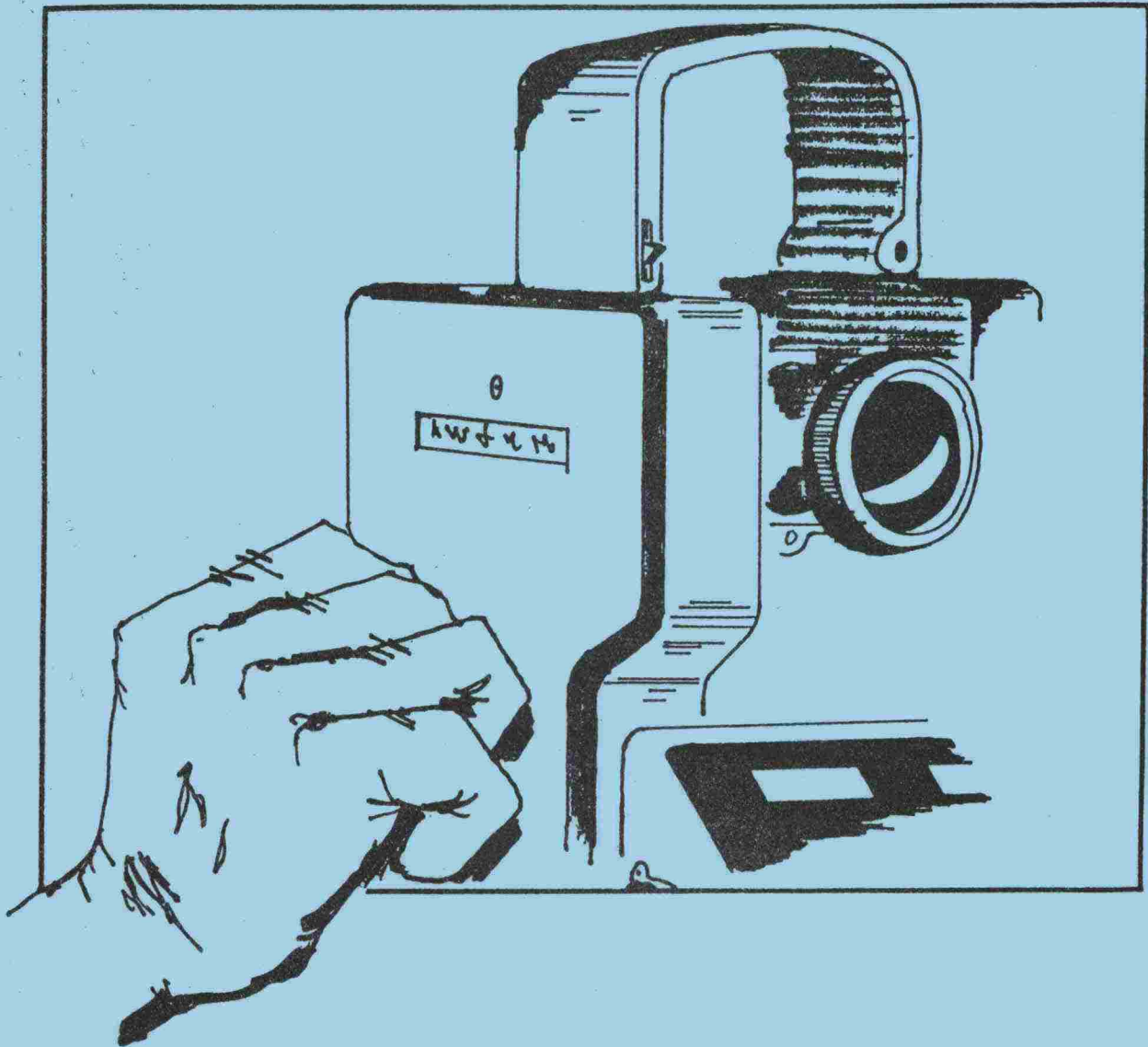


# TIETYÖMAAN MITTAUKSET

I OSA: TARKKUUSVAATIMUKSET

II OSA: TIEN RAKENTEIDEN MERKITSEMINEN



**TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS**  
**RAKENNUSOSASTO, TIENRAKENNUSTOIMISTO**

VIATEK OY

KESÄKUU 1986

TVH 731628

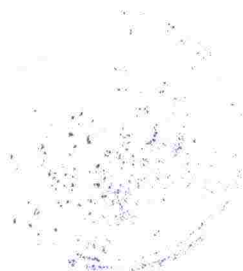
08  
71E-



86 0645

I

TARKKUUSVAATIMUKSET



ISBN 951-46-7345-X (koko teos)  
ISBN 951-46-7346-8 (osa 1)

# SISÄLTÖ

	Sivu
JOHDANTO	1
1. TYÖMAAMITTAUSTEN JA RAKENTAMISEN YLEISET TARKKUUSVAATIMUKSET	2
1.1 Luokitus	2
1.2 Mittausten tarkkuus	2
1.3 Rakentamisen tarkkuus	4
1.4 Tien tasosijaintitarkkuus	6
2. TYÖMAAMITTAUSTEN VIRHELÄHTEET	6
3. MITTAUSVIRHEIDEN KUSTANNUSVAIKUTUKSIA	7
4. TYÖMAAMITTAUSTEN TARKISTAMINEN	8

LIITE 1 Rakentamisen tarkkuusvaatimukset

KIRJALLISUUTTA

## JOHDANTO

Tienrakennustöiden tarkkuusvaatimukset ovat melko hajallaan useissa eri lähteissä, joten niistä on vaikea muodostaa kokonaiskäsitystä. Rakentamista varten on määritelty tarkkuusvaatimuksia lähinnä päällysrakenne- ja viimeistelytöille. Tien eri osien sijaintitarkkuudelle poikkileikkauksen suunnassa ei sen sijaan ole esitetty vaatimuksia. Paikalleenmittaustöiden tarkkuudelle on tienrakennustöiden yleisessä työselityksessä käytetty SFS:n standardia. Eri tarkkuusvaatimusten yhteisvaikutusta tien lopulliseen sijaintiin ympäristöön nähden ei ole nykyisissä ohjeissa tarkasteltu.

