

Arto Soudunsaari

Infratyömaan logistiikka

Infratyömaan logistiikka

Arto Soudunsaari
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan
tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Arto Soudunsaari
Opinnäytetyön nimi: Infrarakentamisen logistiikka
Työn ohjaaja: Jarmo Erho
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021
Sivumäärä: 36 sivua

Infrarakentaminen sisältää lähes poikkeuksetta maa-ainesten siirtämisestä paikasta toiseen. Yleisimpiä työtehtäviä työmaalla ovat massanvaihdot, joissa huonosti kantava tai routiva maa-aines kaivetaan pois ja korvataan paremmin kantavalla tai routimattomalla maa-aineksella. Vanhat maa-ainekset pyritään käyttämään hyödyksi työmaalla tai ajetaan suunnitelmissa esiintyvälle läjitysalueelle. Uudet rakennekerrokset ajetaan työmaalle lähimmältä maanottoaikalta, mistä tarvittavaa maa-ainesta löytyy. Koska maanottoaikat eivät useimmiten sijaitse työmaa-alueella, tulee maa-aineksien kuljetuksista suurin osa työmaankustannuksista. Infrarakentamisen kohteissa noin 50 % työmaankustannuksista tulee maa-ainesten kuljetuksista.

Opinnäytetyössä tutustuttiin infrarakentamisen logistiikkaan, erityisesti maa-ainesten kuljettamiseen. Työn tavoitteena oli perehtyä työmaalla oleviin työkoneisiin, maa-aineksia liikuttaviin ajoneuvoihin ja työmaalla käytettäviin maa-aineksiin. Lisäksi tutustuttiin työnjohdon näkökulmaan siitä, mitä työnjohtajan pitää tietää logistiikasta, jotta työmaa saadaan etenemään suunnitellussa aikataulussa ja ennen kaikkea tehokkaasti.

Opinnäytetyössä todettiin, että työmaankustannuksista noin puolet tulee maa-ainesten kuljettamisesta, minkä vuoksi kuljetus on tärkeää suunnitella tarkasti. On myös tärkeää kiinnittää huomiota maa-aineksen laatuun, sillä hyvät maa-ainekset voidaan ottaa uusiokäyttöön. Myös nykypäivänä ovat yleistymässä myös teollisesti tuotetut ja kierrätetyt rakennusmateriaalit. Hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää rengasrouhetta ja vaahtolasimursketta.

Asiasanat: Infrarakentaminen, maarakennus, tienrakennus, logistiikka, kiviaines

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author: Arto Soudunsaari
Title of thesis: Logistics in Infrastructure
Supervisor: Jarmo Erho
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Number of pages: 36 appendices

In the thesis, the logistics of infrastructure construction were introduced. In this work the machines vehicles and associated measuring devices seen on the site were introduced. In the thesis, different trucks and other transport vehicles were seen.

The work also introduced the soil materials to be removed from the construction site and brought there. Bad soil is removed from the construction site and replaced with new and better soil. The new soil is often crushed stone or rock. Today recycled materials are also widely used.

The last section looked at the foreman's job responsibilities in infrastructure construction. This includes, for example mass exchange planning and mass economy management. It is important to plan the mass economy carefully, because the biggest cost is transporting the soil. About half of the site costs come from transportation.

Keywords: Infrastructure building, roadbuilding, mineral aggregate, logistics

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TYÖMAAN KALUSTO	7
2.1	Kuljetuskalusto	8
2.2	Lastauskalusto	13
3	KULJETETTAVAT MAA-AINEKSET	17
3.1	Poistettavat maa-ainekset	17
3.1.1	Pintamaan poisto	17
3.1.2	Maanleikkaus	18
3.1.3	Haitalliset maa-ainekset	18
3.1.4	Läjitysalueet	20
3.1.5	Poistettavan maa-aineksen uusiokäyttö	21
3.2	Uudet rakennekerrokset	22
3.2.1	Luonnon kiviainekset	23
3.2.2	Teollisestituotetut- ja uusiomateriaalit	24
3.2.3	Asfaltti	28
4	INFRATYÖMAAN SUUNNITELU LOGISTIIKAN NÄKÖKULMASTA	29
4.1	Massanvaihdon suunnittelu	29
4.2	Massatalouden hallinta	31
4.2.1	Läjityksen suunnittelu	31
4.2.2	Massojen kuljetuksen suunnittelu	32
5	LOPPUSANAT	33
	LÄHTEET	34

1 JOHDANTO

Infrarakentamiseen kuuluvat teiden rakentaminen ja kunnossapidot, rakennuksien pohjatyöt, putki- ja kaapelityöt, puistojen rakentaminen, vesihuollon rakentaminen ja maanalaiset rakennelmat kuten parkkihallit. Yleinen infrarakentamisen työmailla käytetty työmenetelmä on maamassojen vaihto, jossa vanhat maa-ainekset kuljetetaan läjitykseen tai uusiokäyttöön ja uudet rakennekerrokset siirretään poistuneiden tilalle. Näihin kaikkiin tarvitaan liikkumista ja koneiden kuljettamista. Siksi maanrakennustyömailla tulee panostaa logistiikkaan. Hyvin suunniteltu ja toteutettu logistiikka mahdollistaa sen, että poistettavat maa-ainekset voidaan käyttää työmaalla hyödyksi esimerkiksi maastonmuotoiluun. Näin kuljetusmatkat lyhenevät ja työmaan kulut vähenevät. (1.)

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitä infrarakentamisen logistiikka sisältää. Aluksi tutustutaan työmaalla kulkevaan kalustoon. Kuljetuskalustoa pitää olla monenlaista, koska työmaan tehtävät ja olosuhteet vaihtelevat paljon. Työmaateiden ollessa hyväkuntoiset voidaan kuljetuksiin käyttää yleisesti käytössä olevaa kuorma-autoa. Jos taas työmaatiet ovat heikossa kunnossa, joudutaan turvautumaan traktoreihin peräkärriineen tai runko-ohjattaviin traktoreihin eli dumppereihin. Lisäksi käsitellään lastauskalusto ja siihen kuuluvat laitteistot.

Työssä perehdytään myös kuljettaviin maa-aineksiin eli siihen, mitä maa-aineksia työmaalta poistetaan ja mihin niitä voidaan kuljettaa. Lisäksi selvitetään, miten maanleikkaus täytyy suorittaa, jotta se on työmaalla turvallista ja tehokasta. Tarkastelussa ovat mukana myös maa-ainekset, jotka voidaan ottaa uusiokäyttöön maarakentamisessa.

Lopuksi käydään läpi maarakennustyömaan logistiikkaa työnjohdon näkökulmasta. Kyseisessä osiossa tutustutaan massanvaihdon suunnitteluun ja massatalouden hallintaan.

2 TYÖMAAN KALUSTO

Maarakennustyömaalla työskentelee paljon erilaisia työkoneita. Yleisimmät työkoneet ovat kaivinkone, pyöräkuormaaja, kuorma-auto ja maan tiivistykseen käytettävä tärylätkä tai isommissa kohteissa käytettävä tärjyvä. (1.)

Työkoneet ovat kehittyneet paljon edellisen vuosikymmenyksen aikana, kun koneisiin on tullut digitaalisia laitteita. Kaivinkoneisiin tulleet 3D-koneohjauslaitteet nopeuttavat ja helpottavat koneenkuljettajaa saavuttamaan tavoitetason nopeasti ja helposti. Tämän avulla saadaan säästöä työmaan kustannuksissa ja rakennusmateriaalejakin säästy, kun kaivutasoista tulee tasaisen tarkat. Pyöräkuormaajiin tulleet punnituslaitteet taas auttavat seuraamaan kuljetettavia maamassoja. (2.)

Ennen näitä vaakoja maa-ainekset ajettiin kuutiomittoina, jolloin tarkkuus oli paljon heikompi. Akselimassat saattoivat tuolloin ylittyä, koska materiaalin paino heittelee paljon, johtuen esimerkiksi materiaalin kosteuspitoisuudesta. Kuvassa 1 on pyöräkuormaaja, jolla on juuri lastattu kuvassa näkyvä kasettiauto 0 - 56 mm:n murskeella (kuva 1).



KUVA 1. Kuorman lastauksessa käytettävä pyöräkuormaaja ja kasettiauto

2.1 Kuljetuskalusto

Suurin osa työmaalla tapahtuvasta massankuljetuksesta tapahtuu kuorma-autoilla (kuva 2). Poikkeustapauksia ovat työmaat, jossa työmaatiet ovat huonossa kunnossa esimerkiksi pehmeiden takia. (1.)



KUVA 2. 3-akselinen kuorma-auto maanläjitysalueella

Kun työmaalla ei päästä kuorma-autolla kulkemaan, otetaan käyttöön runko-ohjatut traktorit eli tavallisemmin dumpperit (kuva 3). Dumpperit on rakennettu suurten kuormien kuljetukseen huonoilla olosuhteilla. Leveiden renkaiden ansiosta siitä kohdistuu pienempi kuormitus maaperään, jolloin se pääsee paremmin kulkemaan pehmeissä olosuhteissa. Dumppereilla voidaan kuljettaa maata myös paremmilla työmaateillä, jos työmaa-alue on suljettu ulkopuoliselta liikenteeltä. (1.)



