

## 1 VAURIO



Kuva 1. Vinoa leikkaushalkeamia tukien lähellä ja pystysuoria taivutushalkeamia aukon keskellä.

Betonirakenteisiin syntyy halkeamia, kun vetojännitys ylittää betonin vetolujuuden. Rakenteelliseen lujuuteen vaikuttavien halkeamien syitä voivat olla

- suunnitteluvirheet, kuten liian pitkät liikuntasaumavälit tai riittämätön rauditus
- väärin asennettu rauditus
- betonointivirheet
- puutteellinen jälkihoito ja suojaus
- ylikuormitus
- rakenteiden liikkuminen ja värinä

Kun uusi rakenne liitetään vanhaan, eikä uuden rakenteen kutistuminen pääse tapahtumaan vapaasti, voi uusi tai vanha rakenne halkeilla. Halkeamia esiintyy runsaimmin palkeissa ja hoikissa reunaulokkeissa. Maatukien halkeamat johtuvat yleensä kutistumisesta ja rakenteiden liikkumisesta. Myös lämpötilaerot voivat aiheuttaa halkeilua.

## 2 KORJAUSTARVE



Kuva 2. Vesivuoto halkeaman kautta aiheuttaa seurausvaurioita.

Halkeamat injektoidaan yleensä sillan peruskorjauksen yhteydessä [SILKO-yleisohjeen 1.233](#) /1/ mukaan. Betonirakenteen halkeama on korjattava mahdollisimman nopeasti, jos sen kautta on vesivuotoa.

Halkeaman luokitus ja syy (vakavuus ja kiireellisyys) pitää selvittää SILKO-yleisohjeessa /1/ ja Sillantarkastuskäsikirjassa /2/ esitetyn mukaisesti.

Halkeaman syy ja merkitys sillan kantavuudelle on aina selvitettävä. Syitä on selostettu kohdassa 1. Esimerkiksi raudoituksen korroosiosta johtuva halkeama korjataan piikkaamalla kohta auki ja paikkaamalla, koska injektointi ei poista halkeaman syytä. Mikäli halkeaman syynä on esim. sillan kapasiteetin puute, tulee rakennetta vahventaa.

### 3 OHJEEN SOVELTAMISALA

Ohjeessa käsitellään betonisten taitorakenteiden rakenteellista lujitusinjektointia (reaktiivisia) polymeerejä käyttäen. Tässä ohjeessa ei käsitellä vedenalaisia injektointeja. Sementti-injektointia on käsitelty [SILKO-ohjeessa 2.237/4/](#)

Polymeereillä tarkoitetaan tässä ohjeessa lähinnä epoksia, jotka täyttävät standardissa SFS-EN 1504 – 5:ssä esitetyn toiminnallisen luokituksen F ja korjausmenetelmän 4.6 mukaiset vaatimukset ja ovat aineita, jotka pystyvät siirtämään voimia pinnasta toiseen.

### 4 LAATUVAATIMUKSET

Voimia siirtävän halkeaman injektointi tehdään tilaajan hyväksymän injektointisuunnitelman mukaan.

Injektointisuunnitelman laatiminen ja sisältö on esitetty [SILKO-yleisohjeen 1.233/1/](#) kohdassa 2.3. Injektointisuunnitelma sisältyy koko korjaushankkeen suunnitelmaan tai on erikseen toteutettava itsenäinen suunnitelma.

Injektointiaineiden on oltava CE-merkittyjä, niillä tulee olla EN 1504-5:n mukainen suoritus-tasoilmoitus, niiden suoritus-tason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmän (A2SP-luokka) tulee olla 2+ ja niiden tulee täyttää Liikenneviraston vaatimukset. Sulkuaineiden on oltava Väyläviraston hyväksymiä. Väyläviraston töissä käytettävät injektointi- ja sulkuaineet esitetään SILKO-ohjeen 3.235 [laulukossa/15/](#). Ulkorakenteissa injektointiaineen on tartuttava kosteaan pintaan. Vanhentuneita injektointiaineita ei saa käyttää.

