

Sisällys

18360 Massanvaihtoon kuuluvat täytöt.....	1
18360.1 Massanvaihdon täyttömateriaali	1
18360.1.1 Massanvaihdon täyttömateriaali, kaivamalla	1
18360.1.2 Massanvaihdon täyttömateriaali, pengertämällä	3
18360.2 Massanvaihdon täytön työalusta	3
18360.3 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen tekeminen	3
18360.3.1 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen tekeminen, kaivamalla	3
18360.3.2 Massanvaihtoon liittyvien täyttöjen tekeminen, pengertämällä.....	6
18360.3.3 Massanvaihtoon liittyvien täyttöjen tekeminen, vesistöpenkereet	8
18360.4 Valmiit massanvaihtoon kuuluvat täytöt	9
18360.5 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen kelpoisuuden osoittaminen.....	9
18360.5.1 Kaivamalla tehtävän massanvaihdon kelpoisuuden osoittaminen	9
18360.5.2 Pengertämällä tehtävän massanvaihdon kelpoisuuden osoittaminen	11
18360.6 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen ympäristövaikutukset	13
18360.6.1 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen ympäristövaikutukset, yleistä.....	13
18360.6.2 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen ympäristövaikutukset, pengertämällä.....	14

18360 Massanvaihtoon kuuluvat täytöt

Ohje

Massanvaihto on perustamistapa, jossa huonosti kantava tai runsaasti kokoonpuristuva pohjamaa vaihdetaan kokonaan tai osittain kantavuudeltaan parempaan materiaaliin.

Massanvaihdon kaivutyö on kuvattu *luvussa 16250*.

Viitteet

16250 Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot, InfraRYL

[Infra 2015 Määrämittausohje 1836.](#)

18360.1 Massanvaihdon täyttömateriaali

18360.1.1 Massanvaihdon täyttömateriaali, kaivamalla

Vaatus

Massanvaihdon täyttömateriaali on suunnitelma-asiakirjojen mukaista.

Täyttönä käytetään hiekkaa, hiekkamoreenia tai näitä karkeampia, mieluummin kivisiä maalajeja tai louhetta.

Ohje

Uusiomateriaaleja ei tyypillisesti käytetä massanvaihdon täyttöjen materiaalina. Mikäli kuitenkin kohteessa halutaan käyttää tilaajan hyväksymän suunnitelman mukaan ympäristölainsäädännön vaatimukset täyttäviä sekä teknisiltä ominaisuuksiltaan ja maarakennuskelpoisuudeltaan käyttökohteeseen soveltuvia uusiomateriaaleja, sovelletaan uusiomateriaalien osalta *kohdan 18111.1.1* vaatimuksia ja ohjeita.

Vaatus

Louheen raekoko on *taulukon 181121:71* (suurin sallittu lohkarikoko pengerpaksuussittain) mukainen.

Täyttöön ei käytetä sekaisin maata ja louhetta muuten kuin suunnitellusti kerroksittain rakennettuna. Käytettäessä olosuhdeherkkää täyttömateriaalia, joka voi muuttua työn aikana juoksevaksi, tehdään työ materiaalille soveltuvissa sääolosuhteissa. Tierakenteissa täyttönä käytettävä hiekka on kelpoisuusluokan H2 mukainen tai karkeampaa hiekkaa (hienoainepitoisuus < 15 %).

Ohje

Tarvittaessa käytetään suodatinkangasta (ks. *luku 21120*) estämään täyttömateriaalin pohjamaahan sekoittuminen. Jos täyttö rakennetaan siten, että täyttömateriaali jää osaksi routimattomia rakennekerroksia, käytetään routimattomia kiviaineksia.

Jos kantava pohja on pinnaltaan sivukalteva, erityisesti savikerroksen peittämä kallio, käytetään penkereen pohjalla täyttöön kivistä maata tai louhetta.

Jos täytön läpi lyödään paaluja, esimerkiksi limitettäessä massanvaihtoa paalutettavaan rakenteeseen, käytetään paalutyyppin asentamiseen soveltuvaa materiaalia. Käytettäessä lyötäviä teräsbetonipaaluja täytön maksimirakoko on enintään 100 mm.

Jos täyttö tehdään määräsivyyteen ja sen alle jätetään pehmeitä maakerrostumia, valitaan materiaali siten, että täyttömateriaalien sekoittuminen alla oleviin maakerroksiin estyy.

Vaatus

Massanvaihtoon käytettävästä materiaalista määritetään rakeisuus ja vesipitoisuus. Maalaji määritetään ennen käyttöönottoa sekä työn kestäessä aina, kun maalaji vaihtuu tai on syytä epäillä maa-aineksen kelpoisuutta täyttöön.

Massanvaihtotäytteen kelpoisuus tarkastetaan rakeisuuden perusteella

- 4000 m³rtr:n välein
- aina kun silmämääräisesti havaitaan, että materiaali poikkeaa aikaisemmasta.

Rautatien radan rakenteissa massanvaihdon täyttömateriaali vastaa pengermateriaalia. Vedenpinnan alapuolella voidaan käyttää 0/600 mm louhetta. Pengertäyttö tehdään routasivyyden yläpuolella routimattomasta kiviaineksesta.

Viitteet

[18111 Maapenkereet, InfraRYL](#)

[181121 Maalle pengerrytetyt louhepenkereet, InfraRYL](#)

[21120 Suodatinkankaat, InfraRYL.](#)

18360.1.2 Massanvaihdon täyttömateriaali, pengertämällä

Vaatus

Massanvaihdon täyttömateriaali on suunnitelma-asiakirjojen mukaista.

Tien massanvaihdon täyttömateriaalina käytetään louhetta tai mahdollisimman karkeaa, kelpoisuusluokan S2 mukaista tai karkeampaa maata. Kelpoisuusluokat esitetään Väyläviraston ohjeen *Tierakenteen suunnittelu* taulukossa 6.

Viitteet

Tierakenteen suunnittelu, Väyläviraston ohje (www.vayla.fi/ohjeluetelo).

18360.2 Massanvaihdon täytön työalusta

Vaatus

Noudatetaan *kohtaa 16250.2*.

Viitteet

16250.2 Massanvaihtoon kuuluvien kaivantojen työalusta, InfraRYL.

18360.3 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen tekeminen

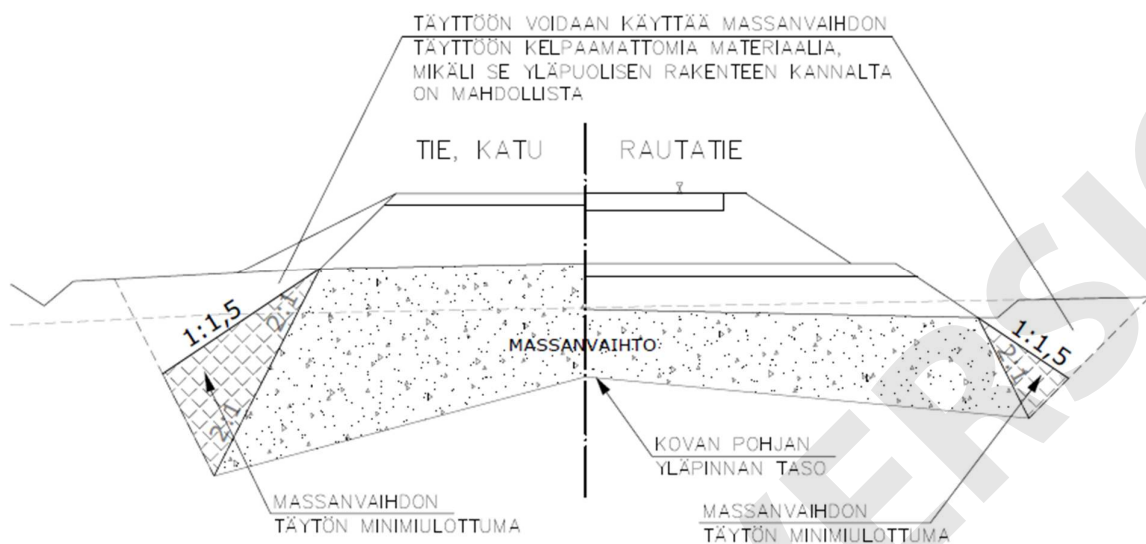
18360.3.1 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen tekeminen, kaivamalla

18360.3.1.1 Yleistä

Vaatus

Massanvaihdon täyttö tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaan. Mikäli massanvaihdon täytön päälle tehtävä pengerrakenne tehdään muuna kuin louherakenteena, on massanvaihdon yläpinta kiilattava *luvun 181121* mukaisesti. Massanvaihdon täytön vähimmäisulottuma on esitetty *kuvassa 18360:K1*.

Kuva 18360:K1. Massanvaihdon täytön vähimmäisulottuma.



Ennen massanvaihdon täyttötyön aloittamista pidetään tarvittavat katselmukset sekä tehdään tekninen työsuunnitelma, jonka tulee sisältää: työjärjestys, kaivu- ja täyttötyön keskinäinen ajoitus ja vaiheistus, työtä estävät ja rajoittavat rakenteet, niiden suojaaminen ja/tai tarkkailu, laaduntarkkailu; täyttömateriaalin ja tiivistystyön mittaukset, kaivu- ja täyttötapa, ympäristöntarkkailu sekä työturvallisuusasiat.

Ohje

Massanvaihtokaivantoon tulevat maavalumat todetaan tarkkailemalla silmämääräisesti kaivantoa ja sen ympäristöä sekä seuraamalla kaivettavien massojen määrää paaluväleittäin. Jos maavalumaa todetaan, on suunnitelmaa tarkistettava, ennen kuin työtä voidaan jatkaa.

Kaivun ja täytön teoreettinen syvyys ja muoto osoitetaan suunnitelma-asiakirjoissa. Kaivun syvyys esitetään yleensä maalajirajana. Ellei täyttötasoa ole osoitettu, täyttö rakennetaan maanpinnan tasoon - vesialueilla vähintään yksi metri vedenpinnan tason yläpuolelle.

Koska tutkimuspisteiden välillä kerrosrajat saattavat vaihdella epäsäännöllisesti, tavoitetaso on tarkistettava työnaikaisten havaintojen perusteella.

Kaivantoon kertyvä vesi voidaan tarvittaessa pumpata pois, ellei suunnitelma-asiakirjoissa muuta määrätä.

Louhetäyttö kiilataan yläpinnaltaan pienirakeisella louheella, jos sen päälle pengerretään louhetta hienorakeisempaa kiviainetta.

Jos täytön alapuolinen maa on pehmeää, rakennetaan täyttö portaittain siten, että kerrokset toimivat vastapenkereinä seuraaville kerroksille estäen alle jäävän maan kohoamisen ylös penkereen edestä.

Suunnitelma-asiakirjoissa esitetään, tiivistetäänkö täyttö kerroksittain tiivistäen, syvätiivistämällä (pudotustiivistys ks. *luku 14111*) vai käytetäänkö tiivistämiseen esikuormituspengertä. Pengertäyttötyössä eri materiaaleilla noudatettavat laatu- ja tiivistysvaatimukset ovat *lukujen 16100 ja 18111* mukaiset. Täyttötyön aikana massamenekkiä seurataan jatkuvasti kuormakirjanpidon ja täytön edistymisen perusteella. Kuormakirjanpito luovutetaan rakennuttajalle tarkastettavaksi. Pengerryksen yläpinnan tasoa tarkkaillaan vaaituksin. Myös pohjamaan käyttäytymistä pengerryksen edessä tarkkaillaan. Jos pohjamaan

todetaan painuvan, on pengerrys keskeytettävä välittömästi ja tehtävä tarvittavat muutokset suunnitelma-asiakirjoihin. Suunnitelma-asiakirjoissa esitetään:

- varottavat rakenteet, niiden tarkkailumittaukset ja suojaaminen
- johtojen ja kaapeleiden suojaaminen
- massanvaihdon kaivannon kaivutasot
- mahdollisen ylipenkereen materiaalit ja laajuus
- kaivuluiskien kaltevuudet ja kaivannon tuenta
- vedenpinnan taso kaivannossa
- kaivumenetelmät ja -vaiheet
- kaivumassojen määrän mittaus
- pengerrystapa
- täyttöön käytettävät materiaalit
- täyttömateriaalin määrän mittaus
- tiivistysvaatimukset ja tiivistystarkkailu
- ohjeet syvätiivistyksestä
- painumien ja siirtymien tarkkailu
- laaduntarkkailu
- ympäristön tarkkailu
- mahdolliset tarkkailumittaukset
- työturvallisuusasiat.

Viitteet

[14111 Pudotustiivistetyt maarakenteet, InfraRYL](#)

16100 Maaleikkaukset, InfraRYL

[18111 Maapenkereet, InfraRYL](#)

[181121 Maalle pengerretyt louhepenkereet, InfraRYL.](#)

18360.3.1.2 Rautatien radan rakenteet

Vaatus

Rautatien radan rakenteissa täyttö tehdään kuivissa kaivannoissa kerroksittain tiivistäen. Vedenalainen louhetäyttö syvätiivistetään murskeen päältä [luvun 14111](#) ja suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti.

Rautatien radan rakenteiden vedenalaisissa kaivannoissa täyttö tehdään [taulukon 181121:T1](#) mukaisella louheella.

Ohje

Louhetäyttö ulotetaan vähintään 0,5 m vedenpinnan yläpuolelle. Louhetäyttö tehdään pengerryksenä siten, että louhe kipataan täytön päälle, josta se työnnetään penkereen luiskaan.

Vedenpinnan yläpuoliset täyttökerrokset voidaan rakentaa kerroksittain tiivistämällä.

Louheen syvätiivistyksen jälkeen täyttöä jatketaan kerroksittain tiivistäen. Täyttötyössä noudatetaan [lukujen 18111](#) ja [181121](#) vaatimuksia ja ohjeita.

Viitteet

[14111 Pudotustiivistetyt maarakenteet, InfraRYL](#)

[18111 Maapenkereet, InfraRYL](#)

[181121 Maalle pengerretyt louhepenkereet, InfraRYL.](#)

18360.3.2 Massanvaihtoon liittyvien täyttöjen tekeminen, pengertämällä

Vaatus

Pengertämällä tehtävä massanvaihto tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaan. Ennen massanvaihdon täyttötöiden aloittamista pidetään tarvittavat katselmukset sekä tehdään tekninen työsuunnitelma, jonka tulee sisältää: työjärjestys, kaivu- ja täyttötöiden keskinäinen ajoitus ja vaiheistus, työtä estävät ja rajoittavat rakenteet, niiden suojaaminen ja/tai tarkkailu, laaduntarkkailu; täyttömateriaalin ja tiivistystyön mittaukset, kaivu- ja täyttötapa, ympäristöntarkkailu ja työturvallisuusasiat.

Rautatien radan rakenteissa massanvaihtoa ei tehdä pengertämällä.

Ohje

Penger rakennetaan syrjäyttämällä pehmeät maamassat *kuvassa* [16250:K7](#) osoitettuun muotoon maanpinnan ala- ja yläpuolella.

Penger pyritään rakentamaan yhdeltä suunnalta pengertäen.

Jos penger rakennetaan kahdelta suunnalta, liitosta ei saa tehdä pehmeikön syvimmällä kohdalla. Pehmeikön pintakerros poistetaan liitoskohdassa alkukaivantoa syvemmältä.

Pengertämällä tehtävässä massanvaihdossa on ennen täyttöpenkereen tekemistä tehtävä alkukaivanto suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Penkereellä syrjäytetään jäljelle jäänyt pehmeä maakerros.

Penkereen edestä ja sivuilta ylös kohoava maa poistetaan suunnitelma-asiakirjoissa esitettyyn tai työn aikana määrättyyn tasoon siten, että massanvaihtopenger saadaan painumaan tavoitetasoon ja tavoitelevyteen.

Kaivanto penkereen edessä kaivetaan penkereen päästä riittävän etäälle. Jos penkereen edessä ei voi kaivaa, voidaan kaivaa myös penkereen päältä täytön edistymisen myötä. Tällöin huolehditaan, että kaivettu maa ei sekoitu penkereen yläosaan.

Penkereen pää rakennetaan pohjamaata sivuille auraavan kiilan muotoiseksi.

Pengerrys ei saa aiheuttaa haitallista maanpinnan nousua tai liikettä penkereen ympäristössä.

Ympäristöhaittojen vähentämiseksi voidaan, jos suunnitelma sen sallii, edetä myös suoralla kärjellä. Tällöin edellytetään tehokasta kaivua penkereen edessä ja/tai maan pehmentämistä räjäyttämällä.

Jos pohjamaa on sivukalteva, tehdään penkereen pää siten, että se auraa pohjamaata penkereen matalammalta reunalta syvemmälle reunalle.

Ylös kohonneen maan poistolla edistetään massanvaihtopenkereen painumista tavoitetasoon. Pohjamaan liikettä sivuilla voidaan vähentää poistamalla ylösnousevat massat tehokkaasti ja välittömästi täytön edistyessä. Vaikutusta voidaan vähentää alkukaivantoa leventämällä.

Syrjäytymistä voidaan edistää räjäytysten avulla.

Sivuilla oleva jäänytynyt maa ja paksu lumikerros toimivat vastapenkereen tavoin ja estävät täytteen painumista.

Pengertämällä tehtävässä massanvaihdossa on kiinnitettävä erityisesti huomiota työturvallisuuteen.

Penkereen liukusortumaan on erityisesti varauduttava:

- jos kiinteä pohja penkereen alla on sivukalteva tai
- jos kiinteä pohja viettää jyrkästi tie- tai katulinjan pituussuunnassa.

Mikäli pengerrys painuu tai liukuu syvemmälle kuin suunnitelma-asiakirjoissa on esitetty tai liukuu, on syy selvitettävä. Mikäli maamassat liikkuvat suunnittelualan ulkopuolella, on työt keskeytettävä.

Suunnitelma-asiakirjoissa esitetään:

- työjärjestys ja työohjeet
- varottavat rakenteet, niiden tarkkailumittaukset ja suojaaminen
- johtojen ja kaapeleiden suojaaminen
- massanvaihdon alkukaivannon kaivutasot
- kaivu- ja täyttömenetelmät ja -vaiheet
- pengerrystapa
- täyttötasot
- täyttöön käytettävät materiaalit
- täyttömateriaalin määrän mittaus
- tiivistysvaatimukset ja tiivistystarkkailu
- painumapenkereen vaikutusaika
- painumien ja siirtymien tarkkailu
- laaduntarkkailu
- ympäristön tarkkailu
- mahdolliset tarkkailumittaukset
- ylösnousseiden massojen poistotapa ja laajuus
- mahdollinen räjäytyssuunnitelma
- työturvallisuusasiat.

Vaatus

Suunnitelma-asiakirjoissa tai työn aikana osoitetut räjäytykset penkereen edessä, sivulla tai alla tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti.

Räjäytystöissä noudatetaan soveltaen *lukua 17110*.

Ohje

Ennen räjäytystöiden aloittamista tehdään räjäytyssuunnitelma.

Räjäytyksellä häiriinnytetään pehmeikkö niin, että täyttöpenger tunkeutuu suunniteltuun syvyyteen ja muotoon.

Mikäli räjäytettävän penkereen lähistöllä on rakenteita, joihin räjäytystärinän arvellaan aiheuttavan vaurioita, tarkistetaan niiden kunto katselmuksessa ennen räjäytystöitä ja niiden jälkeen.

Penkereen edessä räjäyttämisen vähentää penkereen äkillisen eteenpäinsortuman vaaraa. Räjähdyspanokset mitoitetaan ja sijoitetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti.

Räjähdyspanokset painetaan pehmeään pohjamaahan putkia käyttäen penkereen levyiselle alueelle.

Täyttö tehdään välittömästi räjäytyksen jälkeen ja maalajin mukaan viimeistään yhden viikon kuluttua, jotta häirityn maan lujuus ei ehtisi palautua.

Penkereen alla räjäyttämistä käytetään tapauksissa, joissa vanha penger upotetaan kantavaan pohjaan.

Pengertämisen jälkeen reunaosien muotoa voidaan parantaa räjäyttämällä penkereen sivuilla.

Räjäyttämisen tarpeellisuus tutkitaan esim. tarkistuskairauksilla tai maatutkalla. Tulosten perusteella laaditaan räjäytyssuunnitelma. Räjäyttämistä ei saa viivyttää räjäytystarpeen havaitsemisen jälkeen ja se tehdään ennen penkereen painuma-ajan alkamista. Panokset sijoitetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti.

Viitteet

16250 Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot, InfraRYL

[17110 Kallioavoleikkaukset, erittelemätön, InfraRYL.](#)

18360.3.3 Massanvaihtoon liittyvien täyttöjen tekeminen, vesistöpenkereet

Vaatus

Vesistöpenkereet rakennetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaan ja *luvun 16250* mukaisesti.

Täyttö tehdään päätypengerryksenä *kohdan 18360.3.2* mukaisesti.

Täyttötyön aikana massamenekkiä seurataan jatkuvasti kuormakirjanpidon ja täytön edistymisen perusteella.

Pengerryksen yläpinnan tasoa tarkkaillaan vaaituksin. Myös pohjamaan käyttäytymistä pengerryksen edessä tarkkaillaan. Jos pohjamaan todetaan painuvan, on pengerrys keskeytettävä välittömästi ja otettava yhteys suunnittelijaan.

Penkereen muoto voidaan tarkistaa reunakairauksilla, läpiporauksilla ja luotauksilla. Penkereen painumista seurataan painumatarkistimia mittaamalla.

Painumien mittaussväli ja painumatarkistimien määrä esitetään suunnitelma-asiakirjoissa.

Painumamittausten tulokset toimitetaan suunnittelijalle.

Katso suunnitelma-asiakirjoissa esitettävät asiat *kohdasta 18360.3.2*. Lisäksi esitetään

- ruoppausjärjestys ja tasot
- kaivannon luiskaaminen
- vesistön suojaaminen eri työvaiheissa.

Ohje

Työ- ja laatusuunnitelmassa esitetään ruoppauskalusto.

Viitteet

16250 Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot, InfraRYL

[18360.3.2 Massanvaihtoon liittyvien täyttöjen tekeminen, pengertämällä, InfraRYL.](#)

18360.4 Valmiit massanvaihtoon kuuluvat täytöt

Vaatus

Massanvaihtotäytön tarkkuusvaatimukset ovat *taulukon 18360:T1* mukaiset.

Taulukko 18360:T1 Massanvaihtotäytön tarkkuusvaatimukset.

Laatutekijä	Vaatus / toleranssi
Massanvaihtotäytön yläpinnan leveys	0...+500 mm
Massanvaihtotäytön yläpinnan taso	0...-200 mm
Massanvaihtotäytön alapinnan leveys	0...+500 mm
Massanvaihtotäytön alapinnan korkeustaso	± 200 mm

Ohje

Toleranssien määrittämisessä tulee ottaa huomioon käytettävän materiaalin maksimiraekoko ja yläpuolelle tuleva rakenne sekä mahdollinen kiilauskerros.

18360.5 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen kelpoisuuden osoittaminen

Vaatus

Täyttöjen kelpoisuus osoitetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaan.

18360.5.1 Kaivamalla tehtävän massanvaihdon kelpoisuuden osoittaminen

Vaatus

Ennen täyttöä kaivun aikana varmistetaan jatkuvasti silmämääräisesti sekä mittaamalla, että kaivu on tehty suunnitelma-asiakirjojen mukaiseen syvyyteen ja leveyteen. Kaivumääriä seurataan työn edetessä koneohjauksen avulla. Massanvaihtotason alapinnasta tallennetaan toteutumätiedot koneohjausta hyödyntäen.

Massamenekkiä seurataan vähintään 20 m:n välein. Suunniteltu ja toteutunut massamenekki ilmoitetaan summakäyrinä, joita verrataan toisiinsa.

Kun massanvaihdon kaivussyvyys on 5 metriä tai enemmän, tulee kaivun ja täytön kelpoisuus osoittaa laadunvarmistusporakonekairauksilla. Porakonekairauksia tehdään penkereen keskeltä ja reunoilta 20 metrin välein linjamaisissa rakenteissa ja 20x20 metrin ruutuun kenttärakenteissa tai hyvin leveillä poikkileikkauksilla. Porakonekairauskohdat sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan jo suunnitteluvaiheissa tehtyjen pohjatutkimusten kohdille (tulkinta tarkentuu). Mikäli havaitaan, että täyttö ei ole ulottunut kovaan pohjaan, lisätään porakonekairauksia.

Laadunvarmistusporakonekairauksia tehdään myös tilanteissa (lähinnä vedenalaisissa massanvaihdossa), jossa massamenekkien, ympäristössä havaittujen siirtymien tai muun syyn perusteella on perusteltua olettaa, että täytön alle on jäänyt pehmeää perusmaata.

Porakonekairauksia ei tarvita yli 5 m syvyisissä massanvaihtokohteissa, jos kaivuu on tehty kuivatyönä ilman merkittäviä leikkausluiskien sortumia, työnaikaiset havainnot osoittavat, että kova pohja on näkyvissä ja täyttö on tehty kaivun perässä. Havainnot tulee dokumentoida kohdekohtaisten ohjeiden mukaisesti valokuvoin ja/tai videoilla, joista ilmenevät sijainti (paaluluku/koordinaatit), työn/kuvauksen ajankohta ja koneohjauksen avulla saadut kaivun toteumatarkkeet.

Ohje

Kairausmenetelmä valitaan massanvaihdon täyttömateriaalin mukaan. Kun massanvaihdon täyttö on louhetta tai isoja kiviä taikka lohkareita sisältävää materiaalia, kairaukset tehdään ensisijaisesti porakonekairauksina. Massanvaihdon täytön ja alapuolisen pohjamaan rajapinnan selvittämiseksi voidaan käyttää puristinheijari- tai heijarikairauksia ja tarvittaessa karkearakeissa täytöissä ko. kairaukset tehdään siten, että ensin porataan lähelle suunnitellun massanvaihdon alapintaa suojaputki, jonka läpi kairaus tehdään.

Koneohjauksella dokumentoidut kaivupohjan toteumatiedot (x, y, z) eivät pehmeissä pohjamaissa ja vedenalaisissa kaivuissa yksiselitteisesti osoita, että täyttö on toteutunut kauttaaltaan kaivutasoon saakka. Pohjamaa häiriintyy helposti ja kaivuluiskat voivat olla epästabiileja, jolloin kauhan ylösnoston jälkeen kaivukohta voi täyttyä osittain tai kokonaan ympäröivästä häiriintyneestä pohjamaasta. Ilmiön todennäköisyys kasvaa kaivussyvyyden syvetessä ja pohjamaan häiriintymisherkkyiden lisääntyessä.

Vaatus

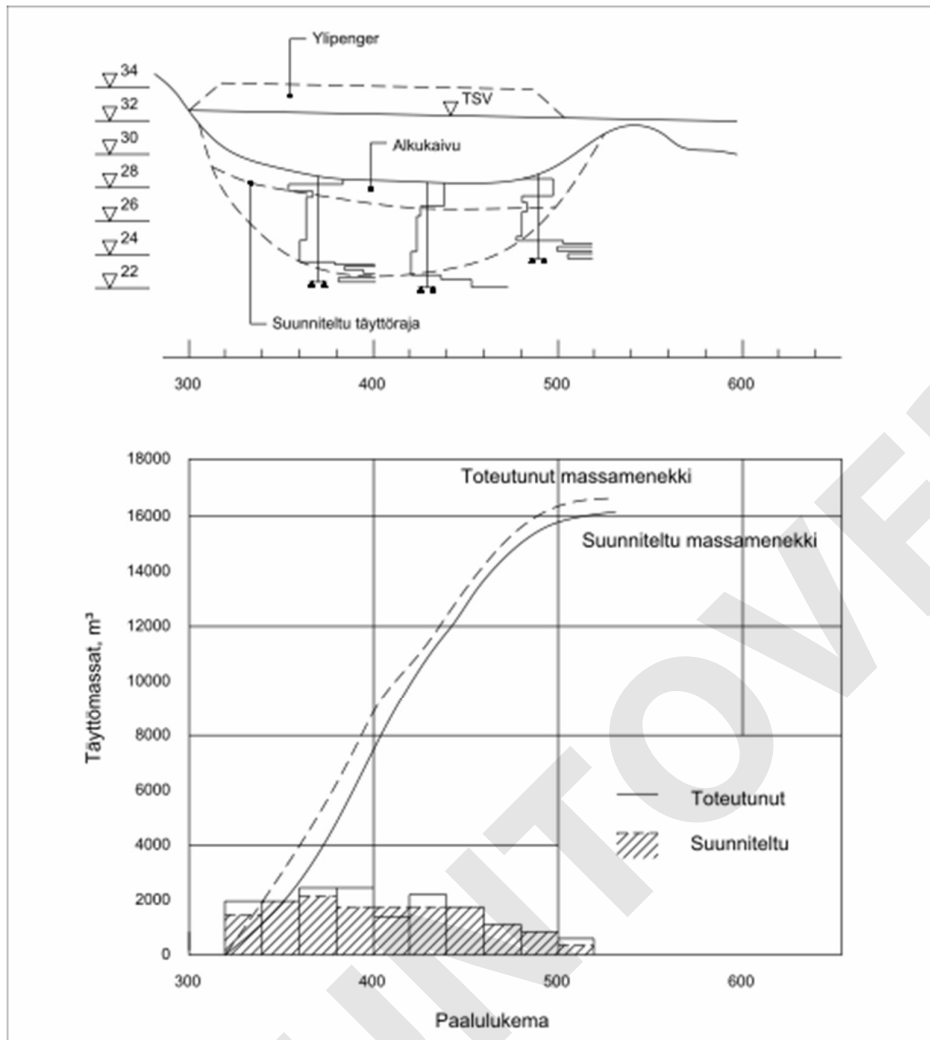
Varmistetaan mittaamalla, että pengeri on suunnitelma-asiakirjojen mukaisessa korkeudessa ja muodossa.

Ohje

Korkeudet mitataan ennen maan routaantumista tai roudan sulettua.

Massamenekkitarkkailu esitetty *kuvassa [18360:K2](#)*.

Kuva 18360:K2. Massamenekkitarkastelu.



18360.5.2 Pengertämällä tehtävän massanvaihdon kelpoisuuden osoittaminen

Vaatus

Penkerein tunkeutuminen tavoitetasoon ja sen muoto varmistetaan tarkkailemalla pengerrysaikana pengermateriaalin menekkiä, penkerein painumia sekä työn jälkeen tehtävillä tunnustelukairauksilla.

Massamenekkiä seurataan 20 m:n välein. Todelliset ja teoreettiset massamenekit piirretään summakäyriksi, joita verrataan toisiinsa.

Massanvaihdon täytön paksuus ja täyttötöön onnistuminen varmistetaan tekemällä tunnustelukairauksia penkerein läpi 20 metrin välein vähintään kolmella kairauksella väylän poikkileikkausta kohden. Kairaukset sijoitetaan penkerein reunoille ja yksi keskelle. Penkerein reunan muodon varmistamiseksi tehdään 40 metrin välein poikkileikkauksessa penkerein molemmilla reunoilla vähintään 3 tunnustelukairauksia esimerkiksi kuvan [18360:K3](#) tavalla. Penkerein reunan muodon tunnustelukairaukset tehdään em. lisäksi aina eri pengerryskohtien liitoskohdissa ja lisäksi niissä poikkileikkauksissa, missä 20 metrin välein tehdyissä kairauksissa todetaan täytön jääneen vajaaksi.

Ohje

Massamenekkitarkkailu esitetty *kuvassa [18360:K2](#)*.

Tarkkaillaan silmämääräisesti sekä tarvittaessa mittaamalla täytön yläpinnan korkeutta, josta ei saa poiketa ilman suunnitelman muutosta.

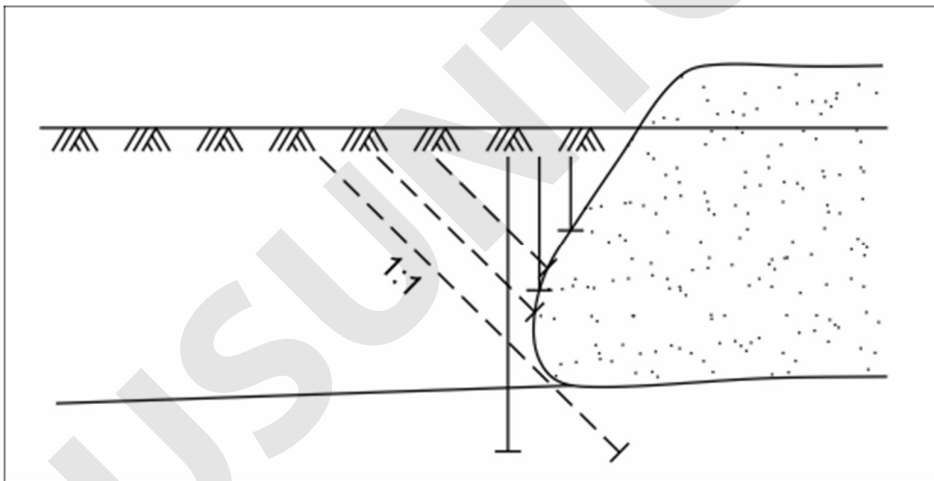
Seurataan silmämääräisesti ylösnousseiden massojen kertymistä pengerryksen edessä ja sivuilla sekä täyttömassojen tunkeutumista.

Täyttövaiheessa tulee tarkkailla maanpinnan nousemista ja maamassojen liikkumista penkereen ympäristössä ja täyttömateriaalien menekkiä. Mikäli lähistöllä on vaurioitumiselle alttiita rakenteita, on pengerryksen ja rakenteiden väliin syytä tehdä mittalinja tai rakentaa muu kiintopiste, jonka liikkumista seurataan työn aikana.

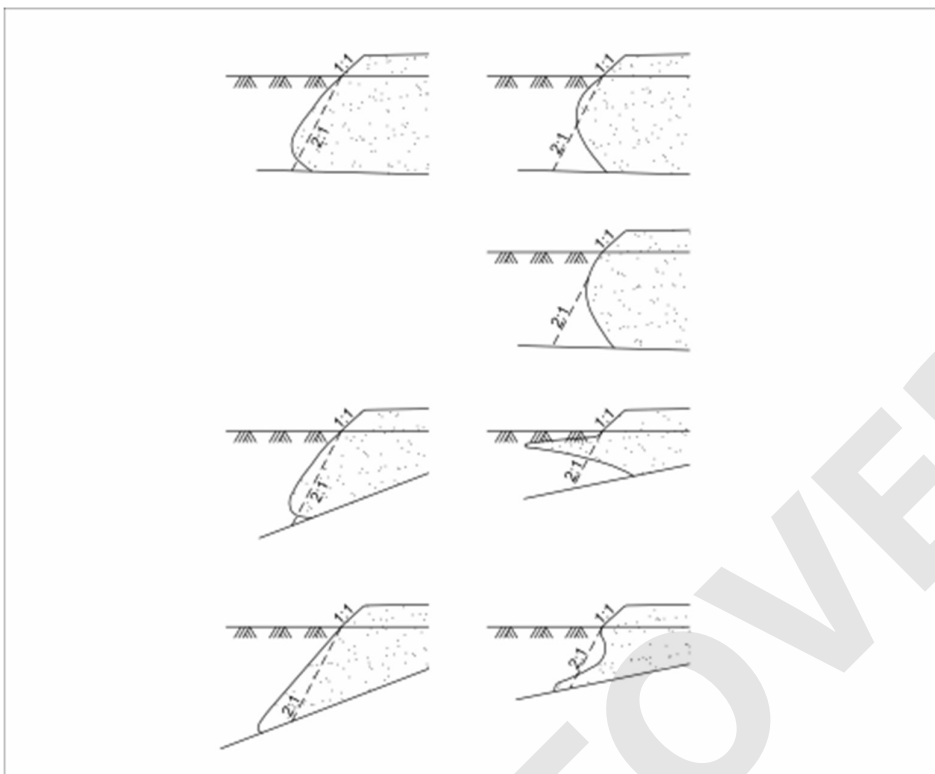
Penkereen läpi tehtävät tunnustelukairaukset tehdään porakonekairauksina. Penkereen reunan muodon selvittämiseksi tehtävät tunnustelukairaukset tehdään porakonekairauksina, kun täyttö on louhetta, muussa tapauksessa voidaan käyttää kevyempiä kairausmenetelmiä. Pystysuorilla ja kaltevilla kairauksilla määritetään kairajaan havaintojen ja poraus-/kairausvastuksen perusteella täytemateriaalin ja pehmeän maan rajapinta.

Kairautulosten perusteella arvioidaan täyttöpenkereiden sivustojen poikkileikkausmuoto, suunnitelmanmukainen onnistuminen ja mahdollisten sivuräjätysten tarve, *kuva [18360:K4](#)*. Räjätysten jälkeen tehdään uudet tunnustelukairaukset.

Kuva 18360:K3. Massanvaihdon muodon selvittäminen tunnustelukairauksilla.



Kuva 18360:K4. Tavallisia täyttöpengerkieren muotoja. Kuvan vasen puoli: kelvollinen muoto, kuvan oikea puoli: muoto on korjattava sivuräjähdyksillä.



Vaatus

Suunnitelma-asiakirjoissa määrätyn painuma-ajan lasketaan alkavan vasta, kun täyttöpenger on oikean muotoinen ja ylipenger on täyskorkea.

Painuma- ja siirtymämittaukset tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti.

Toteutumapiirustuksissa esitetään massanvaihtotäytön sijainti ja materiaalit. Kelpoisuusasiakirjaan liitetään tiedot täyttömateriaalista, täyttömateriaalin määrästä, tiivistystarkkailun tulokset ja valmiin massanvaihdon poikkileikkauspiirustukset.

18360.6 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen ympäristövaikutukset

18360.6.1 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen ympäristövaikutukset, yleistä

Vaatus

Noudatetaan kohtaa [16200.6](#).

Massanvaihdosta aiheutuvien ympäristön maan liikkeistä tehdään riskinarvio.

Viitteet

16200.6 Maakaivantojen tekemisen ympäristövaikutukset, InfraRYL.

18360.6.2 Massanvaihtoon kuuluvien täyttöjen ympäristövaikutukset, pengertämällä**Ohje**

Massanvaihto pengertämällä aiheuttaa lähes aina maan liikkeitä penkereen sivuilla ja edessä.

Vaikutusalueen laajuus pengerryksen reunasta voidaan arvioida yleensä olevan 2...5 kertaa täyttösyvyys.

Riskinarvion perusteella määritetään tarvittavat seurantamittaukset, mahdolliset vaikutusalueella olevien rakenteiden kuntokatselmukset ja raja-arvot sallituille siirtymille.

Vaatus

Ennen massanvaihtotyötä tehdään riskinarvion ja seurantasuunnitelman mukaiset katselmoinnit ja seurantamittausten alkumittaukset.

Seurantamittauksia tehdään pengerrytyksen aikana ja mittauksia jatketaan siihen saakka, kunnes maan ja rakenteiden liikkeet ovat pysähtyneet.

Mikäli ympäristön maan liikkeet ylittävät raja-arvot tai liikkeistä aiheutuu vaurioita, tulee tehdä työn tekemiseen korjaavia toimenpiteitä. Tarvittaessa työ keskeytetään ja suunnitelmaa muutetaan.

Katselmoidut rakenteet katselmoidaan uudelleen pengerrytyksen jälkeen.

Pengerrytyksen aikana ja jälkeen varmistetaan, että alueellinen kuivatus toimii.

Ohje

Liikkeiden ollessa liian suuria, voidaan niitä vähentää alkukaivantoa syventämällä, ja ylöskohoavien massojen kaivua tehostamalla.