

Juho Selenius

Radan päällysrakennesuunnittelun vaatimukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Insinööriyö
23.04.2012

Tekijä(t) Otsikko	Juho Selenius Radan päällysrakennesuunnittelun vaatimukset
Sivumäärä Aika	41 sivua + 2 liitettä 23.04.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	tuntiopettaja Tuomas Jokipii, Metropolia erityisasiantuntija Markku Pienimäki, FINNMAP Infra Oy
<p>Insinöörityön tavoitteina oli selvittää Liikenneviraston vaatimuksia radan päällysrakennesuunnittelun suhteen sekä sitä kautta kehittää suunnittelijoiden työtä ja osaamista. Työn tavoitteet asetettiin yhteistyössä insinöörityön tilaajan, FINNMAP Infra Oy:n, kanssa.</p> <p>Insinöörityö avaa radan päällysrakennesuunnittelun teoriaa sekä päällysrakenteen mitoituksen prosessia. Tämän lisäksi vertailtiin eri suunnitelmavaiheiden tarjouspyyntöjä, tehtyjä tarjouksia sekä suunnitelmavaiheille ominaisia suunnittelun tuloksena syntyneitä raportteja, millä kartoitettiin vaiheissa käytettyä päällysrakennesuunnittelun tarkkuutta ja laajuutta.</p> <p>Aiheeseen perehdyttiin tutkimalla päällysrakenteeseen ja ratasuunnitteluun liittyviä suunnitteluohjeita sekä tutkimuksia. Koska työn toteuttamiseen kuului olennaisena osana hankkeiden tilaajan kuuleminen, tehtiin Liikenneviraston asiantuntijoille haastatteluja.</p> <p>Lopputuloksena syntyi selvitys, jossa on tiivistetty ymmärrettävästi radan päällysrakennesuunnittelun teoria ja tutkittu päällysrakenteiden teknisten vaatimusten esittämistä eri suunnitelmavaiheissa. Työssä havaittiin, että päällysrakennesuunnittelun teknisille vaatimuksille olisi luotava johdonmukainen kaikkien noudattama linjaus sisällöstä eri suunnitteluvaiheissa.</p>	
Avainsanat	rautatie, ratasuunnittelu, päällysrakenne

Author(s) Title	Juho Selenius Requirements for Railway Superstructure Design
Number of Pages Date	41 pages + 2 appendices 23 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infrastructural Engineering
Instructor(s)	Tuomas Jokipii, Lecturer, Metropolia Markku Pienimäki, Senior Specialist, FINNMAP Infra Oy
<p>The goals of this thesis were to clarify the requirements of the Finnish Transport Agency for the superstructure of the railway and to develop the work and knowledge of the designers through the thesis. The goals were set in coordination with the commissioner of this thesis, FINNMAP Infra Ltd.</p> <p>The thesis describes the process and theory for designing the railway superstructure. In addition, invitations for tenders, offers that were made and the reports resulted from the specific designing phase were compared so that the accuracy and the scope of the superstructure designing could be defined in different phases.</p> <p>Railway superstructure design manuals and previous research in the field were studied for this thesis. The experts of the Finnish Transport Agency were also interviewed, because the subscriber of the railway projects was a crucial part of the study.</p> <p>As a result, a report summarizing the theory of railway superstructure design was formed. This report also examines the presentation of the technical requirements for different phases of design. It was discovered that there are no consistent policies to follow. That is why a suggestion should be made for the Finnish Transport Agency to create one for railway superstructure designing.</p>	
Keywords	railway, railway designing, superstructure

Sisältö

1	Johdanto	1
1.1	Selvityksen lähtökohdat	1
1.2	Työn rajausta ja tutkimusmenetelmät	2
2	Yleistä radan päällysrakenteesta	3
2.1	Radan päällysrakenteen osat	3
2.2	Raide	3
2.2.1	Yleistä raiteesta	3
2.2.2	Ratapölkkyt	5
2.2.3	Ratakiskot	8
2.2.4	Kiskonkiinnitykset	10
2.2.5	Kiskon jatkosovitukset	11
2.3	Tukikerros	12
2.4	Melun- ja värinätorjunta päällysrakenteilla	13
3	Tilaausten vaatimukset radan päällysrakennesuunnittelussa	16
3.1	Pätevyudet ja koulutus päällysrakennesuunnittelussa	16
3.2	Yleistä päällysrakennesuunnittelusta suunnitelmissa	16
3.3	Päällysrakennesuunnittelun rooli esisuunnittelussa	18
3.4	Päällysrakennesuunnittelun rooli yleissuunnitelmassa	20
3.4.1	Yleistä yleissuunnitelmasta	20
3.4.2	Yleissuunnitelman tarjouspyyntö	20
3.4.3	Yleissuunnitelman tarjoukset	21
3.4.4	Yleissuunnitelman suunnitelmaselostus	22
3.5	Päällysrakennesuunnittelun rooli ratasuunnitelmassa	23
3.5.1	Yleistä ratasuunnitelmasta	23
3.5.2	Ratasuunnitelman tarjouspyyntö	23
3.5.3	Ratasuunnitelman tarjoukset	24
3.5.4	Ratasuunnitelman suunnitelmaselostus	25
3.6	Päällysrakennesuunnittelun rooli rakentamissuunnitelmassa	25
3.6.1	Yleistä rakentamissuunnitelmasta	25
3.6.2	Rakentamissuunnitelman tarjouspyyntö	26
3.6.3	Päällysrakennetöiden yleinen työselitys	26
3.6.4	Päällysrakennetöiden työkohtainen työselitys	28

4	Radan päällysrakenteen mitoitus	30
4.1	Yleistä radan päällysrakenteen mitoituksesta	30
4.2	Radan päällysrakenteeseen kohdistuvat kuormat	30
4.3	Raiteen mitoitus	32
4.4	Tukikerroksen mitoitus	34
4.5	Esimerkki mitoituksesta	35
5	Yhteenveto	37
5.1	Johtopäätökset	37
5.1.1	Yleistä johtopäätöksistä	37
5.1.2	Päällysrakennesuunnittelun tarkkuus	37
5.1.3	Työkohtaiset työselitykset	38
5.2	Jatkotoimenpiteet	38
	Lähteet	40

Liitteet

Liite 1. Kiskonkiinnitysten tyypikuvat

Liite 2. Päällysrakennetöiden työkohtaisessa työselityksessä tarkennettavat tiedot

Lyhenteitä ja käsitteitä

FMI	FINNMAP Infra Oy
junan kulkuvastus	Junan liikettä vastustava tekijä, kun juna liikkuu tasaisella, suoralla ja moitteettomassa kunnossa olevalla radalla.
korkeusviiva	Määrittelee raiteen korkeusaseman. Raiteen korkeusviiva sijaitsee raiteen aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kiskon kulkureunan kohdalla. Kaarteessa korkeusviiva määritellään alemman kiskon mukaan.
puitesopimus	Puitesopimuksessa määritellään tietylle ajankaksolle tilaajan ja palveluntuottajan välillä sopimusehdot. Tilaaja teettää puitesopimuksella töitä, joiden sisältö ja laajuus määräytyvät tapauskohtaisesti, mutta yleistason asiat on jo sovittu.
raidesepeli	Tukikerrosmateriaali, jonka laatuvaatimukset, lujuusluokat ja niitä koskevat vaatimukset liikennemäärittäin on selostettu ohjeessa Raidesepelin tekniset toimitusehdot.
raidesora	Tukikerrosmateriaali, jonka laatuvaatimukset on selostettu julkaisun Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL) kohdassa Raidesoran laatuvaatimukset.
ratapölkkyjen sijoituskaavio	Sijoituskaaviossa esitetään ratapölkkyjen etäisyys toistensa keskipisteisiin ratalinjalla.

ratasuunnitelma	Rautatiehankkeen yleissuunnitelman jälkeinen ja rakentamissuunnitelmaa edeltävä suunnitelmavaihe.
ratasuunnittelu	Rautatiehankkeen suunnitelmavaiheen tehtävä, johon kuuluu yleensä radan geometrian ja sen rakenteiden suunnittelu.
suunnitteluperusteet	Dokumentti, joka kuvaa Liikenneviraston ja/tai ELY-keskuksen hankkeelle asettamia tavoitteita ja haluttuja, merkittäviä vaikutuksia sekä määrittelee sitä kautta hankkeen alueellisen rajauksen, laatutason ja keskeiset toiminnalliset ja tekniset tavoitteet.

1 Johdanto

1.1 Selvityksen lähtökohdat

Opinnäytetyö tehdään FINNMAP Infra Oy:lle, joka on yksityinen infrastruktuurin ja ympäristön suunnitteluun erikoistunut konsulttitoimisto. FINNMAP Infran toiminta käsittää suunnittelun esisuunnittelusta rakennussuunnitteluun sekä työmaapalveluun. Yrityksen suunnittelutoimialoihin kuuluvat geo-, katu- sekä väylätoimialat. Näiden lisäksi toimintaa on myös maaperätutkimusten ja mittausten parissa. FINNMAP Infran toiminta-alueeseen kuuluu Suomen lisäksi Ruotsi, Venäjä, Saksa ja Baltian maat.

FINNMAP Infran ratasuunnittelu toimii osana FMI:n väylätoimialaa. FINNMAP Infra on toteuttanut monia merkittäviä rautatiehankkeita, kuten Pasila–Riihimäki liikenteen välityskyvyn nostamisen yleissuunnitelman, Keski-Pasilan autojunaterminaalien rakentamissuunnittelun ja Kerava–Lahti-oikoradan rakentamissuunnittelun sekä Ruotsissa Väneradan rakentamissuunnittelu Agnesberg–Bohus- ja Bohus–Nödinge-väleillä.

Päällysrakennesuunnittelu on yksi ratasuunnittelun osa-alueista. Sen tärkeys suunnitelmassa riippuu käsiteltävän suunnitelman tasosta. Tarveselvitystasolla päällysrakennetta käsitellään hyvin yleisellä tasolla, mutta tiedot tarkentuvat joka suunnitteluvaiheessa saavuttaen rakentamissuunnitelmassa lopulliset ja yksityiskohtaiset ratkaisut.

Rautatiehankkeiden yhtenä ongelmana ovat kuitenkin olleet epäselvyydet päällysrakennesuunnittelun sisällössä. Hankkeiden tarjouspyynnöistä ei ole aina selvinnyt, mitä tilaaja vaatii kussakin toimeksiannossa tehtäväksi suunnittelukonsultilta. Tämä on aiheuttanut epätietoisuutta tarjousvaiheessa sekä joissain tapauksissa johtanut jopa tarjouspyynnöistä kieltäytymisiin.

Opinnäytetyön päätavoitteena onkin selvittää rautatiehankkeiden tilaajien vaatimuksia radan päällysrakennesuunnittelun suhteen sekä sitä kautta kehittää ja kohdentaa suunnittelijoiden työtä ja osaamista. Samalla tavoitellaan yrityksen tarjoustoiminnan selkeyttämistä ja parantamista rautatiehankkeiden päällysrakennesuunnittelun osalta. Vaatimuksia kartoittavan selvityksen lisäksi työn toisena tavoitteena on koota FINNMAP

Infralle päällysrakennesuunnittelusta tietopaketti, joka tehostaa suunnittelijoiden työtä päällysrakennesuunnittelun tehtävissä.

Selvityksessä on tarkasteltu radan päällysrakennesuunnittelun vaatimuksia suunnittelijakonsultin työn näkökulmasta, koska opinnäytetyön tilaajana on konsulttiyritys, ja työssä on koottu konsultin työtä tehostava ohjeistus.

1.2 Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät

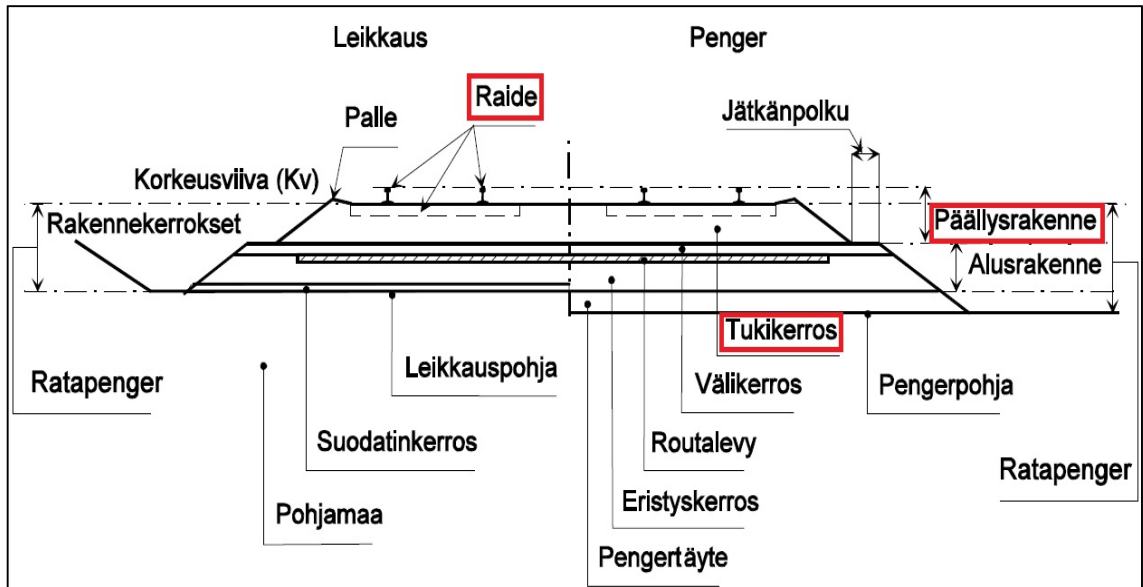
Opinnäytetyössä käsitellään vain Liikenneviraston asettamia vaatimuksia radan päällysrakennesuunnittelussa. Työssä on käsitelty raideliikenteestä pelkästään rautatieliikennettä jättäen raitio- ja metroliikenne työn ulkopuolelle. Työssä ei myöskään tarkastella päällysrakenteen erikoisrakenteita eikä yksityiskohtaisesti jatkuvakiskoraiteen tekniikkaa.

Työ toteutettiin tutkimalla ja vertailemalla aluksi FINNMAP Infran järjestelmään arkistoituja vanhoja tarjouspyyntöjä, tarjouksia ja kieltäytymiskirjeitä. Tämän lisäksi konsultin ja tilaajan asiantuntijoita haastateltiin ja selvitettiin viimeisimmät tiedot siitä, mitä epäselvyyksiä on havaittu ja mitä Liikennevirasto todella vaatii. Näiden lisäksi työssä on hyödynnetty virallisia suunnitteluohjeita, kuten Ratateknisiä ohjeita, sekä aiheesta tehtyjä tutkimuksia.

2 Yleistä radan päällysrakenteesta

2.1 Radan päällysrakenteen osat

Radan päällysrakenne on radan rakenteen (kuva 1) päällimmäinen rakenneosa. Päällysrakenne koostuu raiteesta ja tukikerroksesta.



Kuva 1. Radan rakenteen nimityksiä [1].

2.2 Raide

2.2.1 Yleistä raiteesta

Raide koostuu ratapölkkyistä, ratakiskoista, ratakiskojen kiinnitys- ja jatkososista sekä raiteen erikoisrakenteista, kuten vaihteista. Raiteet ja vaihteet jaetaan kiskon pituuden mukaan jatkuvakiskoiksi (jk), pitkäkiskoiksi (pk) tai lyhytkiskoiksi (lk).

Jatkuvakiskoraide on raide, jossa kiskon pituus $l > 300$ m. Sitä käytettäessä voidaan soveltaa säännöllisesti nopeutta $V > 120$ km/h ja akselipainoa $P_0 > 225$ kN. Koska Jk-raiteiselle radalle on tärkeää, ettei raiteeseen synny jk-raiteelle haitallisia painumia, on radan kuuluttava vähintään Ratateknisten ohjeiden osan 3 Radan rakenne mukaiseen alusrakenneluokkaan 1. Jk-raidetta suositellaan käytettäväksi, kun raiteen tavoitenope-

us $V > 50$ km/h tai kun kuormitus on hyvin raskasta sekä kun raiteella käytetään betonipölkkyjä.

Jatkuvakiskovaihde on vaihde, jossa kaikki sen kiskonjatkokset on jatkoshitsattu ja eristetyt kiskonjatkokset liimattu tai on käytetty etupäässä jatkuvakiskoraiteisiin tarkoitettuja lujitemuovisilla eristyssidekiskoilla varustettuja eristysjatkoksia sekä vaihde on jatkoshitsaamalla yhdistetty jk-raiteeseen. Jk-vaihdetta pystytään käyttämään ainoastaan sen liittyessä jk-raiteeseen.

Pitkäkiskoraide on raide, jossa kiskon pituus $25 \text{ m} < l \leq 50 \text{ m}$. Pk-raidetta käytetään tilapäisratkaisuna ennen kiskojen jatkuvaksi hitsausta, silloilla vähentämään kiskonjatkosten sillalle aiheuttamaa sysäyskuormaa tai vajaalla sepelitukikerroksella olevilla radoilla silloin, kun kiskonkiinnitykset ovat jk-raiteisiin soveltuvia. Pk-raiteen suurin sallittu nopeus $V \leq 120$ km/h, mutta Liikenneviraston poikkeusluvalla $120 < V \leq 140$ km/h.