Muoveista käytetään betonirakenteiden injektointiin useimmiten epoksia. Sillankorjaustoissa käytetään yleensä alhaisen viskositeetin omaavia epoksia. Jos halkeamaa ei voida sulkea molenmiltä puolilta, kuten maatuessa, voidaan käyttää valumatonta eli tiksotrooppista epoksia.

Injektointityön tekijän ammattitaito on osoitettava tilaajan hyväksymällä työnäytteellä tai referensseillä.

Injektointilaitteessa on oltava suutinpainetta mittaava mittari, jotta riittävää painetasoa pystytään pitämään yllä riittävän pitkä aika sekä välttämään liian korkean injektointipaineen aiheuttamilta rakenteen lisävaurioilta.

Tätä ohjetta käytetään laadittaessa injektointityön laatuvaatimuksia sekä injektoinnin työ- ja laatusuunnitelmaa.

Työturvallisuutta koskevissa asioissa noudatetaan [SILKO-ohjetta 1.111](#). Ympäristönsuojelu toteutetaan [SILKO-ohjeen 1.112](#) mukaan.

Ohjeen käyttäjän on otettava huomioon eri standardeissa ja kirjallisuusviitteissä mahdollisesti tapahtuneet muutokset.

Halkeaman sulkuaineen on kestettävä injektointipaine ja halkeamaan mahdollisesti kohdistuvat liikkeet. Sulkuaine on voitava poistaa mahdollisimman helposti.

Sementtipohjainen sulkuaine on helppo poistaa, mutta huono tiiviys saattaa aiheuttaa ongelmia. Runsaasti täyteainetta sisältäviä muovipohjaisia sulkuaineita voidaan poistaa vasaralla koputtelemalla, pinta jää hieman karheaksi. Epoksipohjaisilla sulkuaineilla on paras tartunta.

Injektointityön onnistuminen on varmistettava työn alussa ennakkokokeella. Ennakkokokeessa määritellään

- injektointivälineet, kuten injektointilaitte painemittareineen ja mahdollinen injektointitulppa
- sulkuaine ja injektointiaine
- injektointipaine
- injektointikohtien välinen etäisyys

Ennakkokokeen onnistuminen varmistetaan poranäytteistä.

Injektoinnin onnistuminen tarkistetaan lieriöporralla otettavan näytteen avulla valvojan osoittamista kohdista kappaleessa 6 (Laadunvarmistus) esitetyn mukaisesti. Lieriöt porataan siten, ettei raudoitusta vahingoiteta. Näytteriät paikataan SILKOssa esitetyllä valumattomalla paikkausaineella siten, että näyttereikä on täysi.

Näytelieriön halkaisijan pitää olla vähintään 30 mm.

Halkeaman täyttöasteen on oltava vähintään 80 %. Alitustapauksessa määritellään jatkotoimenpiteet tapauskohtaisesti rakenteen ja halkeaman tyypistä sekä kuormituksesta riippuen.

Olosuhteiden on oltava valittujen aineiden vaatimusten mukaiset. Injektointia ei saa tehdä, jos rakenteen lämpötila on alle +5 °C. Jos olosuhteet eivät ole vaatimusten mukaisia, käytetään sääsuojaa.

Muovituotteita käytettäessä noudatetaan injektointiaineen lämpötilavaatimusten osalta tuotteen valmistajan ohjeistusta.

Injektointityöstä on pidettävä pöytäkirjaa, jonka malli on [SILKO-yleisohjeen 1.233](#) /1/ liitteenä.

## 5 TYÖVAIHEVAATIMUKSET

### 5.1 Valmistelevat työt

Urakoitsija laatii ennen injektointityön aloittamista yhdistetyn injektointityösuunnitelman (teknisen työsuunnitelman) ja laatusuunnitelman [SILKO-ohjeen 1.233](#) /1/ mukaan.

Yhdistetyssä suunnitelmassa esitetään vähintään samat asiat kuin [SILKO-ohjeen 1.233](#) kohdassa 5.1 Työ- ja laatusuunnitelma, on esitetty.

Urakoitsija esittää muutokset injektointisuunnitelmaan ennakkokokeen perusteella.

Ennen injektointityötä on tehtävä seuraavat toimet: Liikenteen järjestelyjä varten laaditaan tarvittaessa ja hyväksytään eri ohjeiden /5/ /7/ ja /8/ mukaan liikenteenohjaussuunnitelma.

Tien tai radan sulkeminen liikenteeltä injektoinnin ajaksi saattaa joissain tapauksissa olla tarpeen. Joskus riittää raskaan liikenteen ohjaaminen siltapaikan ohi. Tärinän ei ole todettu haittaavan epoksin verkottumista, mutta liikenteen rajoittaminen on aina suositeltavaa. Tärinä saattaa vaikuttaa myös sulkuaineen valintaan. Jos liikenne sallitaan, tielle tai radalle asetetaan nopeusrajoitus 30 km/h.

Työntekijöiden perehdyttämiseksi annetaan työn edellyttämä määrä työnopeustusta.

Lisätöitä aiheuttavista, injektointisuunnitelmas- ta poikkeavista asioista, on ilmoitettava kirjallisesti tilaajalle. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi:

- Injektoitavien halkeamien määrä ylittää määräluettelossa ilmoitetun
- Halkeamissa havaitaan suurempia liikkeitä kuin mitä suunnitelmaa laadittaessa on otaksuttu
- Halkeamissa on kalkkia tai muuta ainesta, jota ei ole suunnitteluvaiheessa havaittu
- Kuivaksi oletetussa halkeamassa on vesivuoto.

Tilaaja hyväksyy muutokset injektointisuunnitelmaan ja lisätyöt.

### 5.2 Injektoinnin valmistelu

Telineet ja työtasot tehdään rakennustöiden turvallisuudesta annettujen määräysten /5/ sekä ohjeiden/9/–/10/ mukaan. Ajouradan puolelle tehdään suojakaide ainakin silloin, kun ajokaistan reuna on alle metrin etäisyydellä työskentelyalueesta.

Ennakkokoe tehdään kohdan 4 mukaan. Injektointilaitteiden (kuva 3) kunto ja toiminta tarkistetaan ennakkokokeessa.



Kuva 3. Injektointilaitte ja suutinpainemittari.

Käytännön kokemusten mukaan suositeltavissa injektointilaitteissa komponentit sekoittuvat vasta suuttimessa (kuva 4).



Kuva 4. Injektointilaitte, jossa komponentit sekoittuvat vasta suuttimessa.

Injektoinnin onnistuminen selvitetään poranäytteen avulla (kuva 5).



Kuva 5. Ennakkokokeen tulos tarkistetaan rakenteesta porattavasta näytteestä.

Jos halkeamassa on kalkkia tai vesivuoto, halkeama avataan betonin pinnasta lohkaisemalla tai sahaamalla timanttiterällä 4 mm:n levyinen ura. Avausta ei oteta raudoitukseen asti, ellei kalkkiutunut aine ulotu niin syvälle. Raudoitusta ei saa missään tilanteissa vahingoittaa.

Injektointitulpat voidaan kiinnittää avauksen pohjalle. Menettelyä vesivuototapauksessa on selostettu tarkemmin Sementti-injektointiohjeessa /4/.

Mahdollinen kalkki ja epäpuhtaudet hiotaan pois halkeaman kohdalta rakenteen pinnasta. Sementtipohjaista sulkuainetta käytettäessä puhdistetaan injektointimenetelmästä riippuen 30–100 mm:n levyinen kaista halkeaman molemmin puolin koneellisella teräsharjalla. Kaikki irtonainen aines poistetaan rakennusmurilla. Jos betoni halkeaman läheisyydessä on harvaa, pinta puhdistetaan ja suljetaan niin laajalta alueelta, ettei injektointiaine purkaudu ulos halkeaman ympäristöstä injektointipaineen vaikutuksesta. Vaihtoehtoisesti halkeaman pinta piikataan auki ja paikataan vahimattomalla paikkauslaastilla.

Sulkuaine sekoitetaan huolellisesti tuotekohtaisten ohjeiden mukaan. Sulkuaine levitetään lastalla siten, ettei halkeaman päälle kiinnitettyjä injektointitulppia suljeta (kuva 6).



Kuva 6. Sulkuaine levitetään lastalla.

### 5.3 Injektointitulppien kiinnitys

Halkeama injektoidaan injektointilaitteella aikaan saatavan paineen avulla. Injektointiaine pumpataan suoraan halkeamaan erikoissuuttimen (kuva 4) kautta tai käytetään injektointitulppaa, joka voi olla

- mansetilla kiinnitettävä injektointitulppa (kuva 7)
- metallista tai muovista valmistettu aluslevy, joka liimataan laipastaan halkeaman päälle (kuva 8) tai liimattava putki, johon on työstetty kiertetiet injektointinipin kiinnittämistä varten
- kanyyli eli injektointiholkki (kuva 9).

Käytettäessä erikoissuutinta, se painetaan halkeaman päälle, joten injektoinnissa ei tarvita rakenteeseen kiinnitettäviä injektointitulppia (kuva 4). Injektointikohdat teipataan sulkuaineen levittämisen ajaksi.

Mansetilla kiinnitettävää tulppaa varten porataan valmistajan ohjeen mukaan yleensä 8–20 mm:n reikä 100–400 mm:n syvyyteen. Reiät porataan viistoon halkeaman poikki ja vuorotellen halkeaman molemmilta puolilta (kuvat 10 ja 11). Laajeneva kumitiiviste eli mansetti (kuva 7) kiinnittää tulpan sitä kierretäessä.



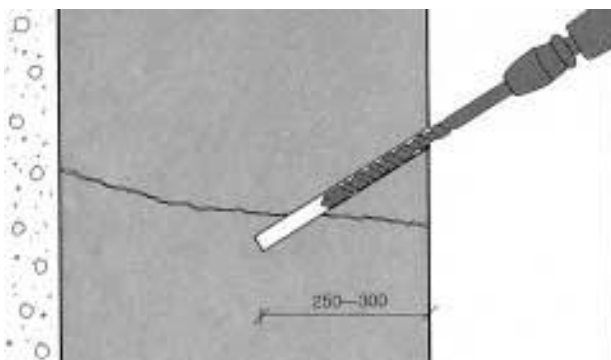
Kuva 7. Mansetilla kiinnitettävää injektointitulppaa.



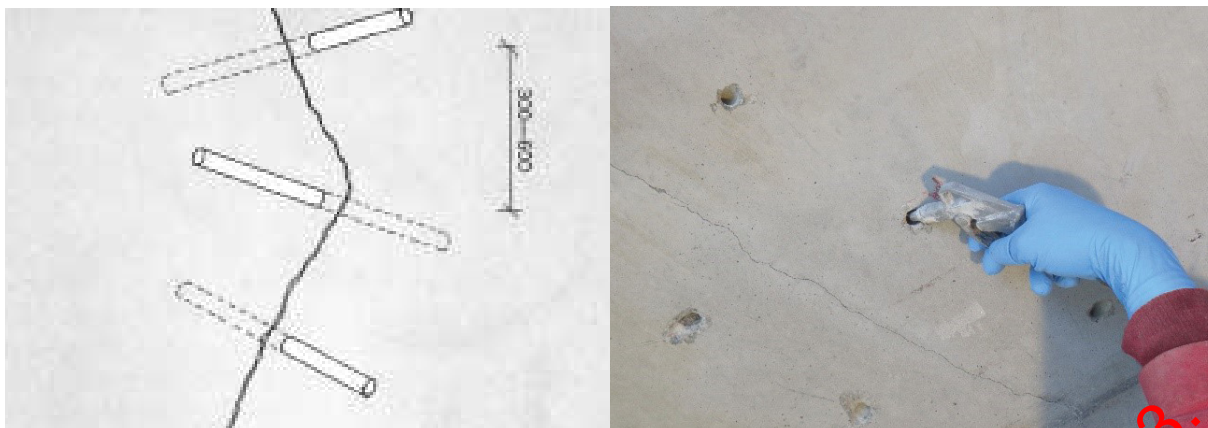
Kuva 8. Aluslevyjä ja toiseen kiinnitetty injektointinippa.



Kuva 9. Injektointikanyyli eli holkki.



Kuva 10. Reiät porataan siten, että ne leikkaavat halkeaman.



Kuva 11. Reiät porataan vuorotellen halkeaman molemmilta puolilta.

Injektointitulppaa varten porattavan reiän halkaisija ei saa olla yhtä millimetriä tulppaa suurempi. Injektointinippa kiinnitetään injektointitulppaan (kuva 7) tai aluslevyyn, joka liimataan rakenteen pintaan (kuva 8). Injektointitulpan kiinnityksiperiaate on esitetty kuvassa 12.

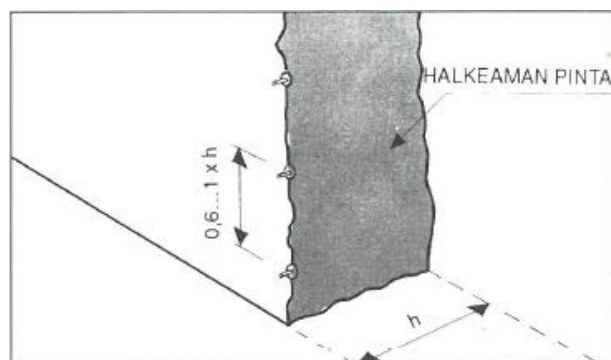
Injektointikanyyli (holkki) liimataan laipastaan sulkuaineella tai muulla liimalla puhdistetun halkeaman päälle (kuva 9). Liima ei saa sulkea kanyylin reikää.

Injektointitulpan reikä puhdistetaan imurilla.



Kuva 12. Injektointitulpan kiinnitys injektointireikään.

Jos injektoidaan usean injektointipisteen yli, on injektointikohtien välimatkan perusarvo halkeaman suuressa 0,6 kertaa rakenteen paksuus, kun perusarvo on muulloin 1 (kuva 13).



Kuva 13. Injektointikohtien väli määräytyy rakenteen paksuuden mukaan.

## 5.4 Halkeaman injektointi

Injektointiaineen tuotekohtaisia ohjeita on noudatettava tarkasti.

Yleensä komponentteja sekoitetaan ensin erikseen ja sitten seoksena porakoneen sekoitussiivikolla. Epoksien käyttöaika on yleensä alle puoli tuntia ja lyhenee annoskoon ja lämpötilan kasvaessa, joten aine on sekoitettava pieninä annoksina.

Työmaalla on oltava suomenkielinen käyttöohje ja käyttöturvallisuustiedote, jotka on saatettava työntekijöiden tietoon. Työturvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

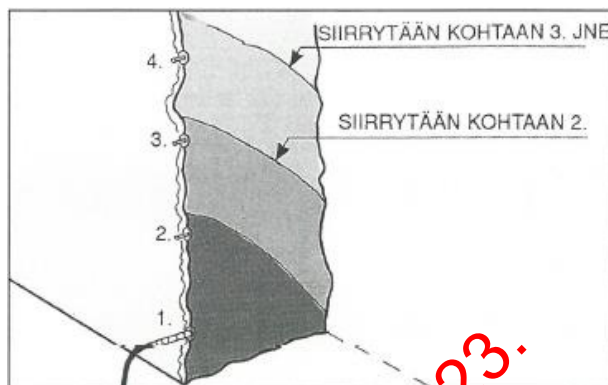
Injektointilaitteena käytetään painemittarilla varustettua käsikäyttöistä puristinta tai konekäyttöistä pumpua.

