



Kaavateiden saneeraustarve

(Case Orivesi, päällystevauriokartoitus)

Juho Toivonen

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2023

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

TOIVONEN, JUHO:

Kaavateiden saneeraustarve, Case Orivesi, päällystevauriokartoitus.

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Kesäkuu 2023

Opinnäytetyössä selvitettiin Oriveden kaavateiden tila ja tutustuttiin asfalttipäällysteiden vaurioiden syntymiseen. Vaurioitunut katuverkko on monen tekijän summa, ja syiden ymmärtäminen vaikuttaa korjaustavan valintaan. Alueellisten erojen huomioiminen uusien katujen rakentamisessa ja rakenteenmitoittaminen tulee tehdä kokempohjaisesti, ottaen huomioon mitoituspusteret. Katujen rakentamisessa ei huomioida tarpeeksi päällystetyypin ja työmenetelmien vaikutusta eikä korjattavan kadun rakennetta selvitetä tarpeeksi. Riittävät esiselvitykset ja selvitysalueen kuvaus tehdään olennaisilta osin. Lähtötiedon kerääminen vanhasta katuverkosta edellyttää ymmärrystä kadun historiasta ja tehdyistä töistä katuverkostoon. Lähtötiedossa on otettava huomioon havaitut muutokset. Päällysteohjelmoinnin rakentaminen ja elinkaarikustannushallinnan saavuttaminen on tehtävä yhteistyössä päällystykseen vaikuttavien toimijoiden kanssa. Oikea-aikaisuus ja vaurioiden ymmärtäminen auttavat oikeiden päätösten tekemisessä.

Kadut inventoitiin mukaillen väyläviraston ohjetta, mutta karttaan merkittiin myös kuntoluokalta poikkeavat lyhyemmät kohdat. Monin paikoin riittää, että korjataan huonot ja erittäin huonot kuntoluokan kohdat. Tiessä havaitut selkeät korjaustarpeet kirjattiin karttaan. Työn tarkoitus on mahdollistaa pitkäjänteinen suunnittelu kaupungin hankkeisiin ja taata riittävä palvelutaso kaavateillä. Taloudellisten resurssien kohdentaminen ja oikea-aikainen korjaus mahdollistavat riittävän palvelutason säilymisen kaavateillä. Työssä käydään läpi tien rakentamiseen liittyviä haasteita, jotka on otettava huomioon tulevaisuudessa. Kaavateiden kunnan seuranta ja ylläpito on jatkuvaa työtä, joka vaatii ammattitaitoa tekijöiltä.

Elinkaariajattelu, siihen liittyvät haasteet sekä mahdolliset kaavateiden korjausvaihtoehdot käydään läpi pintapuolisesti. Rakenteen mitoitus jätettiin pois työstä, koska sitä on käsitelty aikaisemmissa Oriveden kaupungille tehdyissä opinnäytetyöissä.

Asiasanat: kaavatiet, kunnossapito, inventointi, tievaurio

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering Degree Programme
Civil Engineering

TOIVONEN, JUHO

Remediation Needs of Paved Roads, on the Local Plan Street.
Orivesi, Pavement Damage Mapping.

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 2 pages
June 2023

In the thesis the condition of paved roads in Orivesi was investigated and the occurrence of damage to tarmac pavements was explored. A damaged street network is the sum of many factors. Understanding the reasons define how repair should be done. Consideration of regional differences in the construction of new streets and structural dimensioning should be done based on experience, considering the dimensioning criteria. In the construction of streets, the influence of the pavement type and work methods are not considered enough, and the structure of the street to be repaired is also not clarified enough. Sufficient preliminary investigations and a description of the investigation area are carried out in essential parts. Collecting baseline data from the old street network requires an understanding of the history of the street and the works done on the street network. Observed changes must be considered in the initial data. The construction of pavement programming and the achievement of life cycle cost management must be done in cooperation with the actors that affect pavement. Timeliness and understanding the damage help in making the right decisions.

Streets were inventoried in accordance with the instructions of the Finnish Road Administration, but shorter sections that deviated from the fitness class were also marked on the map. In many places, it is enough to fix the bad and very bad parts of the fitness class. Clear repair needs observed on the road were recorded on the map. The purpose of the work is to enable long-term planning for the city's projects as well as to guarantee an adequate level of service in paved roads. Allocation of financial resources and timely repairs enable sufficient level of service to remain on the paved roads. The work goes through challenges related to road construction, which must be taken into account in the future. Monitoring and maintaining the condition of planned roads is a continuous job requiring professional skills from builders.

Life cycle thinking and related challenges as well as possible repair options for planned roads are reviewed superficially. The dimensioning of the structure was left out of the work because it has been covered in previous theses done for the city of Orivesi.

Key words: local plan street, maintenance, field survey, road damage

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	KAAVATIET	9
	2.1 Päälystetyt tiet	9
	2.1.1 Tien historian vaikutus nykyaikaan	10
	2.1.2 Tien vaatimukset ja ohjaavat määräykset	13
	2.2 Tien rakentaminen	14
	2.2.1 Rakentaminen	14
	2.2.2 Tien ylläpito	16
	2.2.3 Tien hoitotoimenpiteet	19
3	TIEN KUNNON ARVIONTIMENETELMÄT	21
	3.1 Palvelutasomittaus (PTM)	22
	3.2 Maatutkaluotaus	22
	3.3 Pudotuspainolaitemittaus (PPL)	23
	3.4 Laserkeilaus	23
	3.5 Visuaalinen tutkimus	23
	3.5.1 Kamera	24
	3.5.2 Videokuvaus	24
	3.5.3 Lämpökamera	24
4	TIEN VAURIOTYYPIT	25
	4.1 Verkkohalkeamat	28
	4.2 Epätasaisuus	28
	4.2.1 Poikittaisepätasaisuus	28
	4.2.2 Pitkittäisepätasaisuus	29
	4.3 Routanousujen aiheuttamat halkeamat	29
	4.4 Pakkaskatkot	30
	4.5 Heijastushalkeilu	30
5	KATUVERKON NYKYTILA	31
	5.1 Inventoitu verkosto	31
	5.2 Havaitut vauriot	32
6	KORJAUSMENETELMÄT	34
	6.1 Ohjelmointi	34
	6.2 Sekoitusjyrsintä	35
	6.3 Massanvaihto	35
	6.4 Rakenteen parannus	36
	6.5 Stabilointi	37
	6.6 Päälystäminen	38

6.7 Paikkaus	41
7 ELINKAAREN PARANTAMINEN.....	43
7.1 Kuivatuksen parantaminen.....	43
7.2 Ajonopeuden vaikutus.....	43
8 POHDINTA	44
LÄHTEET.....	46
LIITTEET	49
Liite 1. Referenssikatu	49
49	
Liite 2. Asfaltin inventointiin.....	50

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

Deformoituminen	Pysyvä muodonmuutos
Ely	Elinkeino-liikenne- ja ympäristökeskukset. Tässä yössä tarkoitetaan Liikennekeskusta
Huonokuntoinen tie	Kuntoluokkiin huono ja erittäin huono kuuluva 100 metrin tien osuus, se voi olla myös 10–20 metrin osuus
InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
Kitkamaa	Karkearakeiset- ja moreenimaalajit
Kunnossapito	Toimenpiteet, joiden tehtävänä on turvata infran päivittäinen käytettävyys ja turvallisuus. Kunnan seuranta ja tarkastukset ovat oleellinen osa kunnossapitoa.
Kuntoluokka	Viisiportainen luokitus päällysteen kunnosta (5 erittäin hyvä, 4 hyvä, 3 tyydyttävä, 2 huono ja 1 erittäin huono)
Korjaus	Infran ennallistamiseksi tarvittavat toimenpiteet, joilla palvelutaso pysyy ennallaan tai paranee. Kunnossapidon osa, ylläpito ollut ennen terminä
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132
PTM	Päällystetyn tien palvelutasomittaus
PVI	Päällystevaurioinventointi
PVK	Silmämääräinen päällystevauriokartoitus
Päällystetty tie	Päällysrakenne sidottu bitumilla
Päällystysohjelmointi	Päällystysohjelmaan valitut korjauskohteet ja niiden korjaustoimenpiteet

1 JOHDANTO

Kesän 2021 aikana pääsin seuraamaan vesihuollon saneerausta Oriveden keskustassa sekä näkemään kadun peruskorjausta. Keskusta-alueella maanrakentaminen on haasteellista, huomioon otettavia seikkoja on paljon. Kaupunkien keskustoissa on eri vuosikymmeninä tehty rakentamista ja vanhat rakenteet on monesti jätetty maahan. Vaaditut suunnitelmat ja lähtötiedot tulee olla hyvin tehtyjä, sekä ottaa huomioon alueen erityispiirre. Erityispiirre ei tule välttämättä huomioiduksi ulkopuolisen suunnittelijan toimesta. Suunnitelmien muuttaminen työaikana ei palvele kaupungin etua. Tilaajalla on hankkeessa erittäin suuri merkitys sekä mahdollisuus määrittää mitoitukseen vaikuttavat tekijät. Yleiset inframallivaatimukset määrittävät rooleja ja mallipohjaisen rakentamisen elinkaariaikaiset tavoitteet, ja niissäkin tilaajan rooli korostuu.

Orivedellä ei ollut tehty päällystevauriokartoitusta, mutta suurin osa huonokuntoisista teistä on ollut tiedossa ja korjausta suunniteltu huonokuntoisimpiin. Ongelmana on, että on paljon huonokuntoisia osia monella kadulla. Vauriot ovat myös moninaisia, osa on päällysteen ohuudesta tai rakenteen mitoituksen takia olevia vaurioita ja osa normaalia ikääntymistä. Päällysteohjelmointiin kannattaa tulevaisuudessa perehtyä ja kehittää toimintoja tukemaan päällysteiden oikea-aikaista korjaamista.

Orivedellä on kokeiltu erilaisia kunnostustapoja teiden kunnostamiseen viimeisen kymmenen vuoden aikana. Teiden kunnossapidossa on löydettävä paras mahdollinen ja myös kokonaiskustannuksiltaan paras tapa turvata tiestön kunto. Paikallisteiden kunnan elinkaaren pidentäminen auttaa keskittämään korjaushankkeet huonokuntoisimpaan osaan tiestöä. Korjaamisessa on huomioitava palvelutaso ja kunnossapitoluokka sekä resurssien kohdentaminen tasapuolisesti eri liikemismuodoille. Jalankulku- ja polkupyörävylien kunnan parantaminen on ollut kaupungin tarkastelussa useita vuosia.

Haastavaa Orivedellä on maapohjan vaihtelut, jotka vaihtelevat hiesusta kalliomaaksi ja hiekkamoreeniin. Toinen merkittävä vaikutus on pintavalumisvesillä ja pohjaveden korkeudella. Orivedellä on paljon vesistöjä ja suoalueita, etenkin kaupungin länsipuolella. Hulevesilinjoja on rakennettu paljon, ja niiden

toiminnallisuus on havaittavissa paikoin tiestön kunnossa. Hulevesiä hallitaan pintavaluntana avo-ojissa. Ojien kunnostamistarve tuli esille vanhemmilla katu-osuuksilla. Huomiota pitäisi kiinnittää jo rakennettuun hulevesiverkoston ja sen toiminnallisuuteen. Kaivojen toiminta ja sijoitus ei ollut järkevä osalla tiestöä, mikä on havaittavissa päällysteessä ja rakenteessa.

Kiertotalouden ja elinkaaritoimintojen kehittäminen mahdollistavat erilaisia tapoja kehittää kaupungin katujen saneeraamista. Purettavien kiinteistöjen betonin hyötykäyttö, vanhan asfalttimurskeen käyttö ja massasuunnitelmat kaupungin hankkeissa on voimavara, joka on Oriveden kokoisessa kaupungissa yksinkertainen toteuttaa. Orivedellä hyötynä on myös osaava ja ketterä organisaatio, joka mahdollistaa erilaisten rakentamiskorjausten jalkauttamista toimintoihin, joilla voidaan saada kustannus- ja ympäristöhyötyjä.

Elinkaariajattelu infrarakentamisessa on moninainen haaste. Tien rakennekerroksien materiaalit ovat uudelleen käytettävissä. Monessa tilanteessa myös neitseellisessä rakentamiskohteessa on materiaaleja, joita voi hyödyntää tai voidaan jopa nostaa käsittelyllä. On pohdittava, nähdäänkö tulevaisuudessa tehdyt tiet materiaalipankkeina, poistetaanko tai muutetaanko katu tai kadun osa alkuperäisestä käyttötarkoituksesta materiaalien takia. Samoin pitää pohtia katujen käyttöä ja muuttuneita tarpeita. Ylileveiden katujen ylläpitokustannukset ja lumitilan puute voivat pakottaa katujen kaventamiseen. Samalla saadaan hidastava vaikutus katuverkolle, mikä taas säästää päällystettä.