Pitkäkiskovaihde on vaihde, jossa kaikki sen kiskonjatkokset on hitsattu ja eristetyt kiskonjatkokset liimattu tai on käytetty etupäässä jatkuvakiskoraiteisiin tarkoitettuja lujitemuovisia eristysjatkoksia, mutta vaihdetta ei ole yhdistetty hitsaamalla jk-raiteeseen. Pk-vaihdetta käytetään, kun sepelitukikerroksellinen K-, Skl 3- tai Skl 12 - kiskonkiinnitteinen vaihde liittyy pk- tai lk-raiteeseen.

Lyhytkiskoraide on raide, jossa kiskon pituus $l < 25 \text{ m}$. Raiteeseen tehtävät jatkosraot estävät toiminnallaan lämpötilavaihteluiden aiheuttamien haitallisten pitkittäisvoimien syntymisen raiteeseen. Lk-raidetta käytetään raiteilla, joilla on vähän liikennettä tai esiintyy jk-raiteelle haitallisia painumia. Jos raiteen tukikerroksen materiaali on sora, se rakennetaan lk-raiteeksi. Ratateknisten ohjeiden ja määräysten osassa 12 Päällysrakennehitsaus on myös määritelty tilanne, jossa K30- tai K43-kiskojen valssausmenetelmä saattaa aiheuttaa raiteen rakentamisen lk-raiteeksi. Lk-raiteen suurin sallittu nopeus $V \leq 120$ km/h.

Lyhytkiskovaihde on vaihde, jonka kiskonjatkoksia ei ole jatkoshitsattu. Lk-vaihdetta ei saa liittää suoraan jk-raiteeseen, vaan välissä on oltava vähintään yksi lk-raideelementti. Lk-vaihdetta käytetään, kun raiteen tukikerrosmateriaali on sora tai kun sepelitukikerroksellinen vaihde liittyy pk- tai lk-raiteeseen käytettäessä lk-kierrätysvaihteita. [1.]

2.2.2 Ratapölkkyt

Ratapölkkyjä on betonisia ja puisia. Suomen rataverkolla on käytössä puisista ratapölkkyistä pääasiassa vain mäntypuuratapölkkyjä. Teknisesti on hyväksytty myös kovapuuratapölkkyt, joista tammesta, pyökistä, azobésta tai vastaavasta materiaalista valmistetuista pölkkyistä on usean vuoden kokemukset.



Kuva 2. Betonisia ratapölkkyjä vaihdetaan puisten tilalle [2].

Ratapölkyn tehtävänä on antaa kestävä alusta kiskonkiinnityksille ja kiskon jalalle, muodostaa mahdollisimman tasalaatuinen alusta kiskoille ja yhdessä kiskonkiinnityksen kanssa muodostaa riittävä sivujäykkyys sekä poikittais- että pituussuunnassa. Ratapölkyn tarkoituksena on myös suurentaa tukikerrosta kuormittavaa pinta-alaa, sietää mekaaniset rasitukset sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä ja asettaa edellytykset riittävälle sähköiselle eristykselle kiskojen sekä tukikerroksen ja kiskon välillä.

Betoniratapölkkyraiteen sivuttaisvastus on noin 50–80 % puuratapölkkyraidetta suurempi. Betoniratapölkkyt ovatkin teknisesti puuratapölkkyjä paremmin jatkuvaksi hitsatuille 54 E1 ja 60 E1 -raiteille soveltuva vaihtoehto. Puuratapölkkyjä voidaan käyttää kaikkien tukikerrosmateriaalien yhteydessä, ja ne vaativat 450 mm tukikerroksen. Betoniratapölkkyjä voidaan käyttää vain 550 mm paksun sepelitukikerroksen kanssa.

Soraraiteella on aina käytettävä puuratapölkkyjä, mutta sepeliraiteella niitä voidaan käyttää kaikkien kiskopituuksien kanssa. K30-kiskojen kanssa on myös aina käytettävä puuratapölkkyjä. Betoniratapölkkyjä käytetään sepeliraiteissa kaikkien kiskopituuksien kanssa. Betoniratapölkkyjä käytettäessä pienin kaarresäde on 200 m. [1.]

Taulukko 1. Kiskojen, kiinnitysten ja pölkkyjen mahdolliset erilaiset yhdistelmät. Harmaalla pohjalla olevia pölkky- ja kiskonkiinnitystyypppejä ei enää hankita uusina.

Kiskopituus	Kiskopaino	Puu- /betonipölkky	Pölkkytyyppi	Kiskonkiinnitystapa
Jk	60 E1	Betoni	B88	Pandrol e
			BP89	Pandrol e
			B97	Vossloh Skl 14
			BP99	Vossloh Skl 14
	54 E1	Betoni	VR101	Fist
			B63	RN
				Fist
				Pandrol e
			BJ66	RN
				Pandrol e
			B75, BV69, BV75	Pandrol e
			B86	Pandrol e
			B88	Pandrol e
			BP89	Pandrol e
			B97	Vossloh Skl 14
	BP99	Vossloh Skl 14		
		Puu	Puu	Hey Back
	K43	Betoni	VR101	Fist
			B75, BV69, BV75	Pandrol e
			B82	Vossloh Skl 1
B88			Pandrol e	
BP89			Pandrol e	
B97			Vossloh Skl 14	
BP99			Vossloh Skl 14	
	Puu	Puu	Hey Back	
Pk	54 E1	Puu	Puu	Hey Back
	K43	Puu	Puu	Hey Back
JT				
Lk	54 E1	Puu	Puu	Hey Back
	K43	Puu	Puu	Hey Back
				JT
				Ratanaulakiinnitys
				Jousinaulakiinnitys
			Suora raideruuvikiinnitys	

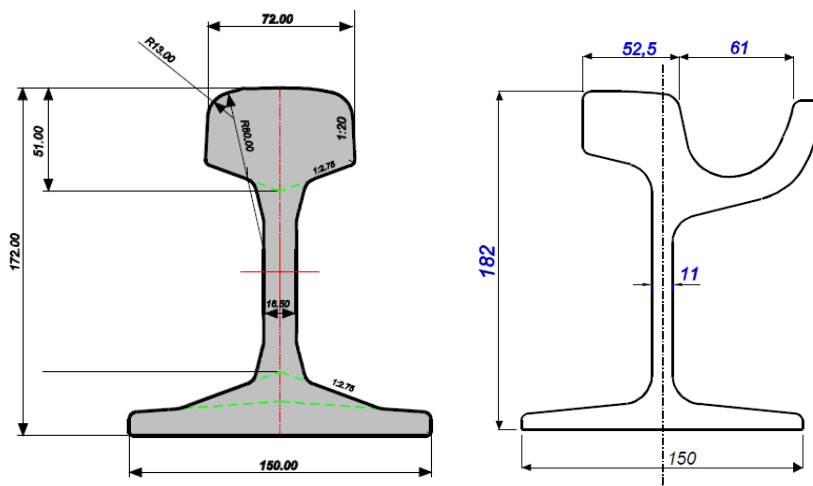
Ratapölkkyjen sijoittaminen radalle tapahtuu ratapölkkyjaon avulla (taulukko 2). Jaon määrää raiteen liikennöintimäärä sekä raiteen laatu, kiskon pituus ja tukikerroksen laatu. Joissakin tapauksissa on myös huomioitava raiteen geometria. Jk-raiteessa on yksittäisen ratapölkkyvälin oltava 590–630 mm, mutta nimellismitta on 610 mm.

Taulukko 2. Ratapölkkyjako eri kiskoprofileilla ja -pituuksilla [1, s. 30].

Kiskon pituus (m)	Käyttö	Ratapölkkyjen lukumäärä		Ratapölkkyjen sijoituskaavio (mm)
		kpl/km	kpl/kisko	
K30, puuratapölkkyt				
20	LiVi:n erityisluvalla	1800	36	$255 + 535 + 33 \times 560 + 535 + 225$
20	pääraiteet	1650	33	$225 + 565 + 600 + 28 \times 615 + 600 + 565 + 225$
K43, puu- ja betoniratapölkkyt, Lk-raide				
22	pääraiteet	1636	36	$120 + 567,5 + 33 \times 625 + 567,5 + 120$
54 E1 ja 60 E1, puuratapölkkyt				
Jk-raide	pää- ja sivuraiteet	1640		$n \times 610$
50	pää- ja sivuraiteet	1640	82	$200 + 507,5 + 79 \times 615 + 507,5 + 200$
49	pää- ja sivuraiteet	1633	80	$200 + 507 + 77 \times 618 + 507 + 200$
49	vähäliikenteiset radat	1265	62	$200 + 700 + 59 \times 800 + 700 + 200$
30	pää- ja sivuraiteet	1633	49	$200 + 540 + 46 \times 620 + 540 + 200$
25	pää- ja sivuraiteet	1640	41	$200 + 520 + 38 \times 620 + 520 + 200$
25	vähäliikenteiset radat	1280	32	$200 + 700 + 29 \times 800 + 700 + 200$
54 E1 ja 60 E1, betoniratapölkkyt				
Jk-raide	pää- ja sivuraiteet	1640		$n \times 610$
50	pää- ja sivuraiteet	1640	82	$225 + 482,5 + 79 \times 615 + 482,5 + 225$
49	pää- ja sivuraiteet	1653	80	$225 + 482 + 77 \times 618 + 482 + 225$
49	vähäliikenteiset radat, LiVi:n erikoisluvalla	1265	62	$225 + 700 + 59 \times 800 + 700 + 225$
30	pää- ja sivuraiteet	1633	49	$225 + 515 + 46 \times 620 + 515 + 225$
25	pää- ja sivuraiteet	1640	41	$225 + 495 + 38 \times 620 + 495 + 225$
25	vähäliikenteiset radat, LiVi:n erikoisluvalla	1280	32	$225 + 675 + 29 \times 800 + 675 + 225$
K60, puu- tai betoniratapölkkyt				
32	pää- ja sivuraiteet	1625	52	$170 + 517,5 + 49 \times 625 + 517,5 + 170$

2.2.3 Ratakiskot

Suomen rataverkossa raiteessa käytetään pääasiassa leveäjalkaista eli Vignole-kiskoprofiilia, mutta poikkeustapauksissa voidaan käyttää myös urakiskoprofiilia P37 (kuva 3). Eurooppalaisen standardointijärjestön CEN:n standardoimat kiskoprofiilit esitetään ilmoittamalla kiskon massa kokonaisina kilogrammoina metriä kohden, kirjaimella E sekä asianomaisen standardin määrittämällä versioluvulla, esimerkiksi 60 E1. Muut kuin CEN-standardoidut kiskoprofiilit esitetään K-kirjaimella ja kiskon massan ilmoittavalla numerolla, esimerkiksi K43. Pääraiteessa käytetään K30-, K43-, 54 E1 ja 60 E1 -kiskoja, mutta uusien K30-kiskojen rakentaminen on kielletty. P37 on ainoa käytettävä urakiskotyyppi, jonka ominaisuuksista ja käytöstä on esitetty tarkempaa tietoa Ratateknisten määräysten ja ohjeiden osassa 11. Eri Vignole-kiskojen suurimmat sallitut nopeudet ja akselipainot on kuvattu taulukoissa 6 ja 7.



Kuva 3. Vasemmalla 60 E1 -ratakiskoprofiili ja oikealla P37-urakiskoprofiili [1].

Radassa käytettävät kiskopituudet ovat tyyppikohtaisia. Normaalipituudet eri kiskoprofiileille lämpötilassa +16–18°C on esitetty taulukossa 3. Kiskoja voidaan tarpeen mukaan hitsata pidemmiksi Ratateknisten määräysten ja ohjeiden osan 19 Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet esittämin rajoituksin. [1.]

Taulukko 3. Ratakiskojen normaalipituudet [1, s. 35].

Ratakiskon pituus [m]				
K30	K43	54 E1	K60	60 E1
12	16	25	16	30
14	18	30	32	50
16	20	49		100
18	22	50		
20	24			
24	44			

Jatkuvakiskoraidetta rakennettaessa kiskot asennetaan normaalisti raiteeseen 100–180 m välipituudessaan. 300 m pituisia kiskoja asennetaan vain työkiskomenetelmää käytettäessä tai kun neutralointi ja loppuhitsaus suoritetaan heti kiskonvaihdon yhteydessä. Raiteessa 100–300 metrisiksi hitsattavien välipituuksien osakiskojen minimipituudet ja hitsien maksimimäärät tulee olla taulukon 4 mukaiset. Jatkuvakiskoraiteen ja -vaihteiden rakentamisesta ja asentamisesta on kerrottu yksityiskohtaisesti Ratateknisten määräysten ja ohjeiden osassa 19 Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet. [3.]

Taulukko 4. Ratakiskojen sallitut jatkosmäärät.

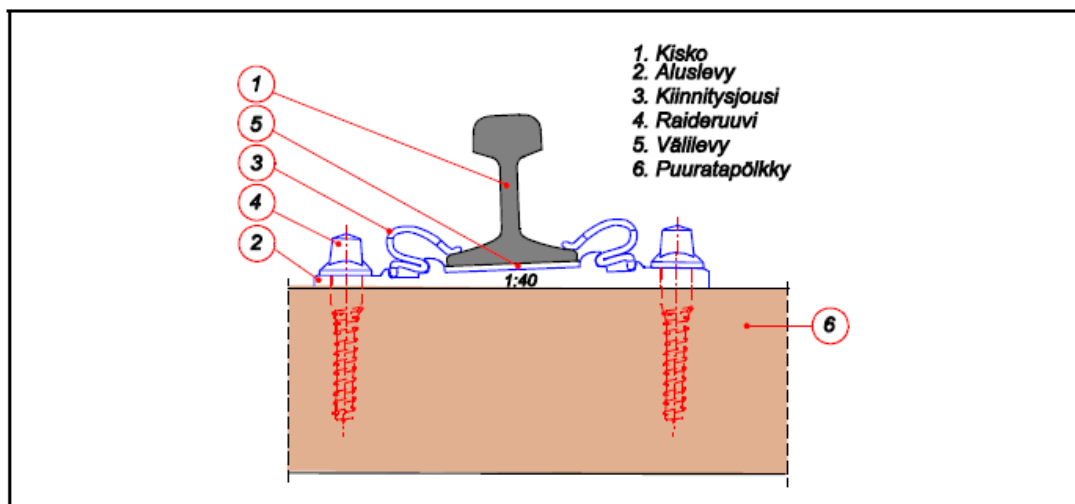
Kiskon vä- lipituus a [m]	Uudet kiskot				Kierrätyskisko sivuraiteessa	Kierrätyskisko pää- raiteessa		
	Paikallinen sallittu nopeus [km/h]							
	≤80	≤120	≤160	>160	≤50	≤80	≤120	≤160
	Kiskon vähimmäispituus [m]							
	5	10	12	20	3	5	10	12
	Jatkoshitsien enimmäismäärä [kpl]							
$100 \leq a < 120$	12	9	6	4	18	14	11	8
$120 \leq a < 150$	15	12	8	4	22	17	13	11
$150 \leq a \leq 180$	19	14	9	6	27	21	16	13

Jatkuvakiskoisten pääraiteiden kiskotuksessa on käytettävä uusia tai luokan 1 mukaisia käytettyjä 60 E1 tai 54 E1 -kiskoja. Jos ratapihalla suurin sallittu nopeus $V \leq 80$ km/h, voidaan käyttää luokan 2 mukaisia 60 E1 tai 54 E1 -kiskoja. Jos suurin sallittu nopeus $V \geq 160$ km/h, saadaan käyttää vain uusia 60 E1 tai 54 E1 -kiskoja. Jatkuvakiskoiset si-

vuraiteet on oltava vähintään luokan 2 mukaisia 60 E1, 54 E1 tai K43-ratakiskoja. Kierätyskiskoluokat on määritelty Liikenneviraston julkaisussa Kierrätyskiskojen tekniset toimitusehdot.

Lyhyt- ja pitkäkiskoisten raiteiden kiskojen on oltava vähintään luokan 2 mukaisia 54 E1 tai K43-kiskoja. Luokan 2 kiskoja voidaan käyttää vain, jos suurin sallittu nopeus on $V \leq 110$ km/h. Lyhyt- ja pitkäkiskoisissa sivuraiteissa voidaan käyttää myös luokan 3 mukaisia 54 E1 tai K43-kiskoja, kun suurin sallittu nopeus $V \leq 50$ km/h. [1.]

2.2.4 Kiskonkiinnitykset



Kuva 4. Esimerkki kiskonkiinnityksen osista [1].

Kiskonkiinnityksen (kuva 4) tehtävä on kiinnittää kisko ratapölkkyyn. Aluslevyn tarkoituksena on mahdollistaa kiskolle oikea kallistus ja jakaa ratapölkkyyn kohdistuvat voimat tarpeeksi suurelle pinta-alalle. Välilevy on tarkoitettu lisäämään kiinnityksen läpivetoastusta ja joustavuutta sekä jakamaan aluslevylle kohdistuvat voimat koko kiskon lepopinnalle. Kiinnitysten avulla kiskoon kohdistuvat voimat välitetään pölkylle ja pölkyltä tukikerrokseen. Liite 1 sisältää kaikkien käytettävien kiskonkiinnitysten tyyppikuvat.