Injektointiaine ei saa olla sitoutunutta (sementti-injektointiaineet) tai polymeroitunutta (muovi-injektointiaineet). Aineen kovettuminen ei saa alkaa niin, että se haittaa injektointia. Injektointilaitte puhdistetaan liuotteella välittömästi käytön päätyttyä. Erityisesti on varottava painemittaria.

Injektointityö aloitetaan alhaisella 0,1–0,2 MPa:n (1–2 bar) paineella. Paineita lisätään tarpeesta kunnes virtausta alkaa tapahtua, jolloin paine laskee. Yli 1,5 MPa:n (15 bar) paineella on syytä välttää sulkuaineen tartunnan vuoksi. Jos sulkuaine irtoaa tai injektointiainetta purkautuu sulkuaineen ulkopuolelta, injektointi on lopetettava. Työtä voidaan jatkaa seuraavana päivänä uusista injektointikohtista siten, että injektointitulpat kiinnitetään halkeaman poikki viistoon porattaviin reikiin.

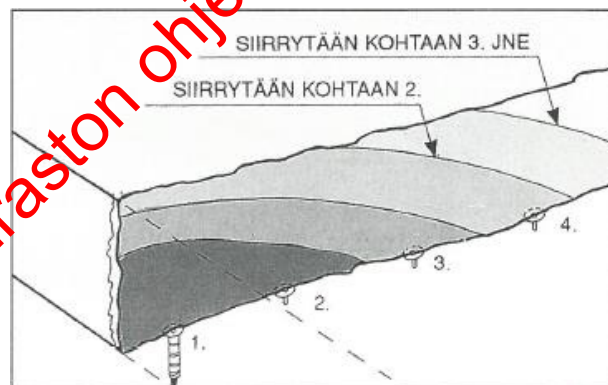
Injektointi aloitetaan aina halkeaman alapäästä ja on huolehdittava, että ilma pääsee poistumaan halkeaman yläpäästä.

Seinämaista rakennetta injektoitaessa siirrytään seuraavaan ylempänä olevaan injektointikohtaan, kun injektointiainetta valuu kolmannesta reiästä (kuva 14).



Kuva 14. Seinän injektointiperiaate.

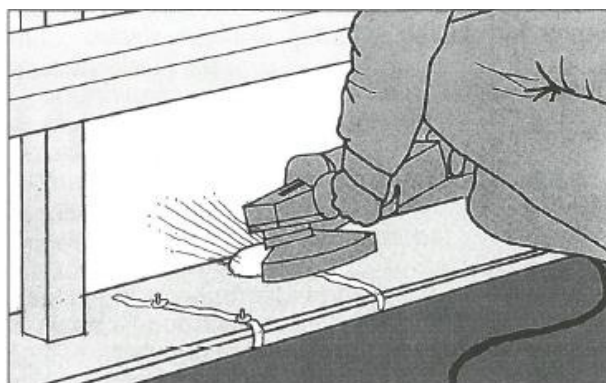
Yläpuolista laattaa injektoitaessa siirrytään seuraavaan injektointikohtaan, kun injektointiainetta valuu neljännestä reiästä (kuva 15).



Kuva 15. Kansilaatan injektointiperiaate.

Halkeaman päälle kiinnitetyt injektointitulpat, nipat ja kanyylit katkaistaan ja sulkuaine hiotaan tai poistetaan muulla tavalla (kuva 16).

Sulkuainetta poistettaessa on otettava huomioon käyttöturvallisuustiedotteen ohjeet.



Kuva 16. Sulkuaine ja injektointinipat poistetaan kulmahiomakoneella.

## 6 LAADUNVARMISTUS

Olosuhtemittaukset tehdään vähintään työvuoron alussa ja lopussa ja kerran työvuoron aikana.

Mittaus tehdään ilman lämpötila- ja kosteusmittareilla. Sääsuojan käyttö on suositeltavaa huonoille sääoloille alttiita rakenteita injektoidessa.

Injektointityöstä on pidettävä pöytäkirjaa, jonka malli on [SILKO-yleisohjeen 1.233](#) /1/ liitteenä. Ainemenekkiä on seurattava työn aikana. Pöytäkirja liitetään laaturaporttiin.

Injektoinnin onnistuminen tarkastetaan lieriöporalla otettavan näytteen avulla ( $\varnothing$  vähintään 30 mm) valvojan osoittamista kohdista. Jokaisesta kahtakymmentä halkeamametriä kohden porataan lieriöporalla yksi näyte. Näytteitä pitää kuitenkin olla vähintään kolme.

## 7 TÄYDENTÄVÄT OHJEET

/1/ Betonirakenteet. Halkeamien korjaaminen. Yleiset laatuvaatimukset. Liikennevirasto, taitorakenneyksikkö. [SILKO 1.233](#), 09/2016 LIVI 2230095.

/2/ Sillantarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. [Liikenneviraston ohjeita 26/2013](#). ISBN 978-952-255-409-3.

/3/ Taitorakenteiden tarkastusohje. [Liikenneviraston ohjeita 17/2013](#). ISBN 978-952-255-275-4.

/4/ Betonirakenteet. Sementti-injektointi. Työkohtaiset laatuvaatimukset. Tiehallinto, silta-tekniikka [SILKO 1.237](#) 12/04, TIEH 2230096.

/5/ Yleisohjeet. Työturvallisuus. Liikennevirasto. ([SILKO 1.111](#)). TIEH 2230095 – SILKO 1.111. Kuopio 2012.

/6/ Yleisohjeet. Ympäristönsuojelu. Liikennevirasto. ([SILKO 1.112](#)). TIEH 2230095 – SILKO 1.112. Helsinki 2011.

/7/ Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus teiden kunnossapitotöissä. [Liikenneviraston ohjeita 3/2015](#). ISBN 978-952-317-045-2.

/8/ Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). [Liikenneviraston ohjeita 7/2018](#). ISBN 978-952-317-526-6.

Työn valmistuttua kerätään [SILKO-ohjeen 1.233](#) /1/ kohdan 7.5 mukaisesti laaturaportiksi mm. seuraavat dokumentit:

- yhdistetty injektointityösuunnitelma ja laatusuunnitelma
- ainetodistukset
- ennakko- ja muut koetulokset
- injektointipöytäkirjat
- mahdolliset poikkeamaraportit
- kelpoisuuden yhteenvetoraportti.

Laaturaportti luovutetaan tilaajan edustajalle Taitorakennekisteriin syötettävässä muodossa.

/9/ Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet RIL 142-2010. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. ISBN 978-951-758-519-4.

/10/ Tukitelineet ja muotit RIL 147-2006. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. ISBN 951-758-467-9.

/11/ SFS-EN 1504 – 5:2013 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 5: Betonirakenteen injektointi.

/12/ Sillat RIL 179-1989. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. ISBN 951-758-196-3.

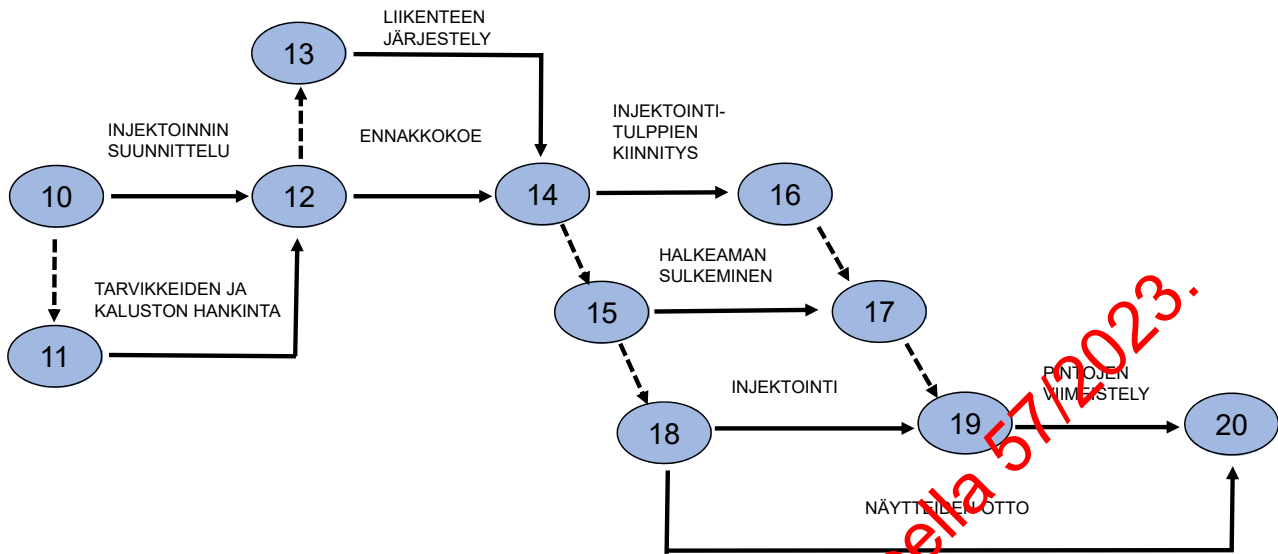
/13/ BY41 – Betonirakenteiden korjausohjeet 2016. Suomen Betoniyhdistys ry. ISBN 978-952-68068-7-7.

/14/ InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat, Rakennustieto Oy, RT 14–10920. Lisäksi edellistä täydentävät tai päivittävät ohjeet: [www.rts.fi/infraryl](http://www.rts.fi/infraryl) -InfraRYL ylläpito.

/15/ Betonirakenteet. Injektointi-, imeytys- ja sulkuaineet. Tarviketiedosto ([SILKO 3.235](#)). 7/2016 LIVI 2230097.

## OPASTAVAT TIEDOT

## TYÖVAIHEET



## RESURSSIT

TYÖVOIMA:

- injektointiin perehtynyt urakoitsija: työnjohtaja (TJ), rakennusammattimies (RAM) ja rakennusmies (RM).

TYÖVÄLINEET:

- aggregaatti (5– 9 kW) ja kulmahiomakone senä sähköporakone (noin 250 r/min.) ja sekoitussiivikko
- vipuvarsipuristin, koneellinen injektointilaitte, paineastia tai injektointiyksikkö
- timanttiteräinen lieriöpora
- rakennusimuri, jossa on reikäsuutin
- halkeaman mittausliuskat tai asteikolla varustettu luuppi.

TYÖMAAJÄRJESTELYT JA TYÖTURVALLISUUS:

- porattaessa tai hiottaessa silmien- ja kuulonsuojaimet
- injektointi- ja sulkuaineita käsiteltäessä suomenkieliset käyttöturvallisuustiedotteet
- injektointiainetta sekoitettaessa ja injektoidessa silmien- ja hengityksensuojaimet ja suojakäsineet
- injektointiaineseosten säilytysallas ja jäteastia
- tarvittaessa suojasuojat
- tarvittaessa siltakurki tai muu henkilönostin tai putkitelineet.

TARVEAINEET:

- injektointiaine ja sulkuaine (SILKO 3.235)
- injektointitulpat
- injektointivälineiden puhdistusaineet
- valumaton paikkauslaasti (SILKO 3.231).

LIKIMÄÄRÄISET TYÖSAAVUTUKSET:

- halkeaman injektointi
- kapea halkeama, paksu rakenne 3 –20 m/työvuoro
- leveä halkeama, ohut rakenne 20 – 40 "