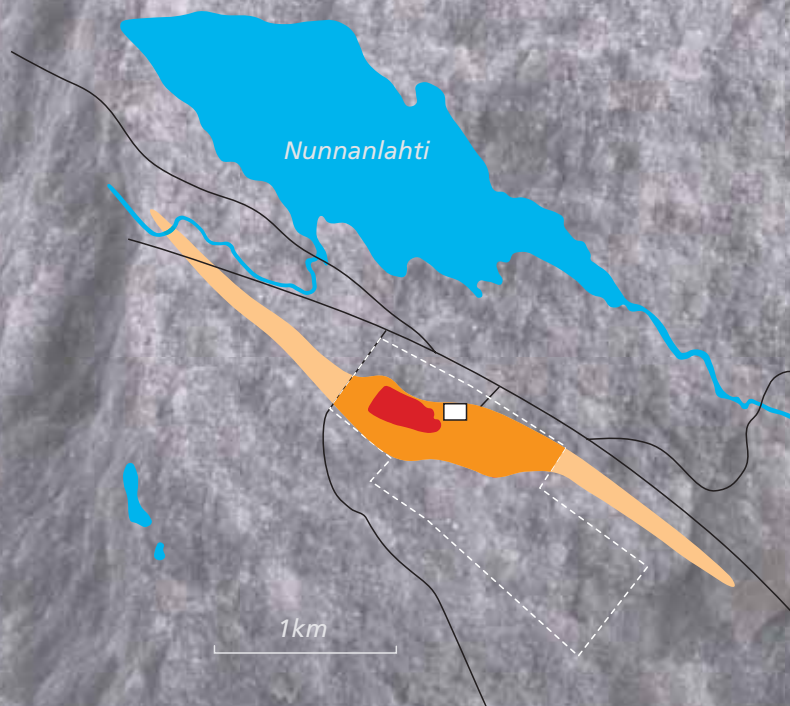


Kokkuvõte
Nunnanlahden Uuni Oy
MammuttiKivi kaevanduses
aastatel 1994 – 2001 läbiviidud
materjaliuuringute tulemustest

Kivitieto Oy
Aulis Kärki ja Seppo Gehör



Sintef, Norra 1994
XRAL, Kanada 2000
Oulu Ülikooli Elektronoptika Instituut,
Soome 1994-2001

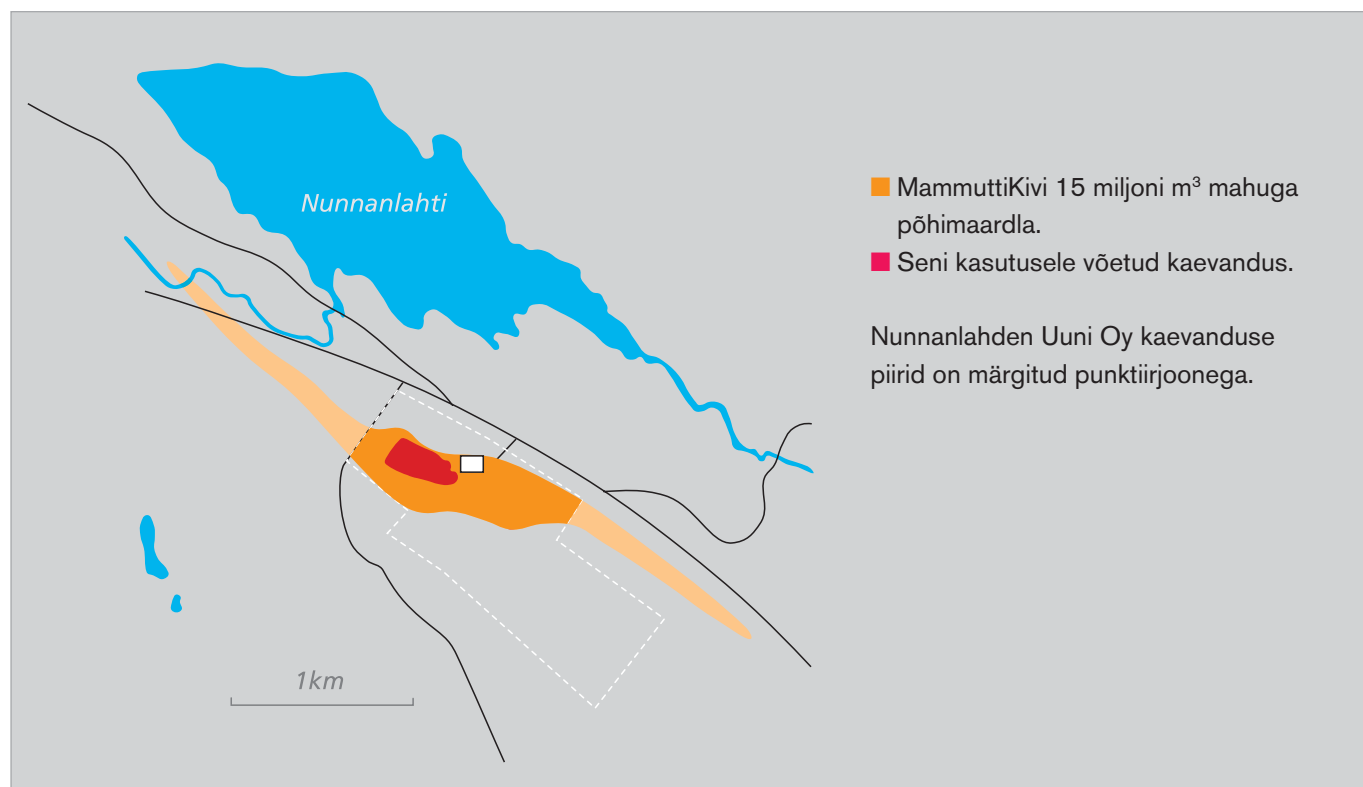
VOOLUKIVID – MAAKOORE HARULDASED KOOSTISOSAD

Voolukivi, ingliskeelse nimetusega *soapstone* ehk seatiit on metamorfne kivimiliik. See kivim on tekkinud kõrge surve ja kuumuse tingimuses toimunud mineraliseerumisreaktsiooni teel. Maailmas esineb voolukive harva ning maakoores on need võõrmoodustised, sest nende algmaterjalid pärinevad Maa vahevööst ehk maakooresse alla jäävatest kivimitest. Maa vahevöö on keemiliselt koostiselt ultraaluseline, ehk see koosneb kivimiliikidest, mille ränisisaldus muude keemiliste põhielementidega võrreldes on tunduvalt väiksem, kui maakoores tüüpilistes kivimitüüpides. Ráni asemel sisaldavad ultraaluselised kivimid magneesiumi ja rauda, mille tõttu nende erikaalud on tavalistest kivimiliikidest oluliselt suuremad. Maakoores iseloomulike kivimiliikide suurim tihedus $3,0 \text{ t/m}^3$ on ühtlasi ultraaluselise voolukivi tüüpiline näitaja.

Nimetust „voolukivi” kasutatakse mineraalkoostise ja muude omaduste poolest üsna erinevate kivimiliikude kohta. Kõikide voolukivide ainuke sarnane omadus

on see, et nad on tänu talgisisaldusele suhteliselt kergelt töödeldavad. Muud omadused – näiteks kuumuskindlus ja soojuse akumulatsioonivõime – erinevad suurel määral, ning kõikidel voolukiviks nimetatud kivimiliikidel ei ole selliseid omadusi, mis võimaldaksid neid kasutada kaminat valmistamisel.

Nunnanlahden Uuni Oy MammuttiKivi lademe voolukivid on maakooresse nihkunud Maa vahevööst juba 2700 miljonit aastat tagasi. Sel ajal tõugati osa maailmamerre põhja ja selle alla jäävat vahevööd, nn ofoliidikompleksi, mäetekkeprotsessi mõjul hoopis uude keskkonda, maakooresse graniidi ja muude kivimiliikide vahele. Täpselt piiritletud osa ofoliidikompleksist, ehk teatud ultraleeliseline kivimiliigi sektsioon, muutus voolukiviks kõrge rõhu ja kuumuse tingimustes toimunud muundumise käigus. Algele kivimimassile lisandus väljastpoolt pärinev süsinikdioksiid, mis tegi võimalikuks voolukivi ühe põhikomponendi, magneesiidi nimelise karbonaatmineraali



Pilt 1. MammuttiKivi lade ja kaevanduse piirkond.

tekke. Teise põhimineraali – talgi – tekkimine on seotud sama metabolismiga. Algne kivimiliik muutus keemiliselt koostiselt täielikult, mida nimetatakse metasomatoosiks.

Lõplikud omadused said MammuttiKivi lademe voolukivid olenevalt mäetekkeprotsessist. Nende tektooniliste, kogu maakoort liigutanud sündmuste mõjul suruti kivimimaterjali kokku ja hõõruti mitmekordselt protsessides, mis kestsid kümneid miljoneid aastaid. MammuttiKivi lademe voolukivi muutus pikerguseks, läätsekujuliseks kivimiks, mille pikaks venitatud geomeetiline kuju on tekkinud kirjeldatud tektooniliste liikumiste tagajärjel.

MammuttiKiviks nimetatud, äärmiselt kvaliteetne, peamiselt magneesiidist ja orienteeritud talgist koosnev voolukivierim, moodustab sellest lademest märkimisväärse osa. Pilt 1 kujutab MammuttiKivi lademe kaevanduse suurust ja asukohta. Lademe asukohta andmed põhinevad Nunnanlahden Uuni Oy tehtud uuringutel.

MammuttiKivi korrapärane orienteeritus, ehk kihistruktuur, vastab lademe pikitelje suunale. Viimases arengustaadiumis on kivimi talgisooned põhja-lõunasuunalise tektoonilise surve tõttu kokku surutud. Kõikide nende protsesside tõttu on MammuttiKivi nüüd tugevalt kindlasuunalise struktuuriga, ehk kihtülesehitudsega kivim. MammuttiKivi on harukordse kvaliteediga voolukivierim, mille mikrostruktuur muudab ta äärmiselt heaks kamina ehitusmaterjaliks.

MammuttiKivi kaminamaterjalina

MammuttiKivi on peamiselt magneesiidist ja soomusjast, kindlasuunalisest talgist koosnev talk-magneesiit tüüpi voolukivi, mis sobib väga hästi kamina materjaliks.

MammuttiKivi lasundis esinevad kivimid ei ole ühtlase kvaliteediga ning ka voolukivi pole kogu lasundi piires sarnane, vaid lasund koosneb mitmest erinevast teisendist, mis ehitusmaterjalina sobivad erinevaks otstarbeks. **Lasundi MammuttiKivist saab valmistada vastupidavaid ja kõrgetele nõudmistele vastavaid kaminaid, kui iga kaminaosa jaoks valida vaid õige MammuttiKivi erim.**

Kõige suurem termiline koormus esineb kamina kolde. Koldes on õigesti kasutatud MammuttiKivi väga vastupidav ja hästi toimiv materjal, juhul kui kasutada peeneteralist ja soomusjat, kindlasuunalist talki sisaldavat MammuttiKivi erimit. Jämedateralist magneesiiti sisaldavad erimid sobivad kõige paremin kolde ja lõõri vähem kuumemate osade materjaliks, kui temperatuur ei ületa 500 °C. Jämedateralised MammuttiKivid sobivad mõistagi ka kamina välispinna materjaliks, kus temperatuur on tavaliselt alla 200 °C.

MammuttiKivi soojussalvesti ja soojusjuhina

Kaminakivid peavad olema hea soojuse akumulatsiooni võimega ning ka soojuse juhtivus on oluline. Soojussalvestusvõime ja erisoojus oleneb vähesel määral otseselt kivimi mineraalsest koostisest. Nii magneesiidi kui talgi erisoojus on teaduskatsete abil täpselt kindlaks määratud. Mõlemat mineraali võrdsest sisaldava MammuttiKivi erisoojuse saab välja arvutada komponentide vastavate näitajate alusel. MammuttiKivi erisoojus on kindlaks määratud katseliselt, kolme toodangu materjali esindava proovi abil, ning see on 0 °C temperatuuril 790–820 J/kgK tõustes 910–930 J/kgK-ni temperatuuril +50 °C.

Suunatus muudab MammuttiKivi anisotroopseks, ehk kivimi soojusjuhtivus on eri suundades erinev. See on otseselt sõltuvuses kivimisisest struktuurist ja suunatusest. Tugeva tasapinnalise suunatusega kivimil ehk kiltkivil, lineaarselt kurrutatud ja vähem suunatud MammuttiKivil (**pilt 2**) on erinev tüüpiline iseloomulik soojusjuhtivus ja temperatuuritaluvus.

Lõhestatav, tasapinnalise suunatusega MammuttiKivi soojusjuhtivus on kõige suurem lõhestamise suunas ning sellega ristsuunaliselt kõige väiksem. Absoluutne soojusjuhtivus oleneb temperatuurist ning see määratakse kindlaks MammuttiKivi mineraalkoostise ja keskmise terasuuruse järgi. Talgist ja magneesiidist koosneva lõhestatava MammuttiKivi soojusjuhtivuse koefitsient +50 °C juures on kihtidega ristsuunaliselt 2–4 W/mK ja kihtide suunaliselt 4–5,5 W/mK. Tasapinnaliselt suunatud MammuttiKivi sobib konstruktsiooni soojusjuhtivuse ja kivi suunatud struktuuri vahelist sõltuvust saab ära kasutada. Suunatud peeneteralist magneesiiti sisaldav MammuttiKivi erim on katsetuste põhjal ka väga vastupidav temperatuuri mõjule.

Lineaarselt, kaarjalt kurrutatult talki sisaldava MammuttiKivi erimi soojusjuhtivus on hea ühes suunas ning selgelt parem, kui sellega risti olevad suunad. Ka siin olevad soojusjuhtivuse absoluutväärtused materjali temperatuurist ja kivimi teralisusest. MammuttiKivi soojusjuhtivus +50 °C temperatuuril on joonte suunas 4–5,5 W/mK ja joontega ristsuunas 2–3 W/mK. **Peeneteralist MammuttiKivid**, mille tasapinnaline lõhenevus on minimaalselt kurrutatud, on **kvaliteetseimad** ja peavad kõige paremini vastu kõrge temperatuuri mõjule. Need kivid sobivad äärmiselt rasketes temperatuuritingimustes olEVATESSE ehitistesse. Seda tõestab hästi antud MammuttiKivi tüübi **kõrged kuumustaluvuse näitajad**.

Vähemal määral suunatud MammuttiKivi tüübid on omadustelt peaaegu isotroopsed. Eelneva kirjelduse kohaselt olenevad nende soojusjuhtivuse absoluutväärtused



A.

Pilt 2.

A. Lineaarstruktuuriga MammuttiKivi, mis sobib kõige paremini rasketesse temperatuuritingimustesse, näiteks kolde kõige kuumemasse ossa, leegi lähedale.



B.

B. Orienteeritud struktuuriga, peene- või jämedateraline MammuttiKivi Kaminas sobib see kõige paremini kohta, kus saab ära kasutada kivi orienteeritud struktuuri ja soojusjuhtivuse sõltuvust.



C.

C. Jämedateraline, vähem orienteeritud MammuttiKivi, mis sobib hea soojussalvestusvõime poolest kamina jahedamatesse osadesse ja välispinnale. Hea soojusjuhtivuse tõttu juhib soojust kamina soojematest osadest jahedamatesse ja tänu sellele aeglustab kamina jahtumist.

materjali soojusest, koostisest ja keskmise struktuurist. Suur terade läbimõõt tagab üsna hea soojusjuhtivuse. Jämedateraline MammuttiKivi ei pea kõige paremini vastu järskudele temperatuurimuutustele, kuid sobib hästi

näiteks kamina välispinna materjaliks, mis ei kuumene üle 500 °C ning kus kivipinna suunaline hea soojusjuhtivus tagab soojust ringlemise ja hajutab selle ühtlaselt kogu kamina materjalis.

Vastupidavus kuumuse mõjule ja kiiretele temperatuurimuutustele

Standardi DIN 51 068 (1. osa) kohane termošoki test on üldiselt tunnustatud viis katsetada materjali vastupidavust vahelduvate järskude temperatuurimuutuste suhtes. Termošoki katses viibib volukivi tunduvalt raskemates tingimustes, kui ahjus kunagi esinevad. Katse annab aga hea pildi materjali sobivusest rasketesse temperatuuritingimustesse. Katse seisneb selles, et kuiv kivisilinder asetatakse 15 minutiks 950 °C temperatuuriga kohta ning seejärel viieks minutiks 20 °C temperatuuriga voluvasse vette, seejärel aga kuivatusahju. Proovikeha töödeldakse niiviisi seni, kui see laguneb kaheks või enamaks tükiks.

Selle katse tulemuste põhjal on MammuttiKivi sisemine struktuur ehk tekstuur teiseks oluliseks teguriks kivimi vastupidavuse tagamisel. Peeneteralisest magneiidist ja soomusjast, kurrutatud orientatsiooniga talgist koosnev MammuttiKivi saab katsetamise käigus peaaegu maksimaalse võimaliku tulemuse. Jämedateraline, mittehomo-geenne ja muid komponente, talgi asemel näiteks klorii-

ti sisaldavad volukivitüübid võivad pulbriks laguneda juba mõne töötuskorra järel.

Pilt 3 kujutab MammuttiKivist valmistatud proovisilindrit pärast katse lõppemist. Proovikeha on pragnenud ja kaheks lõhenenud, kuid materjal on peaaegu kolmekümne kuumutuskorra järel siiski üsna kõva. Katsesilinder lõhenes kaheks tükiks 28 kuumendamiskorra järel, ehk selle termilise šoki kordade arv on 28. Samas tuleb märkida, et kõrgeim näitaja, mida selles katses võidakse saavutada, on 30. Standardjuhendi kohaselt katse katkestatakse, kui proov peab vastu 30-kordsele kuumendamisele.



Pilt 3. Peeneteralisest, orienteeritud ja kurrutatud tekstuuriga MammuttiKivi proovisilinder termilise šoki katse järel. Katse käigus saavutas proovikeha peaaegu maksimaalse termilise šoki näitaja 28.

Mis toimub volukiviga kõrgel temperatuuril?

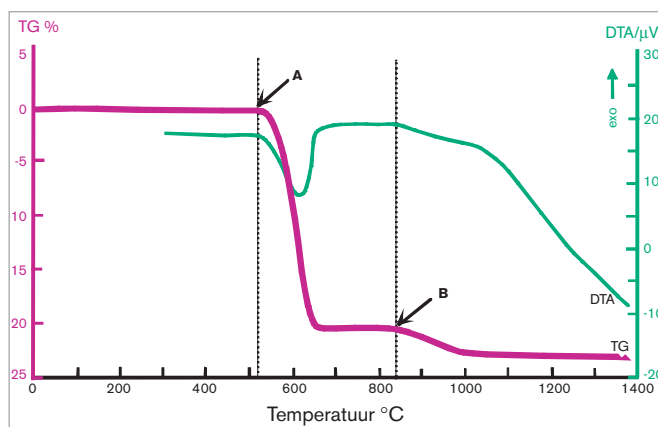
Kaminat puudega küttes, tõuseb temperatuur kõige enam 800–1200 °C-ni, kuid kolde kõige kuumemad kivid kuumenevad Nunnanlahden Uuni Oy tehtud uuringute põhjal tavalise kütmise korral pinnal kõige enam 650 °C-ni.

Igal mineraali liigil on täpselt kindlaks määratud ja termodünaamiliselt põhjendatud stabiilsusvahemik, mis oleneb rõhu ja temperatuuri suhtest. Kamina kasutamisel on ainusaks oluliseks muutujaks temperatuur ning ennekõike see maksimaalne temperatuur, mille kamina konstruktsioonis olev kivi võib saavutada. Materjalide käitumist eri temperatuuridel ja nendes toimuvaid reaktsioone võib uurida termogravimeetrilise analüüsi (TGA) ja diferentsiaaltermilise analüüsi (DTA) abil. Esimesena nimetatud analüüsi teel selgitatakse välja massimuutused erinevatel temperatuuridel toimuvates mineraalide reaktsioonides ning teise analüüsi teel nendes tekkivad või neelduvad reaktsioonisoojused. Hea pildi volukivide käitumisest kõrgel temperatuuril annab TG/DT-analüüsi-

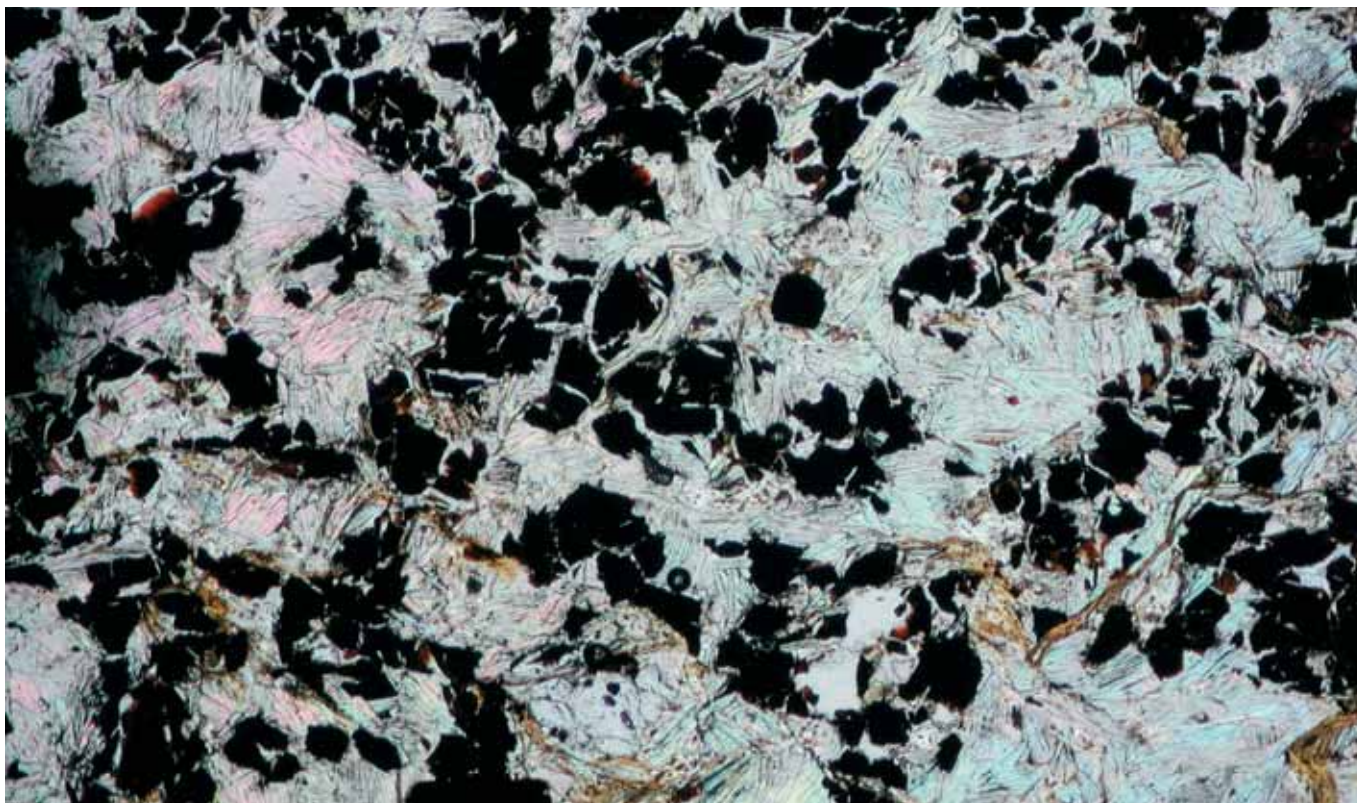
de tulemuste uurimine.

Pildil 4 on toodud tüüpilise, ligikaudu võrdses osas talgist ja magneesiidist koosneva, MammuttiKivi TG/DT analüüsi tulemus. Lilla TGA-kõver näitab massimuutusi ning roheline DTA-kõver, mida ei ole koefitsiendiga parandatud, toimunud faasimuutustest tingitud soojuse vabanemist või neeldumist. Pildilt nähtub, et ühtegi tähelepanuväärset muutust ei toimu enne, kui MammuttiKivi saavutab temperatuuri 520–540 °C. Sellel temperatuuril algab endotermiline, välist soojusenergiat neelav reaktsioon, mis muudab magneesiidi magneesiumoksiidiks, ehk periklassiks ja gaasiliseks süsinikdioksiidiks. Süsinikdioksiid lendub gaasina ja kivi kuivmass väheneb umbes 20% võrra. Samas tuleb märkida, et katses kuumeneb kogu MammuttiKivi mass temperatuurini 520 °C. Kamina puudutab kirjeldatud massimuutus aga vaid seda osa kivist, mida on kuumendatud periklassireaktsiooni põhjustava temperatuurini, ehk tavaliselt 5–10 mm sügavuseni kõige kuumemate kivide pinnast. Tekkinud periklass on püsiv aga veel väga kõrgel temperatuuril, 1600 °C juures. Kamina ei ole tavalisel kasutamisel võimalik kütta nii kuumaks, et periklass muutuks või asenduks mõne muu mineraaliliigiga.

Järgmine MammuttiKivile iseloomulik reaktsioon algab temperatuuril 840 °C. Nimetatud reaktsioon neelab energiat ning MammuttiKivi mass väheneb umbes kahe protsendi võrra. Selle reaktsiooni käigus vabanevad talgi seotud hüdroksüülrühmad. Järele jääb stabiilne ja püsiva põhistruktuuriga kivimaterjal, millest eraldunud ainult vesi. Katse näitab üheselt, et talk püsiv on veel sedavõrd kõrgel temperatuuril ning on seega MammuttiKivi struktuuri koos hoidev ja endiselt sookust juhtiv materjal (*pildid 3 ja 5*).



Pilt 4. Talki ja magneesiiti sisaldava MammuttiKivi TGA/DTA analüüsi tulemus. esimene termiline reaktsioon toimub temperatuuril 520 °C, kus magneesiit muutub periklassiks (punkt A). Teine reaktsioon (punkt B) on talgi dehüdroksüleerumine ehk reaktsioon, kus OH-rühmad eralduvad talgist umbes 840 °C temperatuuril.

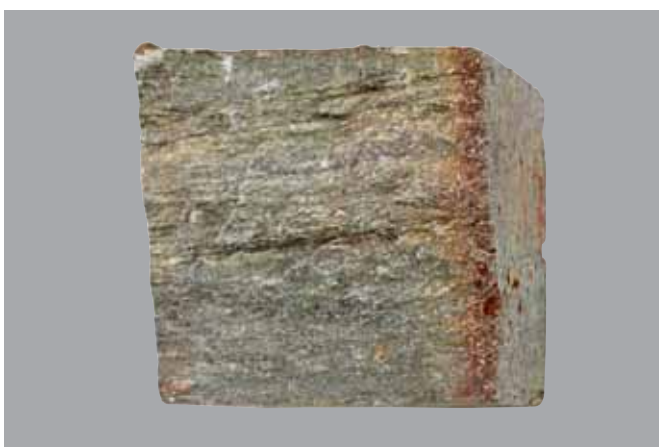


Pilt 5. Peeneteraline, 850 °C temperatuuril rekrustalliseerunud MammuttiKivi polarisatsioonmikroskoobi all. Must mineraal on periklass. Pilt näitab, et valge või punane talk on hüdrosüülirühmade lendumise eraldumise järel kivi struktuuri kooshoidev materjal.

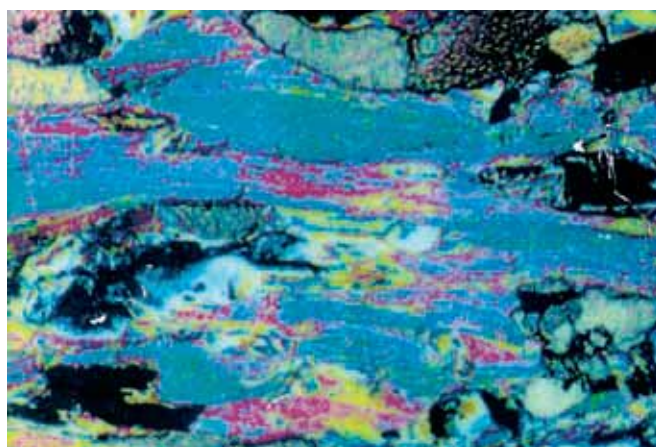
Kamina materjali maksimaalsed temperatuurid on tagantjärgi kergelt hinnatavad, sest periklassiks muutunud karbonaatmineraali esinemise piirkonnad saab tavalise mikroskoobiuuringu abil üheselt kindlaks määrata. Periklassi sisaldava kihi paksus kaua kasutuses olnud kolde materjalis on kõige enam 30 mm, kui leivaahju kuumendati katse käigus 400 °C-ni. Nimetatud tempera-

tuur on tunduvalt kõrgem, kui juhendi kohaselt kasutatavas kaminas on võimalik saavutada.

Tavalise kolde ja suitsulõõri konstruktsioonis (*pilt 6*) on periklassi sisaldava kihi paksus kõige kuumemal pinnal paar millimeetrit, mis näitab, et vaid väike osa kamina kogumaterjalist kuumeneb temperatuurini, mis on vajalik magneesiidi üleminekuks periklassiks.



Pilt 6. Tavaliselt köetava kamina koldes olnud MammuttiKivi.



Pilt 7. Polariseeritud MammuttiKivist, kus magneesiit on halli ja musta värvi. Tera läbimõõt on umbes 0,5 mm. Orienteeritud talgihelbed on sinakasrohelistes.

Voolukivi – nagu ka kõikide teiste kivimiliikide – omadused olenevad kivimi komponentide, ehk mineraalide omadustest. Ühed mineraalid on kõvad ja teised pehmed, ühed peavad vastu kõrgel temperatuuril, samas kui teised vaid mõnesaja kraadini.

Voolukivid võivad koosneda erinevaist, omaduste poolest väga erinevatest mineraalidest ning eri tüüpi voolukivide omadused võivad suurel määral varieeruda. **Selleks et täielikult mõista eri voolukivide omadusi**, tuleb kindlasti teada kivi põhikomponentide, mineraalide omadusi.

Mineraal on püsiv, kristalliline materjal, mis on oma tekkekeskkonnas tasakaalus ja muutumatu. Mineraalil on tuntud ning mineraloogiliselt määratletud keemiline koostis ja kristalli struktuur, ehk mineraali sees – selle kristallvõres – on igal keemilisel elemendil oma kindlaks määratud koht. Võimalikud on vaid teatud piiratud koostise variatsioonid.

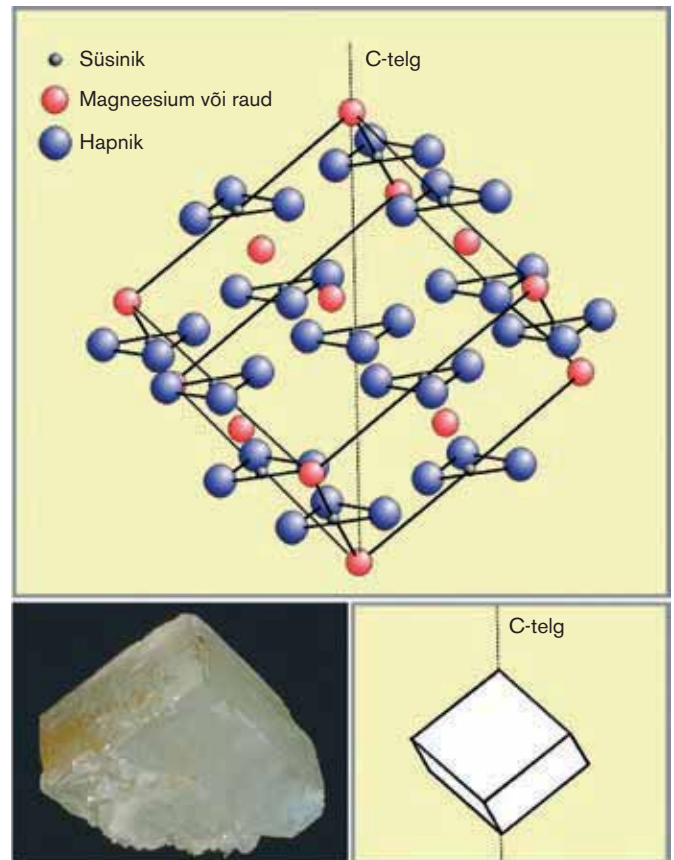
MammuttiKivi lasundi temperatuuritaluvuselt kõige kvaliteetsem kivim koosneb peamiselt vaid kahest mineraalst, magneesiidist ja talgist. MammuttiKivi kuumutamisel üle 520 °C ahjus põhjustab uue mineraali – periklassi – tekkimise. Järgnevalt on toodud lühike kirjeldus nende mineraalide omadustest.

Magneesiit

Magneesiit ($MgCO_3$) ehk magneesiumkarbonaat on värvuselt valge, hallikas või kollakaspruun mineraal, küüne kõvadusest veidi suurema kõvadusega. Mohsi kõvaduskaalal on magneesiidi kõvaduseks 3,5–4,5, võrdluseks aknaklaasi kõvadus on 7. Magneesiidi erikaal on 2,96–3,1, ehk üle kolme korra raskem, kui vesi. Keemiliselt koostiselt sisaldab puhas magneesiit 47,8% MgO ja 52,2% CO_2 . Kristallvõres või magneesiumi asemel olla ka raua ning MammuttiKivi lasundis sisalduvast rauast on suurem osa seotud magneesiidi süsinikmineraalis, asendades umbes ühe kümnendiku magneesiumi katioonidest mineraali kristallvõres.

Pildil 8 on toodud näide magneesiidiga karbonaadi kristalli struktuurist. Kristalli struktuurist tingituna olenevad magneesiidi omadused teatud määral suunast. Näiteks soojusjuhtivus on mineraali C-telje suunas tunduvalt suurem, kui sellega ristsuunaliselt. C-telje suunaline soojusjuhtivus on $22,9 \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$ ja sellega ristsuunaliselt $6,75 \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$. Omadusi mõjutab ka see, millisel moel raud on magneesiumi mineraali struktuuris asendanud. Näiteks erikaal kasvab lineaarselt raua osakaalu suurenedes. MammuttiKivi magneesiidis on raua ja magneesiumi suhe umbes 1:9 ning seetõttu on mineraali erikaal

puhtast magneesiumist suurem, ehk umbes 3,05. Mineraali kristallvõres paiknevad kõik massipunktid kolmel, üksteise suhtes kaldu asetseval tasapinnal. Sama põhistruktuur kordub ka suureteralise mineraalitüübi korral (**pilt 8**) ja karbonaadi kerge kolmemõõtmeline lõhenemine – vastavalt kristalli tasapindade suundadele – vastab üsna täpselt eelnevalt mainitus põhistruktuurile.



Pilt 8. Magneesiidi kristallvõre struktuur (ülemine pilt), iseloomulik magneesiiditera (all vasakul) ja kristalli C-telje geomeetiline asend magneesiiditeras.

Periklass

Periklass ehk magneesiumoksiid (MgO) tekib magnesiidi kuumutamisel, järgneva reaktsiooni teel:



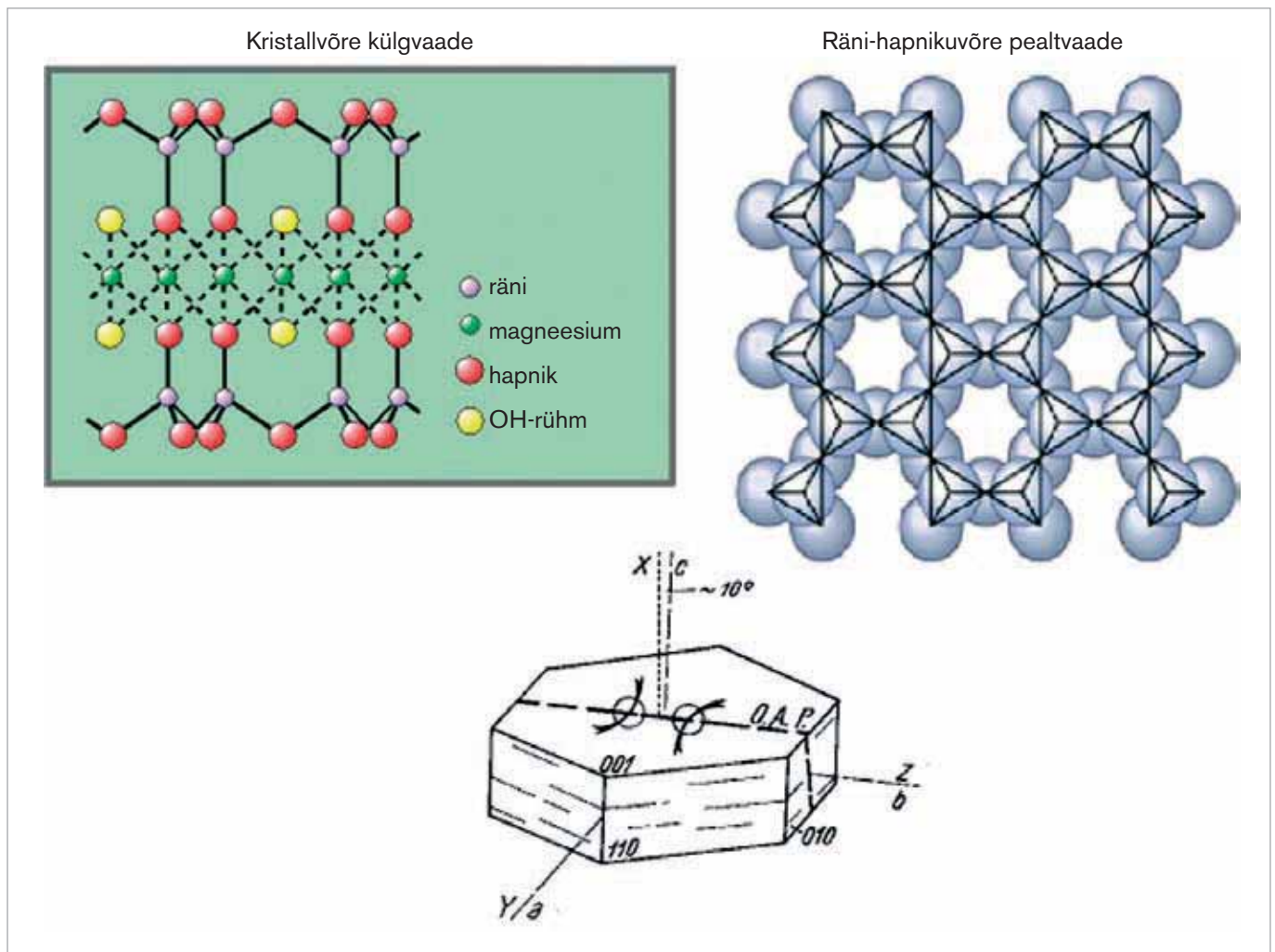
Periklass on stabiilsena üsna kõva, **Mohsi skaala on selle kõvaduseks 6** ja selle erikaal on vahemikus 3,58–3,90. Magnesiidist tekkinud periklassiterad on siiski äärmiselt väikesed ning silmaga pole võimalik üksikuid terasid näha. Muundumise tulemusel tekib pruunikas või must mikrokristalliline mass (*pilt 5*).

Talk

Talk kuulub mineraloogilises klassifikatsioonis füllosilikaatide rühma ning kõiki talgi omadusi on lihtsam mõista, kui lähemalt uurida selle kristallilist struktuuri. Puhta talgi keemiline valem on järgmine: $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. Räni

ja hapnik moodustavad võrkja struktuuri (*pilt 9*), milles komponendid on liidetud kõige elastsemate keemiliste sidemete, iooni- ja kovalentsete sidemete, abil. Sellest tulenevalt on talgi räni-hapniku kristallvõre eriti vastupidav ja mikroskoopiliselt väikesed kihtjad talgiterad moodustavad elastse võrgu. Talgi kõvadus Mohsi skaalal on siiski vaid 1, ehk see on üks pehmemaid tuntud mineraale. Pehmus on tingitud sellest, et räni-hapnikuvõrgu vahel asetsevad magneesiumi katioonid on räni-hapnikuvõrguga seotud vaid nõrkade keemiliste sidemete abil.

Hüdroksüülrühmat (OH) on mineraalivõrega samuti nõrgalt seotud. Sel põhjusel eralduvad mikroskoopilised talgiosakesed üksteisest kergesti ja libisevad kergelt üksteise suhtes. Sellest tuleneb üks talgi tüüpilisi tunnusoone, mineraali pind tundub rasvane. Talgi erikaal on vahemikus 2,7–2,8, ehk selle tihedus on magnesiidist mõningal määral väiksem, kuid siiski suuema maakoore kivimite keskmisest tihedusest.



Pilt 9. Talgikristalli keemiline struktuur, räni-hapnikuvõrgu skeem pealtvaates ning kristallitelgede (X, Y ja Z) ja optiliste telgede (a, b ja c) geomeetiline asend talgikihis.

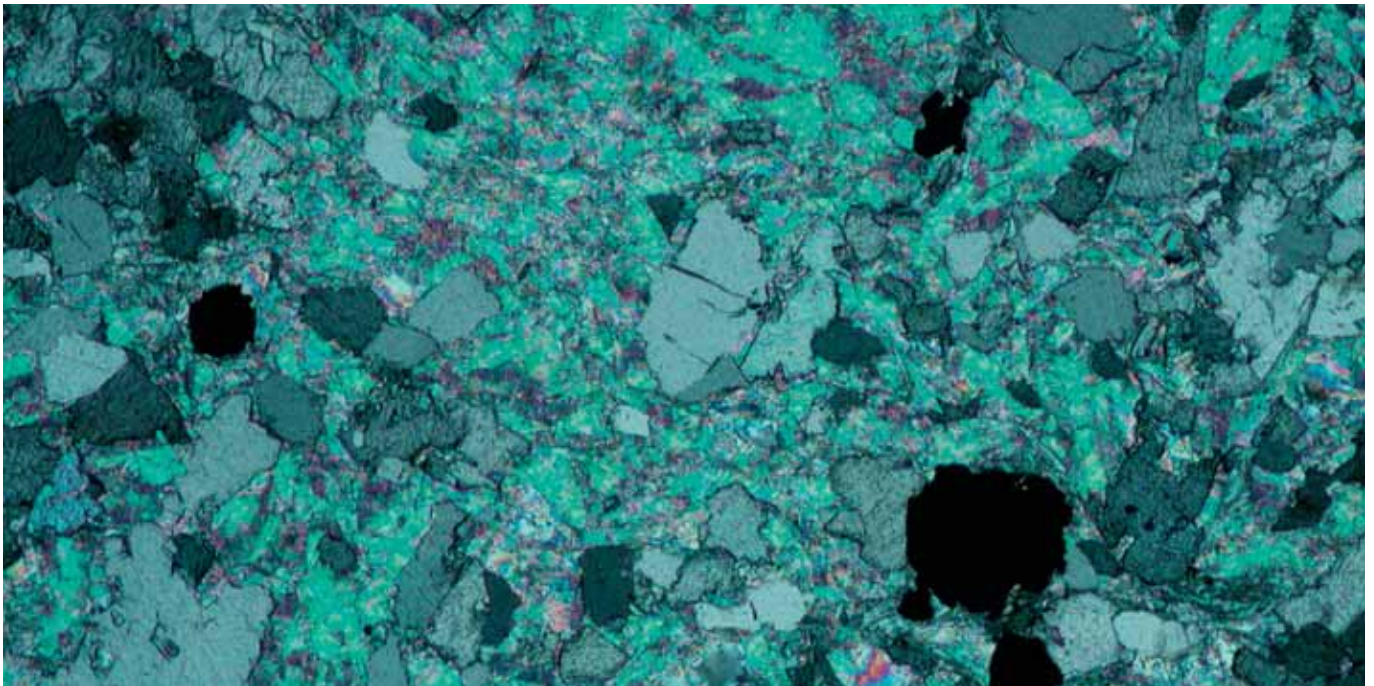
Mineraali struktuuri **kuju, suurus ja orienteeritus** varieeruvad MammuttiKivi lademe kivimitüüpide piires. **MammuttiKivi talk** esineb tavaliselt **peente helvestena ning võib moodustada ühtlase orienteeritud võrgu, mis ümbritseb magnesiidiosakesi**. Magnesiit võib aga **orienteeritud talgimassi** sees esineda piklike graanulitena või ümarate osakestena. Magnesiiditerade läbimõõt võib olla vähem kui 0,5 mm-st 10–15 mm-ni. Esineda võib ka üksikuid veelgi suuremaid terasid. MammuttiKivi lasundi kivimi võib tekstuuri järgi jagada kolme eri põhitüüpi, millest igal on erinevad iseloomuomadused.

Tugevalt kiltja ehk lõheneva struktuuriga MammuttiKivi kõik terad on selgelt tasapinnalise suunaga. Eriti kihilised mineraalid on süstemaatiliselt asetatud teatud suunalistele tasapindadele. Sellised MammuttiKivi erimid lõhenevad hästi ühes kindlas suunas ning näiteks soojusjuhtivus on tunduvalt parem lõhenevuse suunaliselt kui sellega risti. Sellise peeneteralise tekstuuriga MammuttiKivi on õiges suunas paigaldatuna väga hea vastupidavusega termilise koormuse suhtes.

Tugevalt joonelise ja kurrulise MammuttiKivi lineaarselt sümmeetriline struktuur tuleneb magnesiiditerade

süstemaatilisest asetsemisest teatud lineaarses suunas, ja sellest, et talgihelmed on kurdudeks seotud. Sellise kurrulise struktuuriga MammuttiKivid on kõikides suundades üsna võrdse mehaanilise tugevusega, kuid soojusjuhtivus on kurruharja suunas parem, kui muudes suundades. Sellise peeneteralise, kurrulise MammuttiKivi erimid peavad kõige paremini vastu termilisele šokile, mis tekib näiteks vahelduva kuumendamise ja jahutamise käigus. Talk moodustab magnesiiditerasid ümbritseva võrgu või terasid ümbritseva mineraalimassi (*pilt 10*), mis suurendab MammuttiKivi vastupidavusvõimet kõrgete temperatuuride ja suurte temperatuurimuutuste suhtes. See voolukivierim on MammuttiKividest kõige kvaliteetsem.

Rohkem kivimimassi meenutavad ja nõrgemalt orienteeritud MammuttiKivid on talgi poolest juhuslikult orienteeritud, kuid magnesiiditerade suurus võib olla kõikides suundades samasugune. Kivimassi meenutavate MammuttiKivi erimite soojusjuhtivus on kõikide suundades ligikaudu võrdne ja on lisaks temperatuurile otseses sõltuvuses kivi keskmisest terasuususest.



Pilt 10. Peeneteraline talk-magnesiit tüüpi MammuttiKivi polarisaatsioonmikroskoobi all. Väikeste helvestena esinev talk on pildil roheline. Sellest moodustuv mass ümbritseb umbes poolmillimeetrise läbimõõduga halle magnesiiditerasid. Pildistatud on kivimi joonelise suunas, ehk hallide magnesiiditerade ja talgi väikseimad mõõtmed jäävad pildistamise suunda.

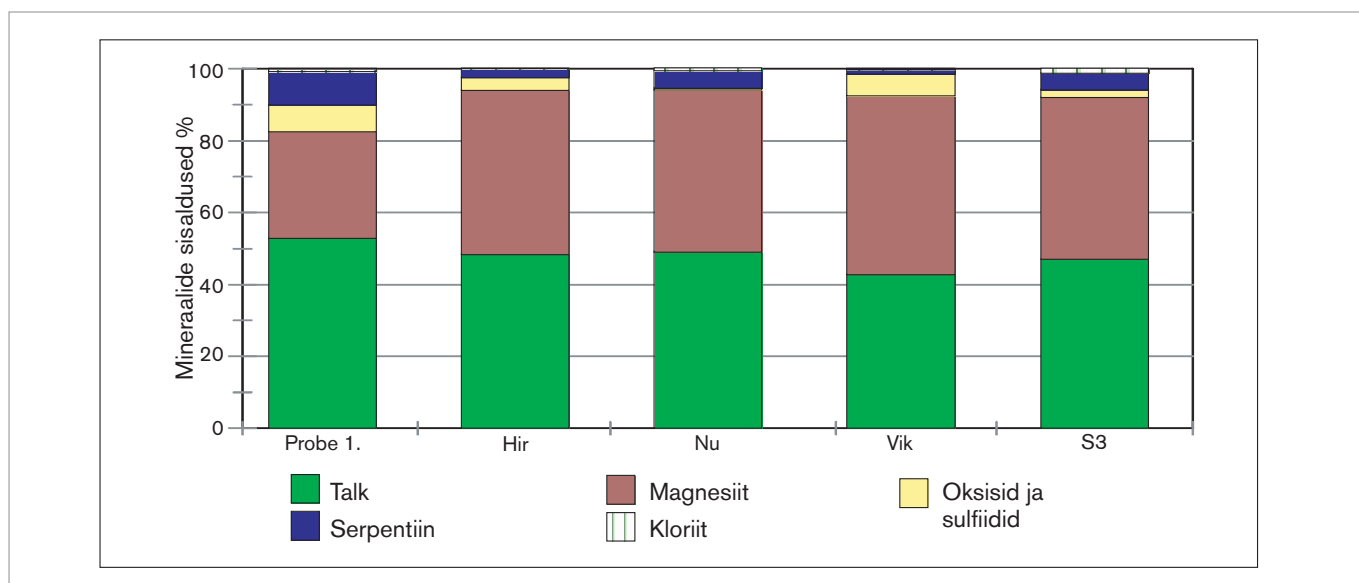
MammuttiKivi lademe kivim on tugevalt **orienteeritud**, mis ideaaljuhul sisaldab peamineraalidest ainult **talki ja magneesiiti**. Lisakomponentidega esineb väikeses koguses silikaatmineraale, serpentiini, kloriiti ning rauda sisaldavaid oksüüdmineraale.