Puuratapölkkyjen kanssa käytettävät kiinnitykset ovat erillisiä tai yhdistettyjä. Erillisiä kiinnityksiä ovat jousi- ja ruuvikiinnitys eli Hey-Back-kiinnitys, K-kiinnitys ja kiilakiinnitys. Näissä kiinnityksissä aluslevy kiinnitetään raideruuvien avulla ratapölkkyyn ja kisko

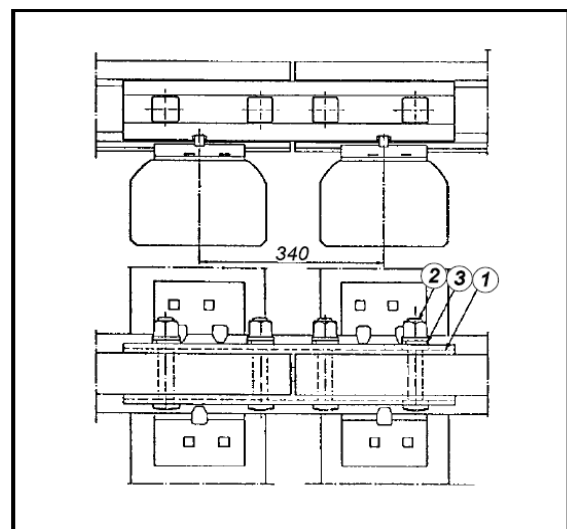
aluslevyyn erillisten kiinnitysosien avulla. Yhdistettyjä kiinnityksiä ovat ratanaulakiinnitys, jousinaulakiinnitys, suora raideruuvikiinnitys ja JT-kiinnitys. Näiden kiinnitystyyppien osat ovat aluslevy ja ratakiskonaulat, jousinaulat tai JT-ruuvi-jousi-yhdistelmät, jotka kiinnittävät kiskon aluslevyyn ja samalla aluslevyn pölkkyyn.

Betoniratapölkkyjen kanssa käytetään Fist-kiinnitystä, RN-kiinnitystä, Pandrol e-clip -kiinnitystä, Vossloh Skl 1 -kiinnitystä ja Vossloh Skl 14 -kiinnitystä. Pandrol e-clip -kiinnitystä voidaan tietyissä tapauksissa käyttää myös puuratapölkkyjen kanssa. Betoniratapölkkyjen kiinnitykset ovat yhdistettyjä kiinnityksiä, ja niistä Fist-, RN- ja Vossloh Skl 1 -kiinnityksiä ei enää hankita uusina.

Skl 12 -kiinnitys on kiinnitys, jota käytetään kaikissa uusissa vaihteissa. Muita vaihteissa käytettäviä kiinnityksiä ovat K-, ratanaula-, suora raideruuvi- sekä JTR-kiinnitykset. Skl 12 -kiinnitystä voidaan käyttää niin puu- kuin betoniratapölkkyissä. [1.]

2.2.5 Kiskon jatkosovitukset

Kiskon jatkosovituksen tarkoituksena on mahdollistaa pk- ja lk-raiteilla lämpötilan muutoksista aiheutuvat kiskon pituuden muutokset tietyissä rajoissa. Jatkosovitus liittää kiskon päät pitäen ne kohdakkain ja estäen kulmien ilmenemisen kiskojonossa niin vaaka- kuin pystytasossa. Kiskojen päät on yhdistetty toisiinsa sidekiskojen ja jousirenkailla tai aluslaatoilla varustettujen sideruuvien avulla (kuva 3). [1.]



1 Sidekisko, 2 Sideruuvi, 3 Jousirengas

Kuva 5. Jatkosovitus, puuratapölkky, ratanaulakiinnitys [4 ja 1].

2.3 Tukikerros

Tukikerros on päällysrakenteen osa, joka sijaitsee raiteen ja alusrakenteen välissä. Tukikerroksen tehtävänä on pitää raide geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa, jakaa kuormia alusrakenteelle sekä muodostaa raiteelle tasainen ja kantava alusta. Palle on tietyissä tapauksissa tukikerroksen reunaan tehty korotus, jonka tarkoituksena on lisätä tukikerroksen kykyä ottaa vastaan raiteesta siihen kohdistuvat voimat.

Tukikerros on myös otettava huomioon suunniteltaessa raiteen kallistuksia. Kallistukset on suunniteltava siten, että niitä mieluummin nostetaan kuin lasketaan, koska tukikerroksen lisääminen raiteen alle on paljon helpompaa kuin kerroksen poistaminen.

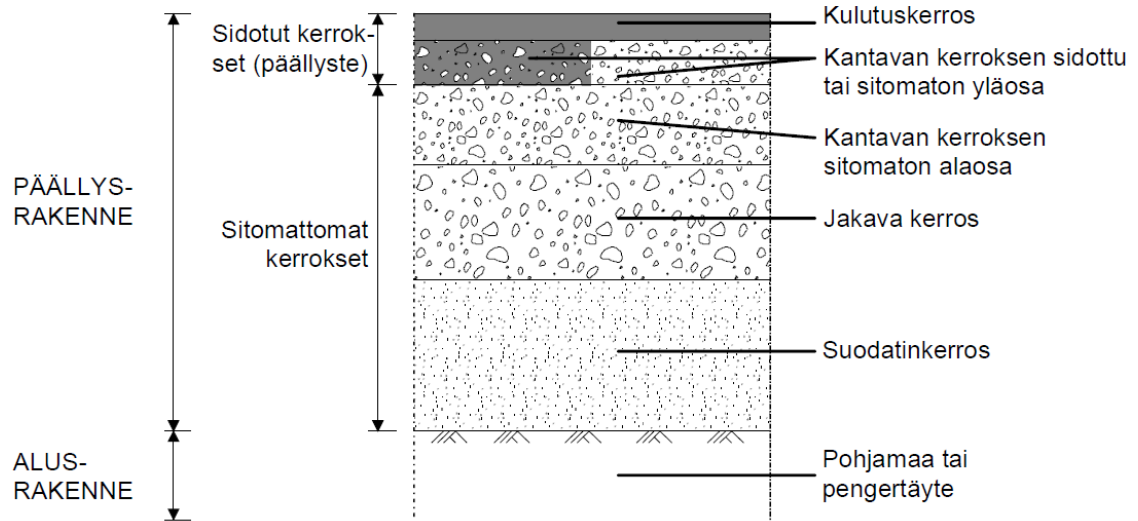
Tukikerroksen materiaalina käytetään joko raidesepeliä tai raidesoraa (kuva 6). Tukikerrosmateriaalien laatuvaatimukset on selostettu julkaisuissa Raidesepelin tekniset toimitusehdot ja Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL). Tukikerroksen paksuus vaihtelee välillä 350–550 mm taulukossa 8 esitettyjen olosuhteiden mukaan. [1.]



Kuva 6. Soraraiteen ja sepeliraiteen ero [5].

Radan tukikerros eroaa paljon rakenteellisesti, muttei paljoakaan toiminnallisesti tierakenteen tukikerroksesta. Tierakenteissa (kuva 7) päällysrakenteen muodostavat suodatin-, jakava ja kantava kerros sekä kulutuskerros. Alusrakenteena pidetään tien pohjamaata tai pengertäytettä. Suodatinkerros ja jakava kerros käsitetään tien tukikerroksena. Sen tehtävänä on toimia kuormia jakavana ja kantavuutta lisäävänä rakenteena sekä ottaa vastaan liikenteestä aiheutuvat leikkausvoimat ja

muodonmuutokset aivan kuten radankin tukikerroksella. Näiden tehtävien lisäksi tien tukikerros on roudankestävyyttä lisäävä rakenne ja veden kapillaarisen nousun katkaisija. Radan rakenteissa nämä tehtävät ovat alusrakenteilla.



Kuva 7. Tavanomainen tien rakenne [6, s. 11].

2.4 Melun- ja värinätorjunta päällysrakenteilla

Melun- ja värinätorjunta on alkanut saamaan viime aikoina yhä enenemässä määrin huomiota väyläsuunnittelussa ja etenkin rautateiden suunnittelussa. Väyläliikenteestä juuri rautatieliikenne luo eniten melua ja värinää ympäristöön suurien kuormien vuoksi.

Rautatieliikenteen melusta suurin osa aiheutuu junan pyörän ja kiskon välisestä kosketuksesta ja osa käytettävän kaluston jarrujen toiminnasta. Rautatiemelua voidaankin vähentää tehokkaimmin raiteiden kunnossapidolla sekä käyttämällä uudempaa kalustoa. Pyörän ja kiskon välistä epätasaisuutta poistetaan kiskon kulkupinnan hionnalla, joka voi vähentää melutasoa jopa 10 dB. Suomessa tehtyjen mittausten perusteella hionnalla on kuitenkin saavutettu vain noin 3–6 dB hyöty. Kaluston jarrut ovat uudemmissa malleissa vanhoja pidemmälle kehitetyt ja sen myötä myös hiljaisemmat.

Päällysrakenteellisia meluntorjuntakeinoja ovat kiskonkiinnityksien joustavat elementit ja kiskojen melunvaimentimet (kuva 8). Kiskonkiinnitysten joustavien elementtien vaikutuksesta melutasoon ei ole vielä hyvää tutkimustietoa, mutta melunvaimentimilla on saavutettu parhaimmillaan 3–5 dB vaimennus. Vaimentimista on hyötyä pääasiassa

lähiliikenteen radoilla alle 100 km/h nopeuksilla, mutta Liikenneviraston koekohteessa ovat tulokset olleet heikkoja raitteen suurimman nopeuden ollessa 200 km/h.



Kuva 8. Kiskoihin asennetut melunvaimentimet [7].

Päällysrakenteella ei voida tämän hetken tutkimusten mukaan vaikuttaa Suomessa useimmiten esiintyvään matalataajuuksiseen tärinään. Ulkomailla tehdyn tutkimuksen mukaan rautatieliikenteestä aiheutuvaa tärinää voitaisiin vähentää merkittävästi pohjaimilla (kuva 9), jotka ovat betonisten ratapölkkyjen pohjaan asennettavia joustavia mattoja. Tutkimusta tukevia muita tutkimuksia ja mittauksia ei kuitenkaan ole, joten Suomessa ei ole otettu käyttöön pohjaimia matalataajuisen tärinän vähentämiseksi.



Kuva 9. Betonisten ratapölkkyjen pohjaan asennetut pohjaimet [8].

Pohjaimet ovat kuitenkin yksi keino vähentää raideliikenteestä aiheutuvaa runkomelua, jonka tärinän taajuus on yli 30 Hz. Liikenneviraston koekohteessa tehtyjen mittausten perusteella pohjaimilla saatiin 1–7 dB vaimennus. [9.]

Ulkomailla havaitaan rautatieliikenteessä korkeampitaajuuksista tärinää kuin Suomessa. Korkeataajuuksista tärinää on helpompi torjua joustavilla materiaaleilla. Ulkomailla tärinätorjunta onkin yleensä toteutettu hitailla kaupunkiradoilla. Osa kaupunkiradoista on rakennettu betonilaatalle, mikä yhä nostaa tärinän taajuutta. Suomen sepelitukikerroksellinen rata luo yleensä noin 5–8 Hz tärinän, jota on hyvin vaikea torjua joustavilla materiaaleilla. Pehmeikköalueilla joustavat materiaalit päällysrakenteessa voisivat jopa pahentaa ympäristöön leviävää tärinää. Liikennevirastossa mietitään jatkuvasti lupaaville uusille melun- ja tärinätorjuntatavoille koekohteita, joiden jälkeen niitä voitaisiin siirtää käyttöön. Näyttää kuitenkin siltä, että kovapohjaisilla paikoilla tehdään enemmän tutkimusta, jolloin pehmeikköjen tärinätorjunta jää kehityksestä jälkeen. [10.]

3 Tilaajien vaatimukset radan päällysrakennesuunnittelussa

3.1 Pätevyudet ja koulutus päällysrakennesuunnittelussa

Päällysrakennesuunnittelu kuuluu yleensä ratasuunnittelijan tehtäviin. Ratasuunnittelijalta ei kuitenkaan vaadita erikseen minkäänlaista päällysrakennesuunnittelijan pätevyyttä, vaan tarjouksissa lasketaan hyväksi, jos suunnittelija on aiemmin toiminut päällysrakennesuunnittelua sisältävässä rautatiehankkeessa mukana.

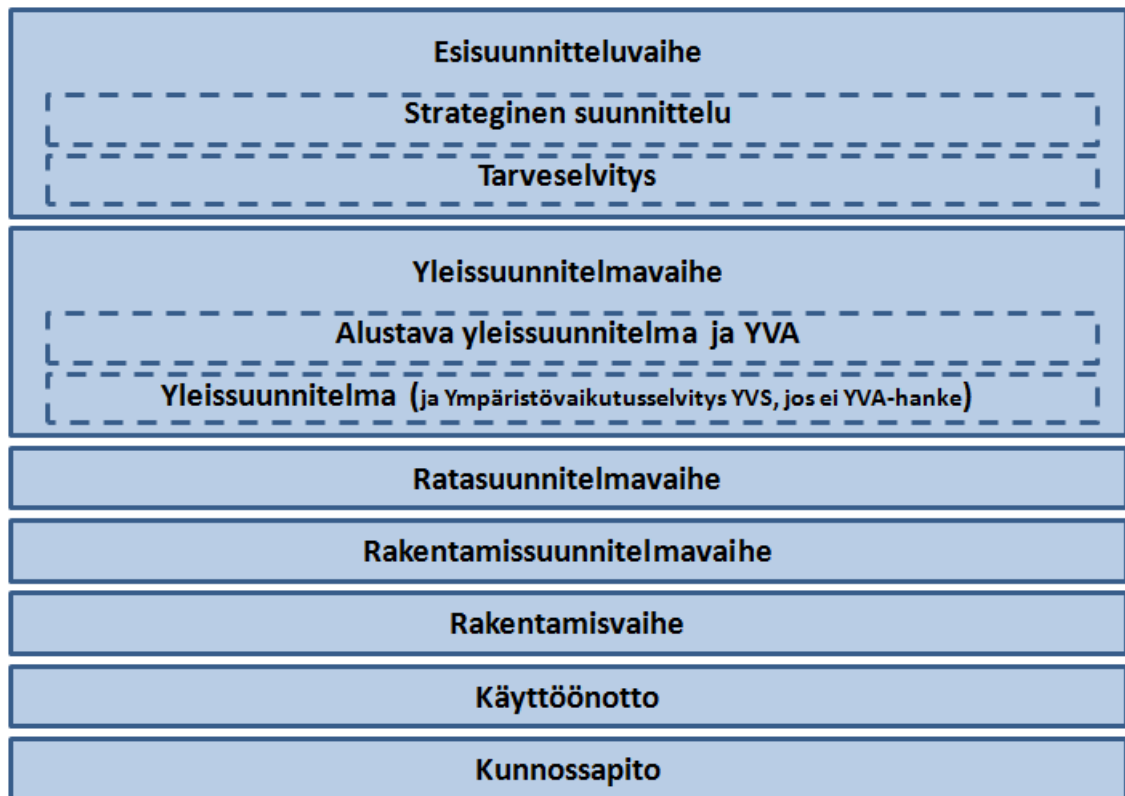
Ratasuunnittelun koulutus on Suomessa hyvin huonossa asemassa. Ratasuunnittelijat ovat pääasiassa insinöörejä ja diplomi-insinöörejä, joilla on ollut koulutuksessaan suuntautuminen infraan. Koulutukseen on kuitenkin sisällynyt vain vähän tai jopa ei yhtään ratasuunnitteluun ja etenkin päällysrakennesuunnitteluun perehdyttävää kurssia. Ratasuunnitteluun pätevytyminen onkin tapahtunut pääasiassa työssä oppimalla.

Liikenneviraston Raideakatemia ja Tampereen teknillinen yliopisto yrittävät kuitenkin kompensoida tätä vajetta edes hieman järjestämällä kurssin ”Rautatiesuunnittelun erikoisopintojakso” eli RASU-kurssin. Kurssia järjestetään kuitenkin hyvin satunnaisesti. Ensimmäinen RASU-kurssi järjestettiin vuonna 2007 ja seuraava vasta vuonna 2011. Kurssin sisältö on hyvin kattava ja harjoitustyö opettavainen.

VR järjestää myös päällysrakennepätevyuden koulutusta, mutta koulutus on pääasiallisesti suunnattu radanrakennus- ja kunnossapitotoimintaan. Koulutuksessa saa kyseisiä toiminta-alueita koskevien teoreettisen päällysrakennetietämyksen ja pätevyyden toimia työstä vastaavana henkilönä päällysrakenteeseen liittyvissä töissä. Koulutus voi kieltämättä avustaa myös ratasuunnittelua päällysrakenteen rakentamisen näkökulmasta.

3.2 Yleistä päällysrakennesuunnittelusta suunnitelmissa

Selvitettäessä tilaajan vaatimuksia päällysrakennesuunnittelussa on tarkasteltu vähintään kahta rautatiehanketta jokaisessa suunnitelmavaiheessa. Jokaisessa suunnitelmavaiheessa on vertailtu päällysrakennesuunnittelun roolia tarjouspyynnöissä, tarjouksissa sekä suunnitelmaselostuksissa.



Kuva 10. Rautatiehankkeen vaiheet.

Eri suunnitelmavaiheissa käytetään eritasoisia välineitä arvioitaessa kustannuksia. Esi-suunnittelun tarveselvitysvaiheessa kustannuksia tarkastellaan tarvittaessa vain nauha-kustannuksina. Yleis- ja ratasuunnitelmien kustannusarviot ovat tarkempia, ja niissä käytetään yleisesti Fore-kustannuslaskentajärjestelmää tai muita samankaltaisia kus-tannuslaskentaohjelmia. Rautatiehankkeesta päätetään hankekohtaisesti, tuleeko kus-tannusarvio tehdä hankeosalaskennan (HOLA) vai rakennusosalaskennan (ROLA) tasolla. Näitä kahta laskentatyyliä on mahdollista ja usein toivottavaakin yhdistellä. Periaattee-na on, että tarkemmalla menetelmällä eli rakennusosalaskennalla tulisi laskea kaikki, mitä vain voidaan laskea tarkemmin. Rakentamissuunnitelman kustannusarviot ovat jo hyvin yksityiskohtaisia, ja ne on tehtävä yksikkölaskennalla, jotta rakentamisvaiheeseen saadaan tarkat määrä- ja kustannustiedot. [11.]

