



jamk

Betonirakenteiden injektointi muovipoh- jaisilla aineilla

Juha Ahlholm

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2025

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Ahlholm Juha

Betonirakenteiden injektointi muovipohjaisilla aineilla

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2025, 38 sivua.

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Keski-Suomen Betonirakenne Oy:n (KSBR) toimeksiannosta, ja sen tavoitteena oli selvittää betonirakenteiden injektointimenetelmiä ja niiden soveltuvuutta eri käyttökohteisiin. Injektointi on keskeinen menetelmä betonirakenteiden tiivistämisessä ja vahvistamisessa, ja sen avulla voidaan pidentää rakenteiden käyttöikää kustannustehokkaasti.

Työssä kartoitettiin yleisimmät injektointimenetelmät, kuten letkuinjektointi, tulppainjektointi ja imeytys. Lisäksi vertailtiin markkinoilla olevia injektointiaineita, kuten epokseja ja polyuretaaneja, sekä niiden soveltuvuutta eri olosuhteisiin. Työn keskeinen osa oli myös käytännön työohjeiden laatiminen injektointimenetelmien toteuttamiseen.

Tulosten perusteella oikean menetelmän ja materiaalin valinta on ratkaisevaa injektoinnin onnistumiselle. Eri injektointiaineilla on merkittäviä eroja niiden käyttökohteiden, reaktiomekanismien ja kestävyysominaisuuksien suhteen. Injektointi tarjoaa tehokkaan vaihtoehdon rakenteiden vaurioiden korjaamiseen, mutta sen pitkäaikaisvaikutuksia tulisi tutkia tarkemmin.

Työ toimii ohjeistuksena Keski-Suomen Betonirakenteelle injektointimenetelmien valintaan ja henkilöstön koulutukseen. Lisäksi se tarjoaa hyödyllistä tietoa rakennusalan ammattilaisille ja opiskelijoille.

Avainsanat (asiasanat)

Betonirakenteet, injektointi, epoksihartsit, polyuretaani, rakennustekniikka, korjausrakentaminen, vesitiivytys, halkeamien korjaus

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Ahlholm Juha

Injection of concrete structures with resin-based materials

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2025, 38 pages.

Degree Programme in Construction and Civil engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

This thesis was commissioned by Keski-Suomen Betonirakenne Oy (KSBR) with the objective of investigating injection methods for concrete structures and their suitability for various applications. Injection is a key technique for sealing and strengthening concrete structures, allowing for cost-effective extension of their service life.

The study explored the most common injection methods, such as hose injection, packer injection, and capillary injection. Additionally, different injection materials available on the market, such as epoxies and polyurethanes, were compared regarding their suitability for various conditions. A significant part of the thesis was dedicated to developing practical work instructions for implementing injection techniques.

The findings emphasize that selecting the right method and material is crucial for successful injection. Different injection materials have significant variations in their areas of application, reaction mechanisms, and durability properties. Injection provides an effective solution for repairing structural damage, although its long-term effects should be studied further.

The thesis serves as a guideline for Keski-Suomen Betonirakenne in selecting appropriate injection methods and training employees. Additionally, it provides valuable information for professionals and students in the construction industry.

Keywords/tags (subjects)

Concrete structures, injection, epoxy resin, polyurethane, construction engineering, renovation construction, waterproofing, crack repair

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1 Johdanto	3
2 Työn toteutus ja menetelmät	4
3 Injektointi	4
3.1 Injektointi kestävän kehityksen näkökulmasta	5
4 Injektointimenetelmät	6
4.1 Letkuinjektointi	6
4.2 Tulppainjektointi	7
4.3 Imeytys	9
5 Injektointiaineet	9
5.1 Injektointiepoksit	10
5.2 Polyuretaani injektointiaineet.....	10
6 Työohjeet injektointimenetelmiin	11
6.1 Työohje letkuinjektointiin	11
6.2 Työohje halkeamien tulppainjektointiin (mansetit)	14
6.3 Työohje kopoalueiden tulppainjektointiin	17
6.4 Työohje imeytykseen	18
6.5 Työohje liimamansetit.....	19
7 Injektointi tuotteiden valinta	20
7.1 Injektointiaineiden vertailu.....	21
7.2 Injektointitarvikkeiden ja -pumppujen vertailu	21
7.2.1 Injektointipumput	21
8 Injektointi tuotteiden valinta käyttökohteeseen	22
8.1 Aktiivisesti vettä vuotavat halkeamat ja saumat	22
8.2 Kuivien ja vähäisesti kosteiden halkeamien korjaus.....	23
8.3 Halkeamien rakenteellinen vahvistaminen.....	23
9 Pohdinta	24
9.1 Luotettavuus ja eettisyys	25
Lähteet	26
Liitteet	28
Liite 1. KÖSTER injektointiaineet (Injektointijärjestelmät 2025)	28
Liite 2. Webac injektointiaineet (Injektointiaineet ja tarvikkeet 2025)	29

Liite 3. Sika injektointiaineet (Sikadur-52 Injection Normal n.d.)	31
Liite 4. Semtu tuotevalikoiman injektointiaineet (Injektointiaineet 2025)	32
Liite 5. Injektointiletkut (Muottikolmio; Alimex; Meltex n.d.)	33
Liite 6. Injektointitulpat (Muottikolmio; Alimex n.d.)	34
Liite 7. Injektointipumput (Alimex; Semtu; Muottikolmio n.d.)	35

Kuviot

Kuvio 1. Kopoalueita havainnollistava kuva.....	8
Kuvio 2. Injektointiletkujen asentaminen varausrasiaan.....	13
Kuvio 3. Injektointiletkujen asentaminen injektointikartioihin	13
Kuvio 4. Kipsimerkki	15
Kuvio 5. Injektointitulppien asennusta havainnollistava kuva	16
Kuvio 6. Kopoalueen porauskohtia havainnollistava kuva	18
Kuvio 7 Imeytys kaukalo.....	19

1 Johdanto

Betonirakenteet muodostavat keskeisen osan nykyaikaista rakennettua ympäristöä. Niiden pitkäaikainen kestävyys on tärkeä niin taloudellisesta kuin ympäristöllisestä näkökulmasta. Betonirakenteet altistuvat kuitenkin ajan myötä vaurioille, kuten halkeamille ja kosteuden tunkeutumiselle, jotka voivat heikentää niiden toimivuutta ja turvallisuutta. Näiden ongelmien korjaamiseen käytettävät menetelmät, kuten injektointi, ovat merkittäviä erityisesti olemassa olevien rakenteiden elinkaaren pidentämisessä ja ylläpidossa. Injektointi mahdollistaa rakenteiden tiivistämisen ja vahvistamisen ilman, että niitä tarvitsee purkaa tai korvata uusilla rakenteilla, mikä tukee kestävän kehityksen periaatteita.

Tämä opinnäytetyö keskittyy betonirakenteiden injektointiin käyttäen muovipohjaisia aineita. Työn tarkoituksena on koota kattava tietopaketti, joka sisältää yleisimpien injektointimenetelmien kuvauksen, työohjeet sekä markkinoilla olevien injektointiaineiden ja -välineiden vertailun. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda käytännönläheinen ohjeistus, joka auttaa toimeksiantajaa, Keski-Suomen Betonirakennetta (KSBR), työmenetelmien ja aineiden valinnassa erilaisiin kohteisiin. Lisäksi työ tarjoaa hyödyllistä tietoa yrityksen henkilöstön perehdyttämiseen ja koulutukseen.

Injektoinnin käyttöalueet ovat monipuoliset. Menetelmällä voidaan tiivistää halkeamia, saumoja ja onkaloita parantaen betonin vedenpitävyyttä ja kestävyyttä. Käytettävät aineet, kuten epoksit ja polyuretaanit, valitaan korjattavan rakenteen ominaisuuksien ja korjauksen tavoitteiden perusteella. Opinnäytetyö sisältää yksityiskohtaiset työohjeet letkuinjektoinnille, tulppainjektoinnille ja imeytykselle sekä markkinoilla olevien tuotteiden ominaisuuksien vertailun. Näin se antaa kokonaisvaltaisen kuvan injektointimenetelmien hyödyistä ja soveltuvuuksista.

Työ rakentuu seuraavasti: ensin käsitellään injektoinnin teoreettiset perusteet ja sen merkitys kestävässä kehityksessä. Tämän jälkeen esitellään injektointimenetelmät ja käytettävät aineet. Työohjeissa keskitytään menetelmien käytännön toteutukseen. Lopuksi arvioidaan injektointiaineiden ja -välineiden ominaisuuksia sekä vertaillaan niiden soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin. Työ toimii hyödyllisenä oppaana paitsi toimeksiantajalle, myös laajemmin alan ammattilaisille ja opiskelijoille.

2 Työn toteutus ja menetelmät

Tämä opinnäytetyö on kehittämispainotteinen, ja sen tavoitteena oli tuottaa käytännönläheinen ohjeistus injektointimenetelmien valintaan ja toteuttamiseen muovipohjaisilla aineilla. Työ tehtiin Keski-Suomen Betonirakenne Oy:n toimeksiannosta, ja sen ensisijaisena tarkoituksena oli tarjota yritykselle ohjeistus menetelmävalintoihin ja käytännön toteutukseen.

Työ toteutettiin kokoamalla ja yhdistelemällä teknistä tietoa alan oppaista, ohjeista ja tuotevalmistajien materiaalista. Lähteinä käytettiin muun muassa SILKO-ohjeita, BY 201 Betonitekniikan oppikirjaa sekä injektointituotteiden valmistajien dokumentaatiota. Aineiston avulla koottiin yhteen yleisimmät menetelmät, aineet ja työvälineet, joiden käyttö perustuu alan vakiintuneisiin käytäntöihin.

Menetelmänä työssä hyödynnettiin käytännön kokemusta ja kirjallisuustietoa yhdistävää tarkastelutapaa. Tiedonkeruun jälkeen injektointimenetelmät käytiin läpi vaihe vaiheelta, ja niistä laadittiin yksityiskohtaiset työohjeet, joita voidaan käyttää työmailla. Työssä ei käytetty erillistä empiiristä aineistonkeruuta, vaan kehittämistyö perustui olemassa olevan tiedon analysointiin ja soveltamiseen.