KUVA 3. Runko-ohjattu traktori eli dumpperi (21)

Huonoissa olosuhteissa voidaan ottaa myös käyttöön traktorit peräkärriineen (kuva 4). Traktorin hyvä puoli verrattuna dumpperiin on se, että traktorilla voidaan kulkea myös yleisellä tiellä tarvittaessa. Myös lyhyillä siirtomatkoilla voidaan käyttää pyöräkuormaaja massan siirrossa. (1.)



KUVA 4. Traktori ja kippaava peräkärri (22)

Ajomatkojen kasvaessa ja työmaateiden ollessa hyvässä kunnossa otetaan ajoon perävaunulliset kuorma-autot eli kasettiautot. Kasettiautolla saadaan tuotua työmaalle noin kaksinkertainen määrä tavaraa verrattuna tavalliseen kuorma-autoon. Taulukossa 1 on kirjattu ylös ajoneuvoilla kuljetettavan tavaran määrät kuutioina. Kuorman määrä riippuu kuljetettavan ajoneuvon maksimi kantavuudesta ja lavan koosta. (1.)

TAULUKKO 1. Ajoneuvojen kuljetusmäärät kuutiometreinä

Ajoneuvo	Kuljetettavan tavaran määrä kuutioina (m ³)
Kuorma-auto	10-20
Traktori ja peräkärri	10-20
Puoliperävaunu	15-25
Dumpperi	15-25
Kasettiauto	25-30

Kuvassa 5 on 6-akselinen kasettiauto, jolla saadaan kuljetettua noin 38 tonnia tavaraa kerralla kohteeseen. Kuvan tapainen yhdistelmä on hyvin yleinen näky Suomessa, tosin akseleita on yleensä enemmän, jolloin ajoneuvolle saadaan lisää kantavuutta. (1.)



KUVA 5. 6-akselinen kasettiauto hiekkamontulla

Nykyään Suomessa ovat yleistyneet myös puoliperävaunut (kuva 6). Puoliperävaunun ajoneuvon etuna ovat suuret lavat, jolloin maa-aineksia saa kuljetettua isomman määrän kerralla. Huonona puolena kaivinkoneiden kuljettajat pitävät sitä, että lavan reunat ovat niin korkealla, jolloin sinne lastaus on hankalampaa verrattuna tavalliseen kuorma-autoon. (1.)



KUVA 6. Puoliperävaunu (23)

Työkoneiden siirto työmaalta toiselle tapahtuu pääsääntöisesti kuorma-autolla, jonka perässä on koneenkuljetuslavetti (kuva 7). Pienemmät koneet ja laitteet voidaan kuljettaa myös vaihtolava-autolla. Esimerkkinä voidaan käyttää täryjyrää ja pieniä pyöräkuormaajia. (1.)

Samalla kun puoliperävaunut ovat yleistyneet Suomessa, liikenteessä on alkanut näkyä myös puoliperävaunullisia lavetteja. Näiden hyvänä puolena on ketteryys, minkä vuoksi niillä on helpompi päästä ahtaisiin paikkoihin kuin esimerkiksi kuorma-autolla, jonka perässä on kuljetuslavetti. Myös painojakauma on ihanteellisempi, kun painoa tulee myös vetoautolle, joka antaa pitoa vetäville pyörille liukkaalla kelillä. (1.)

Kuvassa 7 kaivinkone on 21 tonnin painoinen tela-alustainen kone, jolloin siirto ajamalla työmaalta toiselle ei luonnollisesti onnistu. Siirtymän ollessa lyhyt ja koneen ollessa pyöräalustainen siirtymä voidaan suorittaa ajamalla työmaalta toiselle. Pyöräkuormaajalla voidaan siirtyä lyhyehköjä matkoja, mutta pääsääntöisesti nekin kuljetetaan myös kuvan mukaisella lavetilla.



KUVA 7. Kuorma-auto ja koneenkuljetuslavetti

Koneen kuljetuksessa täytyy kiinnittää erityistä huomiota siihen, että koneen kiinnitys on tehty oikein ja siitä ei aiheudu vaaraa kanssa autoilijoille. Oikea oppisessa lastauksessa pitää ottaa huomioon painonjakauma, ettei kuljetuksesta tule hankalasti hallittava. Varsinkin liukkaalla kelillä kuljettaessa väärin lastattu peräkärri alkaa helposti viemään vetoautoa mukanaan. Tähän tilanteeseen ei kukaan kuljettaja halua joutua. Ajoneuvon kuljettaja vastaa tieliikenteessä kuormasta ja sen kiinnityksestä. (3.)

Koska nykyajan koneista on tullut massiivisia, täytyy tarkistaa, että kuljetettava yhdistelmä on lailinen. Koneen tullessa lavetin rakenteiden ulkopuolelle yli 0,10 metriä joudutaan autoon asentamaan leveästä kuljetuksesta varoittavat tunnusvalaisimet. Yläpuolen kuvassa kyseiset valot näkyvät heikosti, mutta ne sijaitsevat tuossa hytin ja lavan välissä päällekkäin. Kuljetuksesta tulee erikoiskuljetus, jos kuljetus ylittää ainakin yhden ajoneuvojen käytöstä tielle annetun asetuksen mukaisen mitan tai massan tai ajoneuvo on jouduttu kuormaamaan asetusten vastaisesti. Tämäntapaisiin kuljetuksiin joudutaan hakemaan erilliset luvat ELY-keskukselta. (3.)

2.2 Lastauskalusto

On sitten kyse murskeiden, hiekan tai soran ajosta, yleisin lastauksessa käytettävä työkonene on pyöräkuormaaja. Pyöräkuormaajalla lastaaminen on nopeata ja helppoa sen ison kauhan ja nopean liikkuvuuden vuoksi. Pyöräkoneen ketteryys johtuu sen runko-ohjauksesta, jolloin sen renkaat eivät käänny, vaan liike tapahtuu keskeltä pyöräkuormaajaa rungosta. Tämän ansiosta kääntösäde on hyvin pieni ja kone kääntyy pienemmässäkin tilassa. (1.)

Pyöräkuormaajia on monen kokoisia, valinta riippuu käyttötarkoituksesta. Pienemmät muutaman tonnin koneet on tarkoitettu lähinnä kiinteistöjen pihojen kunnossapitoon ja kaiken keveän tavarann siirtoon. Isoilta louhoksilta taas löytyy valtavia koneita. Maailman suurin pyöräkuormaaja löytyy Ruotsin Jällivaarasta. Siellä käytössä on 270 tonnia painava Komatsu L-2350, jonka kauhan tilavuus on 40 kuutiometriä, joka vastaa noin kahta puoliperävaunua. Tämyntyyppisillä pyöräkuormaajilla lastataankin ainoastaan louhoksella isoja kiviautoja, jolloin kuormat ovat huomattavasti suurempia kuin tieliikenteessä nähtävät kuljetukset. Yleisesti maanottoaikoilla käytössä olevat pyöräkuormaajat ovat samaa kokoluokkaa kuin kuvassa 8 oleva pyöräkuormaaja. (4.)



KUVA 8. Pyöräkuormaaja lastaamassa puoliperävaunua (24)

Kuorma-autoa lastatessa pitää olla tarkkana, etteivät ajoneuvon tieliikenteessä sallitut maksimimassat ylitä. Jokaisella ajoneuvolla on oma kantavuutensa, joka riippuu ajoneuvon rakenteellisesta omasta massasta. Kantavuus saadaan laskettua rekisteriotteesta, kun vähennetään toisistaan ajoneuvon tieliikenteessä sallittu suurin kokonaismassa ja ajoneuvon omamassa. Kuvassa 9 olevan rekisteriotteen mukaan laskukaavaksi tulisi $26\ 000\ \text{kg} - 10\ 680\ \text{kg} = 15\ 320\ \text{kg}$. Ajoneuvon kantavuus olisi tällöin 15,32 tonnia. (5.)