Suunnittelukonsultti ei voi yleensä ottaa kantaa radan pölkytysuunnitteluun missään suunnitelmavaiheessa, koska pölkyjen sijainnit ja asennot ovat standardi. Vaihteen pölkytys on otettava huomioon muussa raiteen geometriassa, mutta itse vaihteen pöl-kytys tulee standardoiduista tyyppikuvista, joiden mukaan vaihteiden toimittaja ne te-kee. Konsultti pystyy vaikuttamaan pölkytykseen erikoistilanteissa. Tällaisia ovat esi-

merkiksi erikoisrakenteiden kuten urakiskojen pölkytys tai erikoisvaihde, johon tarvitaan jonkinlainen erikoispölkytys. [12.]

3.3 Päälysrakennesuunnittelun rooli esisuunnittelussa

Esisuunnittelu käsittää hankkeen vaiheet ennen yleissuunnitelmaa tai alustavaa yleissuunnitelmaa. Suunnittelu lähtee liikkeelle Liikenneviraston väylänpidon strategisesta suunnittelusta. Sen tavoitteena on muodostaa tavoitekuva väyläverkosta ja sen palvelutasosta pitkällä aikavälillä noin 20 vuoden päähän. Palvelutason määrittelyn tuloksena syntyykin koko väylänpidon kattava, verkon laajuutta ja kehittämistä käsittelevä pitkän aikavälin suunnitelma (PTS).

Pitkän aikavälin suunnitelmassa selostetaan erilaisia toimintasuuntia tavoitteiden saavuttamiseksi ja priorisoidaan hankkeita alustavalla toteuttamisaikataululla. Suunnitelmassa esitetyille hanke- ja toimenpideohjelmille tehdään vaikutusarviot. PTS tehdään palvelemaan Liikenneviraston johtamista sekä toiminnan ja talouden suunnittelua, hankesuunnittelua ja maankäyttöä. Liikenneviraston strategian perusteella tehdään myös toiminta- ja taloussuunnitelma (TTS), jossa esitellään päälinjaukset Liikenneviraston toimenpiteille ja rahankäytön kohdentumiselle suunnitelmakaudella. TTS tehdään vuosittain 2-5 vuodeksi eteenpäin.

Pitkän aikavälin suunnitelman jälkeen käynnistyy hankesuunnittelu, joka on jokaisessa suunnitteluvaiheessa tarkentuva prosessi. Sen tarkoitus on selvittää hankkeen tarve ja sisältö sekä laatia sen tason suunnitelmat, että hankkeen jatkosta voidaan tehdä päätös. Lyhimmillään hankesuunnitteluprosessi voi olla pelkkä tarvemuistio, joka on laadittava kaikista toiminta- ja taloussuunnitelmassa esitetyistä rautatiehankkeista. Muistiossa kuvataan rautatiehankkeen taustaa, sisältöä, kustannuksia ja liittymistä muihin hankkeisiin sekä perustellaan hankkeen tarpeellisuutta. Näiden suunnitelmien perusteella tehdään selvityspäätös, jota seuraa tarveselvityksen laatiminen.

Tarveselvitys on rautatiehankkeen ensimmäinen vaihe, jota suunnittelukonsultti voi päästä laatimaan ja joka ottaa kantaa myöhemmissä suunnitteluvaiheissa toteutettavaan päälysrakennesuunnitteluun. Suunnittelukonsultti pääsee selvitysvaiheeseen mukaan puitesopimusten kautta. Tarveselvityksen tavoitteena on määrittää alustavat toi-

menpiteet, kustannusarvio ja aikataulu, jolla rautatiehankkeen tulisi edetä, sekä rautatiehankkeen vaikutukset. Kustannusarvio toteutetaan nauhakustannustasoisesti. Selvityksen tarkastelussa on risteysasemien välinen tai pidemmän rataosan muodostama kokonaisuus. Tarveselvitys voi myös olla tuotekohtainen, esimerkiksi radan sähköistäminen tai yksittäinen ratapiha.

Tarveselvityksessä arvioidaan kaikki suunnittelualueella tehtävät työt tarkkuudella, jolla voidaan määrittää rautatiehankkeen hyödyt tai välttämättömyys ja pystytään arvioimaan toteuttamisen tai toteuttamatta jättämisen vaikutukset. Rautatiehankkeelle laaditaan alustavat suunnitteluperusteet ja määrittely varsinaista työtä varten. Määrittelyn sisältönä on suunnittelu-aikataulu, arvioidut suunnittelukustannukset, tavoitteet ja alustava työohjelma sekä hankearviointi, jossa hankkeen vaikutukset, kannattavuus ja toteutettavuus selvitetään ja arvioidaan.

Päälysrakennesuunnittelun osalta tehdään selvitys päälysrakenteen parantamis- ja uusimistarpeesta. Päälysrakennesuunnittelun kannalta olennaiset parametrit lyödään myös alustavasti lukkoon. Näitä parametreja ovat kaluston tavoiteakselipaino ja -nopeus. Parametrit voivat myöhemmissä suunnitteluvaiheissa muuttua, mutta se yleensä edellyttää hankkeen tavoitteiden muuttumista.

Tarveselvityksen tiedot kerätään Liikenneviraston osastoilta, kunnossapitäjältä, liikennöitsijältä ja tarvittaessa muilta sidosryhmiltä samalla ottaen huomioon ympäristö- ja turvallisuusasiat. Hankealueeseen liittyvät olemassa olevat tutkimustulokset selvitetään ja, jos merkittäviä kustannuksia aiheuttavat ratkaisut vaativat lisäpohjatutkimuksia, suunnittelun alkuvaiheessa laaditaan niitä koskevat pohjatutkimusohjelmat. Jos pehmeikkökisteriä ei ole alueelta, se laaditaan samalla. Selvityksen liikennesuunnittelu perustuu informaatioon liikenneteknisistä ominaisuuksista, kapasiteetista ja junatarjontaennusteista. Liikennesuunnittelu on ulotettava niin kauas kuin hankkeella on merkittäviä vaikutuksia radan kapasiteettiin ja välityskykyyn. Tekniseen suunnitteluun kuuluvat tehtävät on lueteltu julkaisussa B20 Radan suunnitteluohje. [13.]

3.4 Päälysrakennesuunnittelun rooli yleissuunnitelmassa

3.4.1 Yleistä yleissuunnitelmasta

Rautatien yleissuunnitelma on selvitys radan rakentamisen tai rataverkon kehittämisen tarpeellisuudesta sekä tutkituista vaihtoehdoista. Siinä on tutkittu radan liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut sekä arvioitu rautatiealueen ja -liikenteen vaikutukset. Radan sijainti osoitetaan tarkkuudella, jolla maanomistajat ja muut asianosaiset voivat arvioida luotettavasti rautatiehankkeesta heille aiheutuvat vaikutukset.

Liikenneviraston julkaisussa B20 Radan suunnitteluohje on mainittu yleissuunnitelma-
vaiheen päälysrakennesuunnittelusta hyvin vähän. Tämän vaiheen ainoa päälysrakennesuunnittelun tehtävä on laatia alustavat päälysrakenteen materiaalluettelot. [14.]

Tässä työssä on yleissuunnitelmista otettu tarkempaan vertailuun Luumäki–Imatra-rataosan kaksoisraiteen yleissuunnitteluhanke sekä Ylivieska–Iisalmi–Kontionmäki toiminnallisuuden parantamisen yleissuunnitteluhanke.

3.4.2 Yleissuunnitelman tarjouspyyntö

Tarjouskilpailussa tilaaja laatii ja julkaisee ensiksi tarjouspyynnön. Tarjouspyynnön tärkein osa on suunnitteluohjelma. Se kertoo toimittajalle eli tarjouksen tekijälle tehtävät, jotka tilaaja haluaa hankkeessa toteutettavan. Yleissuunnitelmien tarjouspyynnöissä ja suunnitteluohjelmissa on yleisesti mainittu päälysrakennesuunnittelusta hyvin vähän. Tämä johtuu siitä, että näissä suunnitelmissa päälysrakennetta käsitellään hyvin alustavasti tarveselvityksessä lukkoon lyötyjen parametrien perusteella. Parametrit on esitetty lähtötietoina rautatiehankkeen suunnitteluperusteissa. Määriteltyjen päälysrakenneparametrien tarkkuus ja laajuus on hankekohtaista.

Luumäki–Imatra-hankkeen tarjouspyyntökirjeessä ei mainita päälysrakennesuunnittelua erikseen, vaan viitataan suunnittelutehtävien laajuutta ja sisältöä koskien liitteenä olevaan suunnitteluohjelmaan. Suunnitteluohjelmassa sen sijaan mainitaan päälysrakennesuunnittelusta akselipainon nostamisesta nykyisellä radalla 250 kN ja rataosan nopeuden nostamisesta kallistuvakoraisella kalustolla 200 km/h ja perinteisellä kalustolla 160–200 km/h, kun kaksoisraidetta ei toteuteta. Kaksoisraiteen päälysrakenteesta ei

silti mainita suunnitteluohjelmassa ollenkaan. Tarjouspyyntökirjeen kanssa tulleessa suunnitteluperusteet-liitteessä on kuitenkin esitetty päällysrakenteen tekniset vaatimukset käytettävistä kiskopainoista ja -pituuksista, pölkytyksestä, raidesepelin laadusta sekä rakennekerroksista ja käytettävistä vaihdetyypeistä.

Ylivieska–Iisalmi–Kontionmäki-hankkeessa ei myöskään mainita päällysrakennesuunnittelutehtäviä, vaan viitataan suunnitteluohjelmaan. Suunnitteluohjelmassa mainitaan, että suunnittelu on toteutettava huomioiden myöhemmäksi esitetty akselipainon korotus 250 kN eri nopeuksilla. Siinä esitetään myös ratasuunnittelun sisältö liikennepaikoittain. Päällysrakennesuunnittelua sivutaan Haapajärven liikennepaikan osiossa, jossa kerrotaan päällysrakenteen uusimisesta raiteisiin sekä vaihdemuutoksista. Muilta osin suunnitteluohjelmassa ei viittauksia päällysrakennesuunnitteluun esiinny. Liitteenä olevassa hankkeen suunnitteluperusteissa on päällysrakenteen teknisiä vaatimuksia tarkennettu. Siinä on esitetty suunnittelussa käytettävät kiskopainot ja -pituudet, rakennekerrospaksuudet sekä käytettävät vaihdetyypit.

Hankkeiden suunnitteluperusteissa voi huomata pienen eron, koska Luumäki–Imatra-hankkeen suunnitteluperusteet ovat hankkeeseen tehdystä alustavasta yleissuunnitelmasta peräisin ja Ylivieska–Iisalmi–Kontionmäki-hankkeessa suunnitteluperusteet ovat tarveselvitysvaiheesta. Alustava yleissuunnitelma on tarveselvitystä seuraava vaihe, joten siinä päivitetyt suunnitteluperusteet ovat luonnollisesti astetta tarkempia.

3.4.3 Yleissuunnitelman tarjoukset

Päällysrakennesuunnittelun osuus tarjouksissa on hyvin vähäinen, mikä johtuu siitä, että päällysrakennetta käsitellään yleissuunnitelmavaiheessa erittäin alustavasti. Tarjouksessa ei välttämättä tarvitse olla yhtään mainintaa päällysrakennesuunnittelusta, mutta päällysrakennesuunnittelutehtävien auki selostaminen on aina eduksi. Se osoittaa, että suunnittelukonsultti on kiinnittänyt huomiota suunnitelman vähäisempiinkin tehtäviin. [11.]

Päällysrakennesuunnittelun roolin vertailussa tarjouksen tärkein osio on suunnitteluohjelman perusteella tehty työohjelma. Luumäki–Imatra-hankkeesta on vertailtu kolmea tarjousta, joiden sisällöt päällysrakennesuunnittelun osalta eroavat valtavasti.

Ylivieska–Iisalmi–Kontionmäki-hankkeessa on vertailtu neljää hankkeesta tehtyä tarjousta. Kolmessa tarjouksista on päällysrakennesuunnittelun osuus jätetty joko kokonaan selostamatta tai esitetty erittäin yleisellä tasolla, esimerkiksi työhön sisältyvien tehtävien luettelossa tekstinä ”päällysrakenteen suunnittelu pysty- ja vaakageometrioihin”. Yhdessä tarjouksessa päällysrakennesuunnitteluun on panostettu hieman enemmän esittämällä, että radan päällysrakenteet suunnitellaan ”suunnitteluperusteiden ja työn aikana sovittavien suunnitelmaratkaisujen ja -perusteiden mukaan suunnitelmatason edellyttämällä tavalla”. Kyseinen tarjous oli myös tarjouskilpailun voittanut tarjous.

3.4.4 Yleissuunnitelman suunnitelmaselostus

Suunnitelmaselostus laaditaan hankkeen päätteeksi esittämään valmis suunnitelma. Tässä työssä on vertailtu Luumäki–Imatra- ja Ylivieska–Iisalmi–Kontionmäki-hankkeiden suunnitelmaselostuksia päällysrakennesuunnittelun näkökulmasta.

Luumäki–Imatra-suunnitelmaselostuksessa on käyty nykytilanteen päällysrakenteen tiedot melko tarkasti läpi. Nykyisestä päällysrakenteesta on esitetty päällysrakenneluokka, kiskopaino ja kunnossapitotaso sallittujen akselipainojen ja nopeuksien lisäksi. Tavoitteet ja suunnitteluratkaisut selostuksissa on sen sijaan selostettu vain sallittujen akselipainojen sekä nopeuksien avulla.

Ylivieska–Iisalmi–Kontionmäki-suunnitelmaselostuksessa on niin ikään esitetty päällysrakenteen nykytilanne tarkasti läpi. Tiedoista kootuissa taulukoissa on ilmaistu päällysrakenneluokka, ratapölkky- ja tukikerrosmateriaali, kiskopaino sekä päällysrakenteen ikä. Erikseen on vielä mainittu rataosuuksien sallitut akselipainot sekä nopeudet. Liikennepaikkojen selostusosiossa on esitetty uudet rataosuudella käytettävät kiskopainot, ratapölkky- ja tukikerrosmateriaalit, vaihdetyypit sekä alus- ja päällysrakenteen kokonaisvahvuudet.

3.5 Päälysrakennesuunnittelun rooli ratasuunnitelmassa

3.5.1 Yleistä ratasuunnitelmasta

Radan ratasuunnitelma on seuraava vaihe yleissuunnitelmasta ja perustuu yleissuunnitelmaan, esi- tai tarveselvitykseen. Suunnitelma osoittaa radan ja sen rakenteet niin yksityiskohtaisesti, että maanomistajat ja muut asianosaiset pystyvät luotettavasti saamaan selkeän käsityksen radan sijainnista niin leveys- kuin korkeussuunnassa samoin kuin vaikutuksista maisemakuvaan ja alueellisiin liikenneolosuhteisiin. Ratasuunnitelmaan liitetään arvio radan vaikutuksista sekä selostaan toimenpiteet, joilla poistetaan tai vähennetään radan rakentamisen tai junaliikenteen haitallisia vaikutuksia.

B20 Radan suunnitteluohjeessa on ratasuunnitelmavaiheessa määrätty tehtäväksi radan päälysrakenteen määrittely. Tuloksena saadaan tarkennetut päälysrakenteen materiaaliluettelot. [14.]

Ratasuunnitelma on rautatiehankkeen lakisääteisesti tehtävä suunnitelma, jonka laadimisesta on säädetty 1.1.2008 voimaan tullessa ratalaissa. Sitä ennen ei ratasuunnitelman laadimiselle ole ollut lain säätämiä pakotteita. Ratasuunnitelma on siis kohtalaisen uusi suunnitteluvaihe rautatiesuunnittelun prosessissa. Tästä johtuen ratasuunnitelmia ei ole tehty kovin monta.

Tässä työssä on kuitenkin tarkasteltu Kehärata- ja Seinäjoki–Kaskinen-hankkeiden ratasuunnitelmavaiheen tarjouspyyntöjä sekä Kehäradan ratasuunnitelman suunnitelmaselostusta. Seinäjoki–Kaskinen-ratasuunnitelma ei ole vielä kokonaisuudessaan hyväksytty, joten sen suunnitelmaselostusta ei ollut mahdollista saada tähän työhön materiaaliksi. Vain Seinäjoki–Kaskinen-hankkeen tarjoukset saatiin tarkasteluun, koska Kehäradasta esitetyt tarjoukset on jätetty yli kaksi vuotta sitten, ja Liikennevirasto säilyttää tarjouksia vain kahden vuoden ajan. Seinäjoki–Kaskinen-hankkeessa on kuitenkin muistettava, että ratasuunnitelma tehdään rakentamissuunnitelmatarkkuuteen.