3 Injektointi

Injektointi on työmenetelmä, jota käytetään betonirakenteessa olevien halkeamien, saumojen, huokosten tai onkaloiden täyttämiseen. Menetelmän tarkoituksena on rakenteen tiiveyden ja/tai lujuuden parantaminen. Tiivistämisellä pyritään rakenteen vesitiiveyden parantamiseen tukkimalla vuotavat saumat tai halkeamat. Tällä estetään myös veden tunkeutuminen raudoituksiin, joiden korrosio aiheuttaa vaurioita rakenteeseen. (SILKO 2.236 Halkeaman injektointi polymeerillä voimia siirtäväksi 2023). Rajoituksena on, ettei injektoimalla voida korjata betoniterästen korroosiosta johtuvia halkeamia, koska injektointi ei poista halkeaman syytä (mts. 6). Lujuutta parantavassa injektoinnissa rakenteen lujuutta heikentävä vaurio korjataan rakenteen palauttamiseksi

ominaisuuksiltaan alkuperäistä vastaavaksi eli voimia siirtäväksi. Injektointi tehdään yleensä käyttäen kovettuvia muoveja, joista yleisemmät ovat epoksi ja polyuretaani, sekä myös harvemmin akryyli. (By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018, 559.)

Yleisimmät menetelmät injektointiin ovat letku- ja tulppainjektointi, sekä imeyttäminen. Injektoimalla voidaan korjata yli 0,2 mm leveitä halkeamia ja tätä kapeammat imeyttämällä (By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018, 559). Injektointilaitteet ovat sähkökäyttöisiä pumppuja tai käsikäyttöisiä puristimia (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016, 35). Käsikäyttöiset puristimet soveltuvat paremmin kohteisiin, joissa määrät ja paine eivät ole suuria. Sähkökäyttöiset pumput soveltuvat taas paremmin suurien määrien injektointiin pitkäkestoisella ja kovalla paineella. Injektointipumppuja on 1- ja 2-komponenttisina. 1-komponenttisissa pumpuissa injektointiaineet on sekoitettava erillisessä astiassa ennen pumpun astiaan kaatamista. 2-komponenttisissa pumpuissa injektioaineen komponenteille on omat säiliöt, ja ne sekoittuvat vasta pistoolissa tai suuttimessa. Injektointiaineita on yksi- tai useampi komponenttisia, joissa kuivumisreaktio alkaa aineiden reagoidessa toistensa tai ilman kanssa. (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016.) Injektointi tulee suorittaa mahdollisimman pitkän ajan kuluttua betonoinnin jälkeen, aikaisintaan 28 vuorokauden kuluttua, kun betonin kaikki muodonmuutokset ovat tapahtuneet ja hydrataatiolämpö on poistunut betonista (Injektointiletkun asennusohje n.d.).

3.1 Injektointi kestävän kehityksen näkökulmasta

Kestävä kehitys on keskeinen osa nykyaikaista rakentamista, ja se kattaa ekologisen, sosiaalisen, taloudellisen ja kulttuurisen kestävyuden ulottuvuudet. Ekologisella kestävyydellä tarkoitetaan luonnonvarojen kestävästä käyttöä. Se kattaa ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen. (Agenda 2030: Kestävän kehityksen tavoitteet n.d.). Injektoinnilla voidaan pidentää betonirakenteiden käyttöikä, mikä vähentää uuden rakentamisen tarvetta ja säästää luonnonvaroja.

Sosiaalisella kestävyydellä tarkoitetaan yhteiskunnan hyvinvoinnin turvaamista kaikille ihmisille. Tämä sisältää terveydenhuollon ja koulutuksen turvaamisen. Mikäli injektoimalla voidaan välttää heikkokuntoisten betonista rakennettujen terveydenhuollon ja koulutuksen tilojen purkamiselta.

Injektointi tukee kestävän kehityksen sosiaalista kestävyttä, koska yhteiskunnan palveluiden tarjoaminen jatkuu. Lisäksi se tukee ekologisia ja taloudellisia näkökulmia, koska vanhanrakennuksen uudelleenkäytöllä säästetään luonnonvaroja ja luodaan säästöjä. (Mt.)

Taloudellisella kestävyydellä tarkoitetaan talousjärjestelmän kykyyn toimia tehokkaasti ja pitkällä aikavälillä. Se sisältää resurssitehokkuuden, kiertotalouden ja vastuullisen yritystoiminnan. Betonirakenteen injektioimisella voidaan pidentää rakenteen elinkaarta, jolla luodaan säästöjä pitkällä aikavälillä. Betonirakenteen korjaus on myös edullisempaa kuin uudisrakentaminen, koska uuden rakentamisessa syntyy merkittäviä materiaalikustannuksia, energiankulutusta ja työvoimakuluja. Lisäksi injektioimalla voidaan mahdollisesti säästyä rakenteen pitkältä käyttökielloilta, jolla myös luodaan säästöjä. (Mt.)

Kulttuurisella kestävyydellä tarkoitetaan kulttuurillisten arvojen, perinteiden ja identiteettien säilyttämistä. Betonista rakennettuja kulttuurillisesti merkittäviä kohteita voidaan säilyttää injektioimalla, joka tukee kulttuurillista ja taloudellista kestävyttä. (Mt.)

4 Injektointimenetelmät

4.1 Letkuinjektointi

Letkuinjektioinnissa betonirakenteen kahden rakenneosan saumaan asennetaan rakennusvaiheessa erityiset injektointiletkut. Betonin kuivuttua letkuun pumpataan injektointiainetta, joka pääsee letkun seinämän läpi tunkeutumaan tiivistettäviin kohteisiin. Menetelmän tarkoituksena on tiivistää betonirakenteiden väliset saumat. Käyttökohteita ovat työsaumat, rakennesaumot ja läpiviennit. Injektointiletkut asennetaan kohteeseen enimmillään 10–12 m pätkissä ja injektointiletkun päihin kiinnitetään painetta kestävä umpiseinäiset syöttöletkut, joiden kautta pumppaus tapahtuu. Syöttöletkujen tuomiseksi muotin ulkopuolelle on kolme vaihtoehtoa. (Intec Premium asennusohje n.d.)

- Varausasiat. Syöttöletkut tuodaan muottiin kiinnitettyyn varausasiaan. Sieltä letkut voidaan injektoida kiinnittämällä injektointikartiot letkujen päihin.
- Injektointikartiot. Syöttöletkut kiinnitetään suoraan injektointikartioihin, jotka kiinnitetään muottiin. Betoni rakenteen ulkopintaan näkyviin jää kartiot, joista letkut saadaan injektoitua
- Syöttöletkut voidaan tuoda sellaisinaan ulostyöntyvänä muotin ulkopuolelle, jolloin injektointi voidaan suorittaa letkun päihin kiinnitettävien kartioiden avulla.

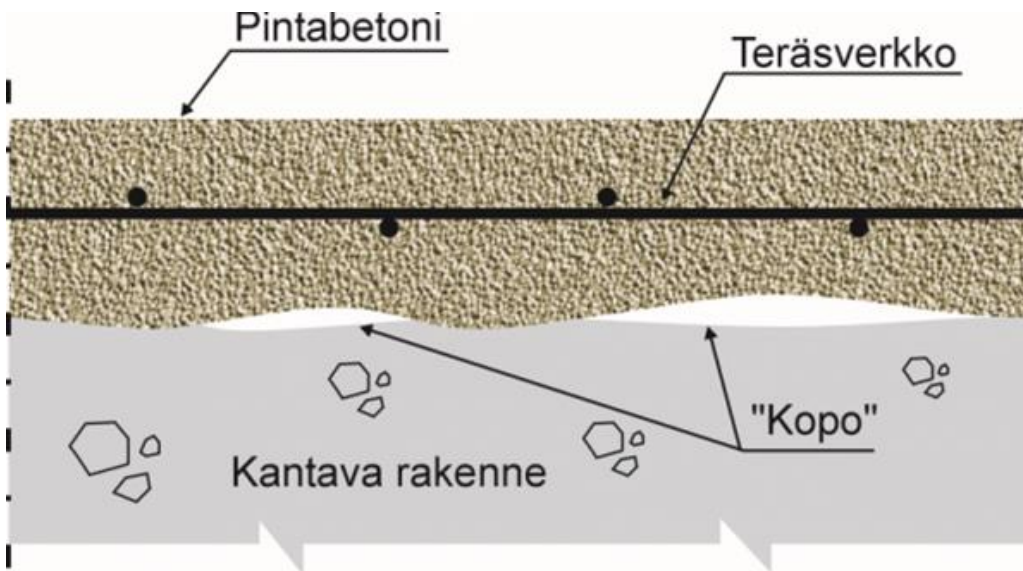
Edellisen pätkän päättymiskohdasta jatketaan limittäen uudella pätkällä. Letkut kiinnitetään betoniin käyttämällä metallisia tai muovisia kiinnikkeitä. (Mt.) Injektointiletkut noudattavat pääasiassa kahta erilaista rakennetta. Yleisempi letkun rakenne koostuu sisäletkusta, joka on päällystetty kudosella, joka estää veden ja sementtiliimojen pääsyn letkuun. Injektointiletku voi olla myös päällystämätön, jolloin se hyödyntää kammiomaista erikoisrakennetta, joka mahdollistaa letkun uudelleen avautumisen, mikäli se pääsee tukkeutumaan. Injektointiletkun lisäksi saumassa voidaan käyttää lisävarmistuksena bentoniittinauhaa, joka paisuu kosketuksissa veden kanssa. (Intec Premium injektointiletku n.d.; Injektointiletku TOP STAR n.d.)

4.2 Tulppainjektointi

Tulppainjektointia (ts. mansetti-injektointi) käytetään betonirakenteen halkeamien, saumojen ja onteloiden korjaamiseen esimerkiksi vesitiiveyden saavuttamiseksi. Menetelmässä porataan halkeaman lävistäviä reikiä, joihin asennettavien tulppien kautta injektointiaine pumpataan halkeamaan. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät n.d.) Tulppainjektoinnissa voidaan käyttää käsi- tai konepumppausta käyttökohteen ominaisuuksien mukaan (Käsipumppu manometrillä n.d.; KÖSTER 1C injektointipumppu n.d.). Injektointitulpat voidaan kiinnittää porareikään joko lyömällä, kiristämällä tai liimaamalla (Injektointitulpat n.d.). Injektointitulpat ovat teräksestä tai muovista valmistettuja. Teräksiset tulpat on tarkoitettu halkeamien injektointiin ja muoviset pääasiassa kopoinjektointiin. (Injektointitulpat n.d.)

