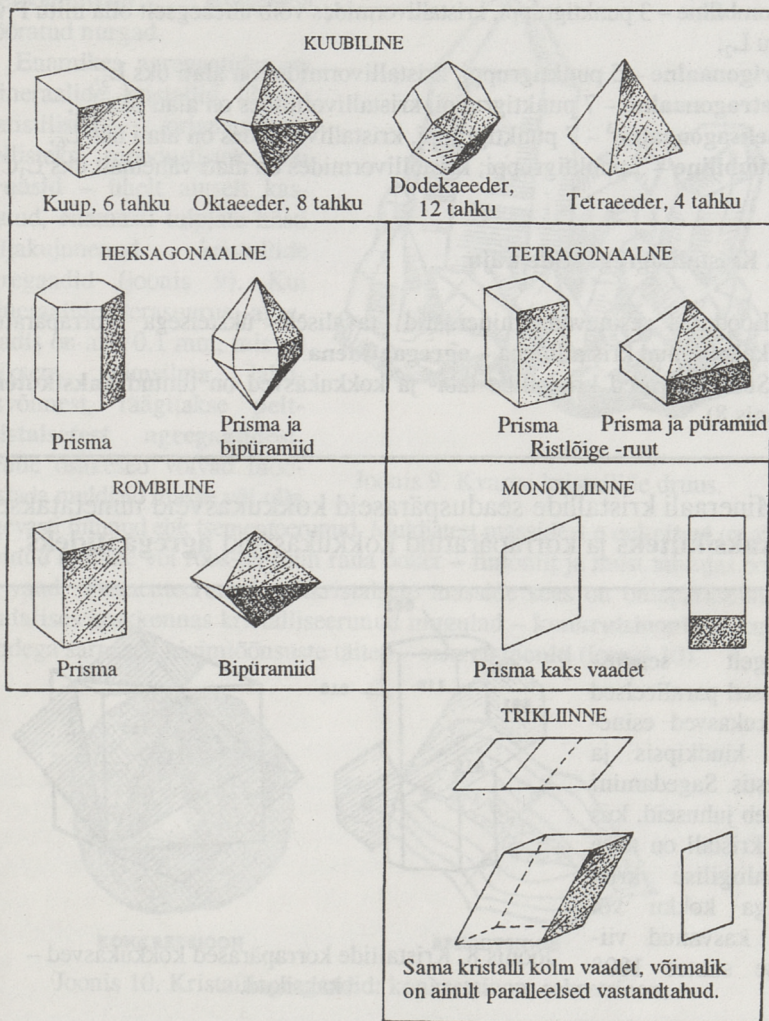
Kuigi tahukombinatsioone võib kristallides olla lõpmatult palju, on sümmeetriaelementide kombinatsioonide hulk piiratud. Nii risttahukat kui rombiline ristlõikega bipüramiidi iseloomustab sümmeetriaelementide kombinatsioon  $3L_23PC$ , kuupi ja oktaeedrit aga  $3L_44L_36L_29PC$ .

Kokku iseloomustab kristallide väliskuju lõputut mitmekesisust 32 sümmeetriaelementide kombinatsiooni ehk **punktigrupi**<sup>2</sup>. Punktigrupid ja nende järgi ka kristallivormid rühmitatakse seitsmesse klassi ehk **süngooniasse** (kr. k. nurksarnasus). Minnes kõige ebasümmeetrilisemaid vorme koondavast süngooniast kõige sümmeetrilisemaid vorme koondava süngooniiani, saame süngooniare rea (joonis 7):

♦ **triklinne** – siia kuulub 2 punktigrupi, kristallivormides esineb ainult  $L_1$  või  $C_2$ ;

<sup>2</sup> – Kristallvõres iseloomustatakse struktuuriühikute paiknemist 230 sümmeetriaelementide kombinatsiooniga, mida nimetatakse ruumigruppideks.





Joonis 7. Süngooniad ja neile iseloomulikud tahuvormid.

- ◆ **monokliinne** – 3 punktigruppi, kristallivormides võib esineda kas üks P või üks  $L_2$  või kombinatsioon  $L_2PC$ ;
- ◆ **rombiline** – 3 punktigruppi, kristallivormides võib üheaegselt olla mitu P või mitu  $L_2$ ;
- ◆ **trigonaalne** – 5 punktigruppi, kristallivormides on alati üks  $L_3$ ;
- ◆ **tetragonaalne** – 7 punktigruppi, kristallivormides on alati üks  $L_4$ ;
- ◆ **heksagonaalne**<sup>3</sup> – 7 punktigruppi, kristallivormides on alati üks  $L_6$ ;
- ◆ **kuubiline** – 5 punktigruppi; kristallivormides on alati vähemalt üks  $L_3C$ .

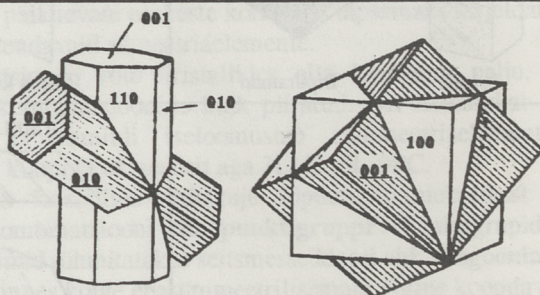
### 3.2. Kristalliagregaatide kuju

Looduses esinevad mineraalid tavaliselt üksteisega korrapäratult kokkukasvanud kristallidena – **agregaatidena**.

Seaduspärased kristallide läbi- ja kokkukasved on tuntud **kaksikutena** (joonis 8).

Mineraali kristallide seaduspäraseid kokkukasveid nimetatakse **kaksikuteks** ja korrapäratuid kokkukasveid **agregaatideks**.

Rangelt seaduspärased paralleelsed kokkukasved esinevad kiudkipsis ja asbestis. Sagedamini esineb juhuseid, kus üks kristall on teise samaliigilise kristalliga kokku või läbi kasvanud viimase suhtes  $180^\circ$



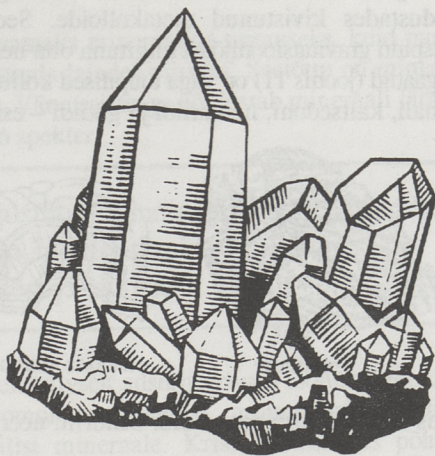
Joonis 8. Kristallide korrapärased kokkukasved – kaksikud.

<sup>3</sup> – Mõnikord käsitletakse trigonaalset ja heksagonaalset süngooniat ühe suure heksagonaalse süngooniana.



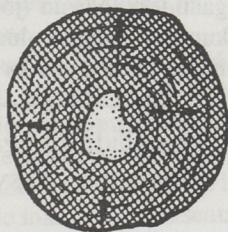
pööratud asendis. Nende kaksikute väliskujule on iseloomulikud sissepoole pööratud nurgad.

Enamikes agregaatides on mineraalide kristallid lihtsalt statistiliselt orienteeritud. Sellisteks moodustisteks on **druusid** – ühelt aluselt kasvanud, enamasti tulpjate hästi väljakujunenud kristallide agregaadid (joonis 9). Kui mineraalide terasuurus agregaadis on alla 0,1 mm, mis on väiksem inimsilma lahutusvõimest, räägitakse **peitkristalsetest agregaatidest**. Nende osakesed võivad moodustada muldjaid masse või olla

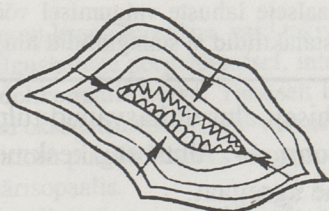


Joonis 9. Kvartsi kristallide druus.

tugevasti liitunud ehk tsementeerunud. Muldjatest massidest e **ookritest** on väga levinud kollane või roos-tepruun raua ooker – limoniit ja must tahmjas ooker – vaad. Tsementeerunud peitkristalsete masside seas on omapäraseimaks mudalises keskkonnas kristalliseerunud mugulad – **konkretsioonid** ja kujult nendega sarnased kivimiõõnsuste täited – **sekretsioonid** (joonis 10).



**KONKRETSIOON**

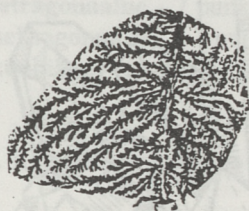


**SEKRETSIOON**

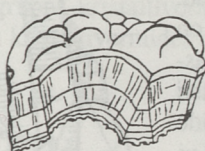
Joonis 10. Kristalliagregaadid: konkretsioon, sekretsioon.

Agregaadi kasvamine toimub neis erinevates suundades: konkretsioon kasvab tsestrist väljapoole, sekretsioon – õõnsuse pinnalt sissepoole. Sekretsiooni tsester võib jääda mineraalmassist täitmata või täituda druusidega.

Mugulaid moodustav mineraalaines on sageli kalgendunud kolloidlahusest, moodustades kivistunud metakolloide. Seepärast võib nende agregaatide pealispind gravitatsioonijõust tingituna olla neerjate väljasopistustega. Neerjad agregaadid (joonis 11) on väga tüüpilised kolloidlahustest tekkinud mineraalide – opaali, kaltsedoni, hematidi ja götiidi – esinemisvormiks.



DENDRIIT



NEERJAS AGREGAAT



NÕRG - STALAKTIIT

Joonis 11. Kristalliagregaadid: dendriit, neerjas agregaat ja nõrg - stalaktiit.

Peitkristalseteks agregaatideks on ka liikuvaveelises keskkonnas hõljunud võõrkehadele (liivaterad, õhumullid jt) settinud kontsentrilis-koorikulise või radiaalkiirelise siseehitusega sfäärilised, mõne mm – 1 cm läbimõõduga mineraalsed massid – **oiidid**. Eesti lubjakivides esinevad mõne mm läbimõõduga lubi- või raudoiidid.

Skeletjad kristalliagregaadid meenutavad kujult hargnevaid oksid, mistõttu selliseid moodustisi nimetatakse **dendriitideks** (joonis 11). Sellisel kujul esinevad sageli kuld ja hõbe. Agregaatide, mis koosnevad ligikaudu ühesuguse suurusega teradest nimetatakse **teralisteks** agregaatideks. Nõrud (joonis 11) tekivad mineraalsete lahuste valgumisel või tilkumisel mingile alusele. Nii moodustuvad stalaktiidid ja stalagmiidid ning mitmed kirmed ja koorikud.

**Druus** – ühiselt aluselt kasvanud tulpjate kristallide agregaat.

**Konkretsioon** – ühtsest keskmest väljapoole kasvanud peitkristalne agregaat.

**Sekretsioon** – väljaspoolt keskmee suunas kasvanud peitkristalne agregaat.

**Dendriit** – skeletjas, puuoksa-laadne kristallide agregaat.

**Nõrg** – mineraalse lahuse tilkudes või mingile alusele valgudes tekkinud agregaat.



### 3.3. Värvus

Värvus on üheks silmatorkavamaks mineraalide tunnuseks, kuid paraku võib ühe mineraali värvus varieeruda laiades piirides. Seetõttu on mineraali üksnes värvuse järgi raske määrata. Värvusaistingu põhjustab mineraali läbinud või sellelt peegeldunud valgusvoo spekter.

---

Mineraali **värvus** on põhjustatud mineraali läbinud või sellelt peegeldunud valgusvoo spektrist, mis sõltub mineraali koostisest ja ehitusest.

---

Värvust põhjustavaid valgust selektiivselt adsorbeerivaid ioone nimetatakse **kromofoorideks**. Sõltuvalt kromofoori asendist mineraalis eristatakse idiokromaatilisi ja allokromaatilisi mineraale. Kristallstruktuuris põhilise koostisosana olev kromofoor põhjustab **idiokromaatilist** (kr. k. idios – oma) värvust, mis on paljudele mineraalidele iseloomulikuks, püsivaks omaduseks. Nii on malahhiit alati roheline, kuld ja väävel alati kollased, galeniit – hall.

Kristallstruktuuris asendajana esineda võivad kromofoorid ja hajutatud peened mehaanilised lisandid põhjustavad mineraalis **allokromaatilisi** värvusi. Sellise loomusega on metakolloidide mitmekesised värvused, näiteks kaltsedonid ja opaalis.

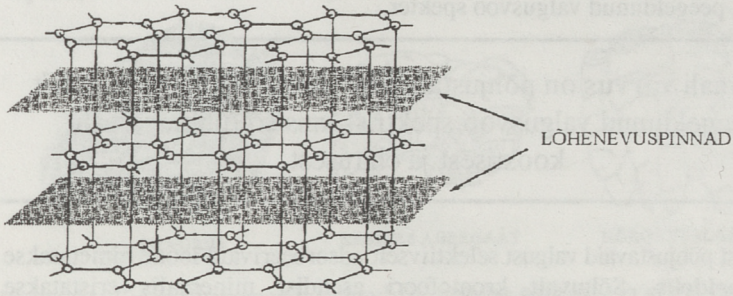
Tugevad kromofoorid ja nende poolt põhjustatud mineraalide värvused on:  $Fe^{2+}$  – roheline või sinine;  $Fe^{3+}$  – punakaspruun;  $Ti^{3+}$  – violetne;  $Cr^{3+}$  – roheline või punane.

Värvusi, mis pole tingitud otseselt kromofooridest, vaid tekivad kristallide pinnalt ja sisemistelt kihtidelt valguslainete peegeldumisel, interferentsil või difraktsioonil, nimetatakse **pseudokromaatilisteks**. Taoliselt tekkinud optilisteks efektideks on sulfiidide kirjud oksüdatsioonikirmete värvused, siniste või rohekaskollaste helkide teke e irisatsioon plagioklassides ning piimjate, punaste jt värvide mäng e opalestsents väärisopaalis.

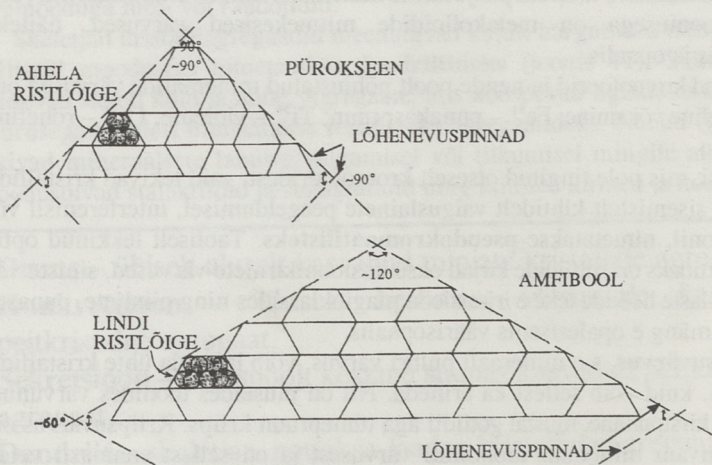
**Kriipsuvärvus**, s.o mineraali pulbri värvus, võib langeda ühte kristallide värvusega, kuid võib sellest ka erineda. Nii on mustades toonides värvunud hematiidil kirsipunane, mustal götiidil aga tumepruun kriips. Kriipsuvärvus on sageli püsivam mineraali monoliidi värvusest ja on sellest enamasti veidi heledam. Kriips tekitatakse mineraali tõmbamisega vastu keraamilist plaati. Kuna plaadi kõvadus Mohsi skaalas on ligikaudu 6 (vt ptk. 3.7.), siis jätavad sellele kriipsu vaid väiksema kõvadusega mineraalid.

### 3.4. Lõhenevus ja murre

Lõhenevuseks nimetatakse mineraalide omadust laguneda välismõjude toimel kildudeks, millel on tasased pinnad – lõhenevuspinna (joonis 12, 13).



Joonis 12. Tasapind, mis jääb kristallstruktuuris üksteisest kõige kaugemal asetsevate osakeste vahele, on soodsaim pind, mida mööda kristalli lõhenemine võib toimuda.



Joonis 13. Ahel-(pürokseeni) ning lintsilikaatide (amfibooli) lõhenevuspinna asendi sõltuvus struktuuri ehitusest.



Kildude ebatasased, enamasti matid pinnad on tuntud **murdepindadena**.

Lõhenevuspindadeks pole mitte juhuslikud, vaid kristalli tegelike tahkudega või mõne kristallstruktuuri elemendiga paralleelsed tasandid. Kuubi tahkudega paralleelsed lõhenevuspinnad iseloomustavad kuubilist mineraali lõhenevust, prisma tahkudega prismalist lõhenevust jne. **Lõhenevus** sõltub keemilistest sidemetest mineraalis. Kristall laguneb mööda neid kristallstruktuuri pindu, mis on seotud väiksema arvu keemiliste sidemetega pinnaiühiku kohta kui teised pinnad, või mis on seotud nõrgemate sidemetega.

---

## Lõhenevuseks nimetatakse mineraalide omadust laguneda lõõgil tasasete pindadega kildudeks.

---

Murre on omane kristallidele, milles keemilised sidemed mõjuvad igas suunas võrdse tugevusega.

Mineraalid lõhenevad erineva intensiivsusega. Selle iseloomustamiseks kasutatakse järgmist skaalat:

◆ **ülitäiuslik lõhenevus** – mineraal laguneb kergesti õhukesteks plaatideks või lehekesteks (vilgud, kips);

◆ **täiuslik lõhenevus** – kristallid lagunevad paksudeks plaatideks või hulktahukateks (kaltsiit, galeniit, haliit);

◆ **selge lõhenevus** – kristallid lagunevad kildudeks, kus on võrdselt nii tasaseid lõhenevuspindu kui ebatasaseid murdepindu (päevakivid, amfiboolid, pürokseenid);

◆ **ebaselge lõhenevus** – kristallid lagunevad kildudeks, kus domineerivad ebatasased murdepinnad (apatiit, väävel, kassiteriit);

◆ **lõhenevus puudub** – kristalli kildudel on vaid ebatasased murdepinnad (kvarts, magnetiit, püriit).

Ebaselge lõhenevusega või isegi lõhenevuseeta on tugeva (kovaalentsel) keemilise sidemega mineraalid. Ioonilise sidemega mineraalid on enamasti täiusliku lõhenevusega.

Ka ebatasastel murdepindadel võib olla iseloomulik morfoloogia. Näiteks eristatakse **karpjat murret**, mis meenutab järvekarbi sisemist nõgusat pinda (kvartsil, kaltsedonil) ja **astmelist murre**, mis tekib selge ja täiusliku lõhenevusega mineraalides erisuunaliste lõhenevuspindade lõikumiseefektina. Iseloomulikku murdepinda võib näha ka mõnedes agregaatides. Nii tekib nõeljate kristallide agregaatide murdumisel **pinnuline murdepind**, dendriitide kildudel aga **haakjas murdepind**. Peitkristalsete nõrgalt tsementeerunud agregaatide purunemisel tekivad **muldjad murdepinnad** (kaoliiniidi ja

limoniidi massides), teralistes agregaatides aga **teralised murdepinnad** (magnetiidi ja kromiidi teralistes massides).

---

**Murre** on mineraalide omadus laguneda löögil ebatasaste pindadega kildudeks.

---

### 3.5. Läge

Läike aistingu tekitab kristalli tasaselt pinnalt peegeldunud valgusvoo intensiivsus. Üldiselt jagunevad mineraalid **metalse** ja **mittemetalse** läikega mineraalideks. Vahepealsete omadustega mineraalid kuuluvad **poolmetalse** (grafiit, hematiit jt) läikega mineraalide hulka. Kõige läikivamad on metalse läikega mineraalid, nende pinnalt peegeldub üle 25% valgusvoost (püriit, kuld, galeniit jt). Mittemetalse läike hulgas eristatakse suhteliselt intensiivset **teemandiläiget** (sfaleriit, väävel jt), laialdaselt esinevat nõrka **klaasiläiket** (kvarts, päevakivi, fluoriit jt), **siidiläiget** (asbesti ja kipsi kiulised agregaadid) ja **pärlnutriläiget** (kipsi ja vilkude plaatjail ja lehelistelt agregaatidel). Hoopis erineva läikega on ebatasane murdepind. Nii on kvartsi murdepinnal **rasvaläige**, opaalil **vaigu-** ja **vahaläige**. Enamasti aga murdepinnal läige puudub, pind on **matt**.

---

Mineraali **läige** sõltub mineraali tasaselt pinnalt peegeldunud valgusvoo intensiivsusest.

---

### 3.6. Läbipaistvus

Läbipaistvuse aistingu tekitab meie silmas kristalli läbinud valgusvoo intensiivsus. **Läbipaistvad** on mineraalid, millest paistavad esemete kontuurid läbi. Enamasti on need klaasiläikega, värvitud või nõrgalt värvunud, ilma kromofoorsete ja mehaaniliste lisanditeta mineraalid (mäekristall, islandi pagu, haliit, kips). **Poolläbipaistvad** e läbikumavad mineraalid kumavad valgust läbi vaid äärtelt (suitsukvarts, dolomiit). **Läbipaistmatud**, enamasti metalse läikega



mineraalid, ei lase valgust läbi isegi mitte kildude õhenenud servadest (magnetiit, püriit, grafiit).

---

**Läbipaistvus** sõltub kristalli läbinud valgusvoo intensiivsusest.

---

### 3.7. Kõvadus

Kõvadus on mineraali kui tahke keha vastupanuvõime välisele deformeerivale jõule. Kõvadus sõltub keemilistest sidemetest mineraalis. Tugeva keemilise sidemega mineraalide kõvadus on suurem kui nõrga keemilise sidemega mineraalid; kovalentse sidemega mineraalid on kõvemad ioonilise sidemega mineraalidest. Mineraloogias eristatakse füüsikalise suurusena väljendatud absoluutset e **mikrokõvadust** ( $\text{kg/mm}^2$ ) ja ühe mineraali teist deformeeriva toime kaudu väljendatud suhtelist e **Mohsi kõvadust**.

---

**Kõvadus** on mineraali kui tahke keha vastupanuvõime välisele deformeerivale jõule.

---

Mikrokõvaduse määramisel lähtutakse kristalli tahule kindla jõuga teemant-püramiidi või -kuuli surumisel tekkinud mikroskoopilise süvendi mõõtmetest. Mineraalide suhteliste kõvaduste hindamiseks koostas Austria mineraloog Fr. Mohs 1822. a. etalonmineraalide skaala – Mohsi skaala. Suhtelist kõvadust hinnatakse kümne erineva kõvadusega etalonmineraali pinna kriimustamise kaudu. Tabelis 2 on toodud Mohsi etalonskaala mineraalid, nende suhteline ja mikrokõvadus. Nagu tabelist selgub, on Mohsi skaala jaotused väga erineva absoluutse kõvaduse väärtusega.

Välitingimustes on otstarbekas suhtelise kõvaduse määramiseks kasutada käepäraseid abivahendeid, mille vastavus Mohsi skaalale on ligilähedaselt teada. Sõrmeküüne suhteline kõvadus on 2,5, vaskmündil 3, raudnaelal 4–4,5, aknaklaasil ja heal noal – pisut alla 6, viiliterasel 6,5–7.

Tabel 2. Mohsi skaala ja etalonmineraalide mikrokõvadus.

Mineraal	Keemiline valem	Mohsi kõvadus	Mikrokõvadus kg/mm <sup>2</sup>
talk	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	1	2,4
kips	$CaSO_4 \cdot H_2O$	2	36
kaltsiit	$CaCO_3$	3	109
fluuriit	$CaF_2$	4	189
apatiit	$Ca_5[PO_4]_3(F,Cl)$	5	536
ortoklass	$K[AlSi_3O_8]$	6	795
kvarts	$SiO_2$	7	1120
topaas	$Al_2[SiO_4](F,OH)$	8	1427
korund	$Al_2O_3$	9	2060
teemant	C	10	10060

### 3.8. Tihedus

Mineraali **tihedus**<sup>4</sup> e massiühiku suhe ruumalaühikusse on mineraalile püsivalt iseloomulik tunnus, mille väärtus võib veidi muutuda isomorfismi ja polümorfismi protsessides. Tihedus varieerub vahemikus 0,9 g/cm<sup>3</sup> jääl kuni 23 g/cm<sup>3</sup> iriidiumi intermetalsetel ühenditel. Laboratoorselt määratakse mineraalide **suhtelist tihedust** ehk erikaalu klaasilindris (püknomeetris) täpselt kaalutud mineraalmassi poolt väljatõrjutud veemassi ruumala kaudu. Väliolukorras hinnatakse mineraali tihedust tema tüki kaalu järgi käes, kasutades võrdlusmineraalidena teadaoleva tihedusega samasuguse suurusega mineraali tükke, näiteks merevaiku ( $d \approx 1,1$  g/cm<sup>3</sup>), barüüti ( $d \approx 4,5$  g/cm<sup>3</sup>) ja

<sup>4</sup> – Tiheduse väärtus nõuab mõõtühiku lisamist, suhteline tihedus e erikaal on mõõtühikuta suurus.



galeniiti ( $d \approx 7,5 \text{ g/cm}^3$ ).

Mineraali tihedus sõltub tema koostises olevate aatomite aatommassist ja osakeste pakituse tihedusest kristallstruktuuris. Rauaminaalid ja metallid on suure tihedusega, enamasti üle  $4 \text{ g/cm}^3$ . Kovalentse sidemega mineraalidel, mis pole tihedasti pakitud struktuuriga ja omavad enamasti klaasi- ja teemandiläiget, kõigub tihedus  $2\text{--}4,5 \text{ g/cm}^3$  vahel.

---

Mineraali **tihedust** väljendatakse massiühiku (g) suhtega ruumalaühikusse ( $\text{cm}^3$ ).

---

### 3.9. Teised omadused

Lisaks eelnimetatutele iseloomustavad mineraale veel magnetilised, elektrilised, keemilised, termilised jt omadused, mille kasutamine mineraalide makroskoopilisel iseloomustamisel on raske. Teatud juhtudel aga võivad need olla mineraalile iseloomulikuks, määramist hõlbustavaks tunnuseks, näiteks:

- ◆ tugev magnetilisus, määratav magneti või kompassi nõela liikumise abil – magnetiit, pürrotiin;
- ◆ luminescents – šeeeliit;
- ◆ soolane maitse – haliit e kivisool;
- ◆ kibesoolane maitse – sülviiin;
- ◆ lõhn, vasaraga löögil eraldub küüslaugu lõhna – arsenopüriit;
- ◆ määrab katsumisel sõrmi – grafiit;
- ◆ põleb küünlaleegis – väävel.

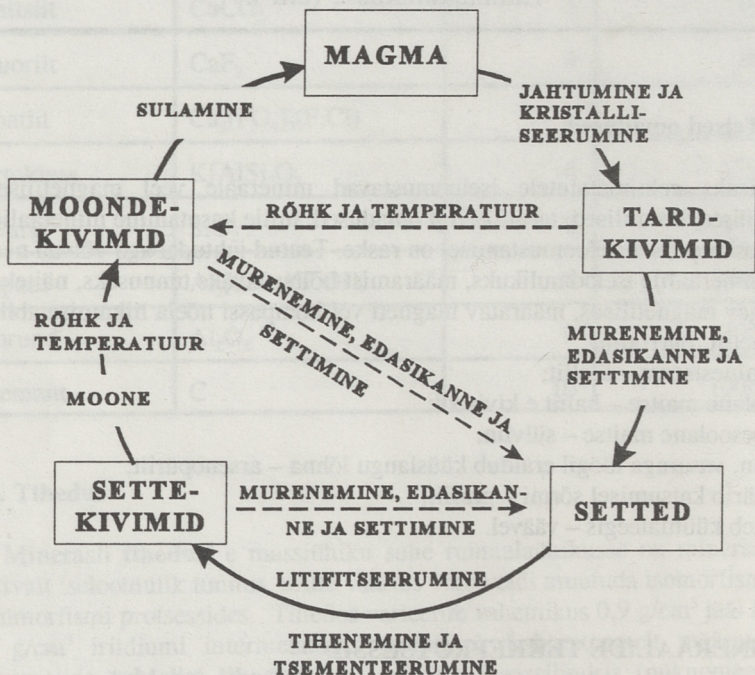
## 4. MINERAALIDE TEKKEPROTSESSID

### 4.1. Geoloogiline aineringskäik

Mineraalid tekivad nii Maa pinnal kui ka planeedi süvaosades. Maa pindmist osa põhjavete alumisest piirist maapinnani nimetatakse eksosfääriks. Seetõttu nimetatakse siin kulgevaid geoloogilisi protsesse **eksogeenseteks**. Maapinna kivimeis toimuvad eksogeensete geoloogiliste tegurite (temperatuuri kõikumine, tuul, vesi, liustikud jt) toimel mitmekesised **füüsikalised-keemilised protsessid** – mineraalide murenemine, aine edasikanne ja settimine. Kui neis

osaleb määravana elusloodus – bakterid, taime-, loomariik – on tegu biokeemiliste, inimese kaasmõju puhul – tehislিকে e antropogeensete protsessidega.

Aja jooksul kaotavad mattunud, algselt pudedad mineraalosakeste massid (savi, aleuriit, liiv) osa neis sisalduvat vett ja tihenevad. Keemiliselt ebastabiilsed mineraalid lagunevad. Edasise protsessi käigus setib vees lahustunud aines välja alles jäänud mineraale tsementeeriva ja ka asendava massina. Nimetatud protsesside kompleksi, mille käigus sete muutub kivistunud e litifitseerunud settekivimiks (joonis 14), nimetatakse **diagneesiks**.



Joonis 14. Geoloogiline aineringkäik.

**Eksogeensed mineraalid tekivad murenemisel, settimisel ja diagneesil – eksogeensetes protsessides.**



Sügavuse suurenedes tõuseb kivimites temperatuur ja rõhk. Seda põhjustavad mitmed tegurid: radioaktiivsete elementide lagunemisel ja maakoore tõusnud magmamasside tardumisel eralduv soojus, lasuvate ja liikuvate kivimimasside poolt avaldatav staatiline ning dünaamiline rõhk.

Temperatuuri ja staatilise rõhu tõusu sügavusühiku (km) kohta iseloomustatakse vastavalt mõistetega **geotermiline aste** ja **geobaariline aste**. Sõltuvalt eri piirkondade geoloogilisest ehitusest ja ka sügavustest on nende suuruste väärtused erinevad. Kontinentide maakoore keskmine geotermiline aste on hinnanguliselt 25–30°C/km ja geobaariline aste 270 bar/km. Temperatuuri tõustes üle 100°C hakkavad hävima settekivimitele tüüpilised eksogeensed moodustised – savimineraalid (kaoliniit, illiit jt). Savimineraalide kadumine ja uute vilgumineraalide teke tähistab kivistumisprotsesside ja ühtlasi ka eksogeensete protsesside lõppu. Alguse saavad maasisesed e **endogeensed geoloogilised protsessid – moondeprotsessid**, mille käigus tekivad moondekivimid ja **magmalised protsessid – tekivad tardkivimid** (joonis 14).

Kõrge rõhk, soojus, kivimite pooriruumis ja lõhedes ringlevad kuumad vesilahused e **hüdrotermid** ning gaasisegud e **pneumatolüüdid** põhjustavad maakoore vajunud mineraalide mikroskoopilist üleslahustumist pooriruumis ja poorilahustest uute, moondeliste mineraalide väljasettimist. Selliseid protsesse tervikuna vaadeldakse mineraalide **moondelise ümberkristalliseerumisenä**.

---

**Endogeensed mineraalid** tekivad magma kristalliseerumisel ja kivimite moondel ning nendega kaasnevates pneumatolüütilistes ja hüdrotermaalsetes protsessides.

---

Intensiivse süvasoojusvooga kohtades, näiteks laamade piiridel, kus moondekivimite temperatuur tõuseb üle 650°C ning nende pooriruum on küllastunud veeaurust, hakkavad mineraalid vedelduma. Kivimite järkjärgulisel ülesulamisel tekib vedel keemiliste ühendite segu – **magma** (kr. k. taigen). Sellised ülesulamistähtsused tähistavad piiri moondeprotsesside kõrgetemperatuurilise faasi ja magmaliste protsesside vahel. Maakoore kivimite ülesulamisel tekib ränirikas ( $\text{SiO}_2 > 65\%$ ) e **happeline magma**. Analoogilised protsessid vahevöös tekitavad ränivaest ( $\text{SiO}_2$  45–52%) e **aluselist magmat**, vähem ka K- ja Na-rikast e **leeliselist magmat**.

Tekkinud magmamassi tihedus ja viskoossus on reeglina ümbritseva kivimmassi tihedusest ja viskoossusest väiksem, seetõttu hakkab magma

kivimites rebendlõhesid tekitades maapinna poole üles tungima. Enamik magmasid kaotab aeglasel tõusul nii palju soojust, et neis vallanduvad mineraalide kristalliseerumisprotsessid, mille massilise leviku tagajärjel magma tardub – tekivad tardkivimid. Suhteliselt väikese viskoossusega magma jõuab sageli ka maapinnani, purskudes või voolates vulkaanidest välja laavana, mis tardub kiiresti.

## 4.2. Endogeensed mineraalitekke protsessid

### 4.2.1. Magmalised protsessid

Magma on keemiliste ühendite vedel segu, milles on enamlevinud elementideks nende sisalduse kahanemise järjekorras **O, Si, Al, Mg, Fe, Ca, Na, K**. Seejuures on hapnik ja räni ainsateks kivimit moodustavate mineraalide struktuuris olevateks elementideks, mis esinevad kõigis tardkivimite tüüpides.

Mineraalide kristalliseerumine magmast algab neid moodustavate komponentide üleküllastunud seisundi saavutamisel magma temperatuuri alanemise käigus. Põhiliste kivimit moodustavate magmaliste mineraalide kristalliseerumise järjekorda kujutatakse **magma kristallisatsioonilise diferentseerumise skeemil**, mida nimetatakse esmaesitaja USA petrograafi N.Boweni järgi **Boweni skeemiks** (vt. II osa, ptk. 4.1., joonis 17). Boweni skeemil on mineraalid reastatud ülalt alla kristalliseerumise järjekorras. Skeem kehtib otseselt ainult aluselise magma kristalliseerumise kohta. Kaaliumist ja naatriumist rikastunud leeliselise magma kristallisatsioonil tekib kvartsi asemel nefeliin ning laavades ka leutsiit. Boweni skeemilt on näha, et üheaegselt kristalliseeruvad kahe rea mineraalid: tumedad e **melanokraatsed mineraalid** ning heledad e **leukokraatsed mineraalid** – plagioklassid. Seejuures kristalliseerub kindla melanokraatse mineraaliga koos kindla koostisega plagioklass. Maakoos toimub mineraalide massiline kristalliseerumine magmades temperatuurivahemikus 900–650°C. Maapinnal tarduvais laavades leiab see aset tänu eksotermilistele oksüdeerumisprotsessidele vahemikus 1200–900°C. Tardunud laavas on mineraalide kõrval tavaliselt suuremal või vähemal hulgal laava karastumisprodukti – amorfset vulkaanilist klaasi.

Kõige hilisema tekkega mineraalideks on magmas reeglina kaaliumpäevakivi (K-päevakivi) ja kvarts. Nende kristalliseerumise ajal eraldub magmast ka olulisel määral gaasisegusid. Viimaste osakaalu suurenedes lähevad magmalised mineraalitekke protsessid järk-järgult üle pneumaatolüütilisteks mineraalitekke protsessideks.



## 4.2.2. Pneumatolüütilised ja hüdrotermaalsed protsessid

Maakooses magma kristalliseerumise käigus kontsentreeruvad selles lahustunud lenduvad ühendid ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $HCl$  jt) sedavõrd, et eralduvad magmast omaette gaasilise faasina, **pneumatolüüdina**. Pneumatolüüdist sublimeeruvad<sup>5</sup> gaasilise tekkega mineraalid. Gaasisegude katalüütilisel toimel (temperatuuril  $650-400^\circ C$ ) kristalliseeruvad jääkmagmast kivimite lõhedesse või õõnsustesse suure- kuni gigantokristalste (kristalli mõõtmetega üle 5 cm) mineraalide agregaadid – **pegmatiidid**. Pegmatiitide koostismineraalide sageli korrapärase geomeetrilise kujuga kristallid on hinnaliseks juveliirseks ja tehniliseks tooraineks. Sellisteks mineraalideks on ortoklass, mäekristall, suitsukvarts, muskoviit, biotiit, topaas, berüll, turmaliin jt. Kuna gaasides kontsentreeruvad ka mitmed hajutatud ja haruldased elemendid – Be, Li, Rb, Cs, Zr, Mo, Sn, Ta, Nb, siis kristalliseeruvad need kas iseseisvate mineraalidena (berüll, tsirkoon, Li-vilgud, spodumeen jt) või levivad teistes mineraalides isomorfse lisandina.

Maapinnal toimuvad mineraalide **sublimatsiooniprotsessid** vulkaanide kraatrites ja nende vahetus ümbruses, kus vulkaaniliste gaaside ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ ,  $HCl$  jt) segust tekivad eheda väevli, haliidi, sülviini, hematiidi, püriidi, kinaveri jt peeneteralised massid ja koorikud.

Gaasisegude kondenseerumisel temperatuuril alla  $400^\circ C$  tekivad kuumad vesilahused – **hüdrotermid**, mille temperatuur kõigub  $50-400^\circ C$  ja rõhk mõnekümne kuni 1000 baari vahel. Nad sisaldavad eelkõige vees lahustunud (Si, S, F,  $CO_2$  jt) gaasilisi ühendeid ning on sageli metallide (Fe, Pb, Cu, Zn, Ag, Au) rikkad. Hüdrotermidest kristalliseeruvad ümbriskivimi lõhedesse ja tühikutesse **hüdrotermaalsete soonte** või ebakorrapärase lasunditena kvarts, kaltsiit ja fluoriit. Metalliderikastest hüdrotermidest sadenevad aga eheda Au, Ag, Cu või sulfiidide (kalkopüriit, püriit, galeniit ja sfaleriit) massid ja koorikud.

Magmatismi poolset aktiivsetes maakoore piirkondades tekivad hüdrotermid maapinna lähedal ringleva põhjavee kuumenemisel magmaliste (vulkaaniliste) protsesside soojuse mõjul.

---

<sup>5</sup> – Sublimatsioon – gaasilise faasi tahkestumine ilma vahepealse vedeliku faasita ja vastupidi.

### 4.2.3. Moondeprotsessid

Moondeprotsessid leiavad aset maakooses erineva rõhu-temperatuuri tingimuste keskkonnas. Murrangute piirkonnas leviva **purustusmoonde** peamiseks käivitavaks teguriks on rõhk. Kivimite kontaktil magmamassidega, **kontaktmoondel**, on oluline temperatuuri mõju. Kõige laiaulatuslikumas moondeprotsessis, **regionaalmoondel**, osalevad nii kõrgenenud temperatuur kui ka rõhk.

Kivimite **purustusmoone**, iseenesest uusi mineraale ei loo, küll aga võivad settida lähedesse valgunud vesilahustest peitkristalsed koorikulised vilkude, kloriidide, kvartsi, kaltsiidi, epidoodi jt massid.

**Kontaktmoone** ja sellega seotud mineraalitekke protsessid arenevad eelkõige keemiliselt aktiivsetest mineraalidest koosnevate kivimite (karbonaatkivimite, savikivimite ja tuffide) ja mitmesuguseid lenduvaid ühendeid produtseeriva magma kontaktil. Põhimõtteliselt on tegu keemiliste vahetusreaktsioonidega, mille tulemusel tekivad kontaktkivimites, **sarvkivides**, poorilahuste või -gaaside keskkonnas andalusiit, kordieriit, grossulaar, vesuviaan, diopsiid, forsteriit, šeelit, muskoviit, topaas, korund, aga ka mitmed maakmineraalid (magnetiit, volframiit, molübdeniit ja polümetalsed sulfiidid). Kui gaaside või vesilahustega reageeriva kivimi keemiline koostis muutub märgatavalt, st esineb oluline aine sisse- või väljakanne, nimetatakse mineraalide ümber-kristalliseerumisprotsesse **metasomatoosiks**. Seejuures eristatakse pneuma-tolüütilist, hüdrotermaalset ja kontaktmetasomatoosi.

**Regionaalmoonde** iseärasuseks on laiaulatusliku levikuga (ala suurus on võrreldav mäestiküsteemide suurusjärguga) mineraalide ümber-kristalliseerumisprotsessid, mida genereerivad Maa **süvasoojus** ning lasuvate kivimite raskusest tingitud **staatiline** ja kivimplakkide liikumisest tingitud **dünaamiline** rõhk. Eristatakse madala, keskmise ja kõrge astme regionaalmoonet.

Madala astme moonde (temperatuur 100–400°C) tekkinud plaatjate kivimite – **kiltade** – mineraalideks on peitkristalsed seritsiit, kloriidid, epidoot, kvarts ja albiit.

Keskmise astme moonde (400–550°C) tekkivate **kristalsete kiltade** koostismineraalideks on juba palja silmaga eristatavad mineraalid (mitmesugused vilgud, kvarts, mikrokliin, plagioklass, amfiboolid, stauoliit ja küaniit).

Kõrge astme (550–800°C) moondekivimitele – **gneissidele** – on iseloomulikeks mineraalideks biotiit, küünekivi, pürokseenid, plagioklass, ortoklass, kvarts, granaadid, sillimaniit ja kordieriit.

Temperatuuri ja rõhu suurenemine viib moondeprotsessides tekkinud mineraalide ja nendest koosnevate kivimite ülessulamisele, mis algab sõltuvalt



veeaurõhust pooriruumis temperatuuril üle 650°C. Tekib ränirikas happeline magma.

### 4.3. Eksogeensed mineraalitekke protsessid

#### 4.3.1. Murenemine

Maapinnal ja selle vahetus läheduses paiknevad mineraalid ja kivimid alluvad atmosfääri, hüdrosfääri ja biosfääri mitmesuguste tegurite intensiivsele toimele. Seetõttu teevad endogeensed ja ka muutunud tingimustesse sattunud eksogeensed mineraalid läbi rea füüsikalise-keemilisi muutusi: füüsikalise murenemise e **rabenemise** ja keemilise murenemise e **porsumise**. **Oksüdeerumise, hüdrolüüsi, hüdratatsiooni, karbonatiseerumise ja sulfaadistumise** teel tekivad neist mitmesugused hüdroksiidid, karbonaadid, sulfaadid ja savimineraalid. Kerglahustuvad leelis- ja leelismuldmetallide ühendid kantakse põhjaveega murenemispaikest välja. Rasklahustuvad Al-, Fe-<sup>3+</sup>, Si- ja Ti-ühendid ladestuvad murenemispaikest, moodustades **murenemiskooriku**. Sellise protsessi käigus kujuneb sulfiidsete maagilasundite peale raua-hüdroksiididest murenemiskoorik – **raudkübar**. Alumiiniumi ja ränirikaste endogeensete mineraalide intensiivsel murenemisel kuumas, niiskes kliimas tekib Al-hüdroksiididest ja Si-kolloididest rikastunud **boksiitne murenemiskoorik**.

Endogeense tekkega mineraalide vastupidavus keemilisele murenemisele on vastupidine nende magmast kristalliseerumise järjekorrale (vt Bowen'i skeem), st viimasena kristalliseeruv kvarts on kõige vastupidavam. Endogeensete silikaatsete mineraalide murenemise lõpptulemusel tekivad mulla olulised koostisosad – savimineraalid.

**Biogeense murenemise** näitena võib tuua anaeroobsete bakterite tegevuse, kes hangivad elutegevuseks vajalikku energiat mineraalide lagundamisest. Nii lagunevad anaeroobsete väävlibakterite kaasmõjul sulfaadid, näiteks kips. Püriit seevastu oksüdeerub ja hüdratiseerub anaeroobsete bakterite kaasmõjul Fe-hüdroksiidseteks mineraalideks.

#### 4.3.2. Aine edasikanne

Murenenud materjali transport e edasikanne toimub gravitatsioonijõu, mehaaniliste, keemiliste ja bioloogiliste tegurite mõjul nii maismaal (voolud nõlvadel ja liustikes), atmosfääris (tuulekanne) kui vees (pinna- ja põhjavees).

Ainet kantakse laiali mehaaniliste e **purdosakeste, tõeliste lahuste ja kolloidlahustena**.

Murenemisele vastupidavaid mineraale (kvarts, ehedad metallid, paljud silikaadid) kantakse edasi purdosakestena. Tõeliste lahustena kantakse edasi leelis- ja leelismuldmetalle, kolloidses vormis aga halva lahustuvusega elemente (Fe, Mn, P, Cu, Si jt).

### 4.3.3. Settimine

Settimise põhjuseks on aine transpordikeskkonnas toimunud muutus, mis on seotud vee või õhu liikumiskiiruse, keemiliste tingimuste või temperatuuriga.

Vastavalt osakeste suurusele toimub settimine kas mehaanilistest segudest ja tõelistest- või kolloidlahustest. Looduses need viisid kombineeruvad üksteisega. Igas settes saab eristada **mehaanilisel** teel purdosakestena erosioonialalt kohale kantud e **allotigeenseid mineraale** ja settimispaigas tõelistest või kolloidlahustest **keemiliselt** settinud e **autigeenseid mineraale**. Allotigeensete mineraalidena levivad setetes kvarts, magnetiit, granaadid, pürokseenid jt magma- ja moondekivimite mehaaniliselt ning keemiliselt vastupidavad mineraalid. Autigeensetena tekivad opaal ja kaltsedon, kaltsiit ja teised karbonaadid, sulfaatsed mineraalid – kips ja anhüdriit, halogeeniidid – haliit ja sülviiin.

Looduses on laialt levinud ka **biokeemiline** mineraalide settimine. Paljud organismid (algloomad, korallid ja molluskid) ehitavad oma skeleti mineraalainest – opaalist, kaltsiidist, aragoniidist või apatiidist. Organismide hukkumisel setivad skeletijäänused mineraalse agregaadina veekogude põhja.

### 4.3.4. Diagenees

Uute mineraalide teket tihenevates ja kivistuvates setetes iseloomustab keemiliste tingimuste muutlikkus ning mitmekesisus. Toimub aine osaline lahustumine ja sadenemine pooriruumis. Levinud on mineraalse aine koondumine kolloidseteks tompudeks, mis kivistunud esinevad konkretsioonidena (apatiit, markasiit, opaal, kaltsedon). Setete diageneesil tekib rida uusi autigeensete mineraalide hulka kuuluvaid **diageneetilisi mineraale** (kaltsiit, paljud tseoliidid, sulfiidid jt).



## 5. MINERAALIDE KLASSIFITSEERIMINE

### 5.1. Klassifitseerimise põhimõtted

Mineraale võib klassifitseerida mitmeti. Mineraalide rühmitamine nende tekkeprotsesside järgi on **geneetilise klassifikatsiooni** sisuks. Erinevaid klassifikatsioone saab koostada ka lähtudes mineraalide omadustest (tihedus, kõvadus, läige, magnetilised, elektrilised omadused jne).

Kristallstruktuuri sümmeetria ja seda väljendava **väliskuju sümmeetria** järgi jaotuvad mineraalid seitsmesse süngooniasse (vt I osa, ptk. 2).

Pidades silmas mineraali **kristallstruktuuri** moodustavate osakeste paiknemise **geomeetriat** võib mineraale liigitada mitme struktuurimotiivi vahel.

♦ **Koordinatsioonilise struktuuri** puhul on osakeste või nende rühmade vaheline kaugus kolmes erinevas tasapinnas rangelt konstantne. See struktuurimotiiv esineb suhteliselt lihtsa koostisega kuubilistes kristallides. Keerukamaid struktuurimotiive võib näha silikaatide kristallvõre struktuursete “telliste” e struktuuriühikute, räni-hapniku tetraeedrite seostumisviisides:

♦ **karkass-struktuuris** on struktuuriühikute paiknemine sarnane koordinatsioonilisele struktuurile, kuid nendevaheline kaugus ei ole nimetatud tasapindades rangelt ühesugune;

♦ **kihtstruktuuris** on ühikutevaheline kaugus ühes tasapinnas e kihis väiksem kihtidevahelisest kaugusest;

♦ **ahelstruktuuris** paiknevad struktuuriühikud jooneliselt või lindilaadselt ühes tasapinnas;

♦ **saarstruktuuris** levivad struktuuriühikud üksteisest isoleeritud “indiviidide” või nende rühmadena – “rõngaste” ja “hantlitena”.

Üheks levinumaks mineraalide klassifitseerimise aluseks on nende keemiline koostis. **Keemilise klassifikatsiooni** puhul (joonis 15) liigitatakse mineraale lähtudes elementide seostumisest ja domineerivast keemilise sideme tüübist. Kuigi seni pole jõutud üldtunnustatud alajaotustega klassifikatsioonini, on eri autorite skeemide üldpõhimõtted samad.

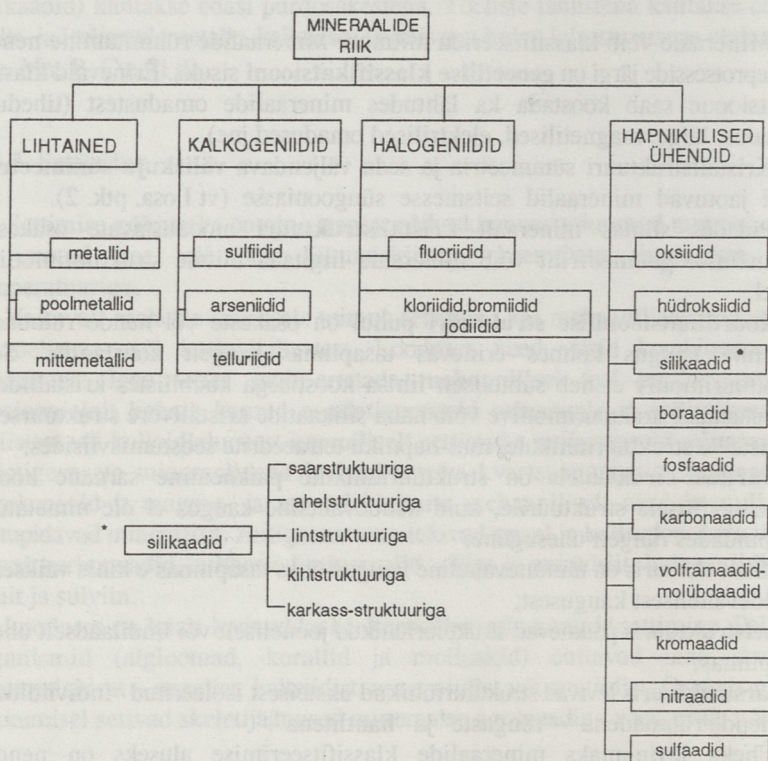
Anorgaaniliste mineraalide hulgas eristatakse **nelja tüüpi**.

♦ **Lihtained ja neile lähedased ühendid** – domineerivad metalliline ja kovalentne side.

♦ **Kalkogeniidid e sulfiidid ja nende analoogid** – domineerib kovalentne side.

♦ **Hapnikulised ühendid** – domineerib üleminekuline, ioonilis-kovalentne side.

♦ **Halogeniidid** – domineerib iooniline side.



Joonis 15. Mineraalide keemiline klassifikatsioon.

Iga tüübi piires, lähtudes domineerivast anioonist, eraldatakse mineraalide **klassid**.

Mineraalide edasisel jaotamisel, näiteks **rühmade** tasemele, on eri autorid lähtunud kas katioonsete elementide isomorfismist, katioonide-anioonide suhtvahekorrasest või katioonide geokeemilistest kooslustest, mistõttu olemasolevad mineraalide keemilised klassifikatsioonid võivad üksteisest tunduvalt erineda.

Kaasaegsed mineraalide klassifikatsioonid on enamasti **kristallokeemilised**, kus keemilise koostise kõrval on rohkem või vähem arvestatud ka



struktuurimotiive.

Järgnevalt ja lisana toodud mineraalide kirjelduste tabelis on piiratud mineraalide jagamisega keemilise klassifikatsiooni kohaselt tüüpidesse ja klassidesse. Vaid silikaatide klassis on mineraalid rühmitatud ka struktuurimotiivide järgi.

Tabelis on esitatud mineraali nimetus, keemiline koostis, erimid, kirjeldatud mineraalide kuju, omadusi, teket ja juhitud tähelepanu iseloomulikele, määramist kergendavatele tunnustele.

## 5.2. Lihtained ehk ehedad elemendid

Mineraliseerunud vormis, s.o tahkesse olekusse kristalliseerunult, esineb lihtainetena maakoores ligikaudu 20 elementi. Suhteliselt inertsed keemilised elemendid on võimelised eksisteerima looduses ilma ühendeid moodustamata. **Metallide** klassi mineraalidest on enamlevinud kuld, hõbe ja vask. Kuld ja hõbe võivad moodustada tahkeid lahuseid. Vask seguneb nendega piiratud. Sarnasest kristallstruktuurist tingituna on neil ühised omadused: väike kõvadus, taotavus, suur tihedus, metalne läige, haakjas murre ja madal sulamistemperatuur. **Poolmetallid**, arseen, vismut jt, esinevad looduses ehedana võrdlemisi harva. **Mittemetallidest** on levinumad süsinik, mis esineb kahe erineva struktuuriga mineraalina: teemandi ja grafiidina, ning väävel.

## 5.3. Kalkogeniidid ehk sulfiidid ja nende analoogid

Sulfiidid on metallide ühendid väävli või väävli analoogidega (arsen, seleen, telluur). Nende üldistatud koostis väljendub valemiga  $X_mZ_n$ , milles X tähistab mingit metalli, Z aga väävli, väävli analooge. Sulfiidide klassi kuulub üle 250 mineraalse liigi, mille seas on palju olulisi Cu, Ag, Pb, Zn, Ni ja Co maakmineraale. Sulfiidid on enamasti metalse läikega (v.a sfaleriit), suhteliselt väikese kõvadusega (v.a püriit, markasiit) ja hüdrotermaalse tekkega (v.a markasiit). Kõige laiemalt levinud sulfiid on püriit, mida leidub sageli ka Eesti kivimites. Püriidi esinemisvormid on mitmekesised – hajutatud terakesed, konkretsioonid ja organismide pseudomorfoosid. Lubjakivide lõhedes esineb püriit koos teiste sulfiidide – galeniidi ja sfaleriidiga – olles kristalliseerunud lõhedes liikuvatest kuumadest vesilahustest.

## 5.4. Halogeniidid

Halogeniidide tüüpi kuuluvad Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup> ja J<sup>-</sup>-anioonide ühendid metallidega. Levinumad mineraalid on **kloriidid** ja **fluoriidid**. Kõik halogeniidid on suhteliselt väikese kõvadusega, klaasiläikega ja tekkinud mineraliseeritud vetest või haloidseist gaasidest. Tuntuimad on soolajärvedes settiv mineraal haliiit ja põhiliselt hüdrotermaalsetes soontes esinev fluoriit. Fluoriiti esineb Eestis lubjakivides.

## 5.5. Hapnikulised ühendid

Kuna maakoos on levinuim element hapnik, on ka mineraalide seas kõige rohkem hapnikulisi ühendeid.

**Oksiidide** klassi moodustavad metallide ühendid hapnikuga suhtvahekorras X<sub>2</sub>O, XO, X<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, XO<sub>4</sub>, keeruliste oksiidide seas ka XY<sub>2</sub>O<sub>4</sub> jt, kus X ja Y on metallid. Oksiidsed mineraalid on mitmete metallide (krooni, titaani) maakideks. Hematiit on peamine raua maakmineraal. Enamus oksiide on mittemetalse läikega (v.a magnetiit), suhteliselt suure kõvaduse, hea lõhenevuse ja mitmekesise tekkega mineraalid.

