

Opinnäytetyö AMK

Insinööri (AMK) | Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka

2025

Aatu Hento

Perustusten vahvistus KVR- urakkana tilaajan näkökulmasta



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK) | Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka

2025 | 40 sivua

Aatu Hento

Perustusten vahvistus KVR-urakkana tilaajan näkökulmasta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka kokonaisvastuurakentamisen (KVR) urakkamalla voidaan hyödyntää perustusten vahvistushankkeissa tilaajan näkökulmasta. Työssä tarkasteltiin KVR-mallin keskeisiä hyötyjä ja haasteita sekä erilaisia perustusten vahvistusmenetelmiä, kuten teräspaalutusta. Perustusten vahvistaminen on keskeinen osa rakennusten pitkäikäisen kestävyuden varmistamista, ja sen onnistuminen vaatii huolellista suunnittelua sekä toteutusta.

Työ toteutettiin käyttäen apuna alan kirjallisuutta, toimeksiantajalta saatuja tietoja ja omia kokemuksia alalta. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi KFS Finland Oy. Kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin KVR-urakkamalliin ja sen vaikutuksiin rakennushankkeen hallinnassa. Työssä toteutettiin myös tapaustutkimusta, jossa analysoitiin toteutuneita perustusten vahvistusprojekteja, joissa KVR-mallia oli sovellettu. Erityistä huomiota kiinnitettiin tilaajan rooliin, vastuunjakoon, suunnittelun ja toteutuksen yhteensovittamiseen sekä hankkeen riskienhallintaan.

Tulokset osoittavat, että KVR-urakkamalli voi tarjota merkittäviä etuja perustusten vahvistushankkeissa, kuten tilaajan hallinnollisen taakan kevenemisen, projektinhallinnan parantumisen ja riskienhallinnan tehostumisen. Toisaalta haasteina nousivat esiin urakoitsijan valintaan liittyvät riskit, suunnittelun tarkkuuden merkitys ja maaperäolosuhteiden ennakoimattomuus. KVR-mallin menestyksekkäs käyttö edellyttää selkeitä sopimuksia, asiantuntevaa suunnittelua ja tiivistä yhteistyötä eri osapuolten välillä.

Asiasanat:

rakennusala, paalutus, perustusten vahvistus, korjausrakentaminen, kokonaisvastuurakentaminen

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Engineer, Construction and Civil Engineering

2025 | 40 pages

Aatu Hento

Foundation reinforcement as a turnkey contract from the client's perspective

The objective of this thesis was to examine how the turnkey contract (KVR) model can be utilized in foundation reinforcement projects from the client's perspective. The study explored the key benefits and challenges of the KVR model, as well as various foundation reinforcement methods, such as steel piling. Foundation reinforcement is a critical component in ensuring the long-term durability of buildings, requiring meticulous planning and execution for successful implementation.

The study was conducted using industry literature, information provided by the commissioning company, and personal experience in the field. The commissioning company for this thesis was KFS Finland Oy. The literature review focused on the KVR contract model and its impact on project management in construction. A case study was carried out to analyze completed foundation reinforcement projects where the KVR model had been applied. Special attention was given to the client's role, allocation of responsibilities, coordination of design and execution, and risk management within the project.

The findings indicate that the KVR contract model can provide significant advantages in foundation reinforcement projects, such as reducing the administrative burden on the client, improving project management, and enhancing risk management. However, challenges were also identified, including risks associated with contractor selection, the critical importance of accurate planning, and the unpredictability of soil conditions. Successful implementation of the KVR model requires clear contractual agreements, expert planning, and close collaboration among all stakeholders.

Keywords:

construction business, piling, foundation reinforcement, repair renovation and turnkey construction project.

Johdanto	6
Korjaushanke	8
2.1 Tarveselvitys	8
2.2 Hanke- ja toteutussuunnitelma	9
2.3 Kokonaisvastuurakentamisurakka	10
Perustusten vahvistaminen teräspaaluin	12
3.1 Porapaalutus	13
3.2 Lyöntipaalutus	17
3.3 Puristuspaalutus	19
Suunnittelu	22
4.1 Rakennuksen historia	22
4.2 Geosuunnittelu	23
4.2.1 Kairaukset	24
4.2.2 Rakenteen mittaukset	25
4.2.3 Koekuoppa	25
4.2.4 Laboratoriotutkimukset	27
4.3 Rakennesuunnittelu	27
4.3.1 Painuma- ja vaurio seuranta	28
4.3.2 Vanhojen rakenteiden tutkiminen	28
4.3.3 Kuormansiirtorakenteen valinta	29
4.4 Työmaatekniikka	32
4.4.1 Työmaan perustaminen	32
4.4.2 Työnaikaiset ympäristöhaitat	34
5 Yhteenveto ja pohdinta	36
Lähteet	39

Kuvat

Kuva 1. SSAB:n teräspaalujen vakioteräslajit	13
Kuva 2. Robit casing system	14
Kuva 3. Robit casing system	14
Kuva 4. Porapaalun asennusta kellaritiloissa	15
Kuva 5. Porapaalun jatkoshitsaus robotilla	16
Kuva 6. Lyöntipaalutuskone paineilmatoimisella vasaralla	17
Kuva 7. SSAB RR-paalujen rakenne	18
Kuva 8. Koekuormitus hydraulitunkilla	19
Kuva 9. Oma valokuva	20
Kuva 10. Puristuspaalun loppupuristus käynnissä	21
Kuva 11. Kivilatomus, hirsiarina ja puupaalut	26
Kuva 12. Oma valokuva	26
Kuva 13. Oma valokuva	30
Kuva 14. Oma valokuva	31
Kuva 15. Oma valokuva	31

Johdanto

Rakennusten perustusten kantavuus ja vakaus ovat keskeisiä tekijöitä rakenteiden turvallisuuden ja käyttöiän kannalta. Suomessa yleisin syy painumiselle on orsiveden tason aleneminen, jonka seurauksena mahdollinen puupaaluperustus kuivuu ja lahoaa. Lisäksi vanhat puupaalut voivat olla mahdollisesti paalutettu liian löysään maaperään, jolloin ne eivät kannata rakennuksen kuormaa (Salviander, O., haastattelu 10.3.2025). Kyseisten ongelmien ratkaisemiseksi käytetään erilaisia perustusten vahvistusmenetelmiä, jotka varmistavat rakennusten turvallisuuden ja pitkäaikaisen kestävyuden.

Tämä opinnäytetyö toteutetaan KFS Finland Oy:lle, ja työssä esitetyt menetelmät perustuvat yrityksen teräspaalaus toimintatapoihin. KFS Finland Oy on pohjarakentamisen erikoistoihin keskittyvä yritys, joka tarjoaa monipuolisia palveluita eri rakennusprojekteihin Suomessa. Yritys on osa kansainvälistä Keller Groupia. (KFS Finland Oy 2025.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään perustusten vahvistukseen kokonaisvastuurakentamisen (KVR) urakkamallilla. KVR-urakkamalli on rakennusalalla erityisesti laajoissa ja teknisesti vaativissa hankkeissa toimiva, sillä se mahdollistaa tiiviin yhteistyön suunnittelun ja toteutuksen välillä sekä vastuun keskittämisen yhdelle toimijalle. Tämä vähentää mahdollisia koordinaatioongelmia ja parantaa projektinhallintaa. KVR-urakoitsija vastaa koko hankkeesta, mikä voi johtaa tehokkaampaan toteutukseen ja kustannussäästöihin, mutta samalla myös korostaa riskienhallinnan merkitystä tilaajaa sekä urakoitsijaa kohden.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, kuinka KVR-urakkamallia voidaan hyödyntää perustusten vahvistushankkeissa, mitkä ovat sen keskeiset hyödyt ja haasteet sekä millaisia menetelmiä ja teknologioita vahvistustöissä käytetään. Perustusten vahvistaminen voi tapahtua eri menetelmillä, kuten teräspaaluksella. Eri menetelmien valintaan vaikuttavat muun muassa rakennuksen ominaisuudet, ympäristötekijät ja kustannustekijät. Lisäksi tarkastellaan geoteknistä ja rakennesuunnittelua sekä työmaatekniikkaa, jotka ovat oleellisia tekijöitä onnistuneessa perustusten vahvistusprojektissa. Näiden asioiden huomioiminen auttaa varmistamaan, että hanke etenee sujuvasti ja että rakenteiden kantavuus ja vakaus voidaan taata pitkäaikaisesti.

Johdannossa esitellään työn tavoitteet ja rakenne, joiden avulla lukija saa käsityksen tutkimuksen sisällöstä ja merkityksestä. Työ jakautuu useaan osaan, joista ensimmäisessä käsitellään korjaushankkeen vaiheita, KVR-urakkamallia ja tarveselvityksen merkitystä. Tämän jälkeen tarkastellaan perustusten vahvistusmenetelmiä ja niihin liittyviä suunnitteluperusteita. Työn loppuosassa keskitytään geoteknisiin ratkaisuihin, rakennesuunnitteluun sekä työmaatekniikkaan, minkä jälkeen työ päättyy yhteenvetoon.

Tämä opinnäytetyö tarjoaa katsauksen perustusten vahvistamisen periaatteisiin KVR-urakkamallissa ja auttaa ymmärtämään, miten tällaiset hankkeet voidaan toteuttaa tehokkaasti ja turvallisesti. KVR-urakkamalli tarjoaa mahdollisuuden yhdistää suunnittelun ja toteutuksen saumattomaksi kokonaisuudeksi, mikä voi parantaa lopputuloksen laatua ja kustannustehokkuutta. Tämä opinnäytetyö pyrkii lisäämään ymmärrystä näistä tekijöistä ja tarjoamaan hyödyllistä tietoa hankkeen tilaajalle.

Korjaushanke

Korjaushanke käynnistyy tarveselvityksellä, jonka perusteella tehdään hankepäätös. Hankepäätöksen myötä laaditaan hankesuunnitelma, jonka pohjalta järjestetään tarjouskilpailu urakoitsijan valintaa varten. Tarveselvityksen tarve voi ilmetä esimerkiksi asuntokaupan yhteydessä tehtävässä kuntotarkastuksessa tai kiinteistön yleisessä kuntotarkastuksessa, joissa havaitaan korjausta edellyttäviä vaurioita. (Terveet tilat 2028.)

2.1 Tarveselvitys

Perustusten vahvistuksen tarveselvitys on keskeinen osa rakennuksen perustuksiin liittyvää arviointia, erityisesti silloin, kun havaitaan rakenteellisia ongelmia tai suunnitellaan muutoksia, jotka vaikuttavat rakennuksen vakauteen. Tarveselvityksellä pyritään määrittämään perustusten nykytila, havaitut vauriot, mahdolliset riskit sekä tarvittavat toimenpiteet perustusten kantavuuden ja vakauden varmistamiseksi. (Heikinheimo 2006, 15–18.)

Tarveselvityksen laatiminen alkaa lähtötilanteen ja ongelmien kartoittamisella. Tässä vaiheessa tarkastellaan esimerkiksi rakenteissa esiintyviä halkeamia, niiden sijaintia, leveyttä ja suuntaa, sekä mahdollisia painumia ja kallistumia. Lisäksi arvioidaan rakennuksen toiminnallisia ongelmia, kuten ovien ja ikkunoiden toimimattomuutta. Maaperäolosuhteet ovat myös tärkeä huomioitava tekijä: alueen maaperän ominaisuudet, kuten savipitoisuus, turpeisuus tai routa, voivat vaikuttaa merkittävästi perustusten kantavuuteen. Erityistä huomiota kiinnitetään myös pohjaveden mahdollisiin vaihteluihin ja niiden vaikutuksiin. Perustusten korjaus- tai vahvistustarve ei aina johdu niiden vaurioitumisesta. Joskus kyse voi olla esimerkiksi siitä, että perustukset on vahvistettava ennen kuin naapuri voi rakentaa, tai kun halutaan lisätilaa rakennuksen kellaritiloihin. (Heikinheimo 2006, 15.)

Selvitystä varten käytetään monenlaisia tutkimusmenetelmiä ja aineistoja. Maaperätutkimuksissa voidaan hyödyntää esimerkiksi kairauksia, painumamittauksia ja tasokorkeusmittauksia kallistumien arvioimiseksi. Lisäksi rakenteiden tarkastelu sekä geotekniset analyysit, kuten maaperän kantavuuslaskelmat ja pohjavesimittaukset, tarjoavat olennaista tietoa päätöksenteon tueksi. Käytettävä aineisto voi sisältää

rakennuspiirustuksia, perustamistapapiirustuksia, aiempia tutkimusraportteja ja rakennuksen historiatietoja. (Heikinheimo 2006, 15–18.)

Analyysivaiheessa selvitetään, ovatko perustukset riittävän kantavat nykyiselle ja mahdolliselle tulevalle kuormalle. Samalla arvioidaan, onko havaittavissa merkkejä painumisesta, kallistumisesta tai vaurioiden etenemisestä. Maaperän kuntoa analysoidaan mahdollisten stabiiliteettiriskien osalta, ja erityisesti pohditaan pohjaveden vaikutuksia. Näiden havaintojen pohjalta laaditaan arvio rakennuksen nykytilasta, siihen liittyvistä riskeistä ja pitkän aikavälin ongelmista. (Heikinheimo 2006, 15–18.)

2.2 Hanke- ja toteutussuunnitelma

Perustusten vahvistamisen hankesuunnitelma pohjautuu aiemmin laadittuun tarveselvitykseen, jossa on arvioitu rakennuksen nykytilaa, vahvistustoimenpiteiden tarvetta sekä ongelmien laajuutta. Tarveselvityksessä tunnistetut haasteet, kuten painumat, halkeamat ja maaperän ominaisuudet, muodostavat pohjan hankesuunnittelulle. (Perälä 2006, 21.) Tavoitteena on varmistaa, että perustusten vahvistaminen toteutetaan tehokkaasti, turvallisesti ja kestävien rakenteiden varmistamiseksi.

Hankesuunnitelmassa määritellään projektin keskeiset tavoitteet, joita ovat painumisen pysäyttäminen, perustusten kantavuuden parantaminen ja rakennuksen rakenteiden vakauden varmistaminen (Lehtonen 2011). Suunnitelman keskiössä ovat tarveselvityksessä tunnistetut ongelmat ja niiden ratkaisemiseksi valittavat toimenpiteet. Eri vahvistusmenetelmiä, kuten lisäpaalutusta ja suihkuinjektointia, tarkastellaan teknisestä, taloudellisesta ja toiminnallisesta näkökulmasta. Näiden vaihtoehtojen arviointi perustuu kustannusarviointiin.

Toteutussuunnitelmassa määritellään hankkeen toteutuksen vaiheet. Näihin kuuluvat työvaiheiden kuvaus, aikataulut, materiaalivalinnat sekä resurssien jakautuminen. Erityistä huomiota kiinnitetään vastuunjakoon eri toimijoiden välillä, kuten suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja valvojen rooleihin. Suunnitelmassa esitetään myös työmaan laadunvarmistukseen ja valvontaan liittyvät menettelytavat, joiden avulla varmistetaan, että kaikki työvaiheet täyttävät asetetut tekniset vaatimukset ja määräykset. (RT 18-11220, 2016.)

2.3 Kokonaisvastuurakentamisurakka

Kokonaisvastuurakentaminen (KVR) on urakkamuoto, jossa yksi toimija vastaa hankkeen kaikista vaiheista, kuten suunnittelusta, toteutuksesta ja mahdollisesti myös ylläpidosta (Minilex 2025). Perustusten vahvistushankkeessa KVR-urakoitsija kantaa kokonaisvastuun projektista, mikä sisältää teknisten ratkaisujen suunnittelun, toteutuksen organisoinnin ja riskien hallinnan. Tämä malli helpottaa tilaajan työtä, sillä kaikki vastuu keskitetään yhdelle toimijalle, mikä vähentää tilaajan tarvetta koordinoida eri osapuolten toimintaa. KVR-urakkamuoto soveltuu erityisen hyvin hankkeisiin, joissa suunnittelun ja toteutuksen saumaton yhteensovittaminen on tärkeää. (RT 103415, 2022.)

Perustusten vahvistushankkeissa on useita erityispiirteitä, jotka tekevät niistä vaativia. Kun tarkastellaan uudisrakentamista, niin projektin alkuvaiheessa KVR-urakoitsija vastaa lähtötietojen selvittämisestä. Perustusten vahvistushankkeissa kuitenkin yleisin vastuunjako on, että tilaajalta tulee tarvittavat lähtötiedot, kuten maaperätutkimukset ja vanhojen perustusten betonirakenteiden tutkimukset, rakennevahvuudet ja mahdolliset koekappaleet lujuuden selvittämistä varten. Ennen tarjouslaskentaa on myös tilaajan määriteltävä selkeästi, että kuinka paljon lopullisessa tilanteessa siedetään kuormansiirtorakenteita vahvistetuissa tiloissa, tällä on myös kustannusmerkitys. (Hakanen, O., haastattelu 26.3.2025.)

Yleisimpiä perustusten vahvistusmenetelmiä ovat muun muassa teräspaalaus kuormansiirtoineen ja suihkuinjektointi. Ratkaisujen valintaan vaikuttavat maaperän ominaisuudet, olemassa olevien rakenteiden kunto ja hankkeen budjetti. Suunnitteluvaiheessa huomioidaan myös hankkeeseen liittyvät riskit, kuten maaperän odottamattomat ominaisuudet, työmaan läheisyydessä sijaitsevien rakenteiden vaurioitumisriski sekä ympäristövaikutukset. (Salviander, O., haastattelu 24.1.2025.)

KVR-urakkamuodossa projektin hallinta on erityisen tärkeää, sillä urakoitsija kantaa vastuun projektin aikataulun, kustannusten ja laadun toteutumisesta. Tämä edellyttää tiivistä yhteistyötä tilaajan, suunnittelijoiden ja alihankkijoiden välillä. KVR-urakoitsijalla tulee olla vahvaa teknistä osaamista sekä kykyä tunnistaa ja hallita riskejä. (Järvinen 2006, 12–14.) Sopimuksessa on tärkeää määritellä selkeästi vastuualueet ja riskienhallintakeinot, jotta mahdolliset ongelmat, kuten maaperän odottamattomat haasteet, eivät aiheuta merkittäviä viivästyksiä tai lisäkustannuksia (Rakennusliike Lapti Oy 2024).

Kokonaisvastuurakentamisen etuina perustusten vahvistushankkeessa ovat selkeä vastuunjako, tehokkaampi ajankäyttö ja mahdolliset kustannussäästöt. Suunnittelun ja toteutuksen yhdistäminen saman urakoitsijan vastuulle voi parantaa hankkeen sujuvuutta ja mahdollistaa ratkaisujen räätälöinnin projektin tarpeiden mukaisesti (RT 103368, 2021, 4). Tämä vähentää riskiä siitä, että suunnittelu ja toteutus eivät vastaisi toisiaan. Lisäksi KVR-malli mahdollistaa joustavuuden: urakoitsija voi tehdä muutoksia suunnitelmiin, mikäli projektin aikana ilmenee odottamattomia tarpeita tai ongelmia.

Perustusten vahvistus on teknisesti vaativa osa-alue, joten urakoitsijan kokemus ja osaaminen ovat keskeisessä asemassa hankkeen onnistumisen kannalta. Lisäksi tilaajan tulee varmistaa, että lähtötiedot ja hankkeen tavoitteet määritellään riittävän tarkasti projektin alkuvaiheessa. (Salviander, O., haastattelu 24.1.2025.)

Kokonaisuutena kokonaisvastuurakentaminen tarjoaa perustusten vahvistushankkeessa tehokkaan ja hallitun tavan saavuttaa laadukas lopputulos. Se yhdistää suunnittelun ja toteutuksen saumattomaksi kokonaisuudeksi, joka vastaa tilaajan tavoitteisiin ja projektin erityisvaatimuksiin.

Perustusten vahvistaminen teräspaaluin

Nykyisin perustusten vahvistuskohteissa hyödynnetään yhä useammin teräspaaluja, erityisesti teräsputkipaaluja, jotka asennetaan erilaisilla menetelmillä kohteen erityispiirteet huomioiden. Teräsputkipaalujen suosio perustusten vahvistuksessa selittyy monilla niiden tarjoamilla eduilla. Paalut ovat saatavilla laajassa mittavalikoimassa, mikä mahdollistaa niiden käytön erilaisissa tiloissa ja tukirakenteissa. Lisäksi teräsputkipaaluissa voidaan hyödyntää lujia teräslaatuja, jotka parantavat paalujen kantavuutta ja käyttöikä, mikä on erityisen tärkeää vaativissa rakennusprojekteissa. (Perälä 2006, 22.)

Yksi merkittävistä edistysaskelista teräspaaluissa on uusien jatkostyyppien käyttöönotto, jotka mahdollistavat paalujen tehokkaan asennuksen myös rajoitetuissa tiloissa. Tämän ansiosta voidaan käyttää lyhyempiä paaluelementtejä, mikä tekee asennusprosessista joustavamman. Teräsputkipaalujen suuri kantavuus suhteessa kokoon on myös tärkeä etu. (Perälä 2006, 22.)

Paaluelementtien keveys ja hyvä käsiteltävyys ovat muita tekijöitä, jotka tekevät teräspaalujen käytöstä suositeltavaa ahtaissa tiloissa. Lisäksi teräsputkipaalut voidaan asentaa pienemmällä kalustolla, mikä vähentää tarvetta raskaan kaluston käytölle ja samalla pienentää vaurioiden riskiä olemassa oleville rakenteille. (Jokiniemi 2006, 39.)

Asennuksen jälkeen teräsputkipaalut ovat helposti tarkastettavissa, mikä takaa niiden laadun varmistamisen. Tämä tarkastettavuus on keskeinen tekijä paalujen luotettavuuden ja pitkäaikaisen kestävyuden kannalta.

Teräspaalut valmistetaan yleensä kuumavalssatusta teräsnauhasta, joka hitsataan pituussaumahitsaamalla pyöreään muotoon. Tämä valmistusmenetelmä parantaa paalujen laatua ja varmistaa niiden kestävyuden. Teräspaaluihin liittyvät osat, kuten jatkokset, kallio- ja maakärjet, porakruunut sekä paaluhatut, valmistetaan yleensä konepajalla. Työmaalle toimitettavat osat ovat näin valmiiksi valmistettuja, ja työmaalla tarvittavat hitsaustyöt jäävät vähäisiksi. Työmaalla tarvitsee suorittaa ainoastaan avartimien ja mahdollisten jatkosten hitsaus. Tämä parantaa asennusprosessin tehokkuutta ja vähentää asennusvirheiden mahdollisuuksia. (Jokiniemi 2006, 39.)

Perustusten vahvistuksessa yleisimmin käytettävät teräsputkipaalut valmistetaan tietyistä teräslajeista, kuten kuvan 1 materiaalitaulukossa on esitetty. Kaikki teräslajit ovat erinomaisesti hitsattavia ja sopivat erinomaisesti eri maaperäolosuhteisiin.

Teräspaaluilla on monia etuja, kuten niiden korkea kantavuus, keveys ja asennettavuus ahtaissa tiloissa, mikä tekee niistä erinomaisen valinnan monenlaisiin perustusten vahvistamistarpeisiin. Teräspaalujen vakioteräslajit ovat S460MH ja S550J2H. (SSAB 2023.)

Teräslaji	Hiili-ekvivalentti	Kemiallinen koostumus, max.				Mekaaniset ominaisuudet				
		CEV max.	C	Mn	P	S	f_y min	f_u	A_{Smin}	T
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]	[%]	[°C]	[J]
S355J2H	0,45	0,22	1,6	0,03	0,03	355	470-630	20	-20	27
S440J2H	0,45	0,16	1,6	0,02	0,02	440	490-630	17	-20	27
S460MH	0,46	0,16	1,7	0,035	0,03	460	530-720	17	-20	40
S550J2H	0,47	0,12	1,9	0,02	0,02	550	605-760	14	-20	27

Kuva 1. SSAB:n teräspaalujen vakioteräslajit (SSAB RR- ja RD-paalut suunnittelu- ja asennusohjeet 2023).

3.1 Porapaalutus

Porapaalutus on perustusten vahvistuksessa yleisesti käytetty menetelmä, jossa teräspaalut asennetaan kallioon tukipaaluiksi. Tämä menetelmä soveltuu haastaviin maaperäolosuhteisiin. Porapaalutuksessa käytetään iskeviä porausmenetelmiä, joissa yhdistyvät syöttövoima, pyöritys, isku ja huuhtelu.

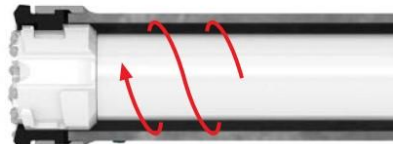
Porapaalut ovat paksuseinäisiä teräspuutkipaaluja, joissa teräsputki toimii sekä porausvaiheessa porausputkena että lopullisessa rakenteessa kantavana elementtinä. Yleisin poraustekniikka perustusten vahvistamisessa on keskinen porausmenetelmä. Tässä menetelmässä porattavan paaluputken alapäähän hitsataan avarrinkruunu, johon uppoasaran päässä oleva pilottikruunu kiinnittyy (kuva 2 ja kuva 3). Porausputken sisällä olevat porakanget yhdistyvät uppoasaraan ohjausholkin välityksellä, mahdollistaen syöttövoiman, pyöritysvoiman, paineilman sekä huuhteluveden kuljetuksen poratankojen ja uppoasaran kautta kruunuille. (RIL 254-2-2016, 209–212.)



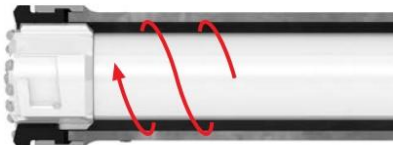
Kuva 2. Robit casing system (Robit geotechnical product catalogue 2022, 23).



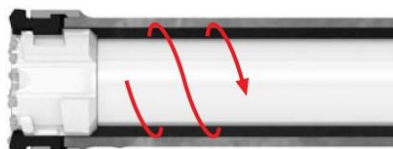
1.) Drive the pilot bit through the casing tube



2.) Rotate to locked position in the ring bit



3.) Robit® Casing System is READY TO DRILL



4.) Finish drilling by rotating the pilot bit in opposite direction and pulling it out

Kuva 3. Robit casing system (Robit geotechnical product catalogue 2022, 14).

Paineilmatoiminen uppoasara tuottaa tarvittavan iskuvoiman, kun taas hydraulinen pyöritysmoottori huolehtii pyöritysvoimasta. Syöttövoima puolestaan saadaan porapuomista. Huuhteluviedellä on kaksinainen tehtävä: sen kanssa tehdään pölynhallinta porauksen aikana ja yhdessä paineilman kanssa se huuhtelee porauksessa syntyneen hienontuneen maa-aineksen osittain paaluputkea pitkin maanpinnalle. Lisäksi porauksen jälkeen vettä käytetään paalun huuhteluun ennen mahdollista betonitäyttöä. (RIL 254-2-2016, 209–212.)

Porapaalutuksessa työkonena käytetään yleensä sähköllä toimivaa tela-alustaista paalutuskonetta (kuva 4), joka tarjoaa riittävän voiman ja liikkuvuuden eri työmaaolosuhteisiin. Koska paalut ovat usein pidempiä kuin yksittäiset teräsputkiosat, ne jatketaan hitsaamalla. Jatkoksien hitsaukseen käytetään MAG-hitsausta, ja paaluputkien päät viistetään 30 asteen kulmaan, jotta hitsaus sulaa läpi asti ja varmistetaan liitoksen lujuus. Hitsauksen voi suorittaa joko robotti- tai käsihitsauksella (kuva 5).



Kuva 4. Porapaalun asennusta kellarituloissa (Salviander, O. 2023).



Kuva 5. Porapaalun jatkoshitsaus robotilla (Salviander, O. 2020).

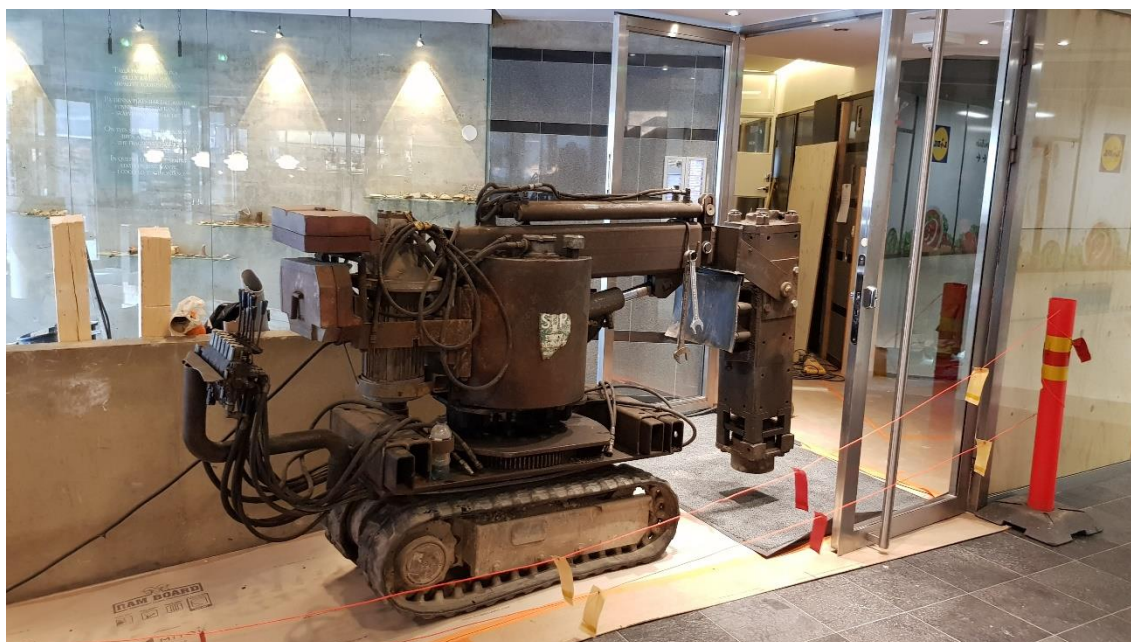
3.2 Lyöntipaalutus

Lyöntipaalutus on perustusten vahvistamisessa käytettävä menetelmä, jossa teräspaalut asennetaan maaperään lyömällä ne iskuvoimalla haluttuun syvyyteen. Menetelmä soveltuu kohteisiin, joissa paalut on saatava kantavaan pohjamaahan tai kallioon ilman porausta.

Lyöntipaalut ovat teräsputkia, joiden alapäähän asennetaan kalliokärki, jotka lyödään maahan käyttämällä erilaisia lyöntivasaroita. Iskuvoiman ansiosta paalu tunkeutuu maaperään, ja sen kantavuus syntyy joko kärjen varaan, jolloin kyseessä on tukipaalu, tai vaipan kitkasta ympäröivään maahan, jolloin puhutaan kitkapaaluista.

Lyöntipaalutuksessa käytettäviä paalutyyppejä ovat SSAB:n RR- ja RRs-paalut, jotka täyttävät Eurokoodin ja paalutusohjeen PO-2016 vaatimukset. Paalut nostetaan pystyasentoon ja asetetaan paalutus koneessa olevan vasaran alle. Asemoinnin aikana varmistetaan paalun pystysuoruus tai suunniteltu kaltevuus käyttämällä vesivaakaa. Kun paalu on asetettu paikoilleen, ensimmäiset lyönnit suoritetaan kevyemmällä iskulla, jotta paalu asettuu oikeaan asentoon. (RIL 254-2-2016, 207, 209.)

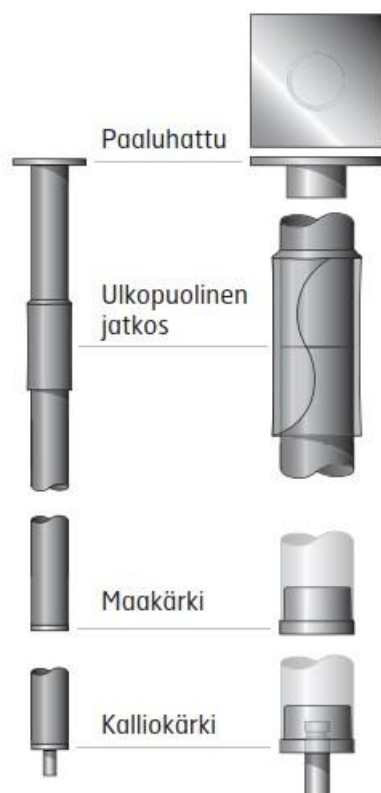
Lyöntipaalutuksessa käytetään tela-alustaista paalutuskonetta. Kone on varustettu joko hydraulili- tai paineilmapasarella. (Kuva 6.)



Kuva 6. Lyöntipaalutus kone paineilmatoimisella vasaralla (Salviander, O. 2018).

Paalut lyödään maahan vaiheittain, ja lyöntien voimakkuutta säädetään maaperän mukaan. Pehmeissä maakerroksissa käytetään alhaisempaa lyöntienergiaa, kun taas kovemmissa maakerroksissa iskua voidaan tehostaa. Lyöntimäärää ja painumaa iskua kohden seurataan tarkasti.

Jos paalu ei yksittäisenä elementtinä saavuta suunniteltua syvyyttä, sitä jatketaan. Jatkamiseen käytetään ensisijaisesti ulkopuolista holkkijatkosta, joka on hitsattu tehtaalla kiinni. Holkkijatkos menee tiiviisti kiinni, kun jatketaan lyöntiä. Loppulyönnit suoritetaan, kun paalu on saavuttanut suunnitellun syvyyden. Loppulyöntimäärä määritetään murto- ja kantavuuskuorman perusteella vasaran tehoon nähden. Kun paalutuksen loppulyönnit ovat suunnittelijan suunnitelman mukaiset, voidaan todeta, että se on saavuttanut riittävän kantavuuden. Tarvittaessa suoritetaan koekuormituksia paalujen kantavuuden varmistamiseksi (kuva 8). Kuvassa 7 nähdään lyöntipaalun rakenne, joka koostuu kallio- tai maakärjestä, putkielementistä ulkopuolisella jatkosholkilla ja paaluhatusta (SSAB 2023).



Kuva 7. SSAB RR-paalujen rakenne (SSAB RR- ja RD-paalut suunnittelu- ja asennusohjeet 2023).



Kuva 8. Koekuormitus hydraulitunkilla (Salviander, O. 2016).

3.3 Puristuspaalutus

Puristuspaalutus on perustusten vahvistuksessa käytettävä menetelmä, jossa paalut painetaan maaperään hydraulisen puristuskaluston avulla ilman lyönti- tai porauskuja. Tämä menetelmä soveltuu erityisesti kohteisiin, joissa tärinä ja melu on minimoitava, esimerkiksi olemassa olevien rakennusten alla tai herkissä kaupunkiympäristöissä. Puristuspaaluja käytetään usein paikoissa, joissa maaperän kantavuus on rajallinen ja joissa paalujen on saavutettava kantava pohja ilman tärinää.

Puristuspaalut koostuvat teräsputkista, jotka asennetaan tunkkausmenetelmällä. Teräsputket toimivat sekä puristusvaiheessa voimavälittäjinä että lopullisessa rakenteessa kantavina elementteinä. Puristusprosessi tapahtuu vaiheittain, jolloin paaluja painetaan syvemmälle maaperään hydraulisen voiman avulla.

Puristuspaalutus suoritetaan käyttämällä erillistä puristuskehikkoa, joka toimii asennusalustana. Puristuskehikko ankkuroidaan lattiaan ja/tai seinään, kuten kuvassa 9.



Kuva 9. Puristuspaalun alkupuristus käynnissä (Hento 2024).

Kalustoon kuuluvat pitkäiskuiset hydrauliset tunkit, joilla paalu painetaan maahan. Alkupuristus suoritetaan kevyemmällä voimalla, minkä jälkeen loppupuristusvaiheessa käytetään suurempaa voimaa, jotta paalu saadaan tunkeutumaan suunniteltuun syvyyteen (kuva 10).



Kuva 10. Puristuspaalun loppupuristus käynnissä (Salviander, O. 2018).

Puristuspaalutuksessa käytetään tyypillisesti SSAB:n RR-paalumallin teräsputkia. Paaluja jatketaan työmaalla holkkijatkoksilla, jotka mahdollistavat nopean ja luotettavan liitoksen ilman hitsausta. Holkkijatkokset on suunniteltu kestäämään puristusmenetelmän vaatimat voimat ja takaamaan paalun suoruden ja lujuuden.

Ennen paalutuksen aloittamista työmaa valmistellaan huolellisesti, ja asennetaan tarvittavat tukirakenteet sekä suojaukset. Ensimmäisessä vaiheessa paalun alkupuristus suoritetaan käyttäen hydraulista tunkkauskehikkoa, jossa hydrauliset sylinterit painavat paalua pehmeään maakerroksen läpi. Tämän jälkeen paalu puristetaan lopulliseen syvyyteensä käyttäen suurempaa voimaa, jolloin se saavuttaa kantavan pohjamaan. Loppupuristusvaiheessa käytetään hydraulista tunkkia. Paalujen asentamisen jälkeen niiden suoruus tarkistetaan optisilla mittalaitteilla, kuten mittanauhalla, jonka päässä on lamppu. Asennuksen jälkeen paalut dokumentoidaan ja hyväksytetään rakennesuunnittelijalla, joka arvioi paalujen kuormankantokyvyn ja mahdollisen lisätunkkauksen tarpeen. Lopuksi paalut täytetään suunnitelmien mukaisesti betonilla.

Puristuspaalutuksen aikana dokumentoidaan paalukohtaisesti painumamäärät, puristusvoimat ja lopulliset asennussyvyudet. Kaikki mittaukset ja laaturaportit kootaan yhteen, ja ne toimitetaan tilaajalle sekä rakennusvalvonnalle osana urakan loppudokumentaatiota.

Suunnittelu

Vaativissa ja erittäin vaativissa korjausrakentamiskohteissa suoritetaan perusteellinen ja yksityiskohtainen kuntotutkimus, jonka tavoitteena on selvittää kantavien rakenteiden toiminta ja perustusten kestävyys suunnitellun käyttöiän aikana. Tutkimuksessa huomioidaan myös muutostöiden aikana syntyvät väliaikaiset kuormitustilanteet, jotka voivat vaikuttaa rakenteiden käyttäytymiseen. (RIL 254-2016.)

Osana kuntotutkimusta arvioidaan perustusten ja maanvastaisten rakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus. Lisäksi tutkitaan mahdolliset radonriskit, rakennuspaikan pilaantuneet maakerrokset sekä rakentamisessa käytetyt terveydelle tai ympäristölle haitalliset aineet. Näiden lisäksi selvitetään ympäröivistä toiminnoista, kuten liikenteestä tai rakennustyömaista, aiheutuva värinätaaso ja sen mahdolliset vaikutukset rakenteisiin. (RIL 254-2016.)

Kuntotutkimuksessa keskitytään myös vaurioiden syiden selvittämiseen. Perustusten vaurioitumiseen voi johtaa useita tekijöitä, kuten maaperän ominaisuuksien muutokset, pohjaveden pinnan vaihtelut tai rakenteelliset puutteet. Näiden syiden perusteellinen analysointi on keskeistä, jotta voidaan suunnitella tarkoituksenmukaiset vahvistus- ja korjaustoimenpiteet, jotka parantavat rakenteiden kestävyyttä ja pitkäaikaisuutta. (RIL 254-2016.)

4.1 Rakennuksen historia

Ennen varsinaisten pohjatutkimusten aloittamista on suositeltavaa tutkia vanhoja piirustuksia, joita löytyy usein jo 1800-luvun lopulta lähtien. Näissä arkkitehtipiirustuksissa on usein merkitty myös rakennuksen perustukset. Mikäli rakennuksen ikä ja alustavat tiedot pohjaolosuhteista ovat tiedossa, voidaan arvioida perustamistapa. Erilaisilla aikakausilla on ollut tyypillisiä rakennustapoja, ja näiden tuntemus auttaa ennakoimaan perustamistavan todennäköisyyksiä. Esimerkiksi pienet 1–2-kerroksiset rakennukset on yleensä perustettu pehmeikköalueille ilman paalutusta, kun taas suuremmissa, yli 3-kerroksisissa rakennuksissa on tavallisesti käytetty paaluperustuksia. Paalutyypin käyttö on vaihdellut aikakausittain: 1960-luvulle asti paalut olivat pääosin puupaaluja, kun taas teräsbetoni- ja teräspaaluja alettiin käyttää 1900-luvun alkupuolelta alkaen ja teräspaaluja käytettiin tyypillisesti vasta 1970-luvulta

eteenpäin. Taustatiedot selvitettyään voidaan siirtyä suunnittelemaan pohjatutkimuksia tarkemmin, ja ne voidaan kohdentaa erityisesti rakennuksen painumakäyttämisen ja mahdollisesti vanhojen puupaalujen kunnan selvittämiseen. (Heikinheimo 2006, 15.)

4.2 Geosuunnittelu

Perustusten vahvistus on monitahoinen prosessi, joka edellyttää huolellista suunnittelua ja vaiheittaista toteutusta. Geosuunnittelun tehtävänä on varmistaa, että perustukset täyttävät niille asetetut kantavuus- ja vakausvaatimukset sekä säilyttävät toimintakykynsä pitkällä aikavälillä. Suunnitteluprosessi rakentuu useista vaiheista, jotka ovat keskeisiä onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi.

Ensimmäinen vaihe perustusten vahvistushankkeessa on alkukartoitus ja ongelman määrittely. Tässä vaiheessa analysoidaan rakenteiden nykyinen tila ja tunnistetaan vahvistustarpeen syyt. Ongelmat voivat johtua esimerkiksi maaperän kantavuuden puutteista, lisääntyneistä kuormituksista, rakenteiden painumisesta tai ympäristöolosuhteiden muutoksista, kuten pohjaveden pinnan vaihteluista.

Alkukartoituksessa hyödynnetään olemassa olevia dokumentteja, kuten rakennuksen alkuperäisiä suunnitelmia ja aikaisempia geotekniikan tutkimuksia. Samalla arvioidaan rakenteissa havaittuja ongelmia, kuten halkeamia, painumia tai muita merkkejä perustusten riittämättömästä toiminnasta. (RIL 254-2016.)

Toisessa vaiheessa toteutetaan geotekniikan tutkimuksia, joiden tarkoituksena on määrittää maaperän ominaisuudet ja perustusten nykyinen tilanne. Tyypillisiä tutkimusmenetelmiä ovat esimerkiksi kairaukset, maaperänäytteiden analysointi, puristuskokeet sekä geofysikaaliset mittaukset. Näiden tutkimusten avulla saadaan yksityiskohtaista tietoa maaperän kantavuudesta, puristuvuudesta, pohjaveden tasosta ja muista keskeisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat perustusten toimintaan. Geotekninen tutkimusvaihe on tärkeä, koska se tarjoaa lähtötiedot suunnitteluratkaisujen valintaa varten. (Heikinheimo 2006, 15–18.)

Kolmannessa vaiheessa analysoidaan tutkimustuloksia ja valitaan sopivimmat vahvistusratkaisut. Suunnittelussa otetaan huomioon rakenteen kuormitusvaatimukset, maaperän ominaisuudet, toteutuksen tekniset edellytykset sekä taloudelliset ja ympäristöön liittyvät näkökohdat. Vahvistusmenetelmän valintaan vaikuttavat myös kohteen erityispiirteet, kuten olemassa olevat rakennukset, ahtaat työolosuhteet ja pohjaveden olosuhteet. Esimerkiksi kantavuuden parantamiseksi voidaan käyttää

paalutusta. Tässä vaiheessa laaditaan alustava suunnitelma, jossa kuvataan valittu vahvistusmenetelmä, tarvittavat materiaalit ja työvaiheet. (Heikinheimo 2006, 15–18.)

Seuraavassa vaiheessa suunnitelmat viimeistellään yksityiskohtaisesti. Lopulliset suunnitelmat sisältävät piirustukset ja työselitykset, jotka määrittävät vahvistustoimenpiteiden toteutuksen. Suunnittelussa on tärkeää huomioida paitsi tekniset ja taloudelliset tekijät, myös työskentelyolosuhteet ja ympäristövaikutukset. Esimerkiksi tiheästi rakennetussa kaupunkiympäristössä on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei vahvistustyö aiheuta haittaa viereisille rakennuksille tai infrastruktuurille. Suunnitelmien viimeistelyvaiheessa arvioidaan myös aikataulut. (Salviander, O., haastattelu 13.2.2025.)

Toteutusvaiheessa varmistetaan, että kaikki työvaiheet etenevät suunnitelmien mukaisesti. Työmaalla suoritetaan jatkuvaa laadunvalvontaa. Laadunvarmistus on kriittistä, jotta voidaan taata suunniteltujen vahvistustoimenpiteiden onnistuminen. Lisäksi työmaaolosuhteet dokumentoidaan huolellisesti, jotta toteutuksen kaikista vaiheista jää kirjanpito.

Viimeisenä vaiheena ovat jälkitarkastukset ja seuranta. Vahvistustoimenpiteiden jälkeen rakenteiden toimivuutta seurataan tarvittaessa mittauksilla ja analyyseillä. Esimerkiksi painuman vähenemistä voidaan mitata tarkasti, ja näin varmistetaan, että perustusten vahvistus on saavuttanut halutut tulokset. Jälkiseuranta toteutetaan 2 vuoden takuunaikana yleensä vuoden välein. Seurannan avulla voidaan myös varmistaa, että mahdolliset ongelmat havaitaan ja korjataan. (Salviander, O., haastattelu 13.2.2025.)

Geosuunnittelun vaiheittainen lähestymistapa perustusten vahvistuksessa mahdollistaa ongelmien ymmärtämisen ja kestävämpien ratkaisujen suunnittelun. Jokainen vaihe on tärkeä lopputuloksen kannalta, ja erityisesti alkututkimusten tarkkuus ja suunnitelmien huolellisuus vaikuttavat merkittävästi toteutuksen onnistumiseen.

4.2.1 Kairaukset

Niin uudisrakentamisessa kuin perustusten korjaustyössä käytetään samoja kairausmenetelmiä. Kairauksilla tutkitaan maaperän pitoisuuksia ja kantavia maakerroksia, kuten moreeni ja kallio. Kairausmenetelmä valitaan tilanteen mukaan. Jos rakennus korjaustyö tehdään porapaaluilla, suoritetaan porakonekairauksia

kallioon. Mikäli rakennus tullaan korjaamaan mahdollisesti lyöntipaaluilla tai puristuspaaluilla, käytetään heijari-, paino- tai puristinkairauksia. Jos korjausmenetelmänä on suihkuinjektointi, selvitetään maaperänäytteillä saven aggressiivisuus ja humuspitoisuus. (Heikinheimo 2006, 15.)

4.2.2 Rakenteen mittaukset

Rakennuksen painumahistorian selvittämiseksi käytetään usein vaaitusmenetelmää, jossa hyödynnetään tavallista vaaituskonetta. Mittaukset suoritetaan rakenteiden kohdista, jotka alkuperäisessä rakentamisvaiheessa on tehty suoriksi, ja joita rakennuksen käyttäjä ei ole myöhemmin oikaissut. Lattioita on tyyppillisesti tasoitettu uudelleen, joten vaaituksen kannalta soveltuvimpia mittauspisteitä ovat esimerkiksi räystäslinjat, sokkelilinjat, ikkunapenkit, julkisivun koristelistat sekä sisäkaton alapinta. (Heikinheimo 2006, 16.)

4.2.3 Koekuoppa

Koekuoppatutkimuksen avulla voidaan selvittää rakennuksen perustusten todellinen laatu. Koekuoppa kaivetaan tyyppillisesti sisätiloissa lapiotyönä tai rakennuksen ulkopuolelta kaivinkoneella (kuva 11 ja kuva 12). Tutkimuksen yhteydessä dokumentoidaan kaikki havainnot valokuvin ja laaditaan raportti. On olennaista, että havainnot kirjataan mahdollisimman tarkasti ja totuudenmukaisesti, sillä ne toimivat usein lähtötietoina urakoitsijalle tarjouslaskennan yhteydessä.



Kuva 11. Kivilatomus, hirsiarina ja puupaalut (Salviander, O. 2025).



Kuva 12. Kivilatomus kellaritiloissa (Hento 2024).

Koekuoppatutkimuksessa kirjattavia tietoja ovat muun muassa perustusten mitat ja korkeustasot, perustusten laatu, alapohjan rakenne mahdollisimman yksityiskohtaisesti, mahdollinen tyhjä tila anturan alla sekä havainnot paaluista, niiden koosta ja keskinäisestä sijainnista. Lisäksi dokumentoidaan kivimuurin rakenne, kivien koko ja muoto sekä se, onko kivien välissä käytetty laastia. (Heikinheimo 2006, 16.)

4.2.4 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimukset, kuten muutkin analyysit, määräytyvät tutkittavan tapauksen ja arvioidun vaurion perusteella. Perustusten korjauksen yhteydessä suoritettavia laboratoriotutkimuksia voivat olla esimerkiksi saven kokoonpuristuvuusominaisuuksien ja vesipitoisuuden analysointi rakennuksen painuman selvittämiseksi sekä saven aggressiivisuuden tutkiminen teräsraudoituksen käyttöä suunniteltaessa. (Heikinheimo 2006, 18.)

4.3 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelu on olennainen osa rakennushanketta, ja sen tavoitteena on varmistaa rakenteiden kestävyys ja toimivuus. Erityisesti korjausrakentamisessa rakennesuunnittelun merkitys korostuu, sillä vanhojen rakennusten rakenteiden ja perustusten kunto sekä mahdolliset vauriot on huomioitava. Suunnitteluprosessi perustuu tutkimuksiin ja mittauksiin, joiden avulla voidaan tehdä perusteltuja ratkaisuja rakenteiden vahvistamiseksi ja kuormansiirtorakenteiden mitoitukselle. (Perälä 2006, 21.)

Rakennesuunnittelussa otetaan huomioon muun muassa rakennuksen alkuperäiset materiaalit, kuormitusolosuhteet sekä mahdolliset painumaongelmat.

Suunnitteluratkaisut voivat sisältää peruskorjauksia, vahvistuksia tai täysin uusia kuormansiirtorakenteita, joiden avulla rakennuksen kantavuutta voidaan parantaa. On tärkeää, että rakennesuunnittelussa hyödynnetään ajankohtaisia tutkimusmenetelmiä ja standardeja, jotta lopputulos täyttää sekä turvallisuusvaatimukset että pitkäaikaisen kestävyysvaatimukset. (Perälä 2006, 21.)

4.3.1 Painuma- ja vaurioseuranta

Rakennusten painumaa voidaan seurata tarkkavaaituksen avulla. Seurantamittausten tarkkuus on 0,3 mm (XYZ-Mittaus Turku Oy 2025). Mittausten suorittamiseksi rakennuksen kantaviin rakenteisiin kiinnitetään pultteja, joita vaaitaan säännöllisin aikaväleihin. Mittaustulokset esitetään aika-painumakäyrästä, jonka avulla voidaan analysoida painuman nopeutta ja siinä tapahtuneita muutoksia. Lisäksi käyrien perusteella on mahdollista tarkastella tasokuvasta, mitkä rakennuksen osat ovat painuneet eniten. (Heikinheimo 2006, 16.)

4.3.2 Vanhojen rakenteiden tutkiminen

Rakennuksen rakenteiden selvittämiseksi määritellään koeporauksille sopivat kohdat perehtymällä vanhoihin suunnitelmiin sekä suorittamalla tutustumiskäynti kohteeseen. Koeporauksista laaditaan pöytäkirja, johon dokumentoidaan kaikki porauksen aikana havaitut rakennekerrokset ja niiden materiaalit sekä eri rakennekerrosten paksuudet. Lisäksi pöytäkirjaan merkitään mahdolliset suuret säästökivet betonissa, betonin epätavallinen huokoisuus tai hiekkapesät sekä muut koekappaleesta silmämääräisesti havaittavat seikat. (Perälä 2006, 21.)

Koeporauspöytäkirjojen perusteella porauksista laaditaan kuvat, jotka liitetään urakkalaskenta-asiakirjoihin. Lisäksi koeporauksista otetaan näytekappaleet, jotka lähetetään laboratorioon analysoitaviksi. Jotta laboratoriotutkimukset onnistuisivat, koeporaukset tulee tehdä vähintään 100 mm halkaisijaltaan olevalla timanttiporalla. Tällöin saatava lieriömäinen koekappale on riittävän suuri lujuustesteihin. Näytteistä tutkitaan muun muassa betonirakenteiden puristuslujuus, veto- tai taivutuslujuus, tiheys ja sen vaihtelut sekä mahdolliset vauriot, kuten jäätymisvauriot rakennusvaiheen aikana. (Perälä 2006, 21–22.)

Vanhoissa rakennuksissa voi esiintyä materiaaleja, jotka nykyisten säädösten mukaan luokitellaan terveydelle haitallisiksi. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi asbesti ja kreosootti. Mikäli näitä aineita havaitaan rakenteissa, niiden purkaminen on suoritettava valtuutetun purku-urakoitsijan toimesta, ja ne on toimitettava asianmukaiseen ongelmajätelaitokseen loppukäsittelyä ja sijoitusta varten. (Perälä 2006, 22.)

Mikäli vanhasta rakennuksesta ei ole saatavilla alkuperäisiä piirustuksia, on rakenteista tehtävä kartoitusmittaus. Kartoitusmittauksessa rakennuksen vanhat rakenteet mitataan esimerkiksi takymetrillä, ja mittaustiedot siirretään tietokoneelle. Näitä mittaustuloksia hyödynnetään suunnittelun lähtötietoina. Lisäksi vanhoja rakenteita ja niiden verhouksia on avattava kantavien rakenteiden sijainnin varmistamiseksi. (Perälä 2006, 22.)

Korjausrakentamisessa on syytä varautua jonkinasteiseen muutossuunnitteluun työvaiheen aikana, vaikka tutkimukset ja mittaukset olisi suoritettu huolellisesti. Kattava kohteeseen perehtyminen ja perusteelliset rakennetutkimukset voivat kuitenkin vähentää muutossuunnittelun tarvetta merkittävästi. (Perälä 2006, 22.)

4.3.3 Kuormansiirtorakenteen valinta

Kuormansiirtorakenteella tarkoitetaan perustusten vahvistamisen yhteydessä toteutettavaa rakennetta, jonka tehtävänä on siirtää vanhan rakenteen kuormitus uusille paaluille tai parantaa olemassa olevan rakenteen kantavuutta.

Kuormansiirtorakenteita on useita perustyyppisiä, joista valitaan kohteen olosuhteisiin parhaiten soveltuva ratkaisu. Tarvittaessa voidaan myös yhdistellä eri perustyyppien ominaisuuksia optimaalisimman lopputuloksen saavuttamiseksi. (Perälä 2006, 27.)

Kuormansiirtorakenteen valinnassa keskeisiä tekijöitä ovat vanhan rakenteen ominaisuudet ja kestävyys. Usein uusi materiaali ja rakenne ovat huomattavasti vanhaa rakenteellista kokonaisuutta kestävämpiä, minkä vuoksi kokonaisuuden kantavuus määräytyy alkuperäisen rakenteen mukaan. Rakennuksen kantavan runkorakenteen vahvistamisessa kantavuuden suhteen ei voida ottaa riskejä, sillä rakennuksen koko paino tukeutuu uusien rakenteiden varaan. (Perälä 2006, 27.)

Perustusten vahvistaminen suoritetaan yleisesti paaluttamalla, jolloin kuormansiirtorakenteen valintaan vaikuttavat erityisesti rakennuksen kuormitusten jakautuminen ja uusien paalujen kantokyky. Mitä suurempia kuormia paalut kantavat, sitä järeämpää kuormansiirtorakennetta ne vaativat. Erityisesti porapaalut, joilla on korkea kantokyky, edellyttävät rakenteiltaan huomattavaa järeyttä. (Perälä 2006, 27.)

Perustusten vahvistamistarpeen taustalla on yleensä rakennuksen painumakäyttäytyminen, joka halutaan pysäyttää. Tämän vuoksi uudet paalut esijännitetään usein rakennuksen pysyviä kuormia vastaavalle tasolle, jotta voidaan

minimoida paaluille kohdistuva kimmoisa kokoonpuristuma. Esijännitys asettaa kuormansiirtorakenteille lisävaatimuksia ja saattaa joissakin tapauksissa tehdä rakenteista huomattavan monimutkaisia. (Perälä 2006, 27.)

Kuormansiirtorakenteiden yleisimpiä perustyypppejä ovat ripustusankkurointi ja teräksiset poikkipalkit. Lisäksi käytetään erilaisia pilastereita (kuva 15), pilarimanttelointeja sekä teräspalkkirakenteita (kuva 13 ja 14). Näiden rakenteiden valinta ja mitoitus perustuvat rakennuksen ominaisuuksiin, kuormitukseen sekä paalutuksen vaatimuksiin. (Perälä 2006, 27.)



Kuva 13. Kuormansiirtorakenteen esijännitys kallionvaraisella anturalla (Hento 2023).



Kuva 14. Kuormansiirtorakenne esijännitetty porapaalulle (Hento 2023).



Kuva 15. Pilasterin raudoitus (Hento 2023).

4.4 Työmaatekniikka

Ennen korjaustoimenpiteiden aloittamista vahvistettava rakennus on useimmiten painunut ja vaurioitunut. Sopivimman vahvistusmenetelmän ja työjärjestyksen valitsemiseksi on tärkeää selvittää rakennuksen painumahistoria sekä perustusten kunto eri osissa rakennusta. Työmenetelmä ja -järjestys suunnitellaan siten, että työn aikana syntyvät painumat ja mahdolliset vauriot pysyvät mahdollisimman vähäisinä ja sallituissa rajoissa. (Vunneli 2006, 34.)

Työn alussa rakennuksen painumaseurantapisteitä täydennetään tarvittaessa. Painumia seurataan koko korjausurakan ajan sekä rakennuksen sisä- että ulkopuolelle sijoitettujen mittauspisteiden avulla. Mikäli rakennus sijaitsee paksun koheesiomaakerroksen varassa, rinteessä tai vesistön äärellä, on alueen kokonaisstabiiliteettia ja mahdollisia siirtymiä seurattava kovaan pohjaan ulotettujen inklinometrimittausputkien avulla. (Vunneli 2006, 34.)

4.4.1 Työmaan perustaminen

Työmaalla työskentelevien toimihenkilöiden ja ammattityöntekijöiden määrä määräytyy työkohteen alueellisen laajuuden, työn vaativuuden sekä vahvistustöiden rinnalla toteutettavien muiden korjaustöiden perusteella. Tällaisia samanaikaisia töitä voivat olla esimerkiksi kellarikerroksen viemäri-, vesijohto- ja ilmastointijärjestelmien saneeraus. Näiden töiden laajuus ja aikataulutukset vaikuttavat suoraan työvoimatarpeeseen ja työmaan organisointiin. (Vunneli 2006, 34.) Yleisesti työmaalla toimii 1–3 toimihenkilöä, kuten vastaava työnjohtaja ja työmaa mestari, sekä 6–10 ammattityöntekijää, joihin kuuluvat esimerkiksi paalutustyöntekijät, kaivinkoneenkuljettajat, betonityöntekijät, purkutyyöntekijät, raudoittajat ja muut rakennusalan ammattilaiset.

Koska vahvistustöitä varten työmaan käyttöön voidaan yleensä luovuttaa ainoastaan kellarikerros, työmaan sosiaali- ja toimistotilat joudutaan sijoittamaan rakennuksen piha-alueelle. Näihin tiloihin kuuluvat erilliset työmaakopit työmaatoimistoa ja mahdollisia työmaakokouksia varten sekä sosiaalitalakopit työntekijöiden pukeutumis- ja ruokailutarpeisiin. Työmaatoimisto toimii keskeisenä hallinnollisena tilana, jossa hoidetaan työmaan dokumentointi, aikataulujen seuranta ja päivittäinen työnohjaus.

Sosiaalituloissa puolestaan on varattava riittävästi tilaa työntekijöiden hyvinvoinnin tukemiseksi. (Vunneli 2006, 34.)

Lisäksi työmaalla tarvitaan vähintään yksi varastokontti työkalujen ja pientarvikkeiden säilytystä varten. Tämä kontti tulee sijoittaa siten, että se on helposti saavutettavissa työalueelta, mutta ei häiritse muuta liikennettä tai varastointia. Työmaa-alueella on oltava riittävästi tilaa myös ulkona sijaitseville työkoneille, materiaalien varastoinnille sekä jätteiden lajittelulle ja kierrätykselle. Erityisesti paalumateriaalien, rakennusteräksen ja betonituotteiden varastointia varten tulee varata selkeästi rajatut alueet, jotka mahdollistavat materiaalien turvallisen kuljettamisen työskentelyalueelle. (Vunneli 2006, 34.)

Perustusten vahvistustöiden yhteydessä kellarikerroksesta joudutaan usein poistamaan merkittävä määrä purku- ja kaivumassoja. Nämä massat on kuljetettava pois työmaa-alueelta logistiikkasuunnitelman mukaisesti, mikä edellyttää sujuvaa kulkureittiä kellarista ulos. Purkutyöt toteutetaan vaiheittain, jotta työmaa pysyy järjestyksessä ja turvallisena. Samanaikaisesti rakentamista varten kellarikerrokseen on kuljetettava työkoneita, paalumateriaaleja, teräspalkkeja, rakenneteräksiä ja betonia. Näiden materiaalien siirto vaatii ennakkosuunnittelua, jotta kellarituloissa voidaan säilyttää riittävät työskentely- ja kulkutilat. (Vunneli 2006, 34–35.)

Mikäli työkohteessa ei ole valmiina ajoluiskaa, rakennuksen seinään on tehtävä erillinen työaukko työmaan huoltoon ja materiaalikuljetuksia varten. Työaukko pyritään sijoittamaan keskeiselle paikalle, jotta se palvelee työmaatoimintoja koko urakan ajan ja mahdollistaa logistisesti tehokkaan kulun rakennukseen. Työaukon mittojen tulisi olla vähintään 0,8 metriä leveä ja 2,0 metriä korkea, mutta käytännössä aukon kokoa voidaan säätää työkoneiden ja kuljetettavien materiaalien mukaan. (Vunneli 2006, 34–35.)

Tarvittaessa olemassa olevia kulkuaukkoja kellarituloissa voidaan leventää, jotta työkoneet ja suuremmat materiaalit voidaan siirtää työskentelyalueelle. Tämä edellyttää rakennesuunnittelua, jotta rakennuksen kantavat rakenteet eivät vaurioidu aukkoja suurennettaessa. (Vunneli 2006, 35.)

Betonin siirto työkohteeseen toteutetaan pääsääntöisesti betonipumpulla varustetun sekoitussäiliöauton tai erillisen betonipumpun avulla. Betonin pumppausreitit suunnitellaan etukäteen, jotta ne eivät estä muuta työmaaliikennettä. Tarvittaessa

betonin siirrossa voidaan käyttää myös betonikärriä ahtaissa tiloissa. (Vunneli 2006, 35.)

4.4.2 Työnaikaiset ympäristöhaitat

Perustusten vahvistustöihin kuuluu usein purku- ja paalutustöitä, jotka voivat aiheuttaa ympäristöhaittoja, kuten melua, tärinää, pölyä ja epämiellyttäviä hajuja. Näiden haittojen minimoimiseksi on tärkeää, että työmaa suunnitellaan huolellisesti ja tarvittavat suojatoimenpiteet suoritetaan töiden alussa. Erityisesti sisätiloissa suoritettavissa työvaiheissa on varmistettava riittävä ilmanvaihto ja pölynhallinta, jotta työskentely-ympäristö säilyy turvallisena sekä työntekijöille että rakennuksen käyttäjille. (Vunneli 2006, 35.)

Vanhojen rakenteiden purkaminen voi aiheuttaa altistumista haitallisille aineille, sillä vanhoissa rakennuksissa on vesieristeenä käytetty usein myrkyllistä kreosoottia. Tämä aine haihtuu ilmaan rakenteita purettaessa, minkä vuoksi purkutöitä on suoritettava huolellisesti ja työalue eristettävä muista tiloista. Ilmanvaihto tulee suunnitella siten, että haitalliset höyryt poistuvat tehokkaasti työtilasta ja työntekijöillä on käytössään asianmukaiset hengityssuojaimet ja muut henkilökohtaiset suojaruusteet. (Vunneli 2006, 35.)

Lisäksi vahvistustöihin liittyy usein vanhojen putkistojen siirto- ja purkutöitä. Näissä rakenteissa on aikaisemmin käytetty asbestia eristemateriaalina, mikä edellyttää erityistä varovaisuutta purkutöiden aikana. (Vunneli 2006, 35.) Asbestipurkutöitä on suoritettava lainsäädännön (Laki eräistä asbestipurkutöitä koskevista vaatimuksista 22.5.2015/684) vaatimusten mukaisesti.

Vahvistustyöt toteutetaan pääsääntöisesti rakennuksen alimmasta kellarikerroksesta käsin. Tällöin on suositeltavaa, että koko kellarikerros varataan työmaan käyttöön, jotta työskentely voidaan toteuttaa tehokkaasti ja turvallisesti. Työalue on erotettava pölytiivillä seinärakenteilla muista tiloista, joihin ulkopuolisilla on pääsy. Tämä suojaa sekä työntekijöitä, että rakennuksen käyttäjiä haitallisilta päästöiltä ja estää pölyn leviämisen muihin tiloihin. (Vunneli 2006, 35.)

Vahvistettavan rakennuksen piha-alueelle sijoitetaan työssä tarvittavia laitteita, kuten kompressori, joka tuottaa pakokaasupäästöjä. Mikäli työmaa sijaitsee tiheästi asutetulla alueella tai lähellä herkkiä kohteita, voidaan ympäristössä suorittaa melumittauksia.

Melua aiheuttavat työvaiheet, kuten paalutus ja purkutyöt, pyritään ajoittamaan sellaisiin ajankohtiin, jolloin niiden aiheuttama haitta ympäristölle on mahdollisimman vähäinen. (Vunneli 2006, 35.)

Purku- ja paalutustöiden aikana suoritetaan myös tärinämittauksia, jotka kohdistuvat sekä rakennuksen rakenteisiin että tärinäherkkiin laitteisiin. Mittaustuloksia seurataan jatkuvasti, ja mikäli tärinä ylittää rakenteille tai laitteille asetetut sallitut raja-arvot, työmenetelmiä muutetaan. Näin voidaan varmistaa, että työ ei aiheuta vaurioita rakennukselle tai sen lähiympäristölle. (Vunneli 2006, 35.)

5 Yhteenveto ja pohdinta

Tämä opinnäytetyö keskittyi perustusten vahvistukseen kokonaisvastuurakentamisen (KVR) urakkamallilla erityisesti tilaajan näkökulmasta. Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka KVR-urakkamallia voidaan hyödyntää perustusten vahvistushankkeissa, mitkä ovat sen keskeiset hyödyt ja haasteet sekä millaisia menetelmiä ja kalustoja vahvistustöissä käytetään.

Työn perusteella voidaan todeta, että KVR-urakkamalli tarjoaa merkittäviä etuja, kuten suunnittelun ja toteutuksen saumattoman yhteensovittamisen, tilaajan hallinnollisen taakan kevenemisen sekä projektinhallinnan tehokkuuden paranemisen. Erityisesti monimutkaisissa perustusten vahvistushankkeissa, joissa eri vaiheiden koordinointi on kriittistä, KVR-urakkamalli auttaa vähentämään riskejä ja parantamaan projektin lopputuloksen laatua.

Lisäetuna KVR-urakkamallissa on mahdollisuus innovatiivisiin ratkaisuihin, koska urakoitsija pääsee vaikuttamaan suunnitteluvaiheessa ja voi ehdottaa kustannustehokkaampia tai teknisesti sopivampia vaihtoehtoja. Myös vastuukysymykset ovat selkeämmät, sillä yksi toimija kantaa kokonaisvastuun, mikä vähentää tilaajan tarvetta koordinoida eri osapuolia. Tämä voi johtaa lyhyempiin projekti aikoihin ja vähentää toteutuksen viivästymiseen liittyviä riskejä. (Elementit-E Oy 2024.)

Urakoitsijan valinnassa kannattaa kiinnittää huomiota referenssikohteisiin sekä urakoitsijan henkilöreferensseihin. Aiemmat onnistuneet projektit ja kokemus vastaavista vahvistushankkeista antavat viitteitä urakoitsijan pätevyydestä ja luotettavuudesta.

KVR-urakassa urakoitsijalla on suuri vastuu koko projektista, joten tilaajan on varmistettava, että sopimusasiakirjat ja lähtötiedot ovat riittävän tarkat. Myös maaperäolosuhteiden ennakoimattomuus voi aiheuttaa lisäkustannuksia ja aikatauluhaasteita, mikä korostaa maaperätutkimusten merkitystä. Peruseriaatteena paalimetrit sidotaan maaperätutkimusten arvioiden perusteella, tällöin paalupituuksien muutos urakkasopimuksesta voi vaikuttaa kustannuksiin joko positiivisesti tai negatiivisesti tilaajan suuntaan. Esimerkiksi jos paalujen pituudet ovatkin arvioihin verrattu lyhyempiä, tilaajalle voi tulla hyvitystä urakkasummaan. (Hakanen, O., haastattelu 26.3.2025.)

Tilaajan hankkimat lähtötiedot ovat keskeisessä roolissa onnistuneen tarjouskilpailun ja projektin toteutuksen kannalta. Tarjouskilpailua varten olisi lähtötietojen oltava tarkkoja. Lähtötietoihin kuuluu maaperätutkimusten teettäminen, vanhojen rakenteiden sijaintien ja kunnan selvittäminen sekä vanhojen perustusten ja rakenteiden piirustusten hankinta. Lisäksi tilaajan olisi hyvä teettää koeporauksia vanhoista rakenteista, jotta tarjouslaskennassa voidaan ottaa huomioon rakenteiden todellinen kunto ja ominaisuudet. (Hakanen, O., haastattelu 26.3.2025.)

Ennen tarjouslaskentaa on myös määriteltävä selkeästi, millaiseksi vahvistettu tila tulee muodostumaan. Esimerkiksi kuormansiirtopilasterit kellaritiloissa voivat vaikuttaa merkittävästi tilan käytettävyyteen, koska ne vievät pinta-alaa ja ulottuvat ylempien kerrosten lattian alapintaan asti. Näiden tilamuutosten ennakointi ja huomioiminen suunnittelussa auttaa välttämään mahdollisia yllätyksiä toteutusvaiheessa. (Hakanen, O., haastattelu 26.3.2025.)

Rakennuksen painuminen on lähes poikkeuksetta väistämätön ilmiö vahvistustyön aikana. KVR-urakkamallissa urakoitsija kantaa vastuun painuman hallinnasta ja sen minimoinnista. Työnaikaiset 5–30 mm:n painumat ovat normaalia, etenkin jos painuma on tasaista työn aikana. Äkillisissä painumatilanteissa tulee ensisijaisesti tarkastella suunnitelmien sekä lähtötietojen mahdollisia puutteita ja miettiä vastuukysymyksiä tarkemmin. (Hakanen, O., haastattelu 26.3.2025.)

Perustusten vahvistusmenetelmien osalta havaittiin, että eri menetelmien soveltuvuus riippuu kohteen erityispiirteistä. Teräspaalut, kuten pora-, lyönti- ja puristuspaalutus, ovat yleisesti käytettyjä ratkaisuja, joilla saavutetaan hyviä tuloksia kantavuuden parantamisessa ja painumien hallinnassa. Rakennesuunnittelun ja geosuunnittelun merkitys korostui myös erityisesti painuma- ja vaurio seurannassa sekä kuormansiirtorakenteiden valinnassa.

Työn tulokset osoittavat, että onnistuneessa perustusten vahvistushankkeessa yhdistyvät huolellinen suunnittelu, toimiva projektinhallinta sekä laadukkaasti toteutetut vahvistusratkaisut. KVR-malli voi olla tehokas tapa hallita nämä asiat yhdessä, mutta sen onnistuminen edellyttää selkeitä sopimuksia, asiantuntevaa suunnittelua ja tiivistä yhteistyötä eri osapuolten välillä.

Tämän opinnäytetyön tekeminen on ollut positiivinen oppimisen kannalta. Työn aikana on syventynyt ymmärrys perustusten vahvistamisesta ja siihen liittyvistä teknisistä

ratkaisuista. KVR-urakkamallin keskeiset hyödyt ja haasteet ovat avautuneet. Käytännön näkökulma on saanut vahvistusta asioiden taustojen selvittämisestä.

Lähteet

Elementit-E Oy. 2024. Mikä on KVR-urakka? Viitattu 17.3.2025.

<https://elementit.fi/mika-on-kvr-urakka/>.

Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista.

Hakanen, O. 2025. Haastattelu. KFS Finland Oy:n vanhempi asiantuntija Ossi Hakasta haastatteli 26.3.2025 Aatu Hento.

Lehtonen, J. 2011. Underpinning projects; owners views on technology, economy and project management. Viitattu 13.2.2025.

<http://lib.tkk.fi/Diss/2011/isbn9789526042763/isbn9789526042763.pdf>.

Lehtonen, J.; Järvinen, A.; Heikinheimo, R.; Perälä, A.; Vunneli, J.; Lehtonen, J.; Jokiniemi, H.; Viitala, J.; Hesso, L. & Kanerva-Lehto, H. 2006. Perustusten vahvistaminen. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Minilex. 2025. Rakennusurakan muodot. Viitattu 29.1.2025.

<https://www.minilex.fi/a/rakennusurakan-muodot>.

Rakennusliike Lapti Oy. 2024. KVR-urakka. Viitattu 2.2.2025.

<https://lapti.fi/rakentaminen-palveluna/kvr-urakka/>

Ratu KI-6019. 2011. Korjaustöiden laatu KTL. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy

RIL 254-2016. Paalutusohje 2016 PO-2016. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto Ry.

Robit Plc. 2022. geotechnical product catalogue. Lempäälä: Robit Plc.

RT 103368. 2021. Asuntoyhtiön korjaushanke. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 103413. 2022. KVR-urakkatarjouksen laatiminen. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 103415. 2022. KVR-esisopimuksen laatiminen. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 16-10660. 2016. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 18-11220. 2016. Asunto-osakeyhtiön korjaushankkeen hankesuunnittelu. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 18-11246. 2016. Asbesti rakentamisessa. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 18-11248. 2016. Asbestikartoitukseen perustuva purkutyön suunnittelu ja toimenpiteet kiinteistössä. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT RakMK-21753. 2018. Pohjarakenteiden suunnittelu, ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakenteiden lujuus ja vakaus. Säännöskortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Salviander, O. 2025a. Haastattelu. KFS Finland Oy:n työmaapäällikkö Olli Salvianderia haastatteli 24.1.2025 Aatu Hento.

Salviander, O. 2025b. Haastattelu. KFS Finland Oy:n työmaapäällikkö Olli Salvianderia haastatteli 10.3.2025 Aatu Hento.

Salviander, O. 2025c. Haastattelu. KFS Finland Oy:n työmaapäällikkö Olli Salvianderia haastatteli 12.3.2025 Aatu Hento.

SSAB 2023. RR- ja RD-paalut suunnittelu- ja asennusohjeet. Ohjekortti. Viitattu 3.3.2025. <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/terasluokat/teraspaalut-ja-paineputket/tuotevalikoima/pienpaalut>.

Terveet tilat 2028. 2025. Rakennushankkeen vaiheet. Viitattu 17.2.2025. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakennushankkeen-vaiheet>

XYZ-Mittaus Turku Oy. 2025. Rakennusmittaus ja maanmittaus Turussa ja Varsinais-Suomessa. Viitattu 2.2.2025. https://xyz-mittaus.fi/?fbclid=IwY2xjawJ0P7IleHRuA2FibQIxMAABHuBgT41-BeZG-GXwq7MRt0NM_5hOqgnZz8JdaJLOYfmO5KBbOKbpd5YaEuD_aem_wj35TOEHT5g_etM_8PY5Pjw