Kopoinjektoinnilla tarkoitetaan betonirakenteiden kerrosten välissä olevia ilmataskujen täyttämistä (Kopoinjektoinnit n.d.). Kuvio 1 havainnollistaa kopoalueita tilanteessa, jossa betonilattian

rakennekerrokset ovat irrallaan toisistaan. Kopoalueet voivat aiheuttaa pintalaatan irtoamista ja halkeilua. Kopinjektioinnissa voidaan käyttää muovisia injektointitulppia teräksisten sijaan, sillä paineen tulee olla hyvin maltillinen. (Mt.)



Kuvio 1. Kopoalueita havainnollistava kuva (Kopinjektioinnit n.d.)

Runsaasti vettä vuotavia halkeamia injektoidessa vesivuoto on ensin pysäytettävä käyttämällä injektointivaahtoa. Vaahdolla injektoidessa ensin tyrehdytetään vesivuoto ja tämän jälkeen halkeama voidaan injektoida kiinteärunkoisella hartsilla. Markkinoilla on yhdistelmä tuotteita, joissa on samassa tuotteessa vaahto ja kiinteä runkoinen hartsi. (KÖSTER 2 IN 1 -injektointihartsi n.d.). Vettä vuotavissa halkeamissa voimakkaasti turpoavan injektointiaineen käyttöä tulee välttää, sillä se saattaa välillisesti pahentaa vuotoa. Aineen voimakas turpoaminen halkeamassa saattaa aiheuttaa vuodon siirtymisen aiemmin ei vuotaneeseen kohtaan. Tällaisissa tilanteissa injektointia joudutaan jatkamaan rakenteen päättymiseen tai saumaan asti.

Betonin itsetiivistyminen voi korjata pieniä, vain vähäisesti vuotavia halkeamia itsestään. Itsetiivistyminen on ilmiö, jossa halkeamaan kulkeutuu aineita, jotka tiivistävät sen. Itsetiivistymistä tapahtuu, jos seuraavat ehdot ovat voimassa. Betonissa on hydratoitumatonta portlandsementtiä ja vettä. Halkeaman leveys ei vaihtele ajan kuluessa. Halkeaman läpivirtaus ei ole liian voimakasta tai kemiallisesti syövyttävää. Betonin pinta on avonainen ja vedellä on mahdollisuus haihtua betonin

pinnalta. Itsetiivistymistä tapahtuu, kun betonin sementtipastan kalsiumhydroksidi karbonatisoituu ja syntyvät kalsiumkarbonaatti- ja kalsiumhydroksidikiteet kulkeutuvat halkeamaan, johon ne kiteytyvät, kun vesi haihtuu pois. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 107.)

4.3 Imeytys

Imeytyksessä betonin halkeamiin tai huokosiin kaadetaan injektointiainetta, joka imeytyy luonnollisesti tukkien ne. Imeytys ei korjaa betonia rakenteellisesti, joten se ei vastaa injektointia (SILKO 2.239 Halkeaman imeytys 2023). Menetelmän pääasiallinen tarkoitus on estää kosteuden tunkeutuminen tai kapillaarinen nousu halkeamaan. (Mts. 6.) Imeytys täyttää halkeaman pinnan läheisyydessä, joten menetelmä sopii parhaiten mataliin pintahalkeamiin. Menetelmässä injektointiaineella on oltava riittävän alhainen viskositeetti, jotta aine imeytyy halkeamaan. (Injektointityöt n.d.) Menetelmän etuna tulppainjektointiin verrattuna ovat nopeus ja ettei se vaadi erityisiä työvälineitä. Heikkoutena on, ettei sillä päästä yhtä hyvin lopputuloksiin.

Imeyttämällä voidaan täyttää seuraavista syistä syntyneitä halkeamia (mts. 5).

- Plastiset kutistumishalkeamat, joiden syynä betonin jälkihoidon ja suojauksen myöhästyminen tai riittämättömyys
- Plastiset painumishalkeamat, jotka aiheutuvat lähinnä betonin huonosta tiivistyksestä ja jälkitärytyksestä, sekä liian aikaisesta jälkihierrosta
- Pinnan verkkohalkeilu ja säröily, joiden syynä voi olla huono pinnan hierto tai pakkasrasitus
- Massiivisten rakenneosien pintahalkeamat, joiden syynä voivat olla suuret betonin kovettumisen aikaiset lämpötilaerot pintaosan ja sisäosan välillä

5 Injektointiaineet

Injektointiaine tulee valita kohteen ja korjauksella tavoiteltavien ominaisuuksien mukaan. Injektointiaineet jakautuvat tiivistäviin ja lujittaviin aineisiin. Tiivistävät aineet ovat yleensä polyuretaaneja ja lujittavat aineet epokseja. Injektointiaineet ovat tyypillisimmin yksi- tai kaksikomponenttisiä. Tästä useampi komponenttisemmat aineet vaativat pääasiassa kaksikomponenttipumpun. Yksikomponenttiset aineet koostuvat yhdestä käyttövalmiista aineesta, jonka kovettuminen alkaa

aineen reagoitua ilman tai kosteuden kanssa. Kaksikomponenttiset aineet koostuvat kahdesta erillisestä aineesta, joiden kovettuminen alkaa aineiden sekoituttua keskenään.

5.1 Injektointiepoksit

Epoksit soveltuvat rakenteelliseen vahvistukseen, sillä ne luovat erittäin kestävä ja tiiviin yhteyden betonipintojen välille. Epokseilla injektoimalla rakenne saadaan korjattua alkuperäiseen lujuuteensa eli halkeama injektoidaan voimia siirtäväksi (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016, 35). Ne kovettuvat erittäin lujiksi ja jäykiksi, jonka vuoksi ne eivät sovellu kohteisiin, joissa betonirakenteet liikkuvat tai elävät merkittävästi, esimerkiksi lämpötilavaihteluiden tai rakenteellisten liikkeiden vuoksi. Tällaisissa kohteissa epoksi voi halkeilla ajan myötä tai betoni haljeta uudestaan injektoinnin vierestä liikuntasauaman poistuttua. Epoksi tarttuu hyvin kiviin ja betoniin, sekä riittävästi myös kosteaan pintaan. Kosketuksissa veden kanssa ne eivät kutistu, laajene tai vaahtoa. Ne kestävät hyvin ympäristön rasituksia, kuten kosteutta, happoja (ilman saasteita) ja emäksiä (betoni alkalisuus). Niillä on kuitenkin huono kestävyys ultraviolettiä ja otsonia vastaan. (Mts. 22.)

5.2 Polyuretaani injektointiaineet

Polyuretaanien ominaisuudet vaihtelevat niiden kemiallisen koostumuksen mukaan. Osa polyuretaaneista reagoi veden tai kosteuden kanssa, kun taas toiset vaativat kuivat olosuhteet. Ne eroavat toisistaan myös laajenemiskyvyltään, reaktioajaltaan, viskositeetiltaan ja solurakenteeltaan. Tyypillisesti polyuretaanien paisuntapaine vaihtelee 0,1–30 barin välillä. Vaikka polyuretaanien joustavuus on yleisesti hyvä, kaikki niistä eivät tartu halkeamien pintoihin eivätkä sovellu rakenteellisiin injektointeihin. (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016, 22.)

Polyuretaanit ovat erityisen käyttökelpoisia vesivuotojen tiivistämisessä, sillä niitä voidaan injektoida halkeamiin ilman vedenvirtauksen pysäyttämistä. Käytännössä injektointi tehdään usein viisto- tai poratun reiän kautta, jotta materiaali ehtii reagoida ennen purkautumistaan ulos rakenteesta. Reagointiaika vaihtelee sekunneista puoleen tuntiin olosuhteista ja aineen koostumuksesta riippuen. Erikoislujat polyuretaanit voivat soveltua myös rakenteellisiin korjauksiin, mutta niiden

käyttökelpoisuus ja menetelmä tulee arvioida tapauskohtaisesti. (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016, 22–23.)

6 Työohjeet injektointimenetelmiin

Työohjeet vaihtelevat tuotevalmistajien välillä, joten seuraavissa kappaleissa on pyritty laatimaan yleispätevät ohjeet käsiteltäville injektointimethodille. Ennen injektointityön aloittamista urakoitsija laatii yhdistetyn injektointityösuunnitelman, joka sisältää sekä teknisen työsuunnitelman että laatusuunnitelman. Suunnittelija toimittaa tarvittavat lähtötiedot tämän suunnitelman laatimista varten. (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016, 32.) Kaikista injektointitöistä laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan muun muassa jokaisessa työvuorossa käytetty injektointimenetelmä, injektointiaine ja sen menekki, vallitsevat olosuhteet, injektointipaineet, käsiteltyjen halkeamien pituus sekä tehdyt havainnot. Lisäksi injektointikohteiden sijainti esitetään havainnollisesti piirroksin. (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016, 43.)

6.1 Työohje letkuinjektointiin

Injektointiletkujen asentaminen on helpompaa ennen raudoitusta. Injektointiletkujen ohjaimiseksi muotin ulkopuolelle tulee valita injektointikartiot, varausasiat vai tuodaanko täyttöletkut ulostyöntövinä muotin ulkopuolelle.

1. Vaaditut työvälineet
 - Injektointipumppu
 - Injektointiletkut, syöttöletkut ja niiden väliset liittimet (voimaliitos tai jatkoliitin)
 - Letku kiinnikkeet, lyöntiniitit (iskuporakone) tai betoninaulapistooli
 - Injektointi- ja puhdistusaine
 - Injektointikartiot tai varausasiat (mikäli käytetään)
 - Kohteeseen soveltuvat puhdistusvälineet
 - Paikkauslaastia
 - Injektointipöytäkirja

2. Puhdista asennuskohde irtoaineksesta, liasta ja vedestä käyttäen painepesuria tai harjaa kohteen likaisuuden mukaan. Poista vesi käyttäen paineilmaa tai esimerkiksi lehtipuhallinta.

