

MELLANAAVANTIEN RAKENTAMINEN

Veli-Matti Huoponen

Opinnäytetyö
Rakennustekniikka
Insinööri (AMK)

2014

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka JA LIIKENNE
Rakennustekniikan koulutusohjelma

MELLANAAVANTIEN RAKENTAMINEN

2014

Veli-Matti Huoponen

Hyväksytty 20.10.2014 Pekka Kämäräinen

Tekniikka ja liikenne
Rakennustekniikka

Tekijä	Veli-Matti Huoponen	Vuosi	2014
Toimeksiantaja			
Työn nimi	Mellanaavantien rakentaminen		
Sivu- ja liitemäärä	47		

Tämä opinnäytetyö sisältää tien suunnittelun teoriaa sekä tien rakentamista käytännössä. Aluksi käsitellään Suomen tiestöä yleisellä tasolla ja vaiheittain tarkentuvaa suunnittelua. Lisäksi käydään läpi tiegeometrian suunnitteluun sekä tierakenteen suunnitteluun liittyviä elementtejä. Teoriaosuuden jälkeen teorian käytäntöön sovelluksena kuvaillaan tien rakentamista.

Mellanaavan jätevedenpuhdistamon tien rakentamisen käsittely käytännön sovelluksena on samalla kuvaus hyvästä suomalaisesta tieosaamisesta. Tien rakentaminen talven olosuhteita hyödyntäen kannatti. Vaikka talvi aiheuttaa ongelmia tietyön aikana niin soratien rakentaminen talvitielle oli edullinen ja nopea keino toteuttaa tämä hanke.

Muita vaihtoehtoja tiehankkeen toteuttamiseksi tarkasteltaessa osoitetaan, että Mellanaavan olosuhteissa tämän tyyppisessä tiehankkeessa ei ole muita kannattavia vaihtoehtoja. Tämän työn selvitykset ja yhteenveto auttavat asiasta kiinnostunutta valintatilanteessa vastaavanlaisessa tierakennushankkeessa.

Avainsana(t)

talvirakentaminen, talvitie, kantavuus

School of Technology
Degree Programme in Civil Engineering

Author	Veli-Matti Huoponen	Year	2014
Commissioned by			
Subject of thesis	The Construction of Mellanaavantie		
Number of pages	47		

The aim of this thesis was to study road construction theory and practical road building. At first the Finnish roads were considered in general level and gradually more detailed road layout planning. The elements of road geometry and road structure planning were also studied. After the theory part the theory was adjusted to practical road building.

Adjusting the theory to building a road to Mellanaapa waste water treatment plant was a good example of Finnish road building knowledge. Building a road considering winter conditions was worthwhile. Though winter causes some problems during the building, it still was an economic and fast way to implement a gravel road in winter.

When considering other options of building the road, it was proved that in conditions as in Mellanaapa this type of road project is the most economic option. The research and summary of this thesis helps people in same kind of road building projects.

Key words: winter building, winter road, gravel road, tonnage

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 YLEISTÄ TIEN SUUNNITTELUN TEORIAA.....	2
2.1 YLEISTÄ.....	2
2.2 Tiestön luokitusta ja pituuksia.....	2
2.3 Tiensuunnittelu	4
2.4 Tiegeometriaa	6
2.4.1 Tien linjaus	6
2.4.2 Tien tasaus	7
2.4.3 Tien sivu- ja viettokaltevuus	8
2.4.4 Optinen ohjaus.....	9
2.5 Tierakennetta	10
2.5.1 Alusrakenne.....	11
2.5.2 Siirtymärakenne.....	12
2.5.3 Päällusrakenne	13
2.5.4 Luiska.....	14
2.5.5 Kuivatus.....	14
2.5.6 Liittymä.....	15
3 MELLANAAVANTIEN RAKENTAMINEN.....	17
3.1 Yleiskuva tierakennushankkeesta	17
3.2 Talvitie	20
3.3 Soratien rakentaminen talvitielelle	23
3.4 Käyttövalmiin tien seuranta kelirikon päättymiseen.....	29
3.5 Soratien viimeistely luovutukseen	33
3.6 Muita vaihtoehtoja tiehankkeen toteuttamiseksi	36
3.6.1 Massanvaihto	37
3.6.2 Työt kesällä	37
3.6.3 Paalutus	38
3.6.4 Massastabilointi	39
3.7 Uuden tien käytön kokemuksia	40
4 YHTEENVETO.....	42
LÄHTEET	45

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Suunnitelmakartta (1.) ja linjaus (2.) (Inarin Lapin Vesi Oy 2012)	17
Kuvio 2. Mellanaavantien kerrokset ja luiskat (Inarin Lapin Vesi Oy 2012)	18
Kuvio 3. Jäädetytyn tiepohjan raivaus, tasaus ja tien linjaus 08.02.2012	22
Kuvio 4. Materiaali jäässä (1.), kaivurilla pehmitys (2.)	24
Kuvio 5. Paalu 435. Teräsrummun penkereen viimeistelyä	25
Kuvio 6. Paalu 1 120. Kiven poistoa tiealueelta	25
Kuvio 7. Kerroksien ajoa merkitylle tielinjalle	26
Kuvio 8. Paalu 750. Suodatinkangas ja geoverkko lisäävät kantavuutta.....	27
Kuvio 9. Kantava kerros ajettiin kahdessa osassa, murske oli tiukassa (1.).....	28
Kuvio 10. Ilmakuva Mellanaavan tiestä 31.03.2012	29
Kuvio 11. Kelirikon alkamisen merkkejä 30.04.2012.....	30
Kuvio 12. Kelirikko haittaa, liikennettä rajoitettava 07.05.2012	31
Kuvio 13. Kelirikon jäljiltä tie säilynyt kunnoltaan hyvänä.....	32
Kuvio 14. Paalu 435. Akujärvenkanavan rummun luiskat vahvistettu louheella	33
Kuvio 15. Sivu- ja laskuojat sekä luiskat viimeistely 06.06.2012	34
Kuvio 16. Päällysteen vetoa kuorma-autolla (KA) 29.06.2012	35
Kuvio 17. Tiehöylä (TH) viimeisteli vedetyn murskepäällysteen 29.06.2012	35
Kuvio 18. Geovahvisteiden laidan kääntö tukee tien kantteja (Tiehallinto 2006. 5)....	36
Kuvio 19. Paalu 900. 20 cm syvä loiva painuma 10 metrin matkalla 18.04.2014	40
Taulukko 1. Maantiet kilometreissä 01.01.2013 (Liikennevirasto 2013b, 25)	4
Taulukko 2. Suunnitellut materiaalit (Inarin Lapin Vesi Oy 2012)	20

1 JOHDANTO

Allekirjoittanut on kiinnostunut rakennusalasta ja tällä hetkellä nimenomaan tierakentamisesta, koska on työskennellyt viime vuodet maarakennusalalla teiden rakennus-, korjaus- ja ylläpitotehtävissä. Tien suunnittelusta ei ole kokemusta, mutta nyt oli mahdollisuus perehtyä hieman tien suunnitteluun tien rakentamisen ohessa. Opinnäytetyön alussa selvitetään yleistä tien suunnittelun teoriaa jonka jälkeen tarkastellaan tavallaan teorian sovelluksena käytäntöön esimerkkikohdetta, jossa rakennetaan tie jätevedenpuhdistamolle.

Teoriaosuudessa luodaan lyhyt katsaus Suomen tiestöön yleisellä tasolla ja tarkastellaan vaiheittain tarkentuvaa suunnittelua. Lisäksi käydään läpi tiegeometrian suunnitteluun sekä tierakenteen suunnitteluun liittyviä elementtejä. Teoriaosuuden jälkeen teorian käytäntöön sovelluksena kuvaillaan mielenkiintoinen esimerkki tien rakentamisesta.

Alkuvuodesta 2012 rakennettiin uusi 1 136 m pitkä tieyhteys turvemaan ja kostean jängän ylitse Ivalon jätevedenpuhdistamolle. Opinnäytetyön käytännön sovelluksena käsitellään tuota Mellanaavan jätevedenpuhdistamon tien rakentamista ja rakentamisessa käytettyä menetelmää sekä kantavuuteen liittyviä asioita. Lisäksi tarkastellaan vaihtoehtoisia toteutusmenetelmiä. Tämän työn selvitykset ja yhteenveto auttavat asiasta kiinnostunutta valintatilanteessa vastaavanlaisessa tierakennushankkeessa. Allekirjoittanut sai hyvän kuvan suomalaisesta tieosaamisesta – ohjeistus, suunnittelu ja rakentaminen sekä koulutus.

2 YLEISTÄ TIEN SUUNNITTELUN TEORIAA

2.1 Yleistä

Liikennevirasto huolehtii liikenteen palvelutason ylläpidosta ja kehittämisestä sekä vastaa muun muassa Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) toiminnallisesta ohjauksesta toimialallaan. Sen tehtävänä on kehittää liikennejärjestelmää yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Käytännössä alueelliset ELY-keskukset toimivat tienpidon viranomaisena, joka teettää tien suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon kyseisiä palveluja tuottavilla yrityksillä. (Laki Liikennevirastosta 862/2009, 1§, 2§; Maantielaki 503/2005, 8§–11§.)

Teiden rakentamiseen osallistuvat myös kunnat alueillaan ja ovat mukana maakuntien ohella maantielakiin ja -asetukseen sekä maankäyttöä koskevassa lakeihin perustuvassa suunnittelussa. Lisäksi varsinkin haja-asutusalueilla on lukuisa joukko yksityisteitä, joita ylläpitävät yleensä järjestäytyneet tiekunnat. Yksityisteihin liittyviä asioita ohjaa ja valvoo sekä avustaa ELY-keskukset ja kunnat. (Liikennevirasto 2010a, 15–17.)

Maa-, vesi- ja ilmaliikenne ovat järjestäytyneen yhteiskunnan kannalta elintärkeitä. Tämän vuoksi liikenneväyliä kannattaa suunnitella ja rakentaa kuin myös ylläpitää erityisen huolellisesti. Miten se onnistuu? Jostakin on lähdettävä liikkeelle. Hyvän lähtökohdan tilanteen ratkaisemiseen tarjoaa liikenneväylien luokittelu toiminnallisesti, teknisesti tai kunnossapitotason määrittelyjän palvelutason mukaan. Luokittelulla asetetaan hankkeet tärkeysjärjestykseen. Näin pyritään ohjaamaan resursseja oikeisiin kohteisiin.

2.2 Tiestön luokitusta ja pituuksia

Liikenneviraston alaisuuteen on saatettu tie-, rauta- ja vesiliikenne. Tällä hetkellä on paineita yhtenäistää väyläluokitusta helpottamaan edelleen kunnossapidon suunnittelua ja ohjausta. On olemassa luonnos kuusiportaisesta luokittelusta, joka perustuu ensisijaisesti liikennemääriin. Lisäksi olisi joukko apukriteereitä. Tänä päivänä on kuitenkin vielä käytössä teiden merkitsevyyttä kuvaavia perusluokituksia, kuten toiminnallinen luokitus, liikennemäärään perustuva luokitus, päällystettyjen teiden ylläpitoluokitus, teiden talvihoito-luokitus ja soratieluokitus. Toiminnallinen ja liikennemääräluokitus ovat ehkä

tärkeimpiä ja muut luokitukset perustuvat paljolti niihin. (Liikennevirasto 2012b, 9, 12.)

Yleiseen liikenteeseen luovutetut tiet eli maantiet (Taulukko 1) on valtiovalta luokitellut seuraavasti. Valtatiet muodostavat maantieverkon rungon palvelen yhteysliikennettä tärkeiden asutus- ja liikennekeskusten välillä. Kantatiet täydentävät tuota valtatieverkkoa ja näin muodostuu päätieverkko. Lisäksi on joukko alemman luokituksen teitä, kuten kokoavat seututiet sekä lukuisa joukko paikallista liikennettä palvelevia yhdysteitä. (Liikennevirasto 2012b, 12–13; Maantielaki 503/2005, 4§.)

Luokittelukriteerinä liikennemäärä ohjaa konkreettisesti suunnittelua ja kunnossapitoa koska siinä selvästi kysytään yhteyspalvelua. Keskimääräinen vuorokausiliikenne on helposti saatavissa teknisillä lukulaitteilla. Kun liikennemäärällä luokittelu yhdistetään valtiovallan määrittelemään toiminnalliseen luokitteluun niin saadaan jo aika luotettavia perusteita tiestön suunnitteluun ja ylläpitoon. Edellä mainituista seikoista on johdettu liikennettä palveleva päällystettyjen teiden ylläpitoluokitus, asiakkaiden tarpeita huomioiva teiden talvihoitoluokitus sekä vilkkaat ja vähäliikenteiset tiet erotteleva soratieluokitus. (Liikennevirasto 2012b, 12–19.)

Maantieverkkoa täydentävät kuntien ylläpitämät asemakaavan mukaisesti rakennetut kadut ja kaavatiet. Katualue käsittää yleensä varsinaisen ajoradan, jonka laidassa tai molemmin puolin voi olla jalkakäytävä. Lisäksi on vielä kevytliikenneväyliä. Nuo väylät johtavat monesti taajamista haja-asutusalueille palvelen muun muassa jalankulkua sekä pyöräilyä. Haja-asutusalueilta löytyy paljon erilaisiin tarpeisiin liittyviä yksityisteitä. Lisäksi voidaan vielä mainita yleiseltä tieltä pihapiiriin johtava kansalaiselle tärkeä oma tie. (Liikennevirasto 2010b, 34; Metsäteho Oy 2001, 1, 3.)

Suomen teistä maanteitä on noin 79 000 km. Lukuun sisältyy rampit ja lautavälit sekä 780 km moottoriteitä ja 122 km moottoriliikenneteitä (Taulukko 1). Maantieverkolta löytyy vielä sorapäällysteisiä teitä 27 130 km, kevyenliikenteen väyliä 5 249 km ja siltoja 14 770 kpl. Yhteensä Suomen tiestön pituus on noin 466 000 km ja siihen sisältyy 29 000 km kuntien katuja ja kaavateitä sekä yksityisteitä 358 000 km ja nuo edellä mainitut maantiet 79 000 km. Yk-

sityisteistä noin 90 000 km palvelee pysyvää asutusta ja noin 125 000 km palvelee metsätalouden tarpeita, jossa on mukana varmaan pysyvän asutuksen teitäkin. Kokonaismäärät eivät ole ihan kilometrin tarkkaa, mutta hyvin lähellä oikeaa määrää. (Liikennevirasto 2013b, 25; Metsäteho Oy 2001, 1; Suomen Tieyhdistys 2014.)

Taulukko 1. Maantiet kilometreissä 01.01.2013 (Liikennevirasto 2013b, 25)

ELY-keskus	Päätieverkko				Yhteensä	Lisäksi			Maanteillä	
	Valtatiet	Kantatiet	Seututiet	Yhdystiet		Ramppeja	Lauttavälejä	Yhteensä	Moottoritiet	Moottoriliikennetiet
Uusimaa	1067	402	1439	6228	9135	501	1	9637	421	42
Varsinais-Suomi	708	329	1038	5851	7926	131	46	8103	104	-
Kaakkois-Suomi	555	88	619	2809	4071	90	1	4162	27	17
Pirkanmaa	544	318	771	3437	5071	141	-	5211	89	19
Pohjois-Savo	1357	872	2918	10883	16030	142	4	16177	42	3
Keski-Suomi	687	348	900	3393	5329	45	-	5373	15	23
Etelä-Pohjanmaa	922	577	1368	5807	8675	36	1	8712	11	1
Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu	1497	775	2367	8150	12788	57	8	12852	36	17
Lappi	1265	1021	2145	4656	9086	37	0	9123	34	-
Koko maa	8603	4729	13565	51213	78109	1180	62	79351	780	122

ELY-keskus rakennuttaa yleensä maantiet, mutta valtakunnalle erittäin tärkeät hankkeet keskitetään Liikenneviraston vastuulle. Kadut ja kaavatiet rakennuttaa kaupunki tai kunta ja yksityistiet rakennuttaa sen osakkaat tai maanomistaja. Rakennuttaja yleensä kilpailuttaa tien rakentamisen, mutta monesti pidätetään oikeus hylätä tai hyväksyä tarjoukset ja rakentaa tie kokonaan tai osittain omana hankkeena. (Liikennevirasto 2014b.)

Ennen kuin tien rakentamispäätös tehdään tulee selvittää ”Miksi tie pitäisi tehdä?”. Tämän vuoksi aloitetaan tiensuunnittelu, joka voi johtaa tien rakentamispäätökseen, josta edelleen aloitetaan tierakenteiden suunnittelu. Kun tierakenteiden suunnittelu saadaan päätökseen aloitetaan varsinainen tierakentaminen. (Liikennevirasto 2014b.)

2.3 Tiensuunnittelu

Tiensuunnittelu on osa suunnittelujärjestelmää, jossa liikenne, maankäyttö ja alueet yhdyskuntasuunnittelulla ohjataan tuottamaan hyvälaatuisia palveluita

ihmisille ja heidän lähiympäristöön. Tiehankkeiden suunnittelu on vaiheittain tarkentuva prosessi ja vaihtoehtojen määrää vähennetään suunnittelun tarkentuessa. Näin suunnittelua voidaan kohdistaa rajatumpaan kokonaisuuteen suunnittelun edetessä. Kansalaisilla ja suunnittelun osapuolilla on mahdollisuus vaikuttaa suunnitteluun ja suunnittelu voidaan keskeyttää jos suunnittelun jatkamiselle ei ole riittäviä perusteita. (Liikennevirasto 2010a, 4, 7.)

Tiensuunnittelu parhaimmillaan johtaa toteamukseen, että parannetaan jo olemassa olevaa tietä tai rakennetaan uusi tie. Yhtä hyvä vaihtoehto on tietyn tien suunnittelun keskeyttäminen perusteettomana ja voimavarojen ohjaus paremmin palvelemaan tiekohteeseen. Maa-alueiden käyttöä ohjataan kaavoituksella ja sillä luodaan edellytykset hyvälle ja toimivalle elinympäristölle. Tiensuunnittelussa voidaan erotella neljä vaihetta, esisuunnittelu, yleissuunnittelu, tiesuunnittelu ja rakennussuunnittelu. Vaiheet liittyvät maankäytön suunnitteluun tavallaan kukin eri kaavatasolla. (Liikennevirasto 2010a, 7.)

Esisuunnitteluvaiheessa ELY-keskukset selvittävät yhteistyössä maakuntien ja kuntien kanssa tiehankkeiden tarvetta sekä ajoitusta maakuntakaavan ja yleiskaavan tasolla. Esiselvityksessä hahmotetaan tavoitteet ja vaihtoehdot sekä kustannusennusteet. Seuraavaksi yleissuunnitelmassa määritellään tien paikkaa ja tilantarvetta sekä suhdetta ympäröivään maankäyttöön yleiskaava- tai asemakaavatasolla. Yleissuunnittelussa käydään laajaa vuoropuhelua kansalaisten ja viranomaisten välillä määritellen ympäristöhaittojen torjumisen, tieympäristön maisemoinnin ja viheralueiden käsittelyn periaatteet. (Liikennevirasto 2010a, 7–8.)

Kun aloitetaan tiesuunnittelu niin se on jo yksityiskohtaisempaa suunnittelua asemakaavatasolla. Siinä määritellään tien tarkka sijainti ja teitä varten tarvittavat alueet sekä muun muassa kevyen liikenteen järjestelyt. Tiesuunnittelun tuloksena saadaan kustannusarvio ja mahdollinen kustannusten jako. Neljäs vaihe tiensuunnittelussa on rakennussuunnittelu. Rakennussuunnittelu liittyy hankkeen toteuttamiseen ja sitä tehdään usein rakentamisen yhteydessä. Tässä vaiheessa saadaan rakentamisessa tarvittavat asiakirjat, kuten pituus- ja poikkileikkaukset sekä suunnitelmapaketti. Näin muodostuu kuva tien moniulotteisesta geometriasta ja rakenteesta. Pienemmissä tiehankkeissa tie- ja

rakennussuunnitteluvaiheet voidaan yhdistää, kun se on selvästi edullista. (Liikennevirasto 2010a, 7.)

2.4 Tiegeometriaa

Tie suunnataan ympäristöön ja maastoon ottaen huomioon maankäyttö, luonto ja arvokas maisema. Tielinjan ja tasauksen sekä poikkileikkauksen avulla tien geometrinen muoto määritellään siten, että tien ja liikenteen haitat minimoidaan ja tie palvelee käyttäjiään mahdollisimman hyvin sekä on taloudellinen ylläpitää. Tiegeometria on tärkeää monessa suhteessa ja tie suunnitellaan tavallaan tasogeometrian käsitteillä suora, kaari ja piste sekä taso ja kulma. Tien vaaka- ja pystytaso yhdistyvät sujuvasti määriteltyjen pisteiden ja kaarien avulla toimivaksi liikennettä palvelevaksi väyläksi. Usein tielle suunniteltu ajonopeus ja erityyppiset näkemät ohjaavat suunnitteluelementtien arvojen laskentaa ja taulukointia. (Liikennevirasto 2013c, 7, 22.)

2.4.1 Tien linjaus

Tien sijainti linjataan maastoon käyttäen suoraa, ympyräkaarista ja siirtymäkaaria. Linja osoittaa yleensä ajoradan keskikohdan, mutta kaksiajorataisella tiellä tielinja voi osoittaa keskikaistan keskikohdankin. Suora suunnitteluelementtinä on kiitollinen näkemä- ja ohitusmahdollisuuksiensa vuoksi, mutta se ei sovi kovin hyvin mäkiseen maastoon. Toisaalta suora ei voi olla kovin pitkäkään, koska se häiritsee erityisesti kuljettajaa tilanteen, nopeuden tai etäisyyden arvioinnissa. Pitkällä suoralla vastaantulevan valot voivat myös tuottaa ongelmia jo kaukaakin. Suositeltava suoran pituus maksimissaan voisi olla 2 000 m. Moottori- ja moottoriliikenneteillä on yli 3 000 m suoriaakin, mutta nämä tiet suunnitellaan teknisesti hyvinkin vaativalle liikenteelle. (Liikennevirasto 2013c, 33, 40.)

Tielinjan ympäristöystävällisyyttä ohjataan suorien lisäksi ympyräkaarilla. Kaaren säteen tulee olla mitoitusnopeuden mukainen ja esimerkiksi moottoriteillä käytetään kaarteissa helpostikin yli 3 000 m:n säteitä. Yleensä kaarteissa ajorata on kaaren sisäreunaan kallistuva. Normaalisti ajoradan eri suuntiin johtavat kaistat kallistuvat keskiviivasta omille puolilleen johtaen vedet pois tien pinnalta. Kaarteissa sisäkaarteeseen kallistus kuitenkin vähentää merkittävästi keskipakovoimaa ja estää auton liukumista ulos tieltä. Kallistukset

ovat yleensä alle 5%:n. Kaarteissa tulee kiinnittää huomiota myös näkemävaatimukseen erityisesti sisäkaarten puolella. (Liikennevirasto 2013c, 33–36.)

Laajat kaaret, joilla on suuri säde, voidaan yhdistää suoriin tai toiseen kaareen sellaisenaan, mutta yleensä tarvitaan siirtymäkaari väliin. Siirtymäkaaren kaarevuus muuttuu lineaarisesti pehmentäen kaarevuuden muutoksen epämiellyttävää sivukiihtyvyyttä. Siirtymäkaari, eli niin kutsuttu klotoidi, aikaansaa tielle optisesti joustavan muodon. Yleensä klotoidin taitekulma on välillä 3,5–31,8 gon. Arvon valintaan on tehty taulukoita, jotta tie saataisiin kokemuksen kautta mahdollisimman joustavan näköiseksi. (Liikennevirasto 2013c, 36–39.)

Tie voidaan rakentaa pelkästään laajoista kaarista, joihin tarpeen mukaan yhdistetään siirtymäkaaria tai tie muodostetaan kaarien, klotoidien ja suorien yhdistelminä parhaan linjauksen saamiseksi. Kahta samansuuntaista kaarta ei tulisi yhdistää ainakaan lyhyellä suoralla ulkonäkönsä vuoksi. Normaalisti kaariyhdistelmänä käytetään kaaren molemmin puolin klotoidia eli kolmea elementtiä. Pelkästään siirtymäkaarien käyttämistä kaarteissa pyritään välttämään. (Liikennevirasto 2013c, 40–41.)

2.4.2 Tien tasaus

Tien kulku vaihtelee maastossa ja tien pinnan korkeusasemaa sekä korkeusaseman vaihtelua tien pituussuunnassa osoitetaan tasausviivalla. Tasausviiva kulkee yleensä ajoradan keskellä paikassa, jossa eri suuntiin vievien kaislojen kallistukset kohtaavat. Tämä teoreettinen korkeus voidaan sijoittaa keskikaiteellisella tiellä keskialueen keskellekin. Toisaalta vastakkaisille ajoradoille voidaan tarpeen mukaan suunnitella kummallekin oma tasausviivansa. Näkemäolosuhteisiin ja tien ulkonäköön vaikuttaen tasausviiva suunnitellaan ympäristöönsä pyöristyskaarien ja suorien avulla. Tien pituuskaltevuus voi vaihdella välillä 4–10%. Vaativammilla tieosilla käytetään lähempänä 4%:n pituuskaltevuutta. (Liikennevirasto 2013c, 41.)

Vaakasuora ja suoraviivaisesti laskeva tai nouseva tasaus mahdollistaa hyvät näkemät edellyttäen, että tielinjan kaarevuus ei aiheuta näkemäesteitä. Suoran tasauksen heikko puoli on vastaantulevien ajoneuvojen valaistuksen häiritsevyys, jos tielinjakin on samalla kohtaa suora. Pitkät suorat tasaukset

sopivat hyvin korkeusvaihtelultaan melko maltilliseen ympäristöön. (Liikennevirasto 2013c, 42.)

Suoraviivaiset tasaukset ja niiden jatkeiden taitekohdat yhdistetään pyöristyskaarella joko koveralla, kun taitekohdan kulman kärki osoittaa alaspäin tai kuperalla kaarella kulman osoittaessa ylöspäin. Kuperakaari aiheuttaa helposti näkemäesteen. Sitä ei tulisi käyttää paikoissa, joissa tarvitaan hyvää näkemää, kuten lähestyttäessä liikenneympyrää. Hyvää näkemää vaadittaessa tulee käyttää koveraa pyöristyskaarta tai suoraa tasaustakin. (Liikennevirasto 2013c, 42–44.)

Pyöristyskaarien säteelle on määritelty arvoja eri olosuhteisiin ja paikkoihin. Arvon valinta perustuu suunnittelunopeuteen. Koveralle ja kuperalle pyöristyssäteelle on kummallekin omat taulukkonsa. Taulukoissa ilmoitetaan yleensä ohje- vähimmäis- ja välttävä arvo. Pyöristyskaaren säde voi minimissään olla alle 100 m, mutta vaativammalla tieosalla kovalla suunnittelunopeudella käytetään yli 50 km:n kuperia säteitäkin. (Liikennevirasto 2013c, 42–44.)

2.4.3 Tien sivu- ja viettokaltevuus

Tie kallistetaan kuivatuksen vuoksi tielinjasta kohtisuorasti sivusuuntaan 3–5%. Yleensä yksiajoratainen tie kallistetaan suorilla osuuksilla keskiviivalta pois päin ja kaarteissa vähennetään ajoneuvoon kohdistuvaa keskipakovoimaa kallistamalla koko tie sisäkaarteeseen suuntaan. Kaarteeseen alussa kaksisuuntaisen tien ulkokaarre kaltevuus nousee tasaisesti sisäkaarteeseen kaltevuuden tasolle ja kaarteeseen päättyessä palautuu tasaisesti takaisin. Sivukaltevuuden ja pituuskaltevuuden geometrinen summa, viettokaltevuus, toimii sekin kostean tien kuivattajana. Viettokaltevuus vaihtelee enimmillään 6%:sta 13%:iin. Yleensä tielinjan viettokaltevuus on vähintään 2% ja esimerkiksi tasoliittymän kohdalla sen tulee olla alle 5%:ia. (Liikennevirasto 2013c, 47–48.)

Sivukaltevuuteen aiheuttaa muutoksia muun muassa kaarevuuden muutos suoraksi, siirtyminen suurisäteiseltä ympyräkaarelta pienisäteiseen ympyräkaareen tai päinvastoin. Myös kaarevuuden suunta voi muuttua, jolloin tien kaltevuus voi muuttua yksipuolisesta kaltevuudesta vastakkaiseen suuntaan yksipuoliseksi kaltevuudeksi. Muutokset voidaan toteuttaa siirtymäkaaren matkalla, jos sellainen on kaarteessa. Ilman klotoidia olevissa muutoskohdis-

sa kaksi kolmasosaa kallistuksesta muutetaan suoralla osalla ja loput ympyräkaarella. Pientareen kallistus riippuu sen leveydestä. Alle 1,5 m piennar kallistuu ajoradan mukaan ja leveämpi kallistuu keskiviivasta poispäin. Soratien piennar tulee muotoilla aina keskiviivasta poispäin 5–10%. (Liikennevirasto 2013c, 48–53.)

2.4.4 Optinen ohjaus

On tutkittu kuljettajien toimintaa tiellä ajon aikana ja selvitetty muun muassa, että suorilla katse suuntautuu eteenpäin tielle ja kaarteissa tangentin ja tien suuntaan. Katse ottaa samalla kiinnekohtia ympäristöstä. Kuljettaja orientoituu ajoympäristöön tiemaisemasta löytämiensä kiinnekohtien avulla. Kun tuo tiedetään niin tieympäristö suunnitellaan ja tarpeellinen rakennetaan, jotta liikenne toimii ja on mahdollisimman turvallista sekä ympäristöystävällistä. Kuljettajalle tuotetaan oikeaa, ohjaavaa ja selkeää informaatiota tilannetajunnan ylläpitoon sekä päätöksen tekoon. (Liikennevirasto 2013c, 16, 53–56.)

Tie voidaan suunnitella viihtyisäksi linjaamalla tie vesistöjen vieritse, ohjaamalla tie kulkemaan miellyttävän maalaismaiseman sivu tai viemällä linja mahtavan maamerkin ohitse. Tielinjan ja tasauksen muutokset tulee suunnitella hyväksytyillä mitoitusparametreilla. Suomen keliolosuhteet vaihtelevat ja esimerkiksi talvella käytetään aurausviittoja tien ylläpidon sekä käyttäjien toiminnan turvallisuuden takaamiseksi. Kaikesta huolimatta niin kutsutut pakopisteet voivat asettaa koviakin haasteita ja kuljettajan optista ohjausta voidaan tehostaa vaikka kaiteilla, valaistuksella tai nopeusrajoituksella. (Liikennevirasto 2013c, 16–17.)

Tien leveys ja poikkileikkaus vaihtelevat johtuen muun muassa liikennemäärästä, nopeuden muutoksista ja ympäristöstä. Muutoskohta tulee valita siten, että liikenneturvallisuus ei vaarannu tai se paranee ja näkemävaatimukset täyttyvät. Mitoitusnopeus ja mitoitusajoneuvo ohjaavat ja ovat hyviä välineitä oikeaan ratkaisuun. (Liikennevirasto 2013c, 16, 53–56.)

Liikenneturvallisuutta parannetaan suunnittelemalla tie tienkäyttäjää optisesti ohjaavaksi. Kuljettajan pitää pystyä ennakoimaan tien muutoksia esimerkiksi tieympäristön tai tiemerkintöjen perusteella. Tie on sovitettava maastoon siten, että ajoneuvon kuljettaja näkee korkeintaan kaksi tielinjan ja tasauksen

kaarta kerrallaan. Jos niitä näkyy enemmän niin asiantuntijat arvelevat sen aiheuttavan ylimääräistä "hälinää" kuljettajan ajatuksiin. (Liikennevirasto 2013c, 56–59.)

2.5 Tierakennetta

Maantiehen kuuluu ajorata pientareineen ja muut liikenteen käyttöön tarkoitettut alueet, kuten jalkakäytävä ja pyörätie, erikoiskuljetustie, pysäköintipaikka tai -alue, joukkoliikennettä ja sen käyttöä palveleva alue taikka levähdys-, varasto- tai kuormausalue. Lisäksi maantiehen kuuluu edellä mainittujen alueiden säilymistä ja käyttämistä varten pysyvästi tarvittavat ja niihin välittömästi liittyvät rakenteet, rakennelmat ja laitteet. Edellä mainitut muodostavat yhdessä maantien tiealueen. Tiealue, jonka rajoja ei ole kiinteistötoimituksessa määrätty, ulottuu kahden metrin etäisyydelle ojan tai, missä ojaa ei ole, tieluiskan tai -leikkauksen ulkosyrjästä. (Maantielaki 503/2005, §5.)

Maantiehen kuuluu vielä liikenteen ohjauslaitteet ja muut tienkäyttäjien opastukseen tarvittavat rakenteet, rakennelmat ja laitteet, sekä muut tienpitoa taikka liikennettä tai sen haittojen ehkäisemistä varten tarpeelliset alueet, rakenteet, rakennelmat ja laitteet, kuten melueste ja riista-aita. Lisäksi maantiehen kuuluu varalaskupaikka, joka on määrätty tiehen liitettäväksi, sekä alue, joka tarvitaan valtakunnan rajan ylittävästä tieliikenteestä aiheutuvia toimintoja varten. (Maantielaki 503/2005, §5.)

Tierakenteen kuntoa kuvaa monesti tienkäyttäjien kokemat asiat. Tierakenteen palvelutaso sisältää noita käyttäjän kokemia tierakenteen ominaisuuksia. Tärkeimpinä mainittakoon pituussuuntainen tasaisuus, päällysteen pinnan ominaisuus, kevään routaheitot, tien poikittainen tasaisuus, sorateiden irtosoran määrä, kuraisuus ja pölyäminen. Edellä mainitut seikat vaikuttavat tienpitäjän kannalta kunnossapitokustannuksiin ja tienkäyttäjien kannalta liikenneturvallisuuteen, ajonopeuteen ja ajomukavuuteen. Lisäksi tieympäristöön välittyvä melutaso huomioidaan palvelutasoa arvioitaessa. Palvelutaso muuttuu vähitellen, koska tierakenne muuttuu koko ajan kulumisen myötä tai deformaatiosta johtuen. Palvelutasoa voidaan ylläpitää pitempään valitsemalla kestäviä rakennusmateriaaleja tierakenteisiin ja käyttämällä tilanteeseen sopivia ylläpitotoimia riittävästi. (Tiehallinto 2004, 10.)

Tierakenteiden suunnittelulla pyritään hyvään laatuun, ympäristöhaittojen minimoimiseen ja valitun palvelutason edulliseen ylläpitoon. Tien palvelutasolle ja ympäristövaikutuksille asetetut vaatimukset tulee täytyä koko tien käyttöön. Tien linjauksen ja tasauksen suunnittelu ovat tärkeitä vaiheita, mutta yhtä tärkeää on suunnitella tien rakenteet oikein. Tierakenteen poikkileikkauksesta saa hyvän kuvan tien alus- ja päällysrakenteesta sekä siirtymärakenteista ja tietä vahvistavista muista rakenteista, kuten luiskasta. (Tiehallinto 2004, 10.)

2.5.1 Alusrakenne

Pohjamaan ja tien päällysrakenteen väliin jäävää pengertäytettä, raivattua ja muotoiltua kovaa pohjaa tai vahvistettua pohjamaata nimitetään alusrakenteeksi. Joskus käytetään nimitystä pohjarakenne. Alusrakenne koostuu pohjamaan muotoilusta, leikkauksista ja penkereistä pohjavahvistuksineen. Pohjamaan sekä sen rakennemateriaalien tulee täyttää tietyt standardien asettamat vaatimukset, kelpoisuusluokat, alusrakenneluokat olosuhdeluokkineen. Tiealueen olosuhteista tehdään geoteknisiä tutkimuksia ja mittauksia joiden perusteella laaditaan pohjarakennussuunnitelma. Suunnitelmassa esitetään ainakin laatuvaatimukset, esitys perustamistavasta ja työselitykset sekä piirustukset pohjarakenteista ja pohjatutkimuksesta. (Liikennevirasto 2012a, 9–10; Tiehallinto 2004, 36–37; Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 29.)

Alusrakenteesta voidaan erotella rakenteensa ja sijoituksensa mukaan maaja louhospenkereitä, kevyitä penkereitä, vasta- ja ylipenkereitä ja maalaatikkoja. Perinteisin rakenne on maapenger, ja se voi olla leikkaukseen muotoiltu pohja tai sitten leikkauksesta ajettu muotoiltu penger. Sivukaltevalle saven peittämälle kalliolle pengerrys parhaimmillaan aloitetaan louheella, jolloin louhe toimii tavallaan kiilana varsinaisen penkereen alla. Ylipengertä käytetään penkereen painumisen nopeuttamiseksi. Vastapenkereellä lisätään sekä rakentamisen aikana, että rakentamisen jälkeen varsinaisen tiepenkereen vakavuutta. (Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 29–32.)

Hyvä keino tasalaatuistaa tiepohjaa ovat maalaatikot esimerkiksi routivissa leikkauksissa. Maalaatikot voidaan korvata hyvillä lämpöeristeilläkin, mutta vaativimmissa kohteissa routarajan yläpuoliset osat tasalaatuistetaan routi-

mattomilla maalaatikoilla. Kokemus on osoittanut, että maalaatikat routivat myöhemmin, jos on valittu paikkaan sopimaton täyttöaines routarajan yläpuolelle. (Tiehallinto 2004, 47–51; Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 31.)

2.5.2 Siirtymärakenne

Alusrakenteen kantavuuseroja tasataan esimerkiksi louheesta rakennetuilla kiiloilla, ne sijoitetaan erilaisten materiaalien ja rakenteiden rajakohtiin. Siirtymäkiiloja tehdään yleensä suodatinkerroksen materiaalista. Siirtymärakenteena kiiloja käytetään alusrakenteen tai pohjamaan vaihtelujen mahdollisesti aiheuttamien haittavaikutuksien ennaltaehkäisyyn. Siirtymäkiila tasaa yleensä routanousuja, mutta myös rakenteen tiivistymiseroja ja pohjamaan painumaeroja. Siirtymärakenteet ovat yleensä tien pituussuuntaisia, mutta tien poikkisuuntaisiakin siirtymärakenteita tarvitaan sivukaltevassa maastossa ja kallioleikkauksiin liittyen. Leikkausten alku- ja loppupäät kiilataan loivasti häiriintymättömän maan päälle painumien tasoittamiseksi. (Tiehallinto 2004, 46; Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 31.)

Siirtymärakenne voidaan rakentaa vaikka louheesta tai hiekasta, mutta se voidaan tehdä eristelevyistäkin riippuen paikasta johon se rakennetaan. Siirtymärakenteena tai sellaisen lisänä voidaan käyttää pohjamaan löyhdyttämistä ja uudelleen tiivistämistä. Myös salaojaa tai suoto-ojaa voidaan käyttää pohjaveden pinnan alentamiseksi ja kosteusolojen tasoittamiseksi tiealueella. (Tiehallinto 2004, 49; Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 31.)

Kun rakennetaan rumpu routivalle pohjamaalle niin sen pituussuuntaisia routanousueroja voidaan tasata siirtymärakenteilla. Esimerkiksi rummun ympäristäyttö tehdään siten, että alaosa vähän yli puoleen väliin rummun korkeudesta rakennetaan routimattomasta maasta. Tällä ratkaisulla routa ei nostele rumpua vähitellen ylöspäin. Ympäristäytön yläosa tehdään tässä tapauksessa routivasta maa-aineesta ja siihen liitetään vaikka samasta routivasta maa-aineesta tehty siirtymäkiila. Näin varmistetaan rummun kohdalla sen yläpuolella olevan tienpinnan routanousu muuta tietä vastaavaksi. Itse rumpu säilyy stabiilina, ja näin se ei ole alttiina roudan vaikutuksille. (Tiehallinto 2004, 50.)

2.5.3 Päälysrakenne

Alusrakenteen päälle rakennettava päälysrakenne ottaa vastaan liikenteen kuormituksen ja siirtää ne alusrakenteeseen. Päälysrakenne voidaan jakaa karkeasti neljään osaan. Alusrakenteesta ylöspäin lukien rakennetaan suodatinkerros, jakava kerros, kantava kerros ja ylimpänä päällyste. Suodatinkerros estää alus- ja päälysrakenteen ainesten sekoittumisen sekä veden kapillaarisen nousun. Suodatinkerros voidaan joissakin tapauksissa korvata suodatinkankaalla. Toisaalta jos alusrakenteen maa-aines on routimatonta niin suodatinkerros voitaisiin jättää kokonaan pois. Tällöin jakava kerros kannattaa tehdä suodatinkerroksen kaltaisesta materiaalista. (Tiehallinto 2004, 28.)

Tielle asetettu palvelutaso vaikuttaa siihen kuinka paljon rakenteisiin sijoitetaan. Jos alemman luokan tielle rakennettavan suodatinkerroksen päälle tuleva jakava kerros on hiekkainen ja tavallaan suodatinkerroksen aineksesta tehty niin suodatinkerros voidaan yhdistää jakavaan kerrokseen. Jakava kerros lisää tien kantavuutta ja toimii oikeanmuotoisena alustana päälle tuleville rakenteille. Luonnonsora on hyvä jakavan kerroksen materiaali, kun suurimmat kivet ovat läpimitaltaan alle puolet tiivistettävän kerroksen paksuudesta. (Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 32.)

Palvelutason salliessa ohennettu jakava kerros voidaan tehdä päälle tulevan kantavan kerroksen aineksesta, jolloin se rakennetaan kantavan kerroksen kanssa samanaikaisesti. Kantavan kerroksen tehtävänä on nimensä mukaisesti lisätä kantavuutta ja muodostaa joustamaton pohja päällysteelle. Kestopäällystettävillä teillä tämä kerros voidaan tehdä kahdesta rakenteeltaan erilaisesta osasta. Alempi kerros voisi olla murskesoraa tai maabetoniakin ja ylempi kerros bitumisoraa tai asfalttibetonia. Yleensä kantava kerros on yksi-kerroksinen 0–65 mm murskesora. (Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 32–33.)

Tien pinta viimeistellään päällysteellä, jonka laatu ja paksuus perustuu liikennemääriin tai pikemminkin tielle asetettuun palvelutasoon. Päällyste voi olla asfalttia, asfalttibetonin eri versioita tai betonia. Soratiet on monesti pyritty päällystämään öljysoralla tai tien pintaan on ajettu ohut, noin viisisenttinen, 0-16 mm savimurskesora. Sorapintainen tie on helppohoitoinen, se vaatii routakevään jälkeen vain muokkauksen, tasauksen ja pölynsidonnan niin

helpostikin päästään kuivemman kesän yli seuraavaan talveen. (Tiehallinto 2004, 28, 56.)

Päällystekerros voidaan rakentaa useammastakin kerroksesta siten, että alempikerros on aina kosteutta läpäisevämpää suhteessa ylempiin kerroksiin. Mainittakoon vielä, että vedenläpäisevyyden on parannuttava tierakenteessa alaspäin mentäessä aina niin kutsutun routarajan alapuolelle asti. Päällysteen alapuoleiset kerrokset ovat yleensä sitomattomia, mutta kantava kerros voidaan yläosaltaan tai kokonaankin sitoa jollain sideaineella esimerkiksi stabiloimalla sitä lentotuhkalla tai sementillä. (Tiehallinto 2004, 20, 28.)

2.5.4 Luiska

Tie liitetään ympäristöön joustavasti luiskilla, tällöin liikenneturvallisuuskin paranee ja tien rakenteet vahvistuvat. Luiskakaltevuudet määrätään suunnitelmissa kuten luiskien verhouksetkin. Luiskien verhoukset parantavat luiskien kestävyyttä ja tien visuaalista ilmettä. Tämä edistää mielikuvaa hyvästä palvelutasosta. Vilkasliikenteisillä teillä luiskiin voidaan laittaa multaa ja siihen kylvetään nurmikko. Lisäksi voidaan laittaa istutuksiakin siten, että ne eivät muodosta näkemäesteitä liikenteelle. Yleensä luiskat nurmetetaan ilman multaakin, jotta pinta sitoutuu nurmijuurrutuksesta ja eroosio hidastuu. Veden haittaamille luiskille voidaan laittaa kiviverhous. Usein siltojen maatuet keila-
verhotaan luonnonkivin. Kiviverhouksena voidaan käyttää teollisesti valmistettuja betonielementtejäkin. (Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 33.)

2.5.5 Kuivatus

Kuivatuksessa huomioidaan ympäristöstä tulevat vesimäärät ja siitä aiheutuvat kuivatustarpeet. Tien pintavedet ja ympäristön hulevedet ohjataan yleensä avo-ojaan, kuten sivuojaan ja siitä edelleen laskuojaan, joka poistaa tiealueelta sivuojaan johdetut vedet luonnolliseen vesiuomaan tai vesistöön. Tiheään asutuilla alueilla pintavedet voidaan kerätä turvallisesti sadevesiviemäreiden kaivoihin pinnan kaltevuusjärjestelyin. Toisaalta tierakenteeseen pientareen tai päällysteen läpi tullut tai roudantumisessa imeytynyt vesi poistetaan esimerkiksi salaojituksella kaivoihin. Näin tierakennetta syväkuivutetaan. Syväkuivatukseen liittyvällä salaojituksella pyritään ohjaamaan pohja-

vesiäkin. Näin vältetään syvät ojat ja samalla säästetään arvokasta tilaa. (Liikennevirasto 2013a, 10; Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 35.)

Vesien poisjohtamisessa pyritään ottamaan huomioon vesien luonnollinen virtaus. Usein joudutaan rakentamaan rumpuja sivuojasta toiseen tai sivuojasta laskuojaan. On paikkoja joissa kosteuden ohjailua ei voida luonnollisella tavalla järjestää. Tällöin voidaan rakentaa tuohon tehtävään sopiva pumppaamo poistamaan ongelmia tuottavaa vettä toisaalle. (Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 36–37.)

Liian lähellä tien pintaa oleviin pohjavesiin tai tien alittaviin pohjavesivirtauksiin joudutaan joskus puuttumaan syväkuivatuksella. Syväkuivatuksessa sekä alusrakennetta että päällysrakennetta kuivatetaan epätasaisen routanousun välttämiseksi tai paannejäamuodostuman estämiseksi. Kuivatus voi ulottua pohjamaahan asti syvillä avo-ojilla, suoto-ojilla tai salaojilla. Yleensä pohjaveteen puuttuminen vaatii ilmoituksen viranomaiselle tai luvan viranomaiselta. (Liikennevirasto 2013a, 10–12, 94, 97.)

2.5.6 Liittymä

Liittymä rakennetaan palvelemaan maankäyttöä. Se sopeutetaan luontevasti tiemaisemaan, ja sen tulee olla hyvin havaittavissa. Liittymät ovat joko tasotai eritasoliittymiä liikenteellisen merkityksensä mukaisesti. Esimerkiksi moottoriliikenne- ja moottoriteille liitytään eritasoilla. Yleensä liittymät ovat tasoliittymiä, joista on eri versioita liikennemääriin ja liikenneturvallisuuteen perustuen. Liikenteen välityskykyä ja turvallisuutta voidaan liittymissä parantaa huomattavasti liikennemerkein, ajoratamerkinöin sekä määräämällä risteykseen tietty liittymisnäkemä tai valo-ohjaus. Eri nopeuksille mitoitettu liittymisnäkemä auttaa etuajo-oikeutetulle tielle tulevaa muun muassa tilanteen arvioinnissa. (Liikennevirasto 2013c, 20, 31; Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 34.)

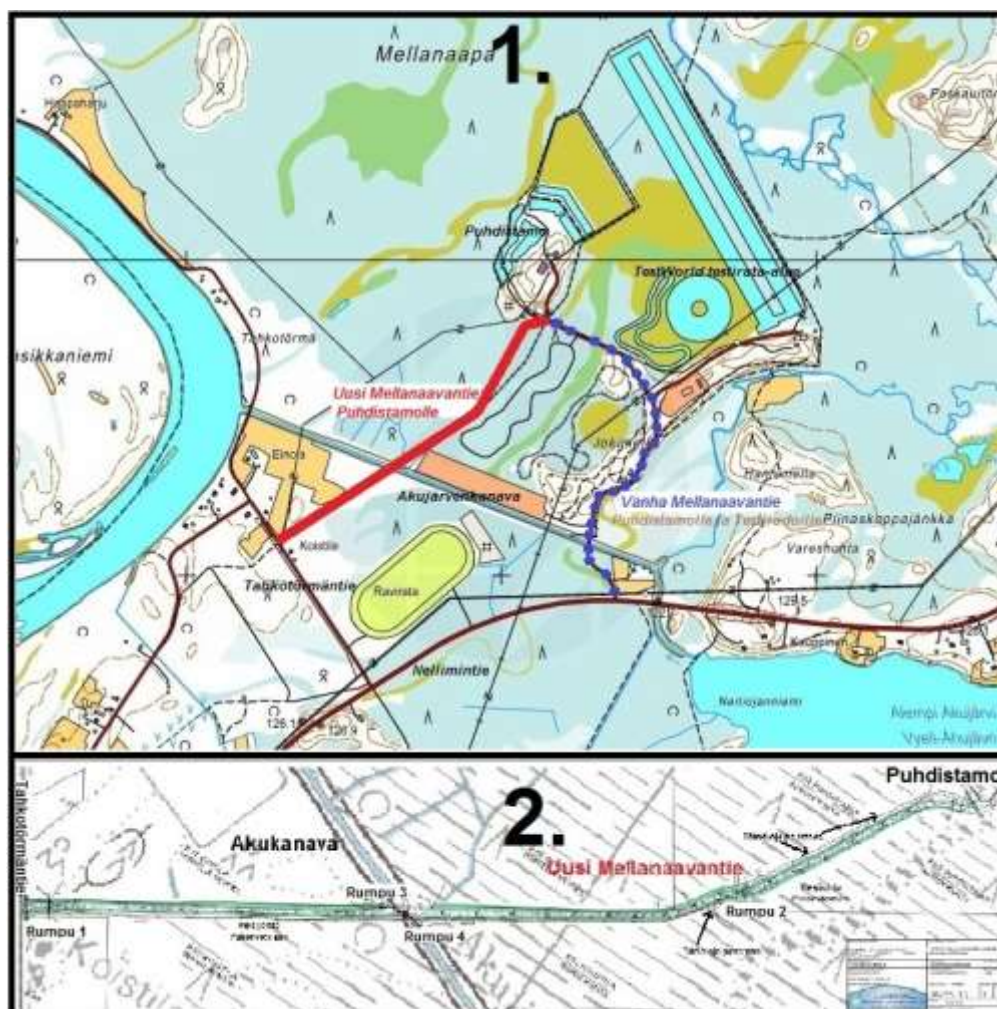
Tasoliittymätyypeistä ehkä yleisin avoin liittymä johtaa suoraan seuraavalle tielle. Liittymistä voidaan selkeyttää kanavoimalla liittyminen korokkeella. Koroke kannattaa joskus rakentaa jopa kaikille risteykseen johtaville teille. Lisäksi alempiarvoisen tien liittyminen voidaan porrastaa siten, ettei pääväylän poikki tule suoraa läpiajomahdollisuutta. Teiden kohtaaminen voidaan hoitaa

myös kiertoliittymällä tai valo-ohjauksella. (Tie- ja vesirakennuslaitos 1976, 34.)