Muut tekniset tiedot (massat kg)		S.1 Istuimien lukumäärä Antal sätsar		S.2 Sesonapaikkojen lkm Antal sätplatser		P.1 Iskutilavuus (cm ³) Cylindervolyim		P.2 Suurin nettoteho (kW) Största nettoeffekt		P.3 Käyttövoima Drivkraft		W Polttoainesäiliön tilavuus Bränsletankens volym (l)			
2		12777		375		Dieselöljy		540							
Ajoneuvon kokonaispituus (mm) Fordonets totalängd			Ajoneuvon leveys (mm) Fordonets bredd			Jarrujärjestelmän lisäieto Tilläggsinformation om bromssystemet			F.1 Tekn. suurin sallittu kok.massa Tekniskt största tillåtna totalmassa						
10345			2550			EBS			27000						
G Ajoneuvon omamassa Fordonets egenmassa		F.2 Tieliikenteessä sallittu suurin kok.massa i vägtrafik tillåtn största totalmassa		F.3 Yhd. suurin sallittu kok.massa tielik. Komb. största tillåtn totalm. i vägtrafik		Auton kokonaismassa py-käytössä Bilens totalmassa vid släpvagnbruk		O.1 Perävaunumassa jarrun Släpv.massa med bromsar		O.2 paino utan bromsar					
10680		26000													
Moduulin kokonaismassa tieliikenteessä Totalmassan på modulen i vägtrafik (kg)				Kuormakorin tyyppi Typ av lastkorg				Vaihtokorilaitteet							
60000															
Akselit edestä Axlarna framifrån		Tyypihyväksytyt renkaat Typpgodkända däck		Katsastuksessa merkityt renkaat Vid besiktningen märkta däck		Tielik. sall. akselimassa i vägtrafik tillåtn axelmassa									
1. akseli		Koko, kuormituslunetus, nopeusluokka Storlek, belastningskännetecken, hastighetsklass		Koko, kuormituslunetus, nopeusluokka Storlek, belastningskännetecken, hastighetsklass		8000									
2. akseli		315/70R22,5 156				11500									
3. akseli		315/70R22,5				7500									
		385/55R22,5													

KUVA 9. Kuorma-auton rekisteriotteesta löytyvät ajoneuvon omamassa ja tieliikenteessä käytetyt suurimmat kokonaismassat. (25)

On tärkeää myös kiinnittää huomiota kuorman sijoitukseen lavalla. Jos kuorma lastataan liian eteen lavalla, voi olla vaarana, että ajoneuvossa ylittyy akselimassa etuakselilla. Kuvassa 9 on kyseiselle ajoneuvolle ilmoitettu etuakselille kantavuutta 8 000 kg, joka tulee kutakuinkin jo pelkästä ajoneuvon omasta massasta. (5.)

Kuorman tulee olla myös lastattu siten, ettei ole vaarana, että kuormasta pääsee tippumaan kiviä tielle. Yleensä lavat ovat sen verran suuria, että vaikka autoon lyödään maksimipaino, siltikään kuorma ei tule laitojen yläpuolelle. Kuitenkin on myös tilanteita, jossa näin voi tapahtua. Esimerkiksi voidaan ottaa tapaus, jossa auton on vaihtolava-auto, jossa on pienen kokoinen lava ja lastattavana tavaran on sepeli, joka on painaa vähän kuutiota kohti. Tällöin lavalle joudutaan laittamaan enemmän tavaraa kuutiaina, jotta saavutetaan maksimipaino. (5.)

Pyöräkoneenkuljettajan tulee kiinnittää huomiota myös siihen, mistä kohti kasaa tavaraa ottaa. Jos maa-ainekasat ovat korkeita ja tavaraa otetaan vain yhdestä kohtaa, voi tulla kiviaineksen lajittumista. Kun kiviaines valuu kasassa alaspäin, niin hieno ja karkea kiviaines tahtoo erottua. Jos tähän ei kiinnitä huomiota, jollakin kuormalla materiaali ei täytä sen CE-luokituksia.



KUVA 10. Kuvassa lastattuna kevyttä multaa, joka ei saavuta täyttä kantavuuspainoa ajoneuvossa

Eri maa-ainesten välillä on suuria eroja tilavuuspainon suhteen, tämän huomaa selvästi ajoneuvoja lastattaessa. Esimerkiksi kuvassa 10 näkyvän ajoneuvon kokonaiskantavuus oli 38 tonnia. Ajettava tavarana oli multaa, joka oli tehty kuivatetusta turpeesta ja hiekasta sekoittamalla. Tämä multa oli todella kevyttä tavaraa ja sitä sai lastata yhdistelmän kyytiin niin paljon, kuin sai vaan mahtumaan. Kuvassa oleva kuorma on lastattu aivan laitoja myöten täyteen, jolloin kuorman painoksi tuli noin 24 tonnia. Mursketta tuohon samaan maksimipainoon lastattaessa sen sijaan aines ei tullut laitojen yläpuolelle ollenkaan.

Kuormaa lastattaessa käytössä ovat vaakalaitteet, joilla seurataan lastattavan kuorman painoa. Vaakojen valmistajia on monia, mutta pääperiaate on kaikissa sama. Pyöräkoneeseen asennetaan mittausyksikkö, paineanturit nostosylintereihin, rajakytkimet puomiin, näyttöyksikkö koneen sisälle ja tarvittaessa myös tulostin. Pyöräkuormaajavaaka on varustettu kahdella rajakytkimellä, joiden kohdalla punnitus aloitetaan ja lopetetaan. Punnitus aloitetaan, kun kuormaajan aisa on alemman rajakytkimen kohdalla, ja lopetetaan, kun se on ohittanut ylemmän rajakytkimen. Punnitustulos lasketaan aisan ollessa ylemmän rajakytkimen kohdalla. Näin ollen mittaus tapahtuu dynaamisen liikkeen aikana kumoten kitkojen vaikutusta ja varmistaen, että punnitus tapahtuu aina samalla vakioidulla tavalla. Usein laitteissa on myös nostonopeuden mittaus, jolloin tarkkuutta saadaan parannettua. Sillä liian nopeat tai liian hitaat nostot voivat vaikuttaa punnitukseen tulokseen. (6.)

Kuvassa 11 on pyöräkuormaajassa oleva näyttöpääte, josta kuljettaja seuraa kuormapainoa. Vaakajärjestelmään pystyy määrittämään myös kuljettavan ajoneuvon tiedot, lastattavan materiaalin tiedot ja lastaajan. Nämä tiedot ovat yleensä lisätty, jolloin isommalla maanotto paikalla on helppo seurata tavarankäynnin menekkiä. Kun tiedot ovat ylhäällä kuormakohtaisesti, ne on helppo merkitä myös laskutuksessa. (6.)



KUVA 11. Kuvassa vaakajärjestelmän näyttöpääte, josta seurataan lastattavan ajoneuvon kuormapainoa

Kuvassa 11 näkyy ylä laidassa oikealla puolella kokonaispaino. Vasemmalla puolella näkyisi tavoitepaino, jos tämä olisi määritetty. Näiden alapuolella isossa ruudussa näkyisi sen hetkisen kauhallisen paino, kuvan ottohetkellä kauha näyttäisi olevan joko tyhjä tai sitä ei ole punnittu. On tärkeää myös määrittää lastauskauha, jota käytetään lastaamiseen. Jos kyseisessä koneessa käytetään eri kauhoja tai nostolaitteita, joutuu jokaisen laitteen kalibroimaan erikseen. Jos vaakaa on merkitty väärä kauha, tekee se lopputulokseen suuren virheen. Esimerkiksi jos yhdistelmän lastaamiseen menee yhdeksän kauhallista tavaraa ja jokaisessa kauhallisessa on heittoa 300 kg, lopputulokseen tulee 2,7 tonnin poikkeama. (6.)

3 KULJETETTAVAT MAA-AINEKSET

Luvuissa 3.1 – 3.2 käsitellään työmaalta poistettavia maa-aineksia ja selvitetään, mihin ne voidaan kuljettaa. Luvun lopussa tutustutaan myös työmaalle tuotaviin uusiin rakennekerroksiin ja kovasti yleistyviin uusiomateriaaleihin.

3.1 Poistettavat maa-ainekset

Työmaan alkaessa usein aloitetaan sillä, että vanhat rakennekerrokset poistetaan tai sitten aloitetaan kuorimalla pintamaat pois. Vanhoja rakennekerroksia poistattaessa pyritään kaivamaan rakennekerrokset pois kerros kerrokselta. Kun maat saadaan talteen sekoittumatta, voidaan ne käyttää tarvittaessa uudestaan hyödyksi. Pintamaiden kuorimisella tarkoitetaan sitä, että kaivinkoneella poistetaan vain maaperän päällä olevat kannot, mättäät, turpeet ja humusmaat. (7.)

3.1.1 Pintamaan poisto

Poistettavat pintamaat pyritään kuorimaan kuivalla säällä maan laadun mukaan siten, että kuorittava pintamaa ei tiivisty. Pintamaan kuorinnassa käytetään pohjapaineelta pientä konetta, esimerkiksi tela-alustaista kaivinkonetta. Maansiirtoauton liikkuminen ja lastaus suoritetaan kuoritun pohjamaan päältä ennalta määritettyjä ajoreittejä pitkin. (7.)

Poistetut pintamaat voidaan joko läjittää tai hyödyntää uudelleen rakennuskohteessa. Raivauksessa poistettu pintamaa, joka kelpaa kasvualustaksi, varastoidaan suunnitellulle varastointipaikalle. Rakentamiseen kelpaamaton maa- ja kiviaines kuljetetaan erikseen sille osoitetulle paikalle. (7.)

Jos leikkausmassoja käytetään uudelleen rakennuskohteessa esimerkiksi maastonmuotoiluun, varastoidaan maa-aines läjitysalueelle suunnitelman mukaisesti. Varastoinnista ei saa aiheutua haittaa pintavesien virtaukselle. (7.)