2 KAAVATIET

2.1 Päälystetyt tiet

Tiet ja kadut jaetaan maanteihin, katuihin ja yksityisteihin. Tämä jaottelu perustuu väylän omistajuuteen ja väylän hallintovastuuseen. Maantiet ovat valtion omistamia ja hallinnoimia väyliä, jotka on luovutettu yleiselle liikenteelle. (Katu 2020)

Väylävirasto hallinnoi ja ylläpitää väyläverkostoa. Kunnat huolehtivat omista väylistä. Yksityiset tiet ovat tiehoitokunnan ylläpidettävänä. MRL 86 § määrittää asemakaava-alueella olevan kadun ja kadunpitopäätöksen voimaantulemisen jälkeiset toimet. Kunnossapidosta on annettu oma laki, joka ohjaa kunnossapidon pitävän kadun tarpeiden edellyttämässä, tyydyttävässä kunnossa. Kuntien omistaman liikenneverkon kuntoa ja kunnossapitoa ei lailla samalla tavalla määrätty kuin valtion hallinnoimien väylien.

Valtion omistamien teiden kunnossapidossa pitää ottaa huomioon muun muassa elinkaarivaikutukset, kustannustehokkuus ja tieomaisuuden säilyminen. (Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 3. luku 23.6.2005/503)

Kunnan velvollisuus on pitää teiden kunto tyydyttävällä tasolla. 3 §:n mukaan kunnossapidon taso määrittyy useasta seikasta. Laki myös asettaa ilmoitusvelvollisuuden, jos päälysteen kunto voi aiheuttaa vaaraa. (Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta 31.8.1978/669)

Kadut ovat asemakaava-alueella sijaitsevia liikenneväyliä, katuja, aukioita ja toreja tai kevyen liikenteen raitteja. Kadut toteutetaan asemakaavassa osoitetulle katualueelle kunnan hyväksymän katusuunnitelman mukaisesti Mannakäyttö- ja rakennuslaissa säädetyllä tavalla (Katu 2020, 1,4 Katujen luokittelu).

Suomen maantieverkon kokonaispituus on 78 000 km, ja kuntien katujen, metroverkoston ja raitioteiden määrä on 28 000 km, joiden kummankin arvo on 15 mrd €. Tieverkko on suurilta osin rakennettu Suomessa 1960-luvulla, mikä näkyy toiminnallisessa kunnossa. Kuntien ja kaupunkien liikenneverkkojen tilannekuvaa tulee parantaa, jotta ylläpidon ja rakentamisen laatu vastaa nykyistä tarvetta. Jatkuva ylläpito ja oikea ajoitus korjauksille mahdollistavat elinkaarikustannusten hallinnan. (Rakennetun omaisuuden tila 2021, 17–19)

Infran omistajat ovat palveluntuottajia, joiden velvollisuutena on hallita rakentamisen ja ylläpidon laatua. Ulkopuoliset urakoitsijat ja suunnittelijat eivät ole vastuussa lopputuotteesta. Laadunhallinta tarvitsee oman toiminnan ja laadun tarkkailua sekä havaittujen ongelmien korjaamista. Projektipäällikön tulee infrahankkeessa huomioida investointi ja kunnossapidon kustannukset. Kokonaisedun ymmärtäminen tarvitsee ymmärryksen elinkaarikustannuksista. Toteutusmuodon valinta määrittää hankkeen etenemisen ja haasteet. Tärkeää olisi tehdä pelisäännöt ja puitteet, jolla hanke viedään eteenpäin. Hankkeen tärkein asia on investointi- ja peruskorjaustarpeiden sekä organisaatioiden tarpeiden nivoutuminen yhteen. (Aalto 2021, 11–63.)

Pääosa infrahankkeiden kustannuksista ajoittuu rakennusvaiheeseen ja elinkaaren aikaisiin kunnossapito- ja peruskorjauskustannuksiin. Peruskorjauskustannusten osuus nousee sitä korkeammaksi, mitä kauemmin peruskorjauksien aloitusta viivytetään. Vaikka hankkeen suunnittelukustannukset ovat vain murto-osakokonaiskustannuksista, lyödään suunnitteluratkaisuilla lukkoon pääosa hankkeen elinkaarenaikaisista kokonaiskustannuksista (Aalto 2021, 64–65).

2.1.1 Tien historian vaikutus nykyaikaan

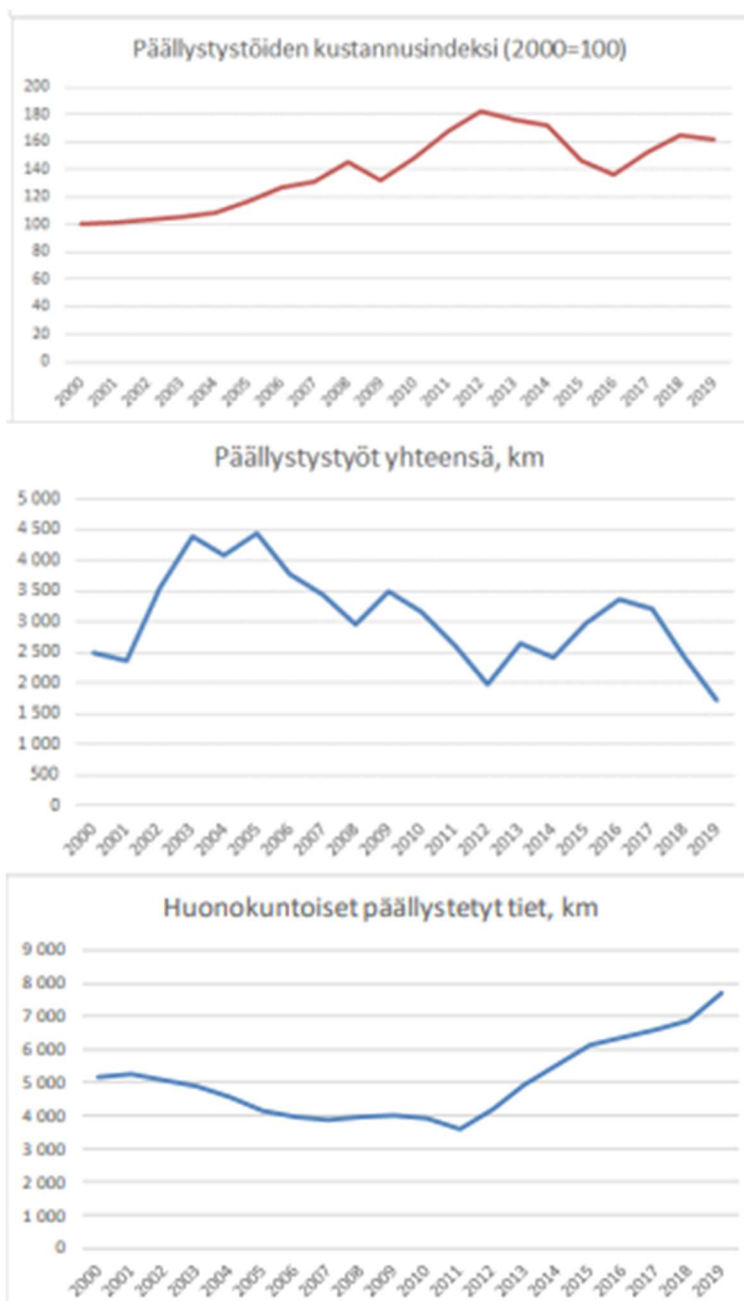
Suomessa on paljon vanhoja väyliä, joita ei ole rakennettu, vaan ne ovat rakentuneet poluista teiksi. Vanhoista väylistä puuttuu tarvittavat rakenteet ja mitoitus. Kallionpinnat on louhittu edestä pois, rakenne on jäänyt epäjatkovaksi ja vesitaskuja on jäänyt rakenteeseen. Vanhojen väylien saneeraaminen voi tuoda yllättäviä lisäkustannuksia.

Ensimmäiset tierakenteen suunnitteluohjeet ovat vuodelta 1964, ja ne uusittiin 1985. Rakenteellinen suunnittelu perustui routa- ja kantavuusmitoitukseen. Routamitoitus perustui routimattomien rakennekerrosten yhteispaksuuteen. Lähtökohtana oli vaatimustaso, routaolosuhteet ja mitoituspakkasmäärä.

Kantavuusmitoituksessa otettiin huomioon myös tavoitekantavuus, mutta lähtökohtana oli alusrakenteen kantavuus sekä rakennusmateriaalin laatu eli moduuli. Kantavuusmitoitus määritettiin näillä perusteilla.

On arvioitu, että vain noin puolet tiestöstä on rakennettu suunnitteluohjeiden mukaisena rakenteena tuona aikana. Tämä tarkoittaa, että toinen puoli on rakentamattomia teitä, joissa päällyste on tehty luonnonsoran tai murskatun kerroksen päälle. Teiden leventäminen on tehty luiskaa levittämällä, jolloin tien rakenne on epähomogeeninen ja siten altis vaurioille. (Belt ym. 2002, 14–16)

Suomen tiet kehittyivät 1950-luvun loppupuolella päätieverkon kunnostamisella ja päällystämällä. Suurin osa Suomen tieverkosta rakennettiin 1960-luvulla. Rakentamista hidasti tiestön vaurioituminen, ja vuonna 1964 suunnitteluohjeet olivat taustana 1970-luvun päätieverkon uusintapäällystykselle ja sidotun kulutuskerroksen kasvattamiselle. Kunnossapitotoimet ovat heikentyneet jo 1990-luvulla, eikä rahoituksen ja ylläpidon resursseja ei ole ollut riittävästi. 1990-luvulla myös ohuet pintaukset tulivat käyttöön (taulukko 1). Rahoitus on vaihdellut paljon, samoin kuin kustannusindeksi. Huonokuntoisen tien kilometrimäärä on kasvanut alkaen vuodesta 2012 rahoituksesta huolimatta (kuvio 1).



Kuvio 1. Maanteiden päällystystöiden rahoitus. (Väylä 2021)

Rakentamisesta ja vastuista on tehty mittava määrä erilaisia ohjeita ja säädöksiä Suomen itsenäisyyden aikana. Tien kunnossapitokirja vuodelta 1976, jonka tie- ja vesirakennuslaitos toimitti, kokosi käsikirjamuotoon kaiken siihen saakka kerätyn tiedon. Tällaiset selkeät ohjekirjat mahdollistaisivat tienpitäjää selviytymään informaatiomäärästä, joka on nykyään saatavilla.

Taulukko 1. Tiestön tila ja kehittäminen eri vuosikymmenillä (Belt ym., 14)

Vuosikymmen	Tiestön tila ja kehittäminen
50-luku	Tiestö on huonokuntoinen ja lähes kaikki ovat sorapintaisia. Päätieverkon kunnostaminen ja päällystäminen alkaa.
60-luku	Laajamittainen päällystäminen aloitetaan. Vain päätiet rakennetaan hyvin. Muulla tieverkolla päällystäminen tehostettuna kunnossapitona; soran päälle 20-40 cm sora + 5 cm öljysoraa. Ensimmäiset moottoritiet valmistuvat.
70-luku	Laajamittainen päällystäminen jatkuu. Aiemmin päällystettyjen teiden rakenteen parantaminen aloitetaan. Asfalttipäällysteitä uusittaessa tasausmassa + 100 kg/m ² uutta päällystettä. Ensimmäiset moottoriliikennetiet valmistuvat.
80-luku	Laajamittainen päällystäminen jatkuu. Pääverkon parantamistyöt saadaan pääosin valmiiksi. Paljon rakenteenparantamishankkeita. Asfalttipäällysteitä uusittaessa tasausmassa+ noin 100 kg/m ² uutta päällystettä. Nastarenkaat urauttavat nopeasti vilkasliikenteisiä teitä.
90-luku	Kehittämistoimenpiteet keskitetään vilkasliikenteiselle päätieverkolle. Muulla tiestöllä tehdään vain kevyitä korjaustoimenpiteitä vähäliikenteisimmän päällystetyn tiestön jäädessä korjaustoiminnan ulkopuolelle. Asfalttipäällysteitä uusitaan ohuilla pintauksilla.

2.1.2 Tien vaatimukset ja ohjaavat määräykset

Useat lait ohjaavat tienpitäjää vaadittavasta ylläpidosta. MRL 12 luku määrittää katujen ja yleisten alueiden oikeudet ja velvollisuudet kunnalle. Maankäyttö- ja rakennusasetuksen 9 luku täsmentää kunnan velvollisuuksia muun muassa katujen osalta. Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta määrää kunnalle kadun kunnossapidon sekä tontinomistajalle kuuluvat velvollisuudet. Tieliikennelaki määrittää käyttöön liittyvän toiminnan, ja laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 503/2005 määrittää valtiolle kuuluvat toimet ja velvollisuudet.

Katujen rakentaminen on määritelty monelta osin, mutta silti siinä on vielä paljon haasteita rakentamisen ja ylläpidettävyyden osalta. Rakennuksien osalta määritellään tarkasti tehtävät ja vastuut, mutta katujen osalta näin ei ole. Valtion hallitsemien väylien osalta ohjaus on paremmalla tasolla kuin yksittäisten kuntien osalta. Kuntien itsemääräysvaltaan ei ole haluttu vaikuttaa ja se on osaltaan vaikuttanut hyvinkin kirjaviin rakentamistapoihin. Tilannetta ovat korjanneet useat eri virastojen julkaisut ja tutkimukset. Väyläviraston ohjeet määrittävät valtion tieverkon korjausmenettelyjä ja toimintatapoja.

