

Ari-Pekka Hiltunen

UPM-KYMMENE OYJ KAJAANIN TEHTAAN PUUKENTÄN
VIEREISEN LISÄTEHDASALUEEN HYÖDYNTÄMINEN

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Kiinteistötalouden koulutusohjelma

Tammikuu 2000

Ohjaaja: tekn. lis. Jari Kurtelius

Faculty Engineering	Faculty of	Degree programme Management	Facilities
Author(s) Ari-Pekka Hiltunen			
Title A General Plan of the New Paperwood Field Area of the UPM-Kymmene Kajaani			
Optional professional studies		Instructor(s) / Supervisor(s) Jari Kurtelius	
Date 17 January 2000		Total number of pages 95	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to investigate possibilities that widen the paperwood field to Lisätehdasalue (Additional factory area). Lisätehdasalue is as wide as 14.7 hectares and it is situated beside the current paperwood field.</p> <p>The project utilized old plans, maps and soil investigation results that were made in 1987. Lisätehdasalue was surveyed in spring 1999 and the new three-dimensional (3-D) terrain model map was finished in autumn 1999.</p> <p>The maps and drawings of the plan of the new paperwood field were made with modern AutoCad Map computer programs. It is important that the maximum load of the field is so good that it bears big woodtrailer lorries, forklift trucks and ground frost, too. The new rainwater outlet systems were planned to join it to the rainwater outlet system of the current paperwood field.</p> <p>In the factory area of UPM-Kymmene Kajaani the old pulpmill was demolished and that caused a large mass of construction waste. Crushed tiles and pieces of concrete are good groundbuilding material. The alternatives that use the traditional material, like sand and gravel, or use crushed tiles and concrete were compared. Groundbuilding with crushed construction waste material is more expensive but it saved the resources of nature.</p>			
Confidential			
No			
Keywords Paperwood field			
Deposited at Library of the Kajaani Polytechnic			

Osasto	Tekniikka	Koulutusohjelma Kiinteistötalouden koulutusohjelma
Tekijä(t) Ari-Pekka Hiltunen		
Työn nimi UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehtaan puukentän Viereisen Lisätehdasalueen hyödyntäminen		
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot		Ohjaaja(t) Lehtori tekn. lis. Jari Kurtelius
Aika 17.1.2000		Sivumäärä 95
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä insinööriyössä selvitetään UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehdasalueen puukentän vieressä sijaitsevan n. 14,7 ha laajuisen Lisätehdas-nimisen alueen hyödyntämistä puukenttien laajennusalueeksi.</p> <p>Paperitehtaan rankalan ja kuorimon puukentille tuodaan kuusikuitupuuta n. 80 – 90 puutavararekkakuormallista vuorokaudessa ja keväällä kelirikkoaikaan sitä varastoidaan etukäteen useamman viikon tarve, jolloin kentät käyvät ahtaiksi. Talvella 1999-2000 alkaa tehdasalueella puutavaran pakastaminen, joka vaatii n. puolen vuoden ajaksi 1 hehtaarin laajuisen alueen. Puukenttäalueen laajentaminen on lähiaikoina odotettavissa.</p> <p>Lisätehdasalueesta aikaisemmin tehtyjen maaperätutkimusten ja kartoitusten, sekä keväällä 1999 tehdyn takymetrikartoituksen perusteella tehtiin alueesta maastomallikartta, jota hyödynnettiin tutkimus- ja suunnitelmakarttana. Em. aineiston pohjalta laadittiin alueen yleissuunnitelma, jossa tarkastellaan uuden puukenttäalueen sijaintia, pinnantasausta, kuivatusta ja käyttäjien sille asettamia vaatimuksia.</p> <p>Mitoitetaan päällysrakenteet ja vertaillaan erilaisten materiaalien käyttämistä rakenteissa. Tehdasalueelta purettavien vanhojen rakennusten kivipohjaisten purkujätteiden käyttämistä maarakentamiseen tutkitaan Suomessa toteutettujen koekohteiden kokemusten perusteella. Päällysrakennevaihtoehdoissa käytetään perinteisten materiaalien lisäksi rakennusten kivipohjaisista purkujätteistä murskaamalla saatuja betoni- ja tiilimurskeita ja vertaillaan erivaihtoehtojen hintoja.</p> <p>Suunnitelmakartoissa, leikkauspiirustuksissa ja tekstissä esitetään alueen nykytilanne, maaperätutkimukset, kentän pinnantasausta, kuivatus ja rakentamisen toteuttamisjärjestyksen eri vaiheet. Suunnitelmista lasketaan alueen maarakentamisesta syntyvien leikkausmassojen määrä, kentän pinta-ala ja sadevesiviemärilinjat lohkoittain ja vaiheittain. Yleissuunnitelmaa tutkimuksineen ja selvityksineen käytetään pohjana alueen tarkempaa suunnitelmaa tehtäessä.</p>		
Luottamuksellin Ei		
Hakusanat Puukenttä		
Säilytyspaikka Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 LISÄTEHDASALUEEN SIJAINTI	8
3 SUUNNITTELUN LÄHTÖAINEISTON SELVITYS	10
3.1 Käytettävissä oleva aineisto	10
3.2 Kartoitus nykytilanteesta	10
3.3 Maaperätutkimusaineisto	11
3.4 Tutkimuskartta ja leikkauspiirustukset	12
4 MAAPERÄTUTKIMUSTULOKSET	13
4.1 Alueen maaperä	13
4.2 Pohjavesi	16
4.3 Maalajin määrittäminen	16
4.4 Maanäytteiden tutkimustulokset	16
4.5 Pohjamaan kantavuusluokitus	19
5 RAKENNUSJÄTTEET	20
5.1 Rakennusjätteet hyötykäyttöön	20
5.2 Kivipohjaisten purkujätteiden hyödyntäminen	20
5.3 Kokemuksia purkutyön koekohteista	21
5.3.1 Purkaminen	21
5.3.2 Purkubetonin murskaus	22
5.3.3 Betoni- ja tiilimurske maarakentamisessa	22
5.3.4 Maarakentamiseen käytettävän mineraalisen purkujätteen puhtaus	23
5.3.5 Uusiomateriaalin käytössä huomioitavaa	23
5.4 Purkujätteen hyödyntäminen Kajaanin tehdasalueella	24
6 PUUKENTTÄALUEEN SUUNNITTELU	25
6.1 Puukentän tasauksen ja sijainnin alustava suunnittelu	25
6.2 Suunnittelu maastomallikartan pohjalta	26
6.2.1 Kaltevuudet	26
6.2.2 Nykyinen läjityskasa	26
6.2.3 Suunniteltavan alueen laajuus	26
6.2.4 Lohkot	27
6.2.5 Ojat	27
6.2.7 Sadevesiviemäröinti	28
6.2.8 Huoltotie ja aita	28
6.2.9 Muut putkistot ja kaapelit	29
7 PUUKENTÄN PÄÄLLYSRAKENTEEEN MITOITUS	30
7.1 Mitoituksen perusteet	30
7.2 Mitoittaminen kantavuuden perusteella	30
7.3 Mitoittaminen routimisen perusteella	32
7.3.1 Roudan vaikutus kadun kuntoon	32
7.3.2 Routanousun suuruuden arvioiminen	32
7.4 Kantavuusmitoitus	33
7.5 Mitoittaminen routimisen perusteella	37

7.6 Mitoitus	38
7.6.1 Päälysrakennemateriaalien E- moduliarvoja	38
7.6.2 Mitoituksessa käytettävät E-moduliarvot	38
7.6.3 Murskaamalla valmistetut kiviainekset	39
7.6.4 Kadun päälysrakenneseosien nimitykset	40
7.6.5 Sitomattomien rakennekerrosten kantavuusmitoitus	41
7.6.6 Betoni- ja tiilimurske päälysrakenteessa	42
7.7 Erialaisten päälysrakenneseosvaihtoehtojen vertailua verottomilla hinnoilla	43
8 SADEVESIVIEMÄRIT	47
8.1 Sijoitus	47
8.2 Mitoitus	47
9 PUUKENTÄN LAAJENTAMISEN TOTEUTTAMISJÄRJESTYS	51
9.1 I- vaihe	51
9.2 II-vaihe	53
9.3 III-vaihe	53
9.4 IV-vaihe	54
9.5 Pinta-alat, leikkausmassat ja putket taulukoituna	55
10 YHTEENVETO	57
LÄHDELUETTELO	59

LIITTEET

A. Yleiskartta	
B. Tutkimuskartta	Mk 1:1000
C/1...C/12 Painokairausdiagrammit	Mk 1:100
D/1...D/12 Leikkauspiirustukset	Mk 1:1000/1:100
E. Suunnitelmakartta: lohkot ja toteutusvaiheet	Mk 1:1000
F. Suunnitelmakartta: kentän tasaus	Mk 1:1000
G. Kartta: pinta-alat ja massat	Mk 1:2000
H. Kartta: sadevesiviemärit	Mk 1:2000
I. Ote Tielaitoksen mitoituskäyrästä 52:7 ja 52:8	
J. Ote Tielaitoksen mitoituskäyrästä 52:8	
K. Muovisen sadevesiviemäriputken virtaamadiagrammi	
L. Betonisen viemäriputken virtaamanomogrammi	

1 JOHDANTO

Kajaanin Puutavara Osakeyhtiö perustettiin vuonna 1907 ja myöhemmin tunnettiin paremmin nimellä Kajaaniyhtiö. Kajaani Oy siirtyi 1980-luvun lopulla Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n omistukseen. Nykyisin tehdas on UPM-Kymmene Oyj:n omistuksessa.

UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehdasalue sijaitsee Tihisenniemellä Kajaaninjoen varressa. Tehdasalueella toimivat paperikoneet PK 2, PK 3 ja PK 4. Vanhan sellutehtaan ja PK 1:n toiminta on loppunut ja huonokuntoisimpia rakennuksia on jo purettukin.

Paperitehtaan puukentät sijaitsevat tehdasalueen länsipäässä. Keväisin ennen kelirikkoa, kun kuitupuutavaraa ajetaan rankalan ja kuorimon puukentille jopa kuukauden tarpeet varastoon, tulee usein ongelmaksi tilan puute.

Tehdasalueen rakentaminen on laajentunut länteen Parkinniemen suuntaan ja 1980-luvun loppupuolella tehtiin puukenttien huomattava laajennussuunnitelma, joka jätettiin kuitenkin toteuttamatta mm. kurottajatruckien tulon myötä, joilla saatiin puupinot korkeammiksi ja senaikaiset kentät tehokkaampaan käyttöön. Rankalan ja kuorimon kenttiä on 1990-luvulla korjattu ja nykyaikaistettu paremmin kurottajatruckien vaatimuksiin sopiviksi. Kenttien kantavuuksia on lisätty ja kaltevuuksia pienennetty. Rankalan rankapöydän edessä olevasta B-kentästä on puolet vielä korjaamatta.

Talvella 1999 - 2000 aloitetaan Kajaanin tehtaalla kuitupuutavaran pakastaminen. Talven aikana pakastetaan n. 70 000 kiintokuutiota puuta, mikä vastaa n. 2 - 3 viikon tarvetta. Kesä- heinäkuun vaihteessa käyttöön otettavan kuitupuutavaran pitäisi vielä olla tuoreen veroista. Tämä pakastettava puumäärä vie arviolta n. 1 hehtaarin pinta-alan puukentistä. Puukenttien laajentamistarve onkin varsin ajankohtainen.

Aikaisemmin tehtyjen rankalan ja kuorimon puukenttien korjaussuunnitelmien yhteydessä on puhuttu alueen laajentamisesta vanhan Sokajärventien, Vaakantien ja Katiskan asuntoalueen väliseen kolmion muotoiseen Lisätehdasalueeseen.

Monissa tehdasalueelle tehdyissä maaperätutkimuksissa, maarakennussuunnitelmissa ja rakentamisvaiheissa mukana olleena ja niistä saatujen tietojen ja kokemusten kautta päädyinkin kysymään UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehtaan rakennuspäälliköltä Matti Väisäseltä, voisinko tehdä insinööriyön nykyisten puukenttien viereisen Lisätehdasalueen hyödyntämisestä. UPM-Kymmene Oyj tilasikin tämän työn, tilaajan yhdyshenkilönä toimii rakennuspäällikkö Matti Väisänen ja työn valvojana Kajaanin ammattikorkeakoulun kiinteistötalouden koulutusohjelmavastaava tekniikan lisensiaatti Jari Kurtelius.

Aikaisempaa 80-luvun lopulla tehtyä suunnitelmaa sellaisenaan ei enää nykyään voida toteuttaa, koska silloin vielä käytössä olleet puutavarakatokset on purettu, rankalan ja kuorimon puukenttiä on uusittu, läjitys- ja lumenkaatopaikka-alueita on perustettu. Trukit ja rekat ovat suurentuneet ja niiden myötä kantavuusvaatimukset kasvaneet. Tärkeä kriteeri on kentän käyttäjien asettamat vaatimukset, mm. kentän pinnan kaltevuuksien loiventaminen, sadevesikaivojen sijoittelu, routanousujen ja -vaurioiden syntymisen vähentäminen, puupinojen sijainnit sekä suunnat ja yleensäkin kentän toimivuus.

Insinööriyössä tarkastellaan uuden puukenttäalueen sijoittamista Lisätehdasalueelle. Tehdään pohja- ja tutkimuskartta suunnittelua varten käyttäen hyväksi maastomallikartoitusta ja tehtyjä maaperätutkimuksia.

Laaditaan yleissuunnitelma alueen käytöstä, tasauksesta, kuivatuksesta ja vertaillaan erilaisia päällysrakennevaihtoehtoja, sekä tehdään laajentamisen vaiheittainen toteuttamisjärjestys.