3. Mittaa kohteeseen soveltuvat injektointiletkut maksimipituuden ollessa 10–12 m. Katkaise letkun pää kohtisuoraan terävällä veitsellä tai valmistajan ilmoittamalla leikkurilla.
4. Mittaa ja katkaise sopivat syöttöletkujen pituudet, jotta ne voidaan tuoda paikkaan, josta ne ovat helposti injektoitavissa.
Kiinnitä syöttöletkut injektointiletkun päihin käyttäen voimaliitosta tai jatkoliitintä.
5. Injektointiletku asennetaan keskelle saumaa aina 60 cm leveisiin rakenneosiin saakka. Leveämpien osien kohdalla letku asennetaan 25 cm päähän vettä vuotavasta pinnasta. (Intec Premium asennusohje n.d., 6) Betonipeitteen letkun ympärillä tulee olla vähintään 5 cm (mts. 12).
6. Asenna injektointiletkut käyttäen letkun kiinnikkeitä enintään 15 cm kiinnitystiheydellä (mts. 6). Kiinnikkeiden kiinnittämiseen sopii lyöntiniitti tai betoninaula. Lyöntiniitti soveltuu paremmin ahtaisiin kohteisiin, mutta on betoninaulaa hitaampi asentaa.
Jos asennat injektointiletkuja nurkkauksiin, joissa alustat ovat kohtisuorassa toisiaan vasten, ohjaa letku ensin kulkemaan nurkan myötäisesti, ennen kuin jatkat sen kiinnittämistä toiselle pinnalle. Tämä takaa sen, että letku pysyy koko ajan tiiviisti kiinni omassa alustassaan ja myös nurkka tiivistyy. (Injektointiletkun asennusohje n.d.)
7. Injektointiletkun päässä limitä seuraavaa letkua noin 50 mm. Limitettäessä injektointiletkut on asennettava irti toisistaan, jottei ainetta pääse siirtymään letkusta toiseen injektointiprosessin aikana. (Mt.)
8. Asenna varausrasiat (ks. kuvio 2) tai injektointikartiot (ks. kuvio 3) asianmukaisilla kiinnikkeillä muottiin syöttöletkujen läheisyyteen sijaintiin, josta injektointi on helppo suorittaa. Syöttöletkut voidaan myös tuoda esiin työntyvänä muotin ulkopuolelle.



Kuvio 2. Injektointiletken asentaminen varausrasiaan (Intec Premium asennusohje n.d., 14)



Kuvio 3. Injektointiletken asentaminen injektointikartioihin (Injektointiletken asennusohje n.d.)

9. Dokumentoi letkujen ja rasioiden/kartioiden sijainnit, jotta ne löytyvät myös valun jälkeen. Letkut kannattaa merkitä haluamallaan tavalla, josta muistaa mikä letku kulkee mihinkin ja mikä letku on pysty- ja vaakasaumassa. Kohteen valokuvaaminen on suotavaa myöhempää laadunvarmistamista varten.
10. Injektointi tulee suorittaa mahdollisimman pitkän ajan kuluttua betonoinnin jälkeen, aikaisintaan 28 vuorokauden kuluttua (Injektointiletken asennusohje n.d.).
11. Valmistelet injektointiainetta ja -pumppua valmistajan ohjeistusta noudattaen.
12. Jos käytössä on injektointikartioiden asennus injektointinippa ensimmäiseen injektointikarti-oon.
Jos käytössä on varausrasiat tai muotista ulostyöntävät syöttöletkut, asenna injektointikartioidet molempiin päihin. Kiinnitä siihen päähän nippa, josta haluat aloittaa injektoinnin.
13. Liitä injektointipumppu ensimmäiseen nippaan. Pumppaa matalalla paineella, kunnes letkun toisesta päästä tulee ainetta ulos, sitten sulje letkun toinen pää nipalla.

14. Jatka pumppausta kasvattaen painetta 0 – max 80 bar. Paras lopputulos saadaan pitkäkestoisella tasaisella paineella, jolloin aineella on parempi mahdollisuus tunkeutua pienimpiinkin halkeamiin ja koloihin.
15. Jos paine kasvaa heti injektoinnin alussa merkittävästi, injektointiletku saattaa olla tukkeutunut tai syöttöletku ole kunnolla kiinni. Runsaan vuodon ilmetessä tilanteessa, jossa sauman täytyminen on epävarmaa, letku on tyhjennettävä kohdan 18 ohjeiden mukaisesti. Vuotokohta on paikattava ennen uutta injektointia esimerkiksi laastilla.
16. Kun injektointilaitteiston painemittari osoittaa paineen pysyvän tasaisena, eikä ainetta mene enempää voidaan olettaa injektointiaineen tukkineen tyhjän tilan rakenteen sisältä. Tyhjän injektointiletkun kapasiteetti on noin 0,4 kg per 10 m, jolloin keskimääräinen kokonaismenekki on 1 kg per 10 metriä (Intec Premium asennusohje n.d., 25). Merkkää menekit injektointipöytäkirjaan.
17. Noudata valmistajan ohjeistusta siitä suoritetaanko edellä mainitut toimenpiteet myös letkun toisesta päästä.
18. Uudelleen injektoinnit on suoritettava aineen käyttöajan sisällä. Mikäli jälki injektointeja halutaan suorittaa jälkikäteen, irrota letkun toisesta päästä nippa ja tyhjennä injektointiletku käyttäen paineilmaa enimmillään 2.5 bar paineella. Tyhjentämisen jälkeen letku huuhdellaan käyttäen valmistajan ilmoittamaa puhdistusainetta. (Mts. 36.)
19. Toista edellä mainitut toimenpiteet, kunnes kaikki letkut on injektoitu.
20. Työn päätyttyä puhdista kaikki välineet valmistajan ilmoittamalla puhdistusaineella.
21. Anna injektointiaineen kovettua valmistajan ilmoittaman ajan, jonka jälkeen letkut voidaan katkaista ja injektointirasiat täytetään kohteeseen soveltuvalla paikkauslaastilla.

6.2 Työohje halkeamien tulppainjektointiin (mansetit)

Tulppainjektointia käytetään pysty- ja vaaka rakenteiden halkeamien korjaamiseen. Tulppainjektoinnissa käytetään sähkö- tai käsikäyttöistä pumppua käyttökohteen koon ja ominaisuuksien mukaan. Epoksilla injektointaessa halkeaman stabiilius on varmistettava. Mikäli liikkuva halkeama suljetaan kiinteästi, on olemassa riski uudelleen halkeamiselle, koska halkeaman aiheuttanut liikkuminen jatkuu (Betoni-julkisivut Pinnoitus- ja paikkauskorjaukset – suunnitteluohjeet 2023). Halkeaman liikkuminen voidaan analysoida käyttäen kipsimerkkiä. Luunmuotoinen kerros kipsiä paksuudeltaan 10 mm asetetaan halkeaman pintaan (ks. kuvio 4). Kipsimerkki tarkastetaan säännöllisesti. Mikäli merkki on ehjä, halkeama ei liiku. Mikäli halkeama on liikkunut, kipsimerkki on

haljennut alustan halkeaman kohdalta. Liikkuvaa halkeamaa kiinteästi suljettaessa täytyy rakenteiden liikehdinnän aiheuttaja poistaa. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät n.d., 4.)



Kuvio 4. Kipsimerkki (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät n.d.,4.)

1. Vaaditut työvälineet

- Injektointipumppu tai -prässi
- Injektointitulpat (mansetit)
- Injektointiaine
- Iskuporakone ja mansetille soveltuva terä (tyypillisesti 1 mm isompi kuin mansetti)
- Paikkauslaastia

2. Merkitse injektio pisteet 10–15 cm välein vuoro puolille halkeamaa. Soveltuva injektio pisteiden väli on n. 0,6 kertaa rakenteen paksuus (Teräksiset injektointitulpat hartseille n.d.). Molemmin puolin halkeamaa poraamalla varmistetaan, että vähintään joka toinen poraus lävistää halkeaman. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät n.d.).

3. Poraat reiät kuvion 5 mukaisesti merkitsemiisi pisteisiin 45° kulmassa siten, että poraus lävistää halkeaman (mt.).



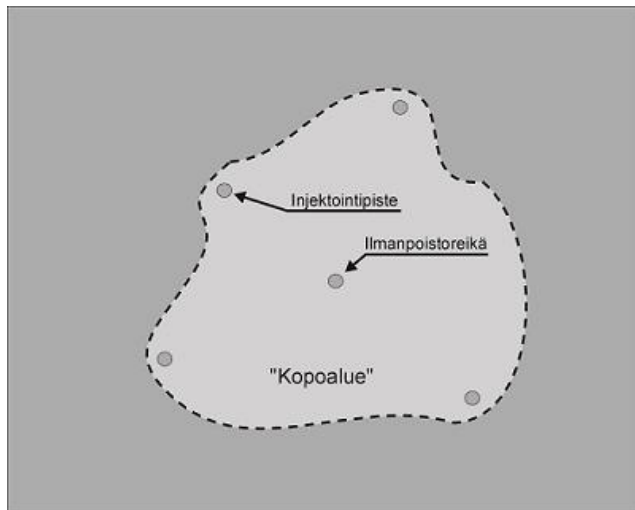
Kuvio 5. Injektointitulppien asennusta havainnollistava kuva (Teräksiset injektointitulpat hartseille n.d.)

4. Puhdista poratut reiät. Asenna injektointitulpat noudattaen valmistajan ohjeistusta ilmareikien osalta. Esimerkiksi voit jättää, joka kolmannen porausreiän tyhjäksi.
5. Noudata valmistajan ohjetta halkeaman pinnan sulkemisesta. Halkeaman sulkemisella estetään injektointiaineen vuotaminen ulos halkeamasta (By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet. 2016.) Polyuretaani injektointiaineita käytettäessä sulkuainetta ei yleensä tarvita, koska ulos pursuava aine muodostaa itse sulun (SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen 2016, 23). Sulkemiseen käytetään esimerkiksi muovipohjaista nopeasti kovetuvaa kittiä.
6. Valmistele injektointiaine ja -pumppu valmistajan ohjetta noudattaen.
7. Kiinnitä injektointipumppu halkeaman alimmaiseen nippaan. Aloita pumppaus alhaisella paineella (1–2 bar). Lisää painetta tasaisesti, kunnes virtausta halkeamaan alkaa tapahtua, jolloin paine laskee. Sulkuainetta käytettäessä yli 15 bar paineita on syytä välttää, sulkuaineen irtoamisen vuoksi. (SILKO 2.236 Halkeaman injektointi polymeerillä voimia siirtäväksi 2023, 14.)
Mikäli paine nousee välittömästi ja ainetta ei mene halkeamaan, ei injektointi onnistu tämän tulpan kautta ja on siirryttävä seuraavaan.
8. Jatka injektointia, kunnes ainetta valuu seuraavasta avoimesta porareistä. Tämän jälkeen asenna tulppa kyseiseen reikään.
9. Jatka injektointia järjestyksessä alhaalta seuraavasta tulpasta toistaen edellä mainitut vaiheet.

10. Anna injektointiaineen kovettua valmistajan ohjeen mukaisesti.
11. Tarkastele injektoinnin onnistuminen. Mikäli vuotoja on vielä havaittavissa, asenna uudet mansetit vuotokohtiin ja jatka injektointia edellä mainituilla ohjeilla.
12. Halkeaman täyttymisen varmistuttua ja mahdollisten vuotojen korjaututtua irrota tai katkaise injektointitulpat mahdollisimman tyvestä paikkaamisen helpottamiseksi.
13. Paikkaa Injektointitulppien reiät kohteeseen soveltuvalla paikkauslaastilla.

6.3 Työohje kopoalueiden tulppainjektointiin

1. Vaaditut työvälineet:
 - Injektointi käsiprässi
 - Injektointiaine
 - Injektointitulpat (mansetit)
 - Vasara
 - Iskuporakone ja mansetille soveltuva terä
 - Paikkauslaastia
2. Kartoita ja merkitse kopoalueet koputtelemalla (Kopoinjektioinnit n.d.). Kopoalueen tunnistaa "ontosta" äänestä.
3. Poraa reiät injektointitulppia varten kuvion 6 mukaisesti havaittujen kopoalueiden reunoille (mt.). Reikien syvyys tulee ulottaa ilmataskuun asti. Esimerkiksi, jos kopoalue on pintabetonin ja alemman betonirakenteen välissä, reikien syvyyden tulisi olla pintalaatan paksuus.
4. Poraa myös yksi tai useampi ilmanpoistoreikä kopoalueen keskelle (ks. kuvio 6). Tämä estää paineen kertymisen injektointiprosessin aikana, mikä voisi pahentaa kopoalueen irtoamista alustastaan. (Mt.)



Kuvio 6. Kopoaueen porauskohtia havainnollistava kuva (Kopoinjektioinnit n.d.)

5. Asenna injektointitulpat reikiin valmistajan ohjeen mukaisesti.
6. Aloita injektointi kauimmasta reiästä ilmanpoisto reikiin nähden maltillisella paineella alueen täyttymisen varmistamiseksi ja irti korkkaamisen välttämiseksi.
7. Jatka injektointia nipasta toiseen, kunnes koko alue on täyttynyt.
8. Sulje injektoidut alueet liikenteeltä vuorokaudeksi, jotta aine saa kovettua rauhassa (mt.).
9. Irrota tai katkaise nipat mahdollisimman tyvestä ja paikkaa reiät kohteeseen soveltuvalla paikkauslaastilla.

6.4 Työohje imeytykseen

Imeytyksessä injektointiaine kaadetaan suoraan halkeamiin tai huokosiin pintoihin ja annetaan sen imeytyä luonnollisesti rakenteeseen. Menetelmää käytetään erityisesti kosteudenhallintaan ja kapillaarisen nousun estämiseen. Menetelmässä on käytettävä helposti imeytyvää injektointiainetta.

1. Tarvittavat työvälineet
 - Injektointiaine
 - Lasta tai pensseli imeytymisen edistämiseen
 - Tarvikkeet mahdollisen kaukalon tekemiseen

2. Puhdista käsiteltävä alue teräsharjalla ja imurilla. Poista irtoava materiaali, pöly ja lika, jotta injektointiaine pääsee esteettä imeytymään.
3. Imeytystä voidaan tehostaa leikkaamalla halkeaman yläpintaan ura tai tekemällä halkeaman kohdalle kuvion 7 tapainen kaukalo polyesterikitistä tai muoviluvahasta (SILKO 2.239 Halkeaman imeytys 2023, 11).



Kuvio 7 Imeytys kaukalo (SILKO 2.239 Halkeaman imeytys 2023, 10)

4. Valmistele injektointeine noudattaen valmistajan ohjetta.
5. Kaada injektointiaine suoraan halkeaman päälle. Edistä tarvittaessa aineen imeytymistä liikuttelemalla ainetta halkeaman päällä lastan tai siveltimen avulla (mts. 9).
6. Vältä liikkumista alueella valmistajan ilmoittaman kuivumisajan aikana.
7. Aineen kuivuttua ulkonäkösyiden vaatiessa halkeaman ympärille kovettunut aine voidaan hioa pois kulmahiomakoneella. Vajaaksi jäänyt ura voidaan tarvittaessa täyttää laastilla. (Mts. 12.)

6.5 Työohje liimamansetit

Liimamansetit soveltuvat käytettäväksi pienissä hiushalkeamissa, joissa halkeaman korjauksen päämääränä on estää nesteen tunkeutuminen halkeamaan. Vaihtoehtoisena ratkaisuna liimamanseteille voidaan kohde käsitellä Vandex vedentiivistysmassalla.

1. Tarvittavat työvälineet
 - Liimamansetit
 - Epoksiliimaa
 - Injektointi käsiprässi
 - Halkeaman sulkemisaaine (esim. muovipohjainen nopeasti kovettuva kitti)

2. Liimaa mansetit halkeaman mukaisesti noin 5 cm välein siten, että nipan kohta osuu halkeamaan.
3. Sulje mansettien välinen osa halkeamasta käyttäen halkeaman sulkemiseen soveltuvaa ainetta esimerkiksi muovipohjaista nopeasti kovettuvaa kittiä, jotta aine ei pääse vuotamaan pois halkeamasta.
4. Aloita injektointi alimmasta nipasta käyttäen erittäin maltillista pitkäaikaista painetta. Jätä, joka kolmas mansetti ilman nippaa, jotta ilma pääsee pakenemaan halkeamasta.
5. Injektointia kunnes ainetta pyrkii ulos tyhjäksi jätetystä mansetista, jonka jälkeen kiristä siihen nippa.
6. Jatka injektointia järjestyksessä alhaaltapäin seuraavasta nipasta toistaen edellä mainitut ohjeet.

7 Injektointi tuotteiden valinta

Injektoinnissa on tärkeää valita oikea aine ja menetelmä käyttökohteeseen. Aineilla on paljon eri ominaisuuksia ja ne eivät kaikki sovellu kaikkiin menetelmiin tai käyttökohteisiin. Seuraavissa kappaleissa esitellään kirjoittamishetkellä markkinoilla olevat tuotteet. Listauksista on jätetty pois tuotteet, jotka vaativat kaksikomponenttisen pumpun, koska kaksikomponenttiselle pumpulle tarkoitettuja aineita on vähemmän markkinoilla. Lisäksi kaksikomponenttiset pumput ovat huomattavasti kalliimpia, massiivisen kokoisia, sekä niiden käyttäminen ja huoltaminen on haastavampaa. Ainut niillä saavutettava etu yksikomponenttisiin pumppuihin verrattuna on, että niillä voidaan säästyä ainehävikiltä, jos ainetta sekoitetaan tarpeettoman suuri määrä, koska aineiden kuivuminen alkaa vasta niiden sekoituessa.

Pääasiallinen jako injektointiaineissa on polyuretaanit, epoksit ja vaahdot:

Polyuretaanit – Kiinteiden tai liikkuvien halkeamien ja rakennesaumojen elastiseen tiivistämiseen.

Epoksit – Kiinteiden halkeamien ja rakennesaumojen rakenteellisen lujuuden palauttamiseen.

Vaahdot – Vesivuodon katkaisu vuotavissa halkeamissa ja saumoissa.

7.1 Injektointiaineiden vertailu

Injektointiaineiden vertailutaulukot (Liitteet 1–4) esittelevät markkinoilla olevia tuotteita, jotka kattavat laajasti erilaisia käyttötarpeita, kuten halkeamien tiivistämisen, rakenteellisen vahvistamisen ja aktiivisesti vettä vuotavien rakenteiden hallinnan. Taulukoissa on esitetty tuotteiden keskeisiä ominaisuuksia ja soveltuvuutta eri olosuhteisiin, kuten kuivissa, kosteissa tai vettä vuotavissa rakenteissa. Lisäksi tuotteet on ryhmitelty niiden käytön ja toiminnallisuuden perusteella, mikä helpottaa sopivan injektointiaineen valintaa.

Injektointiaineet ja niihin yhteensopivat tarvikkeet sekä pumput ovat saatavilla samoilta valmistajilta ja jälleenmyyjiltä. Näitä ovat KÖSTER (Alimex Oy), Webac (Muottikolmio Oy), Sika (useat rautakaupat) sekä Luxit ja PC-tuotteet (Semtu Oy). Yhden toimittajan kautta hankitut ratkaisut varmistavat tuotteiden yhteensopivuuden ja helpottavat hankinta- sekä työvaiheita.

7.2 Injektointitarvikkeiden ja -pumppujen vertailu

Injektointitarvikkeiden ja -pumppujen vertailutaulukot (Liitteet 5–7) tarjoavat kattavan yleiskuvan tuotteista, kuten injektointiletkut, injektointitulpat ja pumput, joita käytetään eri injektointimenetelmissä. Vertailu korostaa eri tarvikkeiden ja laitteiden soveltuvuutta tiettyihin aineisiin ja kohteisiin. Esimerkiksi pumput vaihtelevat käsikäyttöisistä pienempiin korjauksiin soveltuvista malleista sähköisiin korkean paineen laitteisiin, jotka ovat tarkoitettu laajoihin ja vaativiin projekteihin.

Samat toimijat, kuten KÖSTER, Webac, Sika ja Semtu Oy, tarjoavat myös injektointitarvikkeita ja -pumppuja, jotka on suunniteltu toimimaan saumattomasti heidän injektointiaineidensa kanssa. Tämä mahdollistaa yhtenäisen hankintaketjun ja vähentää yhteensopimattomuusriskejä. Taulukoista löytyvät yksityiskohdat auttavat valitsemaan juuri kyseiseen korjauskohteeseen sopivimmat tuotteet.

7.2.1 Injektointipumput

Injektointipumppuja on sähkö-, sekä käsikäyttöisinä. Injektointipumpussa on suotavaa olla manometri, paineen tarkkailun vuoksi. Käsipumput sopivat paremmin pieniin kohteisiin. Niiden etuna ovat edullisuus, keveys ja helpompi siirrettävyys, lisäksi paineen tarkka säätely voi olla helpompaa,

kuin sähköisessä pumpussa. Rajoitteena käsipumpuilla saavutettava paine on yleensä n. 100–120 bar, kun taas sähköisellä pumpulla voidaan käyttää, jopa 200 bar paineita (Käsipumppu manometrillä n.d.; KÖSTER 1C injektointipumppu n.d.). Sähkökäyttöisen pumppujen sopivat paremmin suurten määrien injektointiin, sekä tasaisen korkeanpaineen ylläpito on helpompaa. Markkinoilla on monien eri valmistajien samankaltaisia pumppuja, joissa eroavaisuudet ovat toimintamekanismissa.