Tässä raportissa on pyritty antamaan tarkkuusvaatimukset työmaamittauksille ja rakentamiselle sekä tien lopulliselle tasosijainnille.

# 1. TYÖMAAMITTAUSTEN JA RAKENTAMISEN YLEISET TARKKUUSVAATIMUKSET

## 1.1 Luokitus

Kaikille teille ei ole syytä asettaa samoja tarkkuusvaatimuksia. On eri asia rakentaa korkealuokkaista väylää taajamaan kuin alempiluokkaista tietä maaseudulle.

Luokituksen tarkoituksena on taata riittävä tarkkuustaso suurta tarkkuutta vaativissa kohteissa ja toisaalta väljentää ja rakentamisen tarkkuusvaatimuksia siellä, missä se on perusteltua. Työmaamittausten ja rakentamisen tarkkuusluokitus on esitetty taulukossa 1.

**Luokkaan A**, yleiset tiet kaava-alueilla, kuuluvat kaikki asema- tai rakennuskaava-alueilla tehtävät tierakennustyöt. Luokka käsittää tällöin yleiset tiet ja näiden katuliittymät sekä jalankulku- ja pyörätiet.

**Luokka B**, valta- ja kantatiet sekä seudulliset tiet, on tarkoitettu haja-asutusalueiden tienrakennustöihin.

**Luokka C**, kokoojatiet ja yhdystiet käsittää muut, edellisten luokkien ulkopuolelle jäävät tiet, yksityistiet sekä jalankulku- ja pyörätiet kaava-alueiden ulkopuolella.