2 LISÄTEHDASALUEEN SIJAINTI

Kyseessä oleva Lisätehdasalue sijaitsee UPM-Kymmene Oyj Kajaanin Tihiseniemen tehdasalueen lounaiskulmassa paperitehtaan rankalan lounaispuolella ja on pinta-alaltaan n. 14,7 hehtaaria (Liite A). Kolmion muotoinen alue rajoittuu eteläreunastaan tehdasalueen ja Katiskan asuntoalueen rajalla olevaan teräsverkkoaitaan, lounaassa Sokajärventieltä erkanevaan Vaakatiehen. Luoteiskulmasta alkaa vanha Sokajärventie, joka jatkuu läpi koko pohjoisreunan. Välittömästi vanhan Sokajärventien pohjoispuolella ovat nykyiset paperitehtaan rankalan ja kuorimon puukentät, joita tässä työssä nimitetään A-, B- ja C- kentiksi. (Liite B)

Vuonna 1993 raukesi Kajaanin kaupungin ja Kajaani Oy:n välinen 14,7 ha:n kokoista aluetta koskeva maanvuokrasopimus, kun alue siirtyi kaupalla Yhtyneet Paperitehtaat Oy:lle ja siitä muodostettiin Lisätehdasalue-niminen perintöluontoinen talo Lahjoitusmaan kylään. *Lohkomiskirja, [1]*

Alue on entistä viljelys- ja peltomaata, joka on osittain metsittynyt, joitakin sarkaojia on vielä havaittavissa. Katiskan asuntoalueen tonttikadun Kaaritien varressa on 50 - 60-luvulla rakennettua omakotitaloasutusta. Katiskan puoleiselle aidatulle rajalle on rakennettu ylijäämämaista n. 230 metriä pitkä ja n. 5 m korkea meluvalli, joka on vielä viimeistelymuotoilua vaille valmis. Alueen vaakaseman puoleiseen luoteiskulmaukseen on viiden viimeisen vuoden aikana muodostunut tehdasalueella tehtyjen maankaivutöiden ylijäämämaista n. 1 hehtaarin laajuinen ja n. 6 metrin korkuinen läjityskasa. Vanha Sokajärventie oli vielä 80-luvun loppupuolelle yleisessä käytössä ja tehdasalueen raja oli tien pohjoisreunassa. Vanhan Sokajärventien kautta oli vielä 90-luvulla kulkua Kaaritielle, mikä sittemmin on estetty aidalla ja meluvallilla. Alueen läpi läjityskasan yläpuolelta kulkee korkeajännitelinja muuntoasemalle. Läjityskasan vieressä on n. 1,5 - 2,5 m syvä oja, joka johtaa rummussa vanhan Sokajärventien

alitse A-kentän sadevesiviemäriin. Oja on aikoinaan toiminut Lahjoitusmaan peltojen kuivatusojana.

Alueen lounaiskulmassa on metsikkö, jonka lävitse kulkee Kajaanin kaupungin jätevesiviemäri ja vesijohto Peuraniemen puhdistamolle. Vaaka-asemalle tulee maakaapeleita. Vaaka-asema jää teräsverkkoaidan ulkopuolelle, myös Vaaka-tien alitse johdetaan rummussa alueelta kuivatusvesiä. Lisätehdasalueen keskellä on puhtaan lumen läjitysalue, jonka sulamisvedet valuvat kuivatusojan kautta sadevesiviemäriverkostoon. (Liite B)

Tarkoitus on selvittää, missä laajuudessa tätä nykyisen puukentän viereistä Lisätehdasaluetta voitaisiin hyödyntää puukenttäalueen laajentamisessa.

3 SUUNNITTELUN LÄHTÖAINEISTON SELVITYS

3.1 Käytävissä oleva aineisto

Työn tilaajan edustaja luovutti käyttöön *Viatek Oy:n vuonna 1987 tekemän puukentän laajennussuunnitelman ja Vaakatien suunnitelman [2]*. Suunnitelmat sisälsivät kattavan maaperätutkimusaineiston maaperäkairauksineen ja maanäytteiden tutkimustuloksineen. Em. suunnitelmien pohjakarttoja hyödynnettiin painokairauspisteiden paikantamisessa ja silloisen mittaushetken maanpintatasojen tarkastelussa.

Uudempia 90-luvulla valmistuneita *Insinööritoimisto Oy Väylän tekemiä A-kentän korjaussuunnitelmia [3]* ja *B-kentän korjaussuunnitelmia [4]*, vanhan *Sokajärventien korjaussuunnitelmia [5]*, sekä *meluvallin rakentamissuunnitelmia [6]* ja näitä varten tehtyjä pohjakarttoja liitettiin uuteen maastomalliin.

Käytävissä oli myös vuonna 1959 otettu *maanmittaushallituksen ilmavalkuva [7]* sekä kuvauksen pohjalta 60-luvulla tehty ja 70-luvulla täydennetty kartta, joka oli myös Viatek Oy:n suunnitelmien pohjakarttana. Alustava tutkimus tehtiin karttatarkasteluna.

3.2 Kartoitus nykytilanteesta

Toukokuussa 1999 aloitettiin maastotarkastelu, joka tapahtui alueen takymetri-kartoituksen yhteydessä. Kartoitus tehtiin Insinööritoimisto Oy Väylän mittausryhmällä, Topcon takymetrimittauskalustolla ja Geodos-mittausohjelman sisältävällä Psion-maastotallentimella. Töitä tehtiin iltaisin ja viikonloppuisin kahden viikon ajan n. 40 tuntia. Kartoitus- ja korkeustietoja tuli n. 1200 pisteen verran. Kartoitustyötä helpottivat myöhäinen lehtien tulo puihin ja selkeät ilmat. Kartoituksen lähtöpisteinä käytettiin tehdasalueella sijaitsevia Kajaanin kaupungin GPS-pisteitä, jotka on mitattu satelliittimittauksella. Helsingin koordinaattijärjestelmässä olevat pisteet muutettiin muunnoslaskelmilla tehdasalueen koor-

dinaatistoon. Koordinaatisto perustuu paperikoneiden keskilinjojen suuntaiseen Y-akseliin ja sitä vasten kohtisuorassa olevaan X-akseliin. X-akselin suunta on n. 9° karttapohjoisesta luoteeseen. Kaupungin käyttämä N43-korkeusjärjestelmä muutettiin tehdasalueella käytettävään NN-järjestelmään. Eri korkeusjärjestelmissä olevien karttojen keskinäinen vertailu ei vaikeutunut, koska korkeusjärjestelmissä on eroa vain 22 cm, NN-järjestelmän korkeuslukemat ovat 22 cm pienempiä kuin N43-korkeusjärjestelmän. Kartoilla esitetyissä korkeuskäyrissä tätä eroa ei huomaa. Koordinaattijärjestelmän muutos oli tarpeellinen, koska tehdasalueelle tehdyt suunnitelmat ja olemassa olevat rakennukset ja rakenteet on sidottu tehdasalueen koordinaatistoon.

Takymetrikartoituksesta tehtiin Insinööritoimisto Oy Väylän tietokoneella ja AutoCad Map kartta- ja suunnitteluohjelmalla alueesta kolmiulotteinen maastomallikartta, josta on helposti saatavissa eri mittakaavaisia, erilaisista kuvauskulmista esitettyjä karttoja ja poikkileikkauspiirustuksia. Täydentävää tietoa saatiin *Planset Oy:n tekemästä tehdasalueen kartasta [8]*, josta ilmenevät myös putkistot ja kaapelit.

3.3 Maaperätutkimusaineisto

Vuonna 1987 valmistuneita puukentän ja Vaakatien suunnitelmia [2] varten oli Viatek Oy tehnyt alueella 45 painokairausta, joista 33 sijaitsee Lisätehdasalueella, maanäytetutkimustuloksia on 15 kpl. Painokairauspisteet oli merkitty Viatek Oy:n suunnitelmien pohjatutkimusohjelmakarttaan ja käyräkartaan.

Painokairausdiagrammit olivat paperitulosteina mittakaavassa 1:200. Kairausdiagrammit mitattiin graafisesti, ja niistä tehtiin AutoCad-kuvat mittakaavassa 1:100, jolloin ne olivat helpommin luettavissa ja yhteensopivia käytetyn kartta- ja suunnitteluohjelman poikkileikkauspiirustusten pystymittakaavan 1:100 kanssa. (Liitteet C/1...C/12)

Maaperätutkimuksissa on tehty painokairauksia ja otettu maanäytteitä. Painokairauksella selvitetään erisuuruisten kairausvastusten omaavien maakerrosten paksuudet, rajat, maaperän likimääräinen kantavuus, kallion ja kovan pohjan pinta. Kokenut kairaaja voi ääni- ja tuntohavaintojen perusteella arvioida maa-

lajin. Kairaustulosten perusteella piirretään kairausdiagrammit. (Liitteet C/1...C/12)

3.4 Tutkimuskartta ja leikkauspiirustukset

Painokairauspisteiden sijainnit saatiin Viatek Oy:n tutkimus- ja käyräkartoista graafisilla mitoilla, joilla ne myös sijoitettiin uudelle tutkimuskartalle (liite B), kairaushetken korkeustietojen mukaan. Useiden kairauspisteiden korkeustasot poikkesivat tämän hetken maanpinnan tasosta, mikä johtuu kairausten jälkeen alueelle tuoduista täyttömaista ja läjityksestä. Poikkileikkauspiirustuksia (liitteet D/1...D/12) tehtiin alustavasti luonnostellun kenttäsuunnitelman vietto- kaltevuuden suuntaisesti ja sitä vasten kohtisuoraan. Poikkileikkauspiirustuksista ilmenevät nykyinen maanpinta, vuonna 1987 tehdyn suunnitelman pohjakartan korkeuskäyrien mukainen silloinen maanpinta, painokairausdiagrammit ja uusi suunniteltu puukentän taso sekä päällysrakenteen alapinta. Leikkauspiirustuksista käy selkeästi ilmi läjituskasan alla oleva vanha maanpinta sekä kuivatusojan viereinen maanpinnan taso ennen täyttömaiden ajamista.

4 MAAPERÄTUTKIMUSTULOKSET

4.1 Alueen maaperä

Alueella vuonna 1987 tehtyjen maaperätutkimusten, painokairausten ja maanäytetutkimusten perusteella voidaan arvioida maaperästä seuraavaa:

Painokairauspisteissä 7, 10, 11, 14, 15 ja 17 maaperä on 0,4 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella enimmäkseen löyhää silttiä 0,8 – 1,8 m syvyyteen ja sen alapuolella keskitiivistä ja tiivistä silttiä. Kairaukset ovat päättyneet 1,4 – 4,4 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liitteet C/1 ja C/2)

Painokairauspisteissä 12 ja 16 maaperä on 0,6 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella löyhää silttistä hiekkaa ja hiekkaista silttiä 2,0 m syvyyteen, jonka alapuolella on hyvin löyhä silttinen 3,2 m syvyyteen ulottuva kerros ja sen alapuolella tiivistä silttiä. Kairaukset ovat päättyneet tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/3)

Pisteissä 18 ja 19 maaperä on 0,8 – 1,0 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella 1,8 – 2,4 m syvyyteen tiiviimpää silttiä ja sen alapuolella on 2,4 – 3,4 m syvyyteen ulottuva löyhempi silttikerros. Kairaukset ovat päättyneet 3,0 – 4,0 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/4)

Painokairauspisteessä 21 maaperä on 1,6 m syvyyteen ulottuvan löyhän pintaan alapuolella 2,5 m syvyyteen ulottuvaa tiivistä silttiä, jonka alapuolella tiiviydeltään vaihtelevaa silttiä 4,4 metriin, josta alkaa tiivis maakerros. Kairaus on päättynyt 5,0 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/4)

Painokairauspisteissä 20, 22 ja 28 maaperä on 0,6 – 0,8 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella keskitiivistä silttiä 2,0 – 2,2 m syvyyteen ja sen alapuolella on löyhä ja hyvin löyhä silttikerros, joka ulottuu 3,8 – 5,0 m

syvyyteen, josta alkaa tiivis maakerros. Kairaukset ovat päättyneet tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/5)

Painokairauspisteissä 23 ja 26 on 0,4 – 0,8 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella 1,8 – 3,2 m syvyyteen kairausten päättymistasoon ulottuva keskitiivis ja tiivis maakerros. Kairaukset 23 ja 26 ovat päättyneet 2,8 – 3,2 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/6)

Pisteessä 27 on 0,8 m syvyyteen ulottuva löyhä pintamaakerros, sen alapuolella 2,0 m syvyyteen ulottuva löyhä silttikerros ja sen alapuolella tiivis maakerros. Kairaus on päättynyt 3,0 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/7)

Painokairauspisteissä 30 ja 31 on 0,6 m syvyyteen ulottuvat löyhät pintamaakerrokset ja sen alapuolella pisteessä 30 on 2,0 m syvyyteen ulottuva löyhä silttikerros. Molemmissa pisteissä on 2,5 – 3,6 m syvyyteen ulottuva hyvin löyhä maanäytetutkimustulosten mukaan silttinen hiekkakerros ja sen alapuolella keskitiivis ja tiivis maakerros kairausten päättymistasoon saakka. Kairaukset ovat päättyneet 3,8 – 5,2 m syvyyteen kiveen tai kallioon. (Liite C/7)

Painokairauspisteissä 29 ja 33 on 0,6 – 1,2 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella tiiviimpi siltti tai silttinen hiekkakerros, joka ulottuu 1,4 – 2,0 m syvyyteen, sen alapuolella löyhä siltti (pisteessä 29 savinen siltti) 2,6 – 3,8 m syvyyteen. Kairaukset ovat päättyneet 5,8 – 6,0 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/8)

Painokairauspisteessä 32 on 1,2 metriin ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella tiiviydeltään vaihtelevia silttikerroksia kairauksen päättymissyvyyteen 6,0 metriin saakka. (Liite C/9)

Painokairauspisteessä 34 maaperä on 0,4 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden jälkeen tiivistä silttiä. Kairaus on päättynyt 2,6 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/9)

Painokairauspisteessä 36 on maaperä 0,6 m syvyyteen ulottuvaa löyhää pintamaata ja sen alapuolella 1,5 metriin keskitiivistä silttiä, 2,8 metriin löyhää ja 5,2 m syvyyteen hyvin löyhiä maakerroksia. Tiivis maakerros alkaa 5,6 metristä ja kairaus on päättynyt 6,0 metriin tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/9)

Painokairauspisteissä 35 ja 38 maaperä on 0,6 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella 1,0 – 1,2 m syvyyteen löyhää silttiä ja sen alapuolella on kairauksen päättymistasoon ulottuva tiivis maakerros. Kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon. (Liite C/11)

Painokairauspisteissä 37 ja 39 maaperä on 0,6 m syvyyteen ulottuvia löyhiä pintamaita ja sen alapuolella 1,5 metriin ulottuva tiiviimpi silttikerros, jonka alapuolella löyhää silttiä 3,0 – 3,2 metrin syvyyteen. Kairaukset ovat päättyneet 3,6 metriin tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/10)

Painokairauspisteissä 40 ja 42 maaperä on 0,4 – 0,6 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella löyhää ja keskitiivistä silttiä ja sen alapuolella on 1,6 – 2,0 metriin ulottuva tiivis maakerros. Kairaukset ovat päättyneet tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/11)

Painokairauspisteessä 44 maaperä on 0,6 metriin ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella 2,0 metriin löyhää silttiä ja sen alapuolella 4,6 metriin silttiä, jonka tiivisyys vaihtelee. Kairaus on päättynyt 4,6 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/11)

Painokairauspisteissä 41, 43 ja 45 maaperä on 0,4 – 0,8 m syvyyteen ulottuvien löyhien pintamaiden alapuolella enimmäkseen löyhää silttiä 2,0 – 4,0 m syvyyteen ja sen alapuolella hyvin löyhää silttiä, jonka alapuolella kairauksen päättymistasoon saakka tiivis maakerros. Kairaukset ovat päättyneet 4,0 – 4,8 m syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen. (Liite C/12)

4.2 Pohjavesi

Pohjaveden pinnan mittauksesta vuonna 1987 tehdyissä tutkimuksissa ei löytynyt merkintöjä, mutta maanäytetutkimustulosten mukaan maanäytteiden vesipitoisuudet ovat välillä 18,6 – 70,5 painoprosenttia.

4.3 Maalajin määrittäminen

Maaperätutkimusten, painokairausten ja maanäytetutkimustulosten perusteella voidaan määrittää pohjamaan maalaji. Maanäytteet on tutkittu maalaboratoriossa, missä seulomisen ja areometrikokeen tuloksista on tehty maalajin rakeisuuskäyrä. Maalajin nimi määräytyy sen päälajitteen perusteella, jonka alueella maalajin rakeisuuskäyrän läpäisyprosenttia 50 vastaava raekoko kohdistuu.

Lisätehdasalueella tehtyjen tutkimusten mukaan löyhien pintamaiden alapuolella on tiivydeltään vaihtelevia silttikerroksia. Siltin raeläpimitta on 0,002 - 0,06 mm. (taulukko 2, 16 s.)

Maalajin lisänimi määräytyy lajitepitoisuuden painoprosentin mukaan. (taulukko 3,16 s.) *Ahosen – Hytösen [9, 29 s.]* mukaan esimerkiksi, jos 50 painoprosenttia koenäytteestä läpäisee seulakoon 0,06 mm, ja $S_a < 30 \%$ sekä $S_r < 5 \%$ on maalajin nimitys siltti (Si). Eloperäisen maa-aineksen osuuden ollessa 2 – 6 painoprosenttia, käytetään nimitystä liejuinen siltti (ljSi). Kun osuus on 6 – 20 painoprosenttia, puhutaan silttisestä liejusta (siLj). Siltin vedenläpäisevyys on pieni, mutta veden kapillaarinen nousukorkeus on suuri (1,5-12 m). Tämä aiheuttaa sen, että siltti on voimakkaasti routivaa.

4.4 Maanäytteiden tutkimustulokset

Maanäytteiden tutkimustulokset on kerätty Viatek Oy:n vuonna 1987 tekemistä maanäytteiden tutkimuslomakkeista. Taulukossa 1 ovat Lisätehdasalueelta otetut ja tutkitut maanäytteet.

Taulukko 1. Maanäytteiden tutkimustulokset

Näytteenottopiste = kairauspiste	Näytteenotto sy- vyys (m)	Maalaji	Vesipitoisuus painoprosenttia
12	0,9	siHk	32,5
	2,0	hkSi	26,1
16	1,0	hkSi	22,4
	2,0	hkSi	28,5
21	0,35	siHk+Hm	71,3
29	0,4	siHk	18,6
	1,0	siHk	32,6
	1,6	saSi	24,8
31	0,5	siHk+Hm	32,2
	1,0	siHk+Hm	47,7
	1,5	siHk+Hm	70,5
	2,0	ljSi	52,3
	2,5	Si	41,1
43	0,5	Si	33,9
	1,6	saSi	31,1

Tutkimustulosten mukaan maanäytteiden maalajit ovat Si = siltti,
siHk = silttinen hiekka, hkSi = hiekkainen siltti, saSi = savinen siltti,
ljSi = liejuinen siltti ja Hm = humus.

Vesipitoisuuspainoprosentit ovat suuria, vedenläpäisevyys pieni ja kapillaarinen veden nousukorkeus on suuri. Maalajit ovat routivia ja erittäin routivia. Maalajin lisänimi määräytyy lajitepitoisuuden painoprosentin mukaan. (Taulukko 3. 16 s.)

Geotekninen maalajiluokitus

Taulukko 2. Geoteknisen maalajiluokituksen kivennäismaalajien lajitteet
Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 [10, 22 s.]

Pääajite		Alalajite	Rakeiden läpimitta Mm
Nimi	Lyhennys		
Savi	Sa		< 0,002
Siltti	Si	Hienosiltti Keskisiltti Karkeasiltti	>0,002...0,06 >0,002...0,006 >0,006...0,02 >0,02 ...0,06
Hiekka	Hk	Hienohiekka Keskihiekka Karkeahiekka	>0,06...2,0 >0,06...0,2 >0,2 ...0,6 >0,6 ...2,0
Sora	Sr	Hienosora Keskisora Karkeasora	>2,0...60,0 >2,0...6,0 >6,0...20,0 >20,0...60,0
Kivet	Ki	Pienet kivet Suuret kivet	>60...600 >60...200 >200...600
Lohkareet	Lo		>600

Maalajin lisänimi määräytyy lajitepitoisuuden painoprosentin mukaan.

Taulukko 3. Geoteknisen maalajiluokituksen maalajit
Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 [10, 22 s.]

Maalaji- Ryhmä	Maalaji	Lyhennys	Lajitepitoisuus, paino - %			Raekoko d ₅₀ mm
			Savi	Hienoaines	Sora	
Eloperäiset Maalajit	Turve Lieju	Tv Lj				
Hienorak. Maalajit	Savi Siltti	Sa Si	>30 <30	>50	< 5	<0,06
Karkearak. Maalajit	Hiekka Sora	Hk Sr		<50 < 5	<50 >50	<0.06...2 >2...60
Moreeni- Maalajit	Siltti-, Hiekka- Sora-, Moreeni	SiMr HkMr SrMr		>50 5...50 > 5	> 5 5...50 >50	<0.06 >0.06...2 > 2

4.5 Pohjamaan kantavuusluokitus

Alusrakenteen kantavuus arvioidaan pohjamaan maalajin perusteella.

Pohjamaan kantavuusluokitustaulukon mukaan siltti (Si) on routiva maalaji ja kuuluu F-kantavuusluokkaan. F-luokan kantavuus on välillä 5 – 15 MN/m², käytetään mitoituslaskelmissa kantavuutta 10 MN/m².

Taulukko 4. Pohjamaan kantavuusluokitus

Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 [10, 128 s.]

Maalaji	Tarkennus	Lyhennys	Luokka	Pohjamaan kantavuus
Kallio	Kallio Louhe Murske ¹	Ka Lo M	A	A = 300 MN/m ²
Kivet		Ki	A	B = 200 MN/m ² (150...280)
Sora		Sr	B	
Sora- Moreeni	Routimaton Routiva	Rton SrMr SrMr	C E (F)	C = 100 MN/m ² (70...150)
Hiekka	Routimaton karkea Routimato karkea Routimaton keskik. Routimaton hieno Routiva keskik. Routiva hieno	Rton kaHk Rton keHk Rton hHk KeHk HHk	C D D (E) ⁴ E E (F) ⁴	D = 50 MN/m ² (35...70)
Hiekka- Moreeni	Routimaton Routiva	rton HkMr HkMr	D (E) E (F)	E = 20 MN/m ² (15...35)
Siltti Siltti- Moreeni	Routiva	Si SiMr	F (G, E)	F = 10 MN/m² (5...15)
Savi	Kuivakuori (h>1m) Sitkeä (Su >25 kN/m ²) Pehmeä (Su <25 kN/m ²) ³	Kuivak.Sa Sa Sa	E F (E) G	G = 5 MN/m ²
Lieju Turve		Lj Tv	G	

5 RAKENNUSJÄTTEET

5.1 Rakennusjätteet hyötykäyttöön

Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä (n:o 295/1997) astui voimaan 1.6.1997. Rakennuskohteessa, jossa rakennustyöt on aloitettu ennen 1.6.97, päätöstä on sovellettu 1.1.1998 lähtien.

Päätös koskee rakennuskohteita, joissa maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätettä syntyy yli 800 tonnia, tai muuta rakennusjätettä yli 5 tonnia.

Päätös koskee uudis- ja korjausrakentamisen lisäksi purkamista sekä maa- ja vesirakentamista.

Päätöksessä on asetettu tavoitteeksi saada 50 % rakennusjätteistä hyödynnettyä vuoteen 2000 mennessä.

Seuraavat jätelajit tulee pitää erillään ja ohjata hyötykäyttöön:

1. betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet
2. kyllästämättömät puujätteet
3. metallijätteet
4. maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätteet

YTV-Jätehuolto [11, 3 s.]

5.2 Kivipohjaisten purkujätteiden hyödyntäminen

Purkutyömailla syntyy huomattavia määriä betoni- ja tiilijätettä. Suuressa purkukohteessa syntyvä jätemäärä voi olla jopa kymmeniä tuhansia tonneja.

Tehdasalueella sijaitsevan vanhan sellutehtaan purkamisesta syntyvien betoni- ja tiilijätteiden väliaikaiselle sijoittamiselle Olliskannevalle Parkinmäen jätehuoltoalueelle on UPM-Kymmene Oyj saanut Ympäristökeskukselta luvan vuonna 1998. Purkujätettä on kaavailtu käytettävän mm. kaatopaikan täyttöihin.

Sellutehdas on aikoinaan rakennettu tiilistä, joista osa on poltettu tehdasalueella jokirannassa sijainneessa Jokapaikan tiilitehtaassa. Tiilien valmistamiseen tarvittu savi on saatu lähialueella sijainneista Suksisuon savenottopaikoista.

Virtanen [12, 77 s.]

Murskattuna tiili- ja betonijäte ovat käyttökelpoista maarakennusmateriaalia.

Seuraavassa kohdassa tarkastellaan kiviainespohjaisista betoni- ja tiilipurkujätteistä murskaamalla tehtyjen betoni- ja tiilimurskeen käyttöä maarakennusmateriaaleina.

5.3 Kokemuksia purkutyön koekohteista

5.3.1 Purkaminen

Tampereen kaupungin katuyksikkö on toteuttanut Suomen ensimmäiset koekohteet murskatuista tiilistä. Materiaali saatiin purettavasta rakennuksesta. Murskattua tiiltä käytettiin kevyenliikenteen väylän ja varastoalueen rakennekerroksissa. Tiilimursketta kokeiltiin suodatinkerrokseen ja jakavaan kerrokseen.

Lajittelevaa purkutekniikkaa käyttäen saatiin peräti 85 % erään kohteen purkumateriaaleista uudelleen käyttöön. Betoni- ja tiilirakenteet purettiin siististi omiin kasoihinsa ja kuljetettiin läheiselle murskauspaikalle. Purkubetoni ja -tiili murskattiin ja käytettiin myöhemmin kadunrakentamiseen. Lajitteleva purkutekniikka vaatii työn suorittajalta hyvää ammattitaitoa. Eri materiaalien ominaisuudet ja käyttäytyminen on tunnettava, jotta purkaminen voi tapahtua tehokkaasti ja turvallisesti. Lajitteleva purkutekniikka vaatii myös riittävästi erikoiskalustoa. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset kaivinkoneiden lisälaitteet: välppäkauhat, leikkurimurskaimet ja pulveroijat. Niillä mahdollistetaan purkumateriaalin tehokas siirto purkutyömaalla ja pienentäminen sopivaan kappalekokoon. Lajitteleva purkutyö vie noin kolmanneksen enemmän aikaa kuin perinteisellä tekniikalla tehty. Materiaalin myyntitulot sekä kaatopaikka- ja kuljetuskustannusten pieneminen kompensoivat nämä lisäkustannukset. *Ympäristögeotekniikka [13]*

5.3.2 Purkubetonin murskaus

Purkubetoni murskattiin ja seulottiin fraktioon 0 - 50 mm. Murskeen ympäristökelpoisuuden varmisti VTT Kemiantekniikka koekäytössä olevan Betoni- ja tiilimurskeen laadunvarmistusjärjestelmän mukaisesti.

Kivipohjaisen purkujätteen murskaimessa on kaksi leukamurskainta ja lisäksi kaksi erillistä magneettierotinta, joilla raudoitukset saadaan poistettua lähes kokonaan.

Kadunrakentaminen ei juurikaan poikennut luonnon kiviaineksen käytöstä, erona on lähinnä betonimurskeen vaatima jälkikastelu, jolla halutaan varmistaa sen sitoutuminen uudelleen.

Betonimurskeen E-moduliksi muodostui levykuormituskokeiden perusteella 900 - 1000 MN/m², mikä on selvästi odotettua enemmän. Nykyisin purkubetonista murskatulle materiaalille voidaan käyttää 500 MN/m² E-moduliarvoa. Materiaali sopii hyvin ainakin jakavaan kerrokseen. Kantavaan kerrokseen sijoitettaessa tulee tiilten määrä minimoida ja pintaan voidaan tehdä ohut kerros esimerkiksi kalliomurskeesta. *Ympäristögeotekniikka [13]*

5.3.3 Betoni- ja tiilimurske maarakentamisessa

Tiilimurskeesta tehdyn koekohteen rakentaminen onnistui myös hyvin, sillä esimerkiksi työkoneilla liikkuminen sujui oletettua helpommin tiilimurskeen päällä. Kantavuudet olivat hyviä ja alustavat tulokset tiilimurskeen lämmöneristysominaisuuksista lupaavia.

Betoni- ja tiilimurske sopivat mainiosti maarakentamiseen. Rakentamistekniikka ei eroa juurikaan normaalin luonnon kiviaineksen käytöstä. Purettavien rakennusten kivipohjaiset materiaalit on mahdollista ottaa hyötykäyttöön. Purkaminen on kuitenkin suoritettava lajittelevalla tekniikalla. *Ympäristögeotekniikka [13]*

UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehdasalueen puukenttöalueen laajentamisessa voitaisiin käyttää kivipohjaisia purkujätteitä, tiiltä ja betonia murskattuna. Purkujätteen murskauksen tulisi tapahtua heti lajittelevan purkutyön jälkeen, joko purkupaikalla tai maarakennustyömaan välittömässä läheisyydessä. Väli-varastoinnista aiheutuu lisää kuljetuskustannuksia ja siksi olisikin hyvä selvittää ennen purkutyön aloittamista, että tiili- ja betonimurskeelle on valmis käyttökohde tiedossa. Tiili- ja betonimursketta voitaisiin käyttää puukentän päällysrakennekerroksissa korvaamaan ainakin osittain perinteiset materiaalit.

5.3.4 Maarakentamiseen käytettävän mineraalisen purkujätteen puhtaus

Vaikka rakennuspurkujäte ei itsessään ole varsin ongelmallista, saattaa se kuitenkin sisältää haitallisia aineksia. Betonijätteen hyötykäyttöä määriteltäessä voitaneen rajana pitää sitä, että siitä on raudat lähes täydellisesti poistettu, ja se on murskattu vähintään pulveroimalla ja että saadun murskeen puhtaudesta on varmistuttu. Alle tämän tason käsiteltyä betonia voitaneen pitää jätteenä ja sen sijoittamista jätteen sijoittamisena, ei hyötykäyttönä.

Purku 1997 [14]

Pulverointi

Pulveroija on kaivinkoneen lisälaitte, jolla erotetaan betoniteräs betonista ja samalla murskataan betonilohkareet sopivaan raekokoon, jolloin raudoista puhdas betoni voidaan käyttää sinällään, tai varsinaisen murskauksen jälkeen, maarakennuksessa. *Connet [15]*

5.3.5 Uusiomateriaalin käytössä huomioitavaa

Käytettäessä teollisuuden sivutuotteita ja jätteitä maarakennuksessa tulee rakennuttajan hankkia tarvittavat luvat. Jätelupa tarvitaan aina kun, materiaalia käytetään yli 10 000 tonnia. Jäteluvan myöntää alueellinen ympäristökeskus.

Käytettäessä materiaalia alle 10 000 tonnia riittää kunnan ympäristölupa, jonka myöntää kunnan ympäristöviranomaisen. Koerakennuskohteissa riittää kunnan

ympäristölupa, jonka myöntää kunnan ympäristölupaviranomainen. Jos jäte on ongelmajätettä, tarvitaan lupa aina alueelliselta ympäristökeskukselta.

Tietovalli [16]

5.4 Purkujätteen hyödyntäminen Kajaanin tehdasalueella

UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehdasalueen uusien puukenttien rakentamisessa purkujätteestä tiili olisi parhaiten hyödynnettävissä murskattuna suodatin-kerrokseen osittain korvaamaan suodatinhiekkaa. Kajaanin seudulla alkaa olla vaikeaa saada suodatinhiekan rakeisuusvaatimuksia täyttävää hiekkaa. Suodatinkerrokseen käytettävän hiekan hienoainemäärä ei saa olla niin suuri, että materiaalin kapillaarinen veden nousukorkeus on yli 1 m, koska tällöin materiaali on routivaa. Tiilimursketta voitaisiin käyttää myös yksistään suodatin-kerroksessa. Betonimurske soveltuu sekä kantavaan että jakavaan kerrokseen käytettäväksi. Rakentamisen aikana tehtäisiin levykuormitusmittauksia kantavuuden selvittämiseksi, mahdollisesti koekenttä, missä testattaisiin eripaksuisia kerroksia. Kohdassa 7.6.5 käsitellään betoni- ja tiilimurskeen käyttöä päällysrakenteessa.

6 PUUKENTTÄALUEEN SUUNNITTELU

6.1 Puukentän tasauksen ja sijainnin alustava suunnittelu

Kentän tasauksen eli pinnan korkeustason luonnostelu alkoi jo alustavassa kartta-aineiston ja vanhojen suunnitelmien tutkimisesta. Alkuun mietittiin, löytyisikö kentälle sellainen tasaus (kaltevuus ja suunta), jolla saataisiin koko 14 hehtaarin alue käyttöön. Vanhaan Sokajärventiehen rajoittuvat nykyiset rankalan ja kuorimon A-, B- ja C- kentät pitäisi pystyä liittämään jouhevasti uuteen suunniteltuun laajennusalueeseen, että kentästä tulisi yhtenäinen, mahdollisimman tasainen alue. Puutavaran kuormausetäisyydet eivät saisi kasvaa juuriakaan nykyisiä etäisyyksiä pidemmiksi. Kentän pinnan korkeustasoa ei voisi nostaa paljoa alueen nykyistä maanpintaa ylemmäksi, ettei syntyisi liian jyrkkiä yli 3 % kaltevuuksia. Ajoluiskia ei sallita purkaus- ja kuormausalueilla.

Luonnoksissa eri vaihtoehtoissa tarkasteltiin kentän tasausta, niin että pituuskaltevuus olisi yhdensuuntainen vanhan Sokajärventien kanssa, tai kohdittuoraan tietä vasten sekä useilla eriasteisilla kulmilla. Parhaiten koko Lisätehdasaluetta kattava tasaus muodostui, kun kentän pituuskaltevuuden suunnaksi valittiin lähes sama suunta kuin alueella aikaisemmin sijainneen pelon sarkaojien laskusuunta. Tämä suunta olisi myös luonteva tulevaan puupinojen varastointiin. Maarakennuksen kannalta tasauksen suunnittelussa pyrittiin siihen, että päästäisiin mahdollisimman vähillä maaleikkauksilla ja täytöillä. Varastokenttien 3 %:n maksimi pituuskaltevuudella olisi maaleikkausten tarve vähäisin, mutta jo 0,5 %:n pituuskaltevuuden pienentäminen lisäisi huomattavasti maankaivutöitä. Pituuskaltevuudeksi valittiin vielä luonnosteluvaiheessa 2,5 %, jolla pyrittiin siihen, että nykyisen puukentän reunasta n. 200 m päähän ulottuva uuden kentän takareunan pinnan taso pysyisi nykyistä maanpintaa ylempänä. Tämän pohjalta tarkennettiin järkevästi hyödynnettävän alueen koosta ja sijaintia.

Läjityskasa rajoittaa huomattavasti alueen laajentamista. Tämän takia tarkempaan tutkiskeluun otettiin meluvallin, metsikön reunan, läjityskasan kaakkois- ja

koillisreunan sekä vanhan Sokajärventien välinen alue. Alustavan luonnoksen esittelyssä työn tilaajan edustajalle alue rajattiin vielä tarkemmin.

6.2 Suunnittelu maastomallikartan pohjalta

6.2.1 Kaltevuudet

Kun keväällä -99 mitattu pohjakartta saatiin valmiiksi elokuussa 1999, voitiin tehdä tarkempia luonnoksia kentän sijainnista ja tasauksesta. Tässä versiossa pituuskaltevuus oli 2,0 % ja sivukaltevuus 1,6 %. Tarkoitus ei kuitenkaan ollut tehdä yksityiskohtaista tasaus- ja pintakuivatussuunnitelmaa, vaan sellainen alustava yleissuunnitelma, jonka pohjalta asiaa voitiin lähteä viemään eteenpäin. Palaverissa UPM-Kymmene Oyj Kajaanin rakennuspäällikön Matti Väisäsen ja puunhankintapuolen Juhani Huovisen kanssa tarkennettiin ja sovittiin alueen koko ja käytettävät pintojen kaltevuudet. Puukentän koko tulisi olemaan n. 4 ha, pituuskaltevuus 2,0 % ja sivukaltevuus loivennettiin vielä 0,5 %:iin.

6.2.2 Nykyinen läjityskasa

Koska läjityskasan poisajaminen ei tule kysymykseen rajattiin kentän luoteisreuna ulottumaan enimmillään n. 40 m ojan luoteispuolelle leikaten jonkin verran läjityskasan nurkkaa. Läjityskasan ja vanhan Sokajärventien välinen alue varattaisiin läjityksen vara-alueeksi, kasa luiskataan ja muotoillaan. Kasasta voitaisiin käyttää karkeita maa-aineksia mahdollisiin kentän täyttöihin, esimerkiksi kuivatusojan ympäristön täyttöinä. Vaaka-aseman työntekijöiden toiveena olisi, että nykyistä läjityskasaa madallettaisiin sen verran, että aikaisempi näköyhteys puukentille palaisi. Tämän voisi toteuttaa kasan muotoilun yhteydessä.

6.2.3 Suunniteltavan alueen laajuus

Suunniteltava alue liittyisi vanhaan Sokajärventiehen sen alitse johtavan rummun lounaispuolella olevan A-kentän tieliittymän kohdalla. Vaaka-aseman puoleinen kentän takareuna eli lounaisreuna ulottuu n. 20 metrin päähän metsikön reunasta ja on lähimmilläänkin yli 40 metrin päässä korkeajännitelinjasta. Etelä-

reuna rajoittuu meluvallin viereiseen nykyiseen huoltotiehen n.120 metrin matkalta. Kaakkoisreuna on n. 20 m etäisyydellä meluvallista ja liittyy nykyiseen B-kenttään n. 80 metriä vanhasta Kaaritien ja Sokajärventien liittymästä kaakkoon. Koillisreunastaan alue rajoittuu nykyiseen A- ja B- kenttään ja liittyy tasaukseltaan siihen. (Liite B)

6.2.4 Lohkot

Suunnitelmassa uusi puukenttä on jaettu neljään samanlevyiseen lohkoon (Liite E). Lohko 1 on kaakkoisreunassa, keskimmäisinä lohkot 2 ja 3, sekä luoteisreunan lohko 4. Lohkot ovat 155 – 220 m pitkiä ja 50 m levyisiä. Tasauksen osalta yleissuunnitelma on laadittu niin, että alueen rakentaminen voidaan aloittaa mistä lohkosta tahansa, mutta suositeltavin aloitus olisi lohkojen 1 ja 2 kohdalta, jotka ovat lähinnä nykyisen puukentän vilkkaimmin liikennöityä kohtaa ja kuormien purkausaluetta. Puutavararekkaliikenne vaaka-asemalta rankapöydän edustan purkauspaikalle kulkee Vaakatietä ja vanhaa Sokajärventietä myöten, joka peruskorjattiin vuonna 1998. Vanhaa Sokajärventietä käytettäisiin mahdollisimman pitkään liikenteellisesti hyväksi. Lohkot 1 ja 2 voitaisiin rakentaa niin, ettei tien tasaukseen tarvitsisi tehdä muutoksia. Lohkojen 3 ja 4 toteuttaminen edellyttää tien tasauksen sovittamista uuden puukentän tasaukseen.

6.2.5 Ojat

Alueen ympäri tulisi kiertämään niskaoja, joka estää ympäristöstä valuvien vesien pääsyn puukentälle. Niskaojat johdetaan uusiin rakennettaviin sadevesiviemäriin, jotka liittyvät nykyisiin olemassa oleviin sadevesiviemäriin. Kentän takareunan ja metsän välistä aluetta voitaisiin käyttää puhtaan lumen kaatopaikkana, sulamisvedet valuvat niskaojien kautta sadevesiviemäriin. Koska alueen maanpinta viettää n. 2 %:n kaltevuudella vanhan Sokajärventien suuntaan, tehdään kentän pinnan kallistukset taitekuivatusperiaatteella. (Liite E)

6.2.6 Pintakuivatus

Lohkojen leveydet ovat 50 m, keskellä sijaitsee jiiri ja sen molemmilla puolilla 25 m levyiset jiiriin päin kallistetut taitteet. Pituuskaltevuus on 2 % ja sivukaltevuus 0,5 %, viettokaltevuudeksi muodostuu 2,1%. Taitteet tehdään alueen liikennöimissuunnan mukaan, siten että sadevesiviemärikaivot tulevat sijaitsemaan jiirin pohjalla. (Liite F)

RIL 126-1987 [17] ohjeiden mukaan yhtä kaivoa kohti tuleva päällystetty pinta-ala ei saa ylittää 600 m². Edellä mainitun ohjeen mukaan kaivoväliksi tulisi 12 m, mutta kokemukset aikaisemmin tehdasalueelle suunnitelluissa ja toteutetuissa kohteissa osoittavat, että vastaavanlaisilla alueilla 30 - 40 m pituiset kaivovälit toimivat aivan hyvin tällaisella kentällä, jossa liikennöi raskaita suurirenkaisia trukkeja ja muita työkoneita. Tarkemmassa pintakuivatus-suunnitelmassa määritetään lopulliset kaivovälit.

6.2.7 Sadevesiviemäröinti

Puupinot varastoidaan lohkojen reunoille, jolloin keskikohta jää liikennöintiin ja jiirit jäävät vapaaksi ja sadevesikaivot on helpompi huoltaa ja pitää puhtaana. Lohko 1:n ja lohko 2:n sadevesiviemäröinnit liittyvät nykyiseen rakennettuun B-kentän sadevesiviemäriin liitoskaivo 1:een, josta sadevesiviemäriputki lähtee 600 mm kokoisena (suunniteltujen sadevesiviemäreiden mitoitus ja nykyisten linjojen vedenjohtokyvyn tarkistuslaskelmat on esitetty kohdassa 8.2).

6.2.8 Huoltotie ja aita

Lohkon 1 koilliskulmasta vanhalta Sokajärventieltä rakennetaan tieyhteys nykyiseen Lisätehdasalueen ympäri kulkevaan huoltotiehen, joka nykyisellään kulkee tehdasalueen aitauksen sisäpuolella olevalla Kaaritien jatkeella.

Kaaritien jatkeen reunassa oleva teräsverkkoaita siirretään meluvallin ja Katis-kan väliselle tontin rajalle, jolloin vanhan Sokajärventien kohdalle tehdään aitaan portti huolto-, pelastus- ja vartiointiliikennettä varten. Nykyisen B-kentän reunassa oleva vanha verkkoaita puretaan ja poistetaan käytöstä. (Liite B)

6.2.9 Muut putkistot ja kaapelit

Yleissuunnitelmassa ei puututa yksityiskohtaisemmin kentän salaojituksen, valaistus- eikä sadetusjärjestelmien sijoitteluun, vaan se jää tarkemman suunnittelun yhteyteen. Marraskuussa 1999 aloitettiin pakastuskentän lumetusputkiston rakentaminen. Vesi lumetusjärjestelmään pumpataan Pyykönpuron rannassa sijaitsevasta pumppaamosta. Vesiputki tulee kulkemaan nykyisen C-, B- ja A - kentän eteläreunassa ja päättyy sadevesikaivoon A-kentän lounaiskulmassa. Putken asennussyvyys on n. 0,45 – 0,60 m. Mikäli puukentän laajennukseen ryhdytään, joudutaan lumetusputken linjausta ja syvyyttä tarkistamaan ja mahdollisesti asentamaan se syvemmälle kentän rakennekerroksiin.

7 PUUKENTÄN PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUS

7.1 Mitoituksen perusteet

Kadun (tässä työssä puukentän) päällysrakenteen mitoituksessa tulee routimattoman rakenteen paksuus tarkistaa kahden ominaisuuden suhteen:

1. Onko suunnitellun rakenteen kantavuus riittävä suhteessa tulevaan kuormitukseen (katuluokka)?
2. Ovatko päällysrakenteen odotettavissa olevat routanousut (tarkemmin epätasaiset routanousut) sallituissa rajoissa? *RIL 165 Liikenne ja Väylät osa 2 [18, 246 s.]*

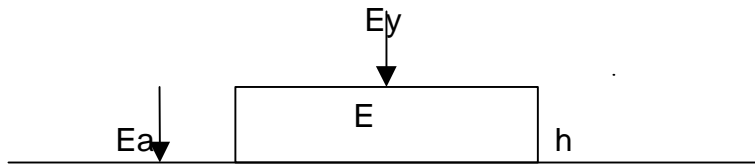
Kadun tai varastokentän päällysrakennetta suunniteltaessa mitoitetaan ensin kantavuuden perusteella. Tämän jälkeen tarkistetaan mitoitus routivuuden kannalta. Jos routivuus edellyttää päällysrakenteen vahventamista, tehdään se tukikerroksen vahvuutta lisäämällä. Yleisesti voidaan todeta, että routivilla mailla routamitoituksen edellyttämä rakenne on kantavuusmitoituksen edellyttämää suurempi lähinnä Pohjois-Suomessa. *RIL 165 [18, 246 s.]*

7.2 Mitoittaminen kantavuuden perusteella

RIL 165 [17, 246 s.] mukaan päällysrakenteen mitoituksen teoreettisen pohjan luo ruotsalaisen Odemarkin kehittämä analyttinen mitoitusmenetelmä, jossa laskelmat perustuvat yhtälöön:

$$E_y = \frac{Ea}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81\left(\frac{h}{0,15m}\right)^2}}\right) \frac{Ea}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81\left(\frac{h}{0,15m}\right)^2} \left(\frac{E}{Ea}\right)^{2/3}}}$$

E_y = mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus (MN/m^2).
 E_a = mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus (MN/m^2).
 h = mitoitettavan kerroksen paksuus (m).
 E = mitoitettavassa kerroksessa käytettävän materiaalin E-moduli (MN/m^2).



Katurakenteelta vaadittava kantavuus (E_2) riippuu ennen kaikkea kuormitus-
 kertaluvusta (katuluokasta). Mitoituksessa pyritään siihen, että päällysteen
 päältä $+20\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa mitattuna saataisiin keskimäärin seuraavat E_2 -
 kantavuusarvot: *RIL 165 [18, 246 s.]*

Katuluokka 1	500 MN/m^2	(Katuluokat esitetty taulukossa 6 sivulla 32)
Katuluokka 2	420 MN/m^2	
Katuluokka 3	350 MN/m^2	
Katuluokka 4	250 MN/m^2	
Katuluokka 5	200 MN/m^2	
Katuluokka 6	175 MN/m^2	

Päällysrakenteen teoreettinen mitoittaminen Odemarkin mitoitusmenetelmällä
 edellyttäisi hyvin luotettavia tietoja mm. pohjamaan kantavuudesta. Koska täl-
 laisten tietojen saaminen käytännössä on lähes mahdotonta, päällysrakenne
 suunnitellaan valmiiden rakennetaulukoiden avulla. Esim. kadunrakennuksen
 teknisen ohjeen rakennetaulukoissa määritetyillä rakenteilla päästään teoreetti-
 sesti likimain edellä mainittuihin tavoitekantavuuksiin (E_2). *RIL 165 [18, 246 s.]*

7.3 Mitoittaminen routimisen perusteella

7.3.1 Roudan vaikutus kadun kuntoon

Katujen normaali päällysrakenne ei estä rakennekerrosten ja pohjamaan roudaantumista. Kun rakennekerrokset on tehty karkeista ja lämpöä hyvin johtavista aineksista, routa tunkeutuu päinvastoin kadun kautta pohjamaahan syvemmälle kuin ympäristöalueilla. Maaperän roudaantumista tehostaa vielä lumen auraus ja poistamien katualueelta. Roudaantunut katu on erittäin kantava talvikaudella. Sulamisvaiheessa on routivalle maapohjalle rakennetun kadun kantavuus vähäisin ja erilaiset routavauriot parhaiten havaittavissa. Mitä suurempi roudan tunkeutumissyvyys routivassa alusrakenteessa on ja mitä ohuempi on kadun päällysrakenne, sitä suuremmiksi routanousut yleensä muodostuvat. Routivista kivennäismaalajeista voivat haitallisen suuria routanousuja aiheuttaa erityisesti siltit, savet ja hienorakeiset moreenit. Keski- ja Pohjois-Suomessa on tällaiselle maaperälle rakennetuilla kaduilla, jotka on varustettu normaalipäällysrakenteella, mitattu jopa 200 - 400 mm suuruisia routanousuja. *RIL 165 [18, 247 s.]* Em. seikat on otettava erityisesti huomioon suunniteltaessa uutta puutavaranpakastamiseen käytettävää varastokenttää.

7.3.2 Routanousun suuruuden arvioiminen

Roudan tunkeutumissyvyyden ja routanousun suuruutta koskeva laskentamenettely perustuu pakkasmäärään. Pakkasmääränä voidaan tapauksen mukaan harkita mitoituslaskelmissa käytettäväksi joko kerran 5 tai 10 vuodessa esiintyvää pakkasmäärää (F , h °C).

RIL 165 [18, 247 s.]

Mitoituspakkasmäärät (F_5 ja F_{10}) on esitetty taulukossa 5.

*Taulukko 5. Vuoden pakkasmäärät (Kh)Kajaanissa eri todennäköisyyksillä
RIL 166 Pohjarakenteet [19, 388 s.]*

	F_{-5}	F_2	F_5	F_{10}	F_{20}	F_{50}	F_{100}
Kajaani	21300	27700	36300	42000	47500	54600	60000

7.4 Kantavuusmitoitus

Kantavuusmitoituksen lähtökohdat ovat tavoitekantavuus, alustan kantavuus ja rakennusmateriaalien laatu. Näiden avulla määritetään päällysrakennekerrosten paksuudet. *Teiden suunnittelu, TVL:n ohjeet kansio B, IV 5.2-1 [20]*

Valitaan sopiva katuluokka taulukosta 6 *Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 KT [10, 129 s.]*

Liikennemäärät eivät nykyisellä puukentällä nouse kovin suuriksi, mutta kuormitus on suhteellisen kovaa, varsinkin purkauspaikalla. Rankalan edustan B-kentän purkauspaikalla käy vuorokaudessa 80 - 90 täysperävaunullista puutavararekkaa, jotka puretaan 64 tonnin ja 75 tonnin painoisilla kurottajatruckeilla, joiden nostokyky on jopa 14 tonnia, sekä näiden lisäksi vielä muita raskaita työkoneita. Nykyistä puukenttäaluetta ja uutta suunniteltavaa laajennusaluetta voidaan pitää purkaus-, kuormaus-, ja varastoalueena ja näin ollen verrata raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueeseen, jonka katuluokan vaatimusten mukaan kantavuutta tutkitaan.

Valitaan kentälle katuluokka 4 taulukosta 6.

Alusrakenteen kantavuus arvioitiin kohdassa 4.5 pohjamaan maalajin perusteella. Alusrakenteen kantavuutena laskelmissa käytetään F-kantavuusluokan kantavuutta 10 MN/m².

*Taulukko 6. Katuluokat
Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 KT [10, 129 s.]*

Katuluokka	Kuvaus	Liikennemäärä (ajoneuvoa/vrk)
1	Erittäin raskaasti liikennöity moottori – tai pääkatu (ajokaistoja 2 + 2)	>30 000
2	Raskaasti liikennöity moottori- tai pääkatu (ajokaistoja 2 + 2)	10 000 – 30 000
3	Pääkatu, kokooja – tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu (ajokaistoja 1 + 1)	2 500 – 10 000
4	Asuntokatu tai pientaloalueen Kokoojakatu, raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueet	500 – 2 500
5	Pientaloalueen asuntokatu, huoltoliikenteen väylät, henkilöautojen pysäköintialueet	10 – 500
6	Jalkakäytävät, pyörätiet, Puistotiet Ei ajoneuvoliikennettä	

Katuluokka 4:n normaalipäällysrakenne kantavuusvaatimusten mukaan saadaan taulukosta 7 F-kantavuusluokan pohjamaan kohdalta.

Katuluokka 4

Taulukko 7. Normaalipäällysrakenne kantavuusvaatimuksen mukaan Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 KT [10, 135 s.]

A Ab 0,05	B Ab 0,05	C Ab 0,04	D Ab 0,04	E Ab 0,04	F Ab 0,04	G Ab 0,04
Kantava kerros 0,15	Kantava Kerros 0,15	Bs 0,05	Bs 0,05	Bs 0,05	Bs 0,05	Bs 0,05
		Kantava Kerros 0,15	Kantava Kerros 0,15	Kantava Kerros 0,15	Kantava Kerros 0,15	Kantava kerros 0,15
			Tuki- Kerros 0,30	Tuki- Kerros 0,55	Tuki- Kerros 0,80	Tuki- Kerros 1,00

Kokonaispaksuudet

0,2	0,20	0,24	0,54	0,79	1,04	1,24
-----	------	------	------	------	-------------	------

Normaalipäällysrakenteen kantavuusvaatimusten mukaan päällysrakenteen kokonaispaksuudeksi saadaan 1,04 m.

Tavoitekantavuudet

Katuluokka 4:n tavoitekantavuudet kerroksittain määritetään taulukosta 8.

Päällysrakenteen kokonaispaksuus pohjamailla E – G määräytyy kantavuus- ja routamitoituksen perusteella.

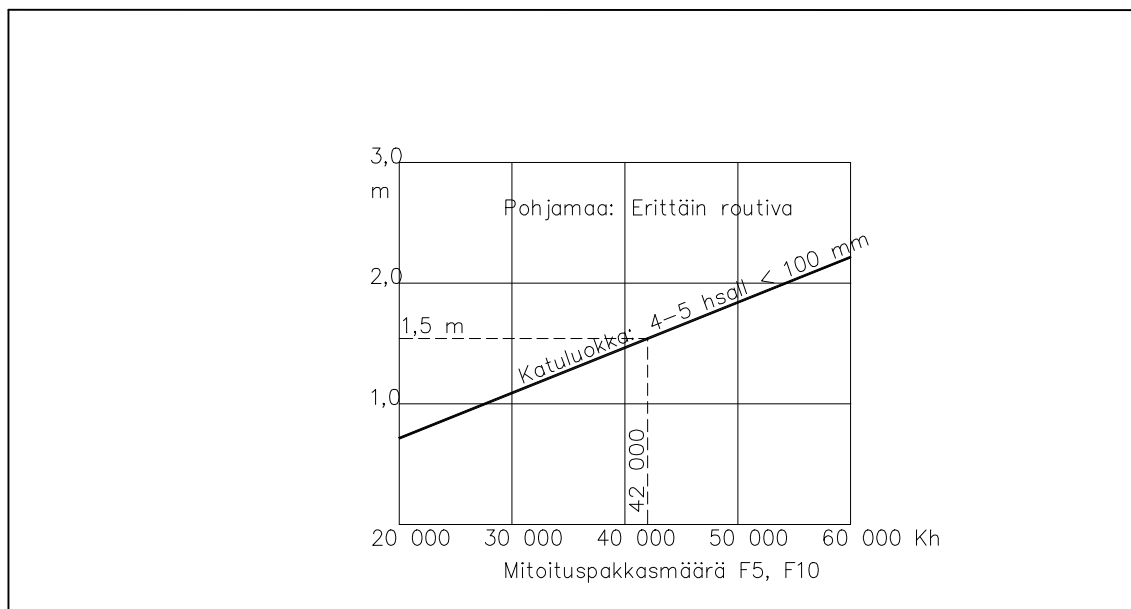
Taulukko 8. Kantavuusarvot kerroksittain

Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 KT [10, 135 s.]

Pohjamaa (MN/m)	Päällysrakenteen Kokonais- paksuus	Tavoitekantavuus kerrosten päältä (MN/m ²)			
		Jakava	Kantava	1. Bs	Päällyste
A (300)	0,20	-	300	-	350
B (200)	0,20	-	231	-	275
C (100)	0,24	-	145	185	250
D (50)	0,54	109	153	191	256
E (20)	0,79	104	148	185	250
	0,89	119	162	202	267
	0,99	131	173	214	282
	1,09	140	181	222	292
	1,19	146	187	229	299
	1,29	152	192	234	305
	1,39	156	195	238	310
	1,49	160	198	241	314
	1,04	111	154	193	258
	1,14	129	171	211	280
	1,24	141	182	223	293
	1,34	150	190	232	303
	1,44	156	195	238	310
	1,54	161	200	242	315
F (10)	1,64	165	203	246	319
	1,74	169	206	249	323
	1,24	105	148	187	250
	1,34	116	159	198	264
	1,44	124	167	207	275
	1,54	132	174	214	283
	1,64	137	179	220	289
	1,74	142	183	225	295

7.5 Mitoittaminen routimisen perusteella

Valittiin pakkasmääriä esittävästä taulukosta 5 Kajaanissa kerran 10 vuodessa toistuvat pakkasmäärät. Kajaanin kohdalta saatiin 42000 Kh.



Kuva 1. Katurakenteen routimattoman päällisrakenteen minimipaksuudet mitoituspakkasmäärän F_{10} suhteen, kun pohjamaa on erittäin routiva.

RIL 165 [18, 249 s.]

Katuluokka 4 - 5:n kuvaajalta saadaan routimattoman päällisrakenteen paksuudeksi 1,5 m, kun sallitaan enintään 0,1 m routanousuja. UPM-Kymmene Oyj:n tilaajan edustajan kanssa on sovittu käytettäväksi n. 1,5 metrin päällisrakenteen kokonaispaksuutta.

Tavoitekantavuudet jakavan ja kantavan kerrosten päältä saadaan taulukosta 8 päällisrakenteen kokonaispaksuuden 1,54 kohdalta. Tavoitekantavuus jakavan kerroksen päältä on 161 MN/m² ja kantavan päältä 200 MN/m².

7.6 Mitoitus

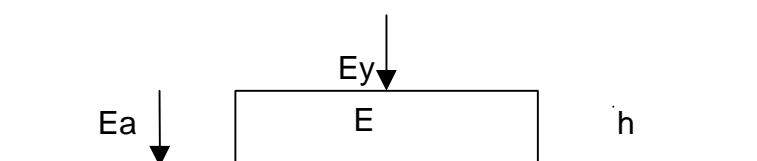
7.6.1 Päälysrakennemateriaalien E- moduliarvoja

E_y = mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus (MN/m^2).

E_a = mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus (MN/m^2).

h = mitoitettavan kerroksen paksuus (kaavassa m ja käyrästössä mm).

E = mitoitettavassa kerroksessa käytettävän materiaalin E-moduli (MN/m^2).



Päälysrakennemateriaalien E- moduliarvoja

Taulukko 9. Erilaisten päälysrakennemateriaalien E- moduliarvoja

Teiden suunnittelu, TVL:n ohjeet, kansio B, IV 5.2 –5 [20]

Materiaali	E – moduli MN/m^2
Asfalttibetoni	2500
Kevytasfalttibetoni	1500
Öljysora	350
Bitumisora	2500
Imeytyssepelys	700
Sementillä lujitettu kitkamaa	2000...2500
Kalkilla lujitettu koheesiomaa	200...400
Routimaton murske	200...350
Sora ja sorainen hiekka	150...280
Routimaton hiekka	30...100

7.6.2 Mitoituksessa käytettävät E-moduliarvot

UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehdasalueella vuoden -94 jälkeen rakennetuilla kentillä on kantavassa rakenteessa pääasiassa käytetty ns. Kavon mursketta, jota on runsaasti saatavilla mm. Vuoreslahdentien varrella sijaitsevassa murs-

keen varastoalueella. Kavon murske on Kainuun Voiman Oy:n voimalaitostunnelin kallioulouheesta murskattua kohtalaisen hyvää materiaalia. Aikaisemmillä työmailla on murskeen tiivistämisen yhteydessä huomattu, että kiviaineksen rakeissa ilmenee kulmien pyöristymistä ja hienontumista, minkä vuoksi esimerkiksi Tielaitos ei käytä ko. materiaalia vaativien kohteiden kantavaan kerrokseen. Varasto-, kuormaus- ja purkauskentille Kavon murske on kuitenkin kokemuksien mukaan kantavaa ja hyvin toimivaa. Hyvän saatavuutensa ansiosta sitä onkin käytetty myös korvaamaan osittain jakavan kerroksen soraa. Mitoituksessa Kavon murskeen E-moduliarvona käytetään 280 MN/m^2 .

Kajaanin lähialueilta saatavan jakavan kerroksen soran E-moduliarvona käytetään tässä työssä 200 MN/m^2 . Suodatinkerrokseen käytettävän hiekan E-moduliarvo on 70 MN/m^2 . Alusrakenteen kantavuus on arvioitu pohjamaan maa-lajin perusteella, F-luokan pohjamaan kantavuus on 10 MN/m^2 .

Em. materiaalien E-moduli- ja kantavuusarvoilla määritetään kantavan, jakavan ja suodatinkerrosten paksuudet, kun tavoitekantavuudet kantavan ja jakavan kerroksen päältä tiedetään.

7.6.3 Murskaamalla valmistetut kiviainekset

Murske (M) on murskaamalla valmistettujen kiviainestuotteiden yhteisnimitys.

Kalliomurske (KaM) on louheen tai kivien murskauksesta saatu murtopintainen kiviaines, jonka rakeisuuden yläraja on määrätty. Kalliomurske ei saa lainkaan sisältää täysin murskautumattomia rakeita.

Kivituhka (KiT) on kalliomurskeesta eroteltua, pienimmät raekoot sisältävää kiviainesta (0...6 mm)

Soramurske (SrM) on soran tai kiven murskauksesta saatu murtopintainen kiviaines, jossa # 6 mm suuremmista rakeista täysin murskautuneita rakeita on vähintään 30 painoprosenttia. Täysin murskautumattomia rakeita saa olla enintään 30 painoprosenttia. Soramurskeen rakeisuuden yläraja on määrätty,

Sepeli (S) on kalliomurskeen lajite, josta hienoimmat rakeet on poistettu. Sepelin rakeisuuden ala- ja yläraja on määrätty.

Sorasepeli (SrS) on soramurskeen lajite, josta hienoimmat rakeet on poistettu. Sorasepelin rakeisuuden ala- ja yläraja on määrätty. *Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 97 [10, 23 s.]*

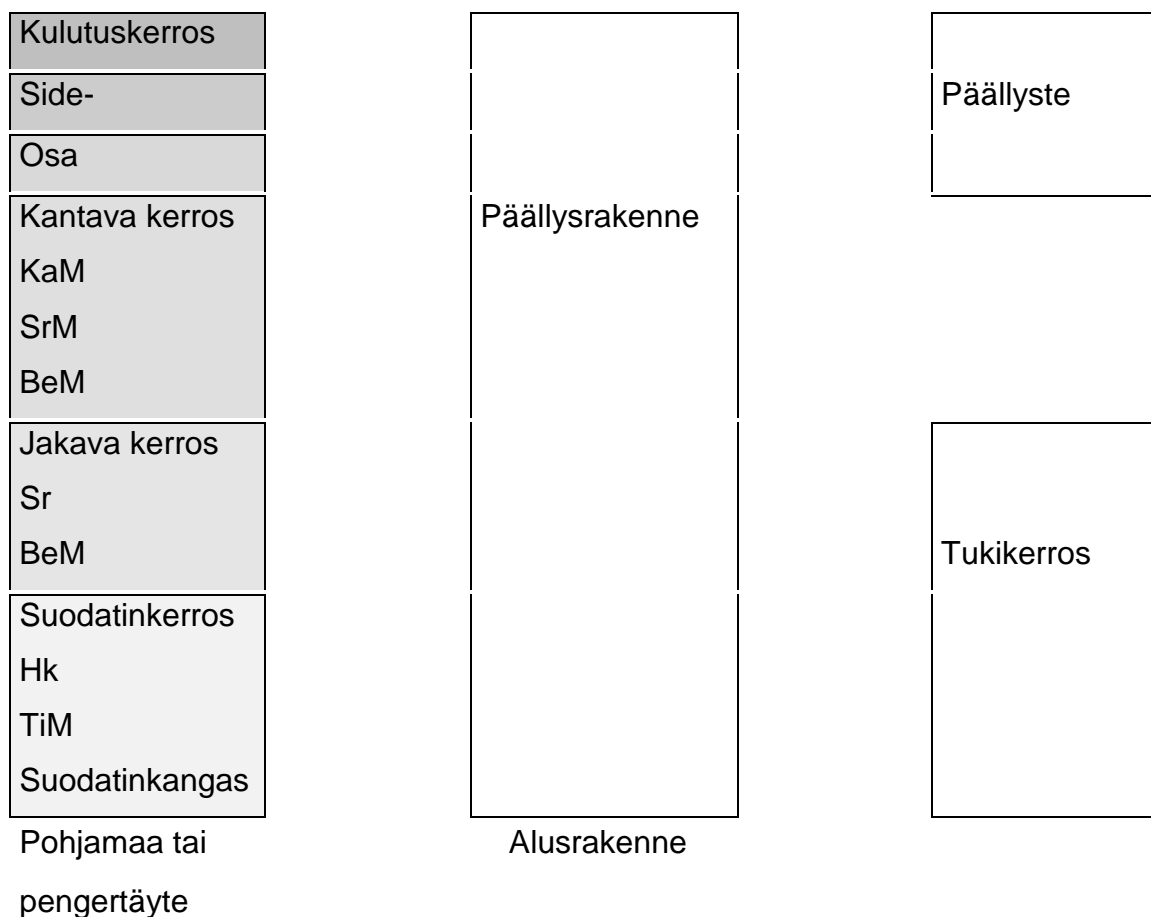
Tässä työssä käytetään:

Betonipurkujätteestä murskattua, lajiteltua ja puhdistettua murskettä (BeM).

Tiilipurkujätteestä murskattua, lajiteltua ja puhdistettua murskettä (TiM).

7.6.4 Kadun päällysrakennneosien nimitykset

Kadun päällysrakenteen muodostavat päällyste, kantavakerros ja tukikerros. Päällysteeseen kuuluvat kulutuskerros ja sideosa. Tukikerros muodostuu jakavasta kerroksesta ja suodatinkerroksesta. Alusrakenne käsittää pohjamaan tai pengertäytteen.



Kuva 2. Kadun päällysrakennneosien nimitykset

7.6.5 Sitomattomien rakennekerrosten kantavuusmitoitus

*Teiden suunnitelu TVL:n ohjeet kansio B IV 5.2 – 11 ja IV 5.2 – 12 [20]
Kantavuusmitoituksen mitoituskäyrästöt 52:7 ja 52:8 . (Liitteet I ja J)*

E_y = mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus (MN/m^2).

E_a = mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus (MN/m^2).

h = mitoitettavan kerroksen paksuus (käyrästössä mm).

E = mitoitettavassa kerroksessa käytettävän materiaalin E-moduli (MN/m^2).

Suodatinkerros

$E_a = 10 \text{ MN/m}^2$ (alusrakenteen kantavuus)

$h = 600 \text{ mm}$ (valitaan kokeeksi)

52:7 käyrästöstä $E = 70 \text{ MN/m}^2$ saadaan $E_y = 48 \text{ MN/m}^2$. (Liite I)

Kantava kerros

$E_y = 200 \text{ MN/m}^2$ (tavoitekantavuus)

52:8 käyrästöstä $E = 280 \text{ MN/m}^2$ saadaan $E_y = 200 \text{ MN/m}^2$ ja $E_a = 161 \text{ MN/m}^2$
tavoitearvoilla kantavan kerroksen paksuudeksi $h = 175 \text{ mm}$. (Liite J)

Jakava kerros

$E_a = 48 \text{ MN/m}^2$ (suodatinkerroksen E_y)

$E_y = 161 \text{ MN/m}^2$ (kantavan kerroksen E_a)

52:8 käyrästöstä $E = 200 \text{ MN/m}^2$ saadaan $h = 650 \text{ mm}$. (Liite I)

Tulos:

Kantava kerros 175 mm

Jakava kerros 650 mm

Suodatinkerros 600 mm

Yhteensä 1425 mm

Kun tähän vielä lisätään päällysteen 50 mm paksuinen kulutuskerros ja 50 mm paksuinen tasausmurskekerros, saadaan kokonaispaksuudeksi 1525 mm.

Tarkistetaan kuorimon B-kentän vuonna 1998 korjauksessa käytettyjen päällysrakennekerrosten kantavuudet.

Suodatinkerros

$E_a = 10 \text{ MN/m}^2$ (alusrakenteen kantavuus)

$h = 700 \text{ mm}$ (valitaan kokeeksi)

52:7 käyrästöstä $E = 70 \text{ MN/m}^2$ saadaan $E_y = 52 \text{ MN/m}^2$. (Liite I)

Jakava kerros

$E_a = 52 \text{ MN/m}^2$ (suodatinkerroksen E_y)

Jakavan kerroksen $h = 400 \text{ mm}$

52:8 käyrästöstä $E = 200 \text{ MN/m}^2$, saadaan $E_y = 130 \text{ MN/m}^2$. (Liite I)

Kantava kerros

$E_y = 200 \text{ MN/m}^2$ (tavoitekantavuus)

52:8 käyrästöstä $E = 280 \text{ MN/m}^2$ saadaan $E_a = 130 \text{ MN/m}^2$ ja

$h = 300 \text{ mm}$, saadaan kantavan kerroksen $E_y = 205 \text{ MN/m}^2$. (Liite J)

Tässä tapauksessa on kantavan kerroksen paksuutta lisäämällä saatu korvattua jakavan sorakerroksen paksuutta.

7.6.6 Betoni- ja tiilimurske päällysrakenteessa

Suomessa tehdyistä koekohteista saatujen tietojen perusteella betonimurskeen E-moduliarvoiksi on levykuormituskokeiden perusteella muodostunut 500...1000 MN/m^2 . Tiilimursketta on käytetty jakavassa ja suodatinkerroksessa. Jakavassa kerroksessa tiilimursketta käytettäessä täytyy sen E-modulin olla vähintään 150...280 MN/m^2 , kuten soralla ja soraisella hiekalla. UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehdasalueelta purettavien vanhojen tehdasrakennusten betonista ja tiilistä ei ole tehty mitään tutkimuksia, joten em. E-moduliarvoja ei voida käyttää. E-moduliarvojen varmistaminen edellyttäisi, että betoni- ja tiilimurskeesta tehtäisiin koekenttä eripaksuisilla kerroksilla ja niistä levykuormituskokeilla määritettäisiin E-moduliarvot.

Seuraavaksi vertaillaan rakennuskustannuksia edellä lasketuilla päällysrakennevaihtoehtoilla ja myös käyttäen niissä korvaavana materiaalina betoni-

ja tiilimursketta. Betonimursketta käytettäisiin kantavan tai jakavan kerroksen korvaavana, mutta kuitenkin samoilla kerrospaksuuksilla kuin niille on kalliomurskeen ja soran mukaan laskettu. Tiilimurskeella korvattaisiin osittain tai kokonaan suodatinkerroksen hiekka.

7.7 Erialaisten päällysrakennevaihtoehtojen vertailua verottomilla hinnoilla

Tässä vertailussa käytetään kahden kainuulaisen maarakennusliikkeen antamien verottomien hinta-arvioiden keskiarvoja [21] ja [22]. Päällysteen hinnat on saatu Kainuussa toimivalta valtakunnalliselta asfalttiyhtiöltä [23]. Hinnat ovat valmiin päällysrakennekerroksen neliöhintoja. Hintakyselyssä oletettiin, että rakennetaan n. 10000 m² kenttä.

1. vaihtoehto (kantavuusmitoitus on tehty kohdassa 7.6.3)

Kerrosmateriaali ja Kerroksen paksuus	Tavoitekantavuus	Valmiin kerroksen Veroton hinta/m ²
Kulutuskerros AB 20/120 50 mm		= 31 mk/m ²
Tasausmurske KaM 0...20 50 mm		= 9 mk/m ²
Kantava kerros KaM 0...65 175 mm	$E_y = 200 \text{ MN/m}^2$ $E_a = 161 \text{ MN/m}^2$	$61 \text{ mk/m}^3 \text{rtr} \cdot 0,175 \text{ m}$ = 10,67mk/m ²
Jakava kerros Sr 0...100 mm 650 mm	$E_y = 161 \text{ MN/m}^2$ $E_a = 48 \text{ MN/m}^2$	$51 \text{ mk/m}^3 \text{rtr} \cdot 0,650 \text{ m}$ = 33,15mk/m ²
Suodatinkerros Hk 600 mm	$E_y = 48 \text{ MN/m}^2$ $E_a = 10 \text{ MN/m}^2$	$40 \text{ mk/m}^3 \text{rtr} \cdot 0,600 \text{ m}$ = 24,00mk/m ²
Suodatinkangas		= 5 mk/m ²
Kokonaispaksuus 1525 mm		Yhteensä 112.82 mk/m ²
Alusrakenne = Pohjamaa Siltti tai silttimoreeni	Alusrakenteen kantavuus 10 MN/m ²	

2. vaihtoehto (kantavuusmitoitus on tehty kohdassa 7.6.3)

Päällysrakenne on samanlainen, kuin vuonna 1998 korjatulla osalla B-kentällä. Kavon murskeella tehty 300 mm paksuinen kantava kerros korvaa osittain jaka-
van sorakerrosta.

Kerrosmateriaali ja Kerroksen paksuus	Tavoitekantavuus	Valmiin kerroksen Veroton hinta/m ²
Kulutuseros AB 20/120 50 mm		= 31 mk/m ²
Tasausmurske KaM 0...20 50 mm		= 9 mk/m ²
Kantava kerros KaM 0...65 300 mm	E _y = 205 MN/m ² E _a = 130 MN/m ²	61 mk/m ³ tr · 0,300 m = 18,30 mk/m ²
Jakava kerros Sr 0...100 mm 400 mm	E _y = 130 MN/m ² E _a = 52 MN/m ²	51 mk/m ³ tr · 0,400 m = 20,40 mk/m ²
Suodatinkerros Hk 700 mm	E _y = 52 MN/m ² E _a = 10 MN/m ²	40 mk/m ³ tr · 0,700 m = 28,00 mk/m ²
Suodatinkangas		= 5 mk/m ²
Kokonaispaksuus 1500 mm		Yhteensä 111,70 mk/m ²
Alusrakenne = Pohjamaa Siltti tai silttimoreeni	Alusrakenteen kantavuus 10 MN/m ²	

Hinnoissa on huomioitu materiaalin lastaus, kuljetus, levitys ja tiivistys.

Hinnat ovat verottomia päällysrakenteen hintoja, eivätkä sisällä maankaivua, sadevesi- ja salaojaputkia ja -kaivoja.

3. vaihtoehto (kantavuusmitoitus on tehty kohdassa 7.6.3)

Jakavan kerroksen sora on korvattu betonimurskeella.

Kerrosmateriaali ja Kerroksen paksuus	Tavoitekantavuus	Valmiin kerroksen Veroton hinta/m ²
Kulutuseros AB 20/120 50 mm		= 31 mk/m ²
Tasausmurske KaM 0...20 50 mm		= 9 mk/m ²
Kantava kerros KaM 0...65 175 mm	Ey = 200 MN/m ² Ea = 161 MN/m ²	61 mk/m ³ tr · 0,175 m = 10,67mk/m ²
Jakava kerros BeM 0...70 mm 650 mm	Ey = 161 MN/m ² Ea = 48 MN/m ²	80 mk/m ³ tr · 0,650 m = 52,00 mk/m ²
Suodatinkerros Hk 600 mm	Ey = 48 MN/m ² Ea = 10 MN/m ²	40 mk/m ³ tr · 0,600 m = 24,00mk/m ²
Suodatinkangas		= 5 mk/m ²
Kokonaispaksuus 1525 mm		Yhteensä 131,67 mk/m ²
Alusrakenne = Pohjamaa Siltti tai silttimoreeni	Alusrakenteen kantavuus 10 MN/m ²	

Kiviaines pohjaisen rakennuksen purkujätteen lajittelu koneellisesti ennen murskausta. Raudat poistetaan magneettierottimella murskauksen jälkeen, muut roskat ja jätteet poistetaan hinnalta käsityönä. Vihantilaisen murskausurakoitsijan [24] mukaan veroton hinta on ~ 30...50 mk/ton, murskauksen jälkeen lajiteltuna kasassa. Murskattava määrä on vähintään 3000 tonnia.

Näissä vertailuissa oletettiin, että purkukohte on tehdasalueella ja murskaus tapahtuu purkukohteen vieressä tai maarakennustyömaan välittömässä läheisyydessä ja ettei välivarastointia tarvita.

4. vaihtoehto (kantavuusmitoitus on tehty kohdassa 7.6.3)

Jakavan kerroksen yläosassa käytetään betonimursketta ja suodatinkerroksen yläosassa tiilimursketta.

Kerrosmateriaali ja Kerroksen paksuus	Tavoitekantavuus	Valmiin kerroksen Veroton hinta/m ²
Kulutuskerros AB 20/120 50 mm		= 31 mk/m ²
Tasausmurske KaM 0...20 50 mm		= 9 mk/m ²
Kantava kerros KaM 0...65 175 mm	Ey = 200 MN/m ² Ea = 161 MN/m ²	61 mk/m ³ rtr · 0,175 m = 10,67 mk/m ²
Jakava kerros BeM 0...70 mm 300 mm Sr 0...100 mm 350 mm	Ey = 161 MN/m ² Ea = 48 MN/m ²	80 mk/m ³ rtr · 0,300 m = 24,00 mk/m ² 51 mk/m ³ rtr · 0,350 m = 17,85 mk/m ²
Suodatinkerros TiM 0...50 mm 300 mm Hk 300 mm	Ey = 48 MN/m ² Ea = 10 MN/m ²	77 mk/m ³ rtr · 0,300 m = 23,10 mk/m ² 40 mk/m ³ rtr · 0,300 m = 12,00 mk/m ²
Suodatinkangas		= 5 mk/m ²
Kokonaispaksuus 1525 mm		Yhteensä 132.62 mk/m ²
Alusrakenne = Pohjamaa Siltti tai silttimoreeni	Alusrakenteen kantavuus 10 MN/m ²	

1.vaihtoehto 112,8 mk/m²2.vaihtoehto 111,7 mk/m²3.vaihtoehto 131,7 mk/m²

4.vaihtoehto 132,6 mk/m

Kalleimman ja halvimmän vaihtoehdon
hintaero on ~16 %.

8 SADEVESIVIEMÄRIT

8.1 Sijoitus

Sadevesiviemärit asennetaan riittävän syvälle routasyvyys huomioon ottaen. Peitesyvyyden paikoissa, missä lumen ja kasvipeitteen suojaavaa vaikutusta ei voida ottaa huomioon, tulee olla vähintään 1,5 m Etelä-Suomessa, 1,8 m Keski-Suomessa ja 2,2 m Pohjois-Suomessa. Jos viemäriä ei voida asentaa riittävän syvälle, eristetään se erityisohjeita noudattaen. *RIL 126-1987 [17, 68 s.]*

8.2 Mitoitus

Sadevesilaitteisto on mitoitettava siten, että johdettavaa mitoitussadetta vastaava virtaama ei aiheuta tulvimista tai muuta haittaa. Sadevesikaivoissa voi vesi nousta 0,5 m päähän maanpinnasta, mutta salaojille ei saa aiheutua vahinkoa. *RIL 126-1987 [17, 68 s.]*

Mitoituslaskelmien yhteydessä tarkistetaan tarvitseeko B-kentän sadevesikaivojen 1 ja 2 nykyisiin tuleviin salaojaputkiin asentaa salaojien padotusventtiilit estämään mahdollisen tulvimisen aiheuttama veden nousu salaojaputkien kautta B-kentän päällysrakennekerroksiin.

Mitoitusvirtaama Q lasketaan kaavasta:

$$Q = q (-_1 \cdot A_1 + -_2 \cdot A_2 + \dots + -_n \cdot A_n)$$

Q = todennäköinen virtaama ($\text{dm}^3/\text{s} = \text{l/s}$)

q = mitoitussateen rankkuus ($\text{l/s} \cdot \text{m}^2$) mitoitussateena käytetään yleensä arvoa $q = 0,015 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ ($= 150 \text{ l} \cdot \text{s} \cdot \text{ha}$), ($q = 0,010 \dots 0,020 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$)

$-_n$ = valumiskerroin osa-alueella

A_n = valuma-alueen osan pinta-ala (m^2)

Erilaisten pintojen valumiskertoimia:

Asfaltti $\mu = 1,00$

Sorapäälysteet $\mu = 0,70 \dots 0,30$

RIL 126-1987 [17, 68 s.]

Muovisen sadevesiviemärin mitoituslaskelmat

Laskelmissa käytettiin nykyisen puukentän ja suunniteltujen puukentän lohkojen pinta-aloja sekä tarkasteltiin nykyisten betonisten sadevesiviemäreitten vedenjohtokyky liitoskaivo 1:n ja kaivo 3:n välillä ja siitä eteenpäin.

Lasketaan todennäköiset virtaamat lohkojen 2 ja 1 etureunojen sadevesikaivojen kohdalla, B-kentän liitoskaivo 1:n ja B-kentän kaivo 3:n kohdalla. Mitoitetaan putkikoot ja tarkistetaan vedenjohtokyky.

Muoviputkien mitoituksessa käytetään *Uponorin virtaamadiagrammia [25]*, joka on laadittu Prandtl-Colebrookin kaavan perusteella, käyttäen karheuskertoimena arvoa 0,25 mm. (Liite K) Tämä kerroin ottaa huomioon normaalissa sadevesiviemärissä olevat putkiyhteet ja kaivot. Pelkän putken karheuskerroin on 0,06 mm.

Betoniputkien vedenjohtokyvyn tarkistamisessa käytetään *RIL 126-1987 [17, 70 s.]* mukaista pyöreän betoniputken mitoitusnomogrammia. (Liite L)

Todennäköiset virtaamat

Todennäköinen virtaama lohko 2:n etureunan sadevesikaivon kohdalla, kun lähtevän putken kaltevuus on 0,5 %. $Q = 0,015 \text{ l/s} (1,00 \cdot 9600 \text{ m}^2) = 144 \text{ l/s}$, saadaan virtaamadiagrammista (liite K) putkikoko $d_e = 450 \text{ mm}$. ($d_e =$ ulkohalkaisija mm)

Todennäköinen virtaama lohko 1:n etureunan sadevesikaivon kohdalla, kun lähtevän putken kaltevuus on 0,8%. $Q = 0,015 \text{ l/s} (1,00 \cdot 10050 \text{ m}^2) = 151 \text{ l/s}$

Virtaamat yhteensä, $144 \text{ l/s} + 151 \text{ l/s} = 295 \text{ l/s}$. Virtaamadiagrammista (liite K) saadaan tarvittava putkikoko $d_e = 560 \text{ mm}$.

Todennäköinen virtaama B-kentän vanhan Sokajärventien puoleisella osalla.
 $Q = 0,015 \text{ l/s} (1,00 \cdot 8500 \text{ m}^2) = 128 \text{ l/s}$

Todennäköinen virtaama C-kentän vanhan Sokajärventien puoleisella sora-kentän osalla. $Q = 0,015 \text{ l/s} (0,5 \cdot 1000 \text{ m}^2) = 75 \text{ l/s}$

Todennäköinen virtaama B-kentän kuorimon puoleisella osalla. $Q = 0,015 \text{ l/s} (1,00 \cdot 10000 \text{ m}^2) = 150 \text{ l/s}$

Todennäköinen virtaama C-kentän kuorimon puoleisella sorakentän osalla.
 $Q = 0,015 \text{ l/s} (0,5 \cdot 10000 \text{ m}^2) = 75 \text{ l/s}$

Todennäköinen virtaama yhteensä B-kentän 3 kaivon kohdalla on 723 l/s. Tarkastettiin nomogrammista (liite L) pyöreään betoniviemäriin vedenjohtokyky, kun kaltevuus on 0,5%. Kaivolta 3 lähtevän 800 mm betoniputken vedenjohtokyky on n. 900 l/s, joten se on riittävä.

Liitoskaivo 1:n ja kaivo 3:n välisen putken vedenjohtokyvyn tarkistus. Todennäköinen virtaama liitoskaivo 1:n kohdalla on 498 l/s. Nykyisen 600 mm betonisen sadevesiviemäriputken vedenjohtokyky on nomogrammin (liite L) mukaan n. 420 l/s, joten tulvimista saattaa tapahtua. Uuteen suunniteltuun sadevesiviemäriputkeen joudutaan tekemään tulvimisen varalta ylivuotoputki, joka johdetaan vanhan Sokajärventien sivuojan kautta Pyykönpuroon. (Liite F)

B-kentän sadevesikaivojen 1 ja 2 nykyisiin tuleviin salaojaputkiin voidaan asentaa salaojien padotusventtiilit estämään mahdollisen tulvimisen aiheuttama veden nousu salaojaputkien kautta B-kentän päällysrakennekerrokseen.

Mitoitetaan lohkojen 3 ja 4 tarvitsemat putkikoot.

Todennäköinen virtaama lohko 3:n etureunan sadevesikaivon kohdalla, kun lähtevän putken kaltevuus on 0,5%. $Q = 0,015 \text{ l/s} (1,00 \cdot 8600 \text{ m}^2) = 129 \text{ l/s}$. Virtaamadiagrammista (liite K) saadaan putkikoko $d_e = 450 \text{ mm}$.

Todennäköinen virtaama lohko 4:n etureunan sadevesikaivon kohdalla, kun lähtevän putken kaltevuus on 2,0%. $Q = 0,015 \text{ l/s} (1,00 \cdot 7350 \text{ m}^2) = 110 \text{ l/s}$.

Suunnitellun puukenttäalueen ympärille tulevien niskaojien vedet johdetaan aluksi nykyisen rummun kautta sadevesiviemäriin. Lohko 4:n rakentamisen yhteydessä niskaojien vedet johdetaan lohko 4:n takareunan kohdalla sadevesiviemäriin. Lohko 4:n sadevesiviemäri on mitoitettava myös alueen niska- ja kuivatusojan vesille. Valuma-alueen koko arvioidaan n. 4 ha kokoiseksi, valumiskerroin on 0,30...0,10.

Todennäköinen virtaama lohko 4:n takareunan kohdalla. $Q = 0,015 \text{ l/s} (0,2 \cdot 40000) = 120 \text{ l/s}$

Virtaamat yhteensä, $120 \text{ l/s} + 110 \text{ l/s} = 230 \text{ l/s}$. Virtaamadiagrammista (liite K) saadaan lohko 4:n halki menevän putken halkaisija 450 mm.

Mitoitetaan lohko 4:n etureunan sadevesikaivon ja A-kentän nykyisen sadevesiviemäriin välinen putkikoko. Virtaamat yhteensä, $230 \text{ l/s} + 239 \text{ l/s} = 469 \text{ l/s}$. Virtaamadiagrammista (liite K) saadaan tarvittava putkikoko 560 mm.

Lohko 4:n eli IV-vaiheen rakentamisen aikana tarkistetaan tarvitaanko isompia putkia mahdollisen laajentamisen varalta. A-kentän nykyisen sadevesiviemäriin vedenjohtokyky riittää vielä tämän suunnitellun kokoisen alueen vesien johtamiseen. Yksityiskohtaisemmassa suunnitelmassa voidaan putket mitoittaa kaivovälittäin. (Liite H)

9 PUUKENTÄN LAAJENTAMISEN TOTEUTTAMISJÄRJESTYS

9.1 I- vaihe

I-vaiheessa rakennetaan lohkojen 1 ja 2 nykyiseen puukenttään liittyvät puolikkaat, pinta-alaltaan 10000 m². Nykyisen puukentän liitoskaivo 1:n ja lohkojen 1 ja 2 välille vanhan Sokajärventien ulkoluiskan yläreunaan rakennetaan sadevesiviemäriinlinja. Sadevesiviemäriputken koko on de 560 mm liitoskaivo 1:stä lohko 1:n ensimmäiseen kaivoon. Lohko 1:n ja lohko 2:n välille tulee de 450 mm sadevesiviemäriputki. Sadevesiviemäriverkoston tulvimisen varalta linjaan tehdään ylivuotoputki B-kentän reunan kohdalle tulevaan kulmakaivoon, korkeustasoltaan n. 0,5 metriä alemmaksi nykyisen puukentän alimmaisesta eli liitoskaivo 1:n kannen tason. B- kentän liitoskaivo 1:n ja kaivo 3:n salaojaputkiin asennetaan salaojan padotusventtiilit. Ylivuotoputkesta voidaan vedet johtaa vanhan Sokajärventien sivuojan kautta Pyykönpuroon.