Väylävirasto on tehnyt toimintalinjauksen 2006, ja uudet toimintalinjat julkaistiin 2021. Säädösperustana on laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä. (Väylä 2021, 4)

Toimintalinjojen keskeinen sisältö on päällysteiden korjaus, erityisesti päällystäminen, paikkaukset ja päällystämisen yhteydessä tehtävä kevyt rakenteen parantaminen (Väylä 2021, 8).

2.2 Tien rakentaminen

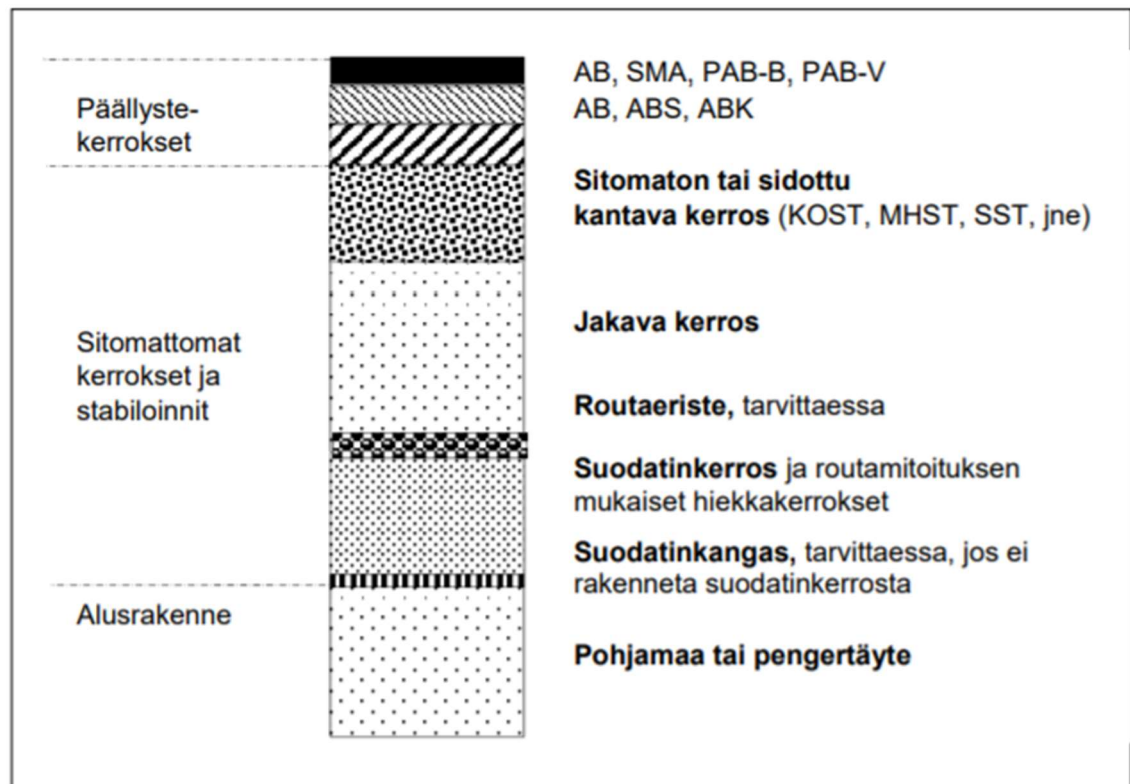
Teiden rakentamisen tarve tulee olla hyvin perusteltua ja sen vaikuttavuutta pitää arvioida tarkasti. Rakentamissuunnitelma tehdään hankkeesta lakisääteisesti (503/2005). Tie ja sen rakenteet määritetään yksityiskohtaisesti sekä yksiselitteisesti. Laadunvarmistus hankkeessa määritetään hankekohtaisesti projektisuunnitelmassa. Väyläviraston ohjeella Tien rakentamissuunnitelma, auttaa hankkeen läpivientiä sekä ottamaan huomioon elinkaaren ja ympäristöön vaikuttavia näkökulmia. (Väylä 2022 b, 11-39)

2.2.1 Rakentaminen

Rakentaminen lähtee oikean rakennustavan ja rakennemateriaalin käytöstä. Päällysmateriaalit, jotka ovat InfraRYL:n mukaisia CE-merkittyjä tuotteita, ovat routimattomia (Liikennevirasto 2018, 50)

Rakentaminen tehdään mitoittamalla katu ja rakenteet niin, että ne kestävät tielle suunnitellun käytön. Alusrakenteen kantavuudella saadaan lähtöarvo jakavalle kerrokselle ja suodatinkerroksen rakentamiselle. Kuviossa 2 on merkitty

päällysrakenteen osat. Virheet, jotka tehdään rakentamisvaiheessa, niin tiivistämisessä kuin kerrosten määrityksessä, ovat perustana vaurioitumisnopeudelle.



KUVIO 2. Tien päällysrakennekerrosten nimitykset. Kaikkia kuvion kerroksia ei kuitenkaan yleensä ole samassa rakenteessa. Lisäksi rakennetta voidaan vahvistaa erilaisilla lujitteilla (Liikennevirasto 2018, 11)

Rakentamisessa jaotellaan rakenteet kolmeen pääkerrokseen. Rakenteet on kuvattu kuviossa 2. Tien rakenteet toimivat yhteistyössä pintarakenteen kanssa mahdollistaen toimivan rakennekokonaisuuden. Alusrakenne toimii rakentamisen lähtökohtana, ja oikea tieto alusrakenteesta mahdollistaa mitoittamisen onnistumisen. Pengertäytteenä käytettävä materiaali ja sen käyttäytyminen penkereessä pitää ymmärtää. Kitkamaiden käyttö on yleistä, samoin louheen. Kitkamaiden käytössä pitää huomioida hienoaineksen määrä ja kivisyys.

Hienoainespitoisuus kantavassa kerroksessa on erityisen haitallista tierakenteelle. Hienoainespitoisuus nopeuttaa turmeltumisvaurioiden syntymistä (taulukko 2). Rakenteen E-moduuli on märkänä pienempi, mutta kuivana se voi lisätä sitä. Talvella hienoainespitoisuus aiheuttaa routanousua, ja kesällä materiaali kyllästyy vedestä, joka heikentää materiaalin kykyä vastustaa siihen kohdistuvia voimia. Dynaamisen kuormakyvyn heikentyessä tie deformoituu ja nopeuttaa päällysteen vaurioitumista. (Liikennevirasto 2018, 50.)

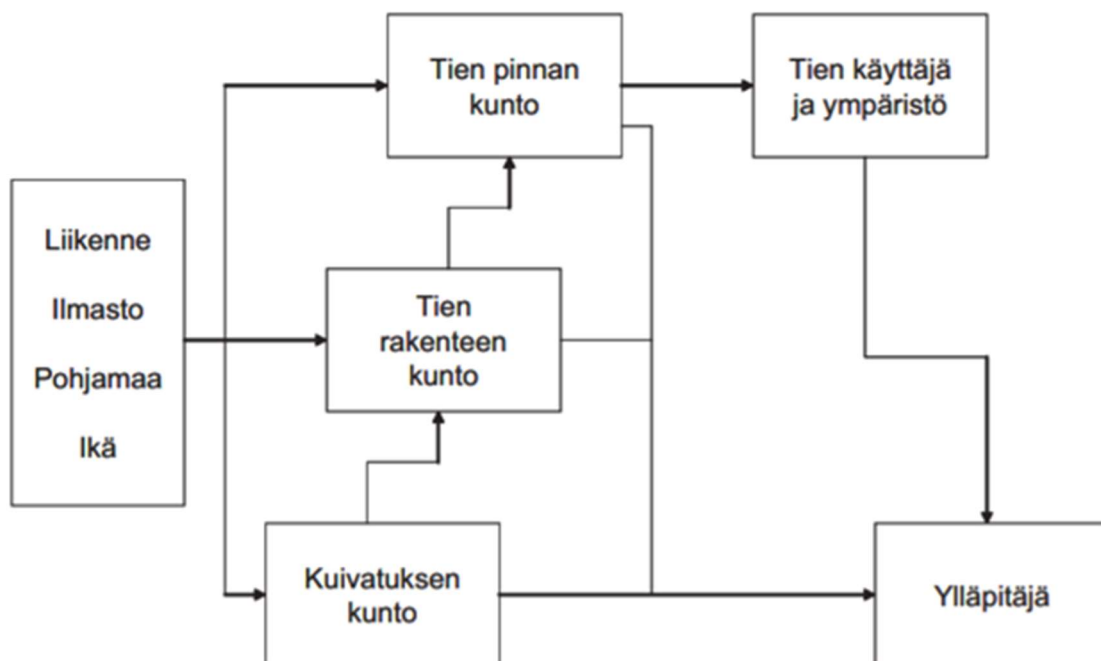
Hienoaineksen liiallisen määrän korjaaminen vaatii tapauskohtaisen suunnittelun. Kerrokseen voi sekoittaa sepeliä tai stabiloida ko. kerroksen. Rakennekerrosten kasvattaminen ei korjaa ongelmaa. Paras tapa on pitää päällyste ehjänä ja huolehtia kuivatuksesta. Hienoainespitoisuus kantavassa kerroksessa heikentää kuormituskestävyyttä enemmän kuin jakavan tai suodatinkerroksen hienoainespitoisuus. Suodatinkerroksen 15 % hienoainespitoisuuden ylitys aiheuttaa epätasaisen routanousun, ellei kuivatus ole tehokasta. Vanhoissa rakenteissa si-doksia ovat rasittaneet päällysteen halkeamiin päässyt suolavesi sekä toistuvat sulamis-jäätymissykliin aiheuttamat vauriot. Rapautumista estää vesitiivis rakenne. (Liikennevirasto 2018, 50, 51)

2.2.2 Tien ylläpito

Tien ylläpito sisältää hoito- ja kunnossapitotoimenpiteet. Hoitotoimenpiteitä ovat kausivaihteluiden määräämä tarvittavat tienkäytön ylläpitävät toimenpiteet. Tienpitäjän velvollisuutena on huolehtia näiden töiden suorittaminen.

Katujen rakentamisesta vastaa kunta kustannuksellaan. Katujen to kustannuksineen kuuluu kunnalle ja kiinteistöille katujen kunnossapuhintaanapidosta sääsetyllä tavalla jaettuna (Katu 2020, 1,4 Katujen luokittelu).

Tien ylläpitoon vaikuttavat monet seikat. Liikennemäärät ja liikennöivien ajoneuvojen massat lisääntyvät pääväylillä. Teiden ja katujen mitoitus on muuttunut vuosien varrella, samoin ajoneuvojen massat ja ajonopeudet. Taulukossa 1 on kuvattu eri vuosikymmeninä tehtyjä tiestönpäähankkeita.



KUVIO 3. Tierakenteen rappeutumisen osatekijät (Belt ym 2000,7)

Ilmatorasitus lisää tieverkon rasitusta, etenkin vaurioituneen väylän osalta. Sitomattoman rakennekerroksen lujuuteen vaikuttaa heikompi tiiveys tai korkeampi kosteuspitoisuus. Kokonaan veden kyllästämä sitomaton materiaali on herkkä deformatumaan. Kiviainespartikkelien välinen jännitys pienenee huokosveden ylipaineen takia. Huokosveden ylipaine voi muodostua nopeasti muuttuvien syklisten kuormitusten vaikutuksena (Belt ym 2006, 30).

Päällysteen alapinnan vetomuodonmuutoksia voidaan parhaiten pienentää käyttämällä päällysteen alla olevassa kerroksessa hyvää materiaalia (korkea moduuli) sekä kasvattamalla päällysteen paksuutta ja jäykkyyttä (taulukko 3). (Belt ym. 2006, 10)

Taulukko 2. Rakennetekijöiden vaikutus päällysteen alapinnan vaakasuoraan vetomuodonmuutokseen Ehrola, 1996. ja sivu 11, Belt 2006

Tekijä	Muutos	Asfalttipäällysteen alapinnan vetomuodonmuutos
Asfalttipäällysteen paksuus -luja alusta -heikko alusta	Kasvu	Kohtalaisesti laskeva Voimakkaasti laskeva
Asfalttipäällysteen jäykkyys -Paksu päällyste -ohut päällyste	Kasvu	Erittäin voimakkaasti laskeva Vaikutus vähäinen
Kantavankerroksen paksuus -luja alusta -heikko alusta	Kasvu	Vaikutus vähäinen Kohtalaisesti laskeva
Kantavan kerroksen jäykkyys (moduuli)	Kasvu	Erittäin voimakkaasti laskeva

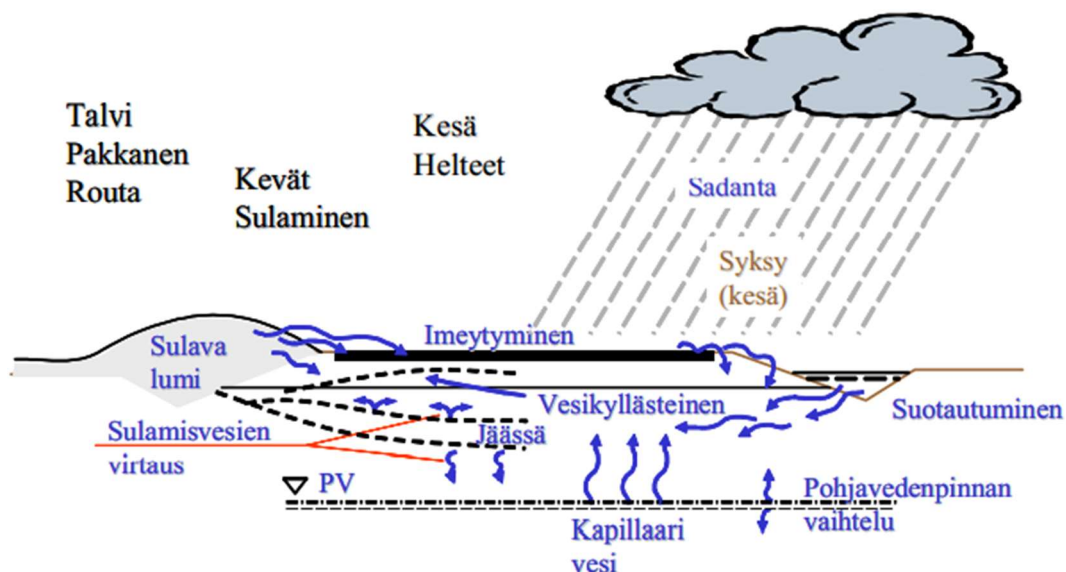
Sadanta ja suotautuminen lisäävät rakenteelle aiheutuvaa olosuhdemuutosta, joka on otettava huomioon suunnittelussa ja tulevilla hankkeilla. Kuivatuksen toimivuus tulee varmistaa.