3.1.2 Maanleikkaus

Maankaivu tehdään suunnitelma-asiakirjoissa esitetyssä laajuudessa siten, että ei ole vaaraa maan sortumista tai pohjannoususta sääolosuhteista riippumatta. Kaivuun edetessä tarkastetaan jatkuvasti, että pohjaolosuhteet ovat suunnitelma-asiakirjojen mukaiset. Jos työmaan edetessä havaitaan, että pohjaolosuhteet eivät ole suunnitelma-asiakirjojen mukaiset, sovitaan erikseen tilaajan kanssa jatkotoimenpiteistä. (8.)

Kaivuumassoja ei saa tilapäisestikään läjittää siten, että se voisi aiheuttaa kaivannon luiskien sortumisvaaran. Maa-aineksien läjitys on järjestettävä suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti niin, että siitä ei aiheudu turvallisuus- tai ympäristöriskejä. (8.)

Maaleikkaustöissä käytetään sellaisia työmenetelmiä ja noudatetaan sellaista työjärjestystä, että leikkausmassat saadaan käytetyksi rakennusteknisesti ja taloudellisesti parhaalla mahdollisella tavalla. Työt ajoitetaan niin, että leikattu maa voidaan käyttää suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti penkereisiin ja muihin maarakenteisiin. Jos leikkauksesta poistetut maat käytetään rakenteisiin, ei maamassoihin saa sekoittua lunta tai jäätä. (8.)

Maanleikkaus suoritetaan huolellisesti siten, ettei ulkopuolinen kasvillisuus vahingoitu. Jos pinta- tai pohjavesivaluman aiheuttamaa eroosiota havaitaan, on tarkistettava suunnitelma-asiakirjat ennen kuin työt voivat jatkua. (8.)

Kaikki maanleikkaustason yläpuolelle kohoavat kivet ja kalliolohkareet poistetaan, pohja tasataan ja tiivistetään leikkausmassoilla. Maanleikkauksen edetessä esille tulevat noin 10 m²:n kokoiset kallion osat ja suurimmalta läpimitaltaan yli 0,5 m:n lohkareet poistetaan routimattomassa maaperässä 0,5 m:n syvyyteen asti leikkaustasosta ja routivassa maaperässä siirtymäkiilasyvyyteen asti. (8.)

3.1.3 Haitalliset maa-ainekset

Haitallisia aineita sisältävien maa-ainesten kaivu ja välivarastointi kaivualueella sekä kuljetus tehdään PIMA-ilmoituspäätöksen tai ympäristöluvan sekä niihin liitettävien suunnitelma-asiakirjojen

mukaisesti. Rakentamisen yhteydessä tapahtuva maa-aineksen kaivu, jota ei tehdä alueen puhdistamiseksi, ei ympäristönsuojelulain mukaan edellytä pilaantuneen maaperän puhdistamista koskevaa ympäristölupaviranomaisen päätöstä. PIMA-ilmoituksen tai ympäristöluvan tarve on kuitenkin syytä tarkistaa ympäristövalvontaviranomaiselta. (9.)

Laadultaan ja lajiltaan erilaiset maa-ainekset kuten pilaantumattomat ja vaaralliseksi jätteeksi luokiteltavat maa-ainekset on pidettävä erillään kaivun, kuljetusten ja välivarastoinnin aikana. Maa-ainesten haitta-aineiden laimentaminen esimerkiksi sekoittamalla on kiellettyä. (9.)

Kunnostettavalla alueella muodostuvat pinta- ja suotovedet sekä kaivannosta mahdollisesti pumppattava vesi on pääsääntöisesti koottava ja johdettava keräysaltaaseen, -kaivoon tai puhdistukseen. Toimenpiteet tehdään PIMA-ilmoituspäätöksen tai ympäristöluvan tai ilmoituspäätöksen mukaisesti ja siihen liittyvien suunnitelma-asiakirjojen mukaan. Lisäksi on huomioitava paikallisen vesilaitoksen ohjeistus vesien johtamisesta viemäriin. (9.)

Maa-ainesten haitalliset aineet voivat aiheuttaa ympäristö- ja terveysriskejä ja rajoittaa maa-aineksen käyttöä. Haitta-ainepitoisuudet ovat turvallisella tasolla, jos

- haitta-ainepitoisuus on alle valtioneuvoston asetuksen 214/2007 mukaisen kynnyksarvon
- haitta-ainepitoisuus ylittää kynnyksarvon, mutta alittaa sen käyttö- tai sijoituspaikan taustapitoisuuden. Taustapitoisuudella tarkoitetaan haitallisten aineiden luontaisia pitoisuuksia maaperässä tai sellaisia haitta-aine pitoisuuksia maaperässä, jotka esiintyvät laaja-alaisesti alueen pintamaassa ja ovat peräisin useasta eri päästölähteestä. Esimerkiksi teollisuuden ja liikenteen ilmapäästöjen seurauksena kohonneet pitoisuudet taajamien, tie- ja rata-alueiden tai laajojen teollisuusalueiden pintamaassa. (10.)

On tärkeä tehdä maa-ainekselle haitta-ainetutkimus, jos maa-aineksesta tulee poikkeava haju tai ulkonäkö. Jos alueella on toiminut ennen vanha saha, huoltoasema, teollisuus- tai varastoalue, satama, ratapiha, jakeluasema tai ampumarata, on myös tehtävä tutkimukset maaperälle. Tutkimuksessa kaivetaan maasta maanäyte, joka lähetetään laboratorioon tutkittavaksi. (10.)

3.1.4 Läjitysalueet

Rakennuskohteesta poistetut maa-ainekset pyritään hyötykäyttämään mahdollisimman tarkoin. Jos maa-aines on hyvä laatuista ja kantavaa materiaalia, voidaan sitä käyttää rakennekerroksien alapuolella, jos joudutaan esimerkiksi pengertämään. Jos kaivettu maa on hienojakoista hiekkaa tai mursketta, sitä voidaan käyttää erilaisten kaivantojen täyttömateriaalina esimerkiksi putkikaivannon täyttöön. (10.)

Huonompilaatuisia maita voidaan käyttää ympäristön muotoiluun ja suurempiin täyttöihin. Jos materiaali on huonolaatuista ja sille ei löydy työmaalta sijoituspaikkaa, ajetaan se läjitysalueelle. Läjitysalueet ovat kunnan tai yrityksen hoitamia alueita, joihin saa luvallisesti ajaa maa-ainekset, jotka eivät sovellu uudelleen käytettäväksi. Alueelle ajettavista maa-aineksista pyritään aina jotenkin hyötymään, esimerkiksi rakentamalla niistä meluvalleja tai ulkoliikuntapaikkoja. (10.)

Kuvassa 12 nähdään hyvin tyypillinen tilanne maanläjitysalueelta. Joskus maanläjitysalueet ovat hyvin huonokuntoisia.



KUVA 12. Läjitysalueelle painunut kuorma-auto

Huonosti kantava läjitysalue johtuu siitä, että sinne yleensä ajetaan huonot maa-ainekset, joiden kantavuus on heikkoa. Näistä huonosti kantavista materiaaleista savi on yleisin. Kuvan 12 tilanteessa kuorma on pyritty kippaamaan suoraan alas penkalta. Eteneminen on loppunut huonosti kantavan alustan takia, jolloin maakuorma on jouduttu kippaamaan penkan päälle. Kuorma joudutaan pukkaamaan alas penkalta joko pyöräkuormaajalla tai puskutraktorilla.

3.1.5 Poistettavan maa-aineksen uusiokäyttö

On tärkeä selvittää, voidaanko maanleikkauksessa poistettavaa maa-ainesta uusiokäyttää. Maa-aines ei ole jätettä, jos se täyttää seuraavat kriteerit:

Maa-ainekselle on jatkokäyttökohde

Käytön varmuutta osoittaa se, että tavara toimitetaan suoraan kohteeseen eikä sitä jouduta varastoimaan pitkäksi aikaa. Yleensä yli vuoden mittainen varastointi katsotaan pitkäaikaiseksi. Poikkeuksena ovat suuret ja pitkäkestoiset työmaat, joiden hyötykäyttöön ajetuissa varastoinneissa aikaa on syytä jatkaa muutamalla vuodella. Tällöin hyötykäytön varmuus tulee osoittaa esimerkiksi kohdetta koskevassa rakennussuunnitelmassa. Maa-ainekselle täytyy olla jo käyttökohde ennen sen ajoa väliaikaiseen välivarastoon. (10.)

Jatkokäyttö on suunnitelmallista

Suunnitelman perusteella voidaan osoittaa, että maa-aineksen käytölle on todellinen tarve ja sen tekniset edellytykset on yleisellä tasolla määritetty. Suunnitelmasta tulee tulla ilmi, paljon materiaalia tarvitaan ja kauanko maa-ainesta täytyy varastoida kasassa. Muita tapoja osoittaa jatkokäytön suunnitelmallisuus ovat ympäristösuojelulain mukainen ympäristölupa tai ilmoitus. (10.)