Lohkojen keskikohdalle jiirin suuntaisesti rakennetaan sadevesiviemäriinlinja vähintään 2 metrin syvyyteen kentän pinnasta. Sadevesiviemäriinlinjan päähän aivan kentän takareunaan rakennetaan sadevesikaivo, johon II-vaiheen sadevesiviemäri voidaan liittää ilman, että kentän rakenteita joudutaan rikkomaan. Sadevesikaivojen väli ja kaivoa kohti tuleva päällystetty pinta-ala määritetään yksityiskohtaisemmassa tasaussuunnitelmassa, samoin kuin salaojitus. I-vaiheessa kentän takareunaan ja luoteisreunaan kaivetaan niskaoja, mikä johdetaan vanhan Sokajärventien sivuojan ja rummun kautta A-kentän sadevesiviemäriin. (Liite E)

Nykyinen puukenttä ja uusi puukenttä suunnitellaan liittymään korkeustasoltaan jouhevasti toisiinsa. Uuden kentän loivan pituuskaltevuuden ja paksun päällysrakennekerroksen seurauksena joudutaan mittaviin maankaivutöihin. I-vaiheen rakentamisesta laskettiin tulevan n. 13400 m³ ktr leikkausmassoja, joille olisi löydettävä sijoituspaikka mieluummin tehdasalueelta. Meluvallin viereen mahtuu

n. 6000 m³rtr ylijäämämaita. Alueelta saatava ruokamulta voidaan kasata vanhan Sokajärventien varteen, josta se on helposti saatavissa. Silttisiä huonosti vettäläpäiseviä ylijäämämaita voidaan myös käyttää Olliskannevan Parkinmäen jätehuoltoalueen ympäristien pengerrykseen.

Lohko 1:n kaakkoisreunaan kentän tasoon tehdään huoltotie. Kentän ja huoltotien väliin jätetään tila matalalle sivuojalle, huoltotien meluvallin puolelle tulee niskaoja, mikä johdetaan vanhan Sokajärventien sivuojaan.

Uuden ja nykyisen kentän liittymäkohdassa olevat sadetus- ja lumetusputket sijoitetaan riittävän syväälle kentän rakennekerroksiin. Sadetus-, lumetus-, sähkö- ja valaisinjärjestelmät suunnitellaan yksityiskohtaisen tasaus-suunnitelman yhteydessä. Rankalan edustan eli B-kentän korjauksen suunnitelmissa olisi otettava huomioon mahdollinen puukentän laajentaminen mm. korkeustasot ja nykyisen valaisinmaston uusi sijainti.

I-vaiheen rakentamisen yhteydessä muutetaan läjityskasan vieressä olevan kuivatusojan linjaus suunniteltujen 3 ja 4 lohkon reunan kohdalle. Uuden kuivatusojan yläpää tulee n. 30 m korkeajännitelinjasta vaaka-asemalle päin. Nykyisen kuivatusojan reunoilta poistetaan tarvittaessa siihen täytöiksi ajetut eloperäiset maat ja puu, yms. jäte. Oja voidaan peittää I-vaiheen rakentamisesta tulevilla karkeilla ylijäämämailla tai käytetään täyttämiseen läjityskasasta saatavia karkeampia maita. Täyttömaat on tiivistettävä huolellisesti. Uusi kuivatusoja johdetaan vanhan Sokajärventien sivuojan ja rummun kautta A-kentän sadevesiviemäriin.

Nykyinen puhtaan lumen kaatopaikka-alue säilyy entisellään, sitä voidaan myös käyttää mahdollisen betoni- ja tiilimurskeen välivarastona, mikäli murskausta tapahtuu ennen I-vaiheen toteuttamista.

I-vaiheen rakentamiskustannukset nousevat II-vaihetta suuremmiksi, mm. n. 250 m pitkän sadevesiviemärin runkolinjan rakentamisen ja kenttien liittymäkohdassa olevien putkistojen siirtämisen tai suojaamisen takia.

9.2 II-vaihe

II-vaihe rakennetaan 1 ja 2 lohkojen jatkeeksi. Sadevesiviemäriinjat liitetään I-vaiheen takareunaan rakennettuihin sadevesikaivoihin. Kentän takareunaan kaivetaan niskaoja, mikä johdetaan uuteen kuivatusojaan. Lohko 2:n lounaisreunan niskaojaa jatketaan koko sivun pituudelle. (Liite E)

Puhtaan lumen kaatopaikka säilyy ja sitä voidaan myös tarvittaessa laajentaa uuden kuivatusojan ja korkeajännitelinjan väliselle alueelle. Täytettyä, hyvin tiivistettyä ja tasattua lohko 4:n aluetta voidaan käyttää betoni- ja tiilimurskeen välivarastona tai murskaukseen.

I- ja II-vaiheen aikana voidaan vielä rankalaan tuleva rekkaliikenne johtaa nykyistä reittiä vanhaa Sokajärventietä myöten.

9.3 III-vaihe

III-vaiheessa rakennetaan lohko 3, joka liittyy nykyiseen A-kenttään katkaisten liikennöinnin vanhan Sokajärventien kautta rankalaan, jolloin joudutaan liikenteen uudelleen järjestelyihin. Rekkaliikenne voidaan siirtää kulkemaan lohko 4:n luoteiskulmassa olevasta liittymästä A-kentän kautta rankalaan. III-vaiheen rakentamisen yhteydessä em. liittymä rakennetaan rekkaliikenteen vaatimuksia vastaaviksi. (Liite E)

Lohko 3:n sadevesiviemärointi johdetaan vanhan Sokajärventien sivuojan kohdalle rakennettavaan de 450 mm sadevesiviemäriputkeen, joka liittyy lohko 4:n etureunan kohdalle rakennettavaan sadevesikaivoon. Em. kaivosta putki lähtee de 560 mm kokoisena, liittyen nykyisen rummun päähän rakennettavaan sadevesikaivoon ja sitä kautta nykyiseen A-kentän 800 B sadevesiviemäriin.

9.4 IV-vaihe

IV-vaiheessa rakennetaan lohko 4, joka liittyy tasaukseltaan A-kenttään.

Lohko 4:n sadevesiviemärin putkikoko on de 450 mm, koska niskaojien ja kuivatusojan vedet johdetaan sen kautta A-kentän sadevesiviemäriin. Läjityskasan puoleinen niskaoja kaataa kahteen suuntaan. Läjityskasa luiskataan ja muotoillaan. (Liite E)

Lohko 4 olisi syytä jättää murskepinnalle yhden talven ajaksi, jotta alapuoliset täytöt ehtisivät tiivistyä ja painuminen asettuisi. Painumista seurattaisiin tarkkailumittauksilla yhden vuoden ajan.

Mikäli puukenttäalueen laajentaminen tehdään tässä työssä esitettyjen korkeustasojen mukaan, leikkausmassoja tulee niin paljon, että niillä saataisiin nykyinen läjityskasa levitettyä nykyisessä korkeudessaan Vaakatielle asti.

Tämä kasa voisi tulevaisuudessa olla pohjana väliaikaisille varastokentille, etenkin talvisaikaan, kun maa on routaantunut. Ylijäämämaita voidaan myös käyttää jätehuoltoalueen ympäristien penkereessä.

Mikäli jonkin lohkon päällysrakennekerroksissa käytetään betoni- ja tiilimursketta, kerätään rakentamisen aikana tietoa ja kokemuksia materiaalien työstettävyydestä ja käyttäytymisestä erilaisissa sääolosuhteissa. Rakentamisen aikana valvotaan, että vaadittavat tavoitekantavuudet saavutetaan, niin että päällysrakennekerrosten paksuuksia voidaan tarvittaessa muuttaa. Kentälle tehdään jälkitarkkailuohjelma, jossa mitataan kantavuuksia, routanousuja ja painumia, näin voidaan selvittää betoni- ja tiilimurskeen käyttöä maa-rakentamisessa.

Taulukko 13. Lohko 4:n pinta-alat, leikkausmassat ja putket

Vaihe	Pinta- alat (m ²)	Leikkaus- massat (m ³ ktr)	Muovisen sadevesiviemärin pituus (m)				
			Putkikoko, ulkohalkaisija (mm)				
			560	450	315	250	200

IV-vaihe	7400	6600	32	330	180		

Taulukko 14. Lohkot 1, 2, 3 ja 4 pinta-alat, leikkausmassat ja putket yhteensä

Vaihe	Pinta- alat (m ²)	Leikkaus- massat (m ³ ktr)	Muovisen sadevesiviemärin pituus (m)				
			Putkikoko, ulkohalkaisija (mm)				
			560	450	315	250	200

	35600	53700	228	415	398	150	150
--	-------	-------	-----	-----	-----	-----	-----

Lasketaan leikkausmassojen ja pinta-alan avulla keskimääräinen kaivussyvyys.
(Liite G)

$$\frac{53700 \text{ m}^3\text{ktr}}{35600 \text{ m}^2} = \sim 1,5 \text{ m}$$

Huomataan, että alueelta joudutaan leikkaamaan n. päällysrakenteen
1,5 m paksuuden verran maita. (Liitteet D/1...D12)

10 YHTEENVETO

Insinööriyössä tehtiin yleissuunnitelma UPM-Kymmene Oyj Kajaanin tehtaan puukentän viereiselle Lisätehdasalueelle. Yleissuunnitelma toimii ohjeena ja suuntaa antavana pohjana tulevalle yksityiskohtaisemmalle, mahdollisesti lähiaikoina tehtävälle tarkemmalle tasaus- ja kuivatus-suunnitelmalle.

Perusajatuksena oli, että uusi puukenttäalue tulisi liittymään tasaukseltaan nykyiseen puukenttään jouhevasti, olisi sijainniltaan ja lohkojen muodoltaan mahdollisimman toimiva ja käyttäjien vaatimusten mukainen.

Lähtöaineistoa yleissuunnitelman tekemistä varten oli runsaasti saatavilla, kuten aikaisemmin alueelle tehtyjen erilaisten suunnitelmien pohjakartta-aineistoa ja maaperätutkimuksia.

Lisätehdasalueen kartoituksessa käytettiin takymetrimittauskalustoa maastomittausohjelmineen. Mittaustietojen perusteella alueesta tehtiin kolmiulotteinen maastomallikartta, jota käytettiin suunnittelun pohjakarttana.

Aikaisemmin tehtyjä maaperätutkimuksia hyödynnettiin alueen pohjamaan maalajin ja kantavuuden selvittämisessä.

Uuden puukenttäalueen päällysrakenteet mitoitettiin routimisen perusteella.

Päällysrakennevaihtoehdoissa otettiin huomioon myös tehdasalueen vanhoista rakennuksista saatava kivipohjainen purkujäte, josta murskaamalla saataisiin betoni- ja tiilimursketta rakennekerrokseen.

Hintavertailussa betoni- ja tiilimursketta sisältävät päällysrakennevaihtoehdot olivat kalleimpia ja siksi niiden käyttämiseen maarakentamisessa tulevatkin vaikuttamaan muut arvot, kuten luonnonmateriaalien säästyminen, jätteen määrän väheneminen, kuljetusten ja päästöjen väheneminen ja kaatopaikkatilan pienempi tarve.

Sadevesiviemäreitten mitoituksessa tarkistettiin nykyisten kenttien liitoskaivoista lähtevien putkien vedenjohtokyky ja mitoitettiin uudet putket puukentän lohkojen pinta-alojen mukaan.

Kentän tasauksesta johtuen alueelta tulisi paljon ylijäämämaita, joita voitaisiin käyttää esimerkiksi Olliskannevan Parkinmäen jätehuoltoalueen ympäristien penkereeseen.

Puukentän laajentamisen toteuttamisjärjestyksen eri vaiheissa huomioitiin kentän lohkojen ja sadevesiviemäriinjojen liittyminen ja jatkaminen edellisiin ja seuraaviin vaiheisiin.

Työn aihe oli hyvin mielenkiintoinen ja pyrin tässä työssä yhdistämään aikaisemmat kartoittaja- ja teknikkokoulutukseni sekä monivuotisen alan työkokemuksen ja hyödyntämään nykyisiä kiinteistötalousinsinöörinkoulutuksessa saatuja tietoja ja taitoja.

LÄHDELUETTELO

- 1 Lohkomiskirja. Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n ja Kajaanin kaupungin välinen maanvaihtokirja, 13.5.1993. Toimitusnro 316152-2.
- 2 Viatek Oy, Kajaani Oy:n puukentän laajennus ja Vaakatie, 22.12.1987, työ 1601.
- 3 Insinööritoimisto Oy Väylä, Yhtyneet Paperitehtaat Oy, puutavara-varaston lastausalueen piha-aluesuunnitelma, 28.1.1994, työ 9640
- 4 Insinööritoimisto Oy Väylä, UPM-Kymmene Oyj Kajaani, kuorimon puukenttä, maarakennus- ja päällystystyöt, 1.7.1998, työ 9866.
- 5 Insinööritoimisto Oy Väylä, UPM-Kymmene Oy Kajaani, kuorimon ympäristö ja Sokajärventie, maarakennus- ja päällystystyöt, 18.5.1998, työ 9885.
- 6 Insinööritoimisto Oy Väylä, UPM-Kymmene Oyj Kajaani, Katiskan meluvalli, 7.9.1998, työ 9914.
- 7 Maanmittaushallitus, ilmakuva-toimisto 1959, ilmakuva-lehti y 032 446 ku-L7.
- 8 Planset Oy, UPM-Kymmene Oyj Kajaani, tehdasalueenkartta
- 9 Ahonen, A., Hytönen, L. Yhdyskuntatekniikka. Jyväskylä: Gummerus, 1986. 150 s. ISBN 951-676-336-7.
- 10 Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys. 1997. Helsinki: Suomen kuntaliitto. ISBN 951-598-462-9
- 11 YTV- Jätehuolto.internet <http://www.ytv.fi/jateh/puu.html>

- 12 Virtanen, S. Kainuuseen sijoitettu. Kuvaus Kajaani Oy:n vaiheista vuoteen 1945. Ensimmäinen osa. Helsinki: Kirjapaino F. G. Lönnberg, 1982. 231 s. ISBN 951-99392-4-5.
- 13 Ympäristögeotekniikka. Lohja Rudus: Ympäristöteknologia asiakaslehti. 1997
- 14 Purku 1997. Teknologia katsaus 50/97. Helsinki: TEKES. 1997. ISSN 0782-5420.
- 15 Connet.internet <http://lapo.connet.fi/su/uutiset/larden.html>
- 16 Tietovalli.internet <http://neon.tietovalli.fi/lupa-asiat.htm>
- 17 RIL 126-1987. Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. 103 s. ISSN 0356-9403
- 18 RIL 165. Liikenne ja Väylät osa 2. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. 1985. ISBN 951-758-150-5
- 19 RIL 166. Pohjarakenteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, 1986. ISBN 951-758-108-4
- 20 Teiden suunnittelu, TVL:n ohjeet, kansio B, IV 5.2-5
Kantavuusmitoituksen mitoituskäyrästä 52:7 ja 52:8, 1985.
- 21 Susi, Jorma. Maansiirto- ja rakennussuunnittelu. 17.11.1999. Suullinen tiedonanto.
- 22 Halttu, Harry. RKM. Maarakennusliike R. Pyykkönen. 17.11.1999. Suullinen tiedonanto.
- 23 Härkönen, Pekka. Työpäällikkö. Interasfaltti Oy. 17.11.1999. Suullinen tiedonanto.

- 24 Lumiaho, Seppo. Lumiahon murskaus Oy. 9.11.1999. Suullinen tiedonanto.
- 25 Kunnallistekniset putkistot: asentaminen. Asentajan käsikirja. Uponor. 1986. ISBN 952-90-8001-8