3 MELLANAAVANTIEN RAKENTAMINEN

3.1 Yleiskuva tierakennushankkeesta

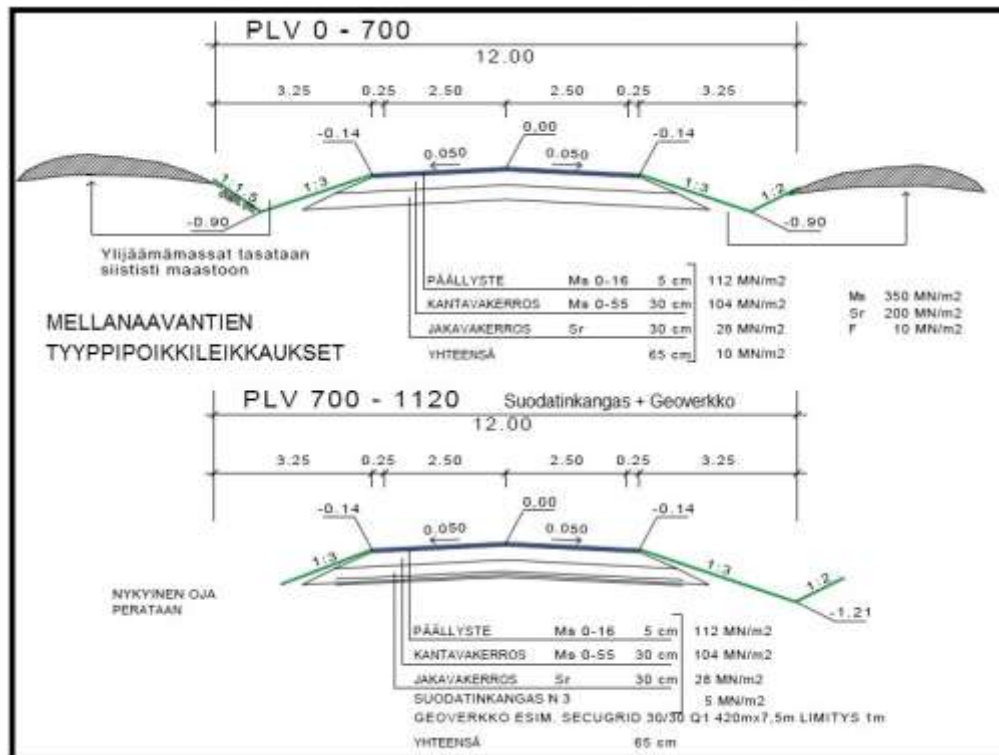
Inarin Lapin Vesi Oy pyysi kokonaisurakkatarjousta 1 136 m pituisen uuden Mellanaavantien (Kuvio 1) rakentamiseksi toimittamiensa urakka-asiakirjojen perusteella. 74 000 euron tarjous voitti ja urakkatarjouspyynnön mukaisesti tietyt aloitettiin heti urakkasopimuksen allekirjoituksen jälkeen. Tarjoukset jätettiin 13.01.2012 mennessä, ja tie oli oltava päällystetty vaille käyttövalmis maaliskuun lopusta alkaen. Sopimuksen mukaan työt oli aloitettava viimeistään 31.01.2012. Koko urakan oli oltava valmiina päällysteineen, viimeistely- ja siistimistöineen heinäkuun viimeisenä päivänä. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)



Kuvio 1. Suunnitelmapaketti (1.) ja linjaukset (2.) (Inarin Lapin Vesi Oy 2012)

Työn tilaaja toimitti urakoitsijalle täydelliset suunnitelma-asiakirjat sisältäen muun muassa tien linjauksen-, taseus- ja poikkileikkausasiakirjat (Kuvio 1; Ku-

vio 2). 1 136 metrin pituinen tie rakennettiin urakkaohjelman ja rakennustyöselityksen sekä piirroksien mukaisesti. Vain kahdesti suunnitelmasiirtoista poikettiin. Ensinnäkin Akujärvenkanavaan asennettava $d=2\ 000$ mm teräsrumpuputki toimitettiin paikanpäälle lyhyenä. Tilaaja hyväksyi rumpupään pidennyksen rumpupenkereeseen sopivaksi. Toinen muutos tehtiin kantavaan kerrokseen, johon suunniteltu murskesora (Mrs) 0–55 mm 300 mm:n vahvuutena ajettiin kahdessa osassa. Puolet kantavan kerroksen vahvuudesta rakennettiin Mrs 0–90:stä ja päälle saman verran Mrs 0–55 eli Mrs 0–90 150 mm + Mrs 0–55 150 mm. Ratkaisulla parannettiin kantavuutta – tie jäykistyi. Suunnitelman tyyppipoikkileikkauksissa (Kuvio 2) tiealue on noin 12,0 metriä. Päällyste kantista kanttiin on 5,5 metriä sekä jakavan kerroksen (Kuvio 2) alapinta noin 8,0 metriä leveä. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)



Kuvio 2. Mellanaavantien kerrokset ja luiskat (Inarin Lapin Vesi Oy 2012)

Rakennettu tie on alemman luokan soratie, jota ei ole tarkoitettu yleiseen käyttöön. Tie palvelee lähinnä jätevedenpuhdistamon huoltoliikennettä. Tien linjaus (Kuvio 1 /2) on pääosin suora, vain paaluvälillä 720–850 on ympyräkaaria (R100) kolme peräkkäin vasen-oikea-vasen. Lisäksi tien loppuosassa paaluvälillä 1 040–1 136 on kaksi vähän tiukempaa kaarta (R60, R40) oikea-vasen. Siirtymäkaaria ei käytetä. Nuo kaaret ovat tavallaan hidasteita hei-

kommin kantavan pohjan alueelle tultaessa sekä tien päässä olevalle puhdistamon portille saavuttaessa (Kuvio 1 /1 ja Kuvio 10). Tie olisi voinut pituutensa puolesta olla kokonaan suorakin. Tien alkupään linjaus onkin suora yksityisten kiinteistöjen rajalla edeten Inarin kunnan Koistila tilan puolella puhdistamon tontin rajalle asti. Siitä tie kääntyy kolmella kaarella puhdistamon tontin puolelle. Tielinjan vieressä itäsivulla kulkee vesijohto ja paineviemäri paaluvälillä 0–850. Niiden yli tielinjaa ei missään vaiheessa vedetty. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)

Tie on kohtalaisen tasainen ja tasausviivan alimman ja ylimmän kohdan ero on 50 cm:iä paaluvälillä 0–850. Paaluväli 850–1 150 on tasainen korkeuden vaihdellessa 6 cm:n sisällä. Tasauksen pyöristyskaaret ovat välillä 2 000–6 000 m, koverat kaaret 2 000 m ja 3 000 m sekä kuperat kaaret 2 000 m, 3 000 m ja 6 000 m. Näin ollen näkemät ovat mitä mainioimmat. Optinen ohjaus on varsin vaatimaton johtuen suhteellisen suorasta ja tasaisesta tiestä. Akujärvenkanavan rummun kohdalle on laitettu muutama sumupaalu ja molemmin puolin rumpua ”kapeneva tie” -liikennemerkki. Lisäksi tien loppupäässä on muutama mutka hidasteena. Tien kallistus keskiviivasta pois sivuojaan päin on 5%. Kaarteissa kallistus vaihtuu jouhevasti ensimmäisestä kaarteesta seuraavaan kaarteeseen yksipuoleisesta kallistuksesta toiseen suuntaan yksipuoleiseksi ohjaten sadevedetkin aina sisäkaarten puolelle. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)

Työmaan massatalouden (Taulukko 2) optimoinnilla hallitaan tiukkaan laske-
tun urakan kustannuksia työmaan alusta alkaen. Tielinjan ulkopuoliset materiaalit toimitettiin tien päällysrakenteen jakavaan, kantavaan sekä päällysterrokseen edullisimmasta varastosta noin 20 km:n säteeltä. Muut tierakenteen maa-ainekset saatiin maaleikkauksista tai lähinnä kuivatusojien kaivamisesta ja perkauksista. Syvimmät maaleikkaukset aiheutuivat rumpujen arinoista, kun turve, lieju tai siltti vaihdettiin soraksi. Sora tuotiin myös edullisimmasta maa-ainesvarastosta. Työmaalta ei viety maa-aineksia tiealueen ulkopuolelle. Kaikki ylijäämät tasoiteltiin luiskatäyttöihin ja -verhouksiin. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)

Taulukko 2. Suunnitellut materiaalit (Inarin Lapin Vesi Oy 2012)

KOKONAISMASSAT paaluväliä 0.00 - 1135.98				
Massat laskettu poikkileikkauksista 10 m välein				
Päällyste	m2	6606.87	Mrs 0-16	5 cm
Kantava	m3tr	2056.56	(Mrs 0-55	30 cm)
			Mrs 0-55	15 cm
			Mrs 0-100	15 cm
Jakava	m3tr	2416.56	Sr	30 cm
Suodatinkangas	m2	3560.00	N3	PLV 700-1120
Geoverkko esim.	secugrid	30/30 Q1	420 mx7,5 m	PLV 700-1120
Maaleikkaus	m3ktr	3346.21		
Maapenger	m3tr	201.08		
Luiskatäyttö	m3tr	837.72		
Luiscoverhoukset	m2tr	8959.63		

Tien rakenteet on suunniteltu metsäteiden päällysteluokka 1 mukaan. Pohjamaan kantavuudeksi on arvioitu 10 MN/m² paaluvälillä 0–700 sekä 5 MN/m² paaluvälillä 700–1 120. Valmiin tien viiden sentin (Mrs 0–16 mm) päällysteen päältä mitaten lopullinen kantavuus arvioidaan 112 MN/m² koko tien matkalla 0–1 136 metriin. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)

3.2 Talvitie

Suomalaiset ovat aikojen kuluessa oppineet hyödyntämään talven pakkasia tilapäistien rakentamiseen talven ajaksi. Näin tehtiin Mellanaavallakin ja jätepuhdistamon uusi tie rakennettiin periaatteessa työn alussa jäädytetylle talvitiele. Talvitie mahdollisti maa-ainesten ajon kuorma-autoilla tulevan tien rakenteisiin. Talviteiden rakentamisessa hyödynnetään routaa, eli luonnollista maan jäätymistä. Jäätymistä nopeutetaan polkemalla ohut lumi tiiviiksi maanpintaa vasten, samalla maanpintakin tiivistyy ja routaantuu nopeammin ja syvemmälle. Todella vaativien teiden poljetukset avosoilla on aloitettava syystalvella heti ensilumen ja pakkasten tultua. Monesti lauha ilma tekee tyhjäksi talviteiden pohjien valmistelun. Koska talvitie on kuitenkin edullinen sekä luontoystävällinen vaihtoehto esimerkiksi puukuljetuksiin niin sen vuoksi pohjien tekoa jatketaan. (Metsähallitus 2008–2014; Perälä 2012.)

Talvitie vaatii pääosin varsin kevyttä valmistelua. Sen perustamiskustannukset jängälle talvella ovat noin kymmenesosa tavallisen metsätien rakentamiskustannuksista. Tiepohjan lumen polkeminen voidaan aluksi tehdä moottori-kekkallakin tai jopa kevyellä leveäpyöräisellä tai -telaisella metsäkoneellakin. Pakkasen kovettaman poljetun tiepohjan pinta tasataan ja edelleen poljetaan

yleensä kevyellä leveätelaisella kaivurilla. Kaivurilla voi mennä pehmeämpäänkin paikkaan vahvistamaan tiepohjaa (Kuvio 3 /1). Kokemus on osoittanut, että tiepohjaa kovettavan pakkasjakson tulisi kestää ainakin kaksi viikkoa ja tulevalla talvitiepohjalla pitäisi olla lunta vähintään 5–10 cm, muttei 30 cm enempää. (Metsähallitus 2008–2014.)

Paksu lumipeite toimii tehokkaana eristeenä ja vähentää maan routaantumista, joten liika lumi on poistettava jäädytettävältä pohjalta. Lisäksi pohjan tulee olla tarpeeksi leveä, jotta saadaan kantopintaa (Kuvio 3 /1). Tällä kertaa kävi niin, että työmaa-alueella oli vähäluminen talvi, lunta oli reilusti alle 30 cm. Työmaan koneet poistivat lopuksi lumen lähes kokonaan tulevan tien alta painaen tasoitettua pintamaata yhä vain kovemmaksi. (Metsähallitus 2008–2014.)

Jos pakkasia esiintyy ennen lumentuloa ja lumipeite jää ohueksi, tunkeutuu routa syvälle maahan säilyen keväällä kauan. Massiivista routaa on Ylä-Lapissa jopa kesäkuulle asti. Runsaslumisina talvina routakerros taas jää ohueksi lumen alla. Jos sataa lunta niin jäädytettävän talvitiealueen pohja pitää polkea tiiviiksi. Tarvittaessa liika lumi aurataan pois pohjalta. Roudan syvyys riippuu pakkasesta, maan vesipitoisuudesta, kuormituksesta, lumipeitteen paksuudesta ja tiiviydestä sekä kasvipeitteen laadusta. Kevättalvella routa sulaa ensin maanpinnan läheltä. Tämä estää melko pian kuormien ajon, mutta leveätelaisen kevyen työkoneen se kantaa jos alla on vielä massiivista routaa. (Metsähallitus 2008–2014.)



Kuvio 3. Jäädetytyn tiepohjan raivaus, tasmaus ja tien linjaus 08.02.2012

Talvitiepohjat perustetaan tasaisille kankaille tai soille tiivistämällä lunta sekä maan pintaa. Lopuksi tiepohjat tasataan vaikka kaivinkoneella tai puskutraktorilla. Pohja kannattaa tehdä hieman ylileveäksi, sillä liian kapeaksi jäädytettynä se painuisi kaluston alla. Näin toimittiin Mellanaavan tienrakennustyömaalla. Tasattu maan pinta routaantui pakkasella maassa olevan veden jäätyessä. Ensimmäinen tehtävä oli merkitä alustava tien linjaus ja mitoittaa tiealue, josta sitten metsäkoneella raivattiin puusto samalla tiivistäen tiepohjaa ennen kaivinkonetta ja puskutraktoria. Tuolloin oli -30,0 asteen pakkasia muutama päivä ja se paransi pohjia. Vähäluminen talvi pakkasineen oli syksystä 2011 lähtien lujittanut talvitien pohjaa. (Metsähallitus 2008–2014.)

Tiepohjan aluskasvillisuuden raivaus ja tasaukset aloitettiin paalulta 0. Kantavuudeltaan heikoimman avojängän (Kuvio 3 /1) pinnan raivasi ja tasasi kevyt leveätelainen kaivuri polkien samalla pohjaa kovemmaksi. Muutaman päivän jäädyttelyn jälkeen vielä puskutraktori polki ja tasasi kerrosten ajolinjan. Massanajokuntoon talvitien alkupää saatiin noin viikossa pohjien tasauksesta, kun tiepohja oli jäänyt riittävän lujaksi. Talvitie, joka samalla oli Mellanaavantien rakennusaikainen pohja, kantoi lastissa olevat kuorma-autot ja muun tietyössä käytetyn kaluston. Mellanaavantien rakentaminen talvella perustui nimenomaan maapohjan kantavuuden vahvistamiseen tietyön ajaksi. Kun ”maasilta” eli kerrokset on rakennettu valmiiksi Tahkotörmäntieltä puhdistamolle (Kuvio 1) niin se kestää ja kantaa itsensä sekä liikenteen puhdistamolle roudan sulettuakin.

3.3 Soratien rakentaminen talvitielle

Urakka-asiakirjoista ja näköhavainnoista paikanpäällä päätellen Mellanaavan tiealueen pohjamaa on aika tasalaatuinen kuitenkin siten, että Akujärvenkanava toimii jakajana erityyppiselle pohjamaalle. Ennen kanavaa on enemmän korpimainen turvepintainen osittain kuivattu kivennäismaa. Jälkeen kanavan löytyy selvemmin pehmeämpää rämejänkää, ja tien loppuosalla on avosuota paaluvälillä 700–1 120. Maapohja vaikuttaa sellaiselta, että maakii-loja ei tarvita tasoittamaan pohjamateriaalin vaihteluja. Maa routaantunee vuosittain tasaisesti kauttaaltaan eikä valmiiseen tiehen tule rajuja murtumia. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)

Kuormia ajettaessa kuorma-autojen (KA) kääntymispaikat piti suunnitella puskutraktorilla. Varsinkin jakavaa kerrosta ajettaessa kuorman kanssa peruuteltiin kohtalaisiakin matkoja. Keulaa ei voinut työntää joka paikkaan kovin kauas talvitien reunalle, ettei rengas putoaisi ”ilmataskuun” tai jängän silmäkkeeseen. Paaluvälillä 700–1 120 kääntöpaikalla keulan alla tuntui kostea ja hyllyvä turvejänkä. Pari kertaa allekirjoittaneella etupyörä meni pinnasta läpi-kin, mutta teliveto oli paremmin routaantuneella alueella ja kuormapainoa päällä niin nousihan kuorma-auto pinteestä. Ainoa vaiva tuo pohjan reunojen työnaikainen kantamattomuus ei ollut, vaan sydäntalvella materiaalin saanti voi työllistää todella paljon enemmän kuin sulan maan aikana. Maan kuori-kerros jäätyy (Kuvio 4) ja siitä on vaikea pyöräkoneella irrottaa kuormaa. Toi-

sinaan ei edes kaivinkoneesta ole apua, mutta onneksi tällä kertaa onnistui. Helpommin sora irtoaa rinteestä kuin murske kasalta (Kuvio 9 /1).



Kuvio 4. Materiaali jäässä (1.), kaivurilla pehmitys (2.)

Tiealueelle ei tässä vaiheessa tullut eikä siellä ollut sellaisia rakenteita tai laitteita, jotka olisi tullut ottaa erikseen huomioon toimittaessa tiealueella. Tielle asennettiin kaksi pienempää kuivatukseen liittyvää rumpua (paalu 30 ja paalu 830) ja yksi liittymärumpu (paalu 410). Lisäksi asennettiin yksi isompi teräsrumpu $D=2\ 000$ mm ylitettäessä Akujärvenkanava (Kuvio 5, Paalu 435). Teräsrummulle rakennettiin tukeva sora-arina jolle jatkettu putki laskettiin. Putken ympärys täytettiin soralla ja päälle ajettiin tien rakennekerrokset. Rummun luiskat verhoiltiin karkealla louheella ja myöhemmin tien pintaan vedettiin kulutuskerros. (Kuvio 16; Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)



Kuvio 5. Paalu 435. Teräsrummyn penkereen viimeistelyä

Rakennettavan tien loppupäässä oli tiealueella muutaman kuution kivi, jonka poistaminen vaati ammattitaitoista poraajaa sekä räjäyttäjää (Kuvio 6). Kivi oli poistettava, koska jokavuotinen routaantuminen olisi aiheuttanut kivellä tien rakenteeseen tönimistä. Asiantuntijat arvelevat, että talvella lämpötilan vaihdellessa kiven alle muodostuu jäätä, joka siirtelee kiveä ylöspäin. Keväällä jään sulaessa kivi pyrkii takaisin alaspäin. Käytännössä kivi räjäytettiin useammassa osassa pienillä panostuksilla, koska alkupäässä oli kerrosten ajomeneillään. Toisaalta kiven pohjoispuolella olivat jätteenpuhdistamon päärakennukset.



Kuvio 6. Paalu 1 120. Kiven poistoa tiealueelta

Monesti talvitie pohjan teko valuu hukkaan lauhan sään vuoksi. Hyvän talvitien tekeminen vaatii ainakin parin viikon pakkasjakson ja lunta muutaman sentin. Tämän tietyön alussa ensimmäisen viikon piti noin -30,0 asteen pakkasia sekä seuraavat kaksi viikkoa -10 – -20 asteen välillä. Lunta oli sopivasti, ja pohjamaa jäätynyt kunnolla. Lopuksi tasatulta talvitien pohjalta poistettiin jäänyt lumi mahdollisimman ohueksi. Näin päästiin hyville pohjille ajamaan tien rakenteet (Kuvio 7).



Kuvio 7. Kerroksien ajoa merkitylle tielinjalle

Ensimmäisenä ajettiin jakava kerros Akujärvenkanavan rummulta Tahkotörmentietä kohden paaluvälille 440–0. Pakkasilla tuo ajettu kerros jäätynyt pusku-koneen vielä polkiessa kerrosta kantavammaksi (Kuvio 7). Ajoa jatkettiin kuorma päällä ensimmäisenä ajettua materiaalia ylitse paaluvälille 700–440 kohti Akujärvenkanavan rumpua. Näin ajettuna kuorma-autot tiivistivät kantavuutta lisää ensin ajettulle paaluvälille 0–440. Loppuosan paalulta 700 kohti paalua 1136 jakava kerros ajettiin suodatinkankaan ja geoverkon päälle peruutellen edellisen kipatun kuorman ylitse, (Kuvio 8) koska tämä alue oli heikommin kantavaa. Tässäkin kuorma-auto samalla tiivistä allaan ajettua kerrosta.

Maa-ainesten ajo onnistui hyvin vaikka massan joukossa oli pieniä ”jääkameja” väkisinkin näin talviaikana. Pusku-tractor murensi kamit penkkaan. Lavalämmitystä piti käyttää koko ajan, ettei massa jäänyt lavalle. Peruutettaessa joutui lämmityksen joskus poistamaan lavan kaasukanavista peilien eteen

tulleen vesihöyryn vuoksi. Lämmityksen takaisinkytkennän oppi pian muistamaan, kun tavaraa alkoi jäädä lavalle.



Kuvio 8. Paalu 750. Suodatinkangas ja geoverkko lisäävät kantavuutta

Erillistä suodatinkerrosta ei tielle rakennettu vaan jakava kerros ajettiin suoraan tasatulle pohjalle paaluvälillä 0–700. Heikommin kantavalla pohjalla paaluvälillä 700–1 120 suodatinkerros korvattiin suodatinkankaalla. Itse asiassa jakava kerros on kuitenkin suodatinkerroksen kaltaista materiaalia. Näin ollen se toimii kosteus- ja maa-ainesten sekoittumisvaaran puskurina pohjaan sekä kantavan kerroksen välillä.

Kantavan kerroksen ajo aloitettiin paalulta 0 ajaen kerrosta penkan ylitse vetäen kuorma edellisen kuorman päästä jatkaen kuormien ajoa aina paalulle 1 136 tien loppuun (Kuvio 9). Kerrosvahvuus ajettiin kahdessa osassa, alosaan karkeampaa mursketta (Mrs 0–90) puolet kerroksesta (150 mm) ja sen päälle toiset puoli kerrosta vähän hienompaa mursketta (Mrs 0–55). Jakava kerros kantoi ajon hyvin, kun se jäättyi ohut lumikerros pinnassaan.



Kuvio 9. Kantava kerros ajettiin kahdessa osassa, murske oli tiukassa (1.)

Tämän jälkeen tie luovutettiin tilaajan jätehuoltoliikenteen käyttöön lopputalveksi. Jätehuoltoajoneuvot samalla tiivistivät kantavaan kerrokseen ajettua Mellanaavantietä (Kuvio 10). Tien rakentavalle urakoitsijalle jäi kuitenkin kunnossapitovastuu tien vastaanottoon asti. Kulutuskerroksen ajo sekä luisien että kuivatusjärjestelmien viimeistelyt aloitetaan kelirikon jälkeen alkukesällä, kun massiiviroudan pinta sulaa.



Kuvio 10. Ilmakuva Mellanaavan tiestä 31.03.2012

3.4 Käyttövalmiin tien seuranta kelirikon päättymiseen

Sopimuksen mukaan urakoitsija seurasi tien kuntoa lopputalven. Kun tie keväällä alkoi sulaa niin heikommin kantavalle alueelle paaluväli 700–1 120

ajettiin jonkin verran paikkausmateriaalia kuorma-autolla alusterällä tasaten. Kelirikon tunnusmerkkien (Kuvio 11) näkyessä valpastuttiin oikeaan aikaan.



Kuvio 11. Kelirikon alkamisen merkkejä 30.04.2012

Paaluväli 0–700 ympäristöineen ei reagoinut kelirikoon eikä tuolle alueelle vettä jäänytkään sulaneesta lumesta, kuten paaluvälin 700–1 136 läheisyyteen. Vesi nousi geomateriaalien päälle, ja tien kantti imuutti kosteutta tien rakenteisiin. Raskaan kaluston alla tien runko helposti liikahtaa pehmittäen välittömästi osan kosteasta rungosta (Kuvio 12). Tien pehmeneminen tai rungon kostuminen voi näkyä kosteutena keskitiellä. Varsinkin lähempänä kanttia raskaamman kaluston rengas alkaa helposti vetään pois tieltä, kun rengas vajoaa pehmeällä reuna-alueella. Tällöin ei ole muuta vaihtoehtoa kuin pysäyttää ajoneuvo ja hinata tai työntää sitä esimerkiksi pyöräkuormajalla hieman nostellen, kuten tässä tapauksessa.



Kuvio 12. Kelirikko haittaa, liikennettä rajoitettava 07.05.2012

Vajonnut ajoneuvo (Kuvio 12) oli jäteurakoitsijan, joka käyttää tätä Mellanaavantietä. Jäteurakoitsijaa kuultuaan tietä rakentavan urakoitsijan edustaja sulki välittömästi tien liikenteeltä estääkseen lisävahingon. Heikko paikka korjattiin ja tie jätettiin suljetuksi. Jäteurakoitsija käytti jonkin aikaa vanhaa tietä, mutta palasi tienrakentajan puheille ja pyysi lupaa saada käyttää uutta tietä omalla vastuullaan. Hänen kuljettajat pitivät tätä uutta tietä sen verran parempana, että riskit kannatti ottaa. Jäteurakoitsijalle annettiin mahdollisuus ohittaa kieltotaulu.

Sopimuksen mukaan urakan tuli olla valmis viimeistely- ja siistimistöineen 31.07.2012 mennessä. Tien rakennusurakoitsijan suoritusvelvollisuuksiin kuului tien kunnossapito vastaanottoon asti. Tienrakennusurakoitsija tarkkaili tietä koko ajan erityisesti kelirikon aikana. Pieniä murskeella tasoitteluja tehtiin, mutta mitään isompaa korjausta ei tarvittu eikä vahinkojakaan sattunut. Kerralla opittiin, että ”tulvavettä” imenyt kantti piti jättää rauhaan, ettei se löystyisi painosta tai tärinästä. Loppujen lopuksi kelirikko aiheutti tämän jälkeen hyvin vähän ongelmia. Tien pintakin säilyi hyvänä (Kuvio 13) vaikean ajan yli.



Kuvio 13. Kelirikon jäljiltä tie säilynyt kunnoltaan hyvänä

3.5 Soratien viimeistely luovutukseen

Akujärvenkanavan peltirummun louheheitoke säilyi hyvässä kunnossa kelirikon päättymiseen. Rummun luiskat tarvitsivat vain pientä viimeistelyä (Kuvio 14). Viimeistelyn yhteydessä varmistettiin, että rumpu toimii asiallisesti. Kelirikko ei missään vaiheessa vaikuttanut tämän rummun ympäristöön. Tämä antaa viitteitä, että jo olemassa olevat kuivatusjärjestelmät ovat kunnossa. Todennäköisesti kanava ja sen ympäristö on aikoinaan niin hyvin suunniteltu (Kuvio 1 /1), että talven jälkeen sulamisvedet kulkeutuvat helposti tähän kanavaan ja edelleen isompaan Ivalojoen virtaan.



Kuvio 14. Paalu 435. Akujärvenkanavan rummun luiskat vahvistettu louheella

Joitakin osia Mellanaavasta onkin ojitettu Akujärvenkanavan läheisyydessä. Tämä vaikuttanee paaluvälillä 0–700 siten, että maanpinnalle tuleva sulamis- sekä sadevesi eivät jää alueelle kovin kauaksi aikaa.

Kelirikon jälkeen maan pinnan massiiviroudan sulaessa aloitettiin kuivatusojien perkaaminen ja uuden kuivatuksen rakentaminen sekä luiskien viimeistelyt (Kuvio 15). Roudan hellittäessä maan pinta oli helppo tasoitella ja maaisemoida hyväksi pohjaksi heinäsiemenille.



Kuvio 15. Sivu- ja laskuojat sekä luiskat viimeistelty 06.06.2012

Rakentamisen aikainen massanajo ja työkoneet tiivistivät tierunkoa. Myös kevättalven jätehuollon kaluston huoltoajot puhdistamolle lujittivat tietä siinä määrin, että erityistä tiivistämistä ei enää tarvinnut. 5 cm (Mrs 0–16) vahvuisen päällystemurskeen veto voitiin aloittaa hyvällä ilmalla (Kuvio 16) tie kuivana.



Kuvio 16. Päällysteen vetoa kuorma-autolla (KA) 29.06.2012

Raivaustyöstä ja ojituksesta ylijääneellä eloperäisellä aineksella verhoillut luiskat vehreytyivät kylvetystä heinänsiemenestä. Luonnollinen maisemoituminenkin oli hyvässä vauhdissa (Kuvio 17), kun tiehöylä kävi viimeistelemässä tien päällystemurskeen luovutuskuntoon. Helppo oli luovuttaa onnistunut tienrakennustyömaan tulos tilaajalle.



Kuvio 17. Tiehöylä (TH) viimeisteli vedetyn murskepäällysteen 29.06.2012

3.6 Muita vaihtoehtoja tiehankkeen toteuttamiseksi

Lähtökohtana tien linjaus ja tasaus säilyvät ennallaan eli ajatellaan vaihtoehtoina vain tien rakenteellisia muutoksia. Mellanaavantien pohjamaasta löytyy varmuudella silttiä ja silttistä hiekkaa 0–1 metristä 2,5 metriin. Pintamaa on turvetta. Paalulta 600 alkaen turvepinnan paksuus kasvaa noin metriin heikommin kantavalle paaluvälille 700–1 120. Lisäksi paaluvälillä 700–1 120 on paikoin liejua 2–2,5 metristä alkaen. Pohjaa on tutkittu 2–5 metriin ja syvimmillään rumpujen kohdalla ja paalulla 700 jopa 6 metriin. Heikommin kantavalla alueella tutkittiin 5 metrin syvyyteen ja kantavammalla alueella 2–3 metrin syvyyteen. (Inarin Lapin Vesi Oy 2012.)

Pohjatutkimus antaa viitteitä menetelmistä, joita voitaisiin käyttää jouhevan tietyön ja hyvän tien varmistamiseksi. Selvää on, että heikomman kantavuuden alueella pohjaa on vahvistettava ja näin toimittiinkin. Mutta olisiko muita vaihtoehtoja kuin tässä tietyössä käytettiin? Pohjanvahvistus käsittää suuren joukon eri periaatteilla toimivia menetelmiä. Niiden tarkoitus on parantaa maan geoteknisiä ominaisuuksia, kuten lisätä lujuutta ja vähentää kokoonpuristuvuutta sekä vähentää tai lisätä vedenläpäisevyyttä.

Menetelmiä pohjan vahvistukseen on useita, mutta Mellanaavantien rakentamisessa hyödynnettiin talvitietä rakentamisen aikana eli maan jäädytystä tietyön ajaksi. Lisäksi heikomman kantavuuden alueelle kerroksien alaosaan laitettiin geotekstiili sekä sen päälle geovahvisteverkko. Pienenä teknisenä yksityiskohtana tien kanttien vahvistamiseksi geomateriaalin voisi kääntää reunoiltaan (Kuvio 18) vaikka se lisäisi materiaalienekkiä ja olisi työläämpi asentaa.



Kuvio 18. Geovahvisteen laidan kääntö tukee tien kanteja (Tiehallinto 2006. 5)

On kuitenkin olemassa muitakin vaihtoehtoja, kuten maamassojen vaihto, esikonsolidointi, syvätiivistys, stabilointi, suihkupaalutus ja maainjektointi.

Seuraavassa allekirjoittanut on valinnut mielestään hyviä vaihtoehtoja ja tarkastelee niitä todellisina vaihtoehtoina.

3.6.1 Massanvaihto

Jos tuohon tiehen laitettaisiin kestopäällyste niin tulisi tehdä massanvaihto heikommin kantavalle turve/lieju paaluvälille 700–1 120. Esimerkiksi metrin syvyyteen asti ja kahdeksan metrin leveydeltä tiemetritä massaa vaihtuisi noin kahdeksan kuutiota (8 m³). Koko mainitulta matkalta (8 m³/m x 420 m = 3 360 m³) todellinen rakennetilavuus (m³rtd) löyhtyneenä todellisena irtotilavuutena (m³itd) kertoimella muutettuna noin 1,5 x 3 360 m³rtd = 5 040 m³itd. Kaivinkone (KKH) voi laittaa leikkausmaan luiskille kauemmaskin. Käytetyt resurssit massanvaihtoon, leikkaus ja täyttö 30–40 tonnin painoisella kaivinkoneella eli KKH 30–40 + kuljetuskalusto + pyöräkuormaaja (KUP). Täyttö toimii samalla suodatinkerroksena. 5 040 m³itd hiekkaa ja kuorma-auto (KA) tahdistaa, kapasiteetti kahdeksan tunnin työvuoroa (tv8) kohden noin 800–1600 m³itd/tv8 => 4–7 tv8. KKH(70 €/h) + 3KA(3x70 €/h) + KUP(60 €/h) => n. 2 720 €/tv8 x 4-7 tv8 = 10 880 €–19 040 €. Hiekan hinta voisi olla 3,0 €/t, joten materiaalin hinta on 5 040 m³itd x 1,4 t/m³itd x 3,0 €/t = n. 21 168 €.

Suodatinkangas tulisi perusmaan ja hiekan väliin. Jakavan kerroksen alla olevaa kangasta ei varmasti siirrettäisi geoverkon yhteydestä vaan siihen laitettaisiin toinen kangas. Pelkästään massan vaihto heikommin kantavalle alueelle nostaa hintaa noin 32 000–40 000 eurolla. Jos sitten vaihdettaisiin pohjamassoja muulta osin vaikkapa puolen metrin vahvuudelta niin summa olisi samansuuruinen vaikkakin paaluväli 0–700 on vähän helpompaa aluetta.

Toteutetun urakan kokonaishinta oli 74 000 € ALV 0%, joten massanvaihto ei olisi kannattava. Lisäksi laskelmassa arvioidaan, että turve/lieju alueelta vaihdettaisiin massat metrin syvyydeltä niin käytännössä pitäisi mennä vähintään routarajan alapintaan. Tällä alueella se tarkoittaisi kahden metrin syvyyttä ja sieltähän löytyisi paikoin jo liejua.

3.6.2 Työt kesällä

Toinen vartenotettava vaihtoehto olisi kesällä rakentaminen, mutta silloin pitäisi olla tarkkana työnaikaisen kantavuuden suhteen. Talvella rakentamisessa hyödynnettiin talvitietä, kun taas kesällä jouduttaisiin pohjaa tukemaan

rakentamisen aikana. Todennäköisesti suodatinkangasta ja geoverkkoa levitettäisiin koko tien matkalle. Karkeasti laskien nyt käytetyn geomateriaalin hinta noin 400 metrin matkalla oli 2 200 euroa suodatinkangas ja geoverkko 6 800 euroa, joten tukimateriaalin hinta yhteensä oli 9 000 euroa.

Jos tien alkupääkin noin 800 metriä vahvistettaisiin samoin niin siitähän tulisi kaksinkertainen määrä materiaalia lisää, joten hinta olisi 2 x 9 000 euroa eli yhteensä 18 000 euroa. Vaihtoehdon hinta nousee melkein kolmasosan ylöspäin suhteessa urakkahintaan. Tämän lisäksi pehmeikkö paaluvälillä 700–1 120 varmaan painuisi rakentamisen aikana. Näin ollen se vähintään ylipengerrettäisiin (konsolidointi) tai jopa massastabiloitaisiin, jolloin kustannuksia kertyisi vieläkin enemmän.

3.6.3 Paalutus

Paalutuskin voisi olla mahdollista, mutta se vaatisi lisäselvityksiä ja lisäsuunnitelmia. Paaluina voisi käyttää teräspaaluja ja betonipaaluja tai sementtisuihkulla muotoiltuja paaluja. Savi- ja silttimaahan voisi käyttää tarvittaessa niin kutsuttua koheesiopaalua, tällöin pilari (paalu) voi olla lyhyempi ja pilarin pituus jäisi varmasti alle 15 metriin.

Teräspaalut joko lyödään tai porataan. Porapaalu sopii paikalle, jossa ei voi täryyttää. Betonipaalut yleensä vain lyödään järkaleellä tai hydraulij- ja paineilmasarvoilla tai kaivinkoneen lyöntilaitteella. Ne ovat monessa paikassa tehokas ja edullinen vaihtoehto varsinkin tarvittaessa pitkiä paaluja. Betonipaalu on kuitenkin helpommin rikkoontuva kuin teräspaalu. Suihkupaaluttamalla voidaan tehdä halkaisijaltaan jopa kahden metrin paaluja. Menetelmä vaikuttaa jämerältä ja on aika lähellä massastabilointia. Paalun penkereen puolella käytetään yleensä paaluhattua tai paalulaattaa tukemaan yläpuolen massoja.

Paalutuksella siirretään paineita kovalle maapohjalle ja tarvittaessa kallioon asti. Mellanaavantien maapohjatutkimus osoitti, että heikommin kantavalla alueella paikoin lieju alkoi 2–2,5 metrillä alaspäin. Liejun ja turpeen välissä on silttiä tai silttistä hiekkaa. Paaluvälillä 0–700 pintaturpeen alta löytyy silttiä ja silttistä hiekkaa. Paalujen lyönti turpeeseen tai liejuun ei ole suositeltavaa. Monesti paalutuksen epäonnistumisen syynä on maaperässä oleva turve,

lieju tai pehmeä savi, varsinkin paaluhatturakenne epäonnistuu helposti pehmeällä maapohjalla. Samoin epäonnistumiseen voi johtaa matala pengeri, kuten Mellanaavan tietyömaalla.

Paalujen metrihinnat vaihtelevat 40–100 euroa/metri lyötynä tai porattuna. Kalliimpaa paalua ei tässä kannata käyttää. Noin kolmenkymmenen metrin välein selvitettyyn maapohjaan tulisi vähintään 6 metrin paaluja. Esimerkiksi noin metrin välein asennettuna kuusi rinnakkain kertyisi 36 metriä, josta syntyy hintahaarukka tiemetrille 1 500–3 600 euroa ja kymmenelle metrille kuluja 15 000–36 000 euroa. Tuohon hintaan ei kuulu yhtään massanvaihtoa eikä paalukatut tai paalulaatta, joista kertyisi vähintään saman verran kuluja kuin paaluista. Näin ollen vaihtoehto ei tunnu kannattavalta.

3.6.4 Massastabilointi

Turpeen ja liejun stabilointi sideaineella voisi myös sopia tällaisessa tapauksessa. Sideaine sekoitetaan stabiloitavaan massaan. Näin pyritään jäykistämään hyllyvä maa-aines. Samalla routaantuminenkin vähenisi koska vedenläpäisevyys pienenesi käsitellyssä maa-aineksessa. Stabiloitu alue homogenisoituisi ja kantaisi tasaisesti päällä olevia rakenteita. Menetelmää on käytetty muun muassa Jyväskylän satama-alueella, jossa oli pehmeää liejua stabiloitavaksi viidestä kuuteen metriin. Sementtiä käytettiin 170 kg kuution liejua. (Yle uutiset 2012.)

Sementin sijaan voitaisiin käyttää myös lentotuhkaa, jolla saadaan vastaava lujuus kuin sementillä. Lentotuhka on edullisempaa kuin sementti, mutta tuhka ei ole niin tunnettua kuin sementti ja saatavuus voi olla rajoittunutta. Myös kalkki stabilointiaineena voi sopia, mutta yleensä tehdään tarkat tutkimukset mikä aine sopii parhaiten. Ehkä varmin on kuitenkin enemmän käytetty sementtiä.

Massastabiloinnilla käsitellään koko maa-aines, kun pilaristabiloinnissa tiepohjalle muodostetaan jopa halkaisijaltaan kahden metrin ”paaluja”. Pilaristabilointi, jossa sideainetta ruiskutetaan pilarimaisesti maa-ainekseen olisi edullisempi vaihtoehto. Mutta tällä työmaalla siellä missä sitä tarvittaisiin niin sitä ei voi käyttää vaan suositus on, että turve ja lieju massastabiloidaan. Tämän jälkeen saveen voisi käyttää pilaria.

Jos massastabilointia käytettäisiin niin pelkästään irtosementin kustannukset sadalle metrille olisivat 20 944 €/ 100 m ($100m \times 8m \times 2m \times 0,17 t/m^3 \times 77€/t = 20944€$). Alustavan kustannuslaskelman mukaan vaihtoehto ei kannata.

3.7 Uuden tien käytön kokemuksia

Kaksi vuotta on kulunut tien valmistumisesta. Nyt voidaan tarkastella luotettavasti kokemuksia uuden tien toimivuudesta, kestävydestä ja hyödyllisyydestä tien käyttäjiltä. Tie on toiminut odotetulla tavalla, ja runko on kestänyt hyvin. Pinta oli normaali soratienpinta 18.04.2014, kun allekirjoittanut ajoi tien edestakaisin. Uuden tien lopusta löytyi yksi 20 cm syvyinen painuma.

Pituusleikkauksen mukaan sillä kohdalla on rungon alla noin kaksi metriä turvetta, kun tuolla alueella sitä on normaalisti noin metri. Turpeen alla on siltti / siltistä hiekkaa, ja lieju alkaa noin kolmesta metristä. Painuma on loiva kymmenen metrin matkalla, ja se ei vaikuta ajettavuuteen niillä nopeuksilla, joita tiellä käytetään. Kuitenkin se kannattaa korjata, koska raskaampi ajoneuvo aiheuttaa tuolle kohtaa ikävän iskun auton ajaessa painumaan. Painuma johtunee turpeen tiivistymisestä.



Kuvio 19. Paalu 900. 20 cm syvä loiva painuma 10 metrin matkalla 18.04.2014

Olin yhteydessä erääseen jätteiden kuljettajaan, joka on käyttänyt rakennettua uutta tietä. Hän kertoi, että tie on toimiva vaikkakin ihmettelee sitä miksi Akujärvenkanavan rumpu on niin lyhyt, että penkka siinä kohdalla jää kapeaksi. Toinen asia, josta hän mainitsi oli se miksi tielle on rakennettu mutkia ja vielä edestakaisia ässämutkia paaluvälillä 730–840 ja paaluvälillä 1050–

1136. Nuo mutkat kuljettaja käsitti hidasteiksi tai jopa ajatteli niin, että näin olisi haettu parempaa kantavuutta maapohjasta. Suorempi tie olisi hänen mielestä ollut parempi. Tien kaventamista rummun kohdalla hän ei käsittänyt ollenkaan vaan sanoi, että kapea ja korkea pengeri on suorastaan vaarallinen talvikelillä.

Kuljettaja kertoi, että tie on ollut hyvässä kunnossa koko käytössäoloajan, ja sitä ei ole tarvinnut korjata. Normaali soratien pinta on säilynyt ympäri vuoden kelirikon aiheuttamatta ongelmia. Hyötynä hän mainitsi sen, että tällä Mellanaavantiellä ei tarvitse väistellä muuta liikennettä varsinkaan pieniä testiautoja, jotka kulkevat vanhalla tiellä. Vanha tie jää yksinomaan TestWorldin käyttöön (Kuvio 1.). Hän kertoi vielä, että uuden tien kautta kulkeminen ei välttämättä säästä aikaa. Ajomatka puhdistamolle on käytännössä sama uudella ja vanhalla tieyhteydellä, mutta hänen mielestä uuden tien rakentaminen oli erittäin hyvä päätös.

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tien suunnitteluun liittyvä yleinen teoriaosuus ei ole kaiken kattava selvitys asioista vaan se palvelee tähän työhön liittyvää käytäntöön soveltamista. Teoria valaisee Suomen tieasioita yleisellä tasolla kuten luokitusideaa, eritasoisten teiden pituuksia sekä vaiheittain tarkentuvaa suunnitteluprosessia. Lisäksi tiegeometria ja tierakenne luvut parantavat ymmärrystä tähän työhön liittyvästä tierakennushankkeesta.

Opinnäytetyön tierakennustyöosuus oli mielenkiintoinen. Tie valmistui aika nopeasti ja suurempia ongelmia rakentamisen aikana ei ilmennyt. Tien pohja kantoi oletetulla tavalla ja geomateriaalilla tuetun alueen rakentaminen onnistui hyvin. Kelirikon aikana rajoitettiin jonkin verran liikennettä geomateriaali-alueen reunojen peittämissä vuoksi. Tulva- ja hulevesiä ohjaava ojitus ja rakennetta vahvistavat luiskat puuttuivat tässä vaiheessa. Lumen sulamisvesi jängällä nousi geomateriaalin päälle tierungon alaosaan, joka löystyi tärinästä.

Talven aiheuttamista pienistä ongelmista ja ylimääräisistä kuluista selvittiin. Työn aikana oli pidettävä muutama pakkaspäivä, jotta säästeltiin kalustoa. Lisäksi talvella jäätyneen materiaalin hankinta oli vaikeaa ja tämä nosti urakoitsijan kustannuksia. Toisaalta urakka oli kokonaishintaurakka, johon sisältyi kaikki työtehtävät, materiaalit ja laitteet tien rakentamiseksi suunnitelmasiirtojen ja urakkaohjelman mukaisesti valmiiksi ja käyttökuntoiseksi. Urakasta kilpaileva pyrkii hinnoittelemaan maa-ainekset rakentamisajankohdan mukaan, vaikka maanrakennusala on tänä päivänä tiukassa kilpailussa. Tilaaajan on harkittava milloin rakennetaan ja miten rakennetaan, koska hän saa hyödyn kokonaishinnassa – enemmän tai vähemmän. Urakoitsija laskee aina sen oikean hinnan.

Suunnittelija on punninnut tilanteen ja annetut reunaehdot, joiden perusteella on suositellut ja valinnut tämän toimintamallin. Hintakilpailutus onnistui tilaaajan näkökulmasta mainiosti ja tien veroton hinta oli 74 000 euroa. Lisätyöt toivat jonkin verran lisäkustannuksia muttei merkittäviä. Rakentamisen ajankohta on mitä oivallisin suomalaiseen vuodenaikavaihteluun nähden. Opinnäytetyö osoittaa, että muita tapoja toteuttaa tiehanke tähän käyttötarkoituk-

seen ei oikeastaan ole ja tukea päätelmälle saa Liikenneviraston oppaasta 2/2014 ”Tien perustamistavan valinta”.

Ote Liikenneviraston oppaasta 2/2014: ”Pehmeikön pintaosissa esiintyvät turve- tai liejukerrokset aiheuttavat huomattavia rajoituksia, lisähankaluuksia tai lisäkustannuksia kysymykseen tuleville pohjanvahvistusmenetelmille. Vaikutus on pienin, kun todennäköisenä pohjanvahvistustapana on massanvaihto kaikkien pehmeiden kerrosten alarajaan ulotettuna, mutta kaikissa muissa ratkaisuissa suurempi. Eloperäisten kerrosten esiintymisestä saadaan usein aavistus kartta- tai ilmakuvatulkinnan tai maastokäynnillä tehtyjen silmämääräisten havaintojen perusteella. Turve- tai liejukerrostuman alarajan kulkua voidaan tutkia kairauksin (esimerkiksi rajapinta alapuoliseen saveen ei aina tulkittavissa) ja tarvittaessa tiheään sijoitetuilla näytepisteillä tai turvekerrosten osalta maatutkalla. Pehmeän kerrostuman erotteleminen erilaisiin savi- ja silttikerroksiin ei yleensä onnistu pelkkien kairausten perusteella, vaan erilaisten kairausten ja näytetutkimusten ja joskus geofysikaalisten tutkimusten antamaa tietoa yhdistellen ja tulkiten.” (Liikennevirasto 2014a.)

Heikon kantavuuden alueelle tietä rakentavan kannattaa tutustua Geovahvisteprojektin julkaisuun ”Synteettiset geovahvisteet - Suunnittelu ja rakentaminen”. Se on kirja, jossa käsitellään muun muassa pehmeiköille rakennettavaa tiepengertä. Seuraavassa lyhyt tuoteseloste kyseisestä ohjekirjasta. ”Synteettiset geovahvisteet -ohjekirjan perustana on kattava kirjallisuustutkimus sekä laajat laboratorio- ja kenttätutkimukset, joissa on selvitetty synteettisten vahvisteiden lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksia, maan ja vahvisteiden yhteistoimintaa sekä vahvistettujen rakenteiden mitoitusperiaatteita. Käytännön työesimerkeissä käsitellään geovahvistetun rakenteen mitoitusmenetelmiä kantavalle pohjamaalle rakennettavalle tukimuurirakenteelle ja jyrkälle luiskalle, pehmeiköille rakennettavalle maanvaraiselle tai paalutetulle penkereelle sekä päällystämättömälle tiepenkereelle. Kirjan lopussa on useita työselitys- ja mitoitus-esimerkkejä. Kirja tie- ja rakennussuunnittelijoille. Se soveltuu aihepiirin oppikirjaksi korkeakouluihin, ammattikorkeakouluihin ja keskiasenteen oppilaitoksiin.” (Geovahvisteprojekti 1998.)

”Geoverkko säästää mursketta ja rahaa” kirjoitetaan tekniikka&talous verkkosivulla vuonna 2009. Maahan piilotettu muovinen geoverkko kasvattaa tie-

pohjan kantavuutta ja vähentää murskeen tarvetta. ”*Itse asiassa verkkojen murtolujuus ei ole iso. Kaikki perustuu verkon jäykkyyteen ja yhteistoimintaan kiviaineksen kanssa*”, kuvailee ViaPipe Oy:n toimitusjohtaja Peter Brandt. ViaPipe edustaa geoverkkoja Suomessa. Verkkoja valmistava Tensar International on kehittänyt verkkoja 1960-luvusta lähtien. ”*Meillä on 400 erilaista patenttia maanparannusmenetelmiin*”, kertoo tekniikan tohtori Florian Bussert Tensarista. (Törmänen, L. 2014.)

Lopuksi on todettava, että opinnäytetyössä käsitellyistä muista vaihtoehtoisista tiehankeen toteuttamiseksi olisi apua tierakenteessa mahdollisesti eteen tulevan yksittäisen ongelman ratkaisuun. Tienrakennustyössä käytetyt ratkaisut säästivät aikaa ja rahaa tilaajalle. Jos tällä tiellä tulevaisuudessa ilmenee ongelmia niin ne eivät ole sellaisia, etteikö niistä rahalla selviäisi. Nyt säästyneet varat ovat säästöissä tulevaa ajatellen.

LÄHTEET

- Geovahvisteprojekti 1998. Synteettiset geovahvisteet - Suunnittelu ja rakentaminen. 1/1998.
- Inarin Lapin Vesi Oy 2012. Urakkatarjousasiakirjat, Mellanaavantien rakentaminen. 02.01.2012.
- Laki elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista 897/2009. Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090897>. 20.11.2009.
- Laki Liikennevirastosta 862/2009. Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090862>. 13.11.2009.
- Liikennevirasto 2010a. Tiensuunnittelun kulku. Osoitteessa http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/hankkeet/strategia/suunnittelun_vaiheet/tiesuunnittelun%20kulku_esite.pdf. 10/2010.
- 2010b. Tietilasto 2009. Osoitteessa http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2010-02_tietilasto.pdf. 02/2010.
- Liikennevirasto 2012a. Tien geotekninen suunnittelu. Osoitteessa http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-10_tien_geotekninen_web.pdf. 10/2012.
- 2012b. Väyläverkoston yhtenäinen luokittelu kunnossapidon suunnittelua varten. Osoitteessa http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-10_vaylaverkoston_yhtenainen_web.pdf. 10/2012.
- Liikennevirasto 2013a. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Osoitteessa http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf. 05/2013.
- 2013b. Tietilasto 2012. Osoitteessa http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2013-06_tietilasto_2012_web.pdf. 06/2013.
- 2013c. Tien suuntauksen suunnittelu. Osoitteessa http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-30_tien_suuntauksen_suunnittelu.pdf. 05.07.2013.
- Liikennevirasto 2014a. Tien perustamistavan valinta, Tiegeotekniikan käsikirja. Osoitteessa http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lop_2014-02_tien_perustamistavan_web.pdf. 31.01.2014.
- 2014b. Suunnittelun lähtökohdat. Osoitteessa <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/strategia>. 11.04.2014.

- 2014c. Tienpidon tekniset ohjeet. Osoitteessa
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf7/tienpidon_tekniset_ohjeet_30.4.2014_web.pdf. 30.04.2014.
- Maantielaki 503/2005. Osoitteessa
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050503?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maantielaki>. 23.06.2005.
- Metsähallitus 2008. Metsähallitus hyödyntää talviteitä puukuljetuksissa. Osoitteessa
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/ajankohtaista/Tiedotearkisto/Tiedotteet2008/Sivut/Metsahallitushyodyntaatalviteitapuukuljetuksissa.aspx>. 2008.
- Metsähallitus 2010. Metsähallitus hyödyntää talviteitä puukuljetuksissa. Osoitteessa
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/ajankohtaista/Tiedotteet2010/Sivut/Metsahallitushyodyntaatalviteitapuukuljetuksissa.aspx>. 2010.
- Metsähallitus 2011. Talvitie on edullinen ja luontoa säästävä puunkuljetuskeino. Osoitteessa
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/ajankohtaista/Tiedotearkisto/Tiedotteet2011/Sivut/Talvitieonedullinenjaluontoasaastavapuunkuljetuskeino.aspx>. 2011.
- Metsähallitus 2014. Talvi- ja jäätiet. Osoitteessa
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/metsatalous/metsahallituksenmonikayttometsat/metsatiet/talvijajaatiet/Sivut/default.aspx>. 2014.
- Metsäteho Oy 2001. Metsätieohjeisto. Osoitteessa
http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Tieohjeisto_osa_1_Tekstiosa.pdf. 23.01.2001.
- Perälä, L. 2012. Osoitteessa
http://www.parkano.fi/evertti/sivistys/dokumentit/Kyronkankaan_talvitie.pdf. 04.06.2012.
- Suomen Tieyhdistys 2014. Tietietoa. TieTieto 2014. Osoitteessa
<http://www.tieyhdistys.fi/binary/file/-/id/3/fid/536/>. 02.05.2014.
- Tiehallinto 2004. Tierakenteen suunnittelu. Osoitteessa
<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>. 22.12.2004.
- Tiehallinto 2006. S14 – Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito, Tuotantotekniikat ja koerakentaminen. Vahvisterakenteet. Loppuraportti. Osoitteessa:
http://alk.tiehallinto.fi/s14/docs/loppuraportti_vahvisterakenteet.pdf. 15.8.2006.
- Tie- ja vesirakennuslaitos 1976. Tien kunnossapito. 11/1975.

- Törmänen, L. 2014. Geoverkko säästää mursketta ja rahaa . Osoitteessa <http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/geoverkko+saastaa+mursketta+ja+rahaa/a283434?service=mobile&page=2>. 2014.
- Yle uutiset 2012. Lutakon satamassa stabiloidaan liejua. Osoitteessa http://yle.fi/uutiset/lutakon_satamassa_stabiloidaan_liejua/5260009. 27.05.2012.