Maa-aines voidaan uudelleen käyttää sellaisenaan ilman muuntamistoimia

Esikäsitteilytoimena tehtävää mekaanista käsittelyä, jossa maa-ainesta ainoastaan lajitellaan, seulotaan, sekoitetaan tai murskataan, ei katsota muuntamistoimeksi. Tähän ei myöskään lasketa muuta sellaista käsittelyä, jonka tarkoituksena on ainoastaan parantaa maa-aineksen rakennettavuusominaisuuksia, esimerkiksi stabilointi tai kiinteytys sideaineella. (10.)

Muuntamistoimeksi voidaan tulkita esimerkiksi maa-aineksen kemiallinen, muu fysikaalinen kuin mekaaninen tai biologinen käsittely, jonka tarkoituksena on muuttaa aineksen kemiallisia ominaisuuksia tai muita jäteominaisuuksia siten, että vähennetään ympäristölle tai terveydelle aiheuttavia vaaroja tai haittoja. Tämän tapaiset toimet kuuluvat jätteiden käsittelyyn. Maa-aineksen pelkkää kalkitsemista tai lannoittamista muilla kuin jätteillä ei lasketa muuntamistoimeksi. (10.)

Maa-ainesten seassa olevien muiden materiaalien vaikutus jäteluonteeseen

Jos kaivettu maa-aine sisältää huomattavan määrän rakennus- tai purkujätettä (betoni, asfaltti, tiili, eristemateriaali, muovi) tai tuhkaa eikä maa-ainesta voida erotella muusta jätteestä, koko jäte-erä luokitellaan sekalaiseksi rakennus- ja purkujätteeksi. (10.)

3.2 Uudet rakennekerrokset

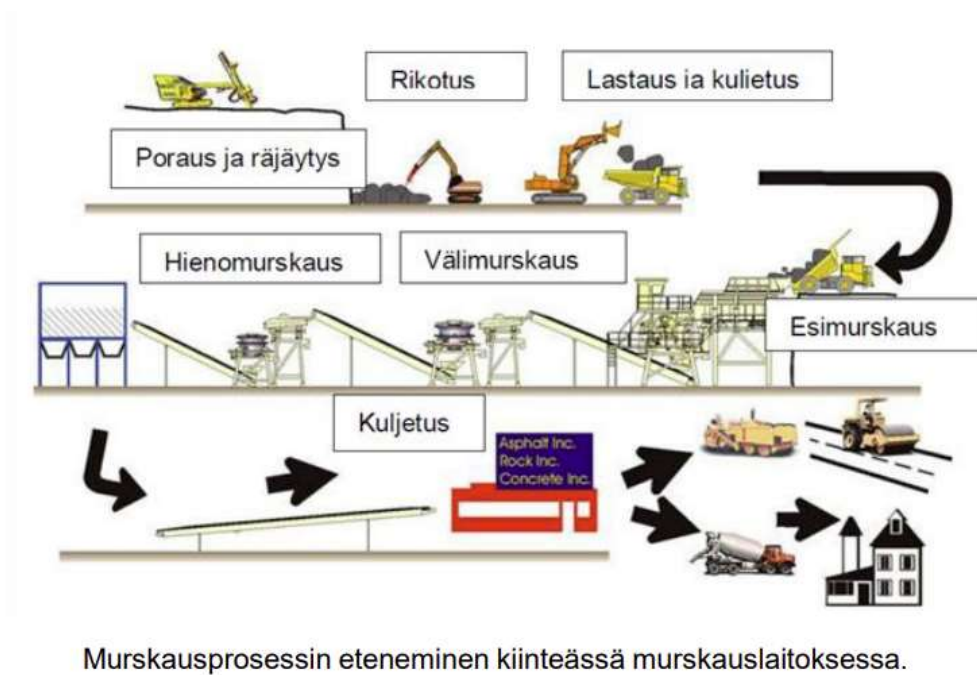
Kun pintamaat on raivattu tai vanhat rakennekerrokset ajettu pois, tarvitaan tilalle uutta rakennusmateriaalia. Ennen vanhaan rakennettiin pääsääntöisesti kaikki rakenteet moreenista, sorasta ja hiekasta. Soraa voitiin välpätä hienommaksi tai karkeammaksi, riippuen käyttötarkoituksesta. Välpän toiminta on yksinkertainen: Aluksi siihen kipataan pyöräkuormaajalla kiviainesta ja hienoaines tippuu seulatankojen välistä ja karkea tavara pyörii tankoja pitkin välpän taakse. Seuraavaksi pyöräkoneella otetaan välpätty tavara pois välpän alapuolelta ja lastataan auton lavalle tai kannetaan kasalle. Sama tehdään taakse valuvalla karkealla kiviainekselle. Kuvassa 13 on käytössä välppä, jolla seulotaan kuvan ottohetkellä nähtävästi soraa. (11.)



KUVA 13. Kiviaineksen seulonnassa käytettävä välppä (26)

3.2.1 Luonnon kiviainekset

Nykyään kiviainesvarastot ovat kasvaneet ja materiaalivaihtoehdot ovat laajentuneet rutkasti. Murskauskaluston tullessa kiviainesta voidaan murskata mihin tahansa karkeuteen. Mursketta voidaan valmistaa sorasta tai kalliolohkareista murskaamalla. Yleisempi vaihtoehto on kalliomurskeen hyvien ominaisuuksien vuoksi. Kuvassa 14 on karkeasti pääpiirteet murskausprosessista. (1.)



KUVA 14. Kuvassa näkyy perinteinen murskausprosessi (27)

Yleisimpiä murskauksen tuotteita ovat:

- murskeet, joiden raekoot ovat: 0/4, 0/8, 0/11, 0/16, 0/22, 0/32, 0/45, 0/63, 0/90
- sepelit, joiden raekoot ovat: 4/8, 8/11, 8/16, 11/16, 11/22, 16/32.

Vuonna 2013 voimaan astuneen asetuksen jälkeen rakennustuotteista täytyy löytyä CE-merkintä. Rakentamisessa käytettävä jalostettu kiviaines tai murskattu kiviaines on rakennustuote, jota koskee rakennustuoteasetus. Poikkeuksena tälle merkinnälle on se, jos tuotetta valmistetaan itselle omaan käyttöön. Esimerkkinä tästä on tielinjalla olevan kallion murskaaminen kalliomurskeeksi. CE-merkinnästä vastaa tuotteen valmistaja ja vaatimukset koskevat valmistusta, ominaisuuksien testausta ja laadunvalvontaa. Kiviainestuotannossa on tärkeätä hyvä laatu ja sen laadun tasaisuus. (12.)

Kiviaineksen valmistajan vastuulla on huolehtia, että näytteenotto ja kiviaineksen testaukset tapahtuvat standardien vaatimalla tavalla. Näytteenotto voidaan tehdä osanäytteitä yhdistämällä, jolloin saadaan koko tuotanto- ja varastoeristä edustava näyte. Tällä tavalla saadaan tietoa koko tuotetusta erästä eikä vain yhdestä erillisestä tuotetusta tuote erästä. (12.)

3.2.2 Teollisesti tuotetut- ja uusiomateriaalit

Luonnon kiviainesta korvaavina materiaaleina voidaan käyttää käyttökohteeseen soveltuvia uusiomateriaaleja. Standardin EN 13242 soveltamisalaan kuuluvat materiaalit, joilla on käyttöhistoria Suomessa, voidaan CE-merkitä. Niitä voidaan käyttää rakenteessa luonnon kiviainesten tavoin, jos ne täyttävät tekniset ja ympäristökelpoisuusvaatimukset kohteessa. Uusiomateriaalien, joiden käyttöhistorialla ei ole osoitettu riittävää teknistä kelpoisuutta, käyttö edellyttää yleensä materiaali- tai rakennekohtaisia ennakkokokeita. Uusiomateriaalien laatuvaatimuksina käytetään soveltuvin osin luonnon kiviaineksille asetettuja laatuvaatimuksia. (13.)

Uusiomateriaalien tulee täyttää lainsäädännössä tai ympäristöluvassa asetetut ympäristökelpoisuusehdot. Valtioneuvoston asetuksilla voidaan tietyt materiaalit vapauttaa ympäristölupavelvollisuudesta ja antaa määräyksiä muun muassa ilmoitusvelvollisuudesta. Tiedyt terästeollisuuden kuonat eivät KHO:n päätöksen mukaan tarvitse ympäristölupaa tai VNa 591/2006:n mukaista ilmoitusmenettelyä. (13.)

Maarakenteissa käytettävien uusiomateriaalien on teknisiltä ominaisuuksiltaan ja maarakennuskelpoisuudeltaan sovellettava käyttökohteeseen ja oltava riittävän tasalaatuisia. Kun uusiomateriaaleja käytetään kuormitettuihin maarakenteisiin, niiden pitkäaikaiskestävyys osoitetaan käyttöhistorialla tai pitkäaikaiskestävyyteen liittyviä riskejä pienennetään ennakolta tehtävillä laboratorio- ja kenttäkokeilla sekä hankkimalla kokemusta käytöstä aluksi pienemmillä kokeilukohteilla. (13.)