8 Injektointi tuotteiden valinta käyttökohteeseen

Oikean injektointiaineen valinta on kriittinen osa onnistunutta korjausprosessia, sillä tuotteiden ominaisuudet ja soveltuvat käyttökohteet eroavat toisistaan. Valintaprosessissa huomioidaan useita tekijöitä, kuten korjattavan kohteen vauriotyyppi, rakenteen ympäristö- ja kosteusolosuhteet, sekä haluttu lopputulos.

Käyttökohteen vaatimukset määrittävät, tulisiko valittavan tuotteen olla esimerkiksi joustava polyuretaanihartsin vesitiiveyden parantamiseksi vai rakenteellista lujuutta lisäävä epoksihartsin. Injektointiaineen on sovelluttava valitun injektointimenetelmään vaatimukseen. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan markkinoilla olevia tuotteita niiden ominaisuuksien, soveltuvuuden ja käyttökohteiden näkökulmasta, tarjoten kokonaisvaltaisen käsityksen injektointimateriaalien valintaprosessista. Tämä analyysi auttaa valitsemaan optimaaliset tuotteet kunkin korjauskohteen tarpeisiin.

8.1 Aktiivisesti vettä vuotavat halkeamat ja saumat

Vettä vuotavien halkeamien injektoinnissa aktiiviset vesivuodot on pysäytettävä ennen lopullista sulkemista. Vettä vuotavan halkeaman tai sauman injektointi ei yleensä onnistu ilman veden vuodon katkaisua, sillä vedenpaine työntää aineen ulos. Tyypillisin virhe on aloittaa injektointi väärällä aineella, jolloin vesivuodon tukkiminen ei onnistu tai vaaditaan huomattavasti enemmän injektointikertoja. Vesivuodon tukkimiseen käytetään voimakkaasti turpoavaa injektointivaahtoa. Osa tuotteista vaatii jälki-injektoinnin kiinteällä hartsilla, kun taas toiset eivät.

Vettä vuotavien halkeamien ja saumojen tiivistämiseen voidaan käyttää KÖSTER IN 8 -injektointivaahtoa tai PC®Leakinject Hydrogel 6880 -injektointihartsia, jotka molemmat muodostavat elastisen rakenteen reagoidessaan veden kanssa ja pysäyttävät vuodon tehokkaasti.

Toinen vaihtoehto on käyttää KÖSTER 2 IN 1 -injektointihartsia, joka soveltuu sekä veden kanssa reagoivaksi tiivistämiseen että kuivien halkeamien käsittelyyn ilman veden tarvetta. Tämä tekee siitä monikäyttöisemmän ratkaisun erilaisten kohteiden korjaamiseen.

Kolmantena vaihtoehtona voidaan käyttää Webac 150- tai Webac 157-polyuretaanivaahtoa vesivuodon pysäyttämiseen. Tämän jälkeen halkeama voidaan injektoida pysyvästi tuotteilla, kuten Webac 1403P tai Webac 1405, jotka varmistavat lopullisen tiivistyksen ja kestävyuden.

8.2 Kuivien ja vähäisesti kosteiden halkeamien korjaus

Kuivat ja vähäisesti kosteat halkeamat voidaan injektoida suoraan kohteeseen soveltuvalla injektointiaineella. Aineen valinta tehdään sen perusteella, onko tavoitteena rakenteen vahvistaminen vai pelkästään halkeaman tiivistäminen. Epoksi tarjoaa mahdollisuuden korjata halkeama rakenteellisesti, jolloin injektointi palauttaa rakenteen alkuperäisen lujuuden. Polyuretaanihartsit puolestaan sopivat tilanteisiin, joissa korjauksen ensisijaisena tavoitteena on vesitiiveyden parantaminen tai halkeaman elastinen tiivistäminen. On tärkeää huomioida, että osa tuotteista vaatii kovettuakseen kosteutta, joten kuivissa halkeamissa tulee käyttää tuotteita, jotka soveltuvat tällaisiin olosuhteisiin. Liitteenä olevissa taulukoissa 1–4 on esitelty aineita, joista oikea aine käyttökohteeseen tulee valita sen ominaisuuksien mukaan, kuten kosteuden sietokyvyn ja mekaanisten ominaisuuksien perusteella.

8.3 Halkeamien rakenteellinen vahvistaminen

Rakenteellinen vahvistaminen on tarpeen, kun halkeamat heikentävät betonirakenteen kantokykyä tai voimavälityskykyä. Vahvistaminen suoritetaan tyyppillisesti epoksihartsilla, joka muodostaa lujan ja tiiviin yhteyden halkeaman molemmiin puoliin, palauttaen rakenteen kuormituksenkeston lähes alkuperäiselle tasolle. Oikean injektointiaineen valinta riippuu halkeaman leveydestä, syvyydestä ja kosteustilasta, minkä vuoksi eri epoksite tuotteiden ominaisuuksia tulee vertailla huolellisesti (ks. liitteet 1–4). Liitteiden taulukoissa 1–4 on esitetty eri valmistajien injektointiaineiden tekniset

ominaisuudet, kuten viskositeetti, tarttuvuus ja kovettumisajat, joiden perusteella voidaan valita käyttökohteeseen sopivin tuote.

9 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin betonirakenteiden injektointimenetelmiä, käytettyjä materiaaleja sekä niiden soveltuvuutta erilaisiin vaurioihin. Työn tavoitteena oli luoda kattava tietopaketti betonirakenteiden injektoinnista ja tarjota käytännönläheinen ohjeistus Keski-Suomen Betonirakenteelle (KSBR). Tulokset osoittivat, että injektointi on tehokas menetelmä betonirakenteiden tiivistämiseen ja vahvistamiseen, mutta sen onnistuminen riippuu oikean menetelmän ja materiaalin valinnasta. Tutkimuksessa onnistuttiin erityisesti eri injektointimenetelmien vertailemisessa ja niiden soveltuvuuden analysoinnissa erilaisiin korjaustarpeisiin. Lisäksi työssä koottu tieto tarjoaa hyödyllisen lähtökohdan käytännön toteutuksiin.

Tulosten luotettavuuteen vaikuttivat käytetyt lähteet, jotka koostuivat alan standardeista, kirjallisuudesta sekä tuotevalmistajien aineistoista. Rajoituksena on kuitenkin se, että osa käytännön toteutukseen liittyvästä tiedosta perustuu valmistajien testeihin, eikä riippumattomaan tutkimukseen. Lisäksi injektointimenetelmien sovellettavuus eri ympäristöolosuhteissa voisi vaatia tarkempaa tarkastelua, jotta menetelmien käyttökelpoisuudesta saataisiin laajempi käsitys. Tulosten hyödyntäminen on kuitenkin mahdollista laajasti betonirakentamisessa, niin korjaushankkeissa kuin uudisrakentamisessa, joissa injektoinnilla voidaan parantaa rakenteiden vesitiiveyttä ja kestävyttä. Työ antaa myös lähtökohdan jatkokehitykselle, esimerkiksi uusien injektointimateriaalien tutkimiselle tai menetelmien optimoinnille erilaisiin rakenteisiin.

Jatkokehitystä ajatellen olisi hyödyllistä testata eri materiaalien suorituskykyä vaihtelevissa olosuhteissa sekä vertailla tuotteita keskenään erilaisissa testeissä. Haasteena on erityisesti eri injektointituotteiden pitkäaikaiskestävyyden arviointi, sillä niiden suorituskykyä tulisi seurata pidempään käytännön olosuhteissa. Ilman pitkäaikaisia tutkimuksia ei voida täysin arvioida, miten eri injektointimateriaalit käyttäytyvät esimerkiksi kosteuden tai pakkasrasituksen vaikutuksesta pitkällä aikavälillä. Tällaiset tutkimukset toisivat arvokasta tietoa menetelmien soveltuvuudesta erilaisiin käyttökohteisiin ja parantaisivat niiden luotettavuutta.

Laajemmassa mittakaavassa tarkasteltuna betonirakenteiden injektointi tukee kestävästä kehitystä, sillä se voi vähentää materiaalihukkaa ja optimoida rakenteiden kestävyttä sekä korjaus- että uudisrakentamisessa. Korjausrakentamisessa injektointi vähentää uuden betonin tarvetta korjaamalla vanhoja rakenteita ja pienentää samalla rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia. Uudisrakentamisessa injektointia voidaan käyttää rakenteiden tiivistämiseen ja vahvistamiseen, mikä parantaa rakenteiden kestävyttä ja voi vähentää ylimääräistä materiaalinkulutusta. Korjaus- ja uudisrakentamisen merkitys kestävästä kehityksestä edistämiseksi kasvaa jatkuvasti, ja injektointimenetelmien kehittäminen voi tarjota entistä tehokkaampia ja ympäristöystävällisempiä ratkaisuja rakenteiden ylläpitoon ja vahvistamiseen.

9.1 Luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyön luotettavuutta on pyritty vahvistamaan hyödyntämällä asiantuntevia ja ajantasaisia lähteitä sekä esittämällä tieto selkeästi ja läpinäkyvästi. Lähteiden käyttö on ollut huolellista ja niiden paikkansapitävyys on arvioitu kriittisesti. Työ on toteutettu Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettisten periaatteiden sekä Tutkimuseettisen neuvottelukunnan hyvän tieteellisen käytännön ohjeistuksen mukaisesti. Eettisyys on ollut keskeinen osa koko prosessia, erityisesti lähteiden merkitsemisessä, tekijänoikeuksien kunnioittamisessa ja sisällön esittämisessä totuudenmukaisesti. Tässä työssä ei käsitelty henkilötietoja eikä kerätty aineistoa, joka vaatisi tutkimuslupia. Näin ollen eettiset näkökulmat painottuvat tiedon luotettavaan ja vastuulliseen käyttöön. Työtä on ohjannut eettisesti kestävä toimintatapa, jossa korostuvat rehellisyys, luotettavuus ja kunnioitus toisten työtä kohtaan.

Lähteet

Agenda 2030: Kestävän kehityksen tavoitteet. N.d. Artikkelit Ulkoministeriön verkkosivuilla. Viitattu 18.10.2024. <https://um.fi/agenda-2030-kestavan-kehityksen-tavoitteet>

Betonijulkisivut Pinnoitus- ja paikkauskorjaukset – suunnitteluohjeet. 2023. Raportti. Suomen Betoniyhdistys ry. Viitattu 28.3.2025. https://julkisivuyhdistys.fi/wp-content/uploads/2023/12/F.9_Korjaustapakuvaukset_Betonijulkisivut_Suunnitteluohjeet_Pinnoitus-ja-paikkauskorjaukset_2023.pdf.

By 201 Betonitekniiikan oppikirja. 2018. Seitsemäs painos. Helsinki: Rakennustieto.

By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet. 2016. BY-Koulutus. Helsinki.

Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät. N.d. Alimex. Viitattu 31.10.2024. <https://www.alimex.fi/wp-content/uploads/2021/06/koster-halkeamien-korjaus-seka-injektointimenetelmat.pdf>

Injektointiaineet. 2024. Semtu Oy. Viitattu 31.10.2024. <https://www.semtu.fi/fi/tuotteet/injektointiaineet-ja-tarvikkeet/injektointiaineet>

Injektointiaineet. 2025. Verkkosivu. Semtu. Viitattu 13.2.2025. <https://www.semtu.fi/fi/tuotteet/injektointiaineet-ja-tarvikkeet/injektointiaineet>

Injektointiaineet ja tarvikkeet. 2025. Verkkosivu. Muottikolmio. Viitattu 13.2.2025. <https://muottikolmio.fi/tuote-osasto/rakennustyomaat/injektoinnit/>

Injektointijärjestelmät. 2025. Alimex Oy. Verkkosivu. Viitattu 13.2.2025. <https://www.alimex.fi/injektointijarjestelmat/>

Injektointiletkun asennusohje. N.d. Tuotevalmistajan asennusohje. Muottikolmio. Viitattu 18.10.2024. <https://muottikolmio-fi.b-cdn.net/wp-content/uploads/2023/01/Injektointiletkun-asennusohje.pdf?x75123>

Injektointipumppu Desoi PowerInject P1 hartseille. N.d. Verkkosivu. Muottikolmio. Viitattu 17.11.2024. <https://muottikolmio.fi/tuotteet/rakennustyomaat/injektoinnit/injektointipumput/injektointipumppu-ep-1/>

Injektointipumppu M-Power 301 hartseille. N.d. Verkkosivu. Viitattu 17.11.2024. <https://muottikolmio.fi/tuotteet/rakennustyomaat/injektoinnit/injektointipumput/injektointipumppu-m-power-301-hartseille/>

Injektointitulpat. N.d. Verkkosivu. Muottikolmio. Viitattu 28.11.2024. <https://muottikolmio.fi/tuote-osasto/rakennustyomaat/injektoinnit/injektointitulpat-mansetit/>

Injektointityöt. N.d. Verkkodokumentti. Semtu Oy. Viitattu 17.11.2024. <https://www.semtu.fi/application/files/4215/2189/1264/Injektointity.pdf>

Intec Premium asennusohje. N.d. Alimex Oy. Viitattu 31.10.2024. <https://www.alimex.fi/wp-content/uploads/2021/06/intec-premium-asennusohje-1.pdf>

Intec Premium injektointiletku moninkertaiseen injektointiin hartseilla. N.d. Verkkosivu. Alimex Oy. Viitattu 17.11.2024. <https://www.alimex.fi/tuotteet/intec-premium-injektointiletku-moninkertaiseen-injektointiin-hartseilla-2/>

Joco 10 injektointiletkut. N.d. Verkkosivu. Muottikolmio. Viitattu 17.11.2024. <https://muottikolmio.fi/tuotteet/rakennustyomaat/injektoinnit/injektointiletkut/joco-injektointiletkut/>

Kopoinjektioinnit. N.d. Muottikolmio. Viitattu 18.10.2024. <https://muottikolmio.fi/tuote-osasto/rakennustyomaat/injektoinnit/kopoinjektioinnit/>

KÖSTER 1C injektointipumppu. N.d. Tuote-esite. Alimex Oy. Viitattu 17.11.2024. <https://www.alimex.fi/wp-content/uploads/2021/06/12.072-1c-injektointipumppu.pdf>

Käsipumppu manometrillä. N.d. Verkkosivu. KÖSTER Viitattu 17.11.2024. https://www.koester.eu/fi_fi2/prodid-95-2162/12.07-k%C3%A4sipumppu+manometrill%C3%A4.html

Injektointiletku Top Star ohje. N.d. Verkkodokumentti. Meltex Oy. Viitattu 10.4.2025. <https://www.meltex.fi/fi/tuote/rakennustarvikkeet/valu-ja-raudoitustuotteet/injektointiletkut-jatarvikkeet/injektointiletku-top-star-ohje/>

SILKO 1.233 Betonirakenteet halkeamien korjaaminen. 2016. Ohje. Väylävirasto. Viitattu 17.11.2024. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/kansio1/s1233.pdf>

SILKO 2.236 Halkeaman injektointi polymeerillä voimia siirtäväksi. 2023. Korjausrakentamisen ohjekortti. Väylävirasto. Viitattu 10.4.2025. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-57_silko_2.236_web.pdf

SILKO 2.239 Halkeaman imeytys. 2023. Korjausrakentamisen ohjekortti. Väylävirasto. Viitattu 10.4.2025. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-59_silko_2.239_web.pdf

SP 380 akku injektio-pumppu. 2023. Semtu Oy. Viitattu 28.1.2025. https://www.semtu.fi/application/files/5216/8672/3087/SP_380_Accu_-_Product_Card_-_2023-06-14.pdf

Liitteet

Liite 1. KÖSTER injektointiaineet (Injektointijärjestelmät 2025)

Tuotteen nimi	Tuotekuvaus	Injektointimenetelmät	Käyttökohde	Edut	Komponenttisuus	Käyttö- ja reaktioaika (20°C, 1 ltr. seos)	Hinta
KÖSTER 2 IN 1 PU-harts	Kaksi tuotetta yhdessä. Elastinen vaahto pysäyttää vesivuodon ja kiinteärunkoinen harts tiivistää ja sulkee halkeaman tai sauman.	Letku-, tulppainjektointi	Vettä vuotavat, kosteat tai kuivat halkeamat ja saumat.	Yhtä tuotetta voidaan käyttää kuivissa olosuhteissa, sekä vesivuotojen tukkimiseen.	2-komponentti	Käyttöaika: 45 min Reaktioaika: vesikontaktista 1-6min, ilman vettä 24 h	
KÖSTER IN 5 PU-harts	Elastinen harts, joka tiivistää ja sulkee kuivat ja kosteat halkeamat sekä saumat.	Letku-, tulppainjektointi	Kuivat tai kosteat halkeamat ja saumat.	Pitkä käyttöaika, alhainen viskositeetti ja korkea elastiivisuus.	2-komponentti	4 h	
KÖSTER KB-Pox IN Injektointiepoksi	Halkeamien rakenteelliseen korjaamiseen. Tiivistää ja liimaa halkeamat palauttaen rakenteen alkuperäiset ominaisuudet.	Tulppainjektointi, imeytys	Kosteat tai kuivat halkeamat.	Palauttaa rakenteellisen lujuuden	2-komponentti	80 min	
KÖSTER IN 8 injektointivaahto	Vesi reaktiivinen vaahto vesivuotojen tukkimiseen. Ei vaadi jälki-injektointia kiinteärunkoisella hartsilla.	Tulppainjektointi	Kosteat ja vettä vuotavat halkeamat.	Nopea vaahtoeffekti pysäyttää vesivuodot sekunneissa.	1-komponentti	Reaktioaika n. 3 min	

Liite 2. Webac injektointiaineet (Injektointiaineet ja tarvikkeet 2025)

Tuotteen nimi	Tuotekuvaus	Injektointimenetelmät	Käyttökohteet	Edut	Komponenttisuus	Käyttö-aika	Hinta
Webac 4170 injektointiepoksi	Matalaviskositeettinen rakenteelliseen injektointiin ja imeytykseen.	Letku-, tulppa-, kopoinjektointi, imeytys	Kuivat tai kosteat halkeamat ja saumat. Käyttölämpötila >8°C.	Erinomainen tunkeutuvuus ja tartuntalujuus.	2-komponentti	20-85 min (30°C - 12°C)	
Webac 4170T injektointiepoksi	Matalaviskoosinen rakenteelliseen injektointiin ja imeytykseen.	Letku-, tulppa-, kopoinjektointi, imeytys	Soveltuu öljyisille ja kosteille halkeamille. Tuulivoimaloiden perustusten injektointiin.	Soveltuu alhaisiin lämpötiloihin (>3°C).	2-komponentti	10-60 min. (30°C - 12°C)	
Webac 4110 epoksiharts	Epoksiharts betonirakenteiden halkeamien ja saumojen rakenteelliseen injektointiin.	Letku-, tulppa-, kopoinjektointi	Kuivat halkeamat ja saumat.	Kovettuu myös dynaamisten kuormien vaikuttaessa.	2-komponentti	30-120min (30°C - 12°C)	
Webac 4130 epoksiharts	Erikoisepoksiharts rakenteiden vahvistamiseen.	Tulppa-, kopoinjektointi	Märät ja öljyiset halkeamat. Tuulivoimaloiden perustusten korjaukset.		2-komponentti	20-50min (20°C - 12°C)	
Webac 155 PU-harts	Kosteuteen reagoiva injektointivaaho, pysyvä tiivistys vesitiiviin hartsikalvon ansiosta.	Letku-, tulppainjektointi	Vain kosteat halkeamat.	Tukkii vesivuodot nopeasti.	1-komponentti	Vähintään 1 h normaaleissa olosuhteissa.	
Webac 1420 PU-harts	Erikois PU-harts kemiallisesti ja biologisesti raskaasti kuormitettuihin kohteisiin.	Letku-, tulppainjektointi	Kuivat tai märät halkeamat ja työsaumat kemiallisesti ja biologisesti raskaasti kuormitettuihin kohteissa.	Joustava ja tukkii vesivuodot nopeasti. Kestää erinomaisesti kemiallista rasitusta	2-komponentti	60-100min (30-12°C)	

Webac 1403 P PU-harts	PU-harts, joka vesi kontaktista muodostaa hienojakoisen, elastisen, tiiviin ja kemiallisesti kestävän vaahdon.	Letku-, tulppainjekointi	Kuivat tai märät työsaumat ja halkeamat.	Korkea kemiallinen kestävyys. Reaktioaika säädettävissä kiihdyttimen avulla.	2-komponentti	80-140min (30-12°C)	
Webac 1405 PU-harts	PU-harts halkeamien ja työsaumojen sulkemiseen. Hitaan vaahdonmuodostumisreaktion ansiosta hyvä tunkeuma paksummissa rakenteissa.	Letku-, tulppainjekointi	Kuivien, kosteiden, vettä vuotavien ja rajallisesti liikkuvien halkeamien ja työsaumojen sulkeminen ja tiivistämiseen.	Erittäin elastinen ja hyvä kiinnitysteho.	2-komponentti	40-90min (30-12°C)	
Webac 150 PU-vahto	Nopeasti ja runsaasti turpoava vahto vuolaiden vuotojen nopeaan tyrehdyttämiseen. Tyrehdyttämisen jälkeen lopulliseen sulkemiseen käytetään Webac 1403P tai 1405. Turpoaa 40 kertaiseksi.	Tulppainjekointi	Runsaasti vuotavien halkeamien ja aukkojen sulkemiseen ja tiivistämiseen.	Tukkii vuolaatkin vesivuodot erittäin nopeasti.	2-komponentti	Vesikoskuksesta vaahtoaminen alkaa n. 15 sekunnissa. Kovettumisaika n. 1 min.	
Webac 157 PU-vahto	Nopeasti ja runsaasti turpoava, elastinen vahto. Vuolaasti vuotavien vuotojen nopeaan tyrehdyttämiseen. Tyrehdyttämisen jälkeen lopulliseen sulkemiseen käytetään Webac 1403P tai 1405. Turpoaa 15 kertaiseksi.	Tulppainjekointi	Runsaasti vuotavat saumat paikallavalu- ja elementtirakenteissa. Liittolaattasaumat. Rakennusten väliset saumat. Putkiläpiviennit. Lattian ja seinän väliset saumat.	Tukkii vuolaatkin vesivuodot erittäin nopeasti.	2-komponentti	Tukkii vesivuodon 1-2 minuutissa.	

Liite 3. Sika injektointiaineet (Sikadur-52 Injection Normal n.d.)

Tuotteen nimi	Tuotekuvaus	Injektointimenetelmät	Käyttökohteet	Edut	Rajoitukset	Komponenttisuus	Reaktioaika	Hinta
Sikadur®-52 Injection Normal epoksi-injektiohartsi	Matala viskossinen, sitoo osia rakenteellisesti yhteen	Tulppa ja imeytysinjektointi	Kuivat ja kosteat max 5 mm leveät halkeamat	Käyttölämpötila 5°C – 30°C	Ei hydrostaattisen paineen alaisille tai märille halkeamille	2-komponentti	10 min	

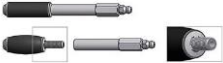


Liite 4. Semtu tuotevalikoiman injektointiaineet (Injektointiaineet 2025)

Tuotteen nimi	Tuotekuvaus	Injektointimenetelmät	Käyttökohteet	Edut	Rajoitukset	Komponenttisuus	Työ-aika	Hinta
Luxit injektointiepoksi	Matalaviskoosinen injektointiepoksi, halkeamien korjaamiseen betonissa, tiilimuurauksissa ja ankurointitankojen injektointiin	Tulppainjektointi	Kuivissa halkeamat	Kestää emäksiä, laimennettuja happoja, suolo- liuoksia ja mineraaliöljyjä	Kosteat rakenteissa tartunnan heikkenemisen kustannuksella	2-komponentti	60 min (25°C)	
PC® LEAKINJECT 2K FLEX 6811 LV PU-harts	MDI-pohjainen polyuretaani-injektointiharts. Veden kanssa reagoidessaan muodostaa vaahtoa. Ilman vettä reaktiossa muodostuu joustava tiiviste.	Letku- ja tulppainjektointi	Märät tai kuivat halkeamat ja saumat.	Muodostaa joustavan vesitiivisteen kohteeseen.		2-komponentti	60 min (20°C)	
PC®Leakinject Uni 6816 E PU-harts	MDI-pohjainen polyuretaani-injektointiharts, joka reagoi veden kanssa muodostaen kiinteän hydrofobisen tiivisteen.	Tulppainjektointi	Vain veden kanssa vaikutuksessa oleviin halkeamiin ja suuriin rakoihin.	Reagoi nopeasti tiivistäen vuoto- kohdan tai pysäyttää nopean ja/tai paineen alaisen veden virtaaman. Kestää heikkoja happoja ja emäksiä, mineraaliöljyjä, sieniä ja bakteereja, pohja- ja merivettä sekä öljytuotteita.	Ei sovellu painuille tai liikkeelle altistuviin kohteisiin.	1-komponentti (aine + katalyytti)	Minuutteja vesikostuksesta	
PC®Leakinject Hydrogel 6880 MDI-pohjainen harts	Vesikontaktista muodostaa joustavan umpisoluisen vaahton, joka täyttää raot ja muodostaa tiiviin, läpäisemättömän polyuretaanitiivisteen.	Tulppainjektointi	Kosteat tai vuotavat halkeamat	Hyvä kemikaalikestävyys. Hyvä tartunta ja joustavuus.	1-komponentti pumpulla voidaan käyttää vain kosteissa halkeamissa. Kuivissa halkeamissa 2-komponentti pumpulla 1:1 veden kanssa.	1-komponentti	Reaktioaika vesi kontaktista >7 min	

Liite 5. Injektointiletkut (Muottikolmio; Alimex; Meltex n.d.)

Tuotteen nimi	Tuotekuvaus	Hinta
<p>Webac Typ 2</p> 	<p>Sopii hartsien injektointiin. Paineenkestävä sisäletku on rei'itetty säännöllisin välein ja sisäletku on päällystetty 2-kertaisella kudoksella. Syöttöletku voidaan kiinnittää, joko kierrettävällä jatkoliittimellä tai liimallisella. (Webac Typ 2 injektointiletku n.d.).</p>	
<p>JOCO 10</p> 	<p>Sopii nesteiden ja mikrosementtien injektointiin. Aineen tasaisen jakauman takaa sisäletkun 3-kerroksinen spiraalirakenne. Letku on suomalainen tuote ja kehitetty vastaamaan suomalaisia rakennusolosuhteita, sillä letku on erittäin taipuisaa myös pakkasella. (JOCO 10 injektointiletku n.d.).</p>	
<p>Intec® Premium</p> 	<p>Sopi hartsien injektointiin. Erittäin taipuisa ja lujatekoinen. Patentoitu letkun avautuva venttiiliteknologia. (Intec Premium injektointiletku moninkertaiseen injektointiin hartseilla n.d.).</p>	
<p>TOP STAR</p> 	<p>Sopii hartsien ja mikrosementtien injektointiin. Koostuu sisäputkesta ja sitä ympäröivistä kammioista. Valun aikana sulkijaosat suojaavat sisäputkea ja estävät betonin tunkeutumisen letkuun. (TOP STAR -injektointiletku n.d.).</p>	

Liite 6. Injektointitulpat (Muottikolmio; Alimex n.d.)

Tuotteen nimi	Tuotekuvaus	Hinta
<p>Desoi injektointitulppa</p> 	<p>Reikään kiristettävä tulppa hartsien injektointiin. Takaiskuventtiili estää injektioainetta valumasta ulos ennen kovettumista. Saatavilla myös versio, jonka varsi on irrotettavissa heti injektoinnin jälkeen. (Teräksiset injektointitulpat hartseille n.d.).</p> <p>Saatavilla olevat koot: 8x80 mm, 10x120 mm, 10x175 mm, 10x300mm, 13x160mm, 13x300 mm</p>	
<p>KÖSTER Supermansetti (eng. Superpacker)</p> 	<p>Kumiosalla varustettu mansetti asennetaan porareikään kiristämällä. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät n.d.).</p> <p>Saatavilla olevat koot: 13x115 mm, 13x85 mm</p>	
<p>Muoviset injektointitulpat</p> 	<p>Muovisia injektointitulppia käytetään pääasiassa kopoinjektointiin. Asennetaan porareikään lyöntituurnalla. (Muoviset injektointitulpat hartseille n.d.).</p> <p>Saatavilla olevat koot: 4x50 mm, 6x55 mm, 10,80 mm</p>	

Liite 7. Injektointipumput (Alimex; Semtu; Muottikolmio n.d.)

Tuotteen nimi	Tuotekuvaus	Hinta
	<p>Sähkötoiminen kalvopumppu soveltuu matala- ja korkeapaine injektointiin nestemäisillä aineilla. Hydraulinen venttiili yhdistelmänä manometrilla mahdollistavat tarkan ja yhtäjaksoisen paineen säädön. (KÖSTER 1C injektointipumppu n.d.).</p> <p>Käyttöpaine: 0 – 200 bar Toimitus kapasiteetti: max 2.2 l/min Paino: n. 20 kg Mitat: 440 x 400 x 500</p>	
	<p>Akkukäyttöinen injektointipumppu, joka kevyen (15 kg) ja kompaktin rakenteen ansiosta on helposti siirrettävissä. Akku mahdollistaa pumpun käytön verkkovirran saavuttamattomissa. Tuote sisältää 2 pikalaturilla ladattavaa akkua. (SP 380 akku injektointipumppu 2023).</p> <p>Maksimi virtausnopeus: 1,4 l/min Maksimi yhtämittainen injektointiaika: 42 minuuttia Paino: 15 kg Materiaalisäiliö: 2 ltr.</p>	
	<p>Porakone käyttöinen mäntäpumppu. Käyttöpaine 0 – 200 bar. (Injektointipumppu Desoi PowerInject P1 hartseille n.d.).</p>	

<p>Käsiprässit (monia valmistajia)</p> 	<p>Suosittelavaa valita manometrilla varustettu paineen tarkkailemiseksi. Käsiprässi sopii pienempiin töihin, vaikeapääsyisiin työkohteisiin tulppa- tai kopoinjektointiin. Tarkka paineen säätely on tyypillisesti helpompaa kuin sähkökäyttöisellä pumpulla. Käyttöpaine max. 100 bar. (Käsipumppu manometrillä n.d.).</p>	
<p>Desoi M-Power 301</p> 	<p>Voidaan käyttää sekä tulppa-, että letkuinjektioinnissa. Etuna tietyissä käyttökohteissa sähkökäyttöiseen pumpuun verrattuna, ettei vaadi sähköä. Käyttöpaine 0-120 bar. (Injektointipumppu M-Power 301 hartseille n.d.).</p>	