Ilmaston muuttuminen lisää päällysteiden kulumista ja kuivatuksen toimivuuden tärkeyttä. Vilkasliikenteisten teiden päällysteitä kuluttavat nastarenkaat, joiden vaikutusta vesi tehostaa. Päällysteen urautuminen nopeutuu, mikä lisää korjaustarpeita. Päällystettyjen teiden rasitus on lisääntynyt vuodesta 2013 lähtien, jolloin suurin sallittu kokonaisuudessa muutettiin 60 tonnista 76 tonniin. Tämän seurauksena on tullut tarpeita lisätä päällysteiden paksuutta. (Väylä 2021, 14).

Paksut päällystekerrokset suojaavat tietä deformatumiselta. Päällysteen tiiveys suojaaa tien rakenteita vedeltä ja liukkaudentorjunta-aineilta, jotka heikentävät hydraulisesti sidottuja materiaalisidoksia. Teissä ei saisi käyttää materiaaleja, jotka ovat herkkiä veden tai liukkaudentorjunnan vaikutuksille. Poikkihalkeamien muodostumista ei voi estää, mutta vilkasliikenteisillä teillä muita halkeamia ei saisi olla. (Liikennevirasto 2018, 33)

Ohuiden päällysteiden vedenpitävyys on heikko uutena sekä sen kestävyys deformatumista vastaan. Tällaisten teiden halkeilu tai kestävyys ei estä tien deformatumista. Halkeilusta johtuva lisääntynyt veden läpikäisy heikentää ylimpien kerrosten kestävyttä, ja kuormituksesta aiheutuva vaurioituminen kiihtyy. Nopeasti vaurioituvat kohdat paikataan tai uusitaan. Suuret muodonmuutokset tiessä korjataan sekoitusjyrsinnällä. Vanha päällyste voidaan sekoittaa kantavaan kerrokseen. Rakenteen mitoituksella pyritään varmistamaan hidas

vaurioitumisnopeus. Ohutpäällysteinen tie, joka on toimiva, voidaan muuttaa pak-
supäällysteiseksi. (Liikennevirasto 2018, 33)



KUVIO 4. Ilmastokuormitukset (belt ym 2002, 20)

2.2.3 Tien hoitotoimenpiteet

Tien hoitotoimenpiteet ovat lähes kaikki kausitöitä. Liikennemerkkien inventointi ja ylläpito ovat jatkuvaa työtä, samoin valaistuksen hoitotoimenpiteet.

Kausitöistä talvihoito on kustannuksiltaan suurin.

Hoitokustannukset kilometriä kohden ovat kasvussa yleisen hintatason noustessa. Jokainen rakennettu tie nostaa kunnossapitokustannuksia. Väyliä hoidetaan omana työnä sekä kilpailutettuna urakointina.

Talvikauden jälkeen tiet ovat katupölyn ja hiekoitushiekan sekä roskien peittämiä. Tien harjaus voidaan aloittaa vasta, kun talvihoitoon asennetut aurausviitat on poistettu. Valmiiksi kosteat tiet vähentävät pölyämistä. Tieverkon pesut ja harjaukset vaativat paljon resursseja. Tärkeää olisi saada tienpinnalla oleva hiekoitusseveli keräävillä harjalaitteilla pois tieväyliltä. Isompirakeinen seveli, joka kerätään alkuvaiheessa kannattaa kerätä mahdollisen jatkokäytön kannalta eri paikkaan kuin hienojakoinen seveli. Avoharjoilla seveli kerääntyy vuosien varrella ojiin tai palteeksi tien reunalle. Osa hoidettavista alueista on pakko pestä.

Hoitotoimenpiteitä tehdessä kannattaa suunnitella, ettei haitta-aineita pääse luontoon ja estää materiaalien pilaantuminen omasta toiminnasta.

Puhtaanapitoa tarvitsee tehdä koko kesäkausi. Kasvien kukinnot ja siemenet on hyvä poistaa ajoissa pois väyliltä. Jalankulku- ja polkupyöräväylät voivat olla liukkaita tienpinnassa olevasta massasta.

Syksyllä lehtien poisto on hyvä tehdä ennen pakkasia ja sateita, vaikka useammassa erässä. Syksyn hoitotoimenpiteet vaativat henkilöstöresursseja, ja työ pitää yhteensovittaa muiden hoitoalueiden kanssa.

Syksy on sadannaltaan suurempi kuin kesä ja kevät. Hulevesijärjestelmien hoitotoimenpiteet on hyvä suorittaa hyvissä ajoin ennen kuin ne vikaantuvat. Vikaantumiset voivat aiheuttaa mittavia kustannuksia rakenteiden rikkoutumisista tai kiinteistöihin pääsevistä pintavesistä. Viimeistään tällöin huomataan kaivojen ongelmat ja järjestelmien vikaantumiset. Ennakointi ja suunnitellut toimet hulevesijärjestelmiin suojaavat katurakenteita.

Päällysteen kestävyyttä edistäviä kuivatukseen liittyviä toimenpiteitä ovat mm:

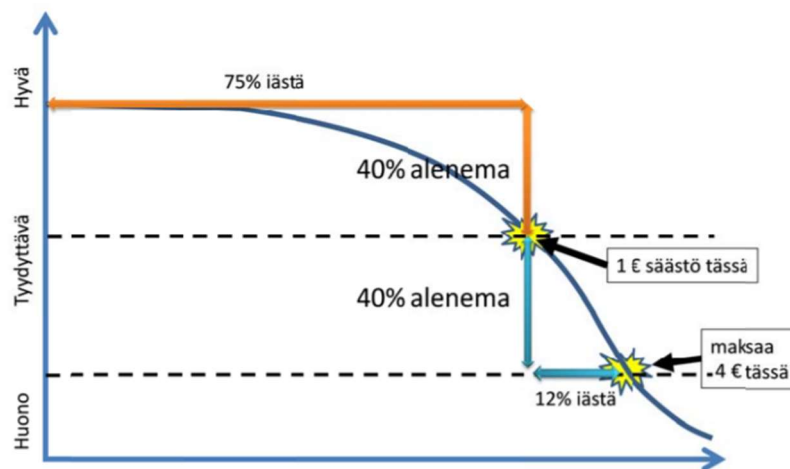
- vettä padottavien reunapalteiden poisto,
- lumivallien kaataminen riittävän aikaisin keväällä, jotta sulamisvesi ei kulkeudu päällysteelle eikä lammikoidu tielle,
- sivuojen perkaaminen tai kaivaminen kohdissa, joissa ojat tukkeentuvat nopeasti,
- sivutieliittymärumpujentoimivuuden tarkastaminen ja
- laskuojien kunnon seuranta. (Väylä, 2019, 10)

Talvikausi alkaa aurausviitoitusten asentamisella ja koneiden varusteiden asennuksilla. Hiekoitussiilot on hyvä täyttää ajoissa kuivalla hiekoitussoralla tai huomioida hiekoitussoran lämmitys. Katuverkon kunnossapitoon vaikuttaa merkittävästi suunnitellut talvihoidon koneet ja lumien poistot katuverkoston läheisyydessä. Kevään sulamisvesien pysyminen kadulla ja urautuneella tiellä kasvattaa moninkertaisesti tien kulumista. Kevättalvella tehtyjä toimia ja kustannussäästöjä tulee tarkastella kriittisesti.

3 TIEN KUNNON ARVIONTIMENETELMÄT

Katujen kuntokartoitusohjeita ja ohjeita on tullut Väyläviraston toimesta opinnäytetyönteon aikana. Ne selkeyttävät tiellä tehtäviä toimia ja suhtautumista tieinfraan. Säästöjen tekeminen katuverkonhoidossa on mahdollista vain riittäväällä tiedonhallinnalla. Väärinajoitettu ja johdettu katuverkon parantamisajankohta johtaa merkittäviin kustannuksiin. Digitaalisten kaksosten mallintamiseen tarvitaan useita menetelmiä, jotka yhdessä muodostavat mallin, josta voidaan analysoida vaurion juurisyyt. Kuvio 5 voidaan havaita oikeinajoitetun parantamisajankohdan merkitys kustannuksiin.

Päällysteiden vaurioinventoinnilla luodaan pohja teiden, katujen ja kevyen liikenteen väylien kunnan tarkastelulle. Päällysteen vauriotiedot toimivat lähtökohtana tien tai kadun rakenteenparantamisen suunnittelulle tai uudelleen päällystämisen ohjelmoinnille. Vaurioinventointeja suoritetaan tie- ja katuverkon lisäksi myös kevyenliikenteen väylille. Vauriotietojen pohjalta voidaan kohtuullisen luotettavasti päätellä myös vaurioiden syntyyn vaikuttaneita tekijöitä. (Roadconsulting Oy)



Kuva 4. Kunnonhallinnan haasteena on tunnistaa tien parantamisajankohta [17].

S

KUVIO 5. Kunnonhallinnan haasteena on tunnistaa tien parantamisajankohta (Virtala 2016, 15)

3.1 Palvelutasomittaus (PTM)

Päällysteiden palvelutasomittauksella kerätään tieto kadun geometriasta ja tasaisuudesta. Mittauksissa käytetään ajoneuvoja, joissa on lasermittauslaitteet. PTM-ajoneuvot mittaavat tien pituus- ja poikkileikkausta, joista saadaan tietona tunnusluvut urasyvyydelle, IRI- ja RIDE-luvuille, sekä muut tiessä olevat pinnan muodot.

IRI korvattiin RIDE tunnusluvulla ja otettiin käyttöön Delta, jolla mitataan urasyvyyden pituussuuntaista muutosta. (Väylä 2021, 26)

Taulukon 3 mukaisesti mitataan keväisin urautuminen, joka on kulunut talvella. Näin voidaan korjata vaaralliset kohteet ja määrittää korjaus niihin. (Väylä 2022, 14)

Katuverkolla mittauskierron tarve vaihtelee liikennemäärien mukaan. Urautuminen tontti- ja kokoojakaduilla on vähäistä, mutta pääkaduilla jo havaittavaa. Vaikutusta on myös ajonopeudella ja onko katu läpiajoliikenteen käytössä. Riittävä väli mittauskierron välillä on 3-4 vuoden välein, tällöin havaitaan tiessä olevat muutokset ja vaurioitumiseen voidaan vaikuttaa. Taulukossa 3 on väyläverkon ohje mittauskierrolle.

Taulukko 3 Päällysteiden palvelutasomittausten (PTM) mittauskierto. (Väylä 3/2022, 14)

Verkko	Mittaustiheys
2-ajorataiset	Kaikki kaistat joka vuosi
1-ajokaistaiset: KVL>6000	Molemmat kaistat joka vuosi
1-ajokaistaiset: KVL 3000-6000	Molemmat kaistat joka toinen vuosi
1-ajokaistaiset: KVL 350-3000	Molemmat kaistat joka kolmas vuosi
1-ajokaistaiset: KVL alle 350	Molemmat kaistat joka neljäs vuosi

3.2 Maatutkaluotaus

Maatutkaluotauksella saadaan selvitettyä tien materiaalien rakennekerrokset ja niiden paksuudet, mikä on lähtökohtana tien parantamistoimiin. Maatutkaus

tarvitsee referenssikairauksen, jolla voidaan todentaa päällystekerros ja sitomatomat kerrokset. Maatutkauksella saadaan selville epäjatkuvuuskohdat ja maatutkaus on hyvä tehdä saneerattaviin kohteisiin lähtötiedoksi.

Tiet mitataan tutkalla, jotka on jaoteltu teholtaan päällyste ja rakennetutka-antenneiksi. Tutkimukset suositellaan tehtäväksi kesäaikaan, jollei tahdota saada selville routarajasta. Mittaustulokseen vaikuttaa myös pölynsidontaan käytettävä suola. (Tiehallinto 2004, 17-18)

3.3 Pudotuspainolaitemittaus (PPL)

Pudotuspainolaitteella selvitetään tien kuormituksen aiheuttamaa taipumaa. Laitteella saadaan selville rakenteen ja pohjamaan kantavuus, sekä selvittämään heikommat kerrokset syvyysuunnassa. Tuloksista saadaan laskettua pintakantavuusindeksi SCI ja pohjamaan indeksi BCI. (Väylä Päällystettyjen teiden korjaus 2022, 17)

3.4 Laserkeilaus

Laserkeilauksessa mitataan 3-ulotteista dataa x-, y-, ja z-koordinaatteina paluuehijastuksen analysointia hyväksi käyttäen. Laserkeilauksella tien pinnasta saadaan tarkka tieto, jota voidaan hyödyntää suunniteltaessa tien parantamista ja vaurioitumista. Mittausajankohta tulee valita roudattomaan aikaan ja kuivalla säällä, yöllä tehdystä mittauksesta ei ole käytettävissä valokuvia. (Liikennevirasto 2016, 7-14)

3.5 Visuaalinen tutkimus

Visuaaliset inventoinnit ja kuntokartoitukset ovat haastavia. on tärkeää, että inventoinnit tehdään samanlaisesti ja samoilla perusteilla. Inventoinnista on tehtävä referenssi kohde, joka toimii perustana inventoinnille. Referenssikohde on hyvä olla sellainen, joka sisältää mahdollisimman monta virhetyyppiä ja vikaa. Inventoinnit on hyvä tehdä aikana, jona on routanousut suurimmillaan ja palteiden osalta sateiden aikana. Inventointi on osaltaan jatkuvaa työtä ja osaltaan aikataulutettua. Havaitut reiät on hyvä korjauttaa välittömästi ja kuntalaisten ilmoittamisaktiivisuus olisi saatava korkeaksi, jolloin ei tarvitse erikseen inventoida verkostoa.

3.5.1 Kamera

Yksittäiset kuvat ovat hyviä havainnollistamaan yhtä kohtaa tai vauriota, mutta juurikaan muuta hyötyä ei ole yksittäisissä kuvissa. Kuvat toimivat parhaiten dokumentoidessa jotakin tiettyä rakennetta tai kohdetta. Rakentamisen aikana kuvat ja niiden ottopaikka kartalla auttavat selvittämään, jos kohde oireilee tulevaisuudessa.

3.5.2 Videokuvaus

Tiestön video ja kuvaaminen on hyvä tapa dokumentoida verkosto. Videokuvaaminen on mahdollista tehdä muiden mittausten kanssa samaan aikaan, mutta kuvaamisen voi tehdä myös erikseen. Kuvattua dataa voidaan hyödyntää liikenne-merkkien inventoinneissa, katumaalausten suunnittelussa sekä todentamaan kadun tilaa kuvaushetkellä. Kuvauslaitteisto olisi hyvä sijoittaa noin kahden metrin korkeuteen ja videoon pitäisi saada talletettua ääntä havaintojen ilmoittamiseksi. Laitteiston ei tarvitse olla älypuhelimta kummempi. Markkinoilla on useita ohjelmia verkoston kuvaamiseen ja tiedon dokumentointiin. Helpoin tapa on asentaa kuvauslaite laitteeseen, joka liikkuu mahdollisimman erilaisiin paikkoihin, kuten huoltoajoneuvoihin ja palvelubusseihin. Ajonopeuden ollessa alle 40 km/h kuvanlaatu pysyy riittävällä tasolla. (Saarenketo 2009, 4-19)

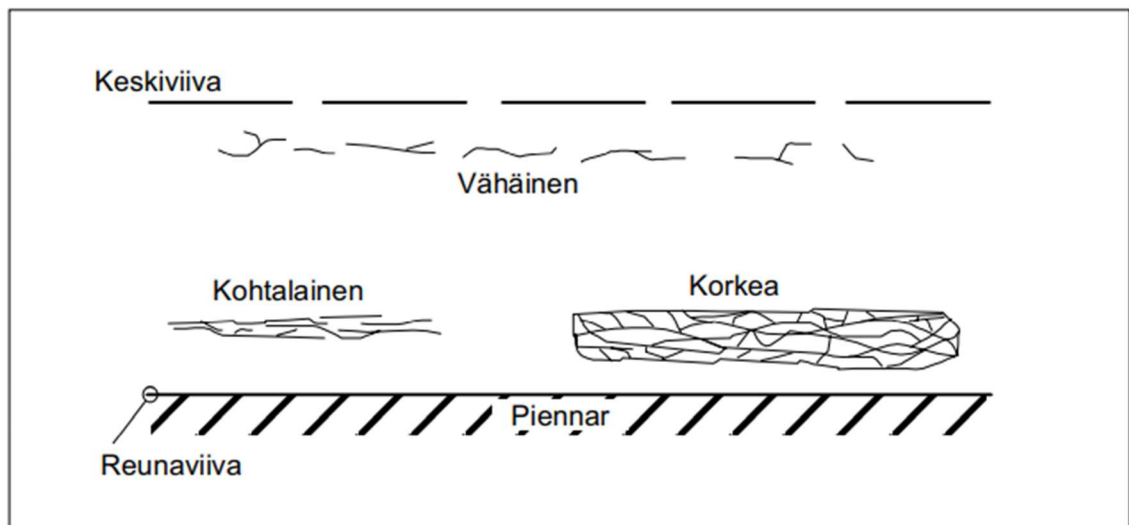
3.5.3 Lämpökamera

Lämpökamera havaitsee ympäristön infrapunasäteilyä ja taajuudesta saadaan tieto pinnan lämpötilasta. Vesimäärän kasvaessa lämpötila pienenee, joten kosteampien kohtien lämpötilaero näkyy kamerassa. Lämpökameralla saadaan tietoa kuivatuspuutteista ja ojien toiminnasta. Haasteena mittauksille on voimakas auringonvalo, joka antaa virheellistä tietoa kuvissa.

4 TIEN VAURIOTYYPIT

Vauriotyypit voidaan jakaa päätyyppiin ja alatyyppeihin. Päätyyppiä on kolme ja alatyyppejä on yhdeksän. Päätyyppinä ovat halkeama, epätasaisuus ja hajoamisvaurio. Halkeaman alatyypit ovat poikkihalkeama, pituushalkeama, vinohalkeama, saumahalkeama ja verkkohalkeama. Epätasaisuuden alatyyppeinä on poikki- ja pituussuuntainen epätasaisuus. Hajoamisvaurioita ovat purkauma tai reikä (Belt ym 2002, 39).

Päällystevauriot voidaan määrittää myös muilla tavoilla. Päällystevaurio voi olla muotoon perustuva, syntymekanismiin tai haitan mukaan määritetty. Liikennettä haittaavat vauriot ovat esitetty kuviossa 6, tien rakennetta vaurioittavia ovat halkeamat ja avonaisuus. Ympäristöä haittaavia vaurioita ovat melu ja tärinä, sekä pohjavedensuojarakenteet. (Väylä 2019, 11)



KUVIO 6. Päällysteen vaurioitumisen eteneminen ja vakavuuden asteet (Belt yms 2002, 43)

Havaittavasta vauriosta voidaan päätellä turmeltumisilmiö ja mahdollinen syy vaurion syntymiseen (taulukko 4). Tierakenteeseen kohdistuu kuormituksia, joiden summana tierakenne rappeutuu (kuvio 1).

Päällystetyn tien iällä on merkitystä tierakenteen vaurioitumiseen. Tierakenteen vaurioituminen alkaa välittömästi/viimeistään päällystykseen jälkeen. Tierakenne

on jatkuvassa muutostilassa elinkaarensa ajan, muutostilat aiheutuvat liikennekuormituksesta, ilmasto-olosuhteista ja bitumin ikääntymisestä (Belt ym. 2002, 24).

Taulukko 4. Kuormitustekijät, turmeltumisilmiöt ja pintavauriot. (Belt yms. 2006, 9)

Turmeltumisvaurio	Pintavaurio	Vaikuttavia tekijöitä
Liikennekuormitus		
Kulutuserroksen kuluminen	Urautuminen	Kiviaines, olosuhteet
Sidotun kerroksen väsyminen	(Pituus- ja) verkkohalkeama	Rakenne, sidotun kerroksen ominaisuudet
Leikkausrasituksista johtuva päällysteen vaurioituminen	(Pituus- ja) verkkohalkeama	Ohut päällyste ja heikko kantava kerros
Rakenteen deformatiivisesta johtuva päällysteen vaur.	(Pituus- ja) verkkohalkeama poikkisuuntainen epätasais.	Ohut päällyste, heikko rakenne, kapea tie
Sidottujen kerrosten pysyvät muodonmuutokset	Urautuminen	Sidottujen kerrosten ominais., hidas liikenne, olosuhteet
Sitomattomien kerrosten pysyvät muodonmuutokset	Urautuminen (poikkisuuntainen epätasaisuus)	Materiaaliominaisuudet, rakenne, olosuhteet
Alusrakenteen pysyvät muodonmuutokset	Poikki- ja pituussuuntainen epätasaisuus	Materiaaliominaisuudet, rakenne, olosuhteet
Sitomattomien materiaalien hienoneminen	Poikkisuuntainen epätas. (Pituus- ja) verkkohalkeama	Materiaaliominaisuudet, ohut päällyste, olosuhteet
Ilmastokuormitus		
(Päällysteen) kutistuminen	Poikkihalkeilu	Bitumin laatu, rakenne
Bitumin koveneminen	Halkeilu, hajoaminen	Bitumin laatu, tyhjätila
Routanousut	Pituussuuntainen epätas. pituushalkeilu, muu halkeilu	Materiaaliominaisuudet, rakenne, olosuhteet
Liikenne- ja ilmastokuormitus		
Heijastushalkeilu	Halkeilu	Rakenne
Rakenteen omapaino		
Alusrakenteen tiivistyminen ja painuminen	Pituussuuntainen epätas., sivukaltevuuden muutokset, halkeilu	Materiaaliominaisuudet, rakenteen paino, rakenne, olosuhteet
(Työvirheet)		
Hajoaminen	Purkauma, reikä	Epähomogeenisuus, rakenne
Saumojen epätasaisuus	Saumojen porrastuneisuus	Työmenetelmät
(Huomattava) alkutiivistyminen	Poikki- ja pituussuuntainen epätasaisuus, sivukaltevuuden muutokset, halkeilu	Työmenetelmät, olosuhteet, materiaaliominaisuudet

4.1 Verkkohalkeamat

Verkkohalkeamat ovat yleisimpiä yksikerroksisissa päällysteissä. Syynä verkkohalkeamiin on useita, mutta pääsyyinä on rakenteessa kantavan kerroksen liian suuri hienoainepitoisuus, rakenteen kantavuuspuute ja tierakenteessa oleva vesi. Alle 150 mm verkkohalkeamien verkkokoko viittaa sitomattomien kerrosten heikkouteen. Verkkohalkeamat eivät vaikuta väylän palvelutasoon, mutta halkeamista pääsevä vesi ja hienoaines nopeuttaa tien rakenteen heikkenemistä. (Väylä 2019, 15)

Verkkohalkeamien ollessa 200-300 mm ongelmat ovat rakenteen alapuolella tai työvirheestä tiivistämisessä. (Ehrola 1996, 315)

Verkkohalkeamia on havaittavissa myös kaivojen ja jälkeinpäin rakenteeseen lisätyn infran jälkeen. Syynä näihin ovat työvirheet ja jälkitiivistyminen.

4.2 Epätasaisuus

Ajoneuvojen renkaat aiheuttavat rakenteeseen jännityksiä rakenteen taipumisesta. Yläpintaan rengas aiheuttaa puristusta ja alapintaan vetojännitystä, tämä aiheuttaa ajan myötä rakenteen väsymisen. (Ehrola 1996, 317)

Vetomuodonmuutoksia pienentää kantavan kerroksen korkea moduuli ja päällysteen paksuus, sekä jäykkyys. Liikennekuormitus aiheuttaa asteittaisen väsymisprosessin, jonka seurauksena päällyste voi menettää puolet alkuperäisestä jäykkyydestä. Ohutpäällysteisillä teillä urautuminen on osittain pysyvää muodonmuutoksesta johtuva ja sitomattomien rakenteiden syytä. Ajourissa vetomuodonmuutokset voivat nousta suuremmiksi kuin vetolujuus. (Belt yms 2006, 9-10)

4.2.1 Poikittaisepätasaisuus

Poikittaisepätasaisuus ovat havaittavissa urina tierakenteessa. Epätasaisuus johtuu muodonmuutoksesta, kulumisesta tai deformaatiosta. Suorilla tienosuuksilla urat ovat selkeästi havaittavissa, mutta kaarteisilla tieosuuksilla tie kuluu tasan tasemmin. Deformaatiota syntyy pehmeälle pohjamaalle perustetuissa teissä raskaan liikenteen seurauksena, ohuiden rakennekerrosten tai puutteellisen

kuivatuksen takia. Deformaatio muodostuu rakenteeseen ja välittyy pohjamaahan. (Väylä 20019, 13)

Rakeiden fysikaaliset ominaisuudet kuten rakeiden muoto, pinnan karkeus, lujuus ja pysyvyys ovat tekijöitä, joilla on merkitystä karkearakeisten materiaalien pysyvien muodonmuutosten kehittymiseen. Kiviainesten lujuudella on myös merkitystä pysyviin muodonmuutoksiin. Kiviaineksen rakeiden murenemisen ja rikkoutumisen seurauksena materiaalin hienoainesspitoisuus lisääntyy. Kiviaineksen lujuuden merkitys korostuu tierakenteen ylimmässä sitomattomassa kerroksessa, missä liikennekuormituksen aiheuttama rasitus on suuri. (Belt, ym 2006, 13)

4.2.2 Pitkittäisepätasaisuus

Pitkittäisepätasaisuudet ovat havaittavissa tien muutoskohdissa, liittymissä, rumpujen kohdalla. Selkeimmät kohdat ovat lyhyitä kohoumia tai porrastuksia. Syinä ovat pohjamaan painuminen, routiminen, maakivet, tien jälkitiivistyminen, työvirheet ja päällysteessä tapahtunut deformaatio. Talvella havaitut selkeät muutokset ovat routanoususta aiheutuvia. Routa voi aiheuttaa muutoksen rummun läheisyyteen myös pysyvästi työvirheiden takia. (Väylä 2019, 12)

Pituussuuntaiset epätasaisuudet ovat useasti seurausta routimisen seurauksena. Routanousut lisäävät riskiä pituussuuntaisten epäjatkuvuuskohtien kasvulle. AB-teissä paksu päällysrakenne ja vähäinen nastarengaskuluminen vähentää pitkittäisepätasaisuutta. (Belt, ym. 2006,15)

4.3 Routanousujen aiheuttamat halkeamat

Routahalkeamat ovat seurausta epätasaisesta routanoususta, joka aiheuttaa halkeamia vetojännityksen ylittäen vetolujuuden. Routahalkeamat ovat suurilta osin tien epätasaisen routimisen seurausta. Jäätyvä alusrakenne aiheuttaa routanousun ja sulaminen aiheuttaa kantavuuden aleneman. Liikennekuormitus lisää rasitusta ja lisää riskiä rakenteen vaurioitumiseen. (Ehrola, 1996, 320-321)

Routanousu tarvitsee routivan alusrakenteen, sekä halkeama paikan syntyyn tarvitaan epätasaisen roudan tunkeutumissyvyys.

4.4 Pakkaskatkot

Pakkaskatkot ovat lämpötilanmuutoksen aikaan saama vaurio. Alhaisissa lämpötiloissa päällystelaattaan kohdistuu termistä vetojännitystä ja päällysteen vetolujuuden ylittyessä päällysteeseen syntyy hiushalkeamia. Hiushalkeamat kasvavat läpi päällysteen lämpötilan laskiessa ja jännitysten kasvaessa. Halkeamat ovat tien poikkisuuntaisia tasaisin välein havaittavia kohtia, jotka kasvavat halkeamiin pääsevän hienoaineksen ja jään seurauksena. Korjaamattomina pakkaskatkot tekevät tien epäjatkuvuuskohdan ja kantavuuden laskun. (Ehrola, 1996, 326-328)

4.5 Heijastushalkeilu

Heijastushalkeamat ovat seurausta uudelleenpäällystyskohteissa ja kantavissa kerroksissa, jotka on sidottu hydraulisilla sideaineilla. Tierakenteen ja päällysteiden vauriot ja halkeamat ovat mahdollisia heijastushalkeamakohtia uudelleen päällystämiskohteessa. Heijastushalkeamat ovat rakenteessa olevia epäjatkuvuuskohtia, jotka eivät kestä kuormitusta, niin kuin muu tien osuus. Suuret lämpötilamuutokset aiheuttavat termisten jännitysten kasvua ja ovat pääsyyinä heijastushalkeilun syntyyn. Liikennekuormitukset aiheuttavat halkeamaan impulsseja, joita voidaan pitää halkeamisprosessiin tarvittava kiihdyttimenä. (Ehrola 1996, 334-337)

5 KATUVERKON NYKYTILA

5.1 Inventoitu verkosto

Inventoitu katuverkko koostuu tonttikaduista, kokoojakaduista ja pääkaduista. Inventointi tehtiin taajamissa Lehdistö, Oriahde, Oripohja, Sukkavarras, Kössinrinne, Parpolanrinne, Tallukallio, Kaupinrinne, Kiikanrinne, Kiikanmäki, Hautakangas, Rovastinkangas, Lehtimäki, Pappilankangas, Laitamo ja Vehkalahti. Katuverkosto koostuu hyvin eri-ikäisistä päällysteistä, mutta pääväylät on olleet päällysteohjelmoinnissa ja ovat hyväkuntoisia. Alemmalla verkolla tiet ovat monin paikoin alkuperäisiä päällysteitä, joita on paikkakorjattu. Orivedellä ei ollut tehty toiminnallisia katuluokkien määrittelyä, mikä voisi kannattaa tehdä tulevaisuudessa. Toiminnalliset katuluokat helpottaisivat tulevaisuudessa suunnittelua ja helpottaisivat tarpeen määrittelyä. Säteittäisten aluetta yhdistäviä kokoojakatujen suunnittelu ja ylläpito mahdollistaisivat säästöjä. Säteittäisten väylien rakentaminen mahdollistaa julkiselle liikenteelle paremmat edellytykset. Elyn vastuulla oli Orivettä halkovat pääväylät, samoin kuin Hirsilän ja muiden kylien tiet. Elyn teistä en tehnyt inventointia, mutta ne on myös ajettu läpi inventointimielessä. Elyn väylät olivat hyväkuntoiset muuten, paitsi Hirsilän osalta, jossa oli havaittavissa selkeää ikääntymistä.

Inventointia voi tehdä eritavoilla. Tässä työssä tieväylät on ajettu läpi videokamera päällä. Ensin on valittu referenssi katu (Liite 1), jossa on erilaisia vaurioita. Referenssikatu on tehty paikan päällä suoraan paperille karttapohjaan. Jotta saatu data on aina saman laista, videoitu materiaalia piirrettäessä on aina piirretty referenssikatu videon perusteella ja verrattu sitä alkuperäiseen. Vasta sen jälkeen inventointia on piirretty karttaan. Työn tekemiseen tulevaisuudessa riittää myös liitteen 2 mukaan tehty lista, johon merkitään havaitut virheet ja toimitaan niiden mukaan. Tietyt havaitut virheet ja mahdollinen korjaustapa saadaan valittua suoraan tehdystä aineistosta. Liitteeseen 2 voisi lisätä myös päällystysvuoden ja siitä saataisiin runkoa päällystysohjelmoinnille.

5.2 Havaitut vauriot

Katuverkko inventoitiin mukailien väyläviraston ohjetta. Taulukko 5:ssä on määritetty arviointi ja huomionarvoista on 1. ja 2. kuntoluokassa nopeustaso ja liikennemäärä. Koin merkittäväksi merkitä myös lyhyemmät kohdat, jotka poikkesivat kokonaisuudesta. Katuun vaikuttavia muita havaintoja on merkitty karttaan. Palteet on merkitty, jos on selkeästi estämässä kuivatusta. Oja merkintä on merkaamassa ojan toiminnan kuntoa. Saumat ja reikä merkintä kuvaa pinnoitteessa oleva korjattavaa kohtaa. Niiden merkintää ei ole haluttu korostaa, koska ne ovat kuitenkin tapauskohtaisesti selvitettäviä seikkoja. Tärkein on hahmottaa missä on korjattavia katuja ja missä on tarve tehdä tarkempaa selvitystä. Erityinen huomio on kehittää kokonaiskuvaa koko katuverkosta ja saada se palvelutasoltaan tasarvoiseksi.

Taulukko 5. Kuntoluokitustaulukko (Väylä, 2022,13)

Kuntoluokka	Kuntotilan kuvaus
5. Erittäin hyvä	Tie on uusi, juuri päällystetty tai muutoin erittäin hyvässä kunnossa suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon. Korjaustarpeita ei ole.
4. Hyvä	Tie on normaalisti kulunut, mutta hyvässä kunnossa suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon. Korjaustarpeita ei ole.
3. Tyydyttävä	Tiellä on jo epätasaisuutta tai vaurioita, mutta kunto on tyydyttävä suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon. Huonokuntoisempien tiejaksojen yhteydessä näiden tiejaksojen korjaus on kuitenkin jo perusteltua.
2. Huono	Tien pintakunto on liikennemäärä ja nopeustaso huomioon ottaen korjausta edellyttävässä kunnossa. Korjaus kohdistetaan ensisijaisesti tämän kunto- luokan teille.
1. Erittäin huono	Tie on erittäin epätasainen tai vaurioitunut ja suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon "hävettävän" huonossa kunnossa. Päällyste on perusteltua korjata tai purkaa pikaisesti.

Palteiden poisto on taloudellisesti halvin tapa parantaa kadun toimintaa, mutta jo vaurioituneen kohtaan sillä ei ole suurtakaan merkitystä. Reikien ja halkeamien nopea korjaus vaikuttaa vaurioituneen kohdan kiihtyvään vaurioitumiseen tehokkaasti. Samoin merkitystä on rakenteen kuivatuksella ja siten ojien toiminnan tehostamisella. Kuiva rakenne toimii lähes aina paremmin kuin märkä.

Inventoitu katuverkko on pääosin kunnossa. Vaurioituneet kohdat ovat paikoittaisia suurilta osin, mutta on joillakin alueilla havaittu suurempiakin puutteita. Vanhoilla kaava-alueilla on havaittavissa ojien täyttyminen ja samalla ojien toiminnan heikkeneminen. Monella alueella on hulevesikaivot rakennettu, mutta niiden toiminta ei ole kunnossa. Tämä näkyy kadussa. Katuverkon vaurioituminen on monessa kohtaa seurausta heikosta kuivatuksesta.

Kohdissa, joissa kuivatuksen voidaan todeta toimivan, mutta katu on vaurioitunut, syy on joko kadun pinnoituksen ikä tai rakenteessa. Asfaltin ikä alkaa olla monessa kohdassa ongelma. Bitumin kovettuminen ja liian ohut rakenne on vanhemmilla tonttikaduilla todennäköinen ongelma, kuin rakenteellinen ongelma.

Bitumin vanheneminen heikentää sen ominaisuuksia ottaa vastaan siihen vaikuttavia kuormituksia. Yhdessä kaikki vaikutukset rakenteessa ja lämpötilojen vaihtelussa mahdollistavat lohkojalkeilua ja pinnan purkautumista. Bitumin venymäominaisuuksien heikentyminen vanhenemisestä ja samoin, päällysteen kyky relaxoida jännitystä. (Aromaa, 2016, 30–35)

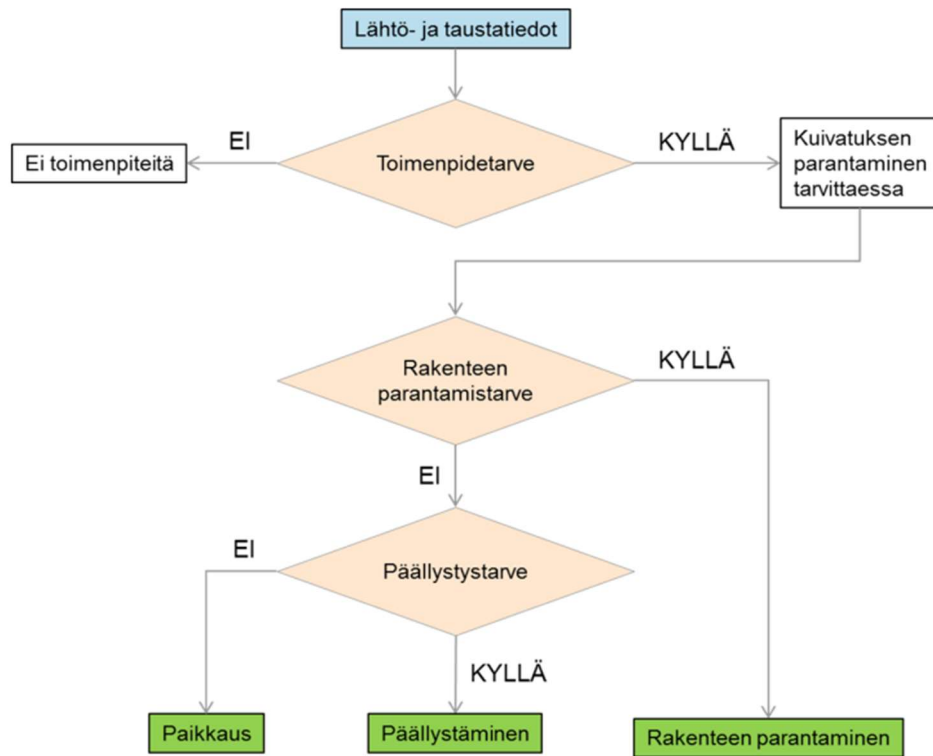
6 KORJAUSMENETELMÄT

6.1 Ohjelmointi

Korjausmenetelmää suunniteltaessa priorisointi on tärkeää. Liikennemäärä ja palvelutaso määrittää lähtökohdan korjaukselle. Korjauskohteen valinnassa huomioidaan kadun kunto, vaikutus liikenneturvallisuuteen, käyttäjien tarve ja elinkaarikustannukset. Kohdevalinnassa huomioidaan rakenteellinen kunto, päällysteen paksuus ja päällystepaksuuden vaikutus kuormituskestävyyteen. Ohjelmoinnin tavoite on rahoitustasosta riippumatta saada vuosikustannuksilta paras ratkaisu. Päällysteohjelmointiin valittavien kohteiden osalta on huomioitava päällysteen paksuus, raskas liikenne, rahoituskehys, kohteen kunto ja toimenpidehistoria. Kuviossa 7 käydään lävitse yksinkertaistettuna korjauskohteen suunnittelu.