3.5.2 Ratasuunnitelman tarjouspyyntö

Kehäradan tarjouspyyntökirjeessä ei erikseen mainita päälysrakennesuunnittelua, vaan viitataan tekniseen työohjelmaan sisällön suhteen. Työohjelmassa sen sijaan mainitaan

ratasuunnittelussa, että yksi sen tehtävistä on päällysrakenteen määrittely. Tarjouspyyntökirjeen liitteenä tullessa Kehäradan yleissuunnitelman osittaisessa suunnitelmaselostuksessa ei myöskään mainita päällysrakennetta ollenkaan.

Päällysrakenteesta mainitaan tarkemmin vasta suunnitteluperusteissa. Siellä esitetään, että rataluokka on D, mitoittava akselipaino 25 t sekä suurin sallittava nopeus 100 km/h. Päällysrakenteena käytetään uusia 60 E1 -kiskoja, uusia B97- tai BP99-tyyppisiä betoniratapölkkyjä, Skl 14 -kiinnityksiä ja lujuusluokan R1/R2 raidesepeleitä. Kiskot hitsataan jatkuviksi ja ratapölkkyjen lukumäärän on oltava 1640 kpl/km. Vaihteina käytetään YV60–900–1:18-, YV60–900–1:15,5- ja YV60–300–1:9-vaihteita.

Seinäjoki–Kaskinen-hankkeen tarjouspyyntökirjeessä viitataan myös suunnitteluohjelmaan. Suunnitteluohjelmassa esitetään rataosan nykyinen suurin sallittu nopeus, päällysrakenneluokka ja kunnossapitotaso. Siinä mainitaan myös tavoitteesta nostaa 22,5 t tavaraliikenteen suurimmaksi sallituksi nopeudeksi 80 km/h. Työn sisällössä mainitaan päällysrakenteen suunnittelusta suunnitteluperusteiden mukaisesti.

Suunnitteluperusteissa annetaan nykyisestä tilanteesta tarkempi kuvaus. Nopeuden, päällysrakenneluokan ja kunnossapitotason lisäksi siinä on esitetty nykyisen radan käytettävät akselipainot, kiskopainot, kiskonkiinnitykset sekä tukikerroksen laatu. Dokumentissa on suunnittelun tavoitteista mainittu nopeuden ja käytettävän akselipainon lisäksi käytettävä kiskopaino, pääraiteen jatkuvaksihitsaaminen, betoniratapölkkyjen käyttäminen, tukikerroksen paksuus- ja laatuvaatimukset sekä vaihteiden tyypit.

3.5.3 Ratasuunnitelman tarjoukset

Seinäjoki–Kaskinen-hankkeesta on tarkasteltu neljää eri tarjousta. Tarjousten päällysrakennesuunnittelun kannalta tärkein osa oli projektisuunnitelma.

Ensimmäisessä tarjouksessa projektisuunnitelman päällysrakennesuunnittelussa on käyty läpi hyvin tarkasti suunnitteluperusteissa esitettyjä vaatimuksia päällysrakenteelle. Tavoitenopeus, -akselipaino ja päällysrakenneluokka sekä tukikerrosmateriaali, -paksuus, käytettävät kiskopainot ja vaihdetyypit on esitetty projektisuunnitelmassa. Näiden lisäksi mainitaan kiskojen, pölkkyjen, vaihteiden ja tukikerroksen uusimisesta, sivuraiteiden korkeusviivan huomioimisesta suunnittelussa sekä suunnittelun toteuttamisen

suunnitteluperusteiden ja Ratateknisten ohjeiden mukaisesti. Näiden kaikkien ominaisuuksien ja vaatimusten esittäminen sai tarjouksen vaikuttamaan erittäin ammattimaiselta päällysrakennesuunnittelun osalta.

Toisessa tarjouksessa päällysrakennesuunnittelua ei esitetty juuri ollenkaan. Ainoa maininta oli, että päällysrakennesuunnittelu toteutetaan suunnitteluohjelman mukaisesti.

Kolmannessa tarjouksessa oli projektisuunnitelmassa esitetty radan nykyinen päällysrakenne erittäin tarkasti. Suunnitelmassa oli yksityiskohtaiset tiedot akselipainoista, nopeuksista ja kiskopainoista sekä kiskonkiinnitystyypeistä, tukikerrosmateriaalista ja päällysrakenne- sekä kunnossapitoluokista. Suunniteltavan päällysrakenteen ominaisuudet on sen sijaan esitetty hyvin suppeasti. Vain suunniteltava tukikerros-paksuus, mitoitusakselipaino ja -nopeus on mainittu, mikä laskee ammattimaisuuden tasoa.

Neljäs tarjous on panostanut päällysrakennesuunnittelun läpikäymiseen hyvin vähän. Projektisuunnitelman Ratasuunnitelma-kohdassa on esitetty tukikerroksen paksuuteen tehtävät muutokset ja uudet vaihdetyypit, mistä saa kuvan, ettei päällysrakennesuunnitteluun ole paneuduttu kunnolla. Tämä tarjous oli kuitenkin voittanut tarjouskilpailun.

3.5.4 Ratasuunnitelman suunnitelmaselostus

Kehäradan suunnitelmaselostuksessa on esitetty päällysrakennetietoja yllättävän niukasti. Päällysrakennetiedoissa on esitetty vain käytettävä kiskopaino, tukikerrosmateriaali, käytettävien vaihteiden tyypit sekä betoniratapölkkyjen käyttö, muttei pölkkytyyppejä. Myöhemmin selostuksessa on esitetty tukikerroksen paksuus radan eri osissa.

3.6 Päällysrakennesuunnittelun rooli rakentamissuunnitelmassa

3.6.1 Yleistä rakentamissuunnitelmasta

Rakentamissuunnitelma on yksityiskohtainen suunnitelma radasta. Suunnitelmassa esitetään työn lopputulos ja toteutustapa.

Rakentamissuunnitelmavaiheessa tulisi B20 Radan suunnitteluohjeen mukaan tehdä lopullinen radan päällysrakenteiden määrittely. Tuloksena laaditaan lopulliset päällysrakenteen materiaaliuettelot sekä tarvittaessa ja erikseen sovittaessa päällysrakenteen työkohtainen työselitys. [14.]

Tässä työssä on tarkasteltu Kehäradan rakentamissuunnitelman tarjouspyyntöä sen suunnitteluperusteiden osalta sekä Keravan kaupunkirata -hankkeen ja Lahti–Luumäki palvelutason parantaminen -hankkeen Kaipiaisien liikennepaikan päällysrakenteen työkohtaisia työselityksiä. Keravan kaupunkiradasta tehty päällysrakenteen työkohtainen työselitys oli ensimmäinen Suomessa päällysrakenteesta tehty työkohtainen työselitys. D12 Päällysrakennetöiden yleinen työselitys ilmestyi vasta vuonna 2004 ja se tehtiinkin pohjautuen Keravan kaupunkiradan työselitykseen. Hankkeiden tarjouksia ja lopullisia rakentamissuunnitelmapiirustuksia ja -tekstejä ei saatu tämän työn tarkasteluun mukaan organisaatiollisten ongelmien vuoksi.

3.6.2 Rakentamissuunnitelman tarjouspyyntö

Kehäradan suunnitteluperusteissa esitetään päällysrakenteen vaatimukset tarkasti. Siellä luetellaan, että rataluokka on D, mitoittava akselipaino 25 t sekä suurin sallittava nopeus 100 km/h. Päällysrakenteena käytetään uusia 60 E1 -kiskoja, uusia B97- tai BP99-tyyppisiä betoniratapölkkyjä, Skl 14 -kiinnityksiä ja lujuusluokan R1/R2 raidesepeleitä. Kiskot hitsataan jatkuviksi ja ratapölkkyjen lukumäärän on oltava 1640 kpl/km. Vaihteina käytetään YV60–900–1:18-, YV60–900–1:15,5- ja YV60–300–1:9-vaihteita.

Edellä luetellut vaatimukset on esitetty jo ratasuunnitelmavaiheen tarjouspyyntöaineistossa olleissa suunnitteluperusteissa. Ainoa uusi lisäys rakentamissuunnitelmavaiheen päällysrakenteen suunnitteluperusteisiin on pohjaimien käytön määrittelemine rata-pölkkyissä.

3.6.3 Päällysrakennetöiden yleinen työselitys

Liikennevirasto on laatinut päällysrakennetöissä käytettävän julkaisun D16 Päällysrakennetöiden yleinen työselitys (PYL). Muita työselitykseen liittyviä julkaisuja ovat D8 Päällysrakennetöiden yleinen työselitys (PYL) osa 2: raidetyöt ja D5 Päällysrakennetöi-

den yleinen työselitys (PYL) osa 3: vaihdetyöt. Näitä julkaisuja noudatetaan Liikenneviraston hallinnoimien ratojen päällysrakennetoissa ja niitä täydentävät päällysrakenteen työkohtaiset työselitykset. Työkohtaiset työselitykset ovat tiettyyn työkokonaisuuteen, kuten päällysrakenteeseen, tai työvaiheeseen liittyviä suunnittelijakonsultin laatimia työselityksiä, jotka menevät pätemisjärjestyksessä yleisen työselityksen edelle ja tarkentavat yleistä työselitystä. Työselitykset ovat asiakirjoja, jotka sisältävät vaatimuksia sekä ohjeita urakoitsijalle urakan toteuttamisesta.

Yleisessä työselityksessä esitetään päällysrakennetoiden yleiset vaatimukset ja ohjeet seuraaville osa-alueille:

- Turvallisuusvaatimukset
- Pätevyudet
- Rakentaminen liikenteen alaisella radalla
 - Ennakoilmoitusjärjestelmä
 - Varausmenettely
 - Turvamiesmenettely
 - Liikenteelle luovuttaminen
 - Nopeusrajoitukset
 - Lämpötilasta johtuvat rajoitukset
 - Rakennettavan osuuden kunnossapito
 - Sähkörata ja turvalaitteet
- Tutkimukset ja selvitykset
- Ympäristövaikutukset
 - Katselmukset ja tiedotusveloitteet
 - Maa-ainesten pilaantumisselvitykset
- Geometria
- Laatuvaatimukset ja laadunvalvonta
- Työ- ja laatusuunnitelmien sisältö
- Rakennustöiden yleisjärjestelyt.

Tukikerroksen vaatimuksissa on käsitelty seuraavat osa-alueet:

- Tukikerrosmateriaali
- Tukikerrosmateriaalin käsittely
- Tukikerroksen laatuvaatimukset
- Tukikerroksen rakentaminen
- Tukikerroksen puhdistaminen
- Tukikerroksen vaihto kaivamalla.

Yleisessä työselityksessä on vielä esitetty vaatimukset raiteelle seuraavilla osa-alueilla:

- Ratapölkkyt
- Kiskot
- Kiskojen kiinnittäminen
- Kiskon jatkosovitukset
- Raiteen rakentaminen ja uusiminen
- Vaihteiden asentaminen
- Jatkuvaksihitsaus.

Tarkennetut lisävaatimukset raidetoille löytyvät julkaisusta D8 Päälysrakennetöiden yleinen työselitys (PYL) osa 2: raidetyöt ja vaihdetoille julkaisusta D5 Päälysrakennetöiden yleinen työselitys (PYL) osa 3: vaihdetyöt. [15.]

3.6.4 Päälysrakennetöiden työkohtainen työselitys

Keravan kaupunkirata -hankkeen ja Lahti–Luumäki palvelutason parantaminen -hankkeen Kaipiaisen liikennepaikan päälysrakenteen työkohtaiset työselitykset on jaettu kahteen osaan: yleiseen ja työkohtaiseen/tekniseen osaan. Yleisessä osassa kerrotaan tietoja rakennuskohteesta ja sen nykytilanteesta. Tämän jälkeen on esitetty rakennustyöhön liittyvät vaatimukset. Rakennustyöosiossa on eniten eroja työselitysten välillä. Kaipiaisen työselityksessä näkyy selvästi yleisen työselityksen vaikutus ja se sisältääkin hieman enemmän informaatiota laajemmalla skaalalla. Kaipiaisen työseli-

tyksessä on esimerkiksi huomioitu ympäristövaatimukset toisin kuin Keravan työselityksessä.

Jälkimmäinen osio on Keravan työselityksessä Työkohtainen osa -otsikon alla, kun Kaipiaisen työselityksessä puhutaan teknisistä vaatimuksista. Sisällöltään osat ovat melko samanlaisia, mutta Kaipiaisen Tekniset vaatimukset -osa noudattaa InfraRYL 2006 osa 1 väylät ja alueet -julkaisun otsikointia ja jäsenystä. Kaikki tarvittavat vaatimukset on esitetty InfraRYL:n otsikoinnin avulla samassa asiayhteydessä.

Kokonaisuutta tarkasteltaessa sisällöllisiä eroja työselityksillä ei kovin paljoa ole edellä mainittuja lukuun ottamatta. Suurin ero on tiedon jäsentelyssä, joka on selkeytynyt yleisen työselityksen julkaisun jälkeen.

Liitteessä 2 luetellaan työkohtaisessa työselityksessä tarkennettavat asiat.

4 Radan päällysrakenteen mitoitus

4.1 Yleistä radan päällysrakenteen mitoituksesta

Radan päällysrakenteen mitoituksen lähtöarvot saadaan esisuunnitteluvaiheessa lukkoon lyödyistä parametreista. Tarvittavat parametrit ovat liikkuvan kaluston suurin sallittu akselipaino ja nopeus. Usein suunnitteluperusteissa on kuitenkin annettu jo pidemmälle vietyjä parametreja.

4.2 Radan päällysrakenteeseen kohdistuvat kuormat

Esisuunnittelun parametrit määrittelevät radan mitoitusta ohjaavan radan päällysrakenneluokan. Päällysrakenneluokka määritellään taulukon 5 perusteella.

Taulukko 5. Suurin sallittu akselipaino, nopeus ja pyöräkuorma päällysrakenneluokille.

Päällysrakenneluokka	Päällysrakenne			Matkustajajunan suurin sallittu nopeus (km/h)	Tavarajunan suurin sallittu		Suurin dynaaminen pyöräkuorma (kN)
	Kiskot	Ratapölkkyt	Tukikerros		Akselipaino (t)	Nopeus (km/h)	
A	K30, K33	Puu	Raide-sora	70	16	50	100
B ₁	K43, 54 E1, K60, 60 E1	Puu	Raide-sora	100	16 20 22,5	100 60 50	140
B ₂	K43, K60	Puu tai betoni	Raide-sepeli	110	16 20 22,5	100 60 50	150
C ₁	54 E1	Puu tai betoni (ennen 1987)	Raide-sepeli	160 (puurata-pölkkyt), 180 (betonirata-pölkkyt)	20 22,5 25	120 100 60	170
C ₂	54 E1	Betoni (1987 jälkeen)	Raide-sepeli	200	20 22,5 25	120 100 80	185
D	60 E1	Betoni	Raide-sepeli	220	20 22,5 25	120 100 100	200

Taulukossa on esitetty myös päällysrakenneluokan mukainen suurin sallittu pyöräkuorma ja sallitut kiskopainot sekä ratapölkky- ja tukikerrosmateriaalit. Radan päällysrakenteeseen kohdistuvista kuormista kerrotaan tarkemmin Ratateknisten määräysten ja ohjeiden osan 11 Radan päällysrakenne luvussa 11.3.1. [1.]

4.3 Raiteen mitoitus

Raiteen mitoituksessa otetaan huomioon raiteeseen kohdistuvat pystysuorat kuormat sekä pitkittäiskuormat. Kun raidetta mitoitetaan pystysuorien kuormien perusteella, merkittävin mitoittava tekijä on kiskon jalkaan kohdistuvat jännitykset (taulukko 6).

Taulukko 6. Sallitut suurimmat staattiset akselipainot eri päällysrakenteille.

Kisko paino	2-akselinen tavaravaunu						Neliakselinen henkilövaunu			
	Suurin sallittu		Suurin sallittu		Suurin sallittu		Suurin sallittu		Suurin sallittu	
	akse- lipai- no (kN)	nope- us (km/h)	akse- lipai- no (kN)	nope- us (km/h)	akse- lipai- no (kN)	nopeus (km/h)	akse- lipai- no (kN)	nope- us (km/h)	akse- lipai- no (kN)	nopeus (km/h)
K30	225	20	200	40	160	50	180	50	160	70
K33	225	20	200	40	-	-	180	50	-	-
K43	250	10	225	50	200	60	200	80	180	100
K43S	250	20	225	80	200	90	200	100	180	110
K60	250	30	225	50	-	-	200	50	-	-
54 E1	250	80	225	120	200	160	200	160	180	200
60 E1	250	100	225	140	200	200	200	200	180	250

Huomioon on myös otettava kiskon ratapölkkyyn kohdistama kuormitus, jonka mää-
rääviä tekijöitä ovat liikkuvan kaluston nopeus, akselipaino ja metripaino (taulukko 7).

Taulukko 7. Ratapölkkyille sallitut suurimmat nopeudet ja akselipainot.

Nopeus (km/h)	Suurin akselipaino (t)								
	B75 ja vanhemmat	B86	B88, BP89, B97, BP99			Puupölkky			
	54 E1	54 E1	K43	54 E1	60 E1	K30	K43	54 E1	60 E1
250	-	-	-	-	200	-	-	-	-
240	-	-	-	-	205	-	-	-	-
230	-	-	-	-	205	-	-	-	-
220	-	-	-	-	210	-	-	-	-
210	-	-	-	-	210	-	-	-	-
200	190	200	-	200	215	-	-	-	-
190	195	205	-	205	220	-	-	-	-
180	195	205	-	205	220	-	-	-	-
170	200	210	-	210	225	-	-	-	-
160	205	215	-	215	230	-	-	205	215
150	205	215	-	215	230	-	-	205	215
140	210	220	-	220	235	-	-	210	220
130	215	225	-	225	240	-	-	215	225
120	215	225	215	225	240	-	205	215	225
110	220	230	215	230	245	-	210	220	230
100	225	235	220	235	250	-	215	225	235
90	225	240	225	240	255	100	220	225	240
80	230	250	230	250	260	120	225	230	250
70	235	250	230	250	265	160	230	240	260
60	250	255	235	255	265	180	235	250	265
50	-	-	-	-	-	200	235	250	265
40	-	-	-	-	-	200	240	255	265
30	-	-	-	-	-	210	245	260	265
20	-	-	-	-	-	225	250	265	265

Raiteen mitoituksessa ja käytössä on myös huomioitava pitkän aikavälin tavoitteet junien nopeuksille sekä akselipainoille.

Pitkittäiskuormien perusteella mitoittaessa huomioidaan raiteessa syntyvät lämpövoimat, junan jarrutuksen tai kiihdytyksen sekä mäen nousun aiheuttamat voimat ja kuluvastus. Raiteen mitoitus on käyty tarkemmin läpi Ratateknisten määräysten ja ohjeiden osan 11 Radan päällysrakenne luvussa 11.3.3. [1.]

4.4 Tukikerroksen mitoitus

Tukikerros mitoitetaan sallitun nopeuden, kiskonpituuden sekä tukikerrosmateriaalin ja ratapölkkytyypin perusteella. Tukikerroksen paksuus mitataan korkeusviivatasosta alaspäin. Tukikerros mitoitetaan pääasiassa taulukon 8 mukaan.

Taulukko 8. Tukikerroksen mitoitusperusteet [1, s. 17].

Raiteen ja tukikerroksen tyyppi			Tukikerroksen paksuus	Tukikerroksen leveys pölkyn päiden ulkopuolella
Jk-raide ja rai-desepeli	$V \leq 160$ km/h	linja	450 mm (puuratapölkkyt)	400 mm (palle, ei kuitenkaan raiteiden välissä tai kun raide rajoittuu kiinteään esteeseen tai kun $V \leq 120$ km/h)
			550 mm (betoniratapölkkyt)	
		vaihde	550 mm	400mm (ei palletta)
	$V > 160$ km/h	linja	550 mm (betoniratapölkkyt)	500 mm (palle, ei kuitenkaan raiteiden välissä tai kun raide rajoittuu kiinteään esteeseen)
	vaihde	550 mm	500 mm (ei palletta)	
Pk-raide ja rai-desepeli	linja		350 mm (puuratapölkkyt)	300 mm (ei palletta)
			450 mm (puuratapölkkyt)	400 mm (ei palletta)
			550 mm (betoniratapölkkyt)	
	vaihde		550 mm	400 mm (ei palletta)
Lk-raide ja rai-desepeli	linja		350 mm (puuratapölkkyt)	300 mm (ei palletta)
			450 mm (puuratapölkkyt)	
			550 mm (betoniratapölkkyt)	
	vaihde		550 mm	300 mm (ei palletta)
Lk-raide ja rai-desora	linja		450 mm	600 mm (ei palletta)
	vaihde		550 mm	600 mm (ei palletta)

Tukikerroksen mitoitus on käyty tarkemmin läpi Ratateknisten määräysten ja ohjeiden osan 11 Radan päällysrakenne luvussa 11.3.4. [1.]

4.5 Esimerkki mitoituksesta

Esimerkkitapauksessa kuvitellaan ratalinjan liikennekapasiteetin parantaminen. Esi-suunnittelussa on tavoiteakselipaino suunniteltu nostettavaksi 25 t sekä tavoitenopeus 200 km/h. Tavoiteakselipaino on yleensä tavarajunan suurin sallittu akselipaino ja tavoitenopeus matkustajajunan suurin sallittu nopeus.

Mitoituksen ensimmäisessä vaiheessa on tarkasteltava taulukkoa 5. Siitä nähdään, että mahdolliset päällysrakenneluokat ovat C₂ ja D. Määrääväksi tekijäksi nousee tavaraliikenteen tavoitenopeus, joka on selvitettävä tilaajalta. Päällysrakenneluokassa C₂ tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus akselipainolla 25 t on 80 km/h ja luokassa D 100 km/h. Kuvitellaan, että ratalinjasta suunnitellaan vilkasliikenteistä, jolloin tilaaja varmastiikin vaatisi tavaraliikenteelle suurimmaksi nopeudeksi 100 km/h. Näin ollen päällysrakenneluokka on D.

Seuraavassa vaiheessa määritellään kiskopaino. Tämä saadaan selville taulukosta 6. Neliakselinen henkilövaunu nopeudella 200 km/h vaatii joko 54 E1 tai 60 E1 -kiskon. Tavaravaunu akselipainolla 250 kN vaatii myös joko 54 E1 tai 60 E1 -kiskon. Tavarajunan suurin sallittu nopeus on taas kiskopainon määrittävässä asemassa. Tavarajuna vaatii nopeudella 100 km/h 60 E1 -kiskon.

Kiskopainon jälkeen määritellään ratapölkkyt. Kiskopainon ollessa 60 E1 käytetään aina normaalitapauksissa betoniratapölkkyjä. Puuratapölkkyjä käytetään, jos sepelitukikerros on erityisen huono, raiteessa on epätasaisia painumia tai stabiliteettiongelmia. Oletetaan kuitenkin, että rataosuuden tukikerros on hyvälaatuista. Taulukosta 7 havaitaan, että tavarajunan suunnitelluilla akselipainolla ja nopeudella on käytettävä B88-, BP89-, B97- tai BP99-pölkkyjä. Taulukosta 1 nähdään, että B88-betoniratapölkkyjä ei ole suositeltavaa käyttää, koska pölkkytyyppi on poistumasta käytöstä eikä sitä hankita uuteena.

Kun ratapölkkyt on määritelty, kiskonkiinnitystapa määräytyy sen mukaan. Taulukosta 1 huomataan, että BP89-betoniratapölkky tarvitsee Pandrol e -kiskonkiinnityksen ja B97 sekä BP99 Vossloh Skl 14 -kiinnityksen. Näin on raiteen rakenteet määritelty.

Tukikerros määritellään taulukon 8 perusteella. Siitä nähdään, että yli 160 km/h nopeudella tukikerroksen paksuus on oltava 550 mm niin linjalla kuin vaihteenkin kohdalla. Materiaaliksi vaaditaan raidesepeä. Tukikerroksen leveys pölkyn päiden ulkopuolella on oltava 500 mm linjalla ja vaihteen kohdalla.

Ratalinjalle siis mitoitetaan tavoiteakselipainolla 25 t, henkilöjunan tavoitenopeudella 200 km/h ja tavarajunan tavoitenopeudella 100 km/h tukikerros, joka on 550 mm paksu ja ulottuu pölkyn päistä 500 mm ulospäin. Päälysrakenneluokka on D, kiskopainoksi vaaditaan 60 E1, ratapölkkyt ovat joko BP89-, B97- tai BP99-tyyppisiä Pandrol e- tai Vossloh Skl 14 -kiskonkiinnityksillä.

5 Yhteenveto

5.1 Johtopäätökset

5.1.1 Yleistä johtopäätöksistä

Tässä työssä esitettävät johtopäätökset perustuvat pitkälti tarkastelluista rautatiehankkeiden tarjouspyyntö-, tarjous- ja suunnitteludokumenteista sekä virallisista suunnitteluohjeista tehtyihin havaintoihin. Johtopäätöksiin ovat myös vaikuttaneet Liikenneviraston ja FINNMAP Infran asiantuntijoiden kanssa käydyt keskustelut ja heille tehdyt haastattelut.

5.1.2 Päälysrakennesuunnittelun tarkkuus

Insinöörityön tutkimuksen perusteella päälysrakenteen tekniset ominaisuudet on jo esisuunnitteluvaiheessa määritelty melko tarkasti. Tämä oli odotettavissa, koska tavoiteakselipainolla ja -nopeudella saadaan mitoitettua päälysrakennetta hyvin pitkälle aina ratapölkkytyyppeihin asti.

Esisuunnittelussa oli kirjattu yleissuunnitelman tarjouspyynnön suunnitteluperusteisiin tavoiteakselipaino ja -nopeus, kiskopainot ja -pituudet sekä vaihdetyypit. Kun välissä on tehty alustava yleissuunnitelma, oli edellisten ominaisuuksien lisäksi esitetty pölkkytys yleisesti ja tukikerrosmateriaali. Ratasuunnitelmassa ominaisuuksista tulee lisää ratapölkky- ja mahdollisesti myös kiskonkiinnitystyyppit. Rakentamissuunnitelmassa tarkennetaan päälysrakenne lopullisesti aina kiskonkiinnityksiin asti. Missään ei kuitenkaan ole ilmoitettu, mihin tarkkuuteen missäkin suunnitelmavaiheessa päälysrakenne on esitettävä.

Tarjouksessa ei sen sijaan tarvitse esittää haluttaessa päälysrakennesuunnittelua ollelleenkaan. Sen havainnollistaminen näkyy kuitenkin suunnittelutyöhön paneutumisena ja ammattimaisuutena. Yleisesti ottaen tarjouksessa, jossa on hyvin tehty päälysrakennesuunnitteluosio, on kiinnitetty huomiota myös muihin ratasuunnittelun osa-alueisiin, joten pelkästään päälysrakennesuunnitteluun keskittyminen ei tietenkään tee tarjouksesta automaattisesti muita parempaa. Ratasuunnittelun eri osa-alueita on hyvä tarkas-

tella tarjouksessa sovittaen suunnitteluohjelman ja suunnitteluperusteiden tietoja yhteen mielekkäällä tavalla. Näin tarkastelluissa tarjouksissa oli luotu asiantunteva kuva suunnittelusta.

5.1.3 Työkohtaiset työselitykset

Työkohtaisten työselityksien rakenteet eivät ole ohjeilla määrättyjä tai yhtenäisiä. Kai-piaisen liikennepaikan päällysrakenteen työkohtaisessa työselityksessä on hyvä ja sel-keä runko, jota on varmasti edullista käyttää esimerkkinä.

Työselitys jakautuu yleiseen ja tekniseen osaan. Yleisessä osassa esitetään esimerkiksi tietoja rakentamiskohteesta ja sen nykyisestä tilanteesta sekä D 16 Päällysrakennetöi-den yleisessä työselityksessä mainittuja tarkennuksia tarvitsevia tietoja. Otsikointina on sopivaa käyttää D 16 mukaista otsikointia.

Teknisessä osassa esitetään työn tekniset vaatimukset. InfraRYL 2010 otsikoinnin ja jäsentelyn noudattaminen tekevät teknisestä osasta selkeän ja helppolukuisen, joten se on suositeltavaa. Työselityksessä on muistettava tarkentaa tarvittavat Päällysrakenne-töiden yleisessä työselityksessä sekä Päällysrakennetöiden yleisten laatuvaatimusten osissa 2 ja 3 mainitut tiedot.

5.2 Jatkotoimenpiteet

Tämän insinööriyön jälkeen tutkimusta voidaan laajentaa metro- ja raitioliikenteen päällysrakennesuunnitteluun sekä tarkentaa korjaushankkeiden osalta. Nämä suunnit-telualueilla tuovat radan päällysrakennesuunnitteluun uusia piirteitä, joita ei tässä insi-nööriyössä ole tarkasteltu.

Liikennevirastoa voidaan lähestyä päällysrakennesuunnittelun tarkkuutta koskien. Olisi hyvä tutkia mahdollisuuksia yhtenäisen linjan asettamiselle päällysrakenteen suhteen aina tietyn suunnitteluvaiheen kohdalla. Näin varmistettaisiin, että kaikki konsultit ovat samassa lähtötilanteessa, ja vähennettäisiin tilaajan ja konsultin välistä turhaa vuoro-vaikutusta.

Suunnitelmien arkistoisessa ja saatavuudessa voisi olla myös kehittämistä. Suunnitelma-aineisto on välillä monen välikäden takana eikä suunnitelmien jakaminen ole sulavan nopeaa. Samoja suunnitelmia voi joutua myös keräämään useammasta paikasta. Nykypäivän väyläsuunnittelussa aikataulut ovat tiukkoja ja kaikki turhaan menetetty aika voi näkyä suunnitelmien laadun paranemisessa.

Melu- ja värinäntorjuntamenetelmien tutkimisen jatkaminen on tärkeää, koska suomalaisessa melun- ja värinäntorjunnassa on vielä kehitettävää. Liikennevirasto tuntuukin panostavan uusien menetelmien tutkimiseen myös jatkossa ja etsii mahdollisia testikohteita.

Ratasuunnittelun koulutusta ja pätevyyttä olisi lisättävä vahvasti Suomessa. Nykyinen työssä tapahtuva oppiminen ja vähäinen korkeakouluissa tapahtuva ratasuunnittelukoulutus heikentävät voimakkaasti suomalaista ratasuunnittelun tasoa, kun isot ikäluokat jäävät eläkkeelle ja heidän paikalleen tulevat nuoret joutuvat aloittamaan melkein tyhjän päältä.

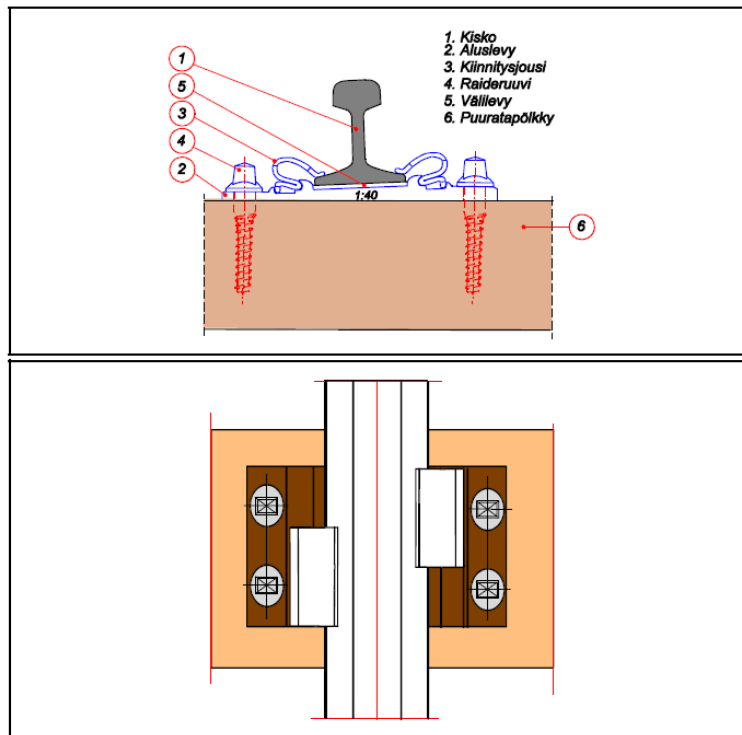
Insinööriyön aikana on myös havaittu muutamia pienempiä epäkohtia. Termien "ratasuunnitelma" ja "ratasuunnittelu" kesken olisi luotava yksiselitteinen ero. Nyt termejä käytetään sekaisin, mikä voi välillä johtaa väärinkäsityksiin. Toinen epäkohta on Rata-tekniikan määräysten ja ohjeiden osassa 11 esiintyvä ristiriita. Dokumentissa esitetään, että pitkäkiskoraiteessa kiskopituus on 25–50 m ja jatkuvakiskoraiteessa yli 300 m, mutta kiskoja pituudella 50–300 m ei ole määritelty. Dokumentti on tällä hetkellä käymässä läpi päivitystä ja uusi versio, Rata-tekniikan ohjeet osa 11, ilmestyy vuoden 2012 aikana. Epäkohdat on todennäköisesti huomioitu uudessa versiossa.

Lähteet

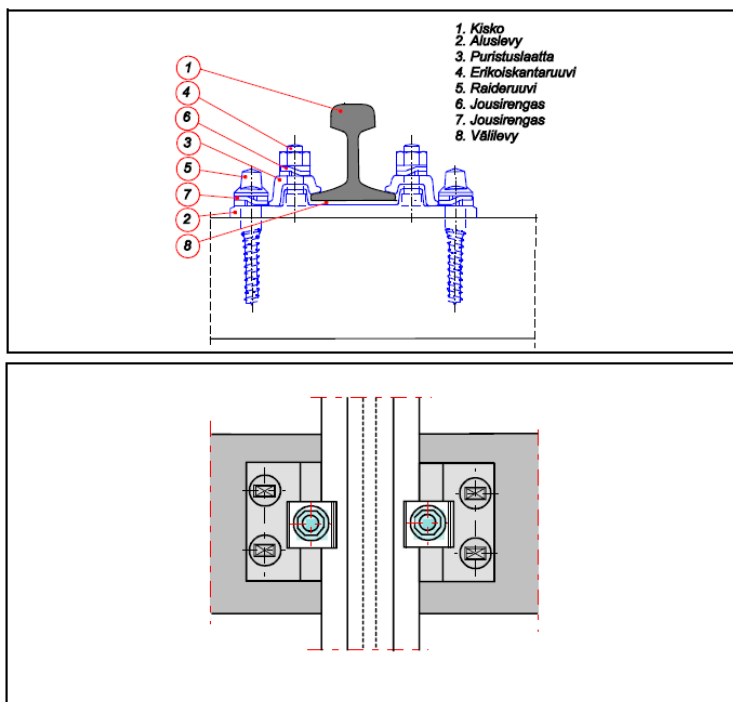
- [1] Ratatekniset määräykset ja ohjeet osa 11 Radan päällysrakenne. 2002. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_11_radan_paallysrakenne.pdf>. Luettu 1.3.2012.
- [2] Perälä, Markus. Parkanon 1. raiteen puupölkky- ja K54-lyhytkisko-raide purettiin. 2004. <<http://vaunut.org/kuva/10950?t=p%25C3%25B6lkyt>>. Luettu 11.4.2012.
- [3] Ratatekniset määräykset ja ohjeet osa 19 Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet. 1998. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_19_jatkuvakiskoraiteet_vaihteet.pdf>. Luettu 11.4.2012.
- [4] PixOnTrax. Fishplate. 2007. <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:StandardjointPennsylvaniaRR.jpg#filelinks>>. Luettu 11.4.2012.
- [5] Nurmikolu, Antti. 2011. Radan tukikerros. Rautatiesuunnittelun erikoisopintojakson kurssimateriaali. Tampereen teknillinen yliopisto.
- [6] Belt, J., Lämsä, V-P., Savolainen, M. & Ehrola, E. 2002. Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto. Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Helsinki: Edita Prima Oy.
- [7] Getzner Werkstoffe. Applications for elastic sleeper pads include vibration isolation, increased track stability, adjustment of track stiffness and reduced rail corrugation. <<http://www.railway-technology.com/contractors/noise/getzner/getzner5.html>>. Luettu 11.4.2012.
- [8] Bartolomä, Johannes. 2011. <[http://www.strail.de/index.php?id=1020&L=1&tx_ttnews\[tt_news\]=519&tx_ttnews\[backPid\]=1018&cHash=609c003aa034ea1d60d52a4f301d302b](http://www.strail.de/index.php?id=1020&L=1&tx_ttnews[tt_news]=519&tx_ttnews[backPid]=1018&cHash=609c003aa034ea1d60d52a4f301d302b)>. Luettu 11.4.2012.
- [9] Liikenneviraston Rakenteet-yksikön päällikkö Tuomo Viitalan haastattelu 3.4.2012 melun- ja tärinätorjunnasta radan päällysrakenteilla.
- [10] Liikenneviraston Ympäristö ja turvallisuus -yksikön melu- ja tärinäasiantuntija Erkki Poikolaisen haastattelu 3.4.2012 melun- ja tärinätorjunnasta radan päällysrakenteilla.

- [11] Liikenneviraston Suunnitteluosaston päällikön Jussi Lindbergin haastattelu 22.2.2012 radan päällysrakennesuunnittelun vaatimuksista.
- [12] Liikenneviraston Rakenteet-yksikön päällikkö Tuomo Viitalan haastattelu 23.2.2012 radan päällysrakennesuunnittelun vaatimuksista.
- [13] Yli-Villamo, Harri. 2011. Rautatiesuunnittelun prosessi. Rautatiesuunnittelun erikoisopintojakson kurssimateriaali. Tampereen teknillinen yliopisto.
- [14] B 20 Radan suunnitteluohje. 2008. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b20_radan_suunnitteluohje.pdf>. Luettu 24.3.2012.
- [15] D 16 Päällysrakennetöiden yleinen työselitys. 2004. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_d16_paallysrakennetoiden_yleinen_tyoselitys.pdf>. Luettu 24.3.2012.
- [16] D 8 Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL) osa 2 Raidetyöt. 2000. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_d8_pyl2 RAIDETYOT.pdf>. Luettu 24.3.2012.
- [17] D 5 Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL) osa 3 Vaihde-työt. 1999. Verkkodokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_d5_pyl3_VAIHDETYOT.pdf>. Luettu 24.3.2012.

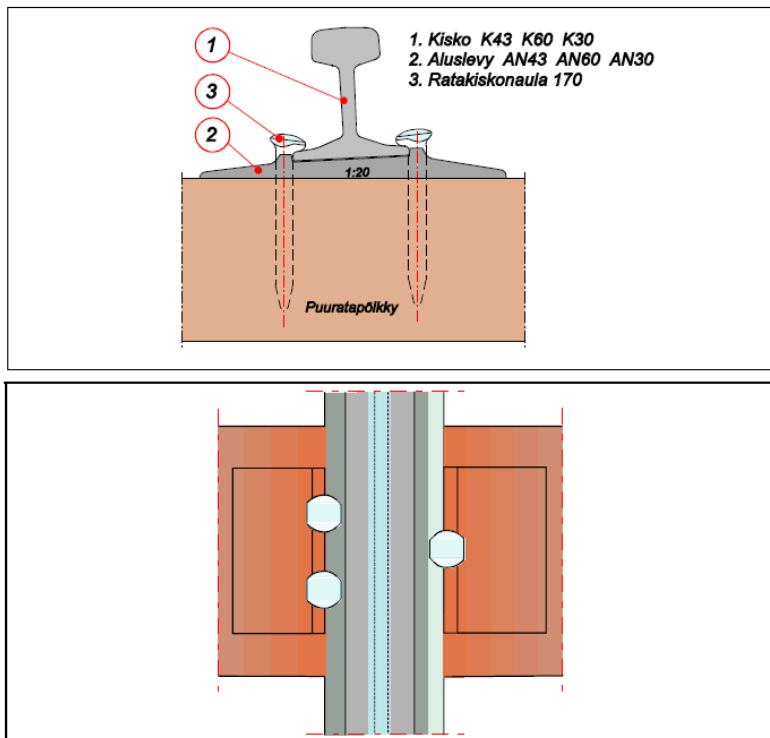
Liite 1. Kiskonkiinnitysten tyypikuvat



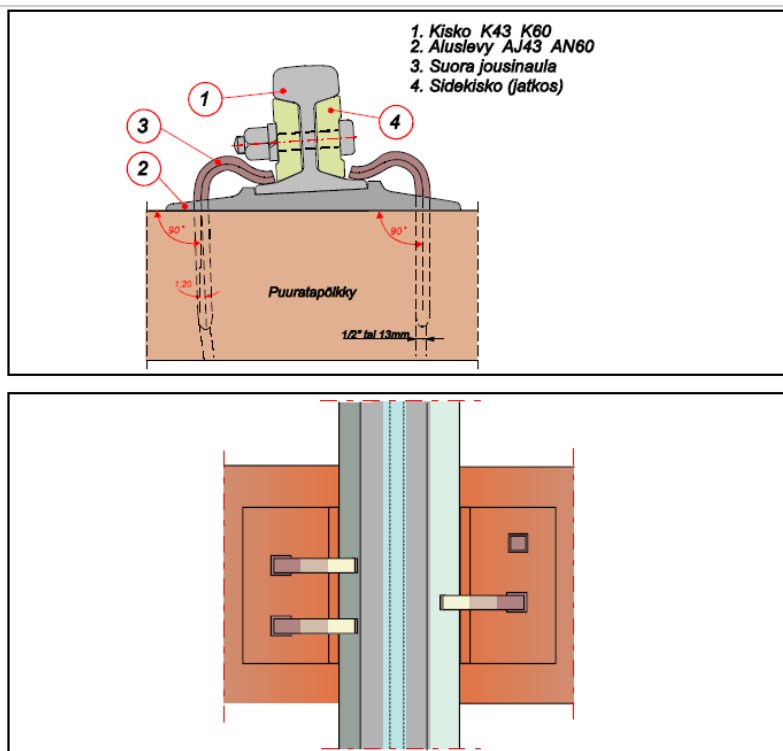
Kuva 1. Jousi- ja ruuvikiinnitys eli Hey-Back-kiinnitys [1, s. 47].



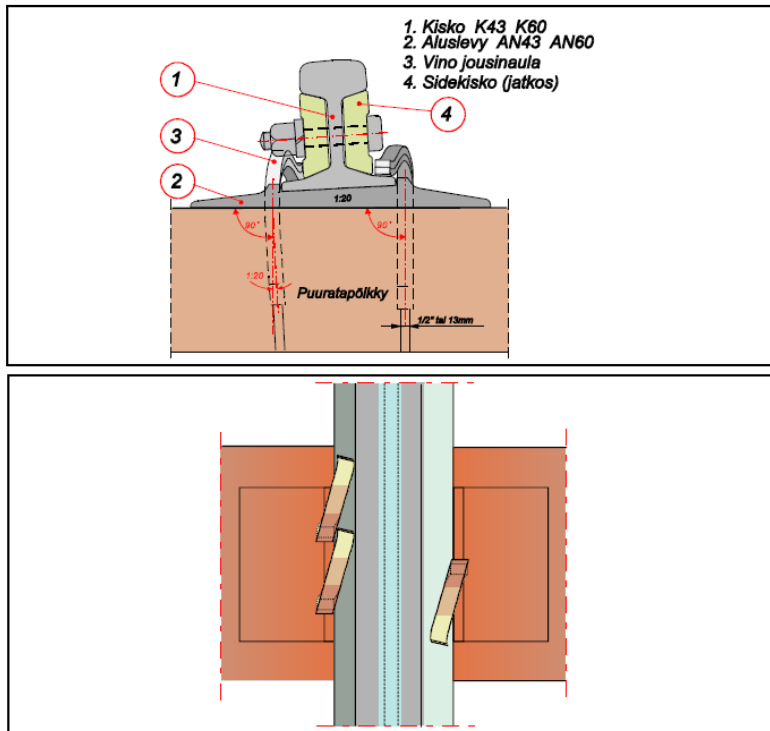
Kuva 2. K-kiinnitys [1, s. 48].



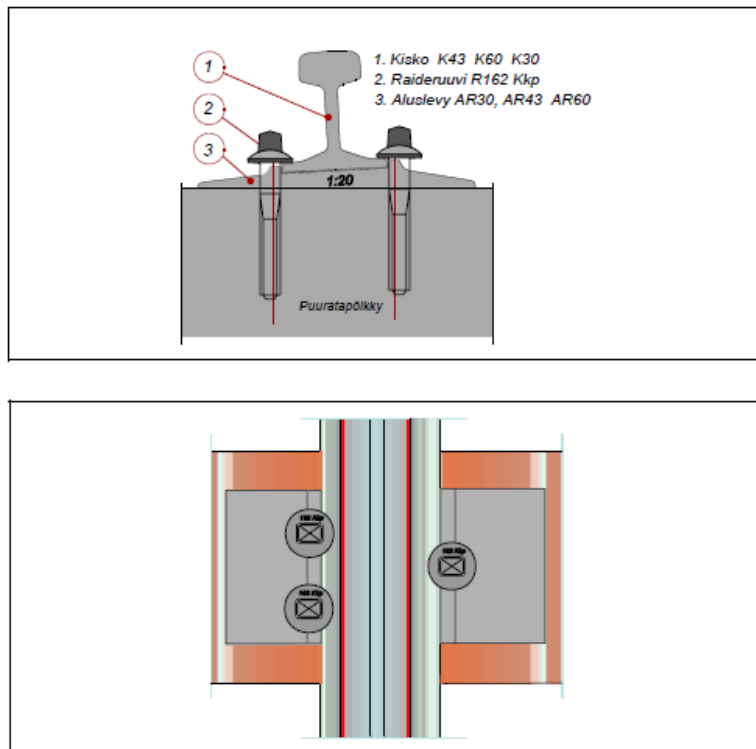
Kuva 3. Ratanaulakiinnitys [1, s. 49].



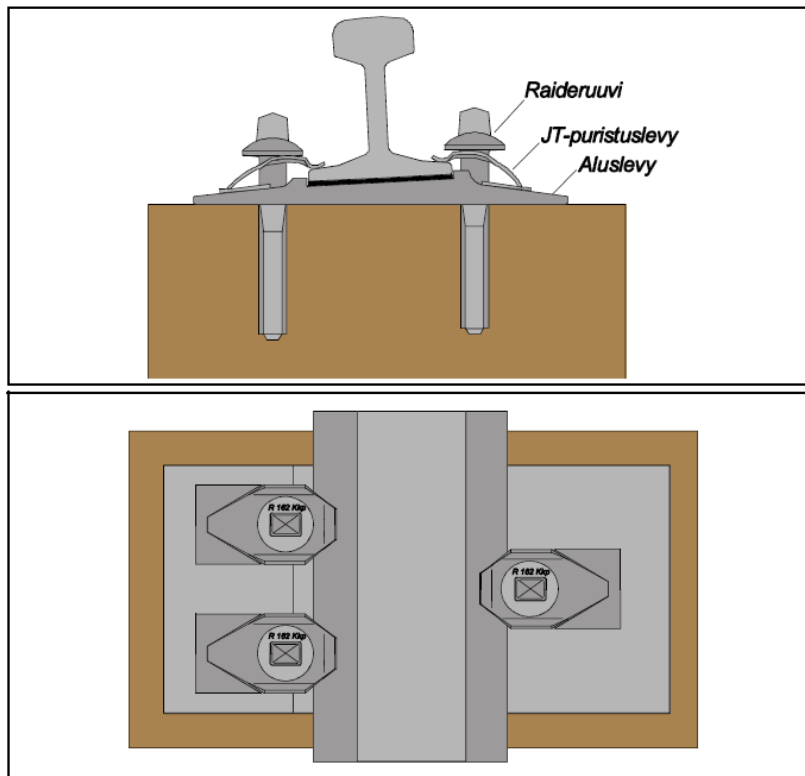
Kuva 4. Suora jousinaulakiinnitys [1, s. 50].



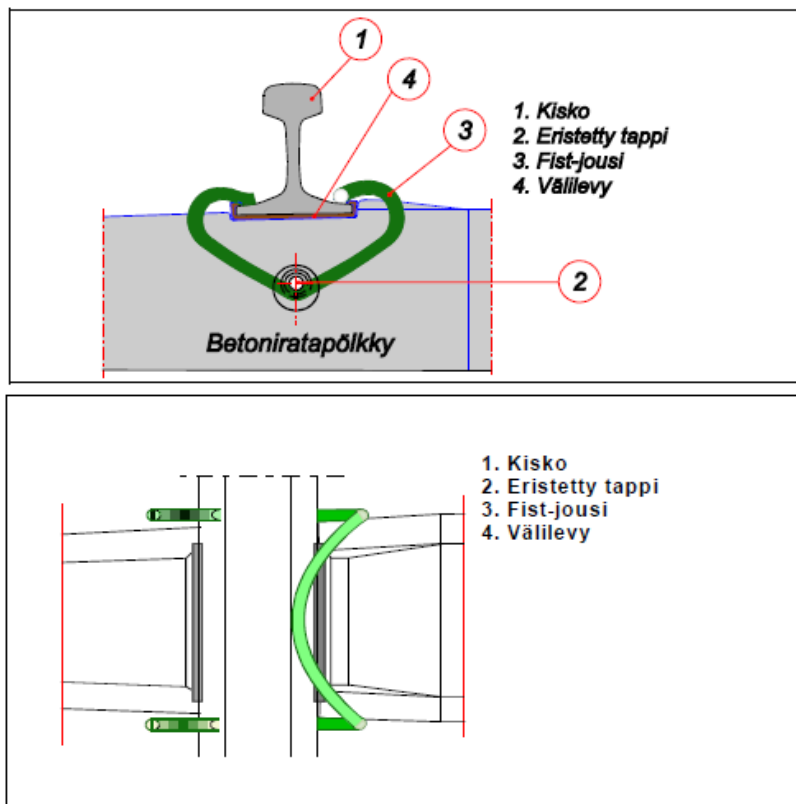
Kuva 5. Vino jousinaulakiinnitys [1, s. 51].



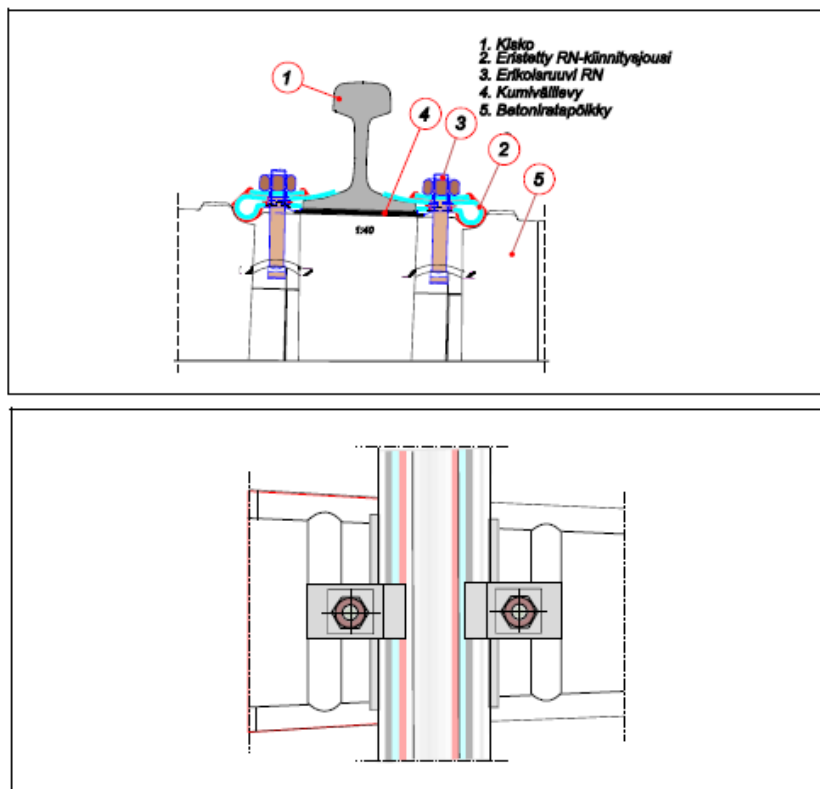
Kuva 6. Suora raideruuvikiinnitys [1, s. 53].



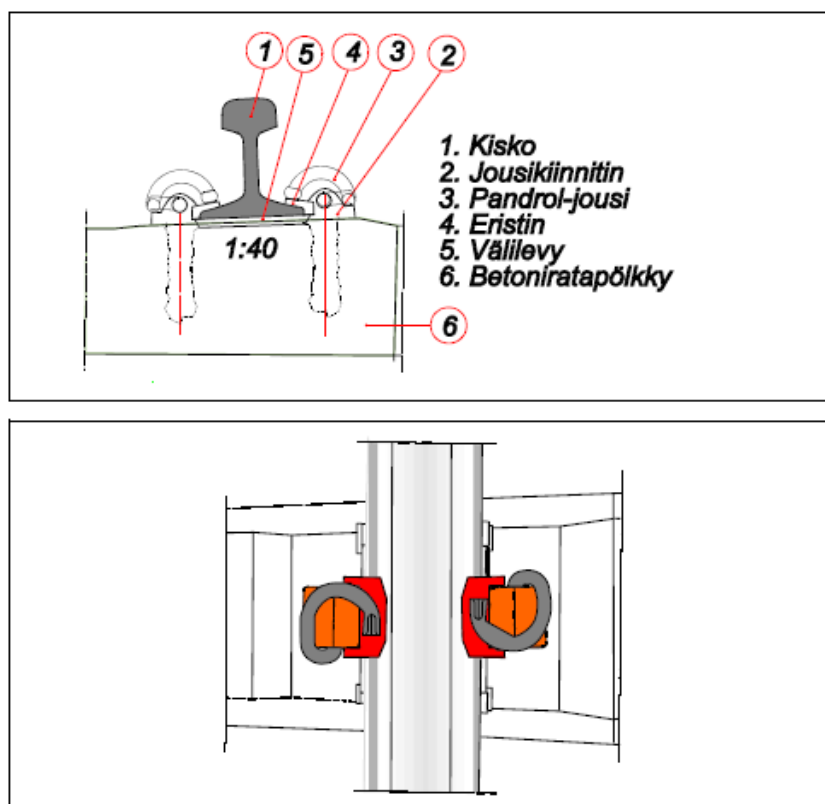
Kuva 7. JT-kiinnitys [1, s. 52].



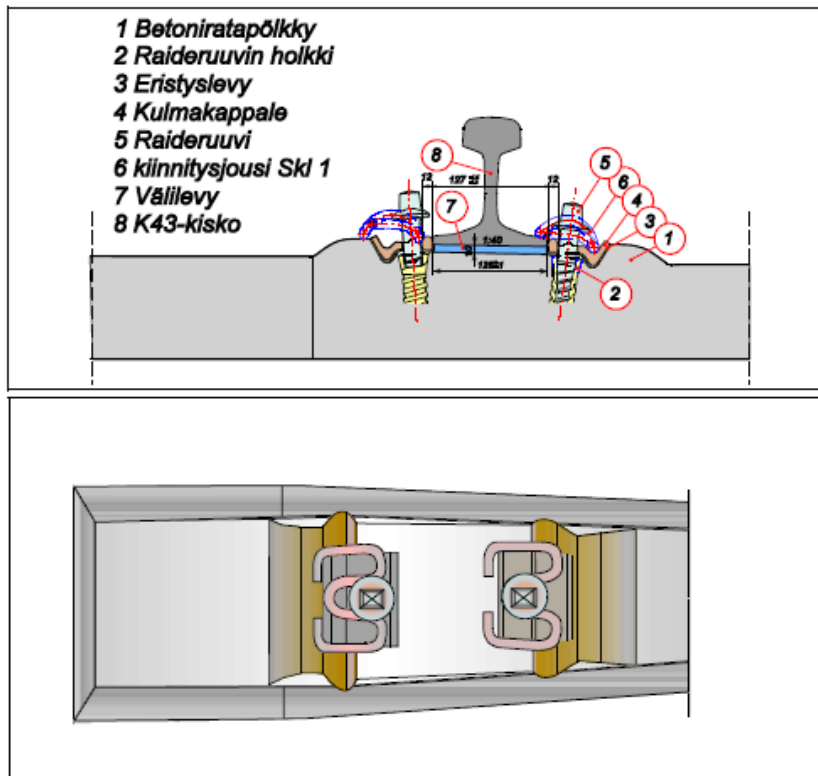
Kuva 8. Fist-kiinnitys [1, s. 56].



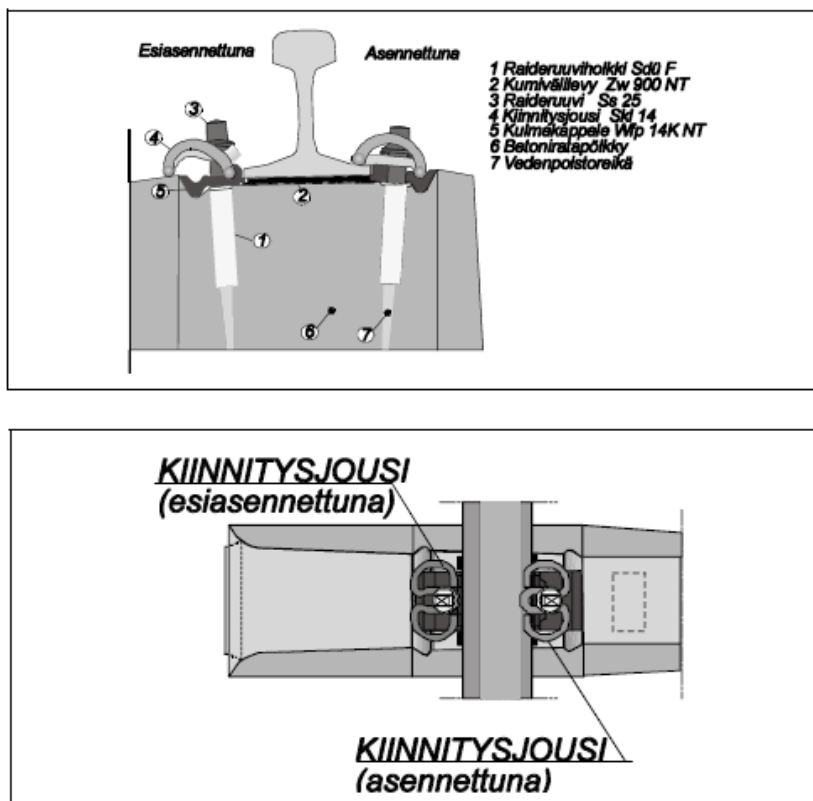
Kuva 9. RN-kiinnitys [1, s. 57].



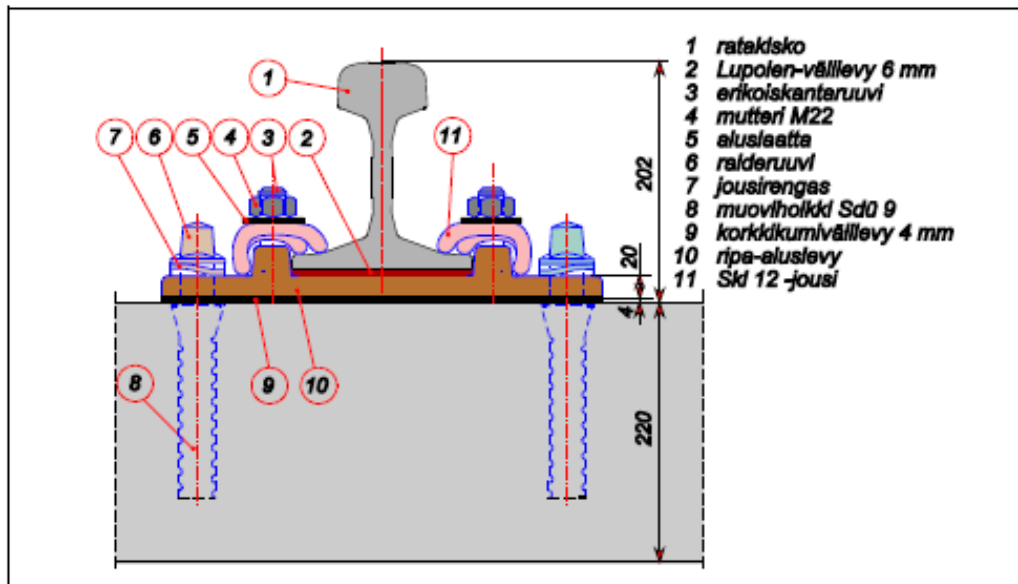
Kuva 10. Pandrol e-clip -kiinnitys [1, s. 58].



Kuva 11. Vossloh SKI 1 -kiinnitys [1, s. 60].



Kuva 12. Vossloh SKI 14 -kiinnitys [1, s. 61].



Kuva 13. Vossloh SKI 12 -kiinnitys [1, s. 54].

Liite 2. Päälysrakennetöiden työkohtaisessa työselityksessä tarkennettavat tiedot

Päälysrakennetöiden yleinen työselitys -julkaisussa [15.] esitetyt raidetoita koskevat tarkennettavat tiedot:

Yleiset vaatimukset ja ohjeet

- Rakentaminen liikenteen alaisella radalla
 - Nopeusrajoitukset
 - Nopeusrajoitusten esittäminen
 - Baliisien poikkeavat etäisyydet nopeusrajoituksen alkamiskohdasta
 - Kiskojen kiinnitysten harventaminen
 - Sähkörata ja turvalaitteet
 - Työalueella käytössä olevat turvajärjestelmät, turvajärjestelmien työnaikaiset ja pysyvät muutokset ja sähkörataan liittyvät asiat
 - Tiedossa olevat jännitekatkotarpeet
 - Muiden ratalaitteiden ja anturien suojaus ja huomioiminen
- Tutkimukset ja selvitykset
 - Päälysrakennetyöhön liittyvät tutkimukset ja selvitykset
- Ympäristövaikutukset
 - Katselmukset ja tiedotusvelvoitteet
 - Katselmustarve
 - Katselmoitavan alueen laajuus
 - Maa-ainesten pilaantumisselvitykset
 - Pilaantuneet maat
- Geometria
 - Käytettävät koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät sekä mittauksien lähtötietoina käytettävät pisteet
- Laatuvaatimukset ja laadunvalvonta
 - Sallitut mitta- ja sijaintipoikkeamat
 - Materiaalien ja työn lopputuloksen vaatimukset
- Rakennustöiden yleisjärjestelyt
 - Työvaiheet
 - Työn pääpiirteiset vaiheistukset

Tukikerros

- Yleistä
 - Tukikerroksen normaalipoikkileikkauksen määrittelyminen
 - Mahdolliset rajoitukset stabilisaattorin käytölle
- Tukikerrosmateriaali
 - Raidesoran laadun määrittelyminen
 - Käytettävän raideseppelin lujuusluokkavaatimus
- Tukikerroksen laatuvaatimukset
 - Tukikerroksen poikkileikkaus
 - Käytettävä tukikerroksen poikkileikkaus
- Tukikerroksen puhdistaminen
 - Routalevyjen käyttö
 - Päälysrakennetyöhön liittyvä routalevyjen käyttö
 - Tukikerroksen täydentäminen
 - Lisäsepelöinnin määrittelyminen
 - Seulontajätteen käsittely
 - Aiemmin routaeristetyin tukikerroksen seulontatapa ja seulontajätteen käsittelyn määrittelyminen
- Tukikerroksen vaihto kaivamalla
 - Kaivujätteen jälkikäsittely
 - Kaivujätteen jälkikäsittelyn määrittelyminen

Raide

- Yleistä
 - Rakentamismenetelmien määrittelyminen
- Ratapölkkyt
 - Ratapölkkyjen käyttö
 - Käytettävät pölkkytyypit ja erikoispölkkyt
- Kiskot
 - Kiskomateriaali
 - Päälysrakennetyössä käytettävät kiskot, kiskopituudet ja kiskojen kierrätys
 - Kiskojen käsittely
 - Sähköistetyllä radalla raiteesta irti olevien kiskojen maadoitustarve
- Kiskojen kiinnittäminen
 - Kiskojen kiinnitysosat
 - Kiinnitystyyppit
 - Kiskojen kiinnittäminen ja raideleveys

- Levityksen käyttökohteiden määrittelyminen
- Kiskon jatkosovitus
- Eristysjatkos
 - Päällysrakennetyössä käytettävät eristysjatkostyytit
- Raiteen rakentaminen ja uusiminen
 - Vanhan raiteen purkaminen
 - Raiteesta vapautuvien pölkkyjen, kiskojen ja kiinnitysosien kierrätyksen määrittelyminen
 - Raiteen koneellinen tukeminen ja oikominen
 - Tukemis- ja oikomiskertojen määrä
 - Tukemis- ja oikomistyön ohjeistaminen geometrisesti epäedullisessa kohdassa
 - Kiskojen ankkurointi
 - Ankkuroinnin ja ankkuroitavien osuuksien määrittelyminen
 - Raiteen erikoisosat
 - Päällysrakennetyöhön liittyvät raiteen erikoisosat ja niiden asentaminen
- Vaihteen asentaminen
 - Työjärjestys
 - Asennusjärjestyksen määrittelyminen
 - Käytettävien vaihteiden tyypit
 - Käytettävien vaihteiden tyyppien määrittelyminen
 - Vaihteen tukikerrostyöt
 - Vaihteen tukikerrokseen liittyvät työt

Päällysrakenteeseen liittyvät työt

- Tasoristeykset
 - Tasoristeyksiin liittyvät työt
- Radan merkit
 - Pysyvien merkkien määrittelyminen

Erikseen Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset osa 2 - raidetyöt -julkaisussa [16.] esitetyt raidetöitä koskevat tarkennettavat tiedot:

Yleiset vaatimukset ja ohjeet

- raiteen geometrian laatuvaatimukset
- raiteen työnaikaiset ja valmiin raiteen nopeusvaatimukset
- raiteen työnaikaiset kunnossapitovaatimukset

- Edeltävät työt
 - poistettavat tai siirrettävät rakenteet, kaapelit ja johdot
 - kiskojen katkaisupituudet
 - radasta poistettavat materiaalit
 - purun yhteydessä syntyvien jätteiden laatu ja käsittely
 - turvalaitteisiin ja kiinteisiin sähkölaitteisiin kohdistuvat työt
 - tukikerroksen ja alusrakenteen nykyinen laatu
 - ankkurointikohdat
 - raiteen kuntoarvio
- Raiteen osien vaihto
 - vaihdettavien komponenttien nimikkeet ja määrät
 - syntyvät jätteet ja niiden käsittely
 - Pölkyn vaihto
 - sähköputki- ja suojakiskopölkkyjen sijainti
 - siirrettävät kaapelit ja turvalaitteet
 - syntyvien jätteiden laatu ja käsittely
 - työnaikainen tasoristeuselementtien poistaminen
 - mittaus- ja tukemissuunnitelma
- Raiteen purku / elementtien poisto
 - poistettavien elementtien pituudet, nostaminen, siirtäminen, varastointi ja uusiokäyttö
 - syntyvät jätteet ja niiden käsittely
- Raiteen asennus
 - asennettavat materiaalit
 - syntyvien jätteiden laatu ja niiden käsittely
 - massanvaihtoalueiden rajat
 - routaeristysalueiden rajat
 - sepelinvaihdon rajat sekä käytettävä raidesepeleluokka
 - rakennettavat johtotiet ja alitukset
 - geometriavaatimukset, stabilointi ja tuenta
 - Sepelöinti
 - raiteen sepelöinnin ajankohdan määrittäminen
- Muut raidetyöt
 - tukikerroksen tyypipoikkileikkaus
 - turvalaitteisiin ja kiinteisiin sähkölaitteisiin kohdistuvat työt
 - asennettavien merkkien sijainti
 - syntyvien jätteiden laatu ja niiden käsittely
 - eristyksien valmistus tai asennus
 - jälkituennan ajankohta (kuormituksen mukaan)

Erikseen Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset osa 3 - vaihdetyöt -julkaisussa [17.] esitetyt vaihdetöitä koskevat tarkennettavat tiedot:

Yleiset vaatimukset ja ohjeet

- Edeltävät työt
 - poistettavat ja siirrettävät rakenteet, kaapelit ja johdot
 - raiteen katkaisutapa
 - radasta poistettavat materiaalit
 - turvalaitteisiin ja kiinteisiin sähkölaitteisiin kohdistuvat työt
 - tukikerrokset ja alusrakenteen nykyinen laatu
 - routalevyjen asentaminen
 - vaihteen kuntoarvio
- Elementtien poisto
 - poistettavien elementtien pituudet, nostaminen, siirtäminen, varastointi ja uusiokäyttö
 - kääntölaitteiden käsittely
 - syntyvät jätteet
- Elementtien asennus
 - asennettavat elementit
 - sepelinvaihdon rajat sekä käytettävä raidesepeiluokka
 - vaihde-elementtien kuljetusvaunujen suunta ja järjestyks
 - vaihteen asennuspiirustukset
 - pölkytyspiirustukset, jos vaihdeliitynnöissä on normaalia poikkeava geometria
 - rakennettavat johtotiet ja aitaukset
 - vaadittava stabilointi ja tuenta
- Viimeistely- ja jälkityöt
 - turvalaitteisiin ja kiinteisiin sähkölaitteisiin kohdistuvat työt
 - asennettavien merkkien sijainti
 - ratapihojen kävelykulkutiet
 - jälkituennan ajankohta