MammuttiKivi lademe kvaliteetses MammuttiKivis on neid lisamineraale vaid mõne protsendi võrra kivimi mahust, ehk mineraalselt koostiselt klassifitseeritakse seda kivimit vaid talgi-magneesiidi tüüpi kivimiks.

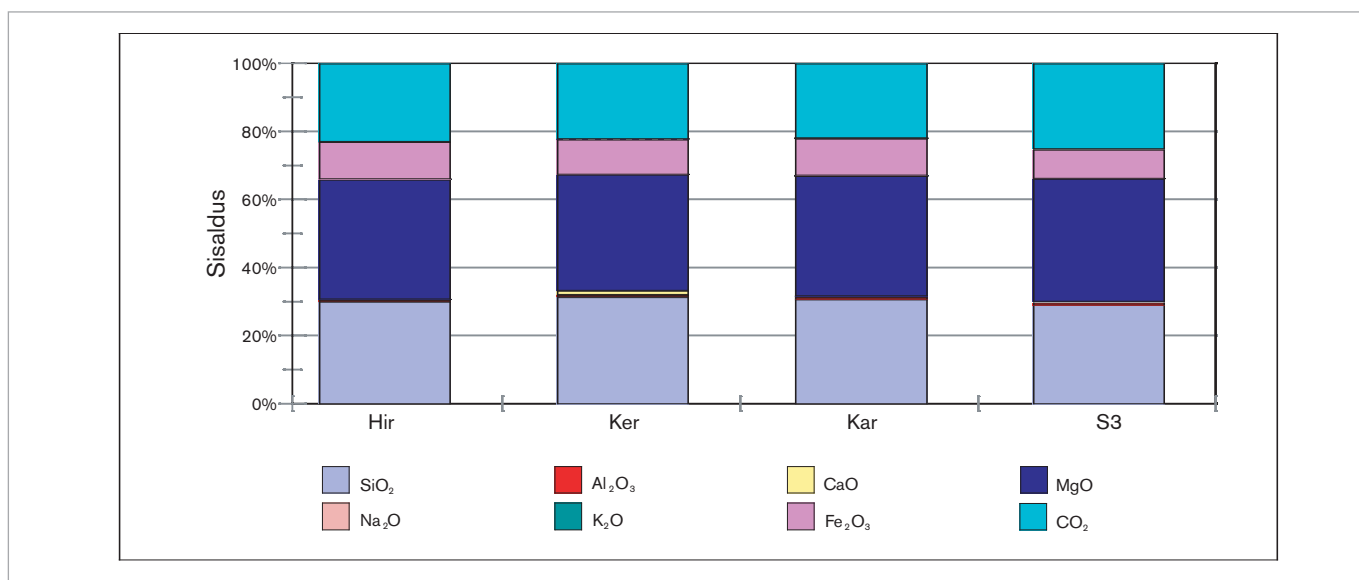
Uuringud mikroskoobi abil, on näidanud, et MammuttiKivi lademe kivimi mineraalne koostis on talgi pooldest ligikaudu konstantne. Tüüpiline MammuttiKivi

sisaldab talki 45–55 %, magneesiiti 30–50 % ja lisamineraalidena juhuslikult kloriiti, serpentiini ning maagioksiidi mineraale (*pilt 11*). Serpentiini sisaldus on analüüsi põhjal alla kümne protsendi ning kloriidi sisaldus jääb ei ületa kahte protsenti.

MammuttiKivi lademe MammuttiKivi keemilise koostise uuring viidi läbi Kanadas asuvas analüüsilaboris XRAL. Lademe MammuttiKivid on keemiliselt koostiselt osutunud üsna sarnasteks (*pilt 12*), ehk neis leidub umbes 30% räni (SiO_2), 35% magneesiumi (MgO) ja 10% rauda (FeO), samuti veidi üle 20% karbonaadi koostises olevat süsinikdioksiidi.



Pilt 11. MammuttiKivi modaalsed koostised MammuttiKivi lademes



Pilt 12. MammuttiKivi lademe eri kivimitüüpide keemilised koostised

MammuttiKivis on süsinikdioksiid seotud karbonaati-mineraalide koostisse ning süsinikdioksiidi sisaldus näitab otseselt kivimi magnesiidisaldust. Muid keemilisi elemente esineb MammuttiKivis vaid vähesel määral. Näiteks alumiiniumisisaldus on keskmiselt vaid 0,6% (Al_2O_3) ning muid keemilisi elemente veelgi vähem. Alumiiniumisisaldus MammuttiKivi keemilises koostises on tähelepanuväärne seetõttu, et alumiinium on üks kloriid- ja sulfaatmineraalide peamisi koostisosi. Nende kummaigi mineraali ülemäärane sisaldus ei tule kamina ehitamise seisukohalt voolukivile kasuks. Mainitud alumiiniumi sisaldava mineraaliliikide teke ei ole võimalik, kui kivim ei sisalda alumiiniumi, ja seetõttu on väike alumiiniumisisaldus kvaliteetse MammuttiKivi hea omadus.

Voolukivi definitsiooni kohaselt peavad kõik voolukivid sisaldama olulisel määral talki, kuid muude mine-

raalide sisaldus ja liigid võivad suurem määral varieeruda. Talgile lisaks esineb tüüpiliste voolukivide koostises peamineraalidena veel vilgukivi, kloriit, amfibool-, pürokseen- ja serpentiinmineraale. Sellele tuginedes võib voolukivid jagada vilgukivi sisaldavateks, kloriiti sisaldavateks jne kivimiteks. Magnesiiti sisaldavad erimid on voolukivina suhteliselt haruldased, kuid magnesiidil on oluline roll voolukivi soojussalvestusomaduste tagamisel.

Meie läbiviidud uuringute kohaselt koosneb MammuttiKivi lasund talk-magnesiit tüüpi kivist, mis on keemiliselt ja mineraalselt koostiselt suhteliselt homogeenne. MammuttiKivi sisemise struktuuri kohaselt esineb MammuttiKivi lademe piires teatud määral eri tüüpi erimeid, mille ainulaadseid omadusi õigesti ära kasutades saab MammuttiKivi materjalile anda kamina valmistamise seisukohalt märgatavat lisaväärtust.

Oulus 28.05.2001

Kivitieto Oy



Seppo Gehör

PhD, geoloog



Aulis Kärki

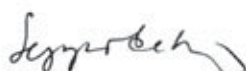
PhD, geoloog

Selles uues väljaandes on kasutatud Nunnanlahden Uuni Oy poolt registreeritud kaubamärk MammuttiKivi, mille all mõeldakse Nunnanlahden Uuni Oy kaevanduse kõiki voolukivierimeid.

Uut nimekasutust arvestamata vastab väljaande sisu aastal 2001 välja antud uurimisaruandele.

Oulus 31.01.2005

Kivitieto Oy



Seppo Gehör

PhD, geoloog



Aulis Kärki

PhD, geoloog