**Luokka X**, sillat ja muut erikoisrakenteet, käsittää tiehen liittyvät rakenteet, joihin sovelletaan omia erityisvaatimuksia. Näitä vaatimuksia ei ole tässä selvityksessä käsitelty tarkemmin.

Luokassa C sallitaan yksityisteille tarvittaessa poikkeaminen taulukon 1 vaatimuksista.

## 1.2 Mittausten tarkkuus

Tietyömaan mittausten tarkkuusvaatimuksissa voidaan erottaa kaksi tasoa (taulukko 1).

I	runkopisteiden tarkkuus
II	tähtäysmerkkien tasosijainti- ja korkeus-tarkkuus

Tiemittauksiin käytettävien runkopisteiden mittauksissa noudatetaan kaava-alueen ulkopuolella maanmittaushallituksen kiertokirjelmän n:o 5/74 vaatimuksia. Kaavoitetuilla alueilla noudatetaan kaavoitusmittausohjeen määräyksiä.

Taulukko 1. Työmaamittausten tarkkuusvaatimukset.

TARKKUUSLUOKKA	Mittaustarkkuus			Rakentamisen tarkkuus
	TÄHTÄYSMERKIT			RAKENTAMINEN TÄHTÄYSMERKKIEN PERUSTEELLA
	Tasosijainti		Korkeus	
	L/P	P/V		
<b>A</b> YLEISET TIET KAAVA-ALUEILLA	0,7 x B = 70 mm	0,7 x B = 35 mm	10 mm	Taulukko 2
<b>B</b> VALTA- JA KANTATIET SEKÄ SEUDULLISET TIET	100 mm	50 mm	10 mm	Taulukko 2
<b>C</b> KOKOOJA- JA YHDYSTIET	1,5 x B = 150 mm	1,5 x B = 75 mm	10 mm	Taulukko 2
<b>X</b> SILLAT JA MUUT ERIKOISRAKENTEET	Erityisohje	Erityisohje	Erityisohje	Erityisohje

Tähtäysmerkkien tarkkuusvaatimukset on saatu soveltamalla tienrakennustöiden työselityksen /1/ tarkkuusvaatimusta.

$$\text{Tarkkuus } \pm K \sqrt{L},$$

josta  $K =$  työvaiheesta riippuva vakio  
 $L =$  mitattavan pisteen etäisyys lähtöpisteestä.

Menetelmissä, jossa mittalinja mitataan paikoilleen monikulmion pisteiltä ja tähtäysmerkit mittalinjalta, saadaan yllä mainittua vaatimusta soveltaen yhdistetty tarkkuusvaatimus tähtäysmerkeille:

$$\text{Yhdistetty tarkkuusvaatimus } \pm K \sqrt{L_1 + L_2},$$

jossa  $L_1 =$  mittalinjan paalun etäisyys monikulmion pisteeltä  
 $L_2 =$  tähtäysmerkin etäisyys mittalinjalta.

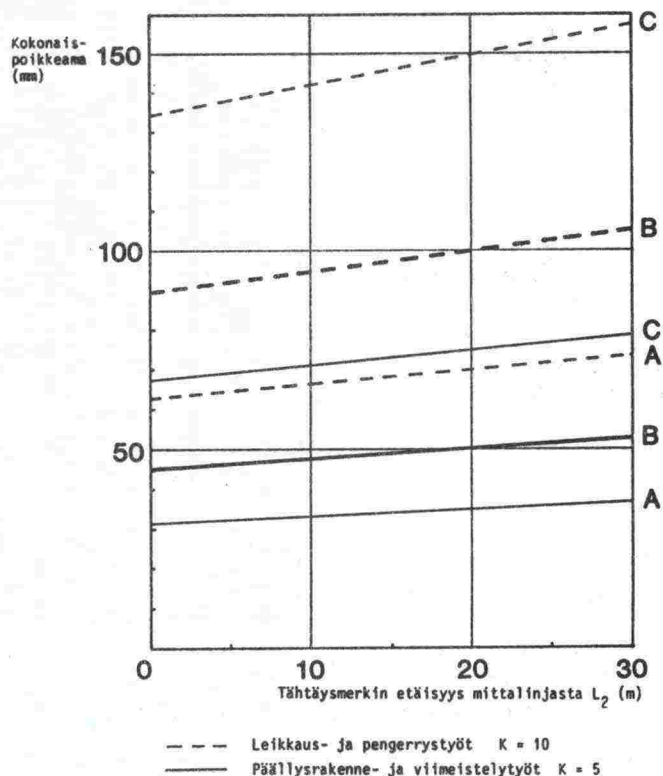
Vaatimusta yksinkertaistettiin olettamalla  $L_1$ :lle sopiva keskimääräinen arvo ( $L_1 = 80 \text{ m}$ ). Näin voitiin laskea yhdistetty tarkkuusvaatimus tähtäysmerkeille luokissa A, B, C, kun otettiin lisäksi huomioon seuraavat kertoimet:

$$A = 0,7 \times B$$

$$C = 1,5 \times B$$



Kuvasta 1 havaitaan, että B-luokan arvot vaihtelevat suhteellisen vähän; leikkaus- ja pengerrystöissä 89 - 105 mm sekä päällysrakenne- ja viimeistelytyöissä 45 - 52 mm. Tämän vuoksi on yksinkertaisinta asettaa tarkkuusvaatimukset mittauksille lähtien arvoista 100 mm ja 50 mm.



Kuva 1. Yhdistetyt tarkkuusvaatimukset eri luokissa.

Tähtäysmerkkien korkeustarkkuudelle on annettu yksi arvo, 10 mm, joka voidaan saavuttaa kaikissa luokissa yhtä helposti.

### 1.3 Rakentamisen tarkkuus

Rakentamisen tarkkuudella tarkoitetaan valmiin tien osien poikkeamaa tähtäysmerkkien osoittamasta asemasta.

Rakentamisen tarkkuusvaatimukset luokalle B on esitetty taulukossa 2 (liite 1). Eri työvaiheista on eroteltu leikkaus- ja pengerrystyöt, päällysrakenne- ja viimeistelytyöt sekä muut työt. Viimeksi mainittuun kuuluvat lähinnä erilaisten varusteiden ja laitteiden asennustyöt. Taulukossa on annettu tarvittaessa vaatimuksia seuraaville ominaisuuksille:

sijainti  
korkeus  
kaltevuus  
leveys  
paksuus  
epätasaisuus.

Leikkaus- ja pengerrystöistä on tarkkuusvaatimuksia annettu ojan pohjan, luiskien sekä alusrakenteen tekemiselle.

Ojan rakentamisessa on määritelty vaatimukset pohjan sijainnille ja korkeudelle. Luiskat on jaettu pengerluiskiin sekä leikkauksen sisä- ja ulkoluiskiin, joille kullekin on annettu sijainti- ja kaltevuusvaatimukset, sisäluiskalle lisäksi tasaisuusvaatimus. Alusrakenteen yläpinnan laatua pyritään puolestaan valvomaan sijainti-, korkeus-, kaltevuus- ja leveysvaatimuksilla.

Päällysrakenne- ja viimeistelytöissä on haluttu kiinnittää huomiota rakennekerrosten, valmiin tienpinnan, koko päällysrakenteen sekä kuivatuksen laatuun. Rakennekerroksille on määritelty tarkkuusvaatimukset korkeudelle, kaltevuudelle, leveydelle, paksuudelle sekä epätasaisuudelle. Valmiin tienpinnan päällysteelle on lisäksi esitetty tasosijaintitarkkuus. Päällysrakenteen kokonaispaksuudelle on määritelty poikkeaman raja-arvot. Kuivatusrakenteista, joista tässä on käsitelