



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jussi Lehtimäki

Rakennustyömaan pohjatyt

Opinnäytetyö
Syksy 2021
SeAMK tekniikka
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jussi Lehtimäki

Työn nimi: Rakennustyömaan pohjatytöt

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 49

Liitteiden lukumäärä: 0

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi rakennustyömaalla tapahtuvista maarakennustöistä, pohjavedestä, pohjaveden vaikutuksesta ja hallinnasta, pohjatutkimuksesta sekä erilaisista perustamis- tavoista.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin tämän työn tekijän omasta mielenkiinnosta kyseisiä asioita kohtaan eikä tällä opinnäytetyöllä ole erikseen ketään toimeksiantajaa. Opinnäytetyö toteutettiin hyödyntäen monia erilaisia luotettavia lähteitä internetistä sekä muutamasta alaan liittyvästä kirjasta. Opinnäytetyössä hyödynnettiin muutamaa esimerkkiä havainnollistamaan lukijalle paremmin, minkälainen pohjatutkimus ja pohjaveden hallintasuunnitelma voi olla. Opinnäytetyössä on kerrottu muun muassa erilaisista perustamistavoista, jonka yhteyteen on liitetty kuvia aina kyseiseen perustamistapaan liittyen. Opinnäytetyöstä on kuitenkin jäänyt useita vaiheita ja erilaisia asioita pois, joten tämä on enemmänkin ainoastaan pintaraapaisu rakennustyömaan pohjatöistä.

¹ Asiasanat: rakennustyömaa, perustaminen, maarakennustyöt, pohjavesi, maaperä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Technology

Author: Jussi Lehtimäki

Title of thesis: Site construction work

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2021

Number of pages: 49

Number of appendices: 0

The thesis described the construction work taking place on a construction site, groundwater, the impact and management of groundwater, soil research and various founding methods.

The thesis realized out of self-interest in the matters and there was no individual client for the thesis. The thesis was implemented by using many different reliable sources on the Internet and a few books related to the field. In the thesis, a few examples were used to better illustrate to the reader what a bottom survey and groundwater management plan could be like. Among other things, the thesis described different methods of establishment, in connection with which pictures were always attached concerning that method. However, several stages and various things were omitted from the thesis, so this is more scraping the surface work on the construction site.

¹ Keywords: construction site, establishment, construction work, groundwater, soil

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 PERUSTAMISTAVAN VAIKUTUS RAKENTAMISEEN	9
2.1 Maaperän tutkiminen.....	9
2.2 Perustamistavan valinta	10
2.3 Maanvarainen perustus.....	11
2.4 Ryömintätilainen perustus	13
2.5 Kellarillinen perustus	15
2.6 Paaluperustus	17
2.7 Pilariperustus.....	18
3 POHJAVEDEN VAIKUTUS RAKENTAMISEEN	20
3.1 Pohjavesi.....	20
3.2 Pohjaveden syntyminen	20
3.3 Pohjavesialueet.....	21
3.4 Tärkeät pohjavesialueet	22
3.5 Pohjaveden hallintasuunnitelma.....	23
3.6 Esimerkki pohjaveden huomioinnista ja hallinnasta	24
3.6.1 Pohjaveden pinnan havaitut tasot	25
3.6.2 Alueen pohjasuhteet	27
3.6.3 Lähialueen olevat rakenteet ja niiden herkkyys pohjaveden laskulle	27
3.6.4 Pohjaveden huomiointi rakentamisessa.....	28
3.6.5 Suunnitellun rakentamisen arvioitu vaikutus pohjaveden tasoon	29
3.6.6 Jatkotoimenpiteet.....	29
4 POHJATUTKIMUS	31

4.1	Ohje.....	31
4.2	Tutkimukset.....	33
4.3	Pohjaolosuhteet.....	33
4.4	Rakennusten perustaminen	35
4.5	Alapohjarakenteet ja putkijohdot	37
4.6	Piha-alueet ja piharakennukset	38
4.7	Kaivuu, salaojitus, kuivatus ja routasuojaus	38
4.8	Jatkotoimenpiteet ja ympäristön huomioiminen.....	39
5	RAKENNUSTYÖMAALLA TEHTÄVÄT MAANRAKENNUSTYÖT	41
5.1	Yleisten henkilösuojamien käyttö	41
5.2	Maarakennustöiden turvallisuus	42
5.3	Kaivuu ja kuljetus	44
5.4	Louhintatyö.....	45
5.5	Täyttötyö	46
	LÄHTEET	48

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Maanvarainen pientalolattia.	13
Kuvio 2. Ryömintätilainen alapohja.	15
Kuvio 3. Kellarillinen perustus.	17
Kuvio 4. Teräspaalaus.	18
Kuvio 5. Pilariperustus.	19
Kuvio 6. Pohjatutkimuskartta 1510043020–1.....	26
Taulukko 1. 1978 Havaitut pohjavesipinnat	25
Taulukko 2. 2019 Havaitut pohjavesipinnat	25
Taulukko 3. Päälysrakennekerrokset.	38
Taulukko 4. Suojaetäisyydet.	43

Käytetyt termit ja lyhenteet

Maavesivyöhyke	Pohjaveden pinnan ja maanpinnan välissä on ns. maavesivyöhyke, jossa vajovesi liikkuu alaspäin ja kapillaarinen vesi vastaavasti pohjaveden pinnasta ylöspäin.
Moreeni	Moreeni on sekalajitteinen maalaji, joka sisältää kiviaineksen eri raekokoja savesta kallionlohkareisiin. Sitä syntyy nykyisten ja muinaisten jäätiköiden tai mannerjäätiköiden irrottamasta ja kuljettamasta kallion kiviaineksesta sekä jäätikön mukaansa sieppaamista kallioita peittäneistä vanhoista maaperän kerrostumista ja kallioperän rapautumistuotteista. Se on yleinen maalaji esimerkiksi Pohjoismaissa, jonne sitä muodostui runsaasti viime jääkauden aikana.
Painokairaus	Painokairaus on kuormitustavaltaan staattinen kairausmenetelmä. Kaira tungetaan maahan kuormittamalla sitä erisuuruisilla painoilla sekä kiertämällä.
Soklex	Soklex-perustusvalumuotin avulla valetaan sekä antura ja sokkeli samanaikaisesti. Valmismuotin vahvuuksia ovat mm. hyvä lämmöneristyskyky, nopea asennettavuus sekä kohdekohtainen rakenteen muunneltavuus. Muottia voidaan käyttää kaikkina vuodenaikoina, koska muotin runkomateriaali on myös lattia- ja routaeristeenä käytettävää polystyreenimuovia (EPS).
Geotekniikka	Geotekniikka on tekniikan osa alue, joka käsittelee maa- ja kallioperän teknisiä ominaisuuksia ja niiden soveltamista maa- ja pohjarakentamiseen. Geoteknisessä suunnittelussa mitoitetaan ja määritetään rakennusten ja rakenteiden liittyminen maa- tai kallioperään.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön on tarkoitus antaa lukijallensa peruskäsitys rakennustyömaalla tapahtuvista perustus- ja maarakennustöistä. Opinnäytetyön on myös tarkoitus kertoa lukijalle pohjavedestä yleisesti ja lisäksi pohjaveden mahdollisista vaikutuksista ja haittavaikutuksista rakentamiseen rakennustyömaalla. Tämän ensisijainen tarkoitus on kuitenkin antaa lukijallensa kattava käsitys, mitä kaikkea rakennustyömaalla tullaan tekemään tai voidaan joutua tekemään, kun ruvetaan perustamaan rakennusta. Tässä opinnäytetyössä käytetään esimerkkejä havainnollistamisen apuna siihen, minkälaisia pohjatutkimus ja pohjaveden hallintasuunnitelma voivat olla.

Opinnäytetyössä kerrotaan muun muassa perustamistavan vaikutuksesta rakentamiseen, pohjaveden vaikutuksesta rakentamiseen, samalla kerrotaan vähän siitä, mitä pohjavesi oikein on ja mistä se syntyy, pohjatutkimuksesta sekä lopuksi rakennustyömaalla tapahtuvista maarakennustöistä. Toisessa kappaleessa käydään läpi erilaisia perustamistapoja, muun muassa maanvarainen perustus ja pilariperustus. Kolmas kappale keskittyy pohjaveteen ja sen vaikutuksesta rakentamiseen. Neljännessä kappaleessa avataan pohjatutkimusta ja havainnollistetaan sitä esimerkin avulla. Viidennessä eli viimeisessä kappaleessa kerrotaankin sitten yleisesti rakennustyömaalla tapahtuvista maarakennustöistä, ihan ensimmäisistä kaivu töistä, täyttötöihin asti.

Tällä opinnäytetyöllä ei ole erikseen toimeksiantajaa. Suositeltavaa on kuitenkin tietää se, että nämä ovat vain esimerkkejä jollakin rakennustyömaalla tapahtuvista töistä ja kaikki työt vaihtelevat aina tapauskohtaisesti joka rakennustyömaalla.

2 PERUSTAMISTAVAN VAIKUTUS RAKENTAMISEEN

Rakennuksen perustusten tehtävä on siirtää rakennuksesta aiheutuvat kuormitukset maaperän kantamiksi. Jokaisessa kohteessa tulee valita sopivin perustamistapa maaperän kantavuuden, ominaisuuksien ja rakennuksen aiheuttamien kuormitusten mukaan. Pohjatutkimuslausunnossa esitetään kohteelle suositeltavat perustamistavat ja maaperän kantavuus, minkä perusteella arkkitehti ja rakennesuunnittelija suunnittelevat parhaimman ratkaisun. (Palolahti 2010, 6.)

2.1 Maaperän tutkiminen

Rakennuspohjan laatu tontilla kannattaa selvittää mahdollisimman nopeasti. Mieluusti se kannattaisi tehdä heti ostettaessa tonttia tai viimeistään sitten, kun talon suunnittelua ollaan tekemässä, samassa yhteydessä, kun ollaan päättämässä rakennuksen sijoittamista tontille. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Perustamistavan valintaan vaikuttaa tontin pohjasuhteet; eli onko maaperä pehmeää vai kantavaa, millä tasolla pohjaveden korkein pinta sijaitsee ja mikä on radon pitoisuus tontin maaperässä. Tämän selvittämiseksi on yleensä rakennuspaikalla suoritettava laaja pohjatutkimus, ja se kannattaa käynnistää rakennusvalvontaviranomaisten kanssa yhteistyössä. Kunnan rakennusvirastossa voi usein olla valmiiksi tehtyjä maaperäkarttoja, näistä voi ilmetä valmiiksi olevia tietoja alueen maaperästä. Kannattaa myös perehtyä lähistölle rakennettujen muiden rakennusten tai kiinteistöjen perustamistapaan ja näistä saaduista kokemuksista muilta rakentajilta. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Kun rakennuspohjassa on hienorakenteisia maa-aineksia, rakennuspaikan maaperän olosuhteet vaihtelevat ja/tai kyseinen rakennus on perustettu rinteeseen, tehdään yleensä aina pohjatutkimus. Pohjaolosuhteet saattavat olla vaikeat esimerkiksi mahdollisten painumien takia, tällöin täytyy selvittää myös pehmeiden kerrosten kokoonpuristuvuusominaisuudet. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Pohjatutkimuksia tekevät insinööritoimistot, jotka ovat erikoistuneet asiaan. Tutkimuksessa maaperään kairataan kantavaan maakerrokseen asti useampia reikiä. Pohjatutkimuksilla

selvitetään, millä korkeudella on pohjaveden pinta, kuinka syvältä löytyy kantavaa maata, onko maaperä savea, moreenia, silttiä vai kalliota. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Pohjatutkimuksella selvitetään, kuinka paljon maaperä kantaa ja perustamisolosuhteet perustamistavan päättämiseksi ja perustuksien suunnittelemiseksi ja tällöin laaditaan perustamistapalausunto, mitä voi rakennesuunnittelija käyttää, kun hän valitsee sopivaa perustamistapaa, onko tontilla tarvetta paaluttamiselle tai voitaisiinko käyttää kevennettyä perustusta. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Rakennesuunnittelija valitsee maaperätutkimuksen perusteella perustamistavan ja määrittää minimi anturaleveyden ja raudoitukset. Maapohjissa, jotka kantavat heikosti, joudutaan tekemään joko massanvaihtoja, kevennystyönteitä tai paalutusta. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Ilman pohjatutkimusta kaivettu kuoppa on aina riski, koska kuopan kaivaminen vaikuttaa ympäristön pohjavesiolosuhteisiin ja pohjavesikerrokseen. Vaikutukset olisi syytä selvittää etukäteen, että ei tulisi mitään ongelmia jälkikäteen. Maaperätutkimuksen avulla tehdään päätös juuri ko. tontille parhaiten soveltuva Soklex-perustusratkaisu. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Soklex-perustusvalumuottia hyödyntäen sekä antura ja sokkeli voidaan valaa samalla kertaa. Valmismuotissa hyviä puolia ovat mm. nopea asennettavuus, lämmöneristyskyky sekä kohdekohtainen muokattavuus rakenteeseen. Muottia voidaan hyödyntää ympäri vuoden, sillä sen runkomateriaali on yleensä lattia- ja routaeristeenä käytettävää EPS-solumuovia. Soklexia voidaan käyttää kaikissa perustamistavoissa. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

2.2 Perustamistavan valinta

Ensimmäisenä selvitetään rakennuspohjan laatu. Viimeistään se täytyy tehdä talon suunnittelun yhteydessä, ja kun ollaan päättämässä rakennuksen sijoittamisesta tontille. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Perustustavan valintaan vaikuttaa se, minkälainen maaperä on eli onko se kantava vai pehmeä, millä korkeudella pohjaveden ylin pinta on ja mikä on maaperän radon pitoisuus. Useimmiten rakennuspaikalla tehdään pohjatutkimus. Rakennesuunnittelija valitsee tutkimuksen perusteella perustamistavan ja määrittää minimi anturaleveyden ja siihen tarvittavat raudoitukset. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Hyvin kantavalle maapohjalle on tyypillisin perustusratkaisu maanvarainen laatta. Sokkeli ja antura tehdään samanaikaisesti ja laatta valetaan eri kerralla. Reunavahvistettua laattaa hyödynnetään, jos maapohjana on heikosti kantavaa, hienorakeista maalajia tai perustetaan tuleva rakennus täyttömaan varaan. Materiaaliltaan pienemmät rakennukset esimerkiksi autotallit ja ulkovalastot sekä terassit on perustettavissa helposti ja hieman rahaa säästäten reunavahvistetulle laatalle. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Paaluperustusta joudutaan käyttämään, kun maaperä ei ole tarpeeksi kantavaa, jotta se kantaisi rakennuksesta tulevia pysyviä kuormia. Paaluperustuksessa rakennuksen kuormat johdetaan paaluanturoitten kautta paaluille, jotka johtavat kuormat kantavaan maaperään. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

Ryömintätilaista perustusta eli tuulettuvaa alapohjaa voidaan käyttää radonherkällä maaperällä ja paaluperustusten yhteydessä. Rakennesuunnittelussa täytyy kiinnittää erityisen tarkkaa huomiota riittävään tuuletukseen sekä kosteuden pois johtamiseen. Tuulettuvissa perustuksissa käytetään pääosin 1200 mm korkeaa sokkelimuottia, että saadaan helposti riittävän korkea tila ryömimiselle. (Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta 2017.)

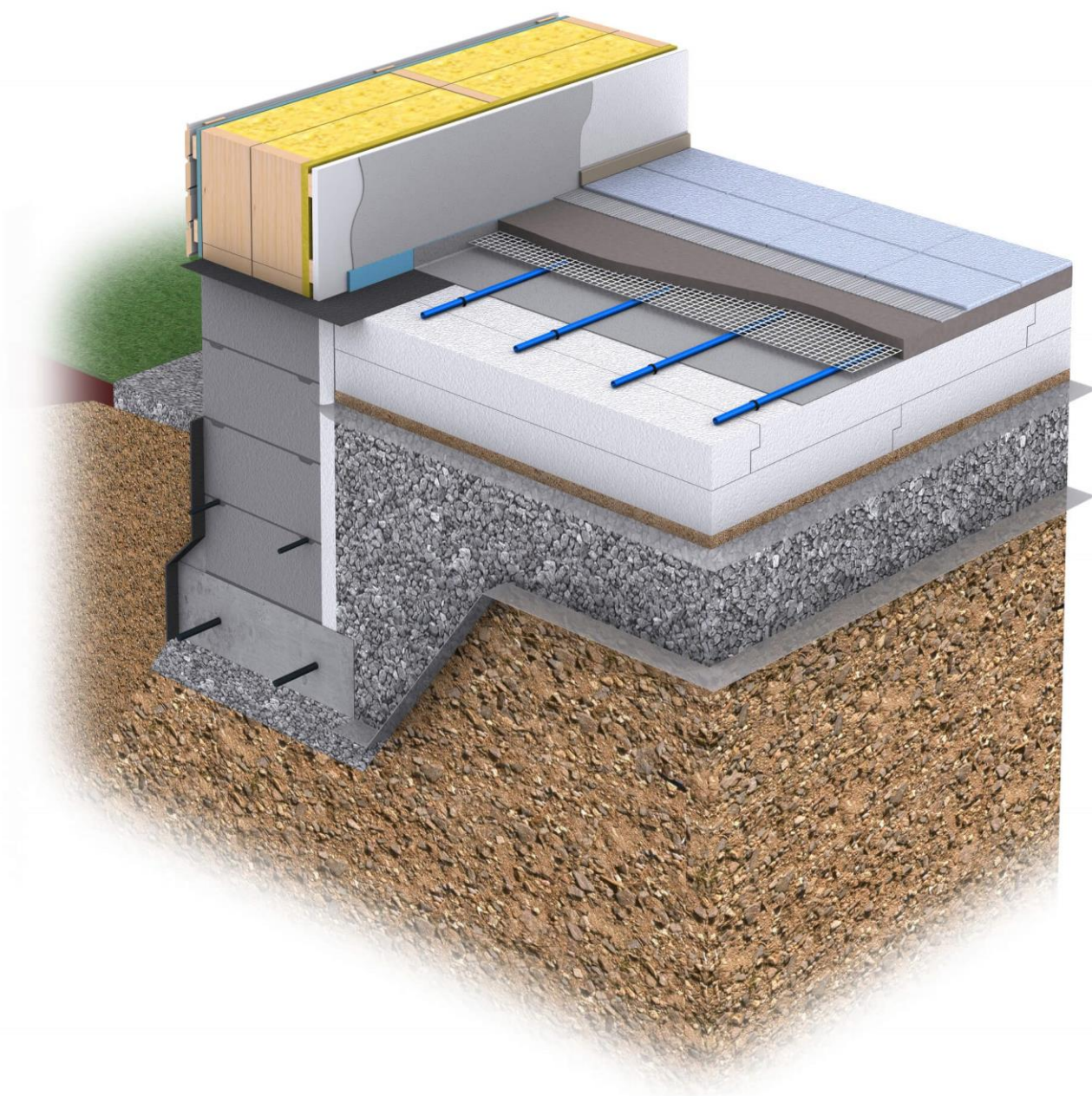
2.3 Maanvarainen perustus

Maanvarainen perustus on suosituin tapa perustaa pientalo. Maanvaraisesta perustuksesta voidaan puhua myös nimellä maanvarainen alapohja. Kummallakin näistä tarkoitetaan samaa asiaa, eli lattian sekä lattiaan yhtyvien erilaisten rakenteiden muodostamaa kokonaisuutta. (Maan varainen perustus – kaksi erilaista toteutustapaa 2020.)

Kyseisellä perustuksella voi olla kaksi erilaista toteutustapaa. Suositummassa toteutustavassa anturan päälle tehdään perusmuuraus, jota kutsutaan yleisemmin nimellä sokkeli.

Sokkelin sisäpuolelle tehdään kiviaineksella täyttö, jonka jälkeen voidaan asentaa eristeet sokkelin ympärille ja sisäpuolelle. Eristeiden päälle voidaan suoraan valaa betonilattia. Rakennuksen perustusten alimpana on betoniantura, joka on sokkelia leveämpi. Antura ottaa vastaan rakennuksesta ja sen yläpuolelta tulevat kuormat. Se jakaa tasaisesti koko rakennuksen painon maapohjalle. Anturan alapinta tulee yleensä routarajan alle tai toinen vaihtoehto on, että se eristetään kokonaan roudalta. Anturan alle pitää jättää tiivis kerros murskettä, soraa tai hiekkaa. Tällainen perustus tapa (anturan ja sokkelin päälle) toimii parhaiten, jos maaperä on heikommin kantava. (Maan varainen perustus – kaksi erilaista toteutustapaa 2020.)

On myös toinen vaihtoehto maanvaraiselle perustukselle. Tässä vaihtoehdossa perustus luodaan reunoista vahvistetulle betonilaatan päälle. Laatta voidaan valaa suoraan maanaineksen päälle, sillä laatan ulkoreunoista suunnitellaan paksumpia ja kestävämpiä. Tämä ei vaadi anturaa eikä sokkelia. Betonilaatta voidaan valaa kertavaluna joten, se on hyvin kustannustehokas ratkaisu rakennuksen perustuksille. Tämä vaihtoehto sopii hyvin tilanteisiin, joissa maaperä on tarpeeksi kantava. (Kuvio 1.) (Maan varainen perustus – kaksi erilaista toteutustapaa 2020.)



Kuvio 1. Maanvarainen pientalolattia (Maanvarainen pientalolattia - Lämpölattia tai Comfort lämpölattia 2020).

2.4 Ryömintätilainen perustus

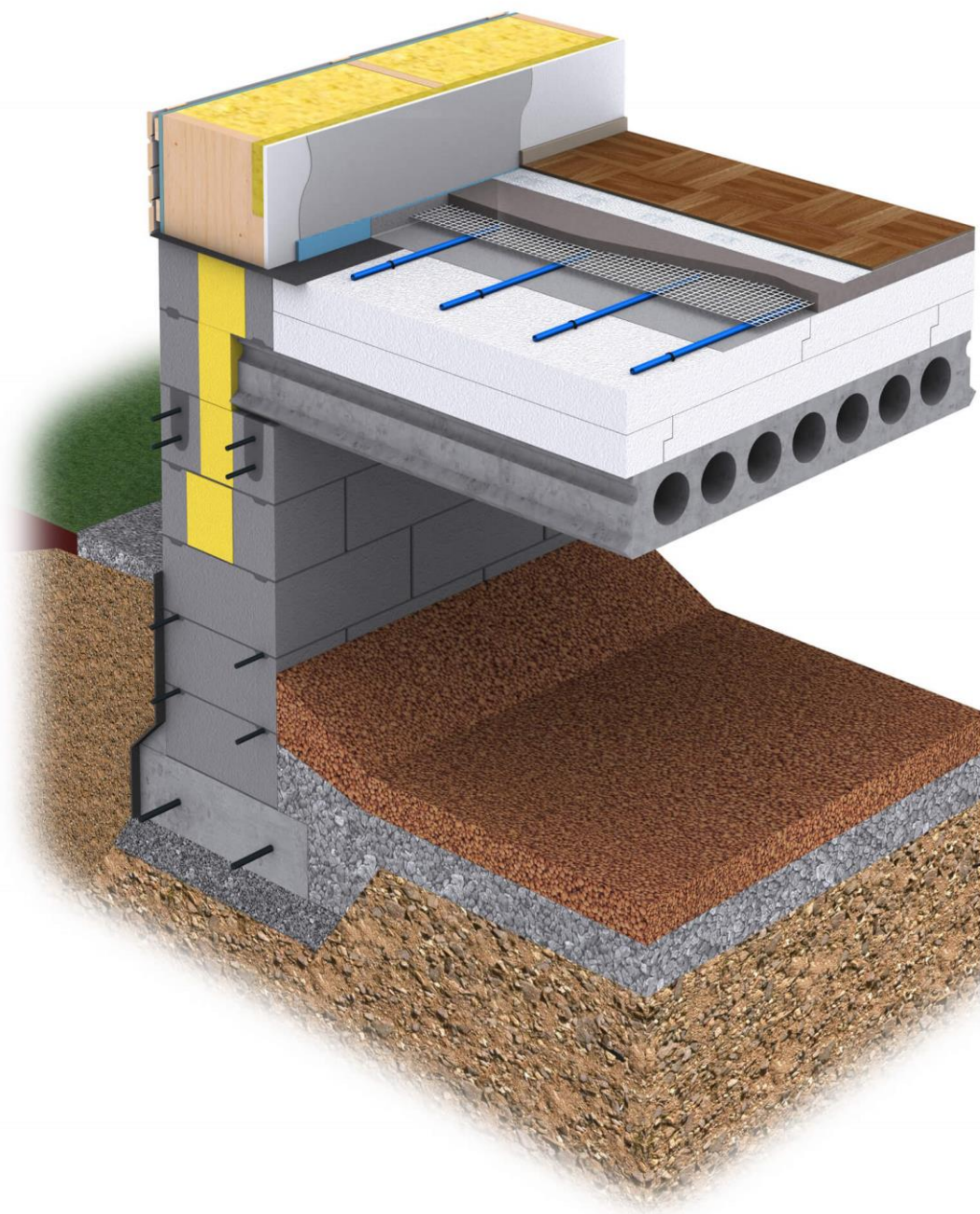
Ryömintätilaisen perustuksen rakenteen alla on tuulettuva ilmatila. Ryömintätilainen alapohja voi olla vaihtoehtona erityisesti silloin, jos maapohja sattuu olemaan heikosti kantavaa ja maapohja täytyy paaluttaa. Ryömintätilainen perustus, toisella nimellä tuulettuva alapohja

on rakenteiltaan ja routasuojaukseltaan maanvaraista alapohjaa vaikeampi suunnitella ja toteuttaa. (Ryömintätilainen alapohja – Comfort Lämpölattia 2020.)

Ryömintätilaisessa perustuksessa helpoin keino saavuttaa tarpeeksi suuri ilmatiiviyys on tehdä kantava alapohja kivimateriaalista. Rakenne voidaan toteuttaa esimerkiksi paikalla valettavalla teräsbetonilaatalla, paikalla valettavalla kuorilaatalla tai ehkä helpoiten ontelolaatoilla. Alapohjasta täytyy tehdä täysin ilmatiivis, ettei ryömintätilasta vapautuisi mahdollisten vuotojen mukana erilaisia mikrobeja, sienten itiöitä eikä radonkaasua sisäilmaan. (Kivitaloinfo, [viitattu 5.12.2021].)

Ryömintätilaisessa perustuksessa ja tuulettuvan alapohjan etuja ovat pienempi riski kosteusvaurioille tai radon kaasujen vuotamiselle maaperästä talon sisätiloihin. Ryömintätilassa täytyy olla vähintään 800 mm korkuinen tila, jolla mahdollistetaan tarpeellisten huolto- ja korjaustöiden tekeminen ryömintätilassa. (Kivitaloinfo, [viitattu 5.12.2021].)

Ryömintätilassa kosteus saattaa nousta hieman korkeaksi, jonka takia ryömintätilaan täytyy järjestää riittävä tuuletus jättämällä sokkeliin eripuolille taloa tarpeellinen määrä tuuletusaukkoja tai vaihtoehtoisesti järjestämällä tilaan koneellinen tuuletus, jolloin aukkojen tarve vähenee. Kosteusrasituksen minimoimiseksi ryömintätilassa maapohja täytyy lämpöeristää esimerkiksi EPS-eristelevyillä tai kevytsoralla. (Kuvio 2.) (Kivitaloinfo, [viitattu 5.12.2021].)



Kuvio 2. Ryömintätilainen alapohja (Ryömintätilainen alapohja - Comfort lämpölattia 2020).

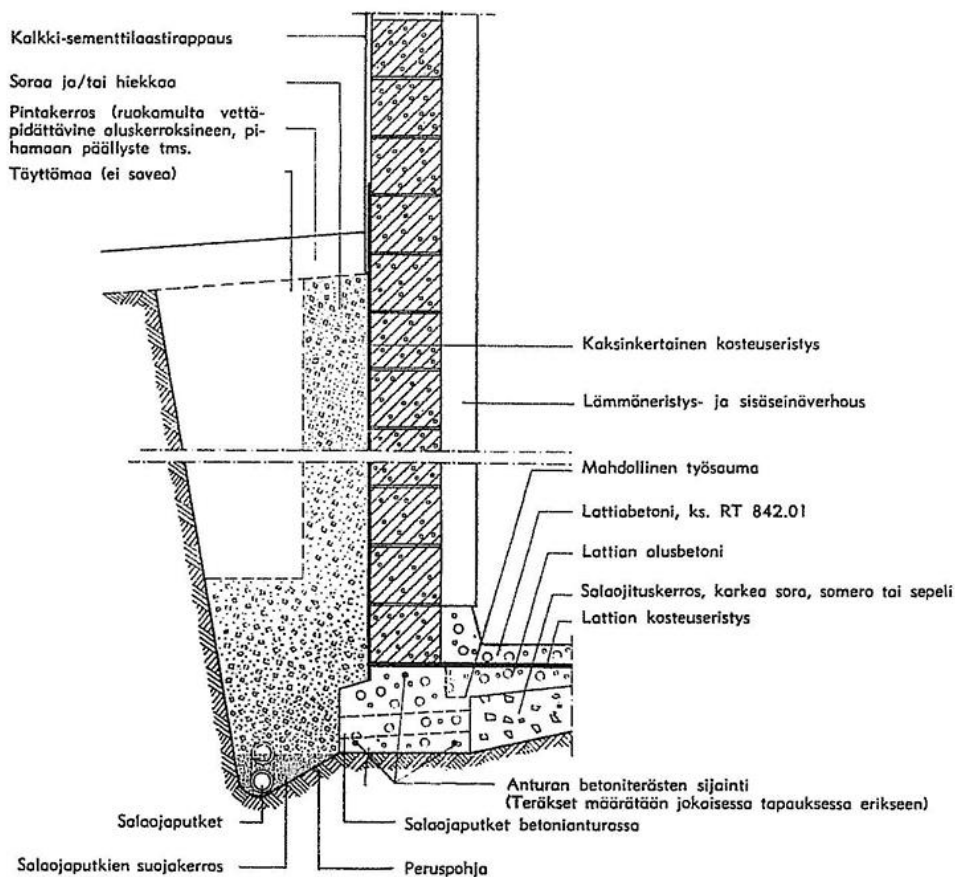
2.5 Kellarillinen perustus

Kellarillinen perustus tulee kyseeseen yleensä asemakaavassa määriteltyjen ehtojen, tontin ominaisuuksien vuoksi tai jos on tarvetta lisätilalle. Kellarillista perustusta on usein suunniteltu rinnetonteille, joko kyseessä on osakellari tai kokokellari. Jos tasamaalle rakennetaan

kellari, sillä voidaan saada esimerkiksi varasto- tai harrastetiloja taloon kokonaisen kerroksen verran. (Kellariperustus, [viitattu 6.12.2021].)

Kellarillinen perustus voidaan suunnitella ja toteuttaa melkein kaikkiin maaperätyyppeihin. Se voidaan toteuttaa usein samalla tavalla harkkoperustuksen kanssa. Siinä betonianturan päälle aletaan muuraamaan betoniharkoista seinän runkorakenteita, jotka sitten kellarillisessa perustuksessa muurataan vaihtoehtoisesti lämpöiseksi, puolilämpöiseksi tai täysin kylmäksi tilaksi. Kellarin rungon päälle asennetaan betonilaatta, ja sen jälkeen voi jatkaa talon rakentamista haluamallaan vaihtoehdolla. (Kellariperustus, [viitattu 6.12.2021].)

Kellarillisen perustuksen riskikohdat liittyvätkin yleensä kosteuteen. Mikäli kellari rakennetaan huokoisesta materiaalista, se täytyy suojata erittäin tarkasti kosteutta vastaan. Kosteutta saattaa päästä kellarin rakenteisiin vesisateen, valumavesien, lumesta tulevan veden, kapillaarisesta imusta sekä yläpuolelta sisätiloista. (Kuvio 3.) (Kellariperustus, [viitattu 6.12.2021].)



Kuvio 3. Kellarillinen perustus (Kellarikerrokset ja perustusten eristys).

2.6 Paaluperustus

Paaluperustus voi tulla kyseeseen, mikäli pohjatutkimus osoittaa, että maapohjan kantava kerros sijaitsee vasta yli viiden metrin syvyydellä maaperästä. Kantavaan kerrokseen saakka lyötyjen teräs- tai betonipaalujen päälle valetaan paaluantura, sen päältä voidaan jatkaa rakentamista ihan samalla tavalla, kuin maanvaraista anturaperustusta käytettäessä eikä paalutusta olisi tapahtunutkaan. Teräsbetoninen lyöntipaalu on varma keino siirtää rakennuksesta tulevat kuormat kantaviin maakerrokseen. (Betoniteollisuus ry, [viitattu 6.12.2021].)

Paaluperustuksen rakennesuunnitelman laatiminen kannattaa teettää vastaavalla rakennesuunnittelijalla, joka tekee sen pohjarakennussuunnittelijan lausunnon perusteella.

Rakentajaa suositellaan teräsbetonisten lyöntipaalujen sekä paalujen asennustyön hankkimista joltain pätevältä paalutusurakoitsijalta. Tällä tavalla vastuu paaluttamisesta ja siihen kuuluvista työvaiheista siirtyy paalutusurakoitsijalle, mikä on suositeltavaa. (Kuvio 4.) (Betoniteollisuus ry, [viitattu 6.12.2021].)

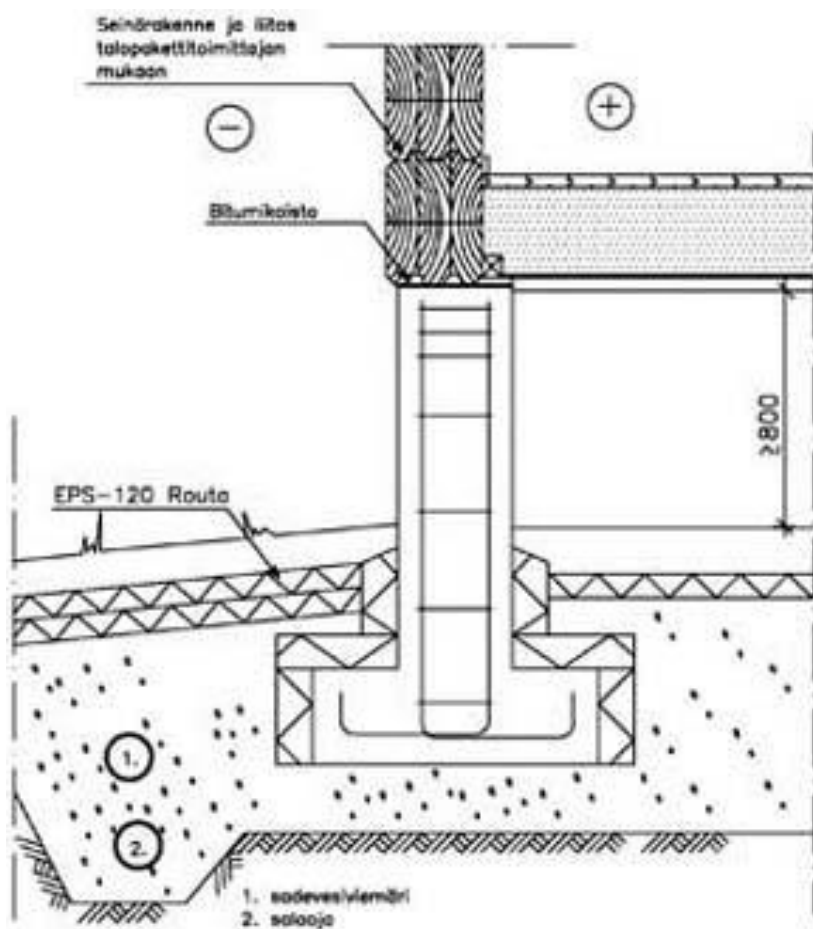


Kuvio 4. Teräspaalaus (SSAB:n teräspaalaus pientalorakentajalle).

2.7 Pilariperustus

Jos rakennuksesta tulevat kuormat eivät ole kovinkaan suuria, voidaan perustus tehdä myös pilariperustuksena. Pilariperustus rakennetaan siten, että maakaivantoon tai -kuoppiin laitetaan pienet anturat tai betonilaatat ja niiden päälle maanpinnasta ylös kohoavat betoni-, harkko- tai muut vastaavat pilarit, joiden päälle rakennus tulee ilmaan maanpinnasta. Valetujen teräsbetonipilareiden ansiosta perustuksesta tulee painumaton sekä kestävä. Pilariperustuksella saadaan helposti suuri kantamiskyky sekä kestävyys. Se on tehokkain tapa saada tuulettuva alapohja, mikä estää tuuletuksen avulla maaperästä tulevan kosteuden ja radonkaasun pois. Rakennus rakennetaan pilareiden päälle, ilman kosketusta maanpintaan.

Yleensä pilariperustusta hyödynnetään kesämökkien, terassien, pihasaunojen tai parvekkeiden perustuksena. (Kuvio 5.) (Talon perustukset, [viitattu 6.12.2021].)



Kuvio 5. Pilariperustus (14. Pilariperustus).

3 POHJAVEDEN VAIKUTUS RAKENTAMISEEN

3.1 Pohjavesi

Kun sadevesi imeytyy maahan, siitä muodostuu pohjavettä. Maaperään imeytyvästä sadevedestä osa jää kasvien ja juurien käytettäväksi ravinnoksi ja osa vajoaa alemmaksi maaperään, näin muodostaen vedellä kyllästyneen maakerroksen, eli pohjavesikerroksen. Maaperässä pohjavesi jatkaa virtaamistaan kiviainesrakeiden välisessä huokostilassa ja niistä se purkautuu luonnonvaraisesti lähteisiin, mitkä sijaitsevat soilla ja mailla tai jokien ja järvien pohjissa. Yleensä pohjavesi jatkaa virtaamistaan kohti vesistöjä, mutta joskus myös pintaveden imeytymistä järvistä maaperään tapahtuu. Käytännössä siis pohjavettä on maaperässä joka paikassa. Kuitenkin joillakin alueilla on irtomaakerros ohutta ja kalliit nousevat pohjaveden pinnan yläpuolelle, jolloin pohjavettä esiintyy vain kalliopohjavetenä kallioraioissa. (Tampereen pohjavesialueiden suojelusuunnitelma 2020.)

Maaperän laatu määrää pohjaveden saatavuuden ja määrän. Pohjavettä syntyy eniten sora- ja hiekkamailla, missä pohjavettä muodostuu 40–60 % sadannasta, jopa noin 1000 m³ vuorokaudessa per jokainen neliökilometri (jos sademäärä on 600 mm vuodessa). Tyypillisesti tämän kaltaisia hiekkaisia alueita on reunamuodostumat, kuten salpausselät, sekä harjut. Heikompaa maaperän vedenjohtavuus on moreenimailla, silloin suuri osa sademäärästä virtaa vesistöihin pintavaluna, pohjaveden muodostuminen on vähäistä eikä vesi liiku maaperässä juurikaan. Tällaisilla alueilla sademäärästä vain 10–30 % päätyy pohjavedeksi. Siltti- ja savimaaperässä on hyvin vähäistä pohjaveden muodostumista. (Tampereen pohjavesialueiden suojelusuunnitelma 2020.)

3.2 Pohjaveden syntyminen

Pohjaveden syntyminen on keväällä lumen ja roudan sulaessa suurinta. Pohjavettä muodostuu vähän kesäisin, sillä silloin haihduntaa on paljon sekä kasvit käyttävät vettä. Pohjaveden muodostumista talvisin rajoittaa maaperän routaantuminen ja sadeveden tuleminen lumena. Pohjavettä muodostuu käytännössä vain suojasään aikana. (Airaksinen 1978, 23.)

Pohjavettä syntyy, kun vesi imeytyy maankamaraan ja kulkeutuu ylemmistä maakerroksista pohjavesikerrokseen. Pohjavettä syntyy enimmäkseen sadevedestä, mutta myös jonkin verran vesistöistä virtaavasta vedestä. Syntyvän pohjaveden määrään vaikuttavat erilaiset asiat kuten sateen määrä ja kesto, maa- ja kallioperän vedenläpäisevyys, maaston muodot sekä kaltevuus, onko maanpinta muokattu vai luonnontilainen, kasvillisuuden määrä, päällysteet ja mahdollinen viemärointi. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 25–26.)

Suomessa sademäärä on n. 500–750 mm vuodessa, josta tulee lumena n. 200–250 mm. Keskimäärin puolet vuosisademäärästä eli noin 300–400 mm/vuosi imeytyy maavesivyöhykkeeseen, josta isoin määrä haihtuu takaisin ilmakehään maanpinnasta sekä kasveista. (Airaksinen 1978, 22–23.). Pohjaveden syntyminen on suurta niukkakasvuisilla, runsaasti rakoilevilla kalliopaljastumilla sekä paljaspintailla sora-alueilla, joissa haihtuminen sekä pintavalunta on melko vähäistä. Kalliopaljastumilla kalliolle satavasta sadevedestä osa virtaa suoraan kallion eri rakosysteemeihin, osa virtaa paljastumaa reunustaville maakerroksille ja osa haihtuu kallion päältä. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 26–27.)

Pohjaveden syntyminen riippuu ennen kaikkea maaperän vedenläpäisevyydestä. Moreenin vedenläpäisevyys voi vaihdella ja se riippuu myös moreenin tiiveydestä, sen rakenteesta ja yläpuolisesta kasvipeitteestä. Moreenimailla pääsääntöisesti n. 10–30 % sadevedestä imeytyy pohjavedeksi, kuitenkin karkearakeisilla ja ylävillä moreenimailla voi jopa yli 50 % sademäärästä imeytyä pohjavedeksi. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 26.)

Pohjaveden syntyminen on vähäistä maalajeilla, jotka ovat hienorakenteisia. Koska vesi imeytyy paremmin siltteihin ja kerralliseen saveen sekä paremmin vettä läpi päästävien maakerrosten, halkeamien ja onteloiden välityksellä. Hienorakeisilla maa-alueilla isoin määrä sadevesistä virtaa pinta- ja pintakerrosvaluntana muualle. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 26–27.)

3.3 Pohjavesialueet

Pohjavesialueiden luokituksesta ja määrittämisestä on säädetty vesien- ja merenhoidon järjestämisestä tehdyn lain (L 30.12.2004/1299) luvussa 2 a, mikä lisättiin lakiin lakimuutoksen 1263/2014 yhteydessä. Laki on tullut voimaan 1.2.2015. Lakimuutoksessa todettiin, että

ELY-keskus määrittää rajat pohjavesialueille ja pohjaveden muodostumisalueille ja luokittelee pohjavesialueen vedenhankintakäyttöön suojelutarpeen ja soveltuvuuden perusteella. Pohjavesien luokituksista ja kartoituksesta on annettu ohjeet Suomen ympäristökeskuksen ympäristöoppaassa vuodelta 2016. (Ympäristö.fi 2020.)

Alueet, joissa pohjavettä ilmenee, on jaettu lakiin tehdyn muutoksen myötä vain kahteen pohjavesiluokkaan pohjavesialueen vedenhankintakäyttöön suojelutarpeen ja soveltuvuuden perusteella:

1-luokkaan kuuluu sellaiset vedenhankintaa varten tärkeät pohjavesialueet, joiden vettä tullaan käyttämään tai käytetään jo talousvetenä taikka yhdyskunnan vedenhankintaan enemmän kuin keskimäärin 10 kuutiometriä vuorokaudessa tai enemmän kuin 50 ihmisen tarpeisiin. (Ympäristö.fi 2020.)

2-luokkaan kuuluu sellaiset vedenhankintakäyttöön soveltuvat pohjavesialueet, jotka pohjaveden antoisuuden ja muiden ominaisuuksien perusteella soveltuvat 1 kohdassa tarkoitettuun vedenhankintaan, mutta alueelle ei vielä ole vedenhankinnallista käyttötarvetta. ELY-keskusten tulee määrittää lisäksi ne pohjavesialueet, joiden pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemit ovat suoraan riippuvaisia. Nämä pohjavesialueet muodostavat luokan E. (Ympäristö.fi 2020.)

3.4 Tärkeät pohjavesialueet

Alueilla, jotka ovat tärkeitä pohjavesialueita, niiden kaavoituksissa ratkaistaan sopivat käyttötarkoitukset kyseisille alueille. Kaupunkisuunnitteluviraston kaavoitusosasto on ottanut huomioon pohjaveden suojelun, merkitsemällä asemakaavojen liitekarttoihin ja asemakaavoihin pohjavesialueet ja vedenottamojen suojeluvyöhykkeet. Asemakaavaselostuksiin ja määräyksiin kirjataan, että kyseisillä alueilla tapahtuvista rakentamisista ei saa aiheutua haitallista pohjavedenpinnan alenemista eikä sen laadun heikentymistä. (Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto 2014, 2.)

Tärkeiden pohjavesialueiden asemakaavoissa voidaan antaa määräyksiä, jotka liittyvät pohjaveden laatuun ja korkeusasemaan (Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto 2014, 2).

3.5 Pohjaveden hallintasuunnitelma

Ennen toimenpideluvan ja rakennusluvan saamista, rakennuspaikan haltija tekee pohjaveden hallintasuunnitelman. (Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto 2014, 3.)

Pohjaveden hallintasuunnitelmassa esitetään seuraavia asioita:

- Yhteystiedot
- Hankkeen yleiskuvaus tai viittaus voimassa oleviin urakka-asiakirjoihin
- Hankkeen vastuutahot, vastuu aika ja vastuurajat pohjaveden suojelun kannalta; erityisesti jos ne poikkeavat urakkasopimuksesta
- Kuvaus rakennuspaikan maaperä- ja pohjavesiolosuhteista
- Pohjaveden suojelun tarve rakennuspaikassa
- Kuvaus tarvittavista pohjaveden suojausrakenteista
- Kuvaus rakennusaikaisista pohjaveden suojaustoimenpiteistä
- Selvitys maaperän kanssa kosketuksiin joutuvien kemikaalien ja materiaalien haitattomuudesta pohjavedelle
- Suunnitelma siitä, miten pohjaveden laatua uhkaavissa äkillisissä tapauksissa toimitaan.
- Pohjaveden tarkkailuohjelma. (Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto 2014, 3.)

Pohjaveden tarkkailuohjelmaan sisältyy:

- Tarkkailuputkien määrä ja sijainti
- Tarkkailuputkien materiaali ja koko (putkista pystyttävä ottamaan vesi näytteitä)
- Tiedot putkien korkeuksista
- Tiedot maaperästä
- Siivilätasot
- Pohjavesinäytteiden ottoaikataulu ja näytteistä tehtävät analyysit

- Pohjaveden pinnankorkeuden mittausohjelma
- Tulosten dokumentointitapa ja toimittaminen (toimitusaikataulu ja jakelu). (Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto 2014, 3.)

Tarkkailuputket tulee asentaa siten, että ne eivät pääse vaurioitumaan töiden aikana ja sellaisiin kohtiin, missä ne ovat käytettävissä myöhemminkin kiinteistön käytön aikana. Rakennusvalvontavirasto harkintansa mukaan pyytää ympäristökeskukselta tai/ja kiinteistöviraston geotekniseltä osastolta lausunnon. (Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto 2014, 3.)

3.6 Esimerkki pohjaveden huomioinnista ja hallinnasta

Tässä käytetään esimerkkinä tämän työn tekijän oman rakennus työmaan pohjaveden hallintasuunnitelmaa, joka auttaa havainnollistamaan, minkälainen pohjaveden hallintasuunnitelma voi esimerkiksi olla. Tutkimuskohteena on Kurikan terveyskeskuksen tontti Mäkitien varrella. Tontille on suunniteltu rakennettavaksi Kurikan SOTE-keskuksen laajennukset, jotka sijoittuvat nykyiseen rakennukseen liittyvinä sen itä- ja länsipuolille. Lisäksi tontille on rakennettu väliaikainen perhekeskuksen väistötilarakennus, jonka perustamisselvitys on tehty erillisenä.

Vanha terveyskeskus on rakennettu 1970-luvun lopussa ja sen rakentamisen yhteydessä on silloisen pohjatutkimuslausunnon mukaan tietoisesti alennettu pohjavettä sekä työnaikaisesti että pysyvästi rakennuksen kellarillisen osan kohdalla. Pohjaveden alennus on tehty työnaikana ojitamalla rakennuspohjan ympäristö ja pysyvä alentaminen on tehty rakennuksen salaojilla.

Uusien laajennusten lattiatasot liittyvät vanhoihin lattiatasoihin, mikä yhdessä kasvaneiden kerroskorkeusvaatimusten ja esteettömyyteen pyrkimisen kanssa johtavat siihen, että suunniteltujen laajennustenkin lattiatasot ovat melko lähellä vallitsevia pohjaveden pinnan tasoja.

3.6.1 Pohjaveden pinnan havaitut tasot

Terveyskeskuksen vanhassa 1970-luvun pohjatutkimuksessa havaittiin elokuussa 1978 pohjavesipintoja taulukon 1. mukaisesti.

Taulukko 1. 1978 Havaitut pohjavesipinnat

Piste 9	Piste 21	Piste 22	Piste 24	Piste 26	Piste 33	Piste 36
+58,27	+58,54	+57,34	+60,48	+57,78	+58,60	60,87

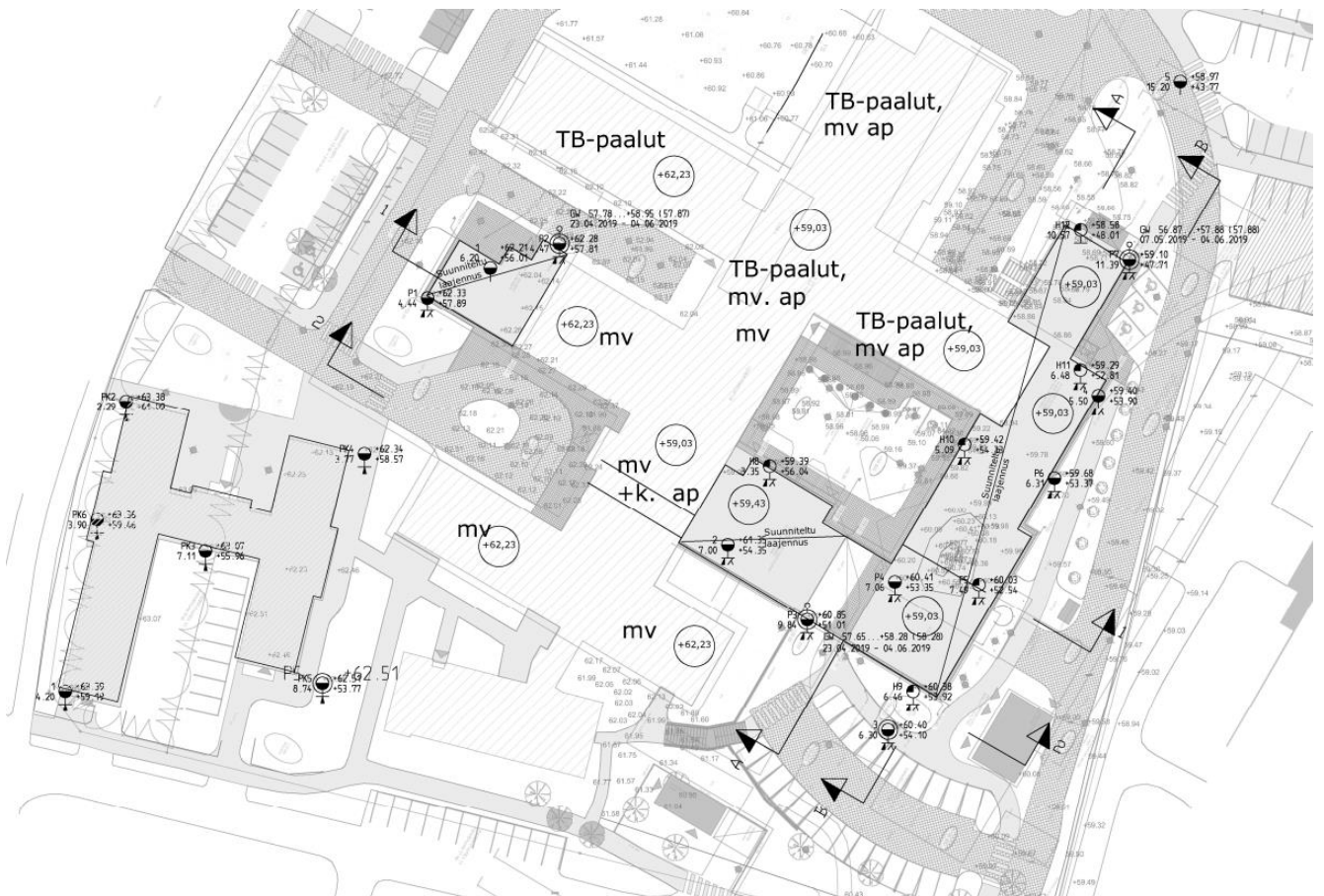
Näistä pisteet 26 ja 9 osuvat vanhan terveyskeskuksen kellarillisen osan kohdalle ja 21 suunnitellun suuremman laajennusosan kohdalle. Huomioitavaa on myös, että piste 24 (jossa vesipinta on huomattavan ylhäällä) on melko lähellä sekä vanhaa kellarillista terveyskeskuksen osaa että uutta laajennusta. Pohjavesiputkien tarkemmat sijainnit löytyvät vuoden 1978 pohjatutkimuskartasta 600 764/1B.

Laajennuksia varten vuoden 2019 kesäkuussa tehdyissä pohjatutkimuksessa havaittiin kolmesta asennetusta pohjavesiputkesta vesipinnan tasaantumisen jälkeen taulukossa 2. olevia vesipintoja.

Taulukko 2. 2019 Havaitut pohjavesipinnat

Piste 2, pienemmän laajennuksen kohdalla	Piste 3, isomman laajennuksen lounaispäässä	Piste 7, isomman laajennuksen koillispäässä
+58,95	+58,28	+57,88

Pohjavesiputkien tarkemmat sijainnit löytyvät pohjatutkimuskartasta 1510043020–1. (Kuvio 6.) Sekä uusien että vanhojen havaintojen arvioinnissa on syytä huomioida, että kyseessä ovat olleet lyhytaikaiset seurannat ja että osa havaituista vesipinnoista voi olla orsivesipintoja.



Kuvio 6. Pohjatutkimuskartta 1510043020–1.

Näiden vanhojen ja uusien pohjavesitietojen perusteella vaikuttaisi että:

- Kellarittomat osat sekä olevista että suunnitelluista rakennuksista/laajennuksista/väistöiloista ovat rakenteiltaan nykyisen pohjavesipinnan yläpuolella. Ne on mahdollista kuivattaa lähes kokonaan myös perustusten osalta ilman pohjavesivaikutuksia.
- Vanhojen kellarillisten tilojen salaojitus on suurelta osin tehty aiemmin vallinneen pohjavesipinnan alapuolelle, etenkin rakennuksen koillispäädyssä (jossa on alimmat salaojat ovat tason +57 alapuolella) ja toisaalta kellarillisen osan lounaispäädyssä, jossa pohjaveden pinta on muuta rakennuspohjaa ylempänä.

- Vanhojen kellarillisten tilojen salaojituksen toimivuus on vanhojen tilojen kannalta erittäin tärkeää ja perusteita salaojitusasteen laskemisellekin on, koska nykyiset salaojat eivät sijaitse nykyohjeiden mukaisella syvyydellä suhteessa rakenteisiin. Myöskään ei ole varmuutta, että vanhojen perustusten yläpinnassa olisi rakenteellista kapillaarikatkoa.
- Uuden lattiatasoon +59,03 tehtävän laajennuksen lattiatasot ovat vain vähän pohjavesipinnan yläpuolella, jolloin sen rakentaminen tavanomaisin rakentein vaatii luotettavat kuivausrakenteet, joilla voi olla pohjaveden pintaa alentava vaikutus.

3.6.2 Alueen pohjasuhteet

SOTE-keskus sijoittuu kohtaan, jossa pohjasuhteet muuttuvat kohtuullisista huonoiksi. Karkeasti arvioiden perusmaa muuttuu perustamisominaisuuksiltaan vaativaksi luonnollisen maanpinnan korkeuskäyrien +59 ja +60 välisellä alueella ja heikkenee edelleen siitä itään ja alarinteen suuntaan siirryttäessä. Maasto laskee itään kohti Kyrön jokea.

Perusmaassa ei vielä SOTE-keskuksen kohdalla ollut maanäytetietojen perusteella sulfaattimaiden ominaisuuksia, mutta lähempänä Kyrön jokea myös vesipinnan laskemiselle monella tapaa herkkiä sulfaattimaita voi esiintyä.

3.6.3 Lähialueen olevat rakenteet ja niiden herkkyys pohjaveden laskulle

Nykyinen terveyskeskus on osittain perustettu TB-paaluille ja osittain maanvaraan. Sen maanvaraiset rakenteet sijoittuvat kohtuullisiin pohjasuhteisiin. Samoin on todennäköistä, että SOTE-keskuksen länsipuolella olevat rakennukset ovat vähintään kohtuullisissa pohjasuhteissa.

Sen sijaan rakennuksen itäpuolella olevat rakennukset ovat huonoissa ja painumaherkissä pohjasuhteissa, näistä lähimmät ja merkittävimmät ovat:

- Kurikan palveluasuntojen rakennukset vuodelta 1984.
- Palvelukeskus Kurikan Hirvinummi vuodelta 1997.
- Hoivakoti Enckelinpuisto vuodelta 2013.

Näistä rakennuksista Palvelukeskus Kurikan Hirvinummi on rakennuslupakuvien perusteella perustettu todennäköisesti maanvaraiselle reunavahvistetulle laatalle. Mistään rakennuksesta ei ollut käytettävissä rakennuskohtaista pohjatutkimusta. Pohjasuhteiden arviointi perustuu Kurikan kunnan noin 1950-luvulla tekemiin painokairauksiin. Muita huomioitavia rakennuksia/rakenteita ovat ainakin läheiset pientalot ja alueen itäosan infrarakenteet, kuten maanvaraiset putkistot.

3.6.4 Pohjaveden huomiointi rakentamisessa

Pohjarakenteiden suunnittelussa on ollut tavoitteena minimoida pohjavesivaikutukset niin rakennuksen rakentamisen kuin käytönkin aikana ja toisaalta huolehtimaan rakenteiden luotettavasta kuivatuksesta. Myös olevan rakennuksen kuivatusta on yritetty parantaa. Näihin on pyritty seuraavin ratkaisuin:

- Lattiatasojen nostaminen mahdollisuuksien mukaan.
- Pitämällä perustamistasot suhteessa lattiaan mahdollisimman ylhäällä
- Valitsemalla alimmaksi kuivatettavaksi rakenteeksi sokkelin alareuna anturoiden sijaan (anturoiden yläpinnassa rakenteellinen kapillaarikatko
- Rakennuksen salaojitus tehdään tiheällä salaojituksella ja gravitaatiotoimisena.
- Valitsemalla salaojien kaadot myötäilemään vallitsevaa pohjavesipinnan laskusuuntaa
- Hissisyvennyksiä ei täysin kuivateta, vaan ne tehdään vesitiiviinä
- Rakennuksen kaivu tehdään pienipiirteisesti, eikä ylimääräistä kaivua suoriteta
- Pohjavettä alennetaan työnaikaisesti vain välttämättömissä määrin.
- Kaikkiin pohjavesipinnan alapuolisiin putkikanaaleihin tehdään savisulut.
- Pihan rakennekerrokset toteutetaan mahdollisimman ohuina, kantavuus ja routamitoitus huomioiden, käyttäen routaeristettyä rakennetta.
- Olevan terveystalouden salaojitusta saneerataan ja parannetaan, välttäen kuitenkin salaojituksen tasojen laskemista tarpeettoman syvälle.
- Lähikiinteistöt katselmoidaan ennen rakentamista

- Rakentamisen aikana ja sen jälkeen tarkkaillaan olevista ja lisättävistä pohjavesiputkista pohjavesitasoja riskialttiimpien kiinteistöjen suunnalla. Riippuen perustamistapaselvityksien tuloksista, tehdään tarvittaessa myös siirtymätarkkailua.

3.6.5 Suunnitellun rakentamisen arvioitu vaikutus pohjaveden tasoon

Suunnitellut salaojat sijoittuvat osassa laajennuksia 0–0,8 m kohdiltaan mitattuja pohjavesipintoja alemmas. Kuitenkin verrattuna terveyskeskuksen vanhoihin alimpiin salaojiin, uudet salaojat ovat vähintään noin 800 mm ylempänä.

Pohjavesipinnat vaihtelevat luontaisesti huomattavasti. Lisäksi pitää huomata, että suurimmat ympäristövaikutukset ovat alimpien pohjavesitasojen alentumisesta, ei ylimpien tai keskimääräisten tasojen alentumisesta.

Kohteen kaltaisissa pohjasuhteissa, joissa perusmaan vedenjohtavuus on pääasiassa pieni, pohjaveden alentamisen vaikutus ei tyypillisesti leviä laajalle ja muutokset ovat hitaampia kuin karkearakeisissa maalajeissa. Samasta syystä myös pohjaveden pinnan alentaminen onnistuu rakennuksen kuivatuksen kannalta helpommin. Alueen länsi- ja lounaisosassa on myös karkeampia kerroksia, joissa voi olla voimakkaampaa vedentuloa ja häiriintymisherkkyttä.

3.6.6 Jatkotoimenpiteet

Arvioidaan, että pohjaveteen liittyvien erilaisten riskien vähentämiseksi olisi suositeltavaa tehdä seuraavat toimet:

- Lähikiinteistöjen katselmukset ja perustamistapa-/ pohjasuhdeselvitykset, erityisesti selvitettävä mahdolliset puupaalut.
- Pohjavesitarkkailun jatkaminen ja laajentaminen (lähikiinteistöt ja isomman laajennuksen lounaisreuna).
- Tulee harkita osan sadevesistä (etenkin kattovesien) imeyttämistä tontin alareunassa.

- Maarakentamisen aikana alueen pohjavesipintoja on seurattava ja tarvittaessa syvimpiä kaivantoja rajattava pontein tai järjestettävä korvaavaa veden syöttöä.
- Kaivutöiden aikana on tarkkailtava pohjaveden tasoa ja antoisuutta kaivannosta, erityisesti laajennuksen lounaisosassa.
- Olevan terveyskeskuksen salaojituksen ja liittyvien rakenteiden saneeraaminen.
- Tarvittaessa harkittava suhteessa pohjaveden pintaan alimpien rakenteiden tekemistä vedenpaine-eristettyinä.

4 POHJATUTKIMUS

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on selvitettävä rakennuspaikan pohjaolosuhteet rakennushankkeen suunnittelun yhteydessä rakennuspaikalla tehtävällä pohjatutkimuksella (A 17.6.2014/465).

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on selvitettävä, onko rakennuspaikan maaperä pilaantunut, jos alueella harjoitettu aikaisempi toiminta tai jokin muu syy on saattanut pilata maaperää tai maaperästä voi vapautua haitallisia aineita. (A 17.6.2014/465.)

Jos on odotettavissa, että rakentaminen voi aiheuttaa haitallisia muutoksia ympäristön luonnonolosuhteissa, maa- ja kalliopohjassa, pohjaveden virtauksessa, pohjavedessä tai rakennusalueen tai ympäristön rakennuksissa tai rakenteissa, on rakennushankkeeseen ryhtyvän selvitettävä muutosten vaikutukset. Haitallisten vaikutusten välttämiseksi on rakentamisen sekä tarvittaessa rakennuksen käytön aikana seurattava vaikutuksia rakennushankkeeseen ryhtyvän laatiman tarkkailuohjelman mukaisesti ja rakennettava tarvittaessa tarkkailumittausjärjestelmä. (A 17.6.2014/465.)

4.1 Ohje

Pohjatutkimukset ovat osa geoteknistä suunnittelua. Yleensä sen suunnittelee kyseessä olevan rakennushankkeen geotekninen suunnittelija yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10.)

Helppoissa kohteissa yleensä riittää vain maastokatselmus, jonka asiantuntija on ennakolta tehnyt. Sen perusteella tehdyt päätelmät kirjataan rakennuskohteen muihin suunnitelma- ja asiakirjoihin. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10.)

Rakennuspaikan kallio- ja maapohjan kuvaus-, tunnistamis- ja luokitusohjeet esitetään standardeissa SFS-EN ISO 14688-1, SFS-EN ISO 14688-2 ja SFS-EN ISO 14689-1. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10.)

Pohjatutkimuksiin liittyviä pohjavesimittauksia ja näytteenottomenetelmiä koskevat menetelmäkuvaukset kerrotaan standardissa SFS-EN ISO 22475-1. Suomessa eniten käytössä

olevia kenttäkokeita koskevia menetelmäkuvauksia esitetään standardissa SFS-EN ISO 22476-2 (heijarikairaus), standardissa SFS-EN ISO 22476-1 (sähköinen puristinkairauskoe), standardissa EN 22476-9 (siipikairaus) ja teknisessä spesifikaatiossa CEN ISO/TS 22476-10 (painokairaus). Menetelmäkuvauksiin kuuluvat kansalliset soveltamisohjeet kerrotaan standardin SFS-EN 1997-2 kansallisessa liitteessä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10.)

Rakennushankkeeseen nimetty geosuunnittelija on vastuussa pohjatutkimusten ohjelmoinnista, mihin kuuluu käyttöön otettavien tutkimusmenetelmien päättäminen ja tutkimuspisteiden määrän ja sijainnin suunnittelu. Geosuunnittelija valvoo pohjatutkimuksen etenemistä, se arvioi siitä saatuja tuloksia sekä tarvittaessa voi joutua täydentämään tutkimusohjelmaa sekä vastaa geoteknisestä suunnitteluraportista saaduista tuloksista. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10.)

Aikaisemmin rakennetuilla tonteilla pitää varautua rakentamisen aikana mahdollisesti ilmenyvien ympäristölle tai terveydelle haitaksi olevien aineiden aiheuttamiin jatko toimenpiteisiin, vaikka tällaisia haittoja olisi edes todettu ennen rakentamiseen ryhtymistä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10.)

Tontin, jolle ollaan rakentamassa, sen maaperän pilaantuneisuus täytyy tutkia, mikäli on aihetta edes epäillä, että aikaisemmin alueella vaikuttanut toiminta on aiheuttanut maaperään pilaantumista tai jos sen maaperästä on mahdollista, että sieltä voi vapautua haitallisia kaasuja. Maasta nousevien haitallisten aineiden siirtyminen rakennukseen, sen sallitut pitoisuus määrät riippuvat kyseessä olevan rakennuksen tai kiinteistön käyttötarkoituksesta. Jos kyseessä olevan maan pilaantuneita maa-aineita halutaan kaivaa, vaatii se aina lupapäätöksen toimivaltaiselta viranomaiselta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10–11.)

Jos käy ilmi, että maapohja sisältää pilaantunutta maa-ainesta tai että maapohjasta pääsee vapautumaan haitaksi olevia kaasuja, siitä täytyy ilmoittaa heti maanomistajalle, tilaajalle sekä toimivaltaiselle virkamiehelle. Pilaantuneiden maiden puhdistamisesta täytyy tehdä toimivaltaiselle virkamiehelle ilmoitus viipymättä. Maaperän puhdistustarpeen ja pilaantuneisuuden määrittely on kerrottu Valtioneuvoston asetuksessa 214/2007. Maaperän

puhdistusilmoituksen sisältöä ja puhdistamista koskee ympäristönsuojelulaissa (527/2014) luku 14. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018, 10–11.)

4.2 Tutkimukset

Tässä käytetään esimerkkinä tämän työn tekijän oman rakennustyömaan pohjatutkimusta, joka auttaa havainnollistamaan, minkälainen pohjatutkimus voi esimerkiksi olla. Tutkimuskohteena on Kurikan terveyskeskuksen tontti. Tontille on suunniteltu rakennettavaksi Kurikan SOTE-keskuksen laajennukset, jotka sijoittuvat nykyiseen rakennukseen liittyvinä sen itä- ja länsipuolille. Lisäksi tontille tulee väliaikainen perhekeskuksen väistötilarakennus, jonka perustamisselvitys on tehty erillisenä.

Suunniteltujen laajennusten kohdille tehtiin toukokuussa 2019 maaperätutkimuksina yhteensä 7 painokairausta ja 5 heijarikairausta maakerrosrakenteen, kerrosten suhteellisen tiiviyden sekä kovan pohjan sijainnin selvittämiseksi. Kolmesta tutkimuspisteestä otettiin 17 häiriintynyttä maanäytettä. Näytteistä määritettiin vesipitoisuudet ja niiden maalajit arvioitiin silmämääräisesti. Pohjavesiputki asennettiin 3 tutkimuspisteeseen. Pisteeseen P7:n näytteille tehtiin korroosiotutkimuksia.

Lisäksi tässä lausunnossa on hyödynnetty tontilla aikaisemmin tehdyn yleispiirteisen pohjatutkimuksen (Aluetaito Oy, joulukuu 2018) ja em. väistötilan tutkimuksen kairaus- ja mittaus tuloksia. Kairaukset ja alueen maastomittaukset tehtiin koordinaatistossa GK22 ja korkeusjärjestelmässä N2000. Tutkimukset on esitetty liitteenä olevissa pohjatutkimuspiirustuksissa.

4.3 Pohjaolosuhteet

Laajennukset sijoittuvat olevan terveyskeskuksen itä- ja länsipuolelle nykyiselle piha-alueelle, joka osittain on asfaltoitua liikennepihaa ja osittain viheraluetta. Alueella on kaapeleita ja kunnallistekniikkaa, joiden sijainnista ja siirtotarpeista on varmistuttava ennen kaivua muun muassa näyttöjen avulla. Maaperä on pääosin erittäin routivaa ja veden sekä tärinän vaikutuksesta herkästi häiriintyvää.

Länsipuolinen laajennus

Kellarittoman länsipuolisen pienemmän laajennuksen kohdalla maanpinnan korkeudet vaihtelevat tasovälillä +62,1 ... +62,4.

Perusmaa melko ohuiden vanhojen täyttöjen ja pintamaakerrosten alla vaihtelee siltistä laihaan saveen. Tämä kerrostuma ulottuu noin kahden metrin syvyyteen maanpinnasta. Savi-silttikerroksen alla on löyhä, noin 1,5 metrin paksuinen välikerros, joka maalajiltaan vaihtelee savisesta siltistä hienoainespitoiseen moreeniin. Syvemmällä maaperä on tiivistä moreenia. Tiiviin moreenin päällä olevien kerrosten paksuus kasvaa hieman itään päin siirryttäessä.

Tiiviissä moreenikerroksessa kairaukset ovat tunkeutuneet 1...3 metriä päättyen 4,4...6,2 metrin syvyydessä tasovälillä +56,0...+57,8 todennäköisesti moreenikerroksen kiviin.

Pohjaveden pinta oli vesipinnan tasaantumisen jälkeen pisteessä P2 tasolla +58,95. Tämä taso on lähellä nykyisen rakennuksen kellarikerroksen lattiatasoa.

Itäpuolinen laajennus

Terveyskeskuksen itäpuolelle suunnitellun suuremman kellarillisen laajennuksen kohdalla maanpinta laskee terveyskeskuksen lähellä pohjoiseen tasovälillä +61,4...+59,4. Laajennuksen itäisen osan kohdalla maanpinta laskee lounaasta koilliseen tasovälillä +60,4...+58,6.

Maan pintakerroksena on täyttöä, joka väylien kohdalla on rakennekerroksia ja viheralueilla humusta ja kasvualustaa. 0,5...1,5 metrin paksuisen täytön alla on liejuisesta siltistä laihaan saveen koostuva pehmeä kerros, joka ulottuu yleensä noin 2,5...3,5 metrin syvyyteen maanpinnasta ja koillispäädyssä 5...6 metrin syvyyteen. Sen alla on silttinen ja hiekkainen löyhä välikerros, jonka paksuus on yleensä 2...3 metriä.

Pohjakerroksena on keskitiiviistä hyvin tiiviiseen vaihtelevaa moreenia, jossa kairaukset ovat tunkeutuneet 1...4 metriä osan päättyessä moreeni kerroksen pintaosaan heti löyhän

kerroksen alapuolella. Kairaukset ovat ulottuneet yleensä tasovälille +51...+54 ja koillispäädyssä tasolle +47,7...+48,0.

Pohjaveden pinta oli vesipinnan tasaantumisen jälkeen pisteessä P3 laajennuksen lounais-sivustalla tasolla +58,3 ja pisteessä P7 laajennuksen koillispäädyssä tasolla +57,9 eli noin 0,7-1,1 metriä nykyisen +59,03 ja tulevan kellaritason +58,63 alapuolella.

4.4 Rakennusten perustaminen

Länsipuolinen laajennus voidaan perustaa maanvaraisesti 500 mm murskearinan KaM 0/31–56 tai tätä paksumman massanvaihdon varaan. Arvioidut kaivutasot on esitetty leikkauksessa 1–1, mutta niitä on hyvä tarkentaa lisäkairauksin. Kaivusta tulee laatia oma suunnitelmansa.

Massanvaihdolla poistetaan vanhat täytöt, eloperäistä ainesta sisältävät kerrokset ja löyhät/liejuiset savi-/silttikerrokset. Koska kaivutasojen alapuolelle jää ainakin laajennuksen olevan rakennuksen puoleisessa reunassa koheesiomaata/silttiä, tulee pieniin painumiin varautua etenkin laajennuksen olevan rakennuksen puoleisessa reunassa. Painumat tapahtuvat kuitenkin melko nopeasti ja lähinnä täyttöjen vaikutuksesta. Massanvaihto tulee suorittaa olevien rakenteiden vieressä lamelleittain/tuetussa kaivannossa olevien ylös perustettujen rakenteiden läheisyydessä.

Perustusten kantokestävyyden mitoitusarvona voidaan alustavasti käyttää arvoa $Q_{mit} \leq 120$ kN/m², kun rakennus perustetaan edellä mainittujen kerrosten varaan, perustamissyvyys on vähintään 0,6 m ja anturan leveys vähintään 0,5 m.

Itäpuolisen laajennuksen kohdalla ja etenkin sen koillisosassa perustamisolosuhteet ovat huonot, eivätkä mahdollista maanvaraista perustamista, koska rakennuksen kuormituksesta aiheutuisi suurehkoja painumia ja painumaeroja. Tämän vuoksi esitetään laajennuksen perustamista tukipaaluille.

Paaluina suosittelemme käyttämään teräspalkkipaaluja RR(S)140/10 ja Laajennuksen koillisen puoleisessa osassa RR(S)170/10. Arvioidut paalupituudet on esitetty

tutkimusleikkauksissa. Jos halutaan käyttää pienempiä paaluja, tulee niiden asennuksen aikainen kestävyys varmistaa koepaalutuksin. Paalut tulee betonoida ja niiden suunnittelussa käytettävän korroosiovähennyksen olla vähintään 2 mm.

Ennen paalutusta on läheisten rakenteiden ja rakennusten mahdolliset värinäherkät laitteet eristettävä paalutustärinältä. Läheisissä rakennuksissa on suoritettava katselmukset ennen ja jälkeen paalutuksen. Paalutus tulee suorittaa paalutustyöluokan 2 vaatimusten mukaisesti valmistajan loppulyöntiohjeita noudattaen. Paalut tulee varustaa kalliokärjin.

Paalutus suoritetaan Paalutusohjeen (PO-2016) mukaisesti. Paalutus suositellaan suoritettavaksi nopealyöntisellä hydraulivasaralla ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Paalutuksesta pidetään täydellistä pöytäkirjaa PO-2016 mukaisesti.

Paalujen ja ympäröivien rakenteiden sijaintia tarkkaillaan urakoitsijan toimesta koko paalutuksen ajan X-, Y- ja Z-suunnassa. Kaikkien paalujen sijainti mitataan välittömästi lyönnin ja uudelleen paalujen katkaisun jälkeen ennen anturoiden valamista. Tuloksia verrataan toisiinsa eikä anturoita/paaluja saa valaa ilman valvojan lupaa, mikäli siirtymiä on todettavissa.

Tutkimusleikkauksiin on piirretty arvioidut teräsputkipaalujen tunkeutumissyvyyydet. Tehdyillä puristinheijari-/painokairauksilla ei ole varmistettu kalliopinnan tasoa, joten tunkeutumistasot voivat poiketa suurestikin arvioidusta.

Paalutusalueeksi tulee tehdä vähintään 500 mm paksuinen tiivistetty sora-/murskearina. Ennen paalutusta on lähellä olevat rakennukset ja rakenteet katselmoitava. Paalutuksen aikana on tehtävä värinämittauksia jatkuvasti mittaavalla ja tallentavalla värinämittarilla. Värinän raja-arvoina voidaan käyttää RIL 253-2010 "Rakentamisen aiheuttamat värinät" mukaisia raja-arvoja. Viereisen rakennuksen, läheisten rakenteiden, esimerkiksi viemäreiden osalta suoritetaan myös jatkuvaa siirtymätarkkailua. Siirtymämittausta tulee jatkaa vielä kaksi viikkoa paalutuksen loppumisesta.

Ennen varsinaista paalutustyötä tehdään koepaalutus paalupituusarvioiden tarkistamiseksi, koska kairausten perusteella kovan pohjan sijainti on vaihteleva. Koepaaluina lyödään vähintään 8 paalua eri puolille rakennusta.

Paalutus ja mahdollisten tukiseinien asennus aiheuttaa huokosvesipaineen nousua maakerroksissa ja painumia/siirtymiä ympäristössä. Etäisyys, jolla merkittäviä painumia tapahtuu, on yleensä noin 0,5–1,0 x paalun pituus. Paalutuksessa on tarvittaessa pidettävä taukoja ja paalutusta on jaksotettava eri osille rakennusaluetta huokosvesipaineen alentamiseksi.

Perusmaan häiriintymistä on vältettävä huolehtimalla pintavesien ohjauksesta rakennuskaivannon ohi, tekemällä ensimmäiset täytöt välittömästi kaivun ja suodatinkankaan N3 levittämisen jälkeen ja välttämällä kaivutasojen päällä liikkumista. Häiriintynyt tai jäänyt maa tulee kaivaa pois perustusten alapuolelta ja korvata tiivistetyllä mursketäytöllä. Kaikki routimattomista materiaaleista tehtävät täytöt erotetaan routivasta perusmaasta kuitukankaalla N3, metrin limityksellä.

4.5 Alapohjarakenteet ja putkijohdot

Alapohjat voidaan tehdä kellarittoman laajennuksen osalta maanvaraisena massanvaihtotäytön varaan. Massanvaihto tehdään perustusten vaatimien massanvaihtojen yhteydessä vastaavilla materiaalivaatimuksilla. Perustäytön pinnalle levitetään ja tiivistetään tasausmurskekerros (# 0...32 mm, paksuus n. 200 mm) sekä salaojituskerros (salaojasora tai sepele 6/8...16 mm, paksuus vähintään 300 mm).

Koska kellarillisen laajennuksen osalla erityisesti itä- ja koillisreunoilla pohjasuhteet ovat huonot ja pehmeiden kerroksien vuoksi maanvaraan perustettaessa tulisi muodostumaan painumia ja painumaeroja, esitetään alapohja toteutettavaksi kantavana rakenteena.

Alapohjan alustäytön alle asennetaan ensin kuitukangas (käyttöluokka N3), jonka päälle levitetään ja tiivistetään mursketasauskerros (# 0... 32 mm, paksuus n. 200 mm) sekä salaojituskerros (salaojasora tai sepele 6/8...16 mm, paksuus 300 mm) kuten läntisen laajennuksen kohdalla.

Putkijohdot voidaan perustaa häiriintymättömän perusmaan varaan vähintään 300 mm paksun murskesora-arinan välityksellä (# 0...16 mm). Arina ja alkutäyttö tulee erottaa perusmaasta kuitukankaalla N2. Putkijohtojen alapuolelle ei saa jättää eloperäistä ainesta. Syviin

kanaaleihin, jotka saattavat ulottua pohjavesipinnan alapuolelle, tulee tehdä savisulut (pohjaveden alentumisen estäminen).

4.6 Piha-alueet ja piharakennukset

Piha-alueiden rakennekerrokset voidaan perustaa perusmaan varaan vanhojen täyttöjen ja eloperäisten pintamaiden poiston jälkeen. Asfaltoitavien piha-alueiden päällysrakennekerrokset ehdotamme tehtäväksi seuraavan taulukon 3. mukaan:

Taulukko 3. Päällysrakennekerrokset.

Päällyste:	Asfaltti AB 16/120	Kerrospaksuus 50 mm
Kantava kerros:	Murske #0–32 mm	Kerrospaksuus 200 mm
Jakava kerros:	Murske #0–62 mm	Kerrospaksuus 300 mm
XPS-eriste:	F300	Paksuus 50 mm
Suodatinkerros:	Hiekka	Kerrospaksuus 300 mm
Kuitukangas:	N2 lujuusluokka	
Yhteensä:		Kerrospaksuus 900 mm

Rakennekerrosten materiaalien (myös uudelleen käytettävien vanhojen kerrosrakenteiden) tulee täyttää RIL 132-2000 vaatimukset. Kaikki routimattomista materiaaleista tehtävät täytöt erotetaan perusmaasta tai hienoainespitoisista täytöistä kuitukankaalla N2. Täytöt tehdään kerroksittain huolellisesti tiivistäen.

Putkikaivannot, seinänvierustat, sisääntulo- ym. epäjatkuvuuskohdat tehdään routivuusominaisuuksiltaan ympäristön kanssa mahdollisimman samankaltaisiksi loiventamalla routanousuja siirtymäkiiloin (kaltevuus 1:5 tai loivempi, siirtymäkiilasyvyys 1,6 m). Siirryttäessä lämpöeristetyltä alueelta eristämättömälle alueelle voidaan siirtymäkiila korvata eristepaksuutta portaittain ohentamalla vähintään 2,5 m:n matkalla.

4.7 Kaivuu, salaojitus, kuivatus ja routasuojaus

Kaikki vanhat täytöt, rakenteet, eloperäiset maalajit ja vanhat pintamaakerrokset tulee kaivaa pois rakenteiden alapuolelta. Kaivutasoja tulee katselmoida töiden aikana. Perusmaan häiriintymistä tulee välttää pitämällä kaivannot kuivina sekä tekemällä ensimmäiset täytöt välittömästi kaivun ja suodatinkankaan levittämisen jälkeen. Myös ylisyväksi kaivua tulee

välttää toimittaessa pohjavesipinnan läheisyydessä. Lisäksi tulee huolehtia siitä, ettei ympäristöstä pääse valumaan pintavesiä kaivantoon.

Rakennus ja piha-alueen rakennekerrokset salaojitetaan. Alapohjien alle sekä perusmuurin/seinän vierelle tehdään vähintään 300 mm paksu/leveä salaojituskerros, jonka tulee täyttää rakeisuudeltaan salaojasoran/kapillaarikatkon 1a ohjealueen vaatimukset. Salaojituskerros pitää erottaa perusmaasta ja hienoainespitoisista täytöistä suodatinkankaalla.

Salaojien tasojen valinnassa tulee etenkin kellarillisen laajennuksen osalta ottaa huomioon nykyisen rakennuksen salaojitus ja se, ettei pohjaveden pintaa alueella saa laskea. Pohjaveden pinnan laskeminen voisi johtaa paitsi rakennettavien laajennusten, myös esimerkiksi nykyisen terveyskeskuksen maanvaraisten rakenteiden painumiin.

Pintavesien johtamiseksi laajennusten seinustoilta tulee pihamaat kallistaa pois päin rakennuksesta vähintään kaltevuuteen 1:20 ja vähintään kolmen metrin matkalta. Pintavedet tulee ohjata hallitusti sadevesijärjestelmään tai maastoon viranomaisten määräysten mukaisesti.

Sade- ja kattovedet viemäroidään erilliseen sadevesijärjestelmään tai maastoon viranomaisten ohjeiden mukaisesti. Ylärinteestä (länneestä) valuvat vedet tulee johtaa hallitusti rakennusalueen ohi ojilla tai muuten pinnanmuotoiluilla. Perusmaa on pääosin routivaa. Rakennusten ja rakenteiden perustukset routasuojataan noudattaen routasuojausohjetta.

4.8 Jatkotoimenpiteet ja ympäristön huomioiminen

Hankkeen jatkosuunnittelussa ja rakentamisessa on otettava huomioon mm. seuraavia maarakennustöihin liittyviä asioita:

- Rakennuksen ja piha-alueiden korkeusasemat ja niiden vaikutukset maaleikkauksiin, pohjavesipintaan, täyttötöihin sekä liikennöintiin.
- Rakennusten sijoittelu ottaen huomioon nykyiset maanalaiset rakenteet.
- Kaivuluiskat sekä kaivantojen tuentatarve.
- Työnaikainen kaivantojen kuivana pito sekä rakennuksen ja pihojen kuivatusrakenteet.
- Paalutustyön vaatimukset ja paalupituuksien tarkistaminen.
- Täyttötöiden materiaali- ja tiiviysvaatimukset.
- Maaperän mahdollisen pilaantuneisuuden tarkkailu kaivutyön aikana; puhdistustarpeen ja toimenpiteiden määrittely tarvittaessa.

Tätä perustamisselvitystä esitetään täydennettäväksi mm. seuraavasti:

- Mahdolliset täydentävät maaperätutkimukset, kalliopinnan ja pohjavesipinnan tarkempi selvittäminen.
- Lisätutkimustulosten täydentäminen tutkimuspiirustuksiin.
- Kaivusuunnitelma (leikkauspiirustuksien täydentäminen kaivurajoin).
- Paalupituusarvion tarkistaminen koepaalutustietojen perusteella.
- Rakennusselostuksen maarakennustöiden osuuden laatiminen.

Pohjaveden pintaa ei lähtökohtaisesti saa alentaa edes työnaikaisesti. Ennen töiden aloitusta on läheiset rakennukset katselmoitava ja niiden perustamistavat selvitettävä. Maarakentamisen aikana alueen pohjavesipintoja on seurattava ja tarvittaessa syvimpiä kaivantoja rajattava pontein tai järjestettävä korvaavaa veden syöttöä. Paalutuksen yhteydessä on varauduttava riskiin paineellisesta pohjavedestä.

5 RAKENNUSTYÖMAALLA TEHTÄVÄT MAANRAKENNUSTYÖT

Rakennushankkeen aloitettua, rakennustyömaalla alkaa ensimmäisenä raivaus- ja maarakennustyöt. Raivaus- ja maarakennustyöt ovat työmaalla ensimmäisiä työvaiheita, joita työmaalle suunnitellaan ja aletaan tilaamaan töille tekijää. Rakennushankkeen toteuttajan kannattaisi olla jo tässä vaiheessa perillä rakennuttajan ja urakoitsijoiden välisistä velvollisuuksista, tarvittavista sopimuksista ja ehdoista sekä muista tämän kaltaisista asioista. Mikäli maarakennustöihin ryhdytään heikolla pohjalla oleviin tietoihin tai osaamiseen, voidaan joutua myöhemmin työmaan aikana tai jopa työmaan jälkeen riitatilanteisiin työn laadusta, laajuudesta tai korvauksista. (Palolahti 2010, 5.)

Täyttö- ja kaivutöissä tulee noudattaa sääntöjä, jotka on määrätty työturvallisuuslaissa sekä valtioneuvoston tekemässä päätöksessä, joka koskee rakennustyön yleistä turvallisuutta. Urakoitsijoiden välillä on oltava hyvä yhteistyö, joka on koordinoitua ja työmaan tiedonkulun järjestäminen on keskitetty yhdelle toimijalle (pääurakoitsija/ rakennuttaja/ tilaaja). Hankkeen toteuttamista suunniteltaessa, työturvallisuutta tulee edistää mm. tekemällä turvallisuusasiakirja, työturvallisuussuunnitelma, lähettämällä ilmoitus töiden aloituksesta työsuojelupiiriin sekä valitsemalla töihin aliurakoitsijat, joilla on hallussaan turvalliset työtavat. Myös urakkarajat sekä töiden ajoitus suunnitellaan niin, että ne tukevat työvaiheiden turvallista suorittamista. (Työsuojelu maa- ja vesirakennustöissä 2006, 36.)

5.1 Yleisten henkilösuojamien käyttö

Henkilösuojainten käyttämisellä on tarkoitus torjua vaaroja sekä niiden käyttäminen tulee perustua rakennustyömaalla tehtyyn ennakointiin haitta- ja vaaratekijöistä eri työvaiheissa. Työnantaja määrittää työn teossa tarvittavat suojaimet ja määrättyjä suojaimia on käytettävä tai sen laiminlyönnistä voi seurata työmaalta poistaminen. Henkilösuojainten valitsemiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta varmistetaan turvallisen, tarpeeksi suojaavan, mahdollisimman oikeankokoisen ja mahdollisimman miellyttävän suojaimen ostaminen. Myös täytyy huomioida suojaimen suojaustaso, käyttäjälle sopivuus, sopivuus työn luonteeseen sekä työpaikan olosuhteisiin, käyttämisen mukavuus, näkyvyys ulkopuolisille sekä turvallinen yhteiskäyttö muiden henkilösuojainten kanssa. Maanrakennusvaiheessa yleinen henkilösuojain on suojakypärä, siellä olosuhteet ovat sellaisia, että työntekijään voi kohdistua

osumia. Vaatetuksen on myös oltava asianmukainen, että rakennustyömaalla töissä olevat työntekijät pystytään tunnistamaan ulkopuolisista henkilöistä. Lisäksi työvaatetukselle asetetaan vaatimuksia mahdollisesti heikot valaistukset, työkoneiden lähellä työskentely ja liikenteen seassa työskenteleminen. Tällaisissa olosuhteissa on ensiarvoisen tärkeää tulla nähdyksi, joten selvästi erottuvien työvaatteiden käyttäminen on välttämätöntä. (Työsuojelun maa- ja vesirakennustöissä 2006, 36.)

5.2 Maarakennustöiden turvallisuus

Kaivutyö täytyy tehdä turvallisesti, siinä täytyy ottaa huomioon maan geotekniset ominaisuudet, luiskien kaltevuudet, kaivannon kuormitus ja syvyys sekä vedestä ja liikenteen tärinästä aiheutuvat vaaratekijät. Kaivantosortumat ovat vakavia riskejä sekä kaivantosortumat aiheuttavat vakavia tapaturmia ja voi aiheuttaa vakavia vammoja. Kaivannon seinämät on tuettava, mikäli luiskaaminen tai porrastaminen ei riitä tai ei ole mahdollista. Ainoastaan luotettavan selvityksen perusteella kaivannon työturvallisuus saadaan toteuttaa luiskaamalla tai porrastamalla kaivannon reunamat. (Palolahti 2010, 41.)

Sortumisen aiheuttaman tapaturman vaaran välttämiseksi on tarvittaessa ryhdyttävä erityisiin turvallisuustoimenpiteisiin sateen, kuivumisen tai roudan sulamisen johdosta. Tällä tavoin on toimittava myös, jos kaivetaan eloperäisiä tai hienorakeisia maalajeja tai kaivetaan yli kahden metrin syvyydestä, kaivetaan kapeaa kaivantoa tai kun kaivannon läheisyydessä ollaan suorittamassa tärinää aiheuttavaa työtä esim. tiivistystä tai silloin jos kaivannon läheisyydessä kulkee raskasta ajoliikennettä. Kaivutyötä tehtäessä rakennuksen tai rakennelman alapuolella tai sen vieressä täytyy ryhtyä tarpeellisiin tukitoimenpiteisiin, että vältetään rakennuksen sortumiselta. (Palolahti 2010, 41.)

Kaivutöiden työturvallisuus varmistetaan sillä, että tehdään suunnitelma ja rakennetaan kaivanto huolellisesti suunnitelman ja kuvien mukaan. Kaivannon suunnittelua ja rakentamista voi hankaloittaa mm. vaihtelevat tai vaikeat pohjaolosuhteet, korkealla oleva orsi- tai pohjavesi, niiden alentamisesta aiheutuneet ympäristöriskit, kaivannon syvyys ja mahdolliset lähellä olevat muut rakenteet, kaivannon läheisyydessä vaihtuvat kuormitustekijät mm. kaivumassojen läjitys kaivannon viereen, liikenteestä aiheutuva tärinä sekä kuormitus ja

lämpötilavaihtelusta eri vuodenaikoina sekä työkoneille on jätettävä työntekoa varten riittävän iso tila. (Työsuojelu maa- ja vesirakennustöissä 2006, 36–37.)

Työmaalla kaapelivedot tulee suojata hyvin liikenteeltä, jotta ne ei pääse vaurioitumaan. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota eristämättömiin kaapeleihin, joita ei pystytä siirtämään tai niitä ei saada jännitteettömiksi. Ilmassa vedetyt kaapelit tulee myöskin ottaa hyvin huomioon suojaetäisyyksien johdosta taulukon 4. mukaisesti. (Työsuojelu maa- ja vesirakennustöissä 2006, 37.)

Taulukko 4. Suojaetäisyydet.

Nimellisjännite	Vähimmäisetäisyys m	Vähimmäisetäisyys m
kV	Avojohto	Riippujohto
≤1	2	0.5
1–54	3	1.5
110	5	-
220	5	-
400	5	-

Työkoneiden työskentelyn läheisyydessä olevat kaapelit ja ilmassa vedetyt johdot täytyy merkitä maastoon, että työkoneen kuljettajan voi havaita ne helpommin. Matalalla

vedettyihin ilmajohtoihin täytyy käyttää merkitsemisessä erityisen tarkkaa huolellisuutta, sillä niihin on työkoneen paljon helpompi osua. (Työsuojelu maa- ja vesirakennustöissä 2006, 37.)

5.3 Kaivuu ja kuljetus

Yleisesti ottaen maan kaivaminen on nopeampaa verrattuna maiden kuljetukseen maankaatopaikalle. Tästä johtuen maamassojen pois ajamiseen täytyy varata useampia kuorma-autoja, että kaivinkone ei joutuisi odottamaan autoja turhan takia. Kuorma-auton kyytiin voi mahtua noin 10–16 m³ irtomaata riippuen kuorma-auton koosta sekä sen kantavuudesta. Kuorma-auton täyteen lastaamiseen menee kaivinkoneella noin viisi minuuttia, mikäli kova maa keritään irrottamaan valmiiksi tai maalaji on pehmeää ja täten helppo kaivaa. Kuljettamiseen menee yleensä 15–60 minuuttia. (Palolahti 2010, 28.)

Erilaiset maalajit voivat olla kaivettavuudeltaan hyvin erilaisia. Esimerkiksi vaikkapa tiiviin moreenimaan kaivaminen on suunnilleen 30–40 % hitaampaa verrattuna siltin tai saven kaivamiseen. Mutta jos savi on oikein vetistä, se todennäköisesti hidastaa kaivamista sekä se ei yleensä kannata työkoneiden painoa. Kaivinkoneen suuruus täytyykin valita sopivaksi kaivutyön määrän sekä maalajin mukaan oikein, jotta kaivutyö saadaan tehtyä mahdollisimman tehokkaasti. (Palolahti 2010, 28.)

Maa-aineksen vieminen maankaatopaikalle maksaa ja maankaatopaikka veloittaa maa-aineksesta maalajin mukaan. Jos maa-aines on käyttökeltovotonta, sen vieminen kustantaa kaikkein eniten. Maa-aineksista täytyy myös maksaa jäteveroa. Esimerkiksi saven maankaatopaikkamaksut voivat nousta korkeammiksi, mitä saven kuljetus kaatopaikalle ja sen kaivaminen yhteensä. Maa-ainesten vastaanottomaksut saa selvitettyä vastaanottopisteistä sekä kannattaa yleensä myös selvittää, olisiko lähialueella sopivasti työmaita, joidenka pohjien täyttöihin tarvitaan maa-ainesta. Tällä tavalla voit parhaiten säästää vastaanottomaksuissa. (Palolahti 2010, 28.)

Maankaivaminen sekä täyttäminen saadaan oikeaan korkoon vaatuskonetta tai erilaisia lasereita apuna käyttäen. Tontilla olevista korkomerkeistä saadaan helposti mitattua korkeuksia tasolaserilla. Kaupungin oma mittamies tuo tontille korkomerkin samalla kertaa, kun se

tulee merkkamaan nurkkapisteet. Kaivinkoneissa voi olla myös lisävarusteita, jotka näyttävät kuskille, missä korossa kaivurin kauha kaivaa ja liikkuu. Tämä helpottaa kaivamista ai-noastaan piirustusten korkeuteen ja sen ansiosta liikakaivua ei tapahdu. Se säästää samalla myös apumiehen töitä, kun sen ei tarvitse erikseen mitata kaivussyvyyttä kokoaikaa. (Palolahti 2010, 29.)

Talvisin maanrakennustöissä käytetään solumuovista valmistettuja pakkas- ja routamattoja, joilla estetään maapohjan jäätyminen. Jäätyneiden maakerrosten päälle ei saa koskaan tehdä perustuksia eikä täyttöjä. Jäätyneet maakerrokset täytyy ensin sulattaa tai vaihtaa ei jäätyneeseen maa-ainekseen. (Palolahti 2010, 29.)

5.4 Louhintatyö

Louhintaa ennen täytyy tehdä lähiympäristön katselmus, jonka perusteella määrätään tärinä raja-arvot, joita ei saa ylittää louhintatöitä tehdessä. Tärinämittareista, jotka on asennettu ennen louhinnan alkamista, tarkastetaan räjäytysten ja louhinnan jälkeen, että määrättyissä raja-arvoissa on pysytty. Louhinta- ja räjäytystyötä varten täytyy nimetä yksi henkilö, joka on räjäytystyön johtaja. Louhintaurakoitsijalla, räjäytystyön johtajalla ja panostajalla täytyy olla kaikilla riittävät pätevyydet omiin työ tehtäviinsä. Louhintaurakoitsijaa veloitetaan informoimaan viranomaisia, tekemällä ilmoitukset melu-, pöly- ja räjäytystöistä ennen louhintatöiden aloitusta. (Palolahti 2010, 30.)

Louhintaa ennen kallion pinta täytyy kaivaa esiin ja puhdistaa sen jälkeen mahdollisimman tarkasti. Normaalisti murskaamot ottavat louheen ilmaiseksi vastaan, vasta kun louheen koko on alle 1 m³ sekä louhe täytyy olla puhdasta muista maa-aineksista. Louhintatyö tehdään poraamalla kallioon reiät, jotka panostetaan räjähteellä, ja sen jälkeen peittämällä räjäytettävä alue yleensä autorenkaan kumeista tehdyillä matoilla. Kun alue on peitetty tarvittavalta alueelta, täytyy ympäristöä varoittaa äänimerkein, jonka jälkeen voidaan räjäyttää panostettu alue. (Palolahti 2010, 30.)

5.5 Täyttötyö

Yleensä täyttömateriaaleina käytetään luonnonmateriaaleja, jotka ovat routimattomia mm. murskaamalla kalliosta valmistettuja louheita ja kiviaineksia, jotka sopivat kohteen rakeisuuden ja vedenläpäisevyysvaatimusten puolesta. Piha-alueilla voidaan suunnitelmien mukaan käyttää esimerkiksi myös routivia maamateriaaleja, mikäli kantavuusvaatimuksia maalle ei ole annettu. Teollisuuden sivutuotteita ja uusiomateriaaleja esimerkiksi betonimursketta, tuhkaa ja masuunihiekkaa saa käyttää, mikäli suunnitelmissa niin kerrotaan sekä käytölle täytyy olla ympäristökelpoisuuslupa. (Palolahti 2010, 31.)

Mikäli kiviainesta ei ole pesty tai seulottu, siinä todennäköisesti on mukana hienoainesta. Hienoaines nostattaa kiviaineksessa vettä kapillaarisesti ylöspäin. Kapillaarinen nousu voi olla hienoaineksessa jopa kymmeniä senttimetrejä. Alapohja voi siis olla kostea rakennuksessa, vaikka se olisi perustettu paksun murskekerroksen päälle. Tämän vuoksi täytyy aina rakennusten alla käyttää sellaista kiviainesta, josta hienoaines on poistettu joko seulomalla tai pesemällä. Tätä kutsutaan kapillaarikatkoksi. Kapillaarikatkon kerros paksuus on aina vähintään 200 mm, mutta yli 300 mm on suositeltavaa. Tällä tavoin varmistetaan alapohjan pysyminen kuivana. Myös salaojien päällä ja ympärillä sekä perusmuurin vierustalla käytetään kapillaarikatkoksi soveltuvaa salaojasoraa tai sepeliä. (Palolahti 2010, 31.)

Kiviaineksen raekoko kerrotaan nimessä. Esimerkiksi murske 6–16 meinaa, että raekoko on 6 ja 16 mm välillä. Yleensä pientalojen paksuimmissa täytöissä käytetään 0–100 mm, 0–64 mm tai 0–32 mm kiviainesta. Mikäli anturan alle laitetaan hienoainesta maata sisältävää kiviainesta esimerkiksi 0–32 sepeliä, niin pitää varmistaa veden pääseminen rakennuksen sisältä ulos. 0–32 sepeli on tiivistettynä niin hyvin veden pitävää, että anturan läpi täytyy asentaa putkia. Täytyy myös varmistua, että saadaan tehtyä riittävän paksu kapillaarikatko-kerros rakennuksen sisäpuolelle. Mikäli taas anturan alle tehdään 200 mm:n kerros kiviaineksesta ja sen läpi pääsee vesi virtaamaan, ei tällöin putkia tarvita. Tällaisia kiviaineksia ovat esimerkiksi 6–16, 8–16 ja 16–32 sepelit. Hienoainesta sisältävää kiviainesta saadaan kyllä tiivistettyä todella kovaksi, mutta pientaloissa 6–16 sepeli tiivistyy tarpeeksi tiiviiksi myös anturan alla ja samalla toimii kapillaarikatkona ja poistaa talon alle jääneen veden. (Palolahti 2010, 31.)

Vesijohtojen, kaapeleiden ja viemäreiden ympärystät täytetään esimerkiksi seulotulla soralla, joka on raekooltaan 0–8 tai 0–16 mm. Koska seulottu sora ei sisällä teräviä kiviä, jotka voivat rikkoa tai vaurioittaa putket. (Palolahti 2010, 31.)

Putkitusten alustat tiivistetään huolellisesti ja tehdään suunnitelmien mukaisilla materiaaleilla. Myös putkien ympärystäyttö tehdään lapiolla varovasti, että vältetään putkien liikkumiselta. Maakerrokset, jotka ovat putkien päällä joudutaan tiivistämään varovasti ja saadaan tiivistää koneellisesti vasta, kun maakerros on vähintään 300 mm paksuinen, jottei putket vaurioidu. (Palolahti 2010, 32.)

Perustusten vieressä sekä lattian alla ja salaojien ympärillä käytetään ainoastaan siihen tarkoitettuja, kapillaarikatkoksi soveltuvia kiviaineksia. Hienoaineiset maalajit esimerkiksi multa, moreeni ja hiekka pitää erottaa kapillaarikatkoista suodatinkankaalla (kuitukankaalla) vierustäytöissä sekä talon alapuolella. Suodatinkankaan tarkoitus on estää hienojakoisen maa-aineksen kulkeutuminen veden mukana kapillaarikatkoon ja veden kulkureittien tukkiutuminen kapillaarikatkokerroksessa. Suodatinkangasta käytetään yleensä myös teiden pohjissa, jossa sen tarkoitus on jakaa liikenteen aiheuttamaa kuormaa maapohjaan. Suodatinkankaan lujuus eli käyttöluokka on ilmoitettu rakennesuunnitelmissa. (Palolahti 2010, 32.)

Täytöt tiivistetään ja levitetään aina kerroksittain. Täytön kerrospaksuus sekä tiivistyskoneen yliajokerrat määräytyvät täyttömateriaalista, käytettävästä koneesta, sen painosta ja täyttöjen päälle tulevista rakenteista. 400 kg:n tärylevyä käytettäessä murskeen täyttökerroksen paksuun on enintään 400 mm ja tiivistysajokertojen määrä vähintään neljä. Hiekka tiivistetään 350 mm kerroksissa myös neljällä ajokerralla. Hiekka voidaan tiivistää myös 100 kg:n tärylevyllä, jolloin täyttö täytyy tehdä enintään 200 mm kerroksissa ja jokainen kerros täytyy tiivistää neljällä yliajokerralla. Tiivistymisen auttamiseksi tiivistettävää maata voidaan kastella ennen tiivistämistä tärylevyllä. Tärylevyjä on saatavana bensiini ja dieselmootto-reilla sekä joko yhteen tai kahteen suuntaan liikkuvina. (Palolahti 2010, 32.)

LÄHTEET

14. Pilariperustus. 28.5.2012. [Verkkoartikkeli]. Rakentaja.fi. [Viitattu 6.12.2021]. Saatavana: <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9506/pilariperustus.htm>
- A 17.6.2014/465. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista.
- Airaksinen, J. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu: Kustannusosakeyhtiö Pohjoinen.
- Betoniteollisuus ry. Ei päiväystä. Paaluperustukset. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.12.2021]. Saatavana: <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/perustukset/paalu-perustukset/>
- Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto. 2014. Pohjavesialue: Rakentamistapaohje tärkeälle pohjavesialueelle rakentamisesta 15.6.1999/30.11.2004. Tarkastettu 1.1.2014. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 12.11.2021]. Saatavana: https://www.no-tesco.net/malmi/%5B13%5D%20POHJAVESIALUE_RAKENTAMISTAPAOHJE_TARKEALLE_POHJAVESIALUEELLE.pdf
- Kellarikerrokset ja perustusten eristys. 1.10.2020. [Verkkosivu]. Rakennustaito. [Viitattu 6.12.2021]. Saatavana: <https://rakennustaito.fi/kellarikerrokset-ja-perustusten-eristys/>
- Kellariperustus. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Lammi. [Viitattu 6.12.2021]. Saatavana: <https://www.lammi.fi/tassu/suunnittelijoille/kellariperustus/>
- Kivitaloinfo. Ei päiväystä. Maanvarainen ja ryömintätilainen perustus. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.12.2021]. Saatavana: <https://kivitaloinfo.fi/harkot/harkkoperustukset/maanvarainen-ja-ryomintatilainen-perustus/>
- Korkka-Niemi, K. & Salonen, V.-P. 1996. Maanalaiset vedet – pohjavesigeologian perusteet. Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen julkaisu A:50. Turun yliopisto, Turku. 181 s. ISBN 951-29-0825-5.
- L 30.12.2004/1299. Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä.
- Maanvarainen perustus – kaksi erilaista toteutustapaa. 22.12.2020. [Verkkosivu]. Geobear. [Viitattu 1.12.2021]. Saatavana: <https://www.geobear.fi/maanvarainen-perustus/>
- Maanvarainen pientalolattia – Lämpölattia tai Comfort Lämpölattia. 2020. Weber. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.12.2021]. Saatavana: <https://www.fi.weber/lattiat/pientalolattiat/maanvarainen-pientalolattia>

- Maaperän tutkiminen ja perustamistavan valinta. 10.7.2017. [Verkkosivu]. Rakentaja.fi. [Viitattu 12.11.2021]. Saatavana: https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9252/6_maaperan_tutkiminen.htm
- Palolahti, T. 2010. Pientalon maarakennustyöt: Ohjeita konepalvelun ja pienurakoiden tilaajalle. [Verkkojulkaisu]. Infra ry. [Viitattu 29.11.2021]. Saatavana: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/tietoa-ja-tilastoja/ohjeita-ja-opastusta/pientalon_maa-rakennustyot.pdf
- Ryömintätillainen alapohja – Comfort Lämpölattia. 2020. Weber. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.12.2021]. Saatavana: <https://www.fi.weber/lattiat/pientalolattiat/ryomintatillainen-ala-pohja>
- SSAB:n teräspaalaus pientalorakentajalle. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Ssab.fi. [Viitattu 6.12.2021]. Saatavana: <https://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/infrastruktuuri/tuotteet/steel-piles-for-detached-house>
- Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2018. [Verkkojulkaisu]. Ympäristöministeriö. [Viitattu 15.11.2021]. Saatavana: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Pohjarakenteet-lopullinen-2018-687245F6_C824_413F_BB52_7A9DF0EDC210-137126.pdf/35f1f8ed-daa9-70d9-d863-e49967a9fa97/Pohjarakenteet-lopullinen-2018-687245F6_C824_413F_BB52_7A9DF0EDC210-137126.pdf?t=1603260646848
- Talon perustukset. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Lammi. [Viitattu 6.12.2021]. Saatavana: <https://www.lammi.fi/harkko/kaytokohteet/perustukset/perustus/>
- Tampereen pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. 10.4.2020. [Verkkojulkaisu]. Julkaisija tähän. [Viitattu 10.11.2021]. Saatavana: https://www.tampere.fi/tiedostot/y/bdkkCM4LD/Liite1_Yleista_pohjavedesta.pdf
- Työsuojelu maa- ja vesirakennustoissa. 2006. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Edita Prima Oy. [Viitattu 15.11.2021]. Saatavana: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41542/OH5-2006_Tyosuojelu_maa-ja-vesirakennustoissa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ympäristö.fi. 29.9.2020. Pohjavesialueet. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.11.2021]. Saatavana: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesiensuojelu/pohjaveden_suojelu/pohjavesialueet