Kvartsi (SiO<sub>2</sub>) vaadeldakse oksiidide hulgas, kuid keemilisest koostisest tulenevalt võib kvartsi liigitada ka silikaatide hulka.

**Hüdrosiidid** on metallide ühendid hüdroksüülrühmaga (OH)<sup>-</sup>. Väga levinud on murenemisel muldjate masside ja koorikutena tekkinud raua, mangaani ja alumiiniumi hüdrosiidid – ookrid.



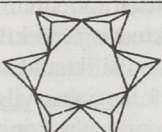

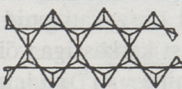
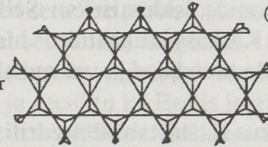
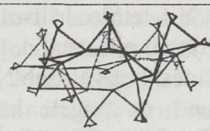
Kõige arvukama mineraalide klassi moodustavad **silikaadid**. Siia kuulub umbes 25% kõikidest teadaolevatest mineraalidest, mis moodustavad ligikaudu 90% maakoore mahust. Kõigile silikaatidele on ühiseks tunnuseks nende struktuuris esinev anioon – (SiO<sub>4</sub>)<sup>4-</sup>: tsentraalsest räniioonist ja seda tetraeedri kujuliselt ümbritsevast neljast hapnikuioonist koosnev kompleks, räni-hapniku (Si-O) tetraeedrid. Sellest, kas ja kuidas Si-O tetraeedrid on kristallvõres liitunud, olenevad mineraali keemiline valem, väliskuju, kõvadus jt omadused. Enamlevinud on järgmiste struktuuridega silikaadid (joonis 16).

♦ **Saarstruktuuriga** silikaadid, mille hulgas eristatakse:

- üksteisest isoleeritud Si-O tetraeedritega **singelsilikaate** – oliviin;
- ühte tippu pidi liitunud s.o paardunud Si-O tetraeedritega silikaate e **hantelsilikaate** – epidoot;
- rõngalaadselt üksteisega liitunud Si-O tetraeedritega silikaate e **rõngassilikaate** – berüll, kordieriit.

♦ Lõputute Si-O tetraeedritest ahelatega **ahelsilikaadid** või paardunud ahelate e lintidega **lintsilikaadid**, kuhu kuuluvad vastavalt pürokseenid ja amfiboolid.



Struktuurimotiiv	Si-O kompleksi valem	Jagatud O-ioonide hulk	Näide
Singelstruktuur	 $(\text{SiO}_4)$	0	Oliviin
Hantelstruktuur	 $(\text{Si}_2\text{O}_7)$	1	Epidoot
Rõngasstruktuur	 $(\text{Si}_6\text{O}_{18})$	2	Turmaliiin
Ahelstruktuur	 $(\text{SiO}_3)$	2	Pürokseenid (augiit)
Lintstruktuur	 $(\text{Si}_4\text{O}_{11})$	2 & 3	Amfiboolid (küünekivi)
Kihstruktuur	 $(\text{Si}_2\text{O}_6)$	3	Vilgud (muskoviit, biotiit)
Karkass-struktuur	 $(\text{SiO}_2)$	4	Kvarts, päevakivi

Joonis 16. Silikaatide struktuurimotiivid .

Pürokseenide pere tüüpvallem on  $XY(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , kus X ja Y tähistavad elementide eri positsioone kristallstruktuuris; X –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ; Y –  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ .  $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$  -anioonide ahelad on orienteeritud kristallide väljavenitatuse suunas. Amfiboolide pere tüüpvallem on  $\text{W}_{0-1}\text{X}_2\text{Y}_5(\text{Si}_6\text{O}_{22})(\text{OH},\text{F})_2$ , kus  $\text{W}_{0-1}$  –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ;  $\text{X}_2$  –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ;  $\text{Y}_5$  –  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Tf}^{4+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ .  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2^{6-}$  -ioonidest lindi “rõngaste” tsentrites paiknevad  $\text{OH}^-$  -rühmad. Levinuim amfibool on küünekivi.

♦ Lõputute Si-O tetraeedritest kihtidega silikaadid e **kihtsilikaadid**. Kihtsilikaatide struktuur on keerukas. Si-O-tetraeedrite seondumisel tekkinud kuueliikmelised rõngad moodustavad tetraeedrilisi kihte. Viimaste vahele minevatest katioonidest ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ) ja osadest tetraeedrilise kihi O-anioonidest moodustub oktaeedriline kiht. Tetraeedrilise ja oktaeedrilise kihi mitmeviisilisel rütmilisel vaheldumisel tekivad kahe-, kolme- või neljakihilised struktuurid. Struktuuris võib kihtidevahelisena või adsorbeerituna osaleda ka vesi – hüdratiseeritud silikaatides. Kihtsilikaadid on väikese kõvadusega, plaatja või libelise morfoloogiaga: vilgud, talk, kloriidid, savimineraalid (illiit, kaoliniit, montmorilloniit, glaukoniit jt). Vilkude peres moodustub Mg- ja Fe-vilkude isomorfne rida: flogopiit (K,Mg-vilk) – biotiit (K,Mg,Fe-vilk) – lepidomelaan (K, Fe-vilk).

♦ Lõputu Si-O tetraeedritest karkassiga **karkass-silikaadid**, milles kõik tetraeedrite tipud on üksteisega seotud ning katioonid paiknevad karkassi tühikutes. Viimaste laengulist seostumist karkassiga võimaldab osades Si-O tetraeedreis toimunud  $\text{Si}^{4+}$  asendumine  $\text{Al}^{3+}$ -ga, mistõttu osa  $\text{O}^{2-}$  - valentsidemeid jääb vabaks katioonide sidumiseks. Selliseid silikaate nimetatakse **alumosilikaatideks**. Karkass-silikaatide hulka kuuluvad päevakivid, feldšpatoidid e päevakivide asendajad ja vee molekulid sisaldavad tseoliidid.

Päevakivide tüüpvallem: on  $\text{XY}_4\text{O}_8$ , kus X tähistab oktaeedrilises positsioonis olevaid K-, Na-, Ca-, Ba-, Sr-katioone; Y – tetraeedrilises positsioonis olevaid Si- ja Al-katioone. Päevakividele lähedased mineraalid, feldšpatoidid tekivad esimeste asemel endogeensetes protsessides, kus valitseb Na-, K-, Ca-rikkus Si suhtes ning kristallisatsioonikeskkond on sageli küllastunud sellistest gaasilistest komponentidest nagu Cl,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ . Tseoliidid on ažuurse struktuuriga vett või  $(\text{OH}^-)$ -rühma sisaldavad karkass-silikaadid, mis tekivad tüüpilisena diageneesi ja madala astme moonde tingimustes.

Silikaadid tervikuna on klaasi-, harvem teemandiläikega. Domineeriva tugeva kovalentse sideme tõttu on nad suure kõvadusega – Mohsi skaalas 5–7 (v.a kihtsilikaadid, tseoliidid). Kristallstruktuuri hõreda “pakituse” tõttu on nad metallide, sulfiidide ja oksiididega võrreldes väiksema tihedusega – enamasti 2,6–4 g/cm<sup>3</sup>.



**Boraatide klassi** kuuluvad mitmesuguste boorhapete soolad, mille koostises esinevad mitmeti liitunud tasapinnalise kolmnurga kujulised  $(\text{BO}_3)^{3-}$  ja tetraeedrikujulised  $(\text{BO}_4)^{5-}$ -anioonid. Boraadid setivad booririkaste soolajärvede veest, harva ka boori sisaldavaist vulkaanilistest gaasidest ning moodustavad valkjaid peitkristalseid, ka klaasi läikega kiudjaid, väikese kõvadusega mineraalmasse.

**Fosfaatide klassi** moodustavad fosforhappe soolad tetraeedrikujulise aniooniga  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . Tüüpvaalem –  $\text{X}_5(\text{PO}_4)_3\text{Z}$ . Levinud on ulatuslik anioonne isomorfism: X – katioonid  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ; Z – lisaanioonid  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Tuntuimaks mineraaliks on apatiit, mis tekib nii magma-, moondekui setteprotsessides. Apatiite jagatakse erimiteks lisaanioonide sisalduse alusel. Looduses levinud erimiteks on fluorapatiit, kloorapatiit, hüdroksüülapatiit, karbonaatapatiit ja fluorkarbonaatapatiit e frankoliit. Settelise tekkega, ebakorrapärase või mugulja kujuga apatiidi agregaatte koos savi-, liiva- ja karbonaatsete osakestega nimetatakse fosforiidiks. Eesti fosforiit on biokeemilise tekkega, kujunenud brahhiopoodide fosfaatsete karbipoolmete kuhjumisel liivastes meresetetes.

**Karbonaatide klassi** moodustavad kolmnurga kujulise  $(\text{CO}_3)^{2-}$  -aniooniga süsihappe soolad. Nende äratundmist võimaldab 3% HCl lahuse tilgas mineraali pinnal või pulbris toimuv keemiline vahetusreaktsioon  $\text{CO}_2$  gaasimullide eraldumisega. Enamik karbonaate on lihtsa, mingit katiooni sisaldava koostisega nagu kaltsiit, sideriit ja dolomiit, kuid on ka hüdroksüülrühma (malahhiit) ja vee molekulile (sooda) sisaldavaid karbonaate. Need on tüüpilised settelise päritoluga mineraalid. Kaltsiit tekib nii keemilisel kui biokeemilisel settimisel, aragoniit – biokeemiliselt. Kaltsiit on silikaatide kõrval üks sagedaseim mineraal maakooses. Ta on põhiline lubjakivide koostismineraal ja seetõttu ka Eestis laialt levinud.

**Volframaatide, molübdaatide, arsenaatide, vanadaatide ja kromaatide klassi** kuuluvad reeglina haruldased põhiliselt murenemiskoorikus tekkivad mineraalid, mille anioonideks on  $\text{WO}_4^{2-}$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{VO}_4^{3-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$  ja katioonideks on  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{3+}$ . Tuntuimaks neist on šeliit.

**Sulfaatide klassi** mineraalide struktuuri moodustuvad sulfaatiooni  $(\text{SO}_4)^{2-}$  tetraeeder ja katioonid –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{3+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ . Sulfaadid on suhteliselt väikese kõvaduse ja klaasi läikega mineraalid. Sulfaadid setivad väävliirikastest vetest, aga ka hüdrotermidest ja vulkaanilistest gaasidest. Kõige laiemalt on levinud vettsisaldav sulfaat, setteliselt tekkinud kips. Lihtsate sulfaatide levinumad mineraalid on barüüt ja anhüdriit. Atmosfääritingimustes on anhüdriit ebastabiilne, hüdratiseerudes kipsiks. Eestis leidub kipsi Devoni-aegsetes karbonaat-kivimites. Barüüdi kristalle võib leida lubjakivilõhedest.

## II. OSA. KIVIMID

### 1. KIVIMI MÕISTE

Kivimid tekivad geoloogiliste protsesside käigus, mis määravad nende koostise, esinemisvormi ja leviku. Kivimid koosnevad reeglina mineraalidest. Erandjuhtudel ei vasta kivimid sellisele määratlusele. Nii näiteks koosneb obsidiaan vulkaanilisest klaasist – tardunud amorfsest silikaatsest laavast, mitte mineraalidest. Jäme purdkivimid, näiteks konglomeraadid, koosnevad peamiselt teiste, murenemise käigus purunenud kivimite tükkidest.

---

**Kivimid** on geoloogilistes protsessides tekkinud kindla koostisega kompaktsed mineraalsed agregaadid, mis esinevad maakooses iseseisvate kehadena.

---

Kivimite mineraalne koostis, ehitus ja lasumusvorm sõltuvad geoloogilistest protsessidest, millede tulemusel nad tekkisid. Ligilähedaselt püsiva mineraalse koostise ja ehitusega ning iseseisva lasumusvormina esinevaid kivimeid käsitletakse **kivimtüüpidenä**, millel on kindlad nimetused, näiteks liivakivi, graniit ja lubjakivi. Ühte kivimtüüpi iseloomustavad suhteliselt püsivad omadused.

Teadusharu, mis tegeleb kivimite kirjeldamise ja uurimisega, on **petrograafia**.

### 2. KIVIMITE FÜÜSIKALISED OMADUSED

Kivimite makroskoopilisel kirjeldamisel jälgitakse kivimi omadusi, mis pole omased ühelegi tema koostises olevale mineraalile üksikuna, vaid iseloomustavad nende kogumit. Seega väljendavad kivimi füüsikalised omadused tema koostiskomponentide omaduste keskmisi väärtusi. Ainult ühe mineraali kristallidest koosnevate **monomineraalsete** kivimite füüsikalised omadused – tihedus, kõvadus, värvus, soojusjuhtivus, sulamistemperatuur – langevad ligilähedaselt kokku neid moodustava mineraali omadustega.



Kuna kivimid on enamasti **polümineraalsed** agregaadid, siis sõltuvad nende omadused üksikute koostisosade paigutusest, absoluutsest ja suhtelisest suurusest, asendist üksteise suhtes ja teistest näitajatest, mis iseloomustavad osakeste paiknemist ruumis. Nimetatud tunnuste kirjeldamiseks kasutatakse **struktuuri** ja **tekstuuri** mõisteid.

## 2.1. Struktuur

Mineraalide, kivimitükkide, organismide jäänuste, vulkaanilise klaasi jt võimalike koostisosade suurus, kuju ja omavahelised suhted määravad neist moodustunud kivimi struktuuri. Mõisted **eriteraline**, **suureteraline**, **peitkristalne** ja **idiomorfne** iseloomustavad kivimite struktuuri.

---

**Struktuur** väljendab kivimi siseehituse omadusi, mis on tingitud tema koostisosade kujust, absoluutsest või suhtelisest suurusest ning hulgalistest suhetest.

---

## 2.2. Tekstuur

Tekstuur võib olla näiteks massiivne, poorne, kihiline või kildaline. **Massiivse** tekstuuriga kivimis pole osakesed orienteeritud, poorid puuduvad. See on tüüpiline tardkivimitele. **Poorseks** võib tekstuuri nimetada siis, kui kivimis on silmaga nähtavad tühikud, mis on tekkinud näiteks mõne mineraali lahustumisel või gaaside eraldumisel. Mikroskoopilisel tasandil on poorsed kõik sette kivimid, kuid nende kirjeldamisel on informatiivsem jälgida hoopis kihilisust. **Kihilisus** kujuneb ebaühtlase või tsüklilise settimise käigus. **Kildalised** tekstuurid iseloomustavad peamiselt moondekivimeid, millele on mõjunud ühesuunaline rõhk.

---

**Tekstuur** väljendab kivimi siseehituse omadusi, mis on tingitud tema koostisosade ruumilisest paigutusest: orienteeritusest ning jaotusest kivimis.

---

Mineraalse koostise kõrval on struktuur ja tekstuur kivimi kõige olulisemad makroskoopilise määramise tunnused, mis peegeldavad nii kivimi tekkeprotsesse, kui ka temas toimunud hilisemaid muutusi.

### 3. KIVIMITE KLASSIFITSEERIMINE

Kivimite klassifitseerimine on mineraalidega võrreldes mõnevõrra komplitseeritum. Erinevate kivimtüüpide mineraalne ja keemiline koostis on püsivad vaid teatud piirides, mistõttu ei saa koostis olla kivimite süstematiseerimise ainsaks ja peamiseks aluseks. Kivimite omadused tulenevad nii neid moodustavate mineraalide omadustest kui ka nende ruumilisest jaotusest ja üksteisega liitumise tugevusest. Kõik need tunnused võivad varieeruda suures ulatuses, mille tulemuseks on rea koostiselt ja omadustelt üleminekuliste kivimtüüpide teke, mille piiritlemine on tinglik. Siit tuleneb ka olukord, kus kivimite klassifitseerimisel arvestatakse üheaegselt mitut tunnust, näiteks tekkeprotsessi, -kohta, koostist, koostiosade tekstuuri-struktuuri, lähtematerjali päritolu jne. Esmalt lähtutakse kivimite klassifitseerimisel **tekkest**, mille järgi eristatakse kolme suurt rühma:

◆ **tardkivimid** (magmakivimid) – moodustuvad magma tardumisel maakoos või maapinnal;

◆ **settekivimid** – tekivad nii veekogudes kui maismaal kuhjunud murenemise, keemilise või biokeemilise settimise produktide – setete – kivistumisel;

◆ **moondekivimid** (metamorfseid kivimid) – tekivad kõigi võimalike kivimtüüpide ümberkristalliseerumisel kõrgenenud temperatuuri ja rõhu ning gaaside ja lahuste toimel maakoos.

Iga rühma kivimite tekkel on määravaks olnud erinevad geoloogilised tegurid, seetõttu lähtub iga rühma sisene jaotus eri printsiipidest. Tardkivimeid rühmitatakse kahe printsiibi alusel: magma tardumise sügavuse järgi ning ainelise koostise, täpsemalt  $\text{SiO}_2$  sisalduse järgi. Settekivimite rühmitamisel lähtutakse sette ladestumise viisist ja ladestunud materjali koostisest. Moondekivimeid võib klassifitseerida sõltuvalt nende lähtekivimeist, moondeprotsessi liigi või rõhu-temperatuuri tingimustega määratletud tekkekeskkonna – moondefaatsiese järgi.

Tekke järgi eraldatud kivimite rühmi on võimalik jaotada veel detailsemalt kasutades selleks koostist, struktureid-tekstureid jt tunnuseid.

Tardkivimid ja nende moondel tekkinud kivimid moodustavad maakoorest 95%, kuid vaatamata ulatuslikule levikule, paljanduvad nad vaid 25%-l maismaa pindalast. Setted ja settekivimid moodustavad 5% maakoorest, kuid



katavad ligikaudu 75% maismaast, st valdavalt puutume me maapinnal kokku setete ja sette kivimitega. Settelise kihi paksus kõigub vahemikus 0–25 km, olles keskmiselt 4,5 km paksune.

## 4. TARDKIVIMID

### 4.1. Tardkivimite teke magma kristalliseerumisprotsessis

Tardkivimid tekivad magma tardumisel maakooses või maapinnal. **Magma** on kõrge temperatuuri (650–1600°C) ja rõhu (üle  $3 \times 10^8$  Pa) tingimustes maakooses või vahevöö ülemises osas tekkinud viskoosne vedelik, mille peamisteks koostiselementideks ja -ühenditeks on O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S. Maapinnale väljavoolanud magmat nimetatakse **laavaks**.

Sügavusest maakooste tunginud või seal tekkinud magma kristalliseerub enamasti **süvakivimitena**. Suhteliselt väike osa magmast jõuab maapinnale ja tardub **purskekivimitena**.

---

**Tardkivimid** on magma kristalliseerumisel tekkinud kivimid, mis levivad maakooses süva- ja purskekivimitena.

---

Magma jahtumisel hakkavad sellest kristalliseeruma mineraalid, mille keemilised komponendid on saavutanud üleküllastunud seisundi. Tekkinud kristallid langevad gravitatsioonilise e **tihedusliku diferentseerumise** protsessis magmakambri põhja. Kristalliseerumise käigus magma koostis muutub ja eraldumine võimaldab juba tekkinud mineraalidel säiluda. Isomorfsete mineraalide koostis muutub kristalliseerumise vältel tasakaaluliselt magmavedeliku koostisega. Kristalliseerumiskeskonna kiirel muutumisel, näiteks piki vulkaani lõõri tõusvas magmas, ei jõua mineraalid tervikuna magmaga reageerida ja tekivad tsonaalselt muutuva koostisega kristallid.

USA petrograaf N. Bowen tõestas eksperimentaalselt, et magmade kristalliseerumist võib põhimõtteliselt vaadelda kahte tüüpi, pideva ja katkendliku reaktsioonide rea üheaegse realiseerumisena – **kristallisatsioonilise diferentseerumisena**. Pideva reaktsioonide rea produktideks on ühe isomorfse rea mineraalid – plagioklassid. Katkendliku reaktsioonide rea produktideks aga isomorfset mittesegunevad mineraalid – oliviin, pürokseenid, amfiboolid ja biotiit. Üheaegselt ei kristalliseeru aga mitte ridade suvalised liikmed, vaid need, mis moodustavad **eutektilisi segusid**, s.o tarduvad kindlas





Temperatuuril alla 400°C gaasisedud veelduvad kuumadeks mineraliseeritud vesilahusteks – **hüdrotermideks**, mis liiguvad kivimite lõhedes. Vulkaanilistel aladel voolavad nad maapinnale kuumaveeallikate ja geisritena. Hüdrotermidest setivad kivimite lõhedesse **hüdrotormaalseid sooni** moodustavad mineraalid – kvarts, albiit, kaltsiit, kloriit, epidoot, fluoriit.

Seega toimub jahtumisel magma diferentseerumine mitmel viisil: mineraalide **tihedusliku, kristallisatsioonilise ja gaasilise diferentseerumisena**. Esineb ka kahe, teineteisega mitteseguneva magmavedeliku (näiteks sulfiidse ja silikaatse koostisega) teke – **magma likvatsioon**. Likvatsiooni näiteks on õli ja vee mittesegunemise nähtus.

## 4.2. Tardkivimite lasumusvormid

Maakooste tunginud magmamassid ja neist moodustunud kivimkehad e **lasumusvormid** on väga erineva suuruse ja kujuga. Magma liikumisel mööda kivimite kihtide vahelisi pindu ja lõhesid tekivad ümbriskivimitega rööpsed e **konkordantsed** kivimkehad. Juhul, kui magma loob oma liikumisteele ruumi ümbriskivimite purustamise, assimileerimise ja ülessulatamise teel, siis moodustuvad ümbriskivimite kihte lõikavad e **diskordantsed** lasumusvormid.

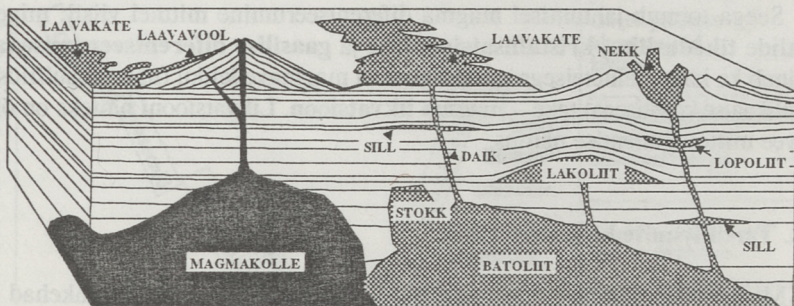
Magma maakooses liikumise protsessi nimetatakse **intrusiooniks**, tardumisel tekkivaid tardkivimite kehi nimetatakse **intrusiivideks**.

Intrusiivseist e **süvakivimite lasumusvormidest** on levinumad (joonis 18):

- ◆ **sill** – ümbriskivimi kihtide vahele valgunud, sageli “mitmekorruseline” plaatjas magmakeha, tavaliselt aluselise koostisega;
- ◆ **lakoliit** – seenelaadne, ümbriskivimi kihte võlvjalt ülessurunud magmakeha;
- ◆ **lopoliit** – liualaadne, tavaliselt väga suuremõduline magmakeha (Lõuna-Aafrikas Buschweldi lopoliidi mõõtmed plaanis on 300 x 480 km);
- ◆ **fakoliit** – kurrutatud alade kihtides esinev “juurteta” läätseline väike magmakeha, kurrutusprotsessis tükeldatud magmakeha kild;
- ◆ **daik** – tardkivimiga täitunud lõhe;
- ◆ **nekk** – vulkaani lõõri täitev tardkivimi keha (plahvatuslikult purustatud vulkaanilise kivimiga nekki nimetatakse diatreemiks);
- ◆ **batoliit** – suurim korrapäratu, reeglina sügavusse laienev, põhiliselt happeliste tardkivimite intrusiiv, mille pindala moodustab tuhandeid kuni 10-neid tuhandeid km<sup>2</sup>;
- ◆ **stokk** – batoliidi lae enamasti silindriladse kujuga väljasopistus pindalaga alla 100 km<sup>2</sup>.

**Purskekivimite lasumusvorm** (joonis 18) sõltub nii laava kogusest, viskoossusest, purske mehhanismist kui ka väljavoolu ala reljeefist.

Suurimateks pürskekivimite kehadeks on **laavavoolud** ja **laavakatted**, mis on tekkinud vulkaanipurskel välja paisatud või laiali voolanud laava tardumisel. Nad on suhteliselt õhukesed, mõne kuni mõnesaja meetri paksused, kuid levivad suurel, kuni tuhandeid km<sup>2</sup> hõlmaval pindalal.



Joonis 18. Süvakivimite ja pürskekivimite lasumusvormid.

Suure viskoossusega happelise magma pursetel paisatakse suur osa laavat ja lõõrist kaasahaaratud massist õhku, kus see pihustub, tahkestub ja langeb maapinnale laavakatet moodustava mitmesuguse terasuurusega **püroklastilise materjalina**. Selle materjali seas eristatakse **vulkaanilisi pomme** ja **rahne** (läbimõõduga 5–10 cm kuni mõni meeter), **lapille** (läbimõõduga 1–5 cm), **vulkaanilist liiva** (terasuurusega 0.1–1 cm), **tuhka** (terasuurusega alla 0,1 cm). Tsementeerunud püroklastilist materjali tuntakse vulkaanilise pürskekivimi aglomeraadi e **tufina**. Väiksemateks lasumusvormideks on maksimaalselt mõnekümne kilomeetri pikkused **laavavoolud**. Viskoossed happelised laavad produtseerivad ka lõõrist väljasurutud sambana **kupli**, **obeliski**, **nõela kujulisi vulkaaniliste kivimite lasumusvorme**.

Tardkivimite lasumusvorme õnnestub vahetult looduses vaadelda harva nende suurte mõõtmete ja halva paljanduvuse tõttu. Küll on aga sageli võimalik jälgida tardkivimite eraldisvorme, mis tekivad kivimkeha lõhestumisel iseloomuliku kujuga plokkideks jahtumise käigus. Eraldislõhede teke tuleneb magma- või laavakeha osade erineva kiirusega jahtumisest või laiali voolamisest. **Tardkivimite eraldisvormide** kuju võib olla **sammajas** e **prismaline** (pürskekivimeis, eriti basaltides), **keraline** e **kontsentris-koorikuline** (vee all pürskunud laavades), **rahnjas** ning **madratsilaadne** (aeglaselt jahtunud süvakivimites).



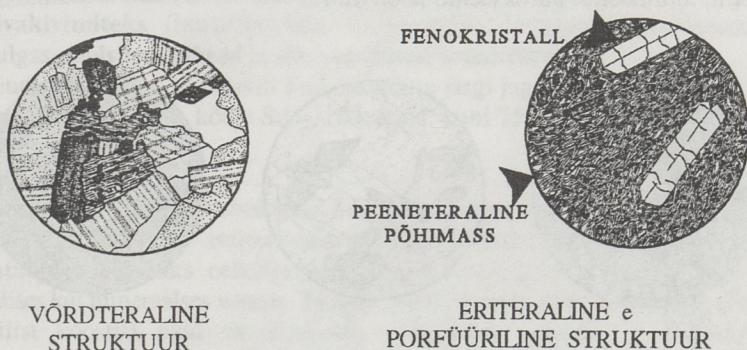
### 4.3. Tardkivimite struktuurid ja tekstuudid

Tardkivimite struktuur sõltub oluliselt magma tardumise kiirusest. Aeglasel kristalliseerumisel jõuavad kristallid kasvada küllalt suureks, kiires protsessis aga mitte. Lähtudes kristallide e terade absoluutsest suurusest eristatakse tardkivimeis järgmisi struktuuritüüpe:

- ♦ jämedakristalne – kristallide pikimõõde üle 5 mm;
- ♦ keskmisekristalne – " 2–5 mm;
- ♦ peenekristalne – " 0,1–2 mm;
- ♦ peitkristalne – kristallide pikimõõde alla 0,1 mm, s.o silmaga eristamatu

Väga kiirel laava tardumisel tekib kristallide asemel osaliselt või täielikult amorfne klaasjas mass – vulkaaniline klaas.

Tardkivimite koostisosade suhtelise suuruse järgi eristatakse neis võrdteralist ja eriteralist e porfüürilist struktuuri (joonis 19).



Joonis 19. Tardkivimitele tüüpilised struktuurid.

Võrdteralised struktuurid võivad kristallide absoluutsuuruselt olla jämedakristalsest kuni peitkristalseni. Porfüürilise struktuuri loovad peeneteralises kivimi põhimassis vähemal või suuremal hulgal levivad suured kristallid – **fenokristallid** – s.o kristallid, mis on magma põhimassist varem kristalliseeruma hakanud. Fenokristalle moodustavad sageli päevakivid, kvarts, biotiit, amfiboolid, pürokseenid ja oliviin. Kui fenokristalle ümbritseva kivimi põhimassi terasuurus ei ole neist kontrastselt erinev, nimetatakse struktuuri porfüürilaadseks.

Kivimit moodustavate mineraalide kristallikuju täiuslikkuse järgi eristatakse idiomorfotalisi, hüpidiomorfotalisi ja ksenomorfotalisi struktuure.

Idiomorfotalise struktuuri korral on kõigi kristallide tahud kivimis hästi välja kujunenud. Hüpidiomorfotalise struktuuri puhul on tahud vaid osadel mineraaliteradel, ksenomorfotalise struktuuriga kivimis on aga kõigil teradel ebakorrapärane kuju.

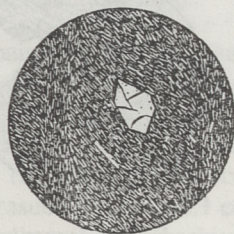
**Pegmatiitne** struktuur kujuneb mineraalide kasvu katalüüsivate lenduvate ühendite poolest rikka jääkmaagma kristalliseerumisel mineraalide suuremõõtmeliste (üle 2 cm) indiviidide kogumina. **Mandelkivistruktuuri** (joonis 20) loovad pürsketivimeis tardumisel eraldunud gaasimullide tühikuisse gaasidest või kuumadest vesilahustest settinud mineraalid. Sagedamini moodustavad selliseid "mandleid" kvarts, kaltsedon, kaltsiit ja tseoliidid. **Püroklastiline** struktuur on iseloomulik tuffidele, kus esinevad koos väga erineva suurusega purdmaterjal ja vulkaaniline klaas. Kivimi struktuuritüübi määramisel lähtutakse kivimis enamuses olevate, s.o kivimit moodustavate mineraalide kooslusest. Tardkivimeis on nendeks tavaliselt päevakivid, kvarts, biotiit, amfiboolid, pürokseenid ja oliviin.



A.



B.



C.

Joonis 20. Tardkivimite struktuurid ja tekstuurid. A – mandelkivistruktuur, B – taksidiiline tekstuur ja C – voolutekstuur.

**Aktsessoorsed mineraalid** (magnetiit, apatiit, tsirkoon jt), mis levivad kivimis vähesel hulgal ja hajutatult, struktuuritüüpi enamasti ei mõjuta.

Tekstuuri tüüpidest on tardkivimeis kõige laiemalt levinud süvakivimites massiivne ning pürsketivimites poorne tekstuur. Esimesel juhul on kivimi kõik koostisosad jaotunud ühtlaselt üle kogu kivimi. Poorsest tekstuurist räägib aga palja silmaga jälgitavate tühikute ja pooride esinemine kivimis. Mineraalide ebaühtlane jaotus kivimis loob taksiidilise või orienteeritud tekstuuri (joonis 20). Taksiidilise tekstuuriga kivimis moodustavad erinevate



omadustega (struktuur, tekstuur, mineraalne koostis) koostisosad kogumikke. Orienteeritud tekstuurid väljenduvad kristallide paralleelse paigutusena kivimis. Eriti selgelt ilmneb see plaatjate ja leheliste kristallide puhul. Orienteeritust tingib kas magma liikumine või ühesuunaline rõhk kristallide kasvu ajal. Laavavooludest moodustunud kivimeile on sageli iseloomulik orienteeritud tekstuuride hulka kuuluv fluidaalne e **voolutekstuur**.

Kivimi koosnemine vahelduvalt erineva mineraalse koostisega vööndeist annab talle **vöödilise** tekstuuri.

#### 4.4. Tardkivimite tüübid.

Tardkivimeid rühmitatakse kahe printsiibi alusel. Magma tardumise sügavuse järgi jagatakse kivimid:

- ◆ **purskekivimiteks** (efusiivseteks e vulkaanilisteks kivimiteks);
- ◆ **süvakivimiteks** (intrusiivseteks kivimiteks), alajaotustena eraldatakse siinhulgas **poolsüvakivimid** ja lõhesid täitvad **soonkivimid**.

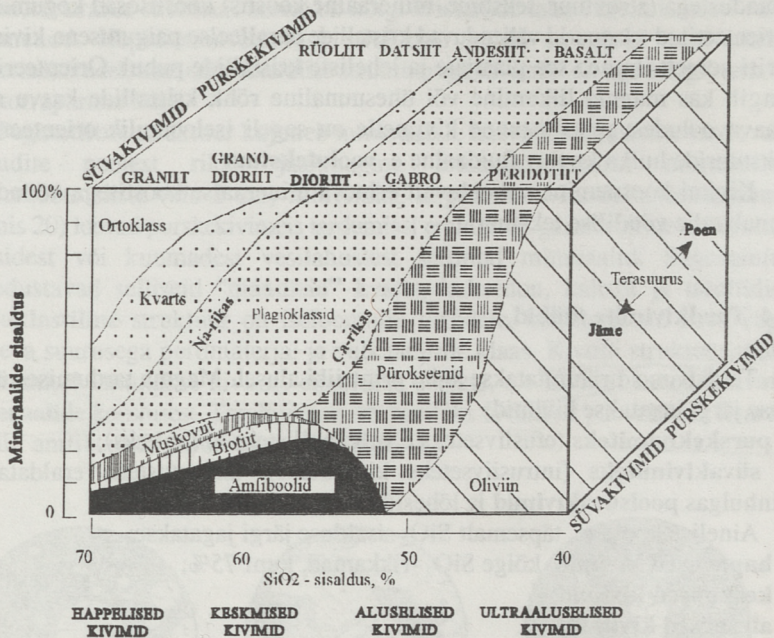
Ainelise koostise, täpsemalt  $\text{SiO}_2$  sisalduse järgi jagatakse:

- ◆ **happelised kivimid**, kõige  $\text{SiO}_2$  -rikkamad, kuni 75%;
- ◆ **keskmised kivimid**;
- ◆ **aluselised kivimid**;
- ◆ **ultraaluselised kivimid**, sisaldavad  $\text{SiO}_2$  kõige vähem, kuni 40% (joonis 21).

Kuigi tardkivimeid iseloomustavad väga mitmesugused tunnused, on kivimtüüpe määravaks eelkõige nende ainealine koostis, väljendatuna nii keemilises kui mineraalses vormis. Traditsiooniliselt väljendatakse tardkivimite keemilist koostist neid moodustavate elementide oksiidide sisaldustena massiprotsentides. Kuna tardkivimid sisaldavad eelkõige hapnikku ja räni, on nende keemilise koostise valdavaimaks komponendiks  $\text{SiO}_2$ , mille kogus kõigub enamlevinud kivimtüüpides 30%-st 75%-ni. Ülejäänud peamistest komponentidest võib  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sisaldus tõusta kuni 20%-ni.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  sisaldused ei ületa tavaliselt 10%.  $\text{SiO}_2$  on ainsaks oksiidiks, mille sisaldus ei lange kunagi nullini, mistõttu kõik kivimit moodustavad mineraalid tardkivimites on silikaadid (päevakivid, kvarts, vilgud, amfiboolid, pürokseenid, oliiviin, nefeliin jt).

Looduses teistest tardkivimitest märksa vähem levinud, leelismetallidest (Na, K) rikastunud **leeliselised kivimid**, sisaldavad iseloomulike mineraalidena nefeliini, leutsiiti ja K-päevakivi, mitte kunagi aga kvartsi.

Tardkivimite põhikomponentide sisaldused on üksteisega seaduspäraselt sõltuvuses. Näiteks kaasneb  $\text{SiO}_2$  sisalduse suurenemisega kivimeis ka  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  ja  $\text{Na}_2\text{O}$  sisalduse kasv ning  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  sisalduse vähenemine.



Joonis 21. Tardkivimite tüübid. Vertikaalteljel näitab mineraalide sisaldusi mahuprotsentides igas tardkivimi tüübis. Horisontaalteljel on  $\text{SiO}_2$  sisaldus kaaluprotsentides. Näide. Määrates kivimi keemilisel analüüsil  $\text{SiO}_2$  sisalduseks 70%, võib skeemilt näha, et sel juhul on kivimis alla 10% nii amfibooli, biotiiti, kui ka muskoviiti; plagioklassi on üle 10%, kvartsi üle 20% ja ortoklassi ca 50%. Kui sellise koostisega kivim on jämedateraline, siis on tegu süvakivimiga – graniidiga. Graniidi purskeline analoog – rüoliit on samasuguse mineraalse koostisega, kuid peeneteraline. Graniit ja rüoliit kuulvad suure  $\text{SiO}_2$  sisalduse tõttu happeliste kivimite hulka.  $\text{SiO}_2$  sisalduse vähenemise suunas on põhilised süvakivimite tüübid ja nende purskelised analoogid järgmised: grandioriit – datsiit; dioriit – andesiit; gabro – basalt ning peridotiit, millel purskeline analoog puudub.

Mineraalses koostises väljendub see kvartsi ja päevakivide sisalduse suurenemises ja biotiidi, amfibooli või pürokseeni sisalduse vähenemises. Peale nimetatud peamiste komponentide sisaldavad magmad väikestes hulkades Ti, Mn, Zn, Sr, Ca, Ni, Co, Sn, Li, Rb, Ba jt elemente. Kergesti lenduvaist komponentidest on peamised  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , F, Cl, P. Joonisel 21 on toodud



kõige enam levinud tardkivimite tüübid, lähtudes nende tekkesügavusest ja ainelisest koostisest, lisatud on kivi- ja kivimite moodustavate mineraalide sisalduste dünaamika sõltuvalt  $\text{SiO}_2$  sisaldusest.

Tardkivimite rühmade ja tüüpide levik maakooses ei ole ühtlane. Kontinentide maakooses on ülekaalus happelised süvakivimid (graniidid), ookeanides ja nende äärealadel domineerivad aga aluselise ja keskmise koostisega pürskedkivimid (basaldid jt).

#### 4.5 Tardkivimite levik Eestis

Maapinnal võib tardkivimeid kohata Eestis vaid rändkivide hulgas, mis on jääga Skandinaaviast ja Soomest siia toodud. Kohapeal tekkinud tardkivimid, graniitsed intrusiivid, levivad sügaval, olles kaetud 100–700 m paksuse settekivimite kihiga. Rändkividest tardkivimite hulgas, mida leidub eriti rohkesti Põhja-Eesti rannikul, on valdavaks samuti graniidid, kuid võib kohata ka gabrot, dioriiti ja aluselisi pürskedkivimeid, harvem teisi kivimtüüpe.

AHOTS 42, 46,

37,

### 5. SETTEKIVIMID

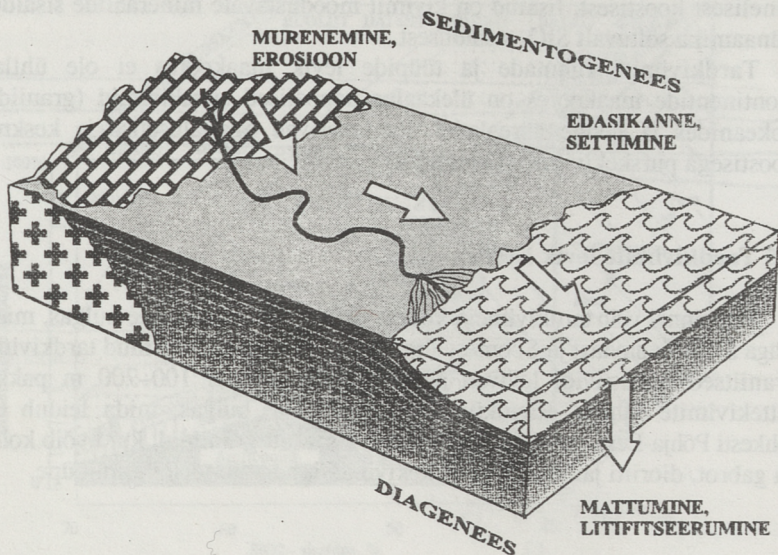
#### 5.1. Settekivimite teke

Kivistumata pudedat materjali, mis on settekivimi lähtematerjaliks, nimetatakse **setteks**. Settekivimite lähtematerjal ladestub mehaanilisel, keemilisel või biokeemilisel<sup>6</sup> teel. Sete muutub **settekivimiks** litifitseerudes e kivistudes. Litifitseerumine on paljudest teguritest sõltuv pikaajaline protsess, mistõttu piir setete ja settekivimite vahel on tinglik. Kõiki settelisi moodustisi kokku, st nii setteid kui settekivimeid võib nimetada ühtse terminiga – **setendid**.

Settekivimite moodustumine on vaadeldav kahe teineteisele järgneva staadiumina – protsesside kompleksina, milleks on **sedimentogenees** ja **diagenees**. Nii sedimentogeneesi kui diageneesi käigus toimivad mitmed geoloogilised protsessid (joonis 22).

---

<sup>6</sup> – Biokeemilisel teel tekkinud settekivimite hulgas käsitletakse ka biogeenseid kivimeid, mida mõned autorid vaatlevad iseseisva rühmana.



Joonis 22. Setetest settekivimite kujunemine sedimentogeneesi ja diagenesi protsesside käigus.

### LÄHTEKIVIM - SEDIMENTOGENEES:

murenemine -

erosioon -

edasikanne -

settimine - SETE - DIAGENEES:

mattumine -

litifitseerumine - SETTEKIVIM

**Murenemine** - füüsilise murenemise e rabenemise käigus puruneb kivim tükideks; keemilisel murenemisel e porsumisel toimub kivimis mineraalide lahustumine, oksüdeerumine ja hüdratatsioon, mille tulemusel kivimi koostis muutub.

**Erosioon** - protsessi käigus kulutatakse ära murenemisel tekkinud materjal ning haaratakse edasikandesse.

**Edasikanne** - tuule, vee ja jää voolude poolt toimuv materjali transport settebasseini, osakeste kulumine, ümardumine.



**Settimine** – edasikandvate jõudude mõju vähenemisel setivad purdosakesed settebasseini maismaal või meres; veekeskkonnas toimub settimine ka lahustest kas otse keemiliselt või kaudselt biokeemilisel teel.

Sedimentogeneesi lõpptulemusena tekib lähtematerjalist sete.

---

**Sedimentogenees** – lähtekivimite murenemisel ja erosioonil, vulkaanide pursetel ja organismide elutegevuse tulemusel kujunenud materjali edasikande ja settebasseini ladestumise protsesside kogum, mille tulemusel moodustub sete.

---

Settekivimite lähtematerjaliks võivad olla kõigi kivimtüüpide, seega nii tard-, sette- kui moondekivimite murenemise saadused.

Diageneesi staadiumis toimuvad füüsikalise-keemilised muutused juba settinud materjalis.

**Mattumine** – protsess, mille käigus settinud materjal kattub uute settekihtidega. Mattudes sete tiheneb katvate kihtide surve all. Tema poorsus ja veesisaldus võib väheneda 50–60%-lt kuni 10–20%-ni, st kuni 6 korda. Veerikaste setete tihenemisel (näiteks ränimudad) toimub veelgi suurem, mitmekümnekordne mahu vähenemine.

**Litifitseerumine** e kivistumine – mattunud setete muutumine tsementeerumise ja osalise ümberkristalliseerumise teel kõvastunud settekivimiks.

---

**Settekivimid** on geoloogilised kehad, mis on tekkinud füüsikalise ja keemilise murenemise saaduste, vulkaanipursete produktide ja organismide jäänuste ladestumisel ja kivistumisel.

---

Tsementeerumine toimub tänu uute, lahustest kristalliseerunud uute mineraalide tekkele. Sagedamini on tsementeerivateks mineraalideks kaltsiit, dolomiit, püriit, fosfaadid, rauahüdroksiidid, opaal ja savimineraalid. Moodustunud mineraalid täidavad osaliselt või täielikult setteosakeste vahelise ruumi ning seeläbi **tsementeerivad** sette monoliitseks kivimiks. Diageneesi staadiumil toimub osaliselt ka mineraalide ümberkristalliseerumine. Nii näiteks võivad kaltsiidi ja savimineraalide kristallid suureneada väiksemate ümberkristalliseerudes. Diageneesi protsesside toimumisele aitab oluliselt kaasa lasuvate settekihtide staatiline surve, mis soodustab setete tihenemist ja mineraalide ümberkristalliseerumist. Kivimi struktuur ja tekstuur muutuvad.

Diageneesi toimumise maksimaalne sügavus ulatub kuni 10 km-ni ja temperatuur 100–200°C-ni. Regiooniti võivad need näitajad suuresti varieeruda.

---

**Diagenees** on setete tihenemise, tsementeerumise ja osalise ümberkristalliseerumise protsesside kogum, mille tulemusel sete kivistub ja muutub settekivimiks.

---

Jätkuva rõhu ja temperatuuri, või neist ühe tunduval suurenemisel toimuvad settekivimites olulised koostise, struktuuride ja tekstuuri muutused, mille tulemusel tekib uut tüüpi kivim – **moondekivim**. Nagu ikka looduslike objektide rühmitamisel on sette- ja moondekivimite vaheline piir üleminekuline.

## 5.2. Settekivimite klassifitseerimine ja koostis

Settekivimite suure mitmekesisuse tõttu pole olemas üldkasutatavat ja kõikehõlmavat klassifikatsiooni. Klassifitseerimise printsiip tuleb valida sõltuvalt eesmärgist.

Settekivimite kõige üldisem klassifikatsioon lähtub tekkest ehk sette ladestumise viisist. Tekke järgi eraldatakse kolm põhilist settekivimite rühma:

- ◆ **purdkivimid** (terrigensed kivimid) – tekivad murenenud lähtekivimi tükide ehk purdosakeste kuhjumisel;
- ◆ **keemilised settekivimid** – tekivad keemilisel teel otse lahustest sadenemisel;
- ◆ **biokeemilised settekivimid** – tekivad organismide mineraalse osa (skeleti) settimisel või organismide kaasabil lahustest kristalliseerumisel.

Detailsem liigitus kolme rühma sees toimub erinevatel printsiipidel.

Purdkivimite rühmitamine põhineb koostisosade suurusel ehk struktuursel printsiibil. Sõltuvalt eesmärkidest ning traditsioonidest kasutatakse praktikas erinevaid struktuurseid klassifikatsioone. Senini oli Eesti praktikas juurdunud Raukase (1981) esitatud purdsetendite struktuurne klassifikatsioon, mis põhineb terade jaotamisel fraktsioonidesse kümnendsüsteemis. Maailmapraktikas on kõige laiemalt levinud logaritmilise jaotusega ( $\varphi$ -ühikutes) Udden–Wentworth'i klassifikatsioon (1922), mida on soovitatav kasutada ka Eestis. Tabelis 2 on toodud jaotusvahemikud ja neile vastavad kivimi nimetused mõlema klassifikatsiooni järgi. Kahe klassifikatsiooni vahelist seost väljendab valem:  $\varphi = -\log_2(d_{mm})$ , kus  $d_{mm}$  on osakeste diameeter millimeetrites.



Tabel 2. Purdsetendite struktuurne klassifikatsioon.

Jaotus log-skaalas	SETE	KIVIM	Jaotus kümnend-skaalas
> 2mm < -1 φ	kruus, veerised jt	<b>konglomeraat</b> (jämeteraline purdkivim)	> 1 mm
63μm–2mm -1– + 4 φ	liiv	<b>liivakivi</b> (keskmiseteraline purdkivim)	0,1–1 mm
2–63μm 9–4 φ	aleuriit	<b>aleuroliit</b> (peeneteraline purdkivim)	0,01– 0,1 mm
< 2μm > 9 φ	savi e peliit	<b>savikivim, savikilt, argilliit</b> <sup>7</sup> (peeneteraline purdkivim)	< 0,01 mm

Aleuriidi ja saviosakestest koosnevat setet nimetatakse **mudaks**. Selle sette kivistunud tüübi eestikeelne vaste ingliskeelsele nimetusele “mudstone” puudub. Valdava fraktsiooni ehk osakeste suuruse vahemiku järgi nimetatakse neid kivimeid kas aleuroliitideks või savikivimiteks. Liustikusette, **moreeni** kivistumisel tekib kivim - **tilliit**.

Liivakive võib liigitada ka koostise järgi:

- ◆ **areniidid** (monomineraalsed liivakivid) – koosnevad põhiliselt ainult ühest mineraalst;
- ◆ **arkoosid** (polümineraalsed liivakivid) – koosnevad mitmest mineraalst, peamiseks mineraaliks on päevakivid;
- ◆ **grauvakid** (polümiktsed liivakivid) – koosnevad mitmete mineraalide ja kivimosakeste segust.

Sageli püütakse kivimi nimetusse hõlmata nii kivimi koostis kui struktuurne iseloomustus. Näiteks on Eestis laialt levinud kvartsliaivakivid, mille nimetuses eesliide tähistab koosnemist peamiselt kvartsist ja “liivakivi” väljendab osakeste

<sup>7</sup> – Erinevad koolkonnad kasutavad terminit “argilliit” peliitsetest osakestest koosneva sette kivimi või madala astme moondekivimi tähistamiseks.

suurust. Sama printsiipi võib kasutada ka teiste purdkivimite puhul.

Keemiliste ja biokeemiliste settekivimite rühmitamine põhineb keemilisel koostisel (tabel 3).

Tabel 3. Keemilised ja biokeemilised settekivimid (Press & Siever, 1998 järgi).

SETE	KIVIM	MINERAALNE KOOSTIS	KEEMILINE KOOSTIS
<b>KEEMILISED</b>			
Karbonaatne sete	<b>Diageneetiline dolomiit</b>	dolomiit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Evaporiitne sete	<b>Evaporiidid</b>	haliit kips anhüdriit	$\text{NaCl}$ $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaSO}_4$
Rauaoksiidid ja -hüdroksiidid	<b>Ferroliidid</b>	hematiit götiit sideriit	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ $\text{FeO}(\text{OH})$ $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ – rauakarbonaat, rauasulfiidid
Fosfaatiderikas sete	<b>Fosforiidid</b>	apatiit	$\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ – kaltsiumfosfaat
<b>BIOKEEMILISED</b>			
Karbonaatne muda ja bioklastiline materjal	<b>Lubjakivid</b>	kaltsiit, aragoniit	$\text{CaCO}_3$ – kaltsiumkarbonaat
Ränisete (ränivetikate skeletijäänused)	<b>Ränikivimid</b>	opaal, kaltsedon, kvarts	$\text{SiO}_2$ - ränioksiid
Turvas või muu orgaaniline aine	<b>Kaustobioliidid: põlevkivi, kivi- ja pruunsüsi</b>	orgaanika ja purdosakesed	C-orgaanilised ühendid



Valdavalt keemilise tekkega kivimite hulka kuuluvad **evaporiidid** – mitmesugused soolad, diagenetiliselt moodustuvad **dolomiidid**, **ferroliidid** – Fe-ühendeid sisaldavad settekivimid ja **manganoliidid** – Mn-ühendeid sisaldavad settekivimid. Põhiliselt biokeemilise tekkega kivimite hulka kuuluvad **ränikivimid**, mille koostisse kuulub  $\text{SiO}_2$  erinevates mineraalsetes vormides ja põlevad kivimid e **kaustobioliidid**, mis koosnevad orgaanilisest ainest.

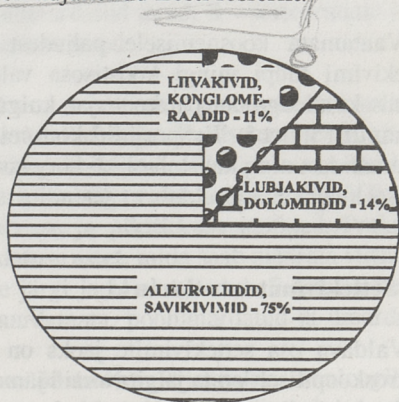
Settekivimite tüübid esinevad looduses harva “puhtana”, ilma et oleks segus mõne teise tüübiga. Sage on savikivimite vaheldumine liivakividega. Samuti on vähe neid kivimtüüpe, mille tekkeks on vaid üks võimalus: sagedamini võib üks kivim tekkida mitmel viisil. Näiteks võivad purdkivimid olla tsementeerunud poorides sisaldunud veest keemiliselt sadenenud materjaliga.

Keemilise, biokeemilise ja mehaanilise tekkeviisi kombineerumisel moodustuvad ka **karbonaatkivimid**. Nad sisaldavad keemiliselt settinud karbonaatselt muda, organismide karbonaatselt koostisega skeletiosi ja purdset komponenti – savi, liiva. Karbonaatkivimite rühmas on sisemise jagunemise aluseks mineraalne koostis: kaltsiidi, dolomiidi ja savimineraalide sisalduse suhe. **Lubjakivi** koosneb põhiliselt kaltsiidist ja **dolomiit** (dolokivi) samanimelisest mineraalst, dolomiidist. **Mergel** ja **domeriit** koosnevad karbonaatsetest ja purdsetest mineraalidest. **Kriit** moodustub mikroskoopiliste lubi-skeletiga mikroorganismide mattumisel.

**Fosforiidid** võivad samuti kujuneda mitmeti: nii diageneesil fosfaatsete mineraalide kristalliseerumisel kui ka organismide fosfaatsete koostisega skeltiosade kuhjumisel, nagu näiteks on kujunenud Eesti fosforiit.

Vulkaanilise tuha diageneesil tekivad savikad kivimid – **bentoniidid**

Sagedamini esinevate settekivimite hulka kuuluvad peene-teralised purdkivimid (aleuroliidid, savikivimid), karbonaatkivimid (lubjakivid, dolomiidid) ning keskmise ja jäme-teralised purdkivimid (liivakivid ja konglomeraadid) (joonis 23). Teiste tüüpide esinemissagedus on mitu korda väiksem.



Joonis 23. Peamiste settekivimite esinemissagedus maakooses.

Valdav osa settekivimeist koosneb erineva päritoluga koostisosadest. Neist enamik sisaldab suuremal või vähemal määral murenenud kivimite ja mineraalide tükke e **purdosi**, mis on settebasseini kantud mehaanilisel teel. Kõiki neid settekivimi koostisosi, mis pole tekkinud settekivimi lasumiskohas, vaid on sinna kantud mujalt, nimetatakse **allotigeenseteks**. Levinumad allotigeensed mineraalid on kvarts, plagioklassid, vilgud, savimineraalid, granaadid, amfiboolid ja pürokseenid, seega mineraalid, mis lisaks laialdasele levikule kivimites, on ka murenemisele suhteliselt vastupidavad.

Eraldi rühma moodustavad settekivimi lasumiskohas lahustest keemilisel ja biokeemilisel teel settinud või diageneesi käigus tekkinud mineraalid. Selliseid mineraale nimetatakse **autigeenseteks** ning nende hulgas on levinumad karbonaadid (kaltsiit ja dolomiit), sulfaadid, kloriidid, Fe, Mn- ja Al-oksiidid ja -hüdroksiidid ning savimineraalid.

Organismide mineraliseerunud skeletiosi, mis satuvad settesse enamasti purunenuna, vaadeldakse kui **bioklastilist materjali**. Sageli koosneb see karbonaatidest, fosfaatidest või räniainest.

Üheks settekivimite koostisosaks on ka taim- ja loomorganismide jäänustest ning vetikatest pärinev **orgaaniline aine**.

---

**Settekivimite koostisse** kuuluvad purdosad, lahustest keemilisel või biokeemilisel teel moodustunud autigeensed mineraalid, bioklastiline materjal ja orgaaniline aines.

---

Vaatamata koosnemisele paljudest komponentidest iseloomustab iga settekivimi tüüpi mingi koostisosa valdamine. Näiteks on purdkivimites peamiseks allotigeenne purdmaterjal, kuigi sisaldub ka autigeenseid mineraale, orgaanilist ainet jt. Evaporiidid koosnevad praktiliselt ainult autigeensetest mineraalidest ning kaustobioliidid orgaanilisest aineest, purdmaterjali on neis vähesel hulgal. Siit järeldub, et setendite ainelise koostise varieeruvus on suur.

### 5.3. Settekivimite struktuurid

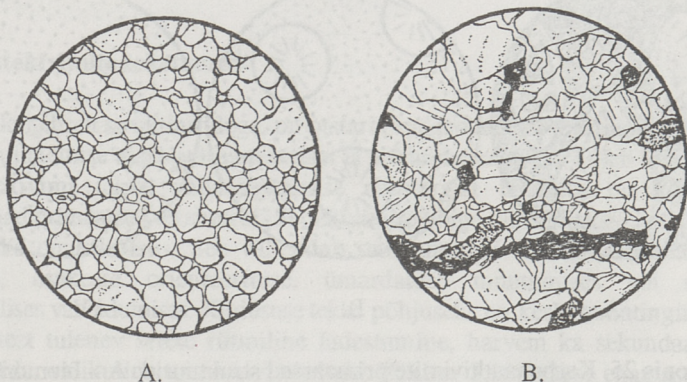
Valdava osa settekivimite jaoks on struktuur mikroskoopiline tunnus. Makroskoopiliselt on ta jälgitav vaid jäme purdosadest koosnevatel setenditel.

Purdsetendite peamiseks struktuurseks tunnuseks on koostisosa absoluutne suurus ja nende esinemissagedus. Seda kirjeldavad mitmed granulomeetrilise koostise e **lõimise** parameetrid. Osakeste suurusel põhineb ka



purdsetendite struktuurne klassifikatsioon (vt ptk. 5.2.).

Harva koosneb purdsetend ühte terasuuruse rühma ehk fraktsiooni kuuluvatest osakestest. Sagedamini esineb koos mitmesuguse terasuurusega materjal. Osakeste terasuuruse ühtlust või varieeruvust setendis iseloomustatakse **sorteeritusega** (joonis 24). Hästi sorteeritud setend koosneb ühesuurustest osakestest, st ühte lõimisefraktsiooni kuuluvatest osakestest. Sorteerituse koefitsient määratakse statistiliste meetoditega **lõimise analüüsi** andmete põhjal.



Joonis 24. Terade sorteeritus ja ümardatus purdkivimites.

A – keskmiselt sorteeritud ja poolümardatud terad; B – sorteerimata ja ümardamata terad.

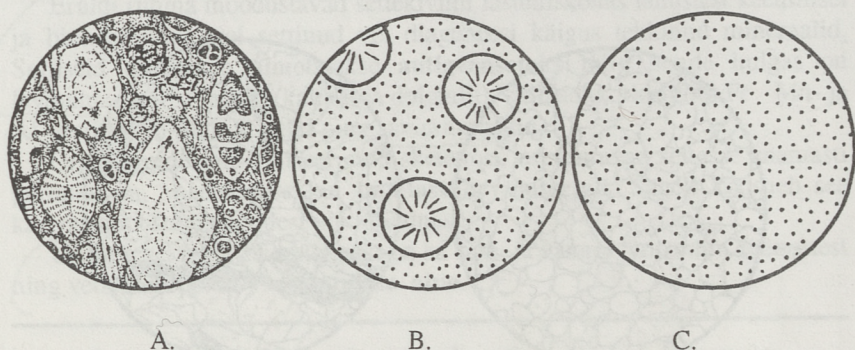
Setendite struktuurseks tunnuseks on samuti neid moodustavate osakeste (mineraalide ja kivimite purdosad, kristallid) kuju. Purdsetendites jälgitakse mineraali terade või kivimitükkide väliskuju, mille iseloomustamiseks kasutatakse tavaliselt osakese kolme, üksteisega ristuvat läbimõõtu. Viimaste alusel leitakse **isomeetrisuse, lapikuse ja piklikkuse** näitajad. Praktikas kasutatakse eelkõige purdosade **ümardatuse astet**, mida saab määrata vastavate etalonide järgi. Erineva ümardatuse järgi jaotatakse terad 3 kuni 6 klassi. Kolmikjaotuse korral räägitakse ümardamata, poolümardatud ja ümardatud teradest (joonis 24).

**Keemilistes- ja biokeemilistes kivimites** eristatakse analoogiliselt tardkivimitele **idio-, hüpidio- ja ksenomorfseid struktuure** sõltuvalt kristallide väljakujunemisastmest. Esimene tüüp tähistab kõige paremini väljakujunenud kristallidega struktuuri.

Teralised struktuurid esinevad ka enamikus keemilistes- ja biokeemilistes settekivimites. Terasuuruste jaotused võivad langeda kokku purdsetendite juures kasutatavate jaotustega.

Kuivõrd karbonaatkivimid ja evaporiidid kristalliseeruvad diageneesi käigus suuremal või vähemal määral ümber, eristatakse neis esmaseid e **primaarseid** ja teiseseid e **sekundaarseid struktuure**.

**Karbonaatkivimites on primaarsete struktuuride peamiseks tunnuseks teraliste ja mudaliste koostisosade vahekord ja omadused (joonis 25).**



Joonis 25. Karbonaatkivimite primaarsed struktuurid. A – biomorfne struktuur; B – oiidiline struktuur ja C – mikriidiline struktuur.

**Teralise** struktuuri moodustavad settimise ajal tahkes olekus ladestunud osakesed – organismide skeletijäänused, kivimite või mineraalide purdosad ja oiidid, mis on suuremad kui 0,03 mm. Küllalt levinud on teralise struktuuri alatüübina **biomorfne** struktuur, mille puhul kivim koosneb peamiselt organismide kivistunud jäänustest (näiteks karplubjakivi). Mudaline e **mikriidiline** struktuur moodustub osakestest mõõtmetega alla 0,03 mm<sup>8</sup> ning on tekkelt valdavalt keemiline või biokeemiline. **Afaniitne** struktuur on mikriidilise alatüüp, mida kasutatakse peitkristalste kivimite iseloomustamisel.

Ümberkristalliseerumise käigus kristallide mõõtmed keskmiselt suurenevad osade kristallide kasvamisest teiste, tavaliselt väiksemate arvel. Mida ulatuslikum on ümberkristalliseerumine, seda vähem säilib primaarseid

<sup>8</sup> – Teiste klassifikatsioonide järgi ka 0,01; 0,02 või 0,05 mm.



struktuure. Tekkivatest **sekundaarsetest struktuuridest** eristatakse karbonaatkivimites järgmisi: **jämekristalne** – kristallide suurus >1 mm; **keskmisekristalne** – 0,1–1 mm; **peenekristalne** – 0,05–0,1 mm; **pisikristalne** – 0,01–0,05 mm.

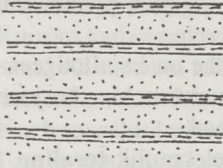
**Evaporiitides** organismide jäänused puuduvad, vähe on ka allotigeenset purdmaterjali ning peamised on **kristalsed struktuurid**, kusjuures sekundaarsed on primaarsetest reeglina jämekristalsemad.

**Boksiitidele, ferroliididele ja fosforiididele** on iseloomulik **teraline**, sh sageli **oiidiline struktuur**.

#### 5.4. Settekivimite tekstuudid

Analoogiliselt struktuuridega, on otstarbekas jaotada ka tekstuure sõltuvalt nende kujunemise ajast **primaarseteks** ja **sekundaarseteks**. Tuleb arvestada, et settekivimi tekke väljaselgitamise eesmärgist lähtudes on kindlasti olulisemad primaarsed tekstuudid. Settekivimite kõige tähtsamaks tekstuurseks tunnuseks on **kihilisus**. See väljendub settematerjali koostise, terasuuruse, värvuse, osakeste orienteerituse, ümardatuse muutumises või sageli perioodilises vaheldumises. Kihilisuse tekke põhjuseks on keskkonnatingimuste muutustest tulenev setete rütmiline ladestumine, harvem ka sekundaarsete protsesside valikuline toime kivimkehale. **Kihina** käsitletakse enamasti üle 1 cm paksust kivimi intervalli, mis on piiratud kihipindadega. Õhemaid, alla 1 cm paksusi kihikesi nimetatakse **lamellideks**. Kihtide ja kihisestse lamellide asendi järgi eristatakse settekivimites **paralleelkihilisust** ja **põimjaskihilisust** (joonis 26). Põimjaskihilisusel on palju variatsioone, mis iseloomustavad keskkonda, kus nad kujunesid. Näiteks tõusu-mõõna vööndis kujunenud liivakivid on kalasabakujulise põimjaskihilisusga. **Gradatsioonilise kihilisuse** puhul on jämedad osakesed koondunud kihi alumisse ossa ja ülespoole osakeste suurus pidevalt väheneb. Taoline kihilisus iseloomustab setteid, mis on kujunenud pidevate suunatud muutustega keskkonnas.

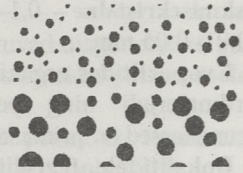
Kihilisus võib olla rikutud organismide elutegevuse protsessides – **bioturbatsiooni** käigus.



Paralleelkihilisus



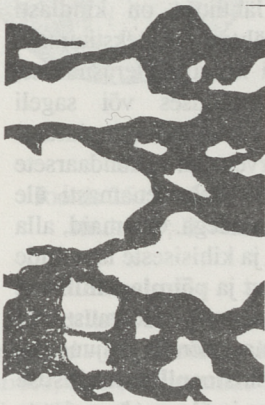
Põimjaskihilisus



Gradatsiooniline  
kihilisus

Joonis 26. Settekivimite tekstuudid.

Karbonaatkivimites esineb sageli **muguljas tekstuur** (joonis 27). See kuulub sekundaarsete tekstuuride hulka, kuna on tekkinud diageenesil kivimi koostisosade ümberpaigutumise tõttu.



Kivim on **massiivse tekstuuriga**, kui kihilisus ja osakeste orienteeritus puudub. Sagedamini esineb seda peeneteralistes (mergel, aleuroliit) või biokeemilistes (kriit) setendites.

Eraldi vaadeldakse **kihipinna tekstuure**. **Katkestuspinnad** kujunevad settimise katkemise ajal ja peegeldavad katkestuse vältel toimunud sündmusi. Kihipinnal saab eraldada veel lainetuse ja tuule tegevusel kujunenud **virgmärke** ning **kuivalõhesid** ja **organismide elutegevuse jälgi**. Karbonaatkivimeis on kihipinna sekundaarsete tekstuuridena levinud ka **stüloliitpinnad** – siksakilised või sopilised pinnad, mis on tekkinud diageenesil kivimi ebaühtlase lahustumise ja ümberkristalliseerumise tulemusel.

Joonis 27. Muguljas tekstuur.

## 5.5. Settekivimite levik Eestis

Peamised settekivimid Eestis on lubjakivid, liivakivid ja savikivimid. Lubjakivid koos teiste karbonaatkivimitega moodustavad lasundi, mis on kuni 500 m paks. Selle all lamavad liivakivid, aleuroliidid ja savikivimid. Pärnu–Põltsamaa–Mustvee joonest lõuna poole katavad karbonaatkivimeid



punased-kollased Devoni liivakivid. Nende põhiliste kivimtüüpide kõrval levivad Eestis ka konglomeraadid, kaustobioliitide hulka kuuluv põlevkivi, evaporiidid (kips), bentoniit ja fosforiit. Tuntumatest settekivimitest ei leidu Eestis kivisütt, pruunsütt, kivisoola, kriiti ega boksiiti.

## 6. MOONDEKIVIMID

### 6.1. Lähtekivimite moone ja moonde põhjused

Maakooses kõrgenenud rõhu, temperatuuri ja keemiliselt aktiivsete lahustegaaside ehk **fluidide** keskkonnas tekivad sette- ja tardkivimite mineraalide ümberkristalliseerumisel ja struktuuride-tekstuuride muutumisel **moondekivimid**. Moondeprotsessi käivitavad tegurid on rõhk ja temperatuur, mis tekivad maasisese soojuse, lasuvate kihtide raskuse ja kivimite deformeerumisel tekkinud horisontaalsuunalise rõhu koosmõjul. Nende jõudude mõjul lagunevad mineraalides keemilised sidemed ja osakesed (ioonid, aatomid) organiseeruvad teistsugustesse struktuuridesse – tekivad uued moondelised mineraalid. Seejuures ei pruugi kivimi keemiline koostis tervikuna muutuda, sest enamasti toimuvad protsessid suletud süsteemis. Mikroskoopiliselt on näha lähtekivimi mineraalide üleslahustumist ja uute mineraalide kristalliseerumist tekkinud pooriruumi. Seejuures jääb kivim tervikuna tahkesse seisundisse, säilib lähtekivimi lasuvusvorm, nõrgal moondel ka tekstuur, näiteks kihilisus. Kõrvalekaldeid sellest seaduspärasest esineb intensiivse fluidivoo olukorras, näiteks magmakehade kontaktil, tektoonilistes lõhedes, vulkaanilistel aladel, kus kivimeis areneb **metasomatoos** – kivimi moone koos märgatava keemilise koostise muutumisega. Reeglina tekib siis ka uus lasuvusvorm, mille morfoloogia määravad ära fluidide migratsiooniteed.

Seega on moondekivimites lähtekivimiga võrreldes muutunud kas mineraalne või keemiline koostis ja struktuur-tekstuur või kõik korraga.

Mida poorem ja rohkem keemiliselt aktiivseid mineraale sisaldav lähtekivim on, seda kergemini ta moondele allub. Nii tekivad kiiresti ja suhteliselt madalal temperatuuril (150–200°C) uued mineraalikooslused happelistes purskekivimites, tuffides, savi- ja karbonaatkivimeis. Aluselistes ja ultraaluselistes süvakivimites ning puhastes ränisetendes, on uute mineraalide moondeline teke aegalne protsess, mis nõuab suuri keskkonna erinevusi lähtekeskkonnaga võrreldes. Enamik moondekivimeid tekib sügavuses 10–30 km. Sügavuse suurenedes tõuseb maakoore temperatuur keskmiselt 30°C kilomeetri kohta. Seega on 15 km sügavusel, keskmisel moondeprotsesside

toimumise sügavusel, temperatuur 450°C ja rõhk ületab maapealse 4000 korda. Maapinnal võib moone toimuda ainult vulkaaniliste laavavoolude kontaktil setenditega. Maapinnalähedasi murenemis- ja kivistumisprotsessidega seotud mineraalseid muutusi moondeprotsesside hulka ei loeta, kuna neid põhjustavad eksogeensed tegurid.

Maakoos kõrgenenud rõhu, temperatuuri ja fluidide keskkonnas tekivad sette- ja tardkivimitest mineraalide ümberkristalliseerumisel ja struktuuride-tekstuuride muutumisel **moondekivimid**.

Üldjuhul ei ole moondeprotsessid looduses "pööratavad". Soojuse ja rõhu tõusu tingimustes arenev **progressiivne moone**, mille käigus kivimeist eralduvad lenduvad ained ( $H_2O$ ,  $CO_2$ , Cl, F, Na, K) asendub "vastassuunalise" **retrograatse moondega** vaid täiendava veefluidi lisandudes süsteemi.

## 6.2. Moondekivimite struktuurid ja tekstuurid

Moondekivimite struktuurid ja tekstuurid on väga mitmekesised, seetõttu käsitletakse alljärgnevalt neist olulisemaid.

Moondekivimites jälgitavaid struktuure võib jagada kolme rühma: mineraalide **ümberkristalliseerumis-** (kristalloblastilised), **purustus-** (kataklastilised) ja **säilunud** (reliktsed) **struktuurid**.

Enamikes moondekivimites saab mineraalide esinemisviisi iseloomustada mingi ümberkristalliseerumisstruktuurina: **võrdteralise** (homeoblastilise), **eriteralise** (porfüroblastilise), **teralise** (granoblastilise), **lehelise** (lepidoblastilise) või **tulbalise** (nematoblastilise) **struktuurina**.

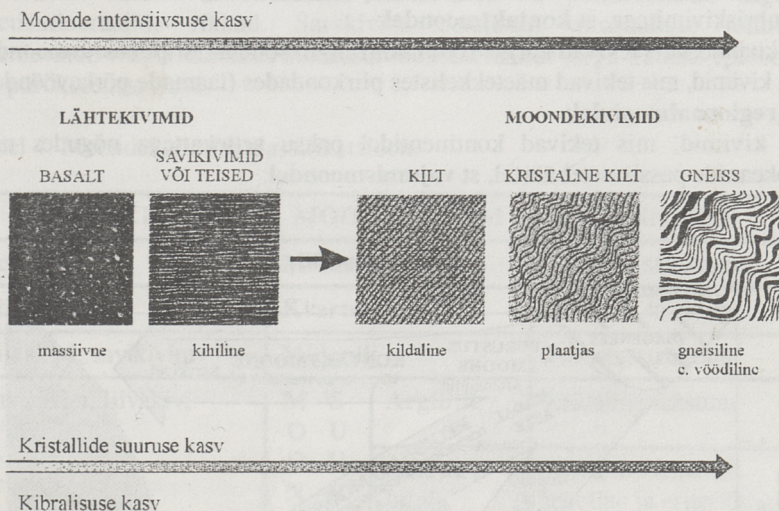
Mehaanilisel deformatsioonil tekkinud purustuse ilminguid kivimis tähistatakse kristalloblastilise struktuuri "muutmisega" **kristalloklastiliseks**, s.o asendades vastavais terminis järelliite "-blastiline" järelliitega "-klastiline" (näiteks lepidoklastiline struktuur). Kildudest koosnevat kivimit iseloomustab **bretšaline**, peeneks jahvatatud massi aga **tsementstruktuur**. Tervikuna purustatud paakunud peitkristalset, klaasja massiga kivimit nimetatakse müloniidiks ja vastavat struktuuri **müloniitseks**.

Kontaktmoonde kivimitele on väga iseloomulik **sarvkivistruktuur**, kus makroskoopiliselt väga peeneteraline või peitkristalne, karpja murdega mineraalne mass osutub mikroskoobi all pisikeste, suhteliselt idiomorfsete



kristallide agregaadiks.

Moondekivimites on väga iseloomulik mineraalide orienteeritud levik. Nii moodustunud **direktiivsetest tekstuuridest** on sagedasim **paralleel-tasapinnaline** tekatuur. See väljendub madala moondeastme peitkristalseis, väga õhukeseplaadilistes kivimites lõhenevuse e **klivaažina**, veidi jämedateralisemates kivimites **kildalise** ja **plaatja** tekstuurina. Kõrge astme moondekivimeis moodustab tumedate-heledate mineraalide vöödilise vaheldumine gneisilise e **vöödilise tekstuuri** (joonis 28).



Joonis 28. Moondekivimite tekstuurid.

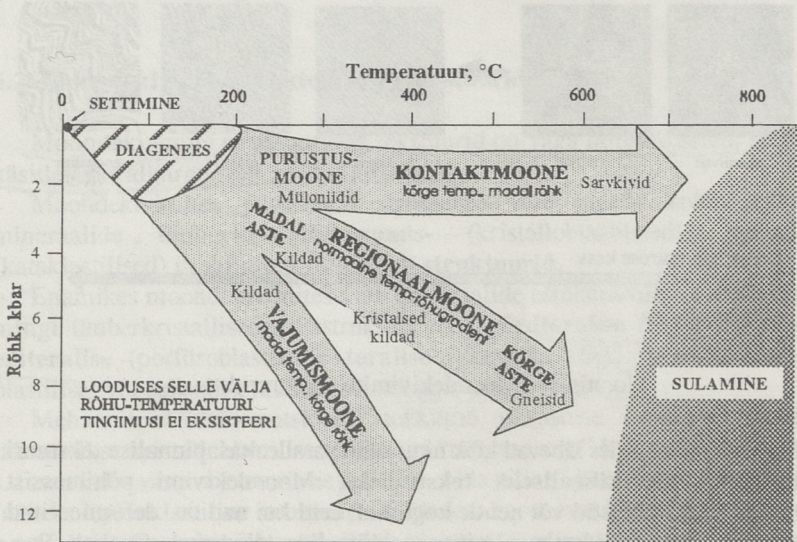
Kurrutusprotsessides lähevad kõik nimetatud paralleeltasapinnalise tekstuuri variatsioonid üle **kibraliseks tekstuuriks**. Moondekivimi põhimassist suuremad porfüroblastid või nende kogumid, eriti kui nad on deformeeritud lapikuks, annavad kivimile silmilise e **läätselise tekstuuri**. Osalise ülesulamise läbi teinud kivimeis, migmatiitides, eristatakse mobiilse, graniitse kivimina tardunud massi, **leukosoomi**, levikuviisi poolt loodud **kihilist, võrkjat ja laigulist tekstuuri**.

### 6.3. Moondekivimite tüübid

Moondekivimite klassifitseerimine põhineb mitmel tunnusel. Kõiki moondekivimeid võib sõltuvalt nende lähtekivimeist jaotada **orto-** ja **para-**kivimiteks. Esimesed on tekkinud tardkivimite, teised settekivimite moondel. Samas ei ole sageli tugeva moonde korral võimalik lähtekivimit määrata. Moondele alluvad lähtekivimid võivad olla väga mitmesugused (tabel 4), kuid erinevates moonderežiimides (joonis 29) tekivad neist kindlate, konkreetsele režiimile iseloomulike tunnustega uued kivimid.

Moondeprotsesside liigi järgi jaotatakse enamlevinud moondekivimid:

- ◆ kivimid, mis tekivad kõrgel temperatuuril magmamasside kontaktil ümbriskivimitega, st **kontaktmoondel**;
- ◆ kivimid, mis tekivad kõrgel rõhul murranguvööndeis, st **purustusmoondel**;
- ◆ kivimid, mis tekivad mäetkkelistes piirkondades (laamade pörkevööndeis) st **regionaalmoondel**;
- ◆ kivimid, mis tekivad kontinentidel paksu settekattega nõgudes ning ookeanide passiivsetel äärtel, st **vajumismoondel**.



Joonis 29. Temperatuuri – rõhu tingimused, neile vastavad moondeprotsesside liigid ja kivimtüübid.



Detailsemalt rühmitatakse mingi moondeliigi kivimeid juba moondefaatsieste järgi, s.o kindlas P-T intervallis füüsikalise-keemilise tasakaalu saavutanud kivimrühmadena. Konkreetseid kivimtüüpe nimetatakse sageli tekstuuri tüübist ja mineraalsest koostisest tuletatud eesliiteliste nimetusega, näiteks vilgukilt, granaatkilt ja kloriitkilt.

Maakooses tarduvate magmamasside kontaktil tekivad **kontaktmoonidel** (vt joonis 29) **sarvkivid**, mille nimetus tuleneb väga peeneteralise või peitkristalse mineraalse massi poolt loodavast karpjast ehk sarvjast murdepinnast. Vaid osades neist võib palja silmaga näha suuremaid kristalle – porfüroblaste: grafiiti, vilku, päevakivi, andalusiiti, kordieriiti, küünekivi, pürokseene jt mineraale. Madala moondeastme sarvkivides on porfüroblastid sageli suletismineraalide rikkad. Sarvkivide detailsem nimetamine toimub enamlevinud või porfüroblastide moodustavate mineraalide järgi, näiteks epidoot- või pürokseensarvkivi.

Tabel 4. Moondekivimite klassifikatsioon.

LÄHTEKIVIM	MOONDEKIVIM	TUNNUSED	
Lubjakivi	Marmor	Teraline struktuur	
Liivakivi	Kvartsiit	Teraline struktuur	
Liivakivi, savikivim	Müloniit	Purustusstruktuur	
Savikivim, liivakivi	M S O U O U N R E E N ↓ E B	Argilliit	Kildaline tekstuur
		Kloriit-, talgi-, seritsiitkilt	Kildaline tekstuur, leheline ja eriteraline struktuur
		Kristalne kilt	Plaatjas tekstuur
		Gneiss	Vöödiline tekstuur
Aluseline tardkivim	Amfibliit	Teraline struktuur	
Savikivim, purskekivim	Sarvkivi	Teraline ja peitkristalne struktuur	

**Skarnid** tekivad magmamasside kontaktil karbonaatkivimitega. Magmast lähtuvate fluidide mõjul ilmnevad lubjakivides ja dolomiitides, s.o Ca-rikastes kivimites metasomatoosi nähud ja moodustuvad Ca-, Mg- ja Fe-silikaatide rikkad kivimid.

Teiseks kontaktmoondel tekkivaks kivimtüübiks on **greisen**. Greisenid tekivad graniitide metasomatoosil ning sisaldavad kvartsi ja vilkude kõrval topaasi, fluoriit, turmaliini, kassiteriiti jt metasomaatilisi mineraale.

Murranguvööndeis **purustusmoondel** tekivad nii liistakulised (klivaažistunud, kildastunud) kivimid kui ka rohkem või vähem kildudest koosnevad **tektoonilised hõõrebretšad**. Äärmuslikul, väga intensiivsel kivimite peeneks jahvatamisel võivad moodustuda enamasti peitkristalsed, paakunud, sageli kihilised kivimpuru massid – **müloniidid**. Purustusprotsessides uudismineraale ei teki, küll aga setib sageli lõhedesse tunginud hüdrotermaalsetest vetest lõhepindadele, kildude vahele rohekaid muldjaid kloriidi, epidoodi ja vilkude masse. Müloniidid on sageli peenelt hajutatud hematiidist roostepunased.

Omapärane, impaktiivne e **šokimoone**, leiab aset momentaalsel purustusel meteoriidide langemisel ning gaasi- ja tuumaplahvatustel. Seejuures tekivad klaasja tsemendiga **löögbretšad** või isegi täielikult klaasjad **impaktiidid**.

Kõige laialdasem moondekivimite teke kontinentaalses maakooses toimub laamade pörkevööndeis **regionaalmoondel**. Sõltuvalt moondepiirkonna soojusrežiimist arenevad siin madala (temperatuuril kuni 400°C), keskmise (400–550°C) või kõrge (>550°C) astme moondeprotsessid. Regionaalmoonde **madala astme** kivimitele – **kiltadele** – on tüüpiline, et põhimassi mineraalide terasuurus on alla 0,1 mm, st nad on peitkristalsed. Lehelise kristallikujuga mineraalide esinemise korral on need tüüpiliselt paralleeltasapinnalise orientatsiooniga, mis loob kivimeis kildalise tekstuuri. Muskoviidi või tema väga peeneliblelise erimi, seritsiidi esinemine annab kivimile hõbedase läike. Kloriidid, talk, epidoot ja serpentiin värvivad kivimi rohelisteks. Kunagised lõhed on täitunud aga valkjate mineraalide – kvartsi, kaltsiidi, albiidi ja tseoliitidega.

**Keskmise astme** moondekivimitele – **kristalsetele kiltadele** – on iseloomulik palja silmaga nähtavad põhimassi mineraalid – vilgud, amfiboolid, päevakivid ja kvarts. Need mineraalid moodustavad ka porfüroblaste nagu ka granaat ja stauroliit.

**Kõrge astme** moondekivimite – **gneisside** – põhimassi mineraalid on enamasti keskmiseteralised, suurusega 2–5 mm. Koos vilkude osakaalu vähenemisega kaob kivimeist kildaline tekstuuri ning areneb tumedate (biotiit, amfiboolid, pürokseenid) ja heledate (kvarts, päevakivid) mineraalide kihtide



vaheldumisena vöödilise tekstuur. Gneissidele on tüüpiline jagunemine löögil vähemalt paari sentimeetri paksusteks, ebatasase pinnaga plaatideks. Porfüroblastidena võivad esineda ortoklass, granaat, küaniit, kordieriit, küünekivi ja pürokseenid.