Paikkaaminen on edullisempi tapa pitkittää kohteen korjausta. Joissakin tilanteissa voi olla vaikutusta kadulle tehtävästä muutoksesta tai vesihuollon korjaamisesta samanaikaisesti. Nopeuden laskeminen on yksi tapa pitkittää korjaamista, jolloin tien käyttö pysyy turvallisena. Liikennemerkeillä voidaan myös kiinnittää käyttäjän huomio tiessä olevaan kuntotasoon. Katu pitää kuitenkin pitää käyttäjälle turvallisena.

Soratien muuttaminen voi olla tapauskohtaisesti kannattavaa, tässä pitää huomioida liikennemäärän kehitys ja tien vaurioituneisuus. (Väylä, 2021, 20-22)



Kuvio 7. Periaatekuva päällysteiden korjauskohteiden suunnittelusta (Väylä 2022, 32)

Rakenteen parantamisen suhteen pitää tunnistaa vaurioitumisnopeus. Vaurioitumisnopeuden ollessa nopea, vaaditaan nopeita ja aktiivisia toimia. Vaurioitumisnopeuden ollessa normaali, voidaan tehdä uudelleen päällystys tai uudelleenpäällystys sekoitusjyrsinnän jälkeen. Yksittäisten vaurioiden korjaustarve määritetään erikseen.

6.2 Sekoitusjyrsintä

Sekoitusjyrsinnässä vanha päällystekerros ja kantava kerros jyrsimällä sekoitetaan yhdeksi kerrokseksi. Kantavuutta saadaan lisää, jos jyrsintään sekoitetaan kantavaa mursketta, jonka hienoainespitoisuus on pieni. Hienoainespitoisuuden ollessa yli 7 % tarvitaan jyrsintään sepeliä. Sekoitusjyrsinnän lopuksi tien geometria tehdään lopulliseen muotoon, sekä tiivistetään oikeaan moduuliin. (Väylä 2022, 37)

6.3 Massanvaihto

Massanvaihto on kallis vaihtoehto, mutta joissakin tapauksissa vartenotettava vaihtoehto. Jos pohjamaa ei rakennettavuudeltaan sovellu ja muilla keinoilla ei saada rakennetta toimimaan. Massanvaihdossa tie rakennetaan kokonaan ja

mitoitetaan rakennekerroksilla kestävään suunniteltu käyttö. Massanvaihdon haasteena saada riittävän hyvää materiaalia järkevällä tavalla. Kuljetusmatkojen ja materiaalin sopivuus voidaan mahdollistaa eri hankkeiden yhteensovittamisella. Massapositiiviset hankkeet hyödynnetään suunnitelmallisesti. Massanvaihto tarvitsee lähtötietoina useita selvityksiä. Kartoituksessa tulee selvittää vähintään seuraavat asiat:

- Maaperän rakennetyyppi ja kerrostuneisuus.
- Maaperän kivisyys tai lohkaraisuus.
- Massanvaihdon alaraja ja kantava pohja.
- Maaperän pohjaveden korko.
- Maaperän rakeisuus vedenläpäisy ja humuspitoisuus.
- Maaperän leikkauslujuus.
- Läjitettävien maiden läjitettävyyden ja massojen kelpoisuus.
- Läjitettävän maiden kelpoisuus stabilointiin.
- Alueella varottavat rakenteet ja niiden tarkkailutoimenpiteet.

Monessa paikassa on olemassa vanhoja kartoitustietoa ja pohjavedestä on olemassa monessa kunnassa hyvät tiedot. Yllätyksenä voi tulla pilaantuneiden maiden löytyminen alueelta. (Liikennevirasto 2011, 14)

6.4 Rakenteen parannus

Homogeeninen rakenne toimii suunnitellusti. Maakivet ja rakentamattomat kadut ovat rakenteeltaan epäjatkuvia ja ne heijastelevat asfalttiin.

Rakenteen parantamisen lähtökohtana on vaurioitumisnopeus. Korjausmenetelmät ovat suunnitellumpia ja kustannuksiltaan merkittäviä. Merkittävää on kantavan kerroksen materiaali ja hienoaineksen määrä. (Tiehallinto 2005,38)

Hautakankaantiellä tehtiin juuri rakenteen parannus tien useiden eri asfaltin pinnassa havaittujen ongelmien takia. Tiestä oli tehty maatutkaus ja koekuopat, mutta todellinen tilanne oli havaittavissa vasta, kun tien rakennekerroksia lähdettiin vaihtamaan.

Rakenteen parantaminen on suositeltavaa suurien reikien kohdilla ja ajoväylällä pitkien yli 20 mm halkeamien kohdalla, sekä alavilla alueilla yli 20 mm leveiden halkeamien kohdalla. (Väylä 2022, 36)

6.5 Stabilointi

Stabilointi voidaan jakaa karkeasti kahteen päätyyppiin sekoitusmenetelmän mukaan. Paikallasekoituksessa jyrskytyyn materiaaliin lisätään lisäsideaine ja asemasekoituksessa massa tuodaan valmiina työalueelle levitettäväksi.

Menetelmän valintaan vaikuttaa vauriotyyppi, materiaalien ominaisuudet ja kohteen ominaisuus. Stabilointi on kustannustehokas vanhoilla päällystetyillä teillä, joissa on heikko kuormituskestävyys. Stabilointimenetelmiä on useita ja stabilointimenetelmän määrittämiseen tarvitaan tietoa kantavuudesta ja suunnitellusta liikennemäärästä (taulukko 6).

Taulukko 6. Sideaineiden soveltuminen erilaisiin stabilointiolosuhteisiin (suuntaantavia ohjeita). (Tiehallinto 2007, 21)

Sideainelaji	Bitumi	Bitumi + sem	MaHk	MaHk+ sem 0,5-1,3 %	MaHk+ sem >1,3%	Sementti
Työmenetelmä	BST	KOST	MHST	MHST-A	MHST-A	SST
Alusten kantavuus(min.)	Heikko 70	Heikko 80	Heikko 70	Heikko 80	Kantava 100	Kantava 100
Liikenne	Vilkas/vähäinen	Vilkas, raskas/vähäinen	Vilkas, vähäinen	Vilkas, raskas/vähäinen	Vilkas, raskas	Vilkas, raskas
Alustan routivuus	Lievästi routiva	Lievästi routiva	Lievästi routiva	Lievästi routiva	Routimaton	Routimaton

6.6 Päälystäminen

Kulutuskerroksen uusiminen tuo useita hyötyjä tien rakenteeseen. Tien kantavuus paranee ja on hinnaltaan kohtuullisen edullinen tapa parantaa tietä. Tällainen kohta Orivedellä on Teollisuustie, joka päälystettiin uudestaan xxxx estämään vaurioituminen.

Menetelmän haasteena on ongelman tunnistaminen ja lähtötietojen saaminen luotettavasti. Käyttöympäristön määrittäminen olisi tärkeää, mutta kaupunkien kehittymistä on haastava suunnitella määräänsä pidemmälle. Samoin maankäytön suunnitelmat muuttuvat kaupungeissa ympäristön ja kaupungin vetovoimaisuuden ehdolla. Hyvänä esimerkkinä Orivedellä on Uotilantie ja Tallukalliontie, joissa liikennemäärät ovat kasvaneet ja kasvavat alueen sijainnin takia. Tällaisten katujen vaurioitumista voidaan ehkäistä oikea-aikaisella päälystämällä, sopivalla päälysteellä. Teiden toimivuusominaisuudet on käsitelty taulukossa 7. Näiden lisäksi huomioidaan liikennemäärät ja mahdollinen ennakoitu muutos liikennemäärissä, jotka määrittyvät taulukossa 8.

Taulukko 7. Päälystetyypin valinta. (Väylä 2022, 44)

Päälystetyyppi	Urautumisen/ Kulumiskestävyys	Urautumisen/ Deformaatiokestävyys	Vaurioituminen/ Väsymiskestävyys	Vaurioituminen/ Joustavuus(routa)	Vaurioituminen/ Pysyvyys
SMA	1	1	2	3	2
AB	2	2	1	2	1
PAB-B	2	2	2	2	2
PAB-V	3	3	3	1	2

Käytännössä päälystämiset ovat taulukon 8 mukaan AB liikennemääriin perustuen. Vaihtoehtoja päälystämiseen ovat AB 16 ja AB 22.

Päälystystoimenpidettä valittaessa on oleellista, että toimenpide toteutetaan oikea-aikaisesti, työmenetelmä valitaan oikein ja työ suoritetaan laadukkaasti. (Väylä 2022,41)

Taulukko 8. Maanteiden kulutuskerrospäälystetyypin alustavia valintaperusteita. Numeroinnilla kuvataan vaihtoehtojen sopivuutta (1=sopivin, 2=toiseksi sopivin, 3=kolmanneksi sopivin).

Käyttö- kohde, KVL (ajon./d)	AB 8- 11	AB 16- 22	PAB-B 11-16	PAB-V 16	SMA 5- 11	SMA 16- 22
>10 000						1
5000–10 000		2			3	1
2500– 5000		1			3	2
500– 2500		1	2			
250–500		3	1	2		
<250		3	2	1		
jk+pp	1	2				
Leväh- dys- ja pysä- köintialu- eet	2	1	3			

Työmenetelmiä valittaessa tulee huomioida kustannukset ja kadun soveltuvuus menetelmään. Kapeiden ja lyhyiden katujen soveltuvuus Taulukosta 9 voidaan työmenetelmään ottaa suunnitelma vaiheessa tarkasteluun. Soveltuvuutta suoraan ei voi tehdä, koska kadut ovat lyhyempiä ja katuinfra tuo oman haasteen työmenetelmille. Yleispätevää kaikkiin kohteisiin soveltuvaa korjaustapaa ei ole ja menetelmien valinta vaatii osaamista kilpailuttamiseen ja kohteen kustannustehokkaaseen menetelmän valintaan.

Taulukko 9. Työmenetelmän valinta valta- ja kantateillä (AB-päällyste). (Väylä 2022, 46)

Päällystä- missyy/ Kohteen ominaisuus	1. menetelmä- vaihtoehto	2. menetelmävaihto- ehto	3. menetel- mävaihtoehto	Huom.
Ura	REM*	LJYR/TAS+ LTA/MP tai MPKJ(min.100kg/m ²)	REM plus (min.60 kg/m ²)	Pien- tareiden kunto tar- kastet- tava
Ura/ lyhyt kohde	UREM (mikäli pohjamassa OK)	HJYR, jos hyvin lyhyt kohde ja tiivis pinta		
Ura+ vau- rio+ kanta- vuuspuute	TAS+ LTA (min 100-125 kg/m ²)	MP tai MPKJ (min. 100 kg/m ²). Painu- mat tasattava		Tasaus myös: REM ta- saus AB tai REM tasaus ABK
Ura+ Vau- rio+ muo- donkorjaus	Muodon opti- mointi JYR/TAS + MP/MPKJ (min. 100 kg/m ²)			Paik- kaus
Pahoin vau- rioitunut/ routavaurio	Teräsverkko kantavaan kerrokseen 200-300 mm syvyyteen + LTA (125-150 kg/m ²)	Teräsverkko kanta- vaan kerrokseen 100- 120 mm syvyyteen+ LTA (200-250 kg/m ²)		Täsmä RP

Lajittuma- kohdista purkautunut tai reikiinty- nyt	SIPA/SIPU	Koneellinen paikkaus		Paik- kaus TP
--	-----------	----------------------	--	------------------

6.7 Paikkaus

Teiden paikkaaminen on lisääntynyt ja lisääntyy tulevaisuudessa. Toimenpiteellä pidetään tie tyydyttävässä kunnossa ja estetään vaurioiden kasvaminen. Paikkaukset ovat osa elinkaaritehokasta toimintaa. Paikkauksella voidaan siirtää päällystämistä tehokkaasti ja saavuttaa päällystysohjelmoinnillinen tavoite. Paikkauksille on erilaisia menetelmiä, jotka on esitelty Taulukossa 10.

Taulukko 10. AB- ja SMA-päällysteiden paikkausmenetelmän valinta. (Väylä 2019, 23)

Merkinnät: 1=ensisijainen menetelmä, 2=toissijainen menetelmä, (2)=poikkeuksellisiin tai kiireellisiin paikkauksiin sopiva menetelmä, x=soveltuu käyttöön, 0=ei sovellu käyttöön, (x)=soveltuu käyttöön poikkeustilanteessa tai tilapäisesti.

	Urapaikkaus UREM	AB-paikkaus käsin	AB-paikkaus levittimellä	Ohut AB-reikävaluasfalttipaikkaus	KT-reikävaluasfalttipaikkaus	KT-valuasfalttipaikkaus	Sirotepaikkaus ja sirotepuhalluspaikkaus	Käsintehtäväpaikkaus pikapaikkausmassalla	PAB-paikkaus käsin	Avarrussaumaus	Kannukaatosauhaus	KT-valuasfalttisaumaus	Jyrsintäkorjaus
Pitkittäisepätasaisuudet	Painumat	0	2	1	2	(2)	(2)	0	(2)	(2)	0	0	0
	Kohoumat	0	1	1	0	(2)	(2)	0	(2)	(2)	0	0	1
	Kynnykset, porrastus	0	1	1	0	(2)	(2)	0	(2)	(2)	0	0	1
Poikittaisepätasaisuudet	Ajourat	1	0	2	2	(2)	(2)	(2)	(2)	0	0	0	1
	Reunapainumat	1	(2)	1	2	(2)	(2)	(2)	(2)	0	0	0	(2)
Purkaumat	1	2	1	1	1	1	2	(2)	(2)	0	0	0	0
Reiät	0	1	2	1	1	2	2	2	(2)	0	0	0	0
Pinnan avonaisuus	2	0	2	1	2	2	1	(2)	0	0	0	0	0
Verkkohalkeamat	Tiheät (<150 mm)	1	2	1	1	(2)	2	2	0	0	0	0	0

	Harvat (>150 mm)	1	0	1	1	(2)	2	0	0	(2)	0	0	0	0
Halkeamat	Leveys yli 30 mm	2	(2)	0	0	(2)	1	2	2	(2)	(2)	0	1	0
	Leveys 10-30 mm	2	(2)	0	0	2	2	2	2	(2)	1	1	1	0
Menetelmän soveltuvuus eri liikennemäärille														
<1500 autoa /vrk		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1500..6000 autoa/vrk		x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x
>6000 Autoa/vrk		x	x	x	(x)	x	x	(x)	(x)	0	x	(x)	x	x
Menetelmän soveltuvuus määrällä pinnalla(pitkäaikaissade) tai talvella sekä lämpötilavaatimus														
Sadekäyttö		0	0	0	0	x	(x)	0	x**	0	0	0	0	x*
Talvikäyttö		(x)	(x)	0	0	x	x	0	x**	0	(x)	0	0	(2)**
Alustan minimilämpötila varjossa, °C		0°	0°	5°	5°	-10°	-10°	10°	**	5°	0°	5°	0°	***

*)Ei tarvitse kuumentaa;**) Valmistajan ohjeen mukaisesti;***)Ei vaatimusta

7 ELINKAAREN PARANTAMINEN

Päällysteohjelmoinnin tarkoituksena on saada kustannuksiltaan ja laadultaan toimiva ratkaisu. Menetelmiä suunniteltaessa on huomioitava kustannusvaikutusta ja toimenpiteen oikea-aikaisuutta. Hoidetun päällysteen kestoikään vaikuttaa valittu kiviaines ja ajonopeus.

Matalalämpöasfaltit

7.1 Kuivatuksen parantaminen

Kuivatusluokkia on kehitetty selkeyttämään päällystettyjen teiden kuivatustarvetta. ROADEX on kehittänyt myös palteille oman luokituksen. Taulukossa 11 on määritetty luokille kunto ja mistä luokan havaitsee. Luokitus auttaa kohdentamaan palteiden poistot tiestöön, jossa kuivatuksella saadaan vaikutus tiestön elinkaareen ja vaikuttaa vaurioitumisnopeuteen.

Taulukko 11. Kuivatusluokista keltaisella ja ROADEX luokitus ruohopalteille. (Toivonen, mukaillen ROADEX)

Luokka	Kunto	Kuivatus	Palteet	Palteen vaikutus
1	hyvä	Moitteeton	0	ei palletta
2	tyytyttävä	tyytyttävä	1	ruohopalle, ei aiheuta ongelmaa
3	huono	huono	2	ruohopalle, estää veden poistumisen

7.2 Ajonopeuden vaikutus

Ajonopeuden vaikutus tien kulumiseen on havaittavissa päätteillä ja pääkaduilla. Alueellisilla kokoojakaduilla päällysteen kulumiseen vaikuttaa akselimassat ja tien kohdistuva rengaspaine. Paljas asfalttipinta on alttiina nastojen vaikutukseen ja kostealla asfaltilla nasta liikkuu tienpinnassa pidemmän matkan, kuluttaen bitumia ja kiviainesta. (Heikkinen 2012, 35-38)

8 POHDINTA

Haasteena katujen inventoinnissa on riittävän tiedon kerääminen saneeraukseen tai ylläpitoon. Paras tapa tehdä saneeraus on ajaa läpi kaava-alueen tiet ja merkitä omat havainnot, mikä on huonossa kunnossa ja onko tarvetta lisäselvitykseen. Lähtötietojen kerääminen vanhoista tiedoista ei ole kovinkaan mielekästä, ei myöskään katujen videokuvaaminen saneeraustarpeen selvittämiseksi.

Rakentamisen ja saneeraamisen haasteena on suunnitelmien sopivuus rakennettavaan kohtaan, etenkin rakenteen mitoittaminen, kadun tyyppi ja hulevesien ja kuivatuksen toteuttaminen. Toinen ongelma on rakennusmateriaalien oikeellisuus, eli onko rakennettu sovitulla materiaaleilla. Hienoaineksen liiallinen määrä kantavassa kerroksessa oireilee asfaltilla, samoin kuin heikosti tiivistynyt kohta. Liian pieni kiviaines myös estää asfaltin kiinnittymisen kantavaan kerrokseen. Jälkeenpäin kohdan korjaaminen ei ole taloudellisesti mielekästä, ja lyhyt huono kohta ei vaikuta tien määriteltyyn kuntoluokkaan, vaikka sillä on suuri merkitys käyttäjille.

Tilaajat rakentavat aika perusmallilla omaa tiestöään. Tämä toimii, kun olosuhteet ovat samankaltaiset ja on vanhaa tietoa niiden toimivuudesta. On tärkeää seurata rakennetun tien muutoksia useita vuosia, jolloin tulee tietoa rakennustavan oikeellisuudesta tai mikä on mahdollisesti ongelmana. Orivedellä maapohja ja pohja- ja pintaveden virtaama vaihtelee. Laanintiellä ja Pappilankankaan alueella paineellinen pohjavesi on havaittavissa keväällä ja alkukesästä. Alueen maalajina on pohjamoreeni ja hieta/hiesu. Moreeni on hiekkamoreenia, jonka haasteena on routivuus ja hiesu, jonka kapillaariveden nousu on suuri. Kuivatuksen epäonnistuminen tällaisilla alueilla on huomattavissa nopeasti asfaltissa.

Tierakenteeseen rakennetaan kunnossapidettävyyden ja helppouden vuoksi kaupungin johto- ja putkirakenteet. Eri kaupungeissa on omat ohjeet Sähkö- ja telekaapelien asennusmäärien nousu ja rakentaminen asfaltin vaatii tarkempaa valvontaa. Lupien antaminen juuri asfaltoituun tiehen pitäisi kieltää. Samoin jälkeenpäin asennetun kohdan epäonnistuminen pitäisi sanktioida niin, että kohta korjataan 50 % isommalta alueelta kuntoon, kuin oli alun perin asfaltti leikattu.

Kaivojen rakentaminen 50 metrin välein ja vesilinjojen sulkuventtiilien ”hattujen” rakennetaan tiealueelle, mutta samalla kasvatetaan päällystämisen hintaa tiealueella. Venttiilikaivot ja kaivojen rakentamisen minimointi tai jaksottaminen vähemmän kuluvalle tienosuudelle voisi olla harkinnan arvoista. Samoin hulevesiverkon rakentaminen suhteessa avo-ojiin on asia, johon kiinnittäisin huomiota. Avo-ojissa tapahtuu viivyttämistä ja samalla ne toimivat lumitilana. Tehokas tiealueen hulevesiverkosto voi olla kokonaisuudessa erittäin kallis ylläpitää ja riskirakenne, jos se häiriintyy.

LÄHTEET

Aalto, O-P. 2021. Infrarakentamisen laatu. Helsinki. Rakennustieto Oy

Aromaa, Kalle. 2016. Bitumin vanhenemisen ja elvyttämisen vaikutukset sen reologisiin ominaisuuksiin. Liikenne- ja tietekniikan diplomityö. Viitattu 13.1.2023. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19950/master_Aromaa_Kalle_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Belt, J. Lämsä, VP. Savolainen, M, Ehrola, E. 2002. Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto. Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Viitattu 25.11.2021. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200747.pdf>

Belt, J. Kolisoja, P. Alatyppö, V. Valtonen, J. 2006. Tierakenteen rappeutuminen ja kunnan ennustaminen. Elektroninen julkaisu. Oulun yliopiston rakentamisteknologian tutkimusryhmän julkaisuja 2. Oulu. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514280520.pdf>

Ehrola, E. 1996. Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Heikkinen, H. 2012. Nastarenkaiden vaikutus päällysteiden kulumiseen taajamanopeuksissa. Tekniikan lisensiaatintyö. Aalto-yliopisto. Viitattu 26.5.2023. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/6116/lic_heikkinen_harri_matas_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Katu 2020, 1,4 Katujen luokittelu. Verkkosivu. Viitattu 12.11.2021 <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/katujen-luokittelu/>

Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta 31.8.1978/669. Viitattu 12.11.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1978/19780669>

Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 23.6.2005/503. Viitattu 5.4.2022. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050503#L3>

Liikennevirasto. 2018. Tierakenteen suunnittelu. Väyläviraston ohjeita 38/2018. Viitattu 19.11.2021. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf

Liikennevirasto. 2016. Ajoneuvolaserkeilauksen hyödyntäminen tien painumamittauksissa. Liikenneviraston ohjeita 15/2016. Viitattu 4.6.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2016-15_ajoneuvolaserkeilauksen_hyodyntaminen_web.pdf

Liikennevirasto. 2011. Massanvaihdon suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 11/2011. Viitattu 20.12.2022.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf

Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895. Viitattu 5.4.2022.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895#L9>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Viitattu 12.11.2021. https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132_5.2.1999/132

Rakennetun omaisuuden tila 2021, ROTI
https://www.ril.fi/media/2021/vaikuttaminen/roti2021_low.pdf

<https://www.roadconsulting.fi/mittaus-ja-inventointipalvelut>. 12.11.2021.

Ruotoistenmäki, A. 2005. Kuntotiedon käyttö tie- ja katuverkon ylläpidon päätöksenteossa. Pdf-dokumentti. Tiehallinto/ Väylä. Viitattu 12.11.2021. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200919-vkuntotiedonkaytto.pdf> 12.11.2021

Roadconsulting Oy.2021.Yrityksen nettisivu. Viitattu, 12.11.2021) .
(<https://www.roadconsulting.fi/mittaus-ja-inventointipalvelut>

ROADDEX, verkkosivu. Viitattu 26.5.2023. <https://www.roadex.org/fi/e-learning/kurssit/teiden-kuivatus/6-kuivatusanalyysi-ja-luokittelut/>

Saarenketo, Timo. 2009. Lämpökameran käyttö kuivatustutkimuksissa. Tiehallin sisäisiä julkaisuja 15/ 2009. Viitattu 22.1.2023. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/169373/4000656-v-lampokameran_kaytto.pd.pdf?sequence=1

Tieliikennelaki 10.8.2018/729. Viitattu 12.11.2021. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729>

Tiehallinto. 2004. Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa-menetelmäkuvaus. Tiehallinto. Verkojulkaisu. Viitattu 20.5.2023. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Tiehallinto/pdf/2100027-v-04rakentparantamissuunn.pdf>

Tiehallinto. 2005. Rakenteen parantamisen suunnittelu. Tiehallinto. Verkojulkaisu. Viitattu 3.1.2023. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133284/tie1726.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tiehallinto. 2009. Päällysteiden paikkaus. Tiehallinto. Verkojulkaisu. Viitattu 15.1.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Tiehallinto/pdf/2200009-v-09-paallysteiden_paikkaus.pdf

Virtala, Pertti 2016. Tien rakenteellisen kunnon hallinta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2016. Viitattu 17.11.2021. Pdf-dokumentti.
https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121953/Its_2016-15_978-952-317-231-9.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Väylä 2019. Päälysteiden paikkaus. Väyläviraston ohjeita 27/2019. Viitattu 21.12.2022. Pdf-dokumentti. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-27_paallysteiden_paikkaus_web.pdf

Väylä. 2021. Päälystettyjen teiden korjauksen toimintalinjat. Väyläviraston ohjeita 10/2021. Viitattu 19.11.2021. Pdf-dokumentti. https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2021-10_paallystettyjen_teiden_web.pdf

Väylä. 2022. Päälystettyjen teiden korjauksen toimenpidesuunnittelu. Väyläviraston oppaita 3/2022. Viitattu 8.3.2023. Pdf-dokumentti. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Opas_2022-3_paallystettyjen_teiden_korjaus.pdf

Väylä. 2022 b. Tien rakentamissuunnitelma, toimintaohjeet. Väyläviraston ohjeita 12/2022. Viitattu 1.6.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-12_tien_rs_toimintaohjeet.pdf

LIITTEET

Liite 1. Referenssikatu