Uusiomateriaalit eivät saa aiheuttaa kanssaan kosketuksiin tuleville rakenteille korroosiota eikä muita vaurioita. Mahdolliset erityisominaisuudet tai -vaatimukset otetaan huomioon tarvittaessa koko rakenteen suunnittelussa. (13.)

Teollisesti tuotettujen rakennusmateriaalien ja uusiomateriaalien käyttö on yleistynyt Suomessa. Kyseisiä tuotteita ovat esimerkiksi

- masuunihiekka
- OKTO-rakennustuotteet
- betonimurske
- tiilimurske
- asfalttimurske ja -rouhe
- rengasrouhe
- lento- ja pohjatuhka
- vaahtolasi (Foamit).

Masuunihiekka on SSAB-Europe Oy:n valmistamaa hienorakeista masuunikuonasta valmistettua hiekkaa. Tätä valmistetaan tehtaalla masuunikuonasta, joka juoksetetaan paineellisen vesisuihkun lävitse. Suihku rikkoo sulan kuonan 0-5 mm:n tuotteeksi. Masuunihiekkaa käytetään tie- ja katurakentamisessa ja talonrakentamisessa perustuksien eristävänä rakennusmateriaalina. (14.)

Masuunihiekkalla on monia erinomaisia puolia, joiden takia sitä käytetään rakennusmateriaalina. Masuunia tiivistettäessä hiekka sitoutuu ja siitä tulee puolijäykkärakenne, jolloin sillä on normaaleja kiviaineksia parempi kantavuus. Painonsa puolesta taas masuunihiekka on luonnonmateriaaleja huomattavasti kevyempää. Sen tilavuuspaino on noin 1,0 - 1,15 tn/m³, kun taas luonnon hiekkalla vastaava luku on 1,3 - 1,8 tn/m³. (14.)

Myös lämmöneristävyyskyky on hyvä, mikä johtuu sen huokuisuudesta rakenteesta. Masuunihiekkaa voidaan käyttää routaeristysmateriaalina katu- ja tierakenteissa kuin myös talonrakentamisessa perustuksia tehtäessä. Talvella rakentaessa masuunihiekka ei myöskään paakkuunnu, koska se sisältää hyvin vähän hienoainesta. Tämän takia sitä voidaan säilöä työmaalla kasassa ilman erillistä sääsuojaa. Pitkäaikainen varastointi voi aiheuttaa pientä paakkuuntumista, mutta nämä kyllä hajoavat tavaraa levitettäessä ja tiivistettäessä. (14.)

OKTO-rakennustuotteet valmistetaan Outokumpu Tornion tehtaalla, josta lyhennettynä nimikin tulee. Tehtaan rakennustuotteita ovat OKTO-eriste, OKTO-teräskuonamurskeet, OKTO-kevytkivi OKTO-filleri ja croval-runkoaine. Nämäkin rakennusmateriaalit ovat kierrätyksestä saatavia tuotteita, jotka olisivat ilman kierrätystä jättemateriaalia. OKTO-eristeen valmistusprosessi on lähes sama kuin masuunihiekalla, mutta materiaali, josta sitä valmistetaan, on kromikuonaa. Tämä uusiomateriaali ei sitoudu rakenteessa, toisin kuin masuunihiekka. Tämä tarkoittaa sitä, että kantavuus on hieman pienempi, mutta jos rakennekerroksia joudutaan korjaamaan tai kaivamaan jostain syystä, on OKTO-rakennustuotteet helpompi käsitellä. (15.)

Betonimurske, tiilimurske ja asfalttimurske ovat nimensä mukaan murskattua rakennusmateriaalia. Kyseisiä rakennusmateriaaleja voidaan käyttää tierakenteessa jakavassa kerroksessa, penkereissä täyttömateriaalina, uuden asfalttimassan seassa tai kantavassa kerroksessa. Nämä rakennusmateriaalit sisältävät itsessään jo sitovia aineksia, jolloin näistä saadaan tehtyä hyvin kantavia rakennekerroksia.

Uusiomateriaalit ovat yleensä tavanomaista kiviainesta keveämpiä, jolloin niistä pystytään tekemään vähemmän maaperää rasittavia rakenteita. Tämänlaisia tilanteita voivat olla vaikka pehmyt suoalue tai savinen maaperä, jolloin kevyellä rakenteella päästään vähemmällä työllä eteenpäin.

Rengasrouhetta käytetään kevennysmateriaalina rakennekerroksissa. Yksi hyvä esimerkki käyttökohteesta ovat meluvallit, jossa rengasrouhetta käytetään kevyenä täyttömateriaalina. Rengasrouhe on myös halvempaa verrattuna muihin kilpaileviin tuotteisiin. Rengasrouhetta voidaan käyttää rouheena tai jopa kokonaisina renkaina täyttömateriaalina. Yleisimmät rouhekoot ovat 50 x 50 mm ja 100 x 300 mm. (16.)

Myös kierrätyslasista pystytään nykypäivänä hienon teknologian avulla valmistamaan rakentamisessa käytettävää vaahtolasimursketta. Vaahtolasimurskeen valmistuksessa raaka-aineina ovat puhdistettu kierrätyslasi ja vaahdotusagentti. Lasisirut jauhetaan 0,1 mm:n lasijauheeksi, johon sekoitetaan tätä vaahdotusagenttia. Tämän jälkeen seos levitetään kuljetushihnalle ja kuljetetaan uunin lävitse. Uunissa lämpötila nousee noin 900 °C:n asteeseen, mikä saa lasimassan paisumaan lähes viisinkertaiseksi ja kovettumaan lasivaahdoksi. Kun vaahtolasi jäähtyy, se pirstaloituu palasiksi eli vaahtolasimurskeeksi. Tämä sitten joko murskataan tai seulotaan, riippuen sen käyttökohteesta. (17.)

Tätä vaahtolasimursketta voidaan käyttää talonrakentamisessa eristemateriaalina kuin myös infrarakentamisessa. Sen rakeisuus on 0-60 mm, riippuen sen käyttökohteesta. Infrarakentamisessa sen käyttökohteita ovat lämpöeristekerrokset, routaeristeenä ja kevennystäyttönä korvaamaan erilaiset luonnonkivimateriaalit. Taulukossa 2 ovat eriteltynä rakeisuuden mukaan eri käyttökohteet. (20.)

TAULUKKO 2. Foamit-eristeen käyttökohteet

Tuote	Käyttökohte
Foamit 60 (0-60 mm)	Piharakenteiden ja putkilinjojen kevennys- ja routaeristeenä. Taustatäyttöjen kevennysmateriaalina. Tienrakennekerroksissa korvaamassa normaalin kivimurskeen.
Foamit 30 (20-30 mm)	Maanvaraisessa perustuksessa lämmöneristeenä ja perustusten kevennysmateriaalina.
Foamit 20 (10-20 mm)	Talorakentamisessa eristekerroksena korvaamassa eristevillat. Ohuiden rakenteiden täyttö- ja kallistusmateriaalina. Putkien alkutäytöissä ja viherkattorakentamisessa.
Foamit 10 (3-10 mm)	Rakenteiden viimeistelevät täytöt ja kallistukset. Viherkatto- ja viherrakentamisessa.

Vaahtolasin käyttö tierakentamisessa on hyödyllistä sen monipuolisten ominaisuuksien ansiosta. Sen keveys perustuu siihen, että sen tilavuudesta jopa 90 % on ilmaa, eli se on todella huokoista materiaalia. Tilavuuspaino on vain 210 kg/m³ irtokuivana ja tiivistettynäkin vain 220-280 kg/m³. Näiden ominaisuuksien vuoksi sen lämmöneristyskykykin on hyvä ja sillä voidaan korvata routaeristeet. (17.)

Jos tätä käytetään eristemateriaalina, joudutaan sen alle rakentamaan vähintään 0,2 m paksu kuivatuskerros hiekasta tai murskeesta, mikäli rakenteelle ei sallita lainkaan routanousua. Tämä kuivatuskerros voidaan myös korvata ylimitoitetulla vaahtolasimurskekerroksella, jolla minimoidaan roudan tunkeutuminen rakennekerrokseen. (17.)

3.2.3 Asfaltti

Asfaltti on Suomessa ja muuallakin maailmassa todella yleinen päällystemateriaali. Se on mekaanisesti ja kemiallisesti hyvin kestävä materiaali. Asfaltti kestää hyvin muun muassa lieviä happoja ja emäksisiä haitta-aineita kuten raskasmetalleja, kun taas orgaaniset liuottimet, kuten bensiini ja diesel liottavat asfaltin sisältämää bitumia, mistä voi aiheutua asfalttipäällysteen rapautumista. (18.)

Mekaanisesti asfaltti kestää hyvin kumipyöristä aiheutuvaa räsitusta, mutta nastapyörät vaikeiden olosuhteiden kanssa yhdistettynä aiheuttavat asfalttipinnan kulumista. Tätä ongelmaa ei esiinny parkkipaikoilla tai piha-alueilla pienen liikenteen ja matalien nopeuksien takia. (18.)

