

Kaivon paikka

Selvitykset ja tutkimukset
kiinteistön kaivon paikan määrittämiseksi

Tuomo Hatva, Toivo Lapinlampi ja Sanna Vienonen



Kaivon paikka

**Selvitykset ja tutkimukset
kiinteistön kaivon paikan määrittämiseksi**

Tuomo Hatva, Toivo Lapinlampi ja Sanna Vienonen



EDITA

YMPÄRISTÖOPAS | 2008
Suomen ympäristökeskus
Asiantuntijapalveluosasto

Taitto: Liisa Lamminpää

Kansikuva: Tuomo Hatva. Maaperäkairausta tärykairalla. Kairaamalla tutkitaan maakerrosten paksuus, maalajit ja niiden kivisyys. Kairausten perusteella valitaan paikka, mistä otetaan vesinäyte ja tutkitaan vesilaboratoriossa pohjaveden laatu. Kiinteistön pohjavesitutkimus yhden talouden vedenhankintaa varten tehdään tavallisesti yhden päivän aikana. Tutkimuksiin sisältyvät kairaukset ja vesinäytteiden ottaminen.

Sisäsivujen kuvat: Tuomo Hatva, ellei toisin mainita.

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2008

ISBN 978-951-37-5417-4 (nid.)
ISBN 978-952-11-3199-8 (PDF)
ISSN 1238-8602 (pain.)
ISSN 1796-167X (verkkokoj.)



ALKUSANAT

Hyvää talousvettä tuottava kaivo on yksi keskeisistä asumisen edellytyksistä sellaisilla kiinteistöillä, joita ei ole liitetty yhteiseen vesijohtoverkoston. Kaivon paikan valinnassa ja rakentamisessa tarvitaan monipuolista tietoa ja osaamista. Tähän oppaaseen on koottu käytännönläheistä tietoa erityisesti kaivon sijoittamisesta ja siihen vaikuttavista maa- ja kallioperäolosuhteista Suomessa. Oppaassa on kuvattu pohjaveden muodostumisen periaatteita ja pohjavesitutkimusten toteutusta sekä esitetty esimerkkejä erilaisiin olosuhteisiin rakennetuista rengas- ja porakaivoista, kaivojen virheellisestä sijoittamisesta ja pohjaveden likaantumiseriskeistä. Pääpaino oppaassa on kohdistettu siihen, miten kaivon paikka määritetään ja mitä sen tutkimisessa tulee ottaa huomioon.

Opas on tarkoitettu kaikille uuden kaivon paikan määrittämistä tai vanhan kaivon kunnostamista suunnitteleville kiinteistönomistajille, kuntien viranomaisille, alalla toimiville konsultteille ja muillekin asiasta kiinnostuneille. Eräitä tuoreita eri organisaatioiden ja tutkimuslaitosten laatimia ohjeita on hyödynnetty oppaan teossa. Ne on mainittu lähdeluettelossa.

Oppaan sisällön ja piirrokset on suunnitellut ja toteuttanut Suomen ympäristökeskuksen toimeksiannosta emeritus hydrogeologi, FT Tuomo Hatva, joka on myös ottanut pääosan oppaan valokuvista. Arvokasta ja hyödyllistä tietoa, kuvia sekä ohjeita kaivojen kunnostamisesta on saatu rengaskaivojen osalta etenkin toimitusjohtaja Pertti Virtaselta (Vesikaivuhuolto Vipe Oy) ja porakaivojen osalta toimitusjohtaja Sami Eskeliniltä (Konepalvelu Eskelin Oy) ja toimitusjohtaja Peter Dahlbomilta (Kaivonporaus P.Dahlbom Ky) sekä monilta muilta alan asiantuntijoilta.

Valtaosa oppaan valokuvista on otettu vuonna 2007 nimenomaan tätä opasta varten Kemiössä, Rengossa, Halikossa, Sysmässä sekä monissa Uudenmaan ja Hämeen kunnissa. Pohjavesitutkimuksia ja vanhan kaivon kunnostusta kuvattiin Vesikaivuhuolto Vipe Oy:n työmailla Sysmässä. Lisäksi oppaaseen on valittu eri puolilta Suomea otettuja kuvia sekä tekijän että muiden asiantuntijoiden arkistoista. Yhteensä kuvia on saatu 17 kuvaajalta.

Oppaan tekemistä on ohjannut Suomen ympäristökeskuksessa suunnitteluinsinööri Toivo Lapinlammen johdolla toimiva kaivoryhmä. Ryhmän jäsenistä hydrogeologi Ritva Britschgi, johtava asiantuntija Erkki Santala ja erikoistutkija Matti Valve ovat Suomen ympäristökeskuksesta, tarkastaja Jarmo Kosunen Uudenmaan ympäristökeskuksesta, suunnitteluinsinööri Jukka Lahti Pirkanmaan ympäristökeskuksesta, kemisti Juhani Airo MetropoliLabista, hydrogeologi, FT Kirsti Korkka-Niemi Turun yliopiston maaperägeologian laitokselta sekä ympäristöinsinööri Timo Piirainen Vesi- ja ympäristösuunnittelu T.P:stä. Porakaivojen tekijöitä ovat kaivoryhmässä edustaneet porakaivourakoitsijat Peter Dahlbom, Jouni Lehtonen ja Sami Eskelin (Suomen Kaivonporausurakoitsijat ry. Poratek). Kaivoryhmän sihteerinä toiminut tutkija Sanna Vienonen Suomen ympäristökeskuksesta on koonnut oppaaseen tulleet kuvat ja käsikirjoituksen.

Haluamme esittää parhaat kiitokset kaikille oppaan laatimiseen osallistuneille yrityksille, kaivoryhmän jäsenille ja muille asiantuntijoille. Kiitos myös Matti Valveelle, joka on tarkastanut digitaaliset kuvat ja antanut asiantuntija-apua, Kirsti Korkka-Niemelle geologisten termien

tarkistamisesta sekä monille muille henkilöille, jotka ovat antaneet valokuviaan oppaaseen ja osallistuneet tekstin kommentointiin ja viimeistelyyn. Kiitokset ansaitsee myös piirtäjä Oili Ahola kaaviokuvien puhtaaksi piirtämisestä. SYKEN julkaisuprosessiin kuuluvat asiantuntijalausunnot ovat antaneet emeritus dosentti, geologi Esa Rönkä Suomen ympäristökeskuksesta ja geologi Birgitta Backman Geologian tutkimuskeskuksesta.

Helsingissä 20.9.2008

Tekijät

SISÄLLYS

Alkusanat	3
Sisällys	5
1 Yleistä	7
2 Maa- ja kallioperä pohjaveden saannin kannalta	10
2.1 Maankamara	10
2.2 Maaperä	13
2.2.1 Yleistä	13
2.2.2 Moreenit	13
2.2.3 Karkearakeiset lajittuneet maalajit	16
2.2.4 Hienorakeiset maalajit	17
2.2.5 Pohjaveden saantimahdollisuudet maaperästä	19
2.3 Kallioperä	19
2.3.1 Kivilajit	19
2.3.2 Pohjaveden saantimahdollisuudet kallioperästä	20
3 Pohjaveden kiertokulku ja muodostuminen sadannasta	24
4 Pohjaveden pinta ja sen vaihtelut	30
5 Kaivonpaikkatutkimukset	33
5.1 Yleistä	33
5.2 Tutkimusvaiheet	33
5.3 Tutkimuksessa tarvittavien taustatietojen hankinta	35
5.3.1 Karttatarkastelu	35
5.3.2 Pohjaveden alueellinen laatu	39
5.3.2.1 Yleistä	39
5.3.2.2 Maaperän pohjavesi	40
5.3.2.3 Kallioperän pohjavesi	41
5.3.3 Veden käyttötarve	46
5.3.4 Kaivon kuntokartoitus	46
5.3.5 Terveys- ja ympäristötarkastajan haastattelu	46
5.3.6 Muut yleiset selvitykset	47
5.4 Maastotarkastelu	48
5.5 Tutkimusohjelma ja tarjouspyyntö	49
5.5.1 Tutkimusohjelma	49
5.5.2 Tarjouspyyntö	49
5.6 Kaivon paikan tutkimus	50
5.6.1 Maaperätutkimus	50
5.6.2 Kallioperätutkimus	51
5.6.3 Lähteiden virtaamamittaukset ja kaivoinventointi	52
5.6.4 Pohjaveden pinnan korkeus	53
5.6.5 Vesinäytteen ottaminen ja antoisuuden arviointi koepumppauksella	54

5.6.6 Vesinäytteen tutkiminen maastossa ja laboratoriossa	56
5.6.7 Veden käsittelytarve ja -tavat	63
5.6.8 Jätevesijärjestelmä ja jäteveden purkupaikan selvitys	64
5.6.9 Muut tutkimukset kaivon paikalla	65
5.6.10 Kaivon paikan tutkimusraportti	65
6 Esimerkkejä kaivon sijoittamisesta erilaisiin maa- ja kallioperä- olosuhteisiin	66
6.1 Yleistä	66
6.2 Rengaskaivo	67
6.2.1 Esimerkkejä moreenikerrostumiin rakennetuista rengaskaivoista	67
6.2.2 Esimerkkejä hiekka- ja soramuodostumiin rakennetuista kaivoista	71
6.3 Porakaivo	73
6.4 Siiviläputkikaivo	76
6.5 Ylivuotokaivo	76
7 Rengas- ja porakaivon virheellinen sijoittaminen	79
7.1 Yleistä	79
7.2 Hydrogeologiset tekijät	79
7.2.1 Pohjaveden laatu	79
7.2.2 Pohjaveden määrä	80
7.3 Vesistöjen vedenpinnan vaihtelu	82
7.4 Ihmisen toiminta	84
7.5 Lainsäädäntö	90
8 Yhteenveto	91
Lähteet ja aiheeseen liittyviä Internet-sivuja	92
Liitteet	95
Liite 1. Oppaassa käytetty hydrogeologinen sanasto sekä kaivotyyppi- ja maalajimerkinnot	95
Liite 2. Kaivon paikan tutkimuslomake	103
Liite 3. Kaivon huolto ja kunnostus	105
Liite 4. Kaivon antoisuuden mittaaminen	123
Liite 5. Kaivoveden analyysitulkki	129
Liite 6. Kaivojen tyyppi- ja rakennuspiirustukset	133
Liite 7. Kaivosopimuksen asiakirjamalli	139
Kuvailulehdet	148
Kuvailulehti	148
Presentationsblad	149
Documentation page	150

1 Yleistä

Pohjavesi on arvokas uusiutuva luonnonvara, jolla on suuri merkitys luonnontaloudessa ja ihmisen toiminnossa. Se soveltuu hyvin yhdyskuntien ja haja-asutuksen vedenhankintaan. Yhdyskuntien käyttämä talousvesi otetaan useimmiten vedenhankinnalle tärkeiltä pohjavesialueilta. Yksittäisten kiinteistöjen ja loma-asutuksen vedenhankinta perustuu pääasiassa moreenikerrostumista tai kallioperästä saatavaan pohjaveteen, mikä riittää yhden kiinteistön talousveden käyttötarpeeseen.

Maassamme on noin 300 000 kotitaloutta ja saman verran kesäasuntoja, jotka ottavat talousvetensä kaivosta. Kaivojen lukumäärä ei ole tarkasti tiedossa, mutta rengaskaivoja on arvioitu olevan yhteensä noin 450 000 ja porakaivoja ainakin 160 000. Kaivoja rakennetaan joka vuosi arviolta noin 5000–10 000 kaivoa, joista porakaivoja on noin puolet. Edellä esitettyihin arvioihin sisältyvät porakaivojen osalta vain talousveden hankintaan tarkoitettut kaivot.

Pohjavesi muodostuu sade- ja sulamisvesistä, joista osa imeytyy maalajista ja kallion rikkonaisuudesta riippuen pohjavedeksi maa- ja kallioperään. Veden suodattuessa maakerrosten ja kallion rakojen läpi pohjavedeksi siihen liukenee erilaisia ihmisen terveydelle tärkeitä hivenaineita. Luonnontilainen pohjavesi on kylmää, raikkaan makuista ja tasalaatuista.

Pohjaveden laatuun vaikuttavat toisaalta geologista alkuperää olevat ja toisaalta ihmisen toiminnasta johtuvat tekijät. Geologisia tekijöitä ovat mm. maa- ja kallioperän laatu

ja rakenne. Niiden vaikutus voi olla erilainen maaperän pohjaveden kuin kallioperän pohjaveden laatuun. Ihmisen toimintojen seurauksena pohjaveden likaantumiseriski kasvaa tai vesi voi pilaantua siinä määrin, että sitä ei kannata enää puhdistaa.

Jos pohjavedessä on talousvesikäytön kannalta luontaista alkuperää olevia haitallisia aineita, kuten rautaa, mangaania, fluoridia, arseenia tai radonia ja uraania, voidaan ne poistaa taloudellisesti käsittelemällä vesi nykyaikaisilla menetelmillä. Ilman kautta tulevilta lika-aineilta pohjavesi on helpompi suojata kuin pintavesi. Pohjaveden alueelliset laatuhaivat on hyödyllistä selvittää ajoissa etukäteen varsinaisten maastotutkimusten nopeuttamiseksi.

Haja-asutuksen uudisrakentamisessa joudutaan turvautumaan usein kiinteistökohtaiseen vedenhankintaan. Pohjavesi-, kallioperä- ja maaperätutkimusten avulla määritetään, minkälainen kaivotyypki soveltuu parhaiten omalle kiinteistölle. Vaihtoehtoja ovat rengas-, pora- ja siiviläputkikaivo tai lähteen läheisyyteen rakennettu kaivo. Pohjaveden laadun vaarantavat tekijät, kuten jätevedet ja suolattavan tien läheisyys, on otettava huomioon kaivon paikkaa mietittäessä.

Hyvää kaivon paikkaa kannattaa etsiä kauempaakin. Yhteistyö naapurin tai useammankin naapurin kanssa voi olla mahdollista tai jopa ainoa vaihtoehto. Kysymykseen voi tulla myös vesiyhtymän perustaminen tai liittymisen vesihuoltolaitoksen vesijohtoverkostoon.

Monet kiinteistönomistajat käyttävät kuitenkin omaa kaivovettä esim. puutarhan kasteluun, auton pesuun ja saunavetenä, vaikka ottavatkin talousveden verkostosta.

Oppaan luvuissa 2, 3 ja 4 on käsitelty maa- ja kallioperän laatua ja niiden hydrogeologisia ominaisuuksia sekä pohjaveden muodostumista. Asiaa on havainnollistettu piirrosten ja valokuvien avulla. Luvussa 5 on esitetty, minkälaisia maa- ja kallioperä- sekä vedenlaatututkimuksia uuden rengas- tai porakaivon paikan tutkiminen edellyttää ja mitä on otettava huomioon uutta kaivoa sijoitettaessa ja rakennettaessa. Luvussa 6 on esitetty esimerkkien avulla kaivojen sijoittamismahdollisuuksia erilaisissa hydrogeologisissa olosuhteissa. Kaivojen virheellisestä sijoittamisesta ja pohjaveden likaantumisesta on koottu erilaisia esimerkkejä lukuun 7. Oppaan sisällysluettelossa on yhdenmukaisuuden ja lukemisen helpottamiseksi pohjavesitutkimusten osalta noudatettu kaivon rakentamista koskevassa Kaivosopimuksessa (liite 7) käytettyä sisällysluetteloa.

Oppaan liitteitä ovat oppaassa käytetty hydrogeologinen sanasto, kaivotyyppi- ja maalajimerkinnät, kaivon paikan tutkimuslomake, rengas- ja porakaivon kunnostusta ja kaivon antoisuuden mittaamista käsittelevät luvut, kaivoveden analyysitulkki, kaivojen tyyppipiirustukset ja Kaivosopimus.

Tämä opas on tehty täydentämään aikaisemmin tehtyjä Suomen ympäristökeskuksen, Geologian tutkimuskeskuksen ja Säteilyturvakeskuksen aiheeseen liittyviä julkaisuja ja liitteinä 5–7 esitettyjä ohjeita. Opas auttaa täydentämään liitteissä 2 ja 7 esitetyt pohjavesitutkimuksia koskevat kohdat. Oppaan tekemisessä käytetyt lähteet on esitetty lopussa.

Piirroksiin liittyvät valokuvat on numeroitu, merkitty piirroksiin asiaa kuvaaviin kohtiin ja ympyröity. Piirroksen merkitty valokuva löytyy tekstistä kuvanumeron avulla. Piirrosten ja kuvien yhteyteen on kirjoitettu yksityiskohtaisia tekstejä ilmaisemaan niiden esittämää asiaa. Oppaaseen ei ole kirjoitettu pitkiä varsinaisia tekstiosuuksia, jotta opas olisi helpommin luettavissa.

Liitteessä 1 on esitetty selitykset oppaassa käytetyistä tai asiaan muuten liittyvistä hydrogeologisista termeistä. Liitteen 1 lopussa on myös luettelo piirroksissa käytettyjen rengas- ja porakaivojen erilaisista ominaisuuksista, kuten antoisuudesta ja sellaisesta pohjaveden laadusta, joka on pääteltävissä lähinnä veteen liunneen hapen tai sen puuttumisen ja kaivon sijainnin perusteella.

Esimerkkejä rengas-, pora- ja siiviläputkikaivojen sijoituksesta erilaisiin geologisiin muodostumiin on esitetty oppaan piirroksissa sekä luvussa 6. Arvio pohjaveden saantimahdollisuudesta ja laadusta kaivotyypeittäin on myös esitetty piirroksissa. **Eri kaivotyypit on merkitty lyhenteillä AK, RK1–5, LK1–3, SP1–2 sekä PK1-5 ja ne on kuvattu tarkemmin liitteessä 1.** Kuilu- tai betonirengaskaivosta on käytetty nimitystä rengaskaivo ja kallioporakaivosta nimitystä porakaivo.

Pohjaveteen liittyvien asioiden tarkastelujärjestykseksi oppaassa on valittu

1. maaperä ja siitä saatavissa oleva pohjavesi
2. kallioperä ja siitä saatavissa oleva pohjavesi.

Ohjeita kiinteistön omistajalle kaivon paikan määrittämiseen

1

Selvitä vähintään vuosi ennen kiinteistön kaivon paikan määrittämistä muut vedenhankinnan vaihtoehdot, kuten vanhan kaivon kunnostaminen, vedenhankinta yhdessä naapureiden kanssa ja mahdollisuudet liittyä vesiyhtymän tai vesihuoltolaitoksen vesijohtoverkoston.

2

Jos vanha kaivo päätetään kunnostaa, teetä kaivon kuntokartoitus ja kunnostussuunnitelma vähintään kuukausi ennen varsinaista kunnostusta työnsä osaavalla yrittäjällä. Kevyet kaivon huoltotoimenpiteet voi tehdä kiinteistön omistaja itsekin.

3

Ryhdy heti toimenpiteisiin uuden kaivon paikan määrittämistä varten, jos kiinteistöä ei voi liittää yhteiseen verkostoon tai kaivoa ei voi kunnostaa. Pohjavesitutkimuksia varten hankitaan perus- ja maaperäkartat sekä kallio-peräkartat. Alueellisen pohjaveden laadun selvittämistä varten hankitaan lisäksi radonpitoisuuskartat ja kootaan alueelta saatavissa oleva muu tieto pohjaveden laadusta. Tämän työn voi tehdä kiinteistön omistaja. Kun tutkimushanke toteutetaan vaiheittain ja sen tekemiseen varataan riittävästi aikaa, voidaan varsinaisten maastotutkimusten toteuttamista nopeuttaa ja helpottaa sekä säästää kustannuksissa.

4

Haastattele naapureita. Kysele tietoja ja kokemuksia rengas- tai porakaivojen antoisuuksista ja kaivoveden laadusta. Jos kiinteistösi sijaitsee pohjaveden laadun kannalta alueella, missä voi esiintyä maa- ja kallio-perän aiheuttamia alueellisia pohjaveden laatuhaittoja, selvitä haittojen esiintyminen kunnassasi.

5

Tee itse kiinteistölläsi ja sen ympäristössä alustava maasto- ja karttataustatarkastelu. Selvitä kallion paljastumien sijainti ja kiven väri sekä tee havaintoja kallion rikkonaisuudesta ja halkeamista sekä niiden avoimuudesta ja kaltevuudesta. Tee havaintoja kiinteistön maaperän laadusta. Arvioi, jos mahdollista, kallion rakojen määrä metrin matkalla eli niin sanottu rakoluku. Selvitä, onko maaperä moreenia, savea vai esiintyykö kiinteistöllä tai sen lähiympäristössä vettä hyvin läpäiseviä maalajeja kuten hiekkaa ja soraa.

6

Selvitä kiinteistölläsi tai sen lähiympäristössä olevat pohjaveden pilaantumista aiheuttavat toiminnot tai pysyvät tekijät kuten jätevesijärjestelmä, vanhat kaatopaikat, suolattavat tiet, öljysäiliöt, navetan tai sikalan kunto sekä uudet ja vanhat laidunmaat. Tarkista viemäreiden ja jätevesien käsittelylaitteiden kunto. Huolehdi siitä, että pohjaveden likaantumiseriskit otetaan huomioon kaivon paikkaa määrittäessä.

7

Tarkastele ympäristön pohjavesiolosuhteita. Arvioi peruskartan korkeuskäyrien ja maaston korkeussuhteiden perusteella pohjaveden virtaussuuntia. Selvitä myös oijen ja vesistöjen virtaussuunnat. Selvitä, onko kiinteistölläsi tai sen läheisyydessä lähteitä tai kosteikkoja, jonne pohjavesi voisi purkautua.

8

Pyydä tarjoukset kaivon paikan määrittämiseksi hyvissä ajoin, eli noin 3–4 kuukautta ennen tutkimusten aloittamista. Jos kyseessä on rengaskaivon paikan määrittäminen, varmista, että tutkimukset tehdään kuivana vuodenaikana.

9

Teetä pohjavesitutkimukset tarjousten perusteella valitulla konsultilla tai pohjavesitutkimuksia tekevällä kaivourakoitsijalla. Muista valita tutkimusten kannalta sopivin vuodenaika.

10

Valmistele kaivon paikan määrittämistä varten tehtäviä tutkimuksia tai porakaivon porausta raivaamalla kulkuväyliä. Ole itse paikalla, kun tutkimukset tehdään. Varmista, että porauksesta tehdään asianmukaiset havainnot ja merkinnät porauspöytäkirjaan.

11

Varmista, että kiinteistöllesi rakennettavan rengaskaivon paikalta tai uudesta porakaivosta on otettu edustavat ja tarpeelliset vesinäytteet ja niistä tutkitaan tavanomaisten veden laatuominaisuuksien lisäksi myös kuntasi alueella pohjavedessä mahdollisesti esiintyvät maa- ja kallio-perästä johtuvat laatuhaitat.

12

Opastusta saat kunnilta, maatalouskeskuksilta ja alueellisilta ympäristökeskuksilta sekä konsulttitoimistoilta. Niiltä saat myös neuvoja rahoituksesta, jota voi saada valtiolta esim. vanhan kaivon kunnostukseen.

2 Maa- ja kallioperä pohjaveden saannin kannalta

2.1

Maankamara

Suomen maankamara koostuu kahdesta erikikäisestä ja ominaisuuksiltaan hyvin erilaisesta osasta, jotka ovat selvästi erotettavissa toisistaan. Alla on ikivanha peruskallio, jonka päällä nuori ja ohut maaperä. Maankamaraan voidaan lukea myös siinä esiintyvä maa- ja kallioperän pohjavesi. Jääkausi on muokannut maankamaraa ja sen pintaa, jolloin se on pääosin saanut nykyisen muotonsa. Jääkauden aikaiset ja sen jälkeiset järvi- ja merivaiheet ovat myös muokanneet pinnanmuodostusta ja maaston korkeuseroja.

Maaperä koostuu pääosin kallioperästä murskautuneesta ja erilaisten ilmiöiden kulluttamasta, hienontamasta, kuljettamasta sekä kerrostamasta kiviaineksesta. Nämä kivennäismaalajit ovat joko lajittumatonta moreenia tai lajittuneita maalajeja, kuten soraa, hiekkaa, silttiä ja savea. Maalajit esiintyvät erilaisissa geologisissa muodostumisissa tai kerrostumisissa, joilla on tietty rakenne ja topografiset piirteet^[1]. Kivennäismaalajien päällä on ohut orgaanista ainesta sisältävä maannoskerros. Soilla maannos- eli turvekerroksen paksuus voi olla useita metrejä.

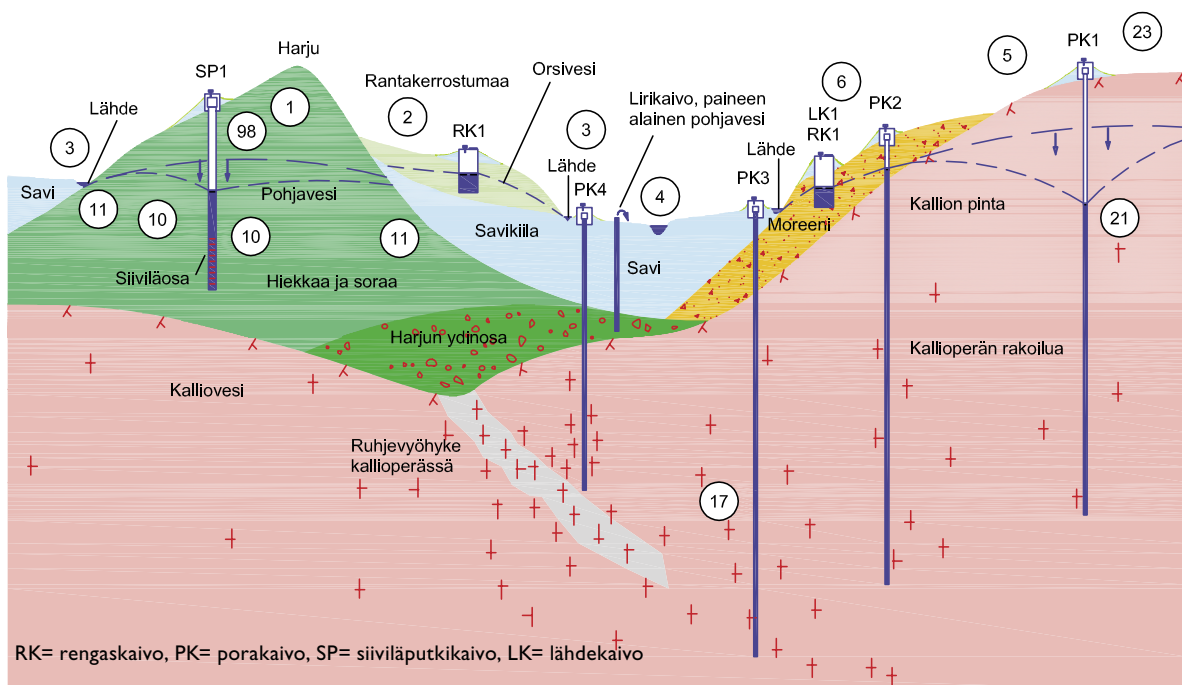
Maapeite on Suomessa yleensä suhteellisen ohut. Sen keskimääräinen paksuus on vain 8,6 metriä. Hiekka- ja sora muodostumis-

sa maakerrosten paksuus voi olla kymmeniä metrejä. Myös rannikolla savikerrostumat voivat olla paikoin hyvinkin paksuja. Moreenikerrostumien paksuus on useimmiten vain muutamia metrejä. Niiden keskipaksuus on alle 5 metriä.

Suomen kallioperä koostuu syvällä maankuoressa kiteytyneistä kivilajeista. Yleisimpiä kivilajeja ovat graniitit ja niiden kaltaiset kivet sekä gneissit ja liuskeet. Peruskalliomme on iältään pääosin 1,5–3 miljardia vuotta vanhaa.

Kallioperä on karkeasti ottaen ominaisuuksiltaan melko samanlaista, mutta siinä esiintyy kuitenkin jyrkkiä eroja eri kivilajien välillä. Maankuoren liikunnot ovat muuttaneet kallioperän rakennetta, mikä tulee esille mm. poimuttumisena, liuskeisuutena, murtumisena ja rakoiluna^[1].

Kallioperässä esiintyy paksujen maakerrosten peittämiä syviä kallioperän ruhjeita. Ne näkyvät maastossa pitkinä laaksoina ja mosaiikkimaisena rakenteena. Kallioperässä on ruhjeiden lisäksi monin paikoin noin 100–150 metrin syvyydelle saakka erilaisia rakkoja ja rakosysteemejä, joiden tiheys ja suunta vaihtelevat paljon.



Piirros I. Yleispiirros maankamaran päärakenneosista: peruskalliosta ja sen päällä olevasta maaperästä sekä niihin liittyvästä maa- ja kallioperän pohjavedestä.

Piirroksiin on merkitty ympyröidyillä numeroilla viitteet maankamaran pääosia tai kaivoja esittäviin valokuviin.



Kuva 1. Poikkileikkaus tyypillisestä jääkauden aikaisten sulamisvesivirtojen kasaamasta pitkittäisharjasta, joka voi olla kymmeniä kilometrejä pitkä. Leveys vaihtelee alle sadasta metrillä yli kilometriin. Harjuille tyypillinen puusto on männikköä. Harjujen pohjavesialueet ovat tärkeitä vedenhankinta-alueita yhdyskuntien vedenhankinnassa.



Kuva 2. Harjun reunamalle muodostunut rantavoimien muokkaama rantakerrostuma, jolle tyypillinen puusto on männikköä. Rantakerrostuma on vaakasuora tasanne harju juurella kulkevan metsätien alapuolella. Kerrostuman alapuolella esiintyy savikiila (piirros I), jonka päällä pohjaveden pinta on korkeammalla kuin harjussa. Tällaista vettä kutsutaan orsivedeksi. (Kuva: Kirsti Korkka-Niemi)



Kuva 3. Luonnontilainen lähde, jonka pohjalle on kasaantunut lähteen reunamilta veteen kaatuneita puita. Harjulla sadevedestä maaperään imeytyvä vesi kerääntyy pohjavedeksi, joka purkautuu harjun reunamilla lähteinä. Lähteet voivat olla virtaamaltaan hyvinkin suuria. Moreenialueilla lähteiden virtaamat ovat pieniä.



Kuva 4. Savialue. Harjujen tai moreeni- ja kallioaluiden välillä olevissa laaksoissa ja painanteissa on savikerrostumia, jotka ovat aikanaan muodostuneet jääkauden sulamisvaiheessa meriin ja järvi-altaisiin. Savikerrostumat voivat olla hyvinkin paksuja ja ne ovat kerrostumisajasta riippuen erilaisia (liite I). Laajoja savikkoja esiintyy varsinkin rannikolla.



Kuva 5. Kallioalue. Kuvan osoittama kallioalue on rakenteeltaan suhteellisen ehjää, harvarakoista graniittia. Kallioalueille tyypillinen puusto on harvaa männikköä. Sade- ja sulamisvedet imeytyvät pohjavedeksi kallion rakoja pitkin pohjaveden pinnan tasolle.



Kuva 6. Moreenialue. Kallioalueen reunamalle muodostunut lohkareinen moreenikerrostuma. Moreenialueille tyypillinen puusto on kuusikko. Kuvassa näkyvä valkoinen keppi osoittaa paikkaa, johon kaivo on rakennettu. Sen kaivonpaikkatutkimusta on kuvattu luvussa 5. Moreenialueen maalajien muuttuminen pintamaan alapuolella ja rengaskaivon rakennustyön eteneminen on esitetty kuvissa 7, 8 ja 75.

2.2

Maaperä

2.2.1

Yleistä

Maamme kiteisistä kivilajeista koostuvaa kallioperää peittää geologisesti nuori irtomaakerros. Tämä irtomaakerros eli maaperä on muodostunut viime jääkauden loppuvaiheessa ja sen jälkeen. Kallioperän päälle on kerrostunut vaihtelevan paksuuti erilaisia maalajeja, joiden kerrosjärjestys kallioperästä lähtien on syntytavasta ja -ajasta riippuen seuraava [2]:

1. moreeni
2. soraharju
3. savikko.

Kallioperän päällä ovat yleensä jääkauden aikana syntyneet kerrostumat: moreenit ja harjut. Moreenin päällä ja harjujen liepeillä voi olla syvään veteen kerrostuneita sedimenttejä savea ja silttiä. Syvän veden sedimenttejä nuorempia ovat matalaa veteen ja vesirajaan syntyneet rantakerrostumat. Jääkauden lajittelemia maalajeja, hiekkaa ja soraa, esiintyy harjuissa ja Salpausselissä sekä muissa reunamuodostumissa. Suomen yleisintä maalajia moreenia esiintyy kaikkialla kallioesiintymien reunamilla ja päällä sekä savikkojen alla. Maalajeja on tarkasteltu seuraavassa niiden kerrostumisjärjestyksessä.

2.2.2

Moreenit

Mannerjäätikön kalliosta irrottamaa, kuluttamaa, kuljettamaa ja kallioperän päälle kerrostamaa ainesta kutsutaan moreeniksi [1]. Moreeni on yleisin maalaji Suomessa. Moreenia on noin 53 % maapinta-alasta. Moreenien rakeisuus ja koostumus vaihtelevat paljon, ja niiden lajittuneisuus on heikko. Moreenin kivet ovat suuntautuneet jäätikön virtauksen etenemissuunnan mukaisesti. Raekoostumuksen perusteella moreenit voidaan jakaa sora-, hiekka- ja hienoainesmoreeneihin. Ne

ovat väriltään harmaita, harmaanruskeita tai kellertäviä [3].

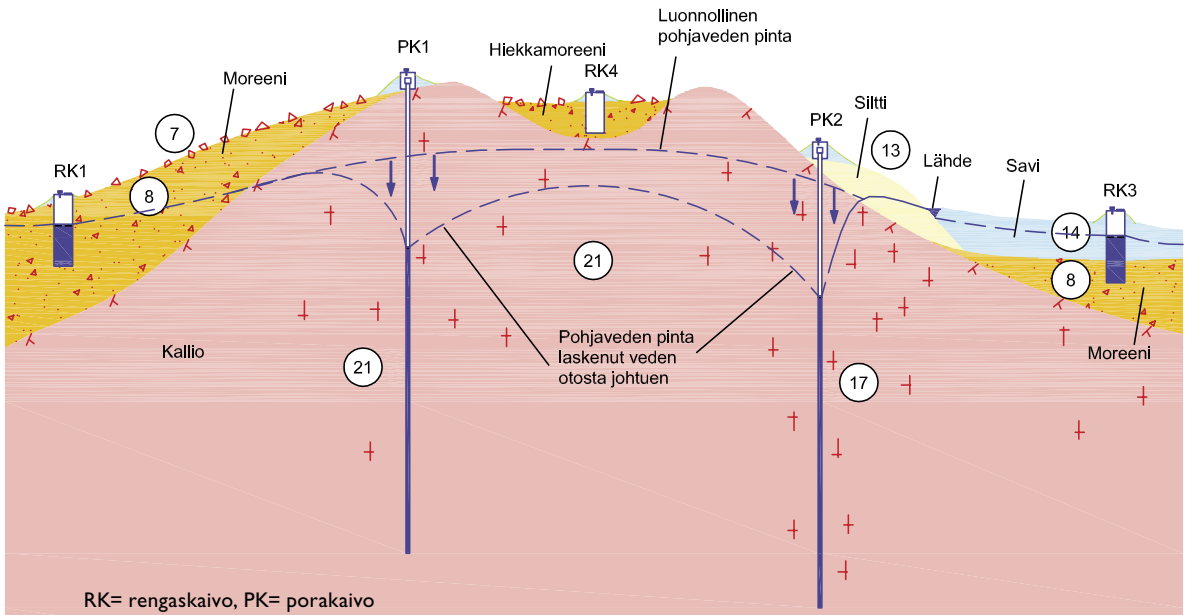
Yleisin moreenityyppi on peruskalliota melko yhtenäisenä, loivasti aaltoilevana tai kumpuilevana kerrostumana peittävä pohjamoreeni. Se on yleensä hiekkamoreenia, jota on kaksi kolmannelle maamme moreeneista [3,4]. Pohjamoreenin kaivettavuus vaihtelee kivisyyden ja hienoainesmäärän mukaan. Se voi olla rakenteeltaan hyvin tiukkaa. Kaivourakoitsijoiden mukaan tällaista vaikeasti kaivinkoneella kaivettavaa pohjamoreenia esiintyy eri puolilla maamme kalliion päällä.

Pohjamoreeni on yleensä hienojakoista ja väriltään harmaata. Rakenteeltaan se voi olla joko massiivista tai raitaista. Raitaisuus johtuu koostumuksen raekokojakaumasta tai värin vaihteluista.

Pohjamoreenin päällä oleva pintamoreeni (ablaatiomoreeni) voi muodostaa yhtenäisiä kenttiä, jotka ovat kerrostuneet pohjamoreenin päälle jään sulaessa. Syntytapansa vuoksi pintamoreeni on löyhempää, kivisempää ja ainekseltaan karkeampaa sekä huuhtoutuneempaa kuin pohjamoreeni [4].

Hienoainesmoreeni on maamme toiseksi yleisin moreenityyppi. Sitä on noin 15 % maapinta-alasta. Hienoainesmoreenia esiintyy ennen kaikkea Itä- ja Koillis-Suomessa alueilla, jonne jääkauden aikaiset vesistöt eivät ulottuneet [3]. Muita moreenityyppejä ovat esim. kalliokumpareiden suojasivuilla esiintyvät drumliinit ja drumliinikentät. Kumpu- ja reunamoreenit ovat yhteisnimityksiä pintamoreeneista koostuville itsenäisille muodostumille, joissa voi esiintyä vettä hyvin johtavaa hiekkaa ja soraa välikerroksina [1,4]. Moreenimuodostumia on käsitelty tarkemmin liitteessä 1.

Moreenikerrostumat ovat yleensä suhteellisen matalia. Moreenien paksuus voi vaihdella kuitenkin moreenityypistä riippuen alle metristä yli kymmeneen metriin. Paksuimmat moreenikerrostumat esiintyvät usein laaksoissa ja jäätikön liikesuuntaan nähden kalliion suojasivuilla [1]. Keskimääräiseksi syvyydeksi on arvioitu alle 5 metriä. Yli kymmenen metriä paksuja moreeneja voi esiintyä erilaisissa moreenimuodostumissa [3].



Piirros 2. Esimerkki moreenin esiintymisestä ja rakenteesta kallioselänteiden päällä ja reunamilla sekä savi-kerrostumien alla. Kuvassa on esitetty myös eri tavoilla sijoitettuja rengas- ja porakaivoja. Moreenia esiintyy kallioperää melko yhtenäisenä peittävänä ohuehkona kerrostumana. Kumpareilla ja selänteillä kallioperä on usein paljastuneena.

Piirroksessa ympyröidyt numerot viittaavat valokuviin.



Kuva 7. Lohkareista moreenia esiintyy usein jäätikön sulamisvesien huuhtomana moreenikerrostumien pinnalla. Kuva on otettu moreenialueella (kuva 6) kaivon rakennustyön yhteydessä pintamaita poistettaessa. Lohkareinen moreeni vaikeuttaa kaivon paikan tutkimuksia kairauksen pysähtyessä usein kiveen tai lohkareseen (kuva 42).

► Kuva 8. Kivinen hiekkamoreeni. Kuvissa 6 ja 7 näkyvän noin 0,5–1 metrin paksuisen lohkaraisen pintakerroksen alapuolella moreeni on kaivon rakennustyön yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella 5,5 metrin syvyydellä olevaan kallioon saakka kivistä hiekkamoreenia, missä esiintyy myös lohkaraita. Moreenin laadun arviointi pelkästään pintamaalajin perusteella voi näin ollen johtaa väärin johtopäätöksiin maalajista ja pohjaveden saantimahdollisuuksista. Tilanne kaivon rakennustyön loppuvaiheesta on esitetty kuvassa 75.



▲ Kuva 9.1. Leikkaus moreeniselänteestä. Maa-aines on väriltään harmaata ja sisältää runsaasti hienojakoista maa-ainesta, mutta myös hiekkaa ja kiviä. Tämä on ominaista moreeneille. Moreenin vedenläpäisevyys on huono, ja se on helposti routivaa. Tällaiseen moreeniin rakennetussa rengaskaivossa veteen liunneen hapen pitoisuus on yleensä hyvin pieni tai sitä ei ole lainkaan. Pohjavedessä on hapen puutteesta johtuen siihen liunnutta rautaa ja mangaania. (Kuva: Kirsti Korkka-Niemi)

◀ Kuva 9.2. Kuvan esittämä moreeni on vähäkivistä, väriltään ruskehtavaa ja sisältää runsaasti silttiä. (Kuva: Kirsti Korkka-Niemi)

2.2.3

Karkearakeiset lajittuneet maalajit

Karkearakeisia lajittuneita maalajeja ovat hiekka ja sora. Niitä esiintyy erilaisissa muodostumissa, joista useimmat ovat syntyneet moreenista joko virtaavan veden tai rantavoimien aiheuttaman lajittumisen seurauksena. Karkearakeiset lajittuneet kerrostumat ovat yleensä selvästi eri muodostumia kuin moreenimuodostumat [1].

Hiekkaa ja soraa on jäätikön sulamisvesivirtojen muodostamissa harjuissa, niihin liittyvissä deltoissa ja rantakerrostumissa sekä sauma- ja reunamuodostumissa. Niitä on noin 5 % maapinta-alasta [3]. Etelä- ja Lounais-Suomessa hiekkaa ja soraa esiintyy

myös ns. suojasivumuodostumissa, jotka ovat kerrostuneet jäätikön perääntymisvaiheen aikana kallioselänten kaakkoispuolelle (piirros 10).

Rantakerrostumien aines on hyvin lajittunutta hiekkaa ja soraa. Rantakerrostuman paksuus on yleensä 1–3 metriä, mutta se voi olla suurimmillaan 15 metriä [4]. Reunamuodostumat ovat kerrostuneet maa-aineksen kasaantuessa jään eteen jäätikön pysähtymisvaiheessa. Maaperä on muodostuman eteläpuolella hienojakoista silttiä ja hiekkaa. Keskiosissa esiintyy vaihtelevia kerroksia hyvin lajittunutta hiekkaa ja soraa sekä välikerroksina moreenia. Reunamuodostuman pohjoisreunalla on paksuja moreenikerrostumia.



Kuva 10. Jääkauden aikaisen virtaavan veden aiheuttama virtakerroksellinen rakenne on yleinen harjuissa [2]. Maa-aines on harjun keskiosissa hyvin lajittunutta hiekkaa ja soraa. Sade- ja sulamisvedet läpäisevät kerrostumat erittäin hyvin: yli 50 % sadannasta imeytyy maaperään. Paksut kerrostumat ovat myös hyvä suoja pohjaveden pilaantumista vastaan.



Kuva 11. Vaihtelevaa kerroksellisuutta harjun reunaosissa, missä maa-aines on hienojakoisempaa kuin harjun keskiosissa. Eri rakeet sekä niiden kerrosjärjestys ja suunta vaihtelevat harjun eri osissa jäätikköjoen virtausolosuhteista riippuen. Jäätikköjoen virtauksen vähentyessä harjun sivuille on kerrostunut laajoja hiekkakenttiä eli deltoja, jotka soveltuvat myös hyvin kaivon rakentamiseen.

2.2.4

Hienorakeiset maalajit

Hienorakeisilla maalajeilla ymmärretään maalajeja, joissa vähintään puolet aineksesta on hienoainesta eli enintään 0,06 mm:n läpimittaisia rakeita. Näitä maalajeja ovat savi ja siltti. Ne ovat kerrostuneet hienorakeisesta lietteestä seisovaan veteen jääkauden loppuvaiheessa tai sen jälkeen. Hienoainekerrostumat ovat maankohoamisen seurauksena nousseet kuiville ja vähitellen tiivistyneet kuivakuorisiksi savikoiksi ja silttikerrostumiksi [2].

Silttikerrostumia esiintyy yleisesti paksuina kerrostumina harjujen reunamilla ja reunamuodostumien eteläisivuilla.

Silttiä esiintyy myös kallioselänteiden reunamilla (kuvat 12 ja 13) sekä savikoiden ja soiden alla. Laajoina tasaisina alueina savea esiintyy eniten maamme eteläosan ja Pohjanlahden rannikoilla. Savea esiintyy myös moreeni- ja kallioselänteiden välisissä laaksoissa ja painanteissa. Saven osuus maapinta-alasta on noin 8,3 % [3]. Useimmiten savikot on raivattu pelloksi, mutta savea esiintyy myös soiden alla. Savikerrostumien paksuus vaihtelee paljon kallionpinnasta ja maaston muodoista riippuen. Paikoitellen on tavattu yli 50 metriä paksuja savikerrostumia. Savi on vettä heikosti läpäisevää.

Rannikolla esiintyy jääkauden jälkeisen viimeisen merivaiheen alueella Litorinasa-veksi kutsuttua lihavaa savea (kuva 14). Sen kerrospaksuus on pienempi kuin sen alapuolelle aikaisemmin kerrostuneiden lustosavien paksuus. Lustosavessa esiintyy eri sulamisvaiheiden synnyttämiä lustoja. Rannikkoseudulla savikerrostumien runsaus, maaperän huono veden johtavuus ja toisaalta keskimäärin heikko pohjaveden laatu rajoittavat pohjaveden saantia. Hyviä kiinteistökohtaisen vedenhankinnan paikkoja on harvassa.

Harjun hiekkakerrostumat ulottuvat usein kauas paksujen savikerrostumien alle. Vesi on hiekkakerrostumissa paineellista ja purkautuu helposti eri kerrosten läpi lyödyn putken kautta maanpinnan yläpuolelle (kuvat 82.1 ja 82.2). Harjun reunalla savikerrostumat ulottuvat kiilana hiekkaisen rantakerrostumien alle ja suojaavat pohjavettä liikaantumiselta.

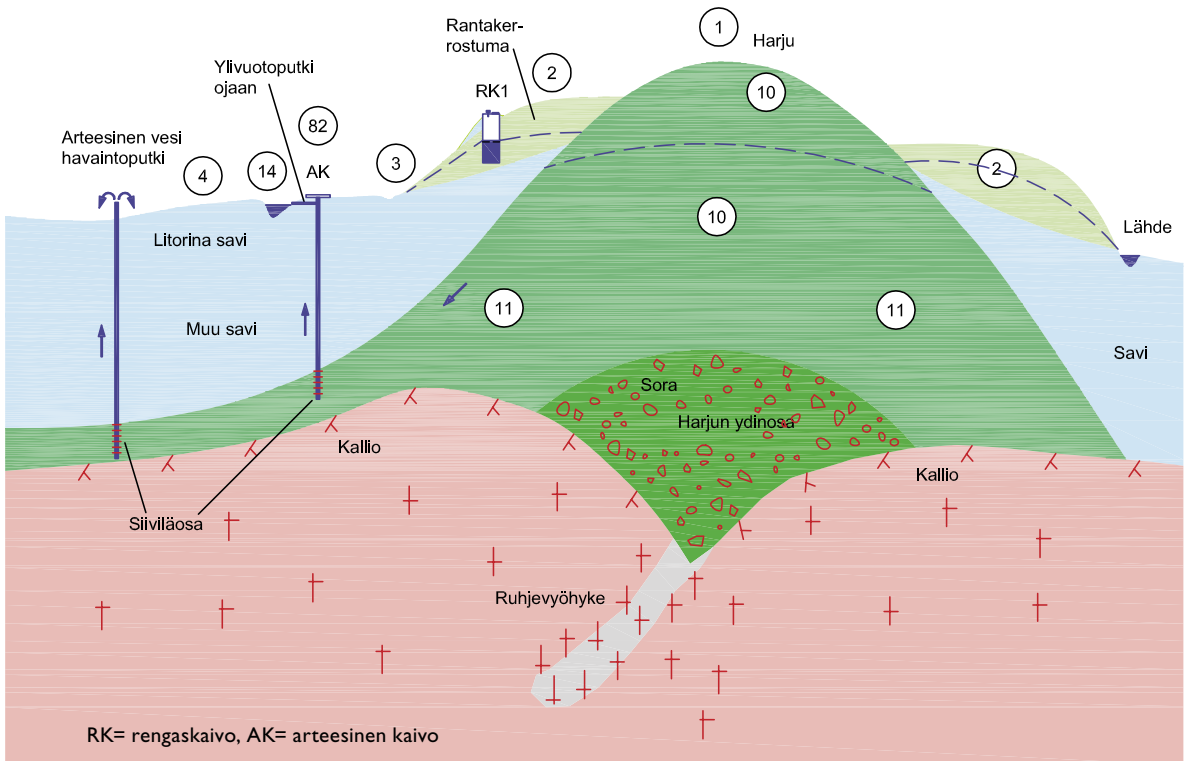


Kuva 12. Silttikerrostuma harjun liepeillä. Silttiä esiintyy paksuina kerrostumina myös reunamuodostumien eteläisivuilla (kartta 3). Kuvan maa-aines on karkeaa silttiä, jonka vedenläpäisevyys on melko heikko. Pohjaveden laatu silttikerrostumien alueella on yleensä hyvä. (Kuva: Kirsti Korkka-Niemi)



Kuva 13. Silttikerrostuma kalliorinteiden sivulla, missä kerrospaksuus on yleensä alle 5 metriä. Maa-aines on rakeisuudeltaan hienompaa kuin kuvassa 12. Pohjavesi on tällaisissa kerrostumissa usein rauta- ja mangaanipitoista.

Veden pinta on savikiilan päällä korkeammalla kuin harjussa, ja sitä kutsutaan orsivedeksi (piirros 1). Orsiveteen rakennettua kaivoa ei voi syventää. Kaivon varomaton syventäminen voi puhkaista vettä pidättävän maakerroksen, jolloin kaivo voi kuivua kokonaan.



Piirros 3. Erilaisten savikerrostumien esiintyminen harjun reunamilla. Pohjavettä johtavat hiekkakerrostumat voivat ulottua savikerrostumien alla kauaksikin harjun ulkopuolelle, jolloin savikerrostumien läpi asennetussa putkessa tai kaivossa pohjaveden pinta nousee maanpinnan yläpuolelle samalle tasolle, millä se harjussakin on. Tällaista pohjavettä kutsutaan arteesiseksi (paineenalaiseksi) pohjavedeksi.

Piirroksessa ympyröidyt numerot viittaavat valokuviin.



Kuva 14. Litorinasavea pellolla (kuva 38). Savelle ovat tunnusomaisia eloperäiset ruskeat raidat. Savi on lihavaa (rakeisuus alle 0,002 mm), ja sen veden läpäisykyky on huono. Litorinasavea esiintyy vain rannikkoseudulla Litorinameren peittämällä alueella, jonka raja on merkitty Suomen maaperäkartalle. Pohjaveden saanti savesta ei ole mahdollista.



Kuva 15. Rengaskaivoa rakennetaan saviseen maaperään. Savialueilla kaivon pohjan (kuva 38) tai sen läpi työnnetyn siiviläputken (kuva 74) on ulotettava savien alla oleviin vettä johtaviin hiekka-, sora- tai hiekkamoreenikerrostumiin asti, jotta pohjaveden saanti on mahdollista. (Kuva: Toivo Lapinlampi)

2.2.5

Pohjaveden saantimahdollisuudet maaperästä

Pohjaveden saantiin on parhaat mahdollisuudet hiekka- ja soramuodostumissa, kuten harjuissa ja reunamuodostumissa. Yksittäisen kiinteistön vedenhankinnassa nämä alueet tulevat kuitenkin harvoin kysymykseen niiden harvalukuisuuden ja pitkien etäisyyksien takia. Valtaosa kiinteistökohtaisesta vedenhankinnasta perustuu moreenikerrostumista saatavissa olevaan pohjaveteen.

Moreenikerrostumissa on pohjavettä yleensä ohuena kerrostumana rinteiden juurella ja alavissa maaston osissa. Moreeniin rakennettujen kaivojen syvyys on yleensä 5–6 metriä. Moreenissa pohjaveden pinta myötäilee maanpinnan muotoja. Kumpumoreenit ovat pohjaveden saannin kannalta parempia kuin pohjamoreenit. Kumpumoreenit voivat olla karkearakeisempia ja kerrossaksuudeltaan suurempia kuin muut moreenityypit [3].

Moreeneissa esiintyy paikoitellen paljon lähteitä, joita voidaan hyödyntää vedenhankinnassa. Lähteiden virtaamat ovat yleensä pieniä, ja niiden vuodenaikaisvaihtelu on suurta (kaavio 2). Antoisuus voi olla 10–20 m³/vrk [5,6]. Kaivon paikkaa tutkittaessa lähteet on aina syytä kartoittaa myös oman kiinteistön ulkopuolella.

Rengaskaivoista ainakin joka toinen on rakennettu moreeniin, mikä onkin odotettavissa, kun otetaan huomioon moreenin yleisyys maalajina Suomessa. Muissa maalajeissa

esiintyy kokonaisuuteen nähden suhteellisen vähän rengaskaivoja. Savikoille rakennettuja kaivoja esiintyy eniten rannikolla. [8]

2.3

Kallioperä

2.3.1

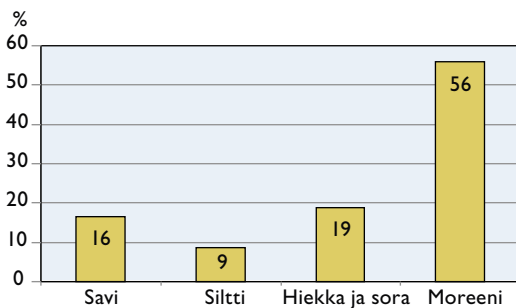
Kivilajit

Suomen kallioperä on näkyvässä kallion paljastumina, joita on maamme pinta-alasta noin 3 % [1]. Kallioperä koostuu monista erilaisista kivilajeista, joista saa yleiskäsityksen kartoista 4 ja 6. Yleisimpiä kivilajejamme ovat magmakivet, juonikivet, vulkaaniset kivet ja metamorfiset eli muuttuneet kivilajit. Sediementtikivet, kuten hiekkakivi, ovat harvinaisempia.

Kivilajit koostuvat pienistä erillisistä rakennosista, joita kutsutaan mineraaleiksi. Tärkein kivilajeja muodostava mineraaliryhmä on maasälpä. Arvioidaan, että noin puolet mantereisesta maankuoresta rakentuu maasälvästä. Kvartsia on 12 %, amfioleja ja pyrokseneja 16 %, kiilteitä 5 % ja savimineraaleja 5 %. Muita mineraaleja on vajaat 10 % [9].

Magmakivet syntyvät maanpinnan alaisissa vyöhykkeissä kehittyvästä kivisulasta, magmasta. Jos magma jäähmettyy syvällä maankuoren alla, syntyy syväkiviä. Syväkivien päätyypit ovat maassamme yleisesti esiintyvät graniitti, dioriitti, gabro ja peridotiitti. Syväkivet muuttuvat väriltään tummemmiksi tässä järjestyksessä. Kivien tummuusaste on maastossa tärkeä tuntomerkki.

Graniitti on vaalea kivilaji, mutta se saattaa olla väriltään sinertävä, kellertävä, punertava, vihertävä tai harmahtava. Yleisvaikutelma on yleensä aina vaalea. Eri värisävyt johtuvat maasälpäien väristä. Kvartsi näyttää aina harmaalta, vaikka se kivistä erotettuna onkin väritöntä [10]. Oman ryhmänsä muodostavat rapakivigraniitit. Niissä esiintyy fluoriittia eli fluorisälpää (CaF₂), josta liukenee pohjaveteen fluoridia. Dioriitti on vaaleahko, mutta kuitenkin graniittia selvästi tummempi syväkivi. Gabro on tumma syväkivi, jota kutsutaan myös mustaksi graniitiksi. Gabro on



Kaavio 1. Rengaskaivojen sijainti eri maalajeissa valtakunnallisen kaivovesitutkimuksen perusteella [7].

dioriittia tummempaa ja kiillotettuna melkein mustaa. Periodiitti on yleensä tumma ja vihertävä syväkivi.

Juonikivet kiteytyvät magmasta erkaannuttuaan maankuoren yläosassa, syvä- ja pintakivien välimailla. Jokaista syväkiveä vastaa juonikivi tai pintakivi. Juonikiviin kuuluvat esim. diabaasi ja graniittipegmatiitti. Diabaasi on tiivis, keski- tai karkearakeinen emäksinen juonikivi [10].

Metamorfiset kivet syntyvät kivilajien kiteytyessä uudelleen korkean lämpötilan ja/ tai suuren paineen vaikutuksesta. Metamorfisten kivien lukumäärä on suuri, sillä jokaista magmakiveä vastaa useampi metamorfinen kivilaji. Metamorfiset kivet jaotellaan rakenteen ja mineralogisen koostumuksen mukaan [10].

Suomessa yleiset metamorfiset kivet, gneissit, ovat runsaasti maasälpää ja kvartsia sisältäviä pilsteisiä kiviä, jotka ovat joko magmaattista tai sedimentääristä alkuperää. Niiden rakenne on heikosti suuntautunut tai epäselvästi kerroksellinen. Kivi lohkeilee levymäisiksi tai pitkänomaisiksi kappaleiksi. Tyypillisiä gneissejä ovat graniittigneissi, kiillegneissi, suonigneissi ja silmägneissi [9]. Graniittijuonia sisältäviä gneissejä kutsutaan seoskivilajeiksi eli migmatiiteiksi [10].

Liuskeet ovat vähän maasälpää sisältäviä tai täysin maasälvättömiä metamorfisia kiviä, joilla on yhdensuuntaisrakenne. Ne lohkeilevat levymäisiksi tai sauvamaisiksi kappaleiksi. Tyypillisiä liuskeita ovat kiilleliuske, fylliitti, amfiboliitti, kvartsiitti ja vihreäliuske [9]. Fylliitti on yleisnimi silkinkiiltoisille, hienorakeisille harmaanvihreille kivilajeille, jotka lohkeilevat ohuiksi levyiksi. Amfiboliitti syntyy emäksisistä kivilajeista. Se on yleensä keskirakeista, suuntautunutta ja väriltään mustaa [9].

2.3.2

Pohjaveden saantimahdollisuudet kallioperästä

Kallioperästä voi melkein jokaiselta neliökilometriltä löytyä pohjaviesiintymä, jonka antoisuus on vähintään 25 m³/vrk. Parhaat mahdollisuudet pohjaveden saantiin on kallioperän ruhjevöhykkeissä. Yhden kiin-

teistön vedenhankintaa varten tehtävää porakaivoa voidaan pitkien etäisyyksien vuoksi kuitenkin harvoin porata ruhjeeseen.

Kallioperän ruhjevöhykkeet sijaitsevat maaston painanteissa ja pitkänomaisissa laaksoissa. Ruhjeiden ja rakoilun esiintymisen sekä liuskeisuus ja sen asento vaihtelevat eri kivilajeissa. Ruhjevöhykkeet jakavat kallioperän lohkoihin ja lohkojen sisällä pienempien ruhjeiden jakamiin alalohkoihin [5]. Ruhjevöhykkeisiin liittyvä kallion voimakas rakoilu ulottuu varsinaisen ruhjeen ulkopuolelle. Ruhjevöhykkeen keskiosassa kallioperä voi olla pintaosissa erittäin tiheärakoista, rakoluvun ollessa yli 30 rakoa metrillä [6].

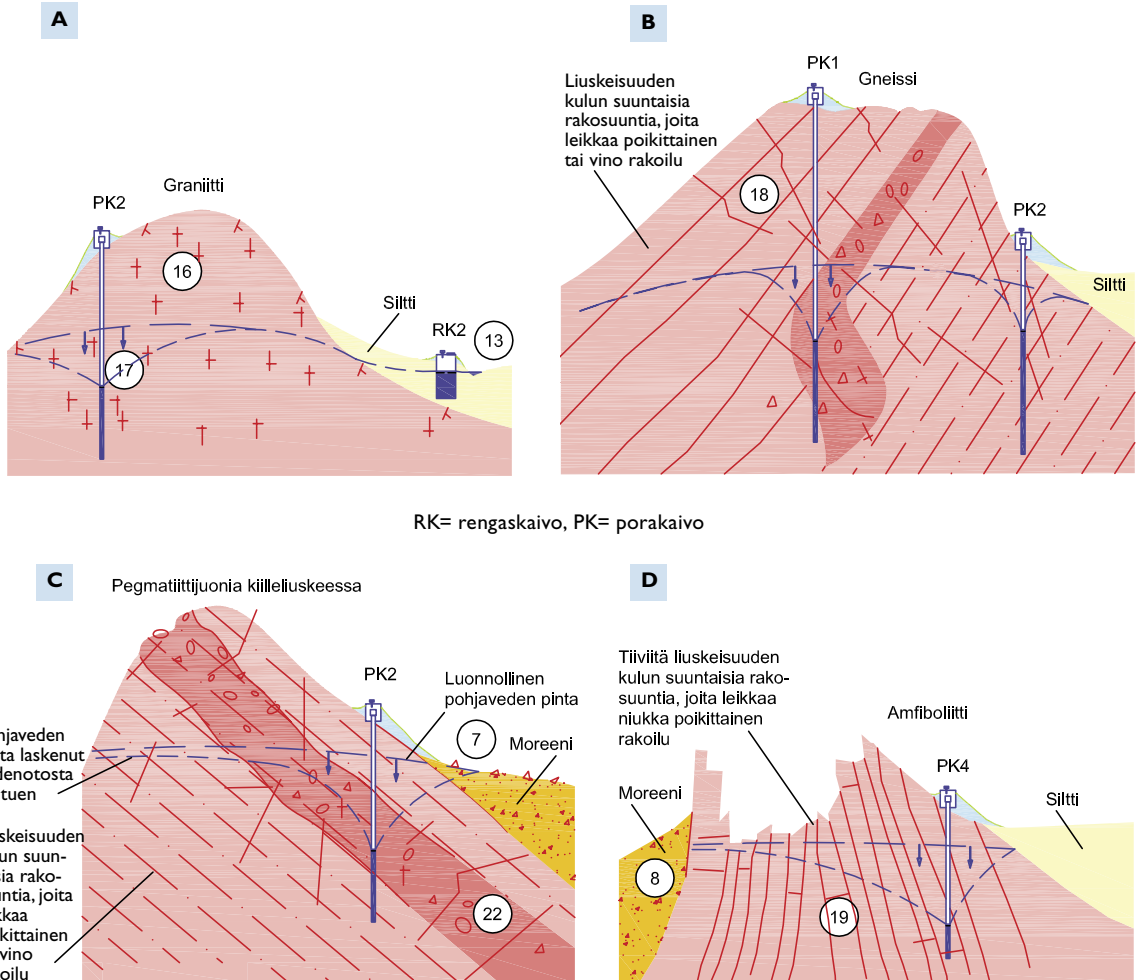
Pohjaveden saantimahdollisuus riippuu paljon kallion rakoilusta kiinteistön alueella. Rakoilu voi vaihdella lyhyelläkin matkalla. Porakaivon paikkaa tutkittaessa kannattaa selvittää kivilaji sekä mahdollisuuksien mukaan kallioperän rakoilun laatu ja tiheys. Kallion rakoja voidaan kuvailla rakennusgeologisen kallioluokituksen mukaan, missä on ilmoitettu kallion rakotiheys.^[11] Rakoluvusta on käytetty tässä oppaassa alkuperäisestä tekstistä poiketen lyhennettä RL seuraavasti:

Rakoväli (m)	Rakoluku (kpl/m)	Lohkon koko (m ³)	Nimitys	Tunnus
>1,0	<1	>1,0	Harvarakoinen	RL1
0,3...1,0	1...3	30x10 ⁻³ ...1,0	Vähärakoinen	RL2
0,1...0,3	3...10	1x10 ⁻³ ... 30x10 ⁻³	Runsarakoinen	RL3
<0,1	>10	<1x10 ⁻³	Tiheärakoinen	RL4

Rakojen laadusta käytetään seuraavia nimityksiä: tiivis, avoin tai täytteen. Tiiviiden rakojen rakopinnot ovat kiinni toisissaan. Rakopinnoissa ei ole todettavissa rapautumista eikä täytettä. Niissä ei tapahdu veden virtausta tai veden liike on erittäin vähäistä. Avomien rakojen rakopinnot ovat irti toisistaan, jolloin vesi liikkuu niissä helposti. Avoimia rakoja on etenkin kallion pintaosissa. Täytteisissä raoissa rakopinnot välissä esiintyy pehmeää ja/ tai irtainta mineraaliainesta. Veden liikkuminen niissä on hidasta tai sitä ei ole lainkaan.

Kallion rakojen luokittelua voidaan soveltaa porakaivon paikan määrittämisessä ja sen antoisuuden arvioimisessa. Porakaivon antoisuus perustuu lähinnä kallion pysty- ja vaakarakojen esiintymiseen sekä niiden avoimuuteen. Porakaivon antoisuus on vähäinen, jos rakoluku on 1–3 ja hyvä, jos rakoluku on 3–10 (ks. luku 5.6.2).

Graniitit ovat porakaivojen antoisuuden kannalta jonkin verran parempia kuin emäkiset kivet. Kivilajit vaikuttavat selvästi veden laatuun. Arseenia voi olla liikaa pohjavedessä esim. alueilla, joiden kallioperässä on arseenikiisua [12]. Kallioperän pohjavesien laatua on tarkasteltu yksityiskohtaisesti luvussa 5.3.2.3.



Piirros 4. Kivilajien rakenteita ja rakoilua. Arvio pohjaveden saantimahdollisuudesta ja tuotosta kaivoissa on esitetty liitteessä I.

- A. Graniitissa rakoilu on kuutiollista.
- B. Gneisseissä päärajoilu noudattaa kivilajin kulkua, jota leikkaa poikki- tai vinorakoilu.
- C. Kivilajien kontakteissa, eli eri kivilajien välisillä rajapinnoilla, esiintyy sen suuntaista ja sitä leikkaavaa rakoilua. Pegmatiittijuonet on merkitty erikseen tumman punaisella värillä.
- D. Kiilleliuskeissa ja amfiboliittissa päärajoilu on liuskeen kulun suuntaista, jota on kuvattu viivoituksella. Sitä leikkaa heikompi poikittainen rakoilu.

Piirroksissa ympäröidyt numerot viittaavat valokuviin.

► Kuva 16. Kuutiollista rakoilua kallion päällä punaisessa graniitissa. Kuvassa esitetty kivilaji on runsasraakoista (rakoluku RL3), kuten graniitit usein ovat. Raot ovat yleensä suhteellisen avoimia ja läpäisevät sadevettä. Pohjaveden saantiin on hyvät mahdollisuudet. Maastossa kivilajin rakosysteemiä voi katsoa kallion paljastumilta tai päätellä kallioperän painanteiden ja rakojen suuntauksen perusteella.



◀ Kuva 17. Kapea tiheärikkonainen (rakoluku RL4) vyöhyke graniitissa muodostaa rakoparven [9]. Tällaiset vyöhykkeet johtavat hyvin vettä ja voivat ulottua pysty- tai vaakatasossa pitkällekin. Kuvan kaltaiset kapeat vyöhykkeet eivät kuitenkaan näy aina kallioperän topografiassa. Niitä voi esiintyä rikkonaisten kallion ruhjevyöhykkeiden ulkopuolellakin. Pohjaveden saantiin on hyvät mahdollisuudet. Kuva on kalliroleikkauksesta.



▲ Kuva 18. Gneissi on yleinen kivilaji Suomessa. Kuvan esittämässä runsasraakoisessa (rakoluku RL3) migmatiittisessä gneississä näkyy selviä kiven rakenteen suuntaisia graniittisia juonia ja sulkeumia. Kuva on kalliroleikkauksesta. Eri kivilajien rajapinnoilla esiintyy usein rakoilua, joka on yleisempää kallioalueen reunamilla kuin itse selänteellä. Nämä rikkonaiset vyöhykkeet ja kivilajien rajapinnat ovat hyviä porakaivon paikkoja. Gneisseille on ominaista kallion suuntauksen mukaiset ja sitä leikkaavat raot, joiden suunta, laatu ja tiheys vaihtelevat paljon.

◀ Kuva 19. Tiivistä, kiven suuntauksen mukaista runsasta (rakoluku RL3) pystyrakoilua amfiboliittiliuskeessa. Kivessä esiintyy vähän myös tiivistä vaakarakoilua, joka ei näy selvästi kuvassa, mutta tulee esille kiveä louhittaessa. Kuvan liuskealue esiintyy maastossa pitkänä kapeana selänteenä. Veden liike on tiiviissä raouis- sa vähäistä. Koska vedensaanti on huonohko ja kivilaji aiheuttaa veden laatuongelman (arseni) [12], kannattaa porakaivo sijoittaa liuskeselänteeseen ulkopuolelle.



Kuva 20.1. Hienorakeinen, harvarakoinen (rakoluku RLI), väriltään tumma kivilaji on gabro. Gabro on tavallisesti suhteellisen ehjää kalliota. Gabrossa esiintyy paikoin terveydelle hyvin haitallista arseenia. Suurin gabrosta todettu arseenipitoisuus on yli 1000 µg/l, mikä ylittää juomavedelle sallitun korkeimman pitoisuuden 10 µg/l satakertaisesti ^[13] (kartat 4 ja 6). (Kuva: Sari Grönholm)



Kuva 20.2. Gabrossa voi paikoitellen esiintyä rikkonaisia ja tiheärakoisia osia. (Kuva: Tuomo Turunen)



Kuva 21. Hyvin ehjä, harvarakoinen (rakoluku RLI) graniittikallio. Rakoilu on vähäistä ja kivi on hyvin tiivistä. Kun kivilajikontaktejakaan ei esiinny, pohjaveden saantiin näyttäisi olevan kuvan perusteella huonot mahdollisuudet. Ehjältäkin näyttävästä kalliosta on kuitenkin mahdollista saada pohjavettä vesipainehalkaisun avulla yhden talouden vedenhankintaa varten. Kuivia porakaivoja tai porakaivoja, joista ei saada riittävästi pohjavettä on muutama prosentti kaikista tehdyistä porakaivoista. Mahdollisuudet veden saantiin ovat kallioselänten reunamilla yleensä paremmat kuin sen päällä.



Kuva 22. Kapeita pegmatiittijuonia harvarakoisessa (rakoluku RLI) kiilleliuskeissa. Tällaisten juonikivien ^[9] kivilajien rajapintoihin liittyy usein rakoilua. Rajapinnat ovat osoittautuneet kallioporakaivojen teon yhteydessä saatujen kokemusten perusteella usein hyväksi ”vesisuoniksi”. Kiilleliuskeissa voi esiintyä terveydelle haitallista arseenia.

3 Pohjaveden kiertokulku ja muodostuminen sadannasta

Pohjavettä muodostuu eniten keväällä lumien ja roudan sulamisvesistä sekä syksyllä sadannasta imeytymällä maa- ja kallioperään. Sadanta vaihtelee Suomessa noin 500 millimetristä 750 millimetriin. Pohjavesi uusiutuu jatkuvasti veden kiertokulussa. Se virtaa painovoiman vaikutuksesta maaston alavimpiin kohtiin, missä se purkautuu maan pinnalle.

Maaperään imeytyvän veden määrä riippuu monista tekijöistä, kuten maa- ja kallioperän rakenteesta ja veden läpäisevyydestä, sulamisvesien ja sadannan määrästä, vuodenajasta, haihdunnasta, pintavalunnasta ja niiden välisistä suhteista sekä alueen sijainnista [14, 15]. Vuodenaikojen vaikutusta pohjaveden pinnan vaihteluun maamme eri osissa on tarkasteltu yksityiskohtaisesti luvussa 4.

Sulamis- ja sadevesistä maa- ja kallioperään imeytyvän veden määrä vaihtelee kohteesta riippuen alle 5 prosentista 80 prosenttiin [5, 6, 14]. Pohjavettä ei muodostu savikoilla niiden tiiveydestä johtuen. Hyvin ehjillä harvarakoisilla kallioalueilla pohjaveden muodostuminen on myös olematonta. Pintaosiltaan ehjältä näyttävässä kalliossa voi esiintyä syvemmällä hiushalkeilua.

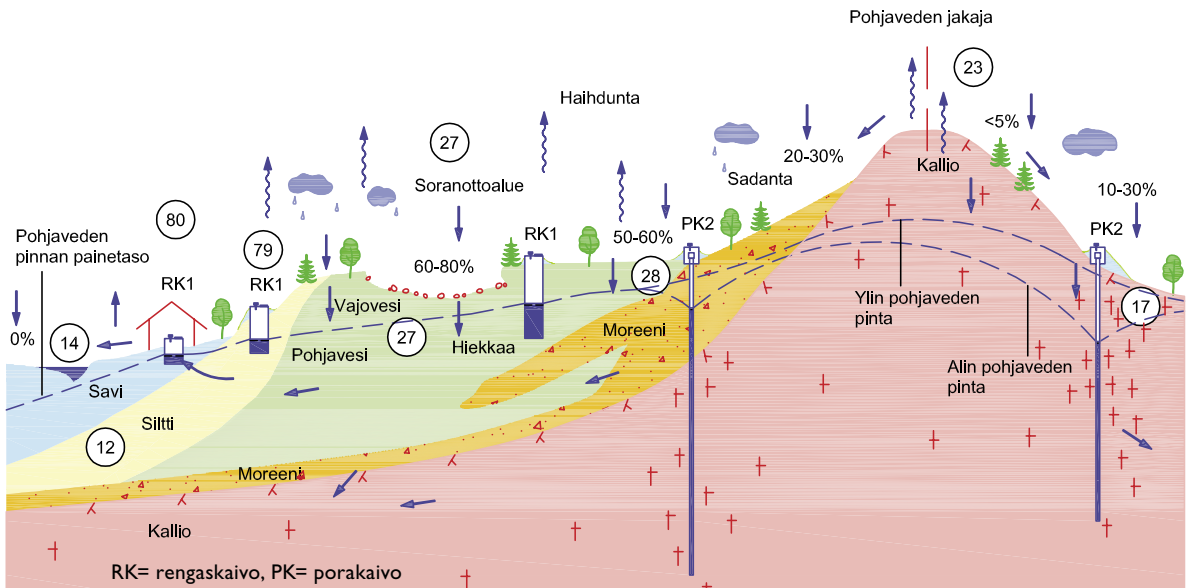
Hyvin paljastuneella tiheärakoisella kalliolla pohjavettä voi muodostua jopa kymmeniä prosentteja sadannasta [5]. Vettä sisältäviä ja johtavia rakosysteemejä on lähinnä pintaosissa 50–100 metrin syvyydelle saakka [6]. Kallioruhjeet keräävät pohjavettä laajoiltakin alueilta ja voivat olla hyviä porakaivon paik-

koja esim. kylien yhteiseen vedenhankintaan. Paras porakaivon paikka ei ole kuitenkaan itse ruhjeessa, vaan sen lähiympäristössä (piirros 1).

Pohjaveden liike hidastuu kallioperässä yli sadan metrin syvyydellä. Se voi kuitenkin ulottua satoja metrejä syvälle, mutta virtaus on siinä tapauksessa erittäin hidasta. Kallioperässä olevan pohjaveden pinnan lasku voi heijastua myös maaperässä olevan pohjaveden pintaan [17]. Kallioperässä veden kiertokulku rajoittuu yleensä alle 200 metrin syvyyteen [5].

Moreenissa pohjaveden muodostumisprosentti vaihtelee maalajin vedenläpäisevyydestä ja tiiveydestä riippuen. Se vaihtelee alle 10 prosentista 30 prosenttiin. Eniten pohjavettä muodostuu loivilla rinnealueilla löyhärakenteisissa hiekkamoreeneissa, missä pohjaveden laatu on myös useimmiten hyvä. Moreenista saadaan yleensä riittävästi pohjavettä yhden talouden veden tarvetta varten.

Hiekka- ja sora-alueilla pohjavettä muodostuu kasvillisuuden peittämällä alueilla, missä haihduntaa tapahtuu kasvillisuuden kautta, noin 50–60 % sadannasta. Laajoilla maa-ainesten ottoalueilla kasvillisuuden kautta tapahtuvaa haihduntaa ei ole ja pohjavettä muodostuu noin 60–80 % sadannasta [14]. Harjuilla ja reunamuodostumilla veden imeytymisaika pohjavesivarastoon on maakerrosten paksuudesta riippuen usein pitkä.



Piirros 5. Pohjaveden muodostuminen sadannasta, ja sen kiertokulku erilaisia maalajeja ja kalliota käsittävässä, pääosin puuston peittämässä maastossa. Piirroksen maasto on mukailtu kartoissa 2 ja 3 esitetystä muodostumasta, joka sijaitsee noin kaksi kilometriä III Salpausselkäjäkson pohjoispuolella, ja kuvaa mannerjäätikön reunan myöhäisempää asemaa [16]. Maa- ja kallioperään imeytyväksi arvioidun sulamis- ja sadeveden keskimääräinen määrä ja haihtuminen on esitetty piirroksessa nuolin ja prosenttiluvuin.

Piirroksessa ympyröidyt numerot viittaavat valokuviiin.



Kuva 23. Pintaosiltaan ehjällä kalliolla ei juuri muodostu pohjavettä, vaan vesi lammikoituu ja haihtuu tai valuu ympäristöön. Kuvassa näkyvän talon taakse on rakennettu noin 90 metriä syvä porakaivo, joka oli porauksen jälkeen kuiva. Vesipaineaukaisun jälkeen kaivoon tuli vettä ja se on riittänyt talouden vedentarpeeseen.



Kuva 24. Maanpinnalle saakka ulottuvalla tiheärakoisella kalliolla (rakoluku RL4) pohjavettä voi muodostua jopa kymmeniä prosentteja sadannasta ja sulamisvesistä. Rikkonaisia vyöhykkeitä voi esiintyä myös maapeitteen alla varsinaisten ruhjevyydykkeitä ulkopuolella.



Kuva 25.1. Korkeasta kallioleikkauksesta näkyy parhaiten vaaka- ja pystyrakojen suhde. Kallion rakoihin maanpinnalta virrannut sadevesi kulkeutuu kalliopeirässä alaspäin maan vetovoiman vaikutuksesta kohti alempana olevaa pohjaveden pintaa.

Kuva 25.2. Kallioleikkauksista näkee selvästi, kuinka vesi virtaa ja purkautuu kallion raoista ja jäätyy talvisin.



Kuva 26. Löyhärakenteinen hiekkainen moreeni. Sulamis- ja sadevedet imeytyvät hyvin pohjavedeksi. Tällaisia moreeneja esiintyy usein rinnemaastossa. Pohjavedessä on siihen liuennutta happea, jolloin vedessä ei ole rautaa ja mangaania.



Kuva 27. Piirroksessa 5 esitetty III Salpauselän suuntainen tasoittunut hiekkamuodostuma, jossa maaperä on muodostuman lounaisreunamalla silttiä. Tällaisille alueille on ominaista hyvin kehittynyt mäntymetsä. Muodostuman koillisreunamalla ja pohjalla esiintyy moreenia. Muodostuma rajautuu kallioselänteeseen.

Pohjavesi virtaa painovoiman vaikutuksesta maa- ja kallioperässä ja purkautuu pohjaveden pinnan ja maanpinnan leikkauskohdassa lähteinä tai tihkumalla maaston painanteisiin, harjujen reunoille tai suoraan vesistöihin. Suurimmat lähteet esiintyvät harjujen reunamilla. Purkautuvan pohjaveden määrä voi olla yli 10 000 m³/vrk. Pohjavesi voi myös tihkua harjun reunamille, jonne syntyy kosteuden lisääntyessä soistuneita alueita. Pohjavesialueet ^[18] voidaan luokitella pohjaveden virtauskuvan perusteella kolmeen luokkaan: ympäristöönsä pohjavettä purkavat, ympäristöstään pohjavettä keräävät ja savikerrostumien peittämät, eli peitteiset, pohjavesiesiintymät ^[19].

Haja-asutuksen tärkeimmät vedenhankinta-alueet, kuten moreenit ja kallioalueet, voidaan luokitella pohjaveden muodostumisen ja virtauskuvan mukaan periaatteessa samalla tavalla kuin varsinaiset pohjavesialueet. Kun pohjavedet purkautuvat moreeniselänteiltä ja kallioalueilta maaston alavimpiin kohtiin lähteinä tai tihkumalla, voidaan niitä kutsua

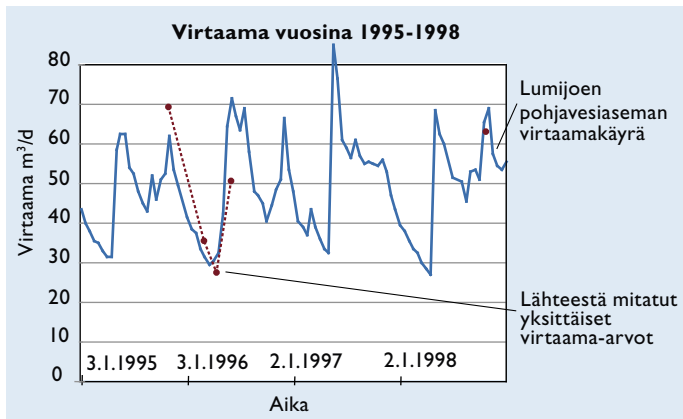
myös pohjavettä ympäristöönsä purkaviksi alueiksi. Syvällä laaksoissa ja notkoissa savikerrostumien alapuolella olevat moreenit ja kallioperän raot sekä ruhjeet keräävät pohjavettä kauempana ja ylempänä olevilta pohjaveden muodostumisalueilta, jolloin ne ovat pohjavettä ympäristöstään kerääviä pohjavesiesiintymiä.

Lähteet ovat moreenialueilla pieniä ja voivat kuivua kuivina kausina loppukesällä ja talvella kokonaan. Ne ovat kuitenkin osoitus pohjaveden purkautumisalueesta, jonka ylä- tai alapuolella voi olla hyvä rengaskaivon paikka. Kaivon paikkaa etsittäessä kannattaa kartoittaa ensin alueen mahdolliset kosteikot, lähteet ja lähdepurot. Ne voi tunnistaa myös ympäristöstään poikkeavan kasvillisuuden avulla. Paras kartoitusajankohta on kevättalvi ennen lumien sulamista, jolloin lähde tai puro on helppo havaita, jos lumipeite ei ole liian paksu. Myös elo-syyskuussa ennen syysateiden alkua voidaan löytää lähteitä, jotka näkyvät helposti maastossa.

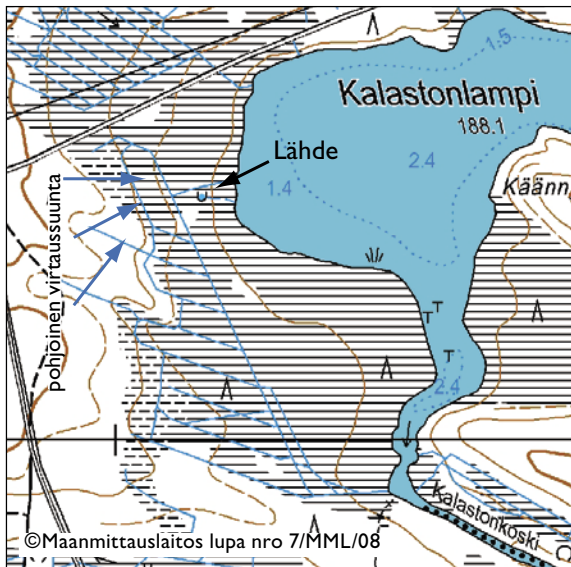
▼ Kuva 28. Kuvassa 27 esitetyn muodostuman koillisreunalla maaperän pinta on kerroksellista, vettä hyvin läpäisevää hiekkaa ja soraa. Välikerrostumina on silttiä. Kerrostuman pintaosissa näkyy ruskea maannoskerros (kuva 37).

▼ Kuva 29. Vettä hyvin läpäisevillä harjuilla veteen liukenee sen imeytyessä maakerrosten läpi runsaasti happea. Pohjavedessä ei ole tämän vuoksi rautaa eikä mangaania. Orgaanisen aineksen määrä on myös pieni. Pohjavesi soveltuu erinomaisesti yhdyskuntien ^[18] ja kiinteistöjen vedenhankintaan.





Kaavio 2. Kuhmossa moreeni-alueen alarinteellä sijaitsevan lähteen (kartta 1) mitatut virtaamat ^[20]. Lähteen virtaaman mittaustulokset ja Lumijoen pohjavesiaseman pohjaveden pinnan perustella laskettu virtaama ^[21] vastaavat hyvin toisiaan. Menetelmää voidaan käyttää kiinteistön pohjavesitutkimuksissa, kun halutaan selvittää lähteen pienin odotettavissa oleva virtaama.



Kartta 1. Moreeni-alue, jolla pohjavesi muodostuu ja purkautuu lähteeseen. Lähde sijaitsee osittain soistuneella metsäalueella. Alkuperäinen kartta on mittakaavassa 1:8000.

▼ Kuva 30. Pieni moreenisaareske, mistä purkautuu pohjavettä. Kuva on otettu toukokuussa. Varsinaista selvää lähdeä ei ole. Pohjavesi purkautuu moreenisaareskeeseen sen koillispuolella olevan reunamuodostuman alueelta (kartta 3).





▲ Kuva 31. Moreenisaarekkeen (kuva 30) alareunalta purkautuva lähdepuro, jonka virtaama keväällä on noin 30–40 m³/vrk. Lähteen virtaamia on helppo mitata tarkasti kuvassa 141 esitetyllä siirrettävällä kolmiopadolla. Moreenialueiden lähteiden virtaamat vähenevät kuivina kausina talvella ja loppukesällä (kaavio 2) tai lähteet kuivuvat kokonaan.



▲ Kuva 32. Moreenialueen reunaan rajautuvalla soistuneella alueella Kuhmossa oleva lähde, jonka syvyys on 2,5 metriä ja halkaisija noin 1,5 metriä. Pohjaveden muodostumisalue on suohon rajautuvalla moreenialueella. Lähteen ylivirtaama on noin 20 m³/vrk. Suolla on myös muita lähdesilmäkkeitä. Lähdekartoituksissa esiintymän voi varmistaa lähteeksi kasviston lisäksi mittaamalla veden lämpötilan, joka on lähteissä 5–6 °C (kuva 60). (Kuva: Timo Piirainen)



▼ Kuva 33. Kosteikko harjun reunalla. Vesi tihkuu harjulta sen reunalle, jolloin alue soistuu. Varsinaisia lähteitä ei veden pienestä määrästä johtuen synny. Soistuneiden alueiden leveys vaihtelee harjujen reunamilla maaston korkokuvasta ja purkautuvan pohjaveden määrästä ja purkautumisalueesta riippuen muutamasta kymmenestä metrillä useisiin satoihin metreihin. Leveitä suovyöhykkeitä esiintyy etenkin Pohjanmaan harjujen reunamilla. Hyvä rengaskaivon paikka on kosteikon yläpuolella.

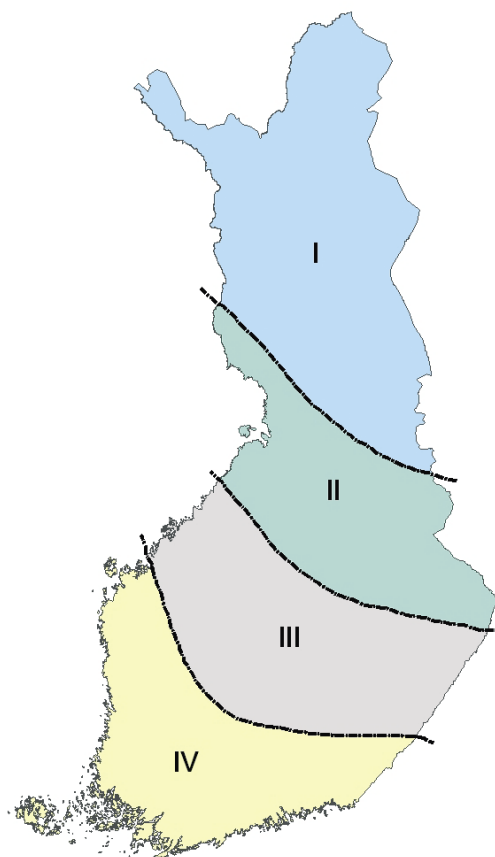


► Kuva 34. Harjuun liittyvältä lähteeltä (kuva 3) purkautuva, virtaamaltaan suuri lähdepuro. Lähdepuroilla on usein paljon käyttöä kalankasvatuksessa, kasteluvelden ja karjan juomaveden ottopaikkoina sekä virkistysalueina. Hyvä rengas- tai siiviläputkikaivon paikka on lähteen yläpuolella.

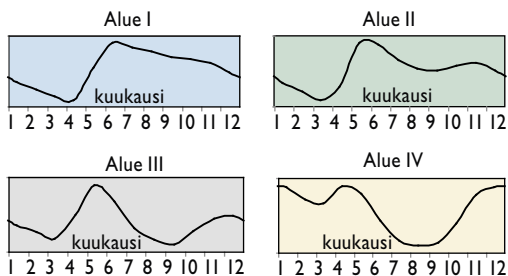
4 Pohjaveden pinta ja sen vaihtelut

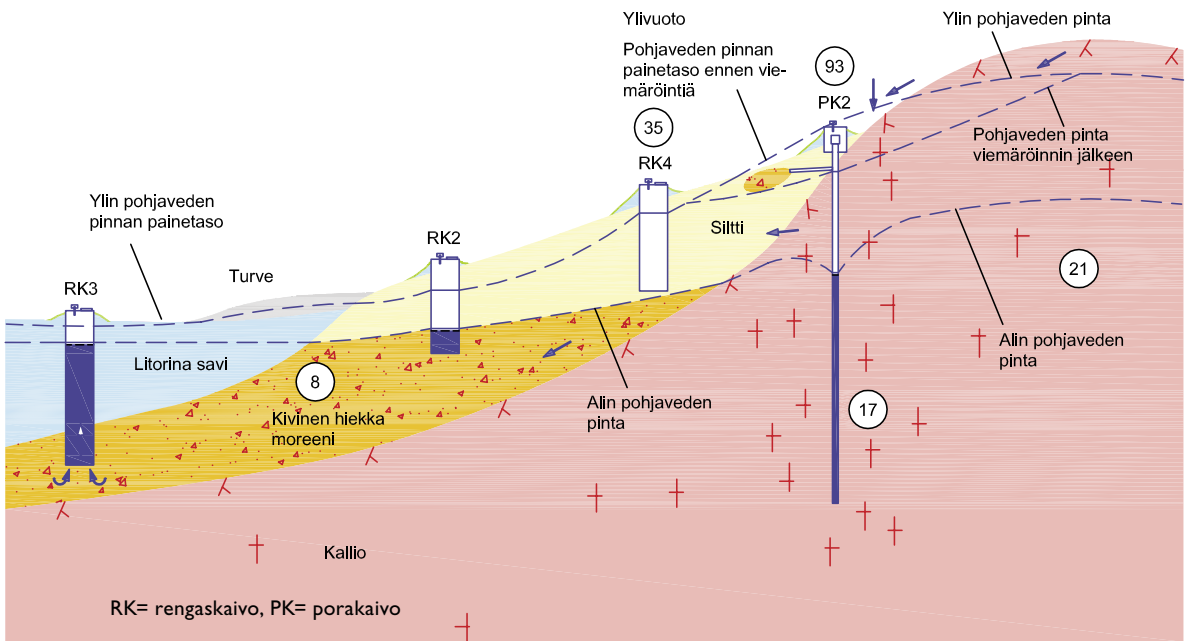
Pohjaveden pinnan asema riippuu sadannasta ja sen määrästä, sääolosuhteista sekä vuodenajoista. Tästä syystä vaihtelut maamme eri osissa ovat hyvinkin erilaisia ja muuttuvat selvästi etelästä pohjoiseen siirryttäessä (kaavio 3). Asiaan vaikuttavat myös maalajit, kasvillisuus ja topografia.

Vettä hyvin johtavissa harjuissa pohjaveden pinnan vaihtelu on suhteellisen hidasta ja vaihtelee eri vuodenaikoina esiintymän koosta riippuen noin 0,5 metristä 1 metriin. Vaihtelu on luonnontilaisilla harjuilla yleensä alle 0,5 metriä, mutta laajoilla soranottoalueilla, missä ei ole vettä haihduttavaa kasvillisuutta, vaihteluväli on noin metri^[14]. Pitkällä aikavälillä vaihtelu voi kuitenkin kasvaa ja pohjaveden pinnat laskea jopa vuosia kestävinä, kuivina kausina. Moreenissa vaihtelu on jyrkempää, kuin harjuissa ja voi olla rinne- maastossa jopa useita metrejä. Kallioalueilla vedenpinnan vaihtelu on vähäisempää.



Kaavio 3. Pohjaveden pinnan vaihtelussa on todettavissa selviä eroja maamme eri osissa. Erot voivat vielä ilmastonmuutoksen johdosta muuttua. Alueelta III on esitetty kahdeksan vuoden seuranta-jakso kaaviossa 4. Ilmastonmuutoksesta johtuen kesät kuivuvat ja talvet kostuvat. Esitetyt pohjaveden pinnan vaihtelua kuvaavat vyöhykkeet (I–IV) liukuvat etelästä pohjoiseen. Koska pohjaveden kierto on Suomessa nopeaa, saattaa pohjaveden riittävyyden kanssa olla ajoittain ongelmia.^[15]





Piirros 6. Pohjaveden pinnan voimakkaan vaihtelun vaikutus rengaskaivojen sijoitukseen kalliorinteellä, missä esiintyy kallion päällä erilaisia maalajeja, kuten moreenia, silttiä ja savea. Rengaskaivo tulisi sijoittaa rinteeseen alaosaan kosteikon yläpuolelle. Savikerrostumien alta otettava pohjavesi on yleensä laadultaan huonoa, mutta sen määrä voi olla riittävä. Porakaivon hyvä sijoituspaikka on kallioalueen reunalla, missä on runsasrakoista kalliota (piirros 11).

Piirroksessa ympyröidyt numerot viittaavat valokuviin.



Kuva 35. Piirroksessa 6 esitetty kuivunut rengaskaivo. Pohjaveden pinta on laskenut loppukesällä kaivon pohjan alapuolelle, jolloin kaivon pohja on liettynyt. Maaperä on silttiä. Vesi on kaivossa laadultaan erittäin huonoa. Kaivon sijainti rinteeseen yläosassa on väärä (kuva 96).



Kuva 36. Pohjaveden pinta nousee keväällä ja syksyllä maalajista ja paikasta riippuen selvästi korkeammalle, kuin loppukesällä ja talvella (kaaviot 3 ja 4). Kuvan kaivoa rakennettaessa pohjaveden pinnan nousua ei ole ennakoitu. Tulvavesien pääsy kaivoon heikentää pohjaveden hygieenisistä laatua. Kaivo on herkkä myös muulle likaantumiselle.

Pohjaveden pinnan vaihtelulla on erittäin suuri merkitys kiinteistön kaivon paikkaa tutkittaessa ja kaivoa rakennettaessa erityisesti moreenialueilla ja rinnemaastossa. Rengaskaivon paikkaa pitäisi tutkia silloin, kun pohjaveden pinta on alimmillaan, eli esim. Keski-Suomessa loppukesällä tai keväällä. Maan muissa osissa tutkimukset tulisi ajoittaa kaavion 3 osoittamille kuiville kausille. Tällöin saadaan varmuus siitä, että kaivoon tulee riittävästi vettä ja tiedetään, mille tasolle vedenpinta laskee kuivina kausina.

Tutkimuksia suunniteltaessa ja rengaskaivon pohjan tasoa määritettäessä tulisi ottaa huomioon myös kuivat vuodet tai vuosijaksot, jolloin vedenpinta voi laskea hyvinkin alas. On myös huomattava, että ilmastonmuutos on jo hiukan muuttanut ja muuttaa edelleen kaaviossa 3 esitettyä mallia. Veden

vähyys voi toisaalta johtua myös kaivon antoisuuteen nähden liian suuresta vedenotosta. Pohjaveden pinnan vaihtelusta alueellisten ympäristökeskusten pohjavesiasemilta saa tietoa ottamalla yhteyttä paikalliseen ympäristökeskukseen tai Suomen ympäristökeskukseen.

Maaperän pohjavettä virtaa myös kallion pohjavesivarastoihin ja päinvastoin. Porakaivoissa vedenpinnan luonnollinen vaihtelu ei yleensä vaikuta veden saantiin tai kaivon rakentamiseen. Poikkeuksen muodostavat saariston pienet saaret, joilla pitkä kuiva kausi voi pienentää saaren alueella olevan makean veden linssiä, huonontaa veden laatua ja siten rajoittaa veden saantia. Porakaivo voi kuivua tilapäisesti, jos vettä on otettu kaivon antoisuutta enemmän.