**Vajumismoondel** tekivad analoogselt madala astme regionaalmoondele **kildad**. Äärmusliku vajumise tingimustes kujunevad **sinikildad**, mis sisaldavad leeliselist amfibooli.

Metamorfismiõpetuses väljendatakse sageli moonde tingimusi **moondefaatsieste** kaudu (joonis 30). Mõiste võttis kasutusele käesoleva sajandi kahekümnendail aastail Soome geoloog P. Eskola. Vastavalt P–T tingimuste muutustele eristatakse konkreetsetele moondepiirkondadele omaseid faatsieseid ja nende seeriaid.

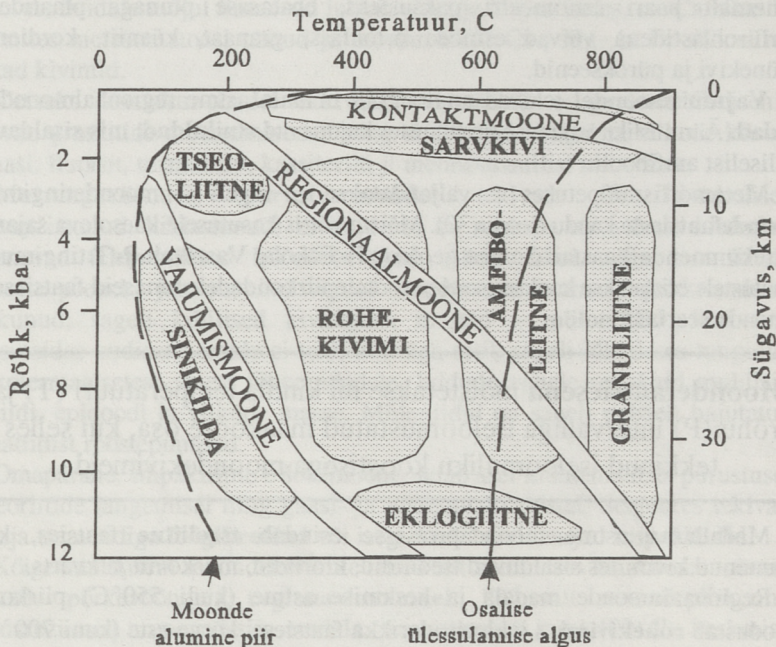
---

**Moondefaatsiesena** mõistetakse nii kindla temperatuuri (T) ja rõhu (P) intervalliga iseloomustatud maakoore osa, kui selles tekkinud iseloomuliku koostisega moondekivimeid.

---

Madalaima astme moondeprotsesse esindab **tseoliitne** faatsies, kus kujunenud kivimites sisalduvad tseoliidid, kloriidid, muskoviit ja kvarts.

Regionaalmoonde madala ja keskmise astme (kuni 550°C) piirkond moodustab **rohekivimi**, s.o kloriitiderikka faatsiese, kõrge aste (kuni 700°C) aga **amfiboliitse**, s.o küünekivirikka faatsiese. Kui moondekivimite poorid on amfiboliitse faatsiese tingimustes küllastunud veeaurust, hakkavad kvartsi, päevakivi ja vilke sisaldavad kivimid temperatuuril üle 650°C osaliselt üles sulama produtseerides graniidi koostisele vastavat ränirikast vedelikku – graniitset magmat. Sellise heterogeense keskkonna jahtumisproduktideks on segakivimid – **migmatiidid**, mis koosnevad roosakast, heledast, kvartsi ja päevakividerikkast osast – **leukosoomist**, ning tumedast, biotiidi, küünekivi ja pürokseeniderikkast osast – **melanosoomist**. Sageli on migmatiitides ka kaaliumpäevakivi, granaadi ja kordieriidi porfüroblaste. Kivimite ülessulamisprotsess kontinentaalse maakoore süvaosas pidurdub oluliselt veeauru kui katalüsaatori defitsiidi tõttu. Kui sellesse piirkonda tuleb juurde täiendavat soojust, jätkub kivimite tahke moone edasi põhiliselt pürokseenide tekkega. Sellistes tingimustes (temperatuur 700–800°C; rõhk 5–10 Kbar) tekkinud kivimeid käsitletakse **granuliitse faatsiesena**. Joonisel 30 on näha, et granuliitne faatsies asetseb kivimite ülessulamise väljal. Ülesulamine realiseerub aga ainult veefluidirikas keskkonnas. Granuliitse faatsiese ning osalt ka teiste kivimite teke on võimalik ainult veefluidide puudumisel.



Joonis 30. Moondefaatsiesed ja nende seosed moondeprotsesside liikidega.

Edasise rõhu tõusu jätkudes üle 10 Kbar, lagunevad päevakivid ja kvarts ning tekib silikaatseist kivimeist suurima tihedusega ( $d = 3,4$ ) punase-rohelisevärviline granaat-pürokseenkivim – eklogiit. Eklogiitse faatsiese tingimused esinevad maakoos lokaalselt mandrite süvaosades ja ookeanide äärtes. Granuliitse ja eklogiitse faatsiese kivimid paljanduvad maapinnal harva.

Retrograatsel moondel kristalliseeruvad eklogiit ja granuliitse faatsiese pürokseengeenisid ümber küünekivi-plagioklasskivimiks – amfiboliidiks.

Vajumismoonde kõrgel astmel, kus oluline osa on rõhul, kujunevad sinikilda faatsiese kivimid. Nimetus tuleneb neis kivimeis esineva mineraali (glaukofaani) sinisest värvusest.



#### 6.4. Moone ookeanipõhjas

Ookeanide alla jäävas ookeanilises maakoores toimub aluseliste ja ultraaluseliste tardkivimite ning ränikivimite reageerimine hüdrotermidega, mis on tekkinud maakoorealustest magmafluididest ja mereveest. Mineraalsed protsessid sarnanevad regionaalmoonde rohekivimi faatsiese omale. Kivimitesse tekib hulgaliselt serpentiini, talki, kloriite, epidooti ja albiiti. Murranguvööndites setivad sageli polümetalsed sulfiidid – püriit, galeniit ja sfaleriit.

25

#### 6.5. Moondekivimite levik Eestis

Nagu tardkivimeidki, võib moondekivimeid näha Eestis maapinnal väid rändkividenähtadena, mida on mandriliustik Skandinaaviast lõuna poole liikudeskaasa haaranud Lõuna-Soomest ja praeguse Läänemere põhjast. Meie settekivimite all, Põhja-Eestis paarisaja meetri, Lõuna-Eestis kuni 700 m sügavusel, lasuvad rändkividega täiesti analoogilised moondekivimid. Moondekivimite põhilisteks esindajateks on savi- ja liivakividest tekkinud vöödilised vilgugneisid ja ookeanipõhja basaltide moondel tekkinud mustad amfiboliidid. Kogu moondekivimite kompleks on kõrge astme regionaalmoonde tingimustes läbi teinud osalise ülesulamise, mille käigus moodustusid tard- ja moondekivimite segakivimid – migmatiidid.

# KIRJANDUSE LOETELU

- Arold, I., Raukas, A. ja Viiding, H. Geoloogia alused. Valgus, Tallinn, 1987, 198 lk.
- Best, K. G. Igneous and Metamorphic Petrology. W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1982, 630 p.
- Blatt, H., Middleton, G. & Murray, R. Origin of Sedimentary Rocks, 2<sup>nd</sup> ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, 1980, 782 p.
- Đud'a, R. ja Reji, L. Väike vääris kiviraamat. Maailma vääris- ja ehtekivid ning nende omadused. Sinisukk, Tallinn, 1998, 190 lk.
- Kark, J. Mineraloogia õpperaamat. Teaduslik Kirjandus, Tartu, 1940, 286 lk.
- Kark, J. Füüsikaline geoloogia. Teaduslik Kirjandus, Tartu, 1946, 173 lk.
- Kitse, E. ja Oja, A. Mineraloogia ja petrograafia praktikum. 2. trükk. Eesti Põllumajanduse Akadeemia, Tartu, 1986, 126 lk.
- Klaamann, E., Müürisepp, K. ja Viiding, H. Eesti maavarad, kivimid ja kivistised Abimaterjal õpetajale. Teine, parandatud trükk. Eesti NSV Haridusministeerium, Tallinn, 1980, 67 lk.
- Klein, C. & Hurlbut, C. S., Jr. Manual of mineralogy (after James D. Dana). 21<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc., New York etc., 1993, 681 p.
- Loog, A. ja Oraspõld, A. Settekivimite ja setete (setendite) uurimismeetodid. Tartu Riiklik Ülikool, Tartu, 1982, 83 lk.
- Mason, B. & Moore, C. B. Principles of geochemistry, 4<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons, New York, 1982, 344 pp.
- Ojaste, K., Reier, A. ja Mens, K. Kristallograafia, mineraloogia, petrograafia. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1964, 463 lk.
- Press, F. & Siever, R. Understanding Earth, 2<sup>nd</sup> ed. W. H. Freeman and Company, New York, 1998, 682 p.
- Raukas, A. Kalliskivid. Valgus, Tallinn, 1982, 216 lk.
- Raukas, A. Purdkivimite ja purdsetete klassifikatsioon terasuurse järgi. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut, Tallinn, 1981, 21 lk.
- Rõõmusoks, A. ja Viiding, H. Üldine geoloogia I. TRÜ rotaprint, Tartu, 1962, 165 lk.
- Symes, R.F. Kivimid & mineraalid. Koolibri, Tallinn, 1996, 64 lk.
- Tarbut, E. J. & Lutgens, F.K. The Earth: an introduction to physical geology. 2<sup>nd</sup> ed. Merrill Publishing Company; A Bell & Howell Company, Columbus etc., 1987, 592 p.
- Viiding, H. Suurte rändrahnude kirjeldamise juhend. Abiks loodusvaatlejale nr. 85. Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Eesti Loodusuurijate Selts, Tartu, 1986, 104 lk.
- Viiding, H. Mineraalide kristallooptiline uurimismeetod. Tartu Riiklik Ülikool, Geoloogia kateeder, Tartu, 1971, 159 lk.
- Viiding, H. Eesti mineraalid ja kivimid. Valgus, Tallinn, 1984, 248 lk.
- Вильямс Х., Тернер Ф., Гилберт Ч. Петрография I. Мир, Москва, 1985, 300 с.
- Вильямс Х., Тернер Ф., Гилберт Ч. Петрография II. Мир, Москва, 1985, 319 с.
- Годовиков, А. А. Минералогия. 2ое изд. Недра, Москва, 1983, 647 с.



# INGLISE – EESTI VÄIKE MÕISTETE SÕNASTIK

accessory mineral	aktsessoorne mineraal
accumulation	kuhjumine
acid rock	vt felsic rock
adamantine luster	teemandiläige
aggregate of crystals	kristalliagregaat
aggregate	agregaat
albite	albiit
alkali feldspar	leelispäevakivi
alkaline magma	leeliseline magma
alkaline rock	leeliseline kivim
allochromatic	allokromaatiline
allotigenic mineral	allotigeenne mineraal
aluminum	alumiinium
alumosilicate	alumosilikaat
amethyst	ametüst
amorphous	amorfne
amphibole	amfibool
amphibolite	amfiboliit
andalusite	andalusiit
andesite	andesiit
anhydrite	anhüdriit
anion	anioon
anthropogenic process	antropogeenne protsess
apatite	apatiit
aphanitic	vt cryptocrystal
aragonite	aragoniit
arenite	areniit
argillite	argilliit, kilt
arkose	ar koos
arsenopyrite	arsenopüriit
asbestos	asbest
azurite	asuriit
atom	aatom
atomic mass	aatommass
augite	augiit
authigenic mineral	autigeenne mineraal

bacteria	bakterid
banded structure	vöödilise tekstuur
baryte	barüüt
basalt	basalt
basic rock	vt mafic rock
batholith	batoliit
bauxite	boksiit
bed	kiht
bedding plane structures	kihipinna tekstuurid
bedding	kihilise
bentonite	bentoniit
beryl	berüll
biochemical sediment, rock	biokeemiline sete, settekivim
bioclastic particles	bioklastilised osad
biomorphic	biomorfe
biotite	biotiid
bioturbation	bioturbatsioon
Bowen reaction series	Boweni reaktsiooniread, Boweni skeem
breccia	bretša
brown coal	pruunsüsi
burial metamorphism	vajumismoone
burial	mattumine
calcite	kaltsiid
carbon	süsinik
carbonate rock	karbonaatkivim
carbonate sediment	karbonaatne sete
carbonates	karbonaadid (mineraalide klass)
cassiterite	kassiteriid
cataclastic metamorphism	purustusmoone
cataclastic texture	kataklastiline e purustusstruktuur
cation	katioon
caustobiolith	kaustobioliit
cave	koobas, tühik
cavern	poor, kavern
cementation	tsementeerumine
chain structure	ahelstruktuur, lintstruktuur, vt single chain linkage, double chain linkage
chalcedony	kaltседон
chalcopyrite	kalkopüriit
chalk	kriit



chemical bond	keemiline side
chemical composition	keemiline koostis
chemical compound	keemiline ühend
chemical element	keemiline element
chemical sediment, rock	keemiline sete, settekivim
chemical stability	keemiline püsivus
chemical weathering	keemiline murenemine, porsumine
chert	ränikivim
chlorite	kloriit
chromite	kromiit
chromophore	kromofoor
cinnabar	kinaver
classification of minerals	mineraalide klassifikatsioon
clastic particles	purdosad, purdmaterjal
clastic sediment, rock	purdkivim, terrigeenne settekivim
clay mineral	savimineraal
clay	savi, peliit
claystone	savikivim
cleavage	lõhenevus
coal	kivisüsi
coarse-grained	jämeteraline
colloid	kolloid, kolloidne
color	värvus
compaction	tihenemine
composition of crust	maakoore koostis
composition of rocks	kivimite koostis
conchoidal fracture	karpjas murre
concordant intrusion	konkordantne intrusiiv
concretion	konkretsioon
conglomerate	konglomeraat
contact metamorphism	kontaktmoone
continous reaction series	pidevate reaktsioonide rida
copper	vask
cordierite	kordieriit
corundum	korund
covalent bond	kovalentne side
crocoite	krokoit
cross-bedding	põimjaskihilisus
crust of weathering	murenemiskoorig
crust	koor (maakoore)

cryptocrystal	krüptokristalne, peitkristalne, afaniitne
crystal, crystalline	kristalne
crystal face	kristalli tahk
crystal habit	vt crystal shape
crystal shape	kristalli kuju
crystal structure	kristallstruktuur, kristallvõre
crystal	kristall
crystallization	kristalliseerumine
crystalloblastic	kristalloblastiline (struktuur)
cubic syngony	vt isometric system
cyclosilicates	rõngassilikaadid
dendrite	dendriit
density	tihedus
deposit	vt sediment
deposition	settimine
diagenesis	diagenees
diamond	teemant
differentiation	diferentseerumine
dike	daik
diopside	diopsiid
diorite	dioriit
directive	direktiivne, orienteeritud (tekstuur)
discontinuous reaction series	katkendlike reaktsioonide rida
discordant intrusion	diskordantne intrusiiv
dolomite	dolomiit (mineraal, kivim)
dolomite-rich marl	domeriit
dolostone	dolokivi, dolomiit (kivim)
double chain linkage	lintstruktuur
double chain silicates	lintsilikaadid
druse	druus
Earth crust	maakoor
eclogite	eklogiit
effusive rock	efusiivne kivim, purskekivim, vulkaaniline kivim
electron	elektron
element	element
emerald	smaragd
endogenous process	endogeenne protsess
epidote	epidoot
erosion	erosioon



erratic boulder	rändkivi
evaporate	evaporiit
exfoliation	kihtkoorumine (kivimite rabenemisel)
exogenous process	eksogeenne protsess
extrusive igneous rock	vt extrusive rock
extrusive rock	purskekivim, vulkaaniline kivim
fabric	(kivimi) struktuur ja tekstuur
face	tahk (kristalli)
facies of metamorphism	moondefaatsies
feldspar	päevakivi
feldspathoid	feldšpatoid
felsic rock	happeline kivim
ferrolite	ferroliidid
fibrous	kiudjas (agregaat)
fine-grained	peeneteraline (struktuur)
fissility	kildaligus
fluid	fluid
fluidal	fluidaalne e voolu(tekstuur)
fluorite	fluoriit
foliated	kibraline (tekstuur)
foliation	kurrutus
forsterite	forsteriit
fractional crystallization	kristallisatsiooniline diferentseerumine
fracture	murre, murdepind
framework structure	karkass-struktuur
gabbro	gabro
galena	galeniit
garnet	granaat
geobar	geobaariline aste
geode	sekretsioon
geologic time	geoloogiline aeg
geothermal gradient	geotermiline aste
gibbsite	gibiit
glassy luster	klaasiläige
glauconite	glauconiit
gneiss	gneiss
gneissic	gneisiline e vöödiline (tekstuur)
goethite	götiit
gold	kuld
grade of metamorphism	moondeaste

graded bedding	gradatsiooniline kihilisus
grain size	terasuurus
grain	tera
granite	graniit
granodiorite	granodioriit
granular	teraline (struktuur, agregaat)
granulite	granuliit
graphite	grafiit
gravel	kruus
graywacke	grauvakk
greasy luster	rasvaläige
greenschist	rohekilt
greenstone	rohekivim
greisen	greisen
gypsum	kips
halides	vt halogenides
halite	haliit
halogenides	halogeniidid (mineraalide klass)
hardness	kõvadus (mineraali)
hematite	hematiit
hexagonal system	heksagonaalne süngoonia
high grade metamorphic rock	kõrge astme moondekivim
hornblende	küünekivi
hornfels	sarvkivi
hydration	hüdratiseerumine
hydromica	hüdrovilk
hydrothermal solution	hüdroterm
hydrothermal vein	hüdrotermaalne soon
hydroxides	hüdroksiidid (mineraalide klass)
hypersthene	hüpersteen
hypidiomorphic	hüpidiomorfne
idiomorphic	idiomorfne
igneous rock	tardkivim
illite	illiit
impact metamorphism	impaktiivne moone, šokimoone
impactite	impaktiit
imperfect cleavage	ebaselge lõhenevus
inosilicates	ahelsilikaadid, lintsilikaadid
intermediate rock	keskmine kivim
intrusion	intrusioon



intrusive rock	intrusiivne kivim, süvakivim
ion	ioon
ionic bond	iooniline side
iron formation	vt ironstone
iron	raud
ironstone	ferroliidid
isolated tetrahedra linkage	saarstruktuur
isometric system	kuubiline süngoonia
isomorphic	isomorfne
isomorphism	isomorfism
kaolinite	kaoliniit
K-feldspar	kaaliumpäevakivi
kyanite	küaniit, end disteen
lamella	lamell
laminated	kihiline (tekstuur)
lava flow	laavavool
lava sheet	laavakate
lava	laava
lens structure	lääteline tekstuur
leucocratic mineral	leukokraatne mineraal
limestone	lubjakivi
Li-mica	Li-vilk
limonite	limoniit
linkage	struktuur
lithification	litifitseerumine, kivistumine
low grade metamorphic rock	madala astme moondekivim
luster	läige
mafic rock	aluseline kivim
magma	magma
magmatic	magmaline
magnetite	magnetiit
malachite	malahhiit
mandelstone structure	mandelkivitekstuur
manganolites	manganoliidid
marble	marmor
marcasite	markasiit
marl	mergel
massive	massiivne (tekstuur)
melanocratic mineral	melanokraatne mineraal
melting	sulamine

metallic bond	metalliline side
metallic luster	metalne läige
metamorphic facies	moondefaatsies
metamorphic grade	moondeaste
metamorphic rock	moondekivim, metamorfne kivim
metamorphic texture	moondekivimi struktuur
metamorphism	moone, metamorfism
metasomatism	metasomatoos
mica	vilk
micritic	mikriidiline e mudaline (struktuur)
microcline	mikrokliin
middle grade metamorphic rock	keskmise astme moondekivim
migmatite	migmatiit
mineral	mineraal
mineralogy	mineraloogia
Mohs scale of hardness	Mohsi kõvaduse skaala
molybdenite	molübdeniit
monoclinic system	monokliinne süngoonia
mud	muda
mudcrack	kuivalõhe
mudstone	aleuroliit-savikivim
multiple SiO <sub>4</sub> structure	hantelstruktuur
muscovite	muskoviit
mylonite	müloniit
Na-salt peter	Na-salpeeter
native elements	ehedad elemendid (mineraalide klass)
neck	nekk
nepheline	nefeliin
nesosilicates	singelsilikaadid
nodular	muguljas (tekstuur)
nonmetal	mittemetalne
obsidian	obsidaan e vulkaaniline klaas
ochre	ooker
oil shale	põlevkivi
olivine	oliviin
ooidic	oiidiline (struktuur)
ooids	oiidid
opal	opaal
opaque mineral	läbipaistmatu mineraal
ophiolite	ofioliit



organic mineral	orgaaniline mineraal
organic sediment	orgaaniline, biogeenne sete
organic sedimentary rock	biogeenne settekivim
orthoclase	ortoklass
orthorhombic system	rombiline süngoonia
oxides	oksiidid (mineraalide klass)
oxygen	hapnik
parallel bedding	paralleelkihilisus
parent rock	lähtekivim
partial melting	osaline sulamine
parting	eraldis(vorm)
pearly luster	pärmutriläige
peat	turvas
pegmatite	pegmatiit
perfect cleavage	täiuslik lõhenevus
peridotite	peridotiit
petrography	petrograafia
phenocryst	fenokristall
phosphates	fosfaadid (mineraalide klass)
phosphorite	fosforiit
phyllite	fülliiit e seritsiitkilt
phyllosilicates	kihtsilikaadid
physical weathering	füüsikaline murenemine e rabenemine
plagioclase	plagioklass
plane of cleavage	lõhenevuspind
platy	plaatjas (kristall, agregaat)
pluton	plutoon
plutonic rock	süvakivim
pneumatolyte	pneumatolüüt
pneumatolytic	pneumatolüütiline
polymorph	polümorfne erim
porosity	poorsus
porous	poorne (tekstuur)
porphyritic	porfüüriline
porphyroblast	porfüroblast
porphyry	vt porphyritic
precipitation	sadenemine, settimine
pressure	rõhk
primary texture	primaarne struktuur
pseudochromatic	pseudokromaatile

psilomelane	psilomelaan
pyrite	püriit
pyroclastic material	püroklastiline materjal
pyroxene	pürokseen
pyrrhotite	pürrotiin
quartz	kvarts
quartzite	kvartsiit
recrystallization	ümerkristalliseerumine
regional metamorphism	regionaalmoone
relict texture	reliktne e säilunud struktuur
reniform	neerjas (agregaat)
resinous luster	vaiguläige
retrograde metamorphism	retrograadne moone
rhyolite	rüoliit
ring linkages	vt ring structure
ring structure	rõngasstruktuur
ripple (mark)	virgmärk
rock forming minerals	kivimit moodustavad mineraalid
rock	kivim
rutile	rutiil
sand	liiv
sandstone	liivakivi
sanidine	sanidiin
scale	libeline (agregaat)
scheelite	šeliit
schist	kristalne kilt
schistosity	plaatjas tekstuur
secondary texture	sekundaarne struktuur
sediment	setend, sete
sedimentary basin	settebassein
sedimentary breccia	setteline bretša
sedimentary rock	settekivim
sedimentary structure	settekivimite tekstuur, setteline tekstuur
sedimentation	settimine
semimetal	poolmetall
semimetallic luster	poolmetalne lõige
sericite schist	seritsiitkilt
serpentine	serpentiin
shale	savikilt
sheet linkage	vt sheet structure



sheet structure	kihtstruktuur
shock metamorphism	šokimoone
siderite	sideriit
silica	ränioksiid
silicates	silikaadid (mineraalide klass)
siliceous rock	ränikivim
siliceous sedimentary rock	vt siliceous rock
silicon	räni
silky luster	siidiläige
sill	sill
sillimanite	sillimaniit
silt	aleuriit
siltstone	aleuoliit
silver	hõbe
single-chain linkage	ahelstruktuur
single-chain silicates	ahelsilikaadid
single SiO <sub>4</sub> structure	singelstruktuur
skarn	skarn
slate	kilt
slaty cleavage	klivaaž
slaty structure	kildaline tekstuur
solubility	lahustumine
sorosilicates	singelsilikaadid
sorting	sorteeritus
space group	ruumigrupp
specific gravity	erikaal
sphalerite	sfaleriit
splintery fracture	pinnuline murre
spodumene	spodumeen
stalactite	stalaktiit
stalagmite	stalagmiit
staurolite	stauoliit
stock	stokk
stratification	kihilisus
streak	kriips, kriipsuvärvus
structure	(kivimi) tekstuur
sublimation	sublimatsioon
sulfates	sulfaadid (mineralide klass)
sulfides	sulfiidid (mineraalide klass)
sulfur	väävel

sylvite	sülviin
symmetry elements	sümmetriaelemendid
syngony	vt system
synthetic mineral	sünteeiline mineraal, tehismineraal
system	(kristallograafias) süngoonia
zeolite	tseoliit
zircon	tsirkoon
zoned crystal	tsonaalne kristall
talc	talk
tectosilicates	karkass-silikaadid
temperature	temperatuur
terrigenous sediment, rock	vt clastic sediment, rock
tetragonal system	tetragonaalne süngoonia
texture	(kivimi) struktuur
till	moreen
tillite	tilliit
topaz	topaas
tourmaline	turmaliin
transparency	läbipaistvus (mineraali)
transport	vt transportation
transportation	(setete) edasikanne
trigonal system	trigonaalne süngoonia
triklinic syngony	trikliinne süngoonia
true solution	tõeline lahus
tuff	tuff
twin	kaksik (kristalli)
ultrabasic rock	vt ultramafic rock
ultramafic rock	ultraaluseline kivim
unconformity	katkestuspind
unconsolidated material	kivistumata materjal, pude materjal
vesuvianite	vesuviaan
viscosity	viskoosus
volcanic ash	vulkaaniline tuhk
volcanic bomb	vulkaaniline pomm
volcanic glass	vulkaaniline klaas
volcanic rock	vt effusive rock
weathering	murenemine
weathering crust	murenemiskoorik
wolframite	volframiit
xenomorphic	ksenomorfe



# AINEREGISTER

- aatom 8, 9  
afaniitne vt peitkristalne  
agregaat 13, **18–20**, 23, 24, 30, 34,  
41–43, 67  
ahelsilikaadid 38  
ahelstruktuur 35  
aktsessoorne mineraal 50  
albiit 11, 32, 47, 70, 73  
aleuriit 28, **57**  
aleuroliit **57**, 64, 65  
allokromaatileine 21  
allotigeenne mineraal **34**, 60, 63  
alumiinium 8  
alumosilikaadid 40  
aluseline kivim 46, 47, **51–53**, 65, 69,  
73  
aluseline magma 29, 30  
amfiboliit **69**, 71, 72  
amfibool 22, 23, 32, 38, **40**  
amorfne 13, 30, 42, 49  
andalusiit 32, 69  
andesiit 52  
anhüdriit 34, **41**, 58  
anioon 8, 10–12, 36, 38, 40, 41  
antropogeenne protsess 28  
apatiit 23, 26, 34, **41**, 50, 58  
aragoniit 34, **41**, 58  
areniit 57  
argilliit **57**, 69  
ar koos 57  
arsen 37  
asbest 18, 24  
augiit lisas  
autigeenne mineraal 34, 60  
bakter 28, 33  
bariüt 26, **41**  
basalt 46, 48, **52**, 53  
batoliit 47  
bentoniit **59**, 65  
berüll 31, 38  
biokeemiline (protsess) 28, 41, 44, **53**,  
55  
biokeemiline settekivim **56**, 58–64  
bioklastiline materjal 58, 60  
biomorfne struktuur 62  
biotiit 31, 32, **40**, 45, 46, 49, 50, 52,  
70, 71  
bioturbatsioon 63  
boksiit 33, **63**, 65  
Boweni skeem 30, 31, 33, 45, 46  
bretša 66, 70  
daik 47  
dendriit **20**, 23  
diagenees 28, 34, 40, **53–56**, 59–61, 64  
diferentseerumine 45, 47  
dioriit 52, 53  
direktiivne tekstuur 67  
diskordantne intrusiiv 47  
disteen vt küaniit  
dolomiit 24, 41, 55, **58–60**  
domeriit 59  
druus 19, 20  
edasikanne 27, 33, 54, 55  
efusiivne kivim vt purskekivim  
ehedad elemendid 31, 33, 34, **37**,  
vt ka metallid  
eklogiit 72  
eksogeenne protsess **27–29**, 33, 66  
elektron 9–11  
element vt keemiline element  
endogeenne protsess **29–32**, 40  
epidoot 32, 38, 40, 47, 66, 69, 70, 73

- eraldisvorm 48  
 erikaal 26  
 eriteraline struktuur 43, 49, 66  
 erosioon 54  
 evaporiidid **58–61**, 63, 65  
 feldšpatoidid 40  
 fenokristall 49  
 ferroliidid 58, 59, 63  
 fluid 65, 66, 70, 71, 73  
 fluidaalne tekstuur vt voolutekstuur  
 fluoriit 24, 26, 31, **38**, 40, 41, 47, 70  
 forsteriit 32  
 fosfaadid **41**, 55, 58, 59, 60  
 fosforiit 41, **58**, 59, 63, 65  
 fülliid vt seritsiitkilt  
 füüsikaline murenemine  
     vt rabenemine  
 gaasiline ühend 32, 46, 50  
 gabro 52, 53  
 galeniit 21, 23, 24, 27, 31, **37**, 73  
 geobaariline aste 29  
 geotermiline aste 29  
 gneisiline tekstuur 67, 70  
 gneiss 32, 69, 70  
 gradatsiooniline kihilus 63  
 grafiit 12, 24, 25, 27, **37**, 69  
 granaat 32, 34, **38**, 60, 69–72  
 graniit 42, **52**, **53**, 67, 70, 71  
 granodioriit 52  
 granuliit 71, 72  
 granulomeetria vt lõimis  
 grauvakk 57  
 greisen 70  
 götiit 20, 21, 58  
 haliit 11, 23, 24, 27, 31, 34, **38**, 58  
 halogeniidid 34, 35, **38**  
 hantelsilikaadid 38  
 hapnik 8–10, 30, 35, 38  
 hapnikulised ühendid 35, **38**  
 happeline kivim 46, 47, **51–53**, 65  
 happeline magma 29, 33, 34, **38**, 48  
 heksagonaalne süngoonia 17, 18  
 helk 21  
 hematiit 20, 21, 24, **38**, 58, 70  
 hõbe 10, 20, **37**  
 hõõrdebretša 70  
 hüdratiseerumine 33  
 hüdroksiidid 33, 38, 55, 58, 60  
 hüdroterm 29, 31, 41, 47, 73  
 hüdrotermaalne 31, 32, 37, 38, 47, 70  
 hüpidiomorfne 49, 51, 63  
 idiomorfne 43, 49, 50, 66  
 illiid 29, **40**  
 impaktiitne moone vt šokimoone  
 intrusiiv, -ne 47, 51  
 intrusioon 47  
 ioon 8, 10–12, 13, 21, 25  
 iooniline side **10**, 23, 25, 35  
 isomorfism **11**, 26, 36, 41  
 isomorfne 31, 40, 45  
 jämeteraline struktuur 51  
 jämeteraline purdkivim 59  
 kaaliumpäevakivi, K-päevakivi 31, 46,  
     51, 71 vt ka ortoklass  
 kaksikud 18, 19  
 kalkogeniidid 35, **37**  
 kalkopüriit 31  
 kaltsedon 13, 20, 21, 23, 34, 50, 58  
 kaltsiid 23, 26, 31, 32, 34, **41**, 42, 47,  
     50, 55, 58, 59, 60, 70  
 kaoliniit 23, 29, 40  
 karbonaadid 33, 34, **41**, 60  
 karbonaatne sete 58  
 karbonaatkivim 32, **59**, 61, 62, 64, 65,  
     70  
 karkass-silikaadid 40  
 karkass-struktuur 35  
 karpjas 23, 66, 69  
 kataklastiline metamorfism  
     vt purustusmoone



- kation 10–12, 36, 40, 41, vt ka ioon  
 katkestuspind 64  
 katkendlikud reaktsiooniread  
     vt Bowenii skeem  
 kaustobioliidid 58–60  
 kavern vt poor  
 keemiline element 8–11, 21, 29–31, 34,  
     35, 37, 38, 40  
 keemiline koostis  
     kivimite 32, 44, 46, 51, 52, 58, 59, 65  
     maakoore 8, 9  
     mineraalide 9–13, 35–37, 41  
 keemiline murenemine vt porsumine  
 keemiline sete, settimine 34, 41, 44,  
     53, 55, 56, 62  
 keemiline settekivim 56, 58, 61, 63  
 keemiline side 9, 10  
     iooniline 10, 23, 25, 35  
     kovaalente 10, 23, 25, 27, 35, 40  
     metalliline 10, 35  
 keemiline ühend 9, 10, 26, 29, 30, 33,  
     35, 37, 38, 45, 58, 59  
 keskmine kivim 46, 51–53  
 keskmise astme moone 32, 68  
 keskmise astme moondekivim 32,  
     70–71  
 keskmiseteraline purdkivim 59  
 keskmiseteraline struktuur 70  
 kihilisus 43, 63–65  
 kiht 63, 65  
 kihtsilikaadid 40  
 kihtstruktuur 35  
 kildaline tekstuur 43, 67, 69, 70  
 kilt 32, 69, 70  
 kinaver 31  
 kips 18, 23, 24, 26, 33, 34, 41, 58, 65  
 kiudjas 14, 41  
 kivim 42  
     -ite klassifitseerimine 44  
     -ite struktuur 43, 49, 50, 56, 60–63,  
         66, 67  
     -ite tekstuur 43, 50, 51, 63, 64, 66,  
         67  
     moonde-, 65–73  
     sette-, 53–64  
     tard-, 45–53  
     kivimtüüp 42, 44, 51, 53, 55, 59, 60,  
         65, 68–70  
     kivistumata materjal vt sete  
     kivistumine 29, 44, 55, 57, 66  
     kivistüsi 58, 65  
     klaasjas 49, 60, 66  
 klassifitseerimine  
     kivimite 44  
     mineraalide 35–41  
     moondekivimite 68–72  
     settekivimite 56–59  
     tardkivimite 51–53  
 klivaaž 67, 70  
 kloriid 38, 47, 60, 67  
 kolloidlahus 20, 21, 33, 34  
 konglomeraat 42, 57, 59, 65  
 konkordantne intrusiiv 47  
 konkretsioon 19, 34  
 kontaktmoone 32, 66, 68–70  
 kontinentaalne maakoore 53, 70  
 koordinatsiooniline struktuur 35  
 kordieriit 32, 38, 69, 71  
 korund 26, 32  
 kovaalente side 10, 23, 25, 27, 35, 40  
 kriipsuvärvus (mineraali) 13, 21  
 kriit 59, 64  
 kristall 13–15, 18, 21, 23, 42, 49  
 kristalliagregaat vt agregaat  
 kristalli kaju 14, 16  
 kristalliseerumine 13, 19, 29–33, 37,  
     44–46, 49, 50, 55, 56, 59, 61, 62,  
     64, 65, 72  
 kristalli tahk 14, 25

- kristallivorm 16–18  
 kristallograafia 14  
 kristallstruktuur 11, 12, 14, 16, 21, 23, 27, 35, 37  
 kristallvõre vt kristallstruktuur  
 kristalne kilt 69  
 kristalne struktuur 63  
 kromiit 24  
 kromofoor 21, 24  
 kruus 57  
 krüptokristalne vt. peitkristalne  
 ksenomorfne 63  
 kuhjumine 41, 44, 55, 56, 59  
 kuivalõhe 64  
 kuld 10, 20, 21, 24, 37  
 kuubiline süngoonia 17, 18  
 kvarts 13, 23, 24, 26, 31–34, 47, 49–51, 58, 60, 70–72  
 kvartsiit 69  
 kõrge astme moone 32, 68  
 kõrge astme moondekivim 70–71  
 kõvadus (mineraali) 13, 21, 25, 26, 35, 37, 38, 40–42  
 küaniit 32, 71  
 küünekivi 32, 40, 69, 71, 72  
 laava 30, 47–49  
 laavakate 48  
 laavavool 48  
 lahus 20, 29, 30, 32–34, 37, 41, 44, 47, 50, 55, 56, 59, 60  
 lahustumine 28, 29, 31, 33, 34, 43, 46, 54, 64, 65  
 lamell 63  
 lapill 48  
 lasumusvorm 42, 47, 48  
 leeliseline kivim, magma 29, 31  
 lepidomelaan 40  
 lenduv ühend vt gaasiline ühend  
 leukokraatne mineraal 30  
 leukosoom 67, 71  
 leutsiit 30  
 Li-vilgud 31  
 lihtained vt ehedad elemendid  
 liiv 28, 57  
 liivakivi 42, 57, 64, 69  
 limoniit 19, 24  
 lintsilikaadid 22, 38  
 litifitseerumine vt kivistumine  
 lubjakivi 42, 57, 64, 69, vt ka karbonaatkivim  
 lõhenevus (mineraali) 13, 22, 23  
 lõimis 60, 61  
 läbipaistvus (mineraali) 24, 25  
 lähtekivim 44, 54–56, 65, 68, 69  
 läige (mineraali) 13, 24, 27, 35, 37, 38, 40, 41, 70  
 löögibretša 70  
 maakoor 8, 9, 29–32, 37, 38, 41, 44, 45, 47, 53, 65, 69–73  
 madala astme moone 32, 68  
 madala astme moondekivim 40, 57, 67, 69–71  
 magma 29–34, 41, 44–49, 51, 73  
 magnetiit 23, 25, 27, 32, 34, 38, 50  
 malahhiit 21, 41  
 mandelkivi 30, 50  
 manganoliidid 59  
 marmor 69  
 massiivne tekstuur 43, 50, 64  
 mattumine 54, 55  
 melanokraatne mineraal 30  
 melanosoom 71  
 mergel 59, 64  
 metallid 27, 31, 34, 37, 38, 40  
 metalliline side 10, 35  
 metamorfism vt moone  
 metasomatoos 32, 65, 70  
 migmatiit 67, 71, 73  
 mikriidiline struktuur  
 vt mudaline struktuur



- mineraal 9
  - allotigeenne 34, 60, 61
  - amorfne 13
  - autigeenne 34, 60
  - eksogeenne 28, 33, 34
  - endogeenne 29, 30–33
  - i struktuur 11
  - keemiline koostis 9–11
  - kivimit moodustav 30, 49–51, 53
  - klassifitseerimine 35–41
  - leukokraatne 30
  - melanokraatne 30
  - tehis-, 9
- mineraloogia 9, 23, 26, 38, 41
- mineraalne liik 11
- Mohsi kõvaduse skaala 25, 26
- monokliinne süngoonia 17, 18
- monomineraalne kivim 42
- montmorilloniit 40
- moondeaste 32, 40, 57, 67, 69–71
- moondefaatsies 44, 48, 71, 72
- moondekivim 9, 29, 32, 34, 43, 44, 55–57, **65–73**
  - klassifitseerimine 68–72
  - struktuur 66, 67
  - tekstuur 66, 67
- moone 29, 65–69
  - keskmise astme 32, 68
  - kontakt-, 32, 68, 70
  - kõrge astme 32, 68
  - madala astme 32, 68
  - progressiivne 66
  - purustus-, 32, 68, 70
  - regionaal-, 32, 68
  - retrograatne 66, 72
  - šoki-, 70, 71
  - vajumis-, 68
- moreen 57
- muda 19, 55, 57–59, 62
- mudaline struktuur 62
- muguljas tekstuur 64
- murdepind vt murre
- murenemine 27, 28, 33, 34, 38, 42, 44, 54, 55, 60, 66
- murenemiskoorik 33, 41
- murre 22–24, 37, 66, 69
- muskoviit 31, 32, 52, 70, 71
- müloniit 66, 69, 70
- nefeliin 30, 51
- nekk 47
- nõrg 20
- obsidiaan 42
- oksiidid 38, 40, 51, 58, 60
- oliviin 38, 45, 46, 49–51
- oiidid 20, 62
- oiidiline struktuur 62, 63
- ookeaniline maakoos 73
- ooker 19, 38
- opaal 13, 34, 55, 58
- orgaaniline aine 58, 59, 60
- ortoklass 26, 31, 32, 71
- osaline sulamine 67, 72
- paralleelkihilisus 63
- peeneteraline struktuur 49, 52, 59, 64, 66, 69
- pegmatiit 31, 46, 50
- peitkristalne 19, 20, 23, 32, 41, 43, 49, 62, 66, 67, 69, 70
- peeliit vt savi
- peridotiit 52
- petrograafia 42
- pidevad reaktsiooniread vt Bowen'i skeem
- plaatjas 24, 32, 40, 47, 51, 67, 69
- plagioklass 11, 21, 31, 32, 45, 46, 52, 60, 72
- pneumatolüüt, -iline 29, 30, 31, 46
- polümorfne 12, 13, 26
- poolmetallid 37
- pooriruum 29, 33, 34, 65

- poorne 43, 50, 55, 59, 71  
 porfüroblast, -iline 66, 67, 69–71  
 porfüüriline 49  
 porsumine 33, 54  
 primaarne struktuur 61, 62  
 progressiivne moone 66  
 pruunsüsi 58, 65  
 pseudokromaatileine 21  
 punktigrupp 16  
 purdkivim 42, 53, 59, 60, 61, 65  
 purdosa, -materjal 33, 34, 56, 58, 60, 62, 63  
 purskekivim 45, 47, 48, 50, 51, 53, 65, 69  
 purustusmoone 32, 68, 70  
 purustusstruktuur 66, 68  
 põimjaskihilisus 63  
 põlevkivi 58, 65  
 päevakivid 23, 24, 40, 49–51, 57, 70–72  
 püriit 23–25, 27, 31, 33, 37, 55, 73  
 püroklastiline materjal 48  
 pürokseen 22, 23, 32, 34, 38, 40, 45, 46, 49–52, 60, 69–72  
 pürrotiin 27  
 rabenemine 33, 54  
 raua-,  
     hüdroksiidid 33, 55, 58  
     mineraalid 8, 38  
     ooker 19  
 regionaalmoone 32, 68, 70, 71, 73  
 reliktned vt säilunud struktuur  
 retrograadne moone 66, 72  
 rohekivim 71  
 rombiline süngoonia 17, 18  
 ruumigrupp 14, 16  
 rõhk 12, 29, 31–33, 43–45, 51, 56, 65, 66, 68, 71, 72  
 rõngassilikaadid 38  
 rändkivi 53, 73  
 räni 8–10, 29, 30, 33, 35, 38, 46, 51, 60, 71  
 ränikivim 58, 59, 65, 73  
 rüüliit 52  
 saarstruktuur 35, 38, 39  
 säilunud struktuur 66  
 sarvkivi 32, 66, 69  
 savi 28, 41, 57, 59, 65, 73  
 savikilt 57  
 savikivim 32, 57, 59, 61, 64, 69, 73  
 savimineraal 29, 33, 40, 55, 59, 60  
 sekretsioon 19, 20  
 sekundaarne struktuur 61–64  
 seritsiitkilt 69  
 serpentiin 70, 73  
 sete 28, 53–58  
 setend 33, 56, 57, 60, 61, 63, 64, 65, 66  
 setete edasikanne vt edasikanne  
 setete transport vt edasikanne  
 settebassein 54, 55, 60  
 settekivim 9, 28, 29, 44, 45, 52, 53–65, 68, 73  
     klassifitseerimine 56–59  
     struktuur 60–63  
     tekstuur 63, 64  
 setteline 41, 45, 53  
 settimine 27–29, 34, 41, 43, 44, 54–56, 62, 64  
 sfaleriit 24, 31, 37, 73  
 side vt keemiline side  
 sideriit 41, 58  
 silikaadid 9, 10, 22, 33–35, 37, 38–40, 41, 42, 47, 51, 70, 72  
 sill 47  
 sinikilt 71, 72  
 skarn 70  
 sorteeritus 61  
 spodümeen 31  
 stalagmiit 20  
 stalaktiit 20



- stauoliit 32, 70  
 stokk 47  
 struktuur  
   biomorfn 62  
   kivimi 43, 44  
   kristall-, 10–16, 21–23, 27, 35, 37–41  
   kristalne 63  
   moondekivimi 65, 66, 69  
   mudaline 62  
   oiidiline 62, 63  
   peitkristalne 19, 20, 23, 32, 41, 43, 49, 62, 66, 67, 69, 70  
   primaarne 61, 62  
   purustus-, 69  
   sekundaarne 61–64  
   settekivimi 56–58, 60, 61, 63  
   säilunud 66  
   tardkivimi 49–51  
   teraline 61–63, 66, 69  
   ülessulamis-, 67, 71, 73  
   ümberkristalliseerumis-, 66  
 sublimatsioon 31  
 sulamine 37, 42, 46, 71  
   vt ka ülessulamine  
 sulfaadid 33, 41, 60  
 sulfiidid 10, 21, 31, 32–35, 37, 40, 47, 73  
 sülviin 27, 31, 34  
 sümmetriaelement 14–16  
 süngoonia 16–18, 35  
 sünteetiline mineraal vt tehismineeraal  
 süsi vt kivisüsi, pruunsüsi  
 süsinik 9, 12, 37  
 süvakivim 45, 47, 48, 50–52, 53, 65  
 šokimoone 70  
 tahk 13–15, 23, 25, 50  
 talk 26, 40, 69, 70  
 tardkivim 9, 29, 30, 44, 45–53, 63, 65, 66, 68, 73  
 klassifitseerimine 51–53  
 struktuur 49, 50  
 tekstuur 50, 51  
 teemant 12, 24–26, 37  
 tehismineeraal 9  
 tekstuur 43, 44, 50, 51, 56, 64, 65, 67, 69, 70  
   direktiivne 67  
   gneisiline 67, 70  
   kihiline 43, 67  
   kibriline 67  
   kihipinna 64  
   kildaline 43, 67, 69, 70  
   läätseiline 67  
   mandelkivi 30  
   massiivne 43, 50, 64  
   moondekivimi 65–67, 69, 70  
   muguljas 64  
   plaatjas 32, 67  
   poorne 43, 50, 55, 59, 71  
   settekivimi 63, 64  
   tardkivimi 50, 51, 56  
   voolu-, 50, 51  
   vöödililine 51, 67, 69, 73  
 temperatuur 12, 13, 27, 29–33, 37, 42, 44–47, 56, 65, 66, 68, 70, 71  
 teraline 61–63, 66, 69  
   agregaat 20, 24  
   eri-, 43, 49, 66  
   jämeda-, 51  
   keskmise-, 70  
   peene-, 49, 52, 59, 64, 66, 69  
   vörd-, 49, 66  
 terrigeenne settekivim vt purdkivim  
 tetragonaalne süngoonia 17, 18  
 tihedus 8, 29, 45, 47  
   kivimi 29, 42, 72  
   mineraali 13, 26, 27, 29, 35, 37, 40  
 tihenemine 28, 34, 55, 56  
 tilliit 57

- topaas 26, 31, 32  
 transport vt setete edasikanne  
 trigonaalne süngoonia 17, 18  
 trikliinne süngoonia 16–18  
 tsementeerumine 19, 23, 48, 55, 56, 59  
 tseoliidid 34, 40, 50, 70, 71  
 tsirkoon 31, 50  
 tsonaalne kristall 45  
 tuff 48  
 turmaliin 31, 70  
 turvas 58  
 tuulekanne 33  
 ultraaluseline kivim 46, **51, 52**, 65, 73  
 vask 37  
 vesuviaan 32  
 vilgud 23, 24, 29, 31, 32, 40, 46, 51,  
 60, 69–71, 73  
 virgmärk 64  
 viskoossus 29, 30, 47, 48  
 vismut 37  
 volframiit 32  
 voolutekstuur 50, 51  
 vulkaaniline pomm 48  
 vulkaaniline tuff vt tuff  
 vulkaaniline kivim vt purskekivim  
 vulkaaniline klaas 30, 42, 43, 49, 50  
 vulkaaniline tuhk 59, 65  
 väävel 21, 23, 24, 27, 31, 33, 374, 41  
 värvus (mineraali) 21,  
 vt ka kriipsuvärvus  
 vöödilise tekstuur 51, 67, 69, 73  
 ühend  
 vt keemiline ühend, gaasiline ühend  
 ülessulamine 9, 29, 32, 67, 71, 73  
 vt ka sulamine  
 ümberkristalliseerumine 29, 44, 55, 56,  
 62, 64, 65, 66, 68  
 ümberkristalliseerumisstruktuur 66





## SELGITUSI TABELI KASUTAMISEKS

Mineraalid on tabelis jaotatud keemilise klassifikatsiooni alusel tüüpidsse ja klassidesse. Kõige suurearvulisem silikaatide klass on omakorda jaotatud kristallstruktuuri alusel jagudesse, mille raames on eraldatud mineraalide pered.

Tabelis kasutatavad lühendid.

Füüsikaliste omaduste kirjeldamisel: Tekkeviisi kirjeldamisel:

KR - kriipsvärvus  
L - lõhenevus  
M - murre  
K - kõvadus  
T - tihedus

MUR - teke murenemisel  
S - setteline teke, sh  
K - keemiline  
BK - biokeemiline  
M - magmaline teke, sh  
MH - happeline  
MK - keskmine  
MA - aluseline  
MUA - ultraaluseline  
ML - leeliseline  
HT - hüdrotermaalne teke  
PN - pneumatolüütiline teke  
MO - mooneline teke

Mineraali omaduste loeteludes on mineraalile kõige tüüpilisemad omadused alla joonitud.



NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS THEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
<b>LIHTAINETE TÜÜP</b>							
<b>EHEDATE METALLIDE KLASS</b>							
<b>kuld</b> Au kuubiline	harva oktaeedril, krist.; dendriitjad, ebakorrapärsed, soomusjad massid, suletistena	kuldkollane (Ag lisandiga heledam)	metalne	L puudub M haakjas	K 2,5-3 T 19,3	kõrgetemp. HT - kvartsisoonites; tihsti kontsentreerub allu- viaalsetes puistetes; MH (intrusiivides)	keemiliselt inertne, taotav
<b>hõbe</b> Ag kuubiline	dendriitjad, niitjad, ebakorrapärsed massid; suletistena sulfiidides	hõbe-valge, pruunikas	metalne, tuhmub Ag- sulfiidse kile tekkimisel	L puudub M haakjas	K 2,5 T 10-11	HT; MUR (sulfiidide oksideerumisvöös)	taotav
<b>vask</b> Cu kuubiline	dendriitjad agreg., ebakorrapärsed, plaatjad massid	vasepunane, oksideeru- milt musta pinnaga	metalne	L puudub M haakjas	K 2,5-3 T 8,5-8,9	HT; MUR (Cu-mineraalide oksideerumis- vöös)	taotav
<b>EHEDATE POOLMETALLIDE KLASS</b>							
<b>arsen</b> As trigonaalne	neetjad vormid, koorikud	tinavalge, oksideerub tumedaks		L täiuslik	K 3,5 T 5,7	madala temp. HT (koos sulfiididega)	
<b>vismut</b> Bi trigonaalne	liblелиsed, teraliseid massid, dendriidid	hõbevalge (punaka varjundiga)		L täiuslik	K 2-2,5 T 9,8	kõrge temp. HT ja pegmatiidides	

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS TIHEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
<b>EHEDATE MITTEMETALLIDE KLASS</b>							
väävel S rombiline	bipüramidaalsed kristallid; ebakorrapärased, teralisised massid, kirimed	kollane, kollakas- rohekas-hall	rasva	L ebaselge M ebatasane	K 1,5-2,5 T 2,1	vulkaaniline; BK – väävilbakt. toimel; MUR; HT	süttib kütmaleegis
teemant C kuubiline	oktaeedrilised, kuubilised, dodekaeedrilised kristallid	värvitu, kollakas, punakas, sinakas, must	teemandi	L selge M ebatasane	K 10! T 3,5	MUA – plahvatus- lõõrides; konsentreerub puistetes	murdumis- näitaja 2,42; 1 karaat=0,2g
erimid: <b>bort</b> – ümardunud, suletiste ja lõhedega, ei oma kallisivi väärtust; <b>karbonaado</b> – must bort							
grafiit C heksagonaalne; struk. kihiline	lehelised, soomusjad agreg., muldjad massid; heksagon. plaatjad kristallid	tumehall	metalne	L täiuslik	K 1, katsumisel rasvane T 2,2	MO – orgaanilise C moondel; HT; M	teeb kriipsu paberile, määtrib sõrmi
<b>KALKOGENIIDIDE TÜÜP</b>							
<b>SULFIIDIDE KLASS</b> anioon – S <sup>2-</sup> , katioonid – metallid							
kalkopüriit CuFeS <sub>2</sub> tetragonaalne	teralised, peitkristalsed massid	messingkollas- nel punakas- sinine iridis. KR – rohekas-must!	metalne	L ebaselge	K 3,5-4 T 4,2	HT	kõvodus püriidist väiksem!



<b>galeniit</b> PbS kuubiline	kuubilised, oktaeedril. kristallid; teralised massid	tinahall	metalne	L täiuslik! M astmeline	K 2,5! T 7,5	HT	lisand – Se, Zn, Cd jt. habras
<b>sfaleriit</b> ZnS, lisand Fe kuubiline	tetraeedrilised kristallid; tahkudel viirutus; <u>teralised massid</u>	<u>kollane, pruun</u> – must	mitte- metalne! teemandi	L täiuslik!	K 3,5-4 T 4!	HT	
erimid: <b>kleiofaan</b> – puhas ZnS, meekollane; <b>marmatiit</b> – Fe>8%, must, kriips – pruun!; <b>vürtsiit</b> – heksag. sün., kõrgetemp. erim							
<b>pürrofiin</b> Fe <sub>1-3</sub> S heksagonaalne	kristallid haruldased; peitkrist. massid	<u>tume-pronks, sinakas</u> kilevärvus; KR – must	metalne	L puudub	K 4 T 4,7	MA, MUA	habras, nõrgalt magnetiline!
<b>kinaver</b> HgS heksagonaalne	teraliste massidena, kirmetena	erepunane, punakaspruun	matt, kristallidel teemantläige	L täiuslik	K 2,5, habras T 8,1	madaltemp. HT	
erim: <b>metatsinnabariit</b> – stabiilne T > 344°C, sün. kuubiline, hallikasmust							
<b>auripigment</b> As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> monokliinne	plaatjad kristallid; lehelised, tulplad, peitkrist. massid	erekollane	vaigu, pärlmutri	L täiuslik	K 1,5-2 T 3,5	madaltemp. HT	eristub väävlis täiusliku lõhen,poolest
<b>molübdeniit</b> MoS <sub>2</sub> heksagonaalne	plaatjad kristallid; lehelised, soomusjad massid	tinahall, sinakas toon! KR – hallikasmust	metalne	L täiuslik	K 1-1,5 T 4,7	MH HT – kvartsisooites	
<b>püriit</b> FeS <sub>2</sub> kuubiline	kuubilised, penta-goondoktaedr. krist.; massiivsed, <u>teral. agregaadid</u>	(hallikas) kollane KR – must	metalne	L puudub M karpjas	K 6-6,5! T 5	<u>HT; M; S; MO!</u>	enamlevinud sulfid! tahkudel viirutus!

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS TIHEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
markasiit FeS <sub>2</sub> rombiline	odaotsa-, kukeharjalaadsed kristallid; radiaal- küürel. mugulad	(hallikas) kollane KR – hallikasmust	metalne	L harva selge M ebatasane	K 6–6,5 T 4,9	S – diageneesiline; HT	krist. kuju püüridist erinev
arsenopüriit FeAsS monokliinne	prismalised krist.; massiivsed agreg.	hõbevalge KR – must	metalne	L ebaselge	K 5,5–6 T 6,1	kõigetemp. HT	kriimustades sädemed ja kütuslaugu lõhn

#### HALOGENIIDIDE TÜÜP

KLORIIIDE, BROMIIDE, JODIIDE KLASS anioonid – Cl ; Br ; I .

haliid	kuubilised kristallid; teralsed massid, massiivne	värvitu, valge	klaasi	L täiuslik M astmeline	K 2,5 T 2,2	K – soolajärvedes	soolane kerglahustuv
NaCl kuubiline							
sülviiin KCl kuubiline	kuubilised, oktaeedrilised krist; teralsed massid, massiivne	värvitu (kollane, punane)	klaasi	L täiuslik M astmeline	K 2 T 2	K – soolajärvedes	kibesoolane
FLUORIIDIDE KLASS anioon – F .							
fluoriit CaF <sub>2</sub> kuubiline	kuubilised kristallid; teralsed agregaadid	roheline, kol- lane, violetne, sinine jn.	klaasi	L täiuslik	K 4 T 3,2	HT, esimeh koos kaltsiidi, dolomiidi, barüüdi, galemiidi jt.	



# HAPNIKULISTE ÜHENDITE TÜÜP

## OKSIIDIDE KLASS anioon – O<sup>2-</sup>

<b>korund</b> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> trigonaalne	prismalised, pakstud plaatjad kristallid.; teralised agregaadid	sinakas- punane, roheline	klaasi	L puudub	K 9 T 4	MO; M – kivimites aktseessoorsena	
erimid: <b>rubiin</b> – punane (Cr <sup>2+</sup> ); <b>safir</b> – sinine (Fe+Ti); <b>leukosafir</b> – värvitu; <b>smirgel</b> – peitkristalne mass (magnetiidiga)							
<b>hematiit</b> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> trigonaalne	plaatjad, libelelised krist.; neerjad, muldjad agreg.	punakas-must KR lillakas- punane !	metalne, agregaatides matt	L puudub, esineb plaatjas ca täismurkne eraldis	K 5,5–6,5 T 5,3	ulvkaamine (kolloidides); MO; M – kivimites aktse.	<b>martiit</b> – pseudomorf. magnetiidi järgi
<b>rutil</b> TiO <sub>2</sub> tetragonaalne	prismalised-nõeljad kristallid vertikaalse viirutusega	punane, pruun–must	teemandi	L selge	K 6–6,5 T 4,2	MH – pegmatiitides, kvartsi soontes; MO	<b>šageniit</b> – rutiiili nõelad kvartsis
polümorfised erimid: <b>bruukiit</b> ja <b>anataas</b> ; <b>leukokeen</b> – pruunikas-valkjäs kollane, Ti- mineraalide murenemise produkt, anataasi, bruukiidi ja rutiiili segu.							
<b>kassiteriit</b> SnO <sub>2</sub> tetragonaalne	prismalised, bipüramidaalsed kristallid, põlvjad kaksikud !; teralised agreg.	pruun–must, kollane	teemandi, matt	L ebaselge	K 6–7 T 7	M – graniitides, pegmatiitides; kõrgtemp. HT; moodustab puisteid	
<b>magnetiit</b> Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> kuubiline	oktaeedrilised, kristallid; teralised, massiivsed agreg.	must	metalne	L puudub, oktaeedrilised eraldis	K 6 T 5,2	M – kivimites aktseessoorsena; MO; S – eel-kambriumis	magnetiitine !
<b>kromiit</b> FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	oktaeedrilised kristallid, teralised agregaadid	must KR – pruuni- kas	poolmetalne	L puudub M ebatasane	K 5,5 T 4,6	MUA – peridotiitides	nõrgalt magnetiitine

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS TIHEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
kvarts SiO <sub>2</sub>	prismal, krist., tahkudel hori- sontaalne viirutus; krist. tipus rombo- eedrite ja heksag. bipüramiidi kombinatsioon	läbipaistev- valge, varieeruv	klaasi, murdepinnal rasva	L puudub M karpjas	K 7 T 2,65	MH; HT; S	
erimid: mäekristall – läbipaistev; ametüst – violetne; suitsukvarts – pruun, moorton – must; tsitriin – kollane; polümorfised erimid: α-kvarts – trigonaalne, püsiv T < 574 °C; β-kvarts – heksagonaalne, püsiv T > 574 °C; triidümit ja kristobaliit – kõrgetemp. erimid							
kaltседон SiO <sub>2</sub> trigonaalne, kvartsi peitkrist. erim	muguljad massid, sekretsoonid, kooirikud	hall, sinakas, varieeruv	vaha, vaigu	M karpjas	K 7 T 2,65	S; HT – subvul- kaaniline	
erimid: serdoolik – kollane; abhaat – vöödiline; karneol – punakas-pruun; plasma – roheline							
opaal SiO <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O amorfne kaugstruk.	muguljad massid, kooirikud, nõrud, massiivne	valkjass-hall, opalesentsent	vaha, vaigu	M karpjas	K 5–6 T 2–2,5	S; BK; HT – subvulkaani- line	
<b>HÜDROKSIIDIDE KLASS</b> anioon – (OH)							
götiit α-FeO(OH) rombliline	neljajad agregaadid, muldjad massid, nõrud; prismal. krist.	kollakas- pruun, pruun KR – kollas- kaspruun	teemandi, matt	L täiuslik	K 5–5,5 T 4,4(3,3)	S – sooraut; BK; MUR – rauamin. murenemisel	



<b>gibiit</b> $\tau\text{-AlO(OH)}$ heksagonaalne	muldjad agregaadid, oiidid	valge, (punane)	L täiuslik	K 2,5-3,5 T 2	MUR; HT – kristalsed vormid	
<b>psilomeelaan</b> $(\text{Ba}, \text{Mn}^{2+})_3\text{Mn}^{4+}$ $8\text{O}_{16}(\text{O}, \text{OH})_6$ rombiline	peitkrist. agregaadid, koorikutud, dendriidid	must; KR – pruunikas	L puudub	K 5-6 T 4	MUR – murenemis- koorikutud koos pürolustiidiga	
<b>KARBONAATIDE KLASS</b> anioon – $(\text{CO}_3)^{2-}$ ; katioomid – Ca, Mg, Fe						
<b>kaltsiit</b> $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ trigonaalne	romboeedril, skalenoeedril. krist.; kaksikud, druusid, teralsised, peitkrist. agreg., nõrud- stalaktiit, stalagmiit	valge, läbipaistev, punane- pruun, must	L täiuslik	K 3 (2,5) T 2,71	S – BK, K, diageneetiline; M – karbonaatiitides; MO; HT	3,5% HCL-ga reageerimisel "keeb" !
erimud: <b>atlaspagu</b> – kiudjas; <b>islandi pagu</b> – läbipaistev						
<b>aragoniit</b> $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ rombiline	prismalsed, nõel- jad krist.; radiaal- jad kirjajad agreg., skeletjad moodust.	valge, värvitu	L puudub M karpjas	K 3,5-4 T 2,9	BK – päriltes	
<b>dolomiit</b> $\text{Ca}, \text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ trigonaalne	teralsised agreg., rombilised krist, ta- hud kõverdunud	valge, kollakas, pruun	L täiuslik	K 3,5-4 T 2,85	S – primaarne; diageneetiline; HT – soontes	3,5% HCL-ga reageerib pulber !
<b>sideriit</b> $\text{Fe}(\text{CO}_3)$ trigonaalne	romboedr. krist.; teralsised, peitkrist. agreg., sfäroliidid	pruun-kollane	L täiuslik	K 3,5-3,5 T 4	S – oiidid; MO – metasomatoosil; HT	

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS TIHEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
<b>malahiit</b> Cu <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )(OH) <sub>2</sub> <b>asuriit</b> Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> monokliinne	harva prismalised, nõeljad kristallid; peitkristalsed <u>neerjad massid,</u> <u>nõrud</u>	roheline (malahiit); eresinine (asuriit)	klaasi, matt	L puudub	K 3,5-4 T 4	MUR – Cu-sulfiidide murenemiskooriku okstüdatsooni võõs	
<b>sooda</b> Na <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )*10H <sub>2</sub> O monokliinne	teralised agregaadid, koorikud, nõrud	valge (värvitu)	klaasi	L puudub	K 1-1,5 T 1,4	S – soodajärvedes (ariidises kliimas)	vees kerglahustuv, atmosfääris ebapüsiv
<b>NITRAATIDE KLASS</b> anioon – (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>							
<b>Na-salpeeter</b> (tsiili) Na(NO <sub>3</sub> ) trigonaalne <b>K-salpeeter</b> (india) K(NO <sub>3</sub> ) rombiline	koorikulised, teralised massid	valge, värvitu	klaasi		K 1,5-2 T 2,3 (Na), 2 (K)	BK – ariidises kliimas lämmastikubakterite elutegevuse produkt; atmosfääri N <sub>2</sub> okstüdatsoonil	vees kergesti lahustuvad
<b>SULFAATIDE KLASS</b> anioon – (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>							
<b>bariit</b> Ba(SO <sub>4</sub> ) rombiline	plaatjad, nõeljad kristallid; teralised, lehelised agreg.	valge, värvi- <u>tu,</u> sinakas, punakas	klaasi, pärlmutri	L selge M astmeline	K 3-3,5 T 4,5, 1	HT – soontes lubja- kivis; MUR	mittemetalli kohta raske!
<b>anhüidriit</b> Ca(SO <sub>4</sub> ) rombiline	(paksud) plaatjad kristallid; massiivne, teral., kiudjad agreg.	valge, <u>värvitu,</u> sinakas, roosa	klaasi	L täiuslik, selge 3 suunas! M astmeline	K 3-3,5 T 2,9-3,0	S; HT	hüdratiseerub kipsiks; kipsist kövemat



<b>kips</b> $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ monokliinne	plaatjad krist., pääsusaba kaksikud; teralised, massiivsed, kiudjad agregaadid	valge, värvitu, hall, puna-, pruuni-, kollakas	Klaasi, siidi- kiudjatel agregaadidel	L täiuslik	K 2 T 2,3	S; MUR – sulfiidide, väävlü oksüdeerumisel; sublimats. vulkaanil, gaasidest	kuumutades dehüdratiseer. anhüdriidiks! pehme!
erimid: <b>seleniit</b> – kiudjas, <b>alabaster</b> – peitkristalne							
<b>KROMAATIDE KLASS</b> anioon – $(\text{CrO}_4)^{2-}$							
<b>krokoit</b> $\text{Pb}(\text{CrO}_4)$ monokliinne	prismaal., tulpjad kristallid; koorikud, teralised agregaadid	kollakaspuna- ne, oranži	teemandi	L ebaselge	K 2,5–3, habras T 6,0	MUR – Pb-mineraalide oks. vöös (Cr-rikastes kivimites)	
<b>VOLFRAMAATIDE-MOLÜBDAATIDE KLASS</b> anioon – $(\text{WO}_4)^{2-}$ , $(\text{MoO}_4)^{2-}$							
<b>šeelit</b> $\text{Ca}(\text{WO}_4)$ tetragonaalne	bipüramiidjad krist., suletistena skarmides; teralised agreg.	valge, kollane, pruun	klaasi, teemandi	L selge	K 4,5–5, habras T 6,0!	MO – metasoma- toosil skarmides; HT – kvartsi soontes	lumineeruv
<b>volframiit</b> $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{WO}_4)$ monokliinne	(paksud) plaatjad- nööljad kristallid (pikivirutus), teralised, plaatjad agregaadid	must–pruun	klaasi, teemandi	L täiuslik	K 4–4,5 T 7,3	greisenid, kõrgetemp. HT sooned, moodustab puistmaardlaid (murenemisel püsiv)	

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS TIHEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
<b>FOSFAATIDE, JA NENDE ANALOOGIDE KLASS</b> anioonid – (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> , (AsO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> , (VO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>							
<b>apatii</b> Ca <sub>3</sub> [PO <sub>4</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ] <sub>3</sub> (F,OH,Cl) heksagonaalne	endogeenne – prismalised, tulpjad krist.; teral. agreg.; eksogeenne – muguljad, kihi- lised agreg., orga- nismide skelett	endogeenne – roheline, kol- lane, sinine, eksogeenne – punakaspruun pruun, must	klaasi, murdel vaha	L ebaseige	K 5 T 3,15–3,2	M – (F,Cl,OH –apa- tiidid); MO; BK – fosforiidid	isel. krist. kuju, värvus; noast pehmem!
<b>frankoliit</b> – apatiidi fluor-karbonaatne erim, esineb Eesti karbifosforiidis; <b>fosforiit</b> – settekivim, kus apatiidi massid on segus savi- ja liivaosakestega või karbonaatsete mineraalidega.							
<b>SILIKAATIDE KLASS</b> anioon – (SiO <sub>4</sub> ) <sup>4-</sup>							
<b>Singelstruktuuriga e singelsilikaadid</b>							
<b>oliviin</b> (Mg,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> rombiline	prismalised krist.; teralised agregaadid	kollane, roheline, pruunikas	klaasi	L puudub	K 6,5–7 T 3,3–4,3	MUA, MA – dumiitides	<b>forsteriit</b> – Mg-rikas erim
<b>granaadi pere</b> : isostruktuurised mineraalised liigid ! 1) <b>püralspiidi alarühm</b> (Mg,Fe,Mn) <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ; 2) <b>ugrandiidi alarühm</b> Ca <sub>3</sub> (Cr,Fe,Al) <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>							
kuubiline	isomeetriselised kristallid (dodekaeder, rombdodekaeder, trapetsoeder); teralised agreg.	peamiselt punane, pruun, kol- lane, roheline	klaasi, teemandi	L ebaseige	K 6,5–7,5 T 3,5–4,4	MO; M – aktses- soorsena tardkivi- mites, peam. pegma- tiitides	
erimid: 1) <b>alarühm: püroop</b> – tume punane, violetjas; <b>almandiin</b> – punane; <b>spessartiin</b> – punane, pruun; 2) <b>alarühm: grossulaar</b> – roheline, kollakas; <b>andradiit</b> – punane-must; <b>uvaroviit</b> – smaragdroheline							



<b>tsirkoon</b> $ZrSiO_4$ tetragonaalne	kristallid prisma ja bipüramiidi kombinatsioonina	pruun, kollane punakas, hall	teemandi	L ebaseige	K 7,5 T 4,7	MH – tardkivimites aktsesssoorsena	hiüatsint- läbipaistev
<b>küaniit</b> e disteen $Al_2(SiO_4)O$ trikliinne	pikad prismalised, plaatjad kristallid, plaatjad- nõeljad agregaadid	helesinine, värvitu	klaasi	L täiuslik	K anisotr.! piki krist. 5 risti 7 T 3,6–3,7	MO – Al-rikaste kivimite-setendite moonidel	
polümorfsed erimid: <b>sillimaaniit, andalusiiit</b>							
<b>topaas</b> $Al_2(SiO_4)(OH,F)_2$ rombiline	lühiprismaal. krist., ristõige rombi-laadne, kristallidel pikiviirutus; teralised agreg.	värvitu, kollane	klaasi	L täiuslik	K 8 T 3,5	MH – pegmatiitides, PN – F- rikastest fluididest	sarnane kvartsiga aga pikiviirutus ja kollakad toonid!
<b>stauroliid</b> $2Al_2(SiO_4)O^*$ $Fe(OH)_2$ monokliinne	prismalised kristallid (ristõige romb), ristikuju- lised kaksikud!!	punakas-pruun, must	klaasi		K 7–7,5 T 3,8	MO – regionaal-moonidel	
<b>Hantelstruktuuriga e hantelsilikaadid</b>							
<b>epidoot</b> $Ca_2FeAl_2(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$ monokliinne	prismalised, nõeljad kristallid, suur tahkude arv, pikiviirutus	sõltuvalt Fe-sisaldusest roheline, kollakas, punane	klaasi	L täiuslik	K 6,5–7 T 3,4	MO – metasoma-toosil; HT	
<b>vesuviaan</b> $Ca_{10}(Mg,Fe)_2Al_2(SiO_4)_2(Si_3O_7)_2^*$ $(OH,F)_4$ tetragonaalne	tetragonaal. prisma ja bipüramiidi kombinatsioonid (ristõige-ruut), suureteralised agregaadid	kollakas-roheline kuni must	klaasi	L puudub	K 5–6,5, habras T 3,3–3,6	PN – skarmides	

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS THEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
<b>Saarstruktuuriga e saarsilikaaadid</b>							
<b>berüll</b> Be <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ) heksagonaalne	hästi väljakujunenud, kuusnurkse ristlõikega prismal. kristallid	varieerub sõltuvalt koostisest	klaasi	L ebaselge M ebatasane	K 7,5-8 T 2,7-2,8	PN – pegmatiidides, graniitides; HT – soontes; MO	sarnane apatiidiga, aga suurem kõvadus
erimid: smaragd – roheline (V,Cr-lisandid); akvamarin – läbipaistev helesinine (Fe <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup> ); rosteriit – värvitu (Na,Li); heliodoor – läbipaistev kollakas (Fe <sup>2+</sup> ); vorobjeivit e. morganit – heleroosa (Li, Cs)							
<b>kordieriit</b> (Mg,Fe) <sub>2</sub> Al <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>12</sub> ) rombliline	prismalised kristallid; teralised massid	violetjas, sinakashall	rasva, klaasi	L ebaselge M karpjas	K 7-7,5, habras T 2,6	MO – kontakt-moondel NB! kergelt murenev (vilgulibledega)	kuju sarnane kvartsiga!
<b>turmalin</b> (Na,Ca)(Mg,Fe,Mn,Li,Al) <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> (Si <sub>6</sub> O <sub>12</sub> )(BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (OH) trigonaalne	prismalised, tulpjad kristallid, ristlõige sfäärilise kolmnurk-gakujuline, tahkudel pikiviirutus; nõeljad agregaadid	varieeruv, sõltub keemilisest koostisest, must	klaasi	L puudub	K 7-7,5 T 3,0-3,3	M – graniitides; pegmatiidides; kõrgetemp. HT-soontes; MO – aktsessoorsena	
erimid: sörl – must(Fe); draviit – pruun (Mg); elbait – värvitu, sinakas (Al,Li); rubelliit – roosa, punane (Li,Mn); indigoliit – sinine (Fe,Li); verdeliit – roheline (Fe,Mn,Li); akrooiit – värvitu							
<b>Ahelstruktuuriga e ahelsilikaaadid</b>							
<b>Pürokseenide pere</b>							
<b>hüpersteen</b> Fe-Mg-püroks. (Fe,Mg) <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	lühiprismalised kristallid, teralised agregaadid	must, pronksjas, rohekaspruun	klaasi	L selge	K 5,5 T 3,3	MUA; MO	



<b>diopsiid</b> Ca-pürokseen CaMg(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )	tühiprismalised kristallid; teralised agregaadid	rohakas; KR – valge	klaasi	L selge	K 5,5–6 T 3,3	MO; MUA, MA
<b>augiit</b> (Ca,Na)(Mg,Fe, Al)(Si <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )	(tühi)prismalised kristallid; teralised agregaadid	must	klaasi	L selge	K 5–6 T 3,2–3,6	MA
<b>spodumeen</b> leelispürokseen LiAl(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) monokliinne	plaatjad-prisma- lised kristallid, plaatjad agre- gaaadid	valge-hall, violeltjas	klaasi	L selge	K 6,5–7 T 3,2	PN – Li-graniitide pegmatiidides

### Lintstruktuuriga e liitsilikaaadid

#### Amfiboolide pere

<b>küünekiivi</b> (Na,Ca) <sub>2</sub> (Mg, Fe,Al) <sub>3</sub> (Si <sub>7–8</sub> Al <sub>1–2</sub> )O <sub>22</sub> (OH,F) <sub>2</sub>	prismalised krist.; teralised agre- gaaadid, harva asbestjad moodust.	must, tumeroheline	klaasi, teemandi	L täiuslik M astmeline	K 5,5–6 T 3,1–3,3	MUA, MH – kivimites aktives- soorsena; MO – kõrgmoondel
<b>glaukofaan</b> Na <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH,F) <sub>2</sub> )	nõeljad, kiudjad kristallid; asbestjad agregaadid	sinine, hallikas	klaasi, siidi	L täiuslik M astmeline	K 6–6,5 T 3,2	MO – vajumis- moondel

### Kihstruktuuriga e kihitsilikaaadid

$R_k = [(Si_4O_{10})(OH)_8]^{12-}$ ,  $R_r = [(Si_4O_{10})(OH)_2]^{6-}$ ,  $R_v = [(Si_3AlO_{10})(OH)_2]^{7-}$

<b>kaoliinit</b> Al <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>4</sub> trikliinne	peitkristalsed agregaadid, kristallide diameeter < 10 μm	valge, Fe <sup>3+</sup> -lisandiga pruun, punakas	matt	L ülitäuslik ühes suunas M agregaatides karpjas	K 2, rasvase pinna aisting T 2,6	<b>halluasit-</b> Al <sub>2</sub> R <sub>x</sub> ·4H <sub>2</sub> O hüdratiseer. kaoliinit
<b>serpentiin</b> Mg <sub>3</sub> R <sub>x</sub> trikliinne	plaatjad, kiulised kristallid; peitkrist. agreg.	rohakas, valge, koll- kas, must	siidi – kiu- listes agr.-s; vaha, matt	L täiuslik	K 2,5–3 T 2,6	<b>kriisotüül-</b> asbest – kiudjas erim

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS- KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS TIHEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
talk Mg <sub>3</sub> R <sub>4</sub>	lehelised, soomusjad, peitkrist. agreg. pseudoromb. kr.	roheline, valge, hall, kollane	rasva, pärlmutri	L ülitäiuslik ühes suunas	K 1, rasvane T 2,7	savikivimite MO; UA- kivimite HT-sel muutmisel	steatit- peitkristalne talk
<b>Vilkude pere</b>							
biotit K(Mg,Fe) <sub>3</sub> R <sub>4</sub> monokliinne	lühiprismalised pseudoheks. krist.; plaatjad, lehelised, libelised agreg.	roheline, pruun, must	klaasi, lõhenevus- pindadel pärlmutri	L ülitäiuslik ühes suunas	K 2,5-3 T 2,8-3,2	MH; MK; MO	"kassikuld" - pronksjas murenenud biotit
isomorfsed erimid: flogopiit KMg <sub>3</sub> R <sub>4</sub> ja lepidomelaan KFe <sub>3</sub> R <sub>4</sub>							
muskoviit KAl <sub>2</sub> R <sub>4</sub> monokliinne	plaatjad, lühiprismalised pseudoheks. krist.; libel. agregaadid	värvitu-läbi- paistev, rohe- kas, punakas	klaasi-siidi, pärlmutri	L ülitäiuslik ühes suunas	K 2,3 T 2,8-3,0	M - graniitides, pegmatiidides; PN	
lepidoliit (Li-vilk) KL <sub>1,5</sub> Al <sub>1,5</sub> R <sub>4</sub>	plaatjad, soomusjad, peitkrist. agreg.	värvitu, roosa- violetrias	pärlmutri	L ülitäiuslik ühes suunas	K 2,5-4 T 2,8	M - Li-graniitide pegmatiidides; PN	
illit (hüdoviilk) (K,H,O)(Mg,Fe) <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> R <sub>4</sub> *nH <sub>2</sub> O	ülipeeneliblelised agregaadid	valge, hall, rohekas			T 2,6-2,7	MUR - muskoviidi murenemisel	levimuim savim mineraal!
glaukonit K(Al,Fe <sup>2+</sup> ,Fe <sup>3+</sup> , Mg) <sub>2</sub> (R <sub>1</sub> ,R <sub>2</sub> )* nH <sub>2</sub> O	Kristallid mikro- lehelised; neerjad terad. sfäeroiidid	roheline, sinakas	matt		K 2 T 2,5	S - diagenetiinne	



Kloriidide pere					
Mg-kloriidid e <b>ortokloriidid</b> Fe-kloriidid e <b>leptokloriidid</b>	plaatjad, lehelised kristallid; peitkrist., kiudjad	rohelist toonid, valge, rohe-kasumust	klaasi, pärlmutri	L täiuslik	K 2-2,5 T 2,6-3,3 Mg-kloriidid – madalatemp. MO; Fe-kloriidid – peamiselt S
<b>Karkass-struktuuriga e karkass-silikaadid</b>					
<b>Päevakivide pere</b>					
kolmiküsteem: $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8) - \text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) - \text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ , milles on kaks isomorfsed rida: <b>plagioklassid</b> – albiit(Na) – anortsiit(Ca) leelispäevakivid – albiit(Na) – ortoklass(K)					
<b>plagioklassid</b> monokliinne, trikliinne	prismalised, plaatjad, plokilised kristallid	valge, valkjashall, hall, rohekas	klaasi	L selge, täiuslik	K 6 T 2,62 (Ab) – 2,76 (An) M; MO – metasomaatli; S – diagenetiline
isomorne rida: <b>albiit</b> – 0–10% $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ , <b>oligoklass</b> – 10–30%, <b>andesiin</b> – 30–50%, <b>labrador</b> – 50–70%, <b>bütaaniit</b> – 70–90%, <b>anortsiit</b> – 90–100%; iritsatsioon – lamelliisest ehitusest ja magnetiidi orienteeritud suletistest tingitud värvusefektid, iseloomulik labradori tüüpi plagioklassides					
<b>leelispäevakivid</b> (K, Na)( $\text{AlSi}_3\text{O}_8$ ) isomorne rida: <b>albiit</b> $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ – <b>ortoklass</b> $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ , mis on pidev ainult kõrgetel temperatuuridel; jahtumisel leelispäevakivid pertiidistuvad (tahke lahuse lagunemine K- ja Na-komponentideks), pertiit – plagioklassi sissekasved K-päevakivis, antipertiit – K-päevakivi sissekasved plagioklassis.					
K-päevakivide (Ab<63%) hulgas on kolm struktuurset erimit: <b>mikrokliin</b> – madalatemp. erim $T < 400^\circ\text{C}$ , <b>ortoklass</b> – keskmistemp. erim ( $400 < T < 700^\circ\text{C}$ ), <b>sandiin</b> – kõrgetemp. erim $T > 700^\circ\text{C}$ .					
<b>mikrokliin</b> trikliinne <b>ortoklass</b> monokliinne <b>sandiin</b> monokliinne	plokilised ja plaatjad kristallid	lihapunane (Fe lisandist), valge	klaasi	L selge, (täiuslik)	K 6 T 2,54–2,62 MH – graniitides ja MI – süeniitides kivimit moodustav mineraal; sandiini – pürsketivimites
<b>amasoniit</b> – roheline pegmatiidides <b>adulaar</b> – läbipaistev					

NIMETUS VALEM SÜNGOONIA	KUJU	VÄRVUS KRIIPSU- VÄRVUS	LÄIGE	LÕHENEVUS MURRE	KÕVADUS TIHEDUS (g/cm <sup>3</sup> )	TEKE	ISELOOMU- LIKUD TUNNUSED
<b>Feldspatoidide pere e päevakivide asendajad</b>							
<b>nefeliin</b> $\text{KNa}_3(\text{AlSiO}_4)_4$ heksagonaalne	prismal. kristallid; teralised, massiivsed agregaadid	valge, hall, pruun, rohe- kas, punakas	tahul klaasi; rasva	L selge M karpijas, ebakorrapärane	K 5-6 T 2,6	ML – stümititides	ei esine koos kvartsiga !
erim: <b>eleoliit</b> – matistunud läikega nefeliin							
<b>Tseoliitide pere e hüdratiseerunud karkass-struktuuriga alumosilikaadid</b>							
<b>natroliit</b> $\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})^*$ $2\text{H}_2\text{O}$ rombiline	prismalised-noeljad kristallid; radiaalkiirelised agregaadid	valge, hall, punakas	klaasi	L täiuslik	K 5-5,5, habras T 2,2	MA – aluselistes purskekivimites	











EESTI AKADEEMILINE RAAMATUKOGU



1 0200 00039258 3