Asfaltti itsessään kestää hyvin puristuspainetta, jota syntyy raskaasta liikenteestä. Sen sijaan venyttävää tai taivuttavaa voimaa se ei tahdo kestää, minkä vuoksi alapuolisten rakenteiden kestävyys tulee tärkeään rooliin. (18.)

Asfalttimassan kuljetus eroaa muista edellä mainituista materiaaleista usealla tavalla.

Ensimmäinen eroavaisuus on materiaalin lastaus. Asfalttimassa otetaan kyytiin asfalttiasemalta suoraan sekoittimesta tai varastosilosta lavalle, jolloin erillistä lastauskonetta ei tarvita. Asfalttimassan lastauksessa täytyy ottaa huomioon se, että massa otetaan kyytiin oikealla tavalla, jolloin massan lajittumista ei pääse tapahtumaan. Oikea tapa on ottaa asfalttimassaa ensin lavan etu- ja takapäähän ja sen jälkeen keskelle siirtämällä autoa lastauksen aikana. Massan pudotuskorkeus tulee olla mieluiten alle 1,2 m, mutta ongelmaa tuottavat nykyään korkean ohjaamon omaavat ajoneuvot. (19.)

Toinen eroavaisuus on sen kuljetus. Asfalttimassan kuljetuksessa on oltava oikeanlainen kuljetuskalusto. Tämä oikeanlaisuus sisältää pyöreäpohjaiset lavat tai vähintään pituussuunnassa olevat kulmat täytyvät olla pyörästetty, kuormapeite, lavalla ei saa olla siirtolavakiskoja ja lavan täytyy nousta tarpeeksi pystyyn. Pyörästämätön lava ja siirtolavakiskot aiheuttavat massalle lajittumista, jota pitää välttää kaikin mahdollisin keinoin. Kuormapeite suojaa asfalttimassaa huonoilta sääolosuhteilta ja liian aikaiselta jäähtymiseltä. (19.)

4 INFRATYÖMAAN SUUNNITELU LOGISTIIKAN NÄKÖKULMASTA

Työnjohdon työtehtäviin kuuluvat työkohteen tehtäväsuunnittelu, aikataulutus, työmaan etenemisen seuranta, ongelmatilanteiden ratkaiseminen, työmaapäiväkirjan ja mahdollisten lisä-/muutosten laatiminen ja työturvallisuuden seuranta. Luvuissa 4.1 - 4.2 käsitellään massanvaihdon työmenetelmää työnjohtajan näkökulmasta.

4.1 Massanvaihdon suunnittelu

Massanvaihtomenetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa hankkeen massatalous, massanvaihdoista aiheutuvat ympäristövaikutukset ja työturvallisuus. Massanvaihdon geotekniseen suunnitteluun vaikuttavat seuraavat asiat: pehmeikön paksuus, penkereen leveys ja korkeus, pohjaan ominaisuudet ja maaston topografia. Suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota oikeaan työjärjestykseen. (20.)

Massanvaihdon voi suorittaa kaivamalla tai pengertämällä. Kaivamalla tehtävää massanvaihtoa suositaan matalissa savikoissa tai matalilla suoalueilla, joissa on kova pohjamaa heti turvekerroksen alapuolella. Pääsääntöisesti kaivamalla tehtävä massanvaihto rajoittuu 3 – 5 metrin syvyisiin kaivantoihin, mutta tarvittaessa voidaan massanvaihto suorittaa jopa 10 metriin saakka. Tämä tapa vaatii tarkempaa suunnittelua ja työolosuhteisiin sekä työturvallisuuteen täytyy kiinnittää erityisesti huomiota. (20.)

Pengertämällä tehtävässä massanvaihdossa pehmeikön syvyys on niin suuri, että kaivamalla tehtävä massanvaihto ei onnistu. Pengerrys syvyys on pääsääntöisesti 5 – 10 metriä, mutta lähes 20 metrin syvyyttä pohjatyttöä on toteutettu onnistuneesti pehmeissä savikoissa esipehmennystä käyttäen. Pohjaantäyttöä tehtäessä poistetaan pinnalta pintakerros ensimmäisenä. Korkeana päätypenkereenä tehtävä täyttö syrjäyttää ja puristaa pehmeät maa-aineskerrokset penkereen sivuille ja eteen. Pengerryksessä nousevat maakerrokset kaivetaan pois ja ajetaan läjitykseen. Pengerrytyön onnistumiseen vaaditaan sitä, että maakerrosta kuormitetaan vähintään murtotilakuormituksella. (20.)

Massanvaihtoa suunniteltaessa on kustannustehokkuudenkin vuoksi tarpeen selvittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mistä täyttömangat kaivantoon tai pohjaantäyttöön on mahdollista saada. Jos hankkeessa tai lähialueilla ei ole kohtuullisen kuljetusmatkan päässä saatavissa täyttömangat, voidaan perustamistavan muutoksella säästää rakentamiskustannuksissa. Myös läjitysalueiden sijainnit tai näiden perustamiset tulee selvittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Myös mahdollisesti esiintyvien pilaantuneiden maiden olemassaolo tai läjitysalueet tulee kanssa huomioida. (20.)

Alueella sijaitsevien rakennusten ja muiden rakenteiden sijainnit ja perustamistavat tulee selvittää ja niille mahdollisesti tarvittavat suojaustoimenpiteet sekä tarkkailu tulee määrittää. Myös alueella sijaitsevat kaivot ja veden laadut tulee kartoittaa. Massanvaihdosta voi mahdollisesti olla haittaa alueen kaivoille, jos pohjavedenpintaa joudutaan laskemaan työnajaksi. Joka tapauksessa on tärkeitä selvittää alueen lähtötilanne ja pohjaveden tilanne hyvissä ajoin ennen työmaan alkamista. (20.)

Suunnitteluvaiheeseen kuuluvat myös pohjatutkimukset. Pohjatutkimuksissa tutkitaan maaperästä seuraavat asiat:

- maaperän kerrosrakenne (mahdolliset pehmeät tai kovat välikerrokset)
- kivisyys, lohkaraisuus
- kantavan pohjan/massanvaihdon alaraja riittävällä tarkkuudella
- pohjaveden korkeustaso
- maan rakeisuus, vedenläpäisevyys, humuspitoisuus
- leikkauslujuus
- läjitettävyyden, massojen kelpoisuus
- mahdollisesti stabiloituvuus jatkokäytön kannalta. (20.)

4.2 Massatalouden hallinta

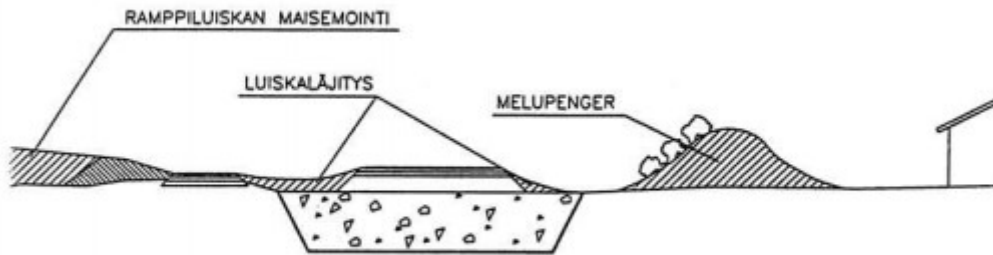
Massanvaihtojen suunnittelulla on suuri merkitys massatalouden hallintaan, kun suunnitellaan tien linjaukselle ja tasaukselle ihanteellista paikkaa. Tien linjausta ja tasausta muuntelemalla voidaan vaikuttaa suuresti rakennuskohteen massatasapainoon. Massansiirtosuunnitelmaa tehtäessä on otettava huomioon pohjaolosuhteet, massojen laatu, olemassa olevat ja rakennettavat työmaatiet, työn ajoitus, käytettävä työmenetelmä, koneresurssit ja erikoisrakenteiden aiheuttamat rajoitukset. (20.)

Suunnittelun tavoitteena on optimoida maansiirtokustannukset. Tämä tarkoittaa sitä, että maamassojen tarpeetonta käsittelyä ei tapahdu ja kaikki massat käytetään oikein. Ihanteellisessa tilanteessa poistettavia maamassoja ei tarvitsisi välivarastoida ollenkaan, vaan näille olisi käyttökohde tiedossa ennen kuin kuorma on lastattu. (20.)

4.2.1 Läjityksen suunnittelu

Jos poistettavat maa-ainekset ovat huonolaatuisia tai ne täytyvät ajaa välivarastoon, on silloin kohteena läjitysalue. Läjitysalueen suunnittelu on tehtävä aikaisessa vaiheessa, mikä johtuu siihen kuuluvista lupakäsittelyistä. Läjitysalueetta suunnitellessa on otettava huomioon monta asiaa. Alueen pohjatutkimuksella selvitetään maaperän kantavuus. Läjitettävä materiaali täytyy myös tutkia ja varmistaa, että se kelpaa läjitettäväksi maa-ainekseksi. Tutkimuksessa mitataan massan vesipitoisuus, sensitiivisyys, leikkauslujuus ja rakeisuus. Huomioon on otettava myös läjitysalueen kuivatus, johon kuuluvat kuivatusojat ja virtausolosuhteet. Kuivatus on toteutettava niin, että luonnontilaiset kuivatusolosuhteet eivät kärsi eivätkä pintavedet tai läjitysmassat valu ympäristöön. (20.)

Läjäytysmassoja kannattaa hyödyntää mahdollisimman paljon tien välittömässä läheisyydessä. Tällä tavalla saadaan säästää kuljetuskustannuksissa. Massoja voidaan käyttää tienluiskissa, melupengereissä ja maisemanhoidollisina täyttöinä. Kuvassa 15 on esitetty kyseiset esimerkkipaikat. Meluvalleihin pystytään ajamaan suuria määriä leikkausmassoja, jos massan stabiiliteetti on riittävä. Näin massa pysyy muodossaan. (20.)



KUVA 15. Läjäytysmassojen sijoittaminen tiealueella (28)

4.2.2 Massojen kuljetuksen suunnittelu

Massanvaihtotyössä, niin kuin muussakin maarakentamisessa, suurin osa työmaan kustannuksista tulee kuljetuksista. Kuljetusyhteyksiä tästä syystä täytyykin tarkastella jo suunnitteluvaiheessa sekä läjitys- että täyttömassojen osalta. Kuljetuskustannuksien merkitys kasvaa nykytilanteessa, sillä maanottoaikat ja läjitysalueet ovat yhä kauempana työkohteista, mikä johtuu alueiden vähäisyydestä. Myös kaivu- ja louhintatyön yksikkökustannukset ovat alentuneet työmenetelmien kehittyessä, jolloin kuljetusten ja konetöiden kustannuserot ovat muuttuneet. (20.)

Kuljetusmatkat voivat vaihdella muutamasta sadasta metristä jopa useisiin kymmeniin kilometreihin. Kuljetusten saaminen suljetulle työmaa-alueelle voivat vähentää työmaan kuljetuskustannuksia jopa 50 %. Kaupunkialueilla tai muilla rakennetuilla alueilla tämä ei ole useinkaan mahdollista, johtuen yleisistä teistä ja muusta liikenteestä. (20.)

5 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua infrarakentamisessa suuressa merkityksessä olevaan logistiikkaan. Tässä työssä käytiin lävitse maarakentamisen käytettävää työkalustoa, kuljetuskalustoa ja näihin liittyviä teknologisia laitteita. Lisäksi tutustuttiin myös työmaalla työstettäviin maa-aineksiin ja näiden kuljetukseen liittyviin seikkoihin.

Opinnäytetyön aikana eri lähteitä selatessani havaitsin, että kierrätysmateriaalit ovat yleistymässä työmailla. Kierrätysmateriaaleja kehitetään koko ajan lisää ja niistä kehitty myös samalla parempia. On pelkästään hyvä asia, että kierrätysmateriaalien käyttö lisääntyy, sillä tällä saadaan ratkaistua ongelma, joka on rakennusjätteiden sijoittaminen. Kun esimerkiksi vanhasta puretusta rakennuksesta tulee paljon betoni- ja tiilijätettä, voidaan ne nykypäivänä murskata ja käyttää maarakentamisessa hyödyksi suurissa täyttötöissä. Rakennusjätteelle löytyy tällöin uusi käyttökohde ja tavara on saatu kierrätettyä täydellisesti.

Lopputuloksena syntyi opinnäytetyö, jossa käsitellään perusteita infrarakentamisen logistiikasta ja samalla tutustuttiin hieman logistiikkaan myös työnjohtajan näkökulmasta. Tämänkin työn perusteella voidaan todeta, että työmaan suunnittelulla on suuri merkitys työmaan etenemisen kannalta. Hyvin suunniteltu massatalous on pelkkää säästöä. Myös suunnitteluvaiheessa on hyvä ottaa huomioon eri rakennusmateriaalit ja niiden noutopaikat. Tonnihinnaltaan kalliimpi rakennusmateriaali voi tulla halvemmaksi, jos kuljetusmatka on lyhyempi kuin toisella materiaalilla.

LÄHTEET

1. Erho, Jarmo 2020. TF00BO14-3004 Soil Construction. Opintojakson luennot syksyllä 2019. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu.
2. Novatron 2021. Mitä on koneohjaus? Hakupäivä 31.3.2021
<https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>.
3. Finlex 1992. Erikoiskuljetuksen määräykset. Hakupäivä 24.2.2021
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19921715>.
4. Koneporssi 2020. Maailman suurin pyöräkuormaaja. Hakupäivä 3.2.2021
<https://koneporssi.com/tyokoneet-2/maailman-suurin-pyorakuormaaja-ruotsiin>.
5. Kuljettaja.net 2019. Ajoneuvon kuormaaminen. Hakupäivä 26.4.2021
<https://www.kuljettaja.net/ajoneuvon-kuormaaminen-14-12-1982-940/>.
6. Ptetekniikka.fi. Pyöräkuormaajavaaka. Hakupäivä 11.2.2021
<https://ptetekniikka.fi/pyorakuormaajavaaka/>.
7. Infraryl 2020/02. 11410 Poistettavat pintamaat. Hakupäivä 11.1.2021
https://ryl-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/ryl/InfraRYL/2020_2/11400.html#TL11400id2704616.
(vaatii käyttäjälisenssin).
8. Infraryl 2020/02. 16100 Maaleikkaukset. Hakupäivä 13.1.2021
https://ryl-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/ryl/InfraRYL/2020_2/16100.html#TL16100id846429.
(vaatii käyttäjälisenssin).
9. Infraryl 2020/02. 12100 Haitta-aineita sisältävät kaivetut maa-ainekset. Hakupäivä 11.1.2021
https://ryl-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/ryl/InfraRYL/2020_2/12000.html#TL12100ID0ED.
(vaatii käyttäjälisenssin).
10. Ympäristöministeriö 2011. Maa-ainesten hyödyntäminen. Hakupäivä 22.2.2021
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BB2D6384E-7F3D-42D4AB3EA009C242131C%7D/97783>.

11. Kaasalainen, Mikko 2016. Massatalouden tehostaminen. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 11.2.2021
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124379/Kaasalainen_Mikko.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
12. Iltanen, Jeremias 2020. Kiviainesten CE-merkintä. Turun ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri. Opinnäytetyö. Hakupäivä 12.2.2021
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/339205/Jeremias%20Iltanen%20Opinn%C3%A4ytety%C3%B6%20versio%20valmis.pdf?sequence=2>.
13. Infraryl 2020/02, 21110 Suodatinkerrokset. Hakupäivä 12.2.2021
https://ryl-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/ryl/InfraRYL/2020_2/21100.html#TL211id1767418.
(vaatii käyttäjälisenssin).
14. RT 38919 2017. RT tuotetieto. Masuunihiekka. Hakupäivä 17.2.2021
https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/40185_38919.pdf. (vaatii käyttäjälisenssin).
15. Markuksela, Karoliina 2017. Terästehtaan rakeistetun kuonan hyötykäyttö. Hakupäivä 17.2.2021
<http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201705031655.pdf>.
16. Eerola, Martti 2000. Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Hakupäivä 18.2.2021
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020403.pdf>.
17. Pekkala, Jarmo. Vaahtolasimurske rakentamisessa. Hakupäivä 23.2.2021
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140402.pdf>.
18. NCC. Tietoa asfaltista. Hakupäivä 30.3.2021
<https://www.ncc.fi/tarjontamme/asfaltti/tietoa-asfaltista/>.
19. PANK.fi 2021. Asfalttimassan kuljetus. Hakupäivä 31.3.2021
<https://www.pank.fi/wp-content/uploads/2021/01/c5-kuljetus.pdf>.
20. Väylävirasto 2011. Massanvaihdon suunnittelu. Hakupäivä 8.4.2021
https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf.
21. Erho, Jarmo 2012. Valokuva dumpperista.

22. Päiviö, Olli 2018. Valokuva traktorista. Hakupäivä 12.1.2021
<https://koneporssi.com/tyokoneet-2/rysky-vaunut-maansiirtoon/>.
23. Kivirock 2019. Valokuva Puoliperävaunusta. Hakupäivä 12.1.2021
<https://www.kivirock.fi/uutiset.html?a200=157646>.
24. Pixabay 2016. Valokuva pyöräkuormaajasta. Hakupäivä 3.2.2021
<https://pixabay.com/fi/photos/ajaa-kullankaivaja-kaivuri-1867268/>.
25. Kuljettaja.net 2019. Valokuva rekisteriotteesta. Hakupäivä 3.2.2021
<https://www.kuljettaja.net/kantavuuden-laskeminen-1/>.
26. Kaasalainen, Mikko 2016. Valokuva välpistä. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 11.2.2021
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124379/Kaasalainen_Mikko.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
27. Suomen Betoniyhdistys ry 2018. Valokuva murskausprosessista.
28. Väylävirasto 2011. Valokuva läjitysmassoista. Hakupäivä 9.4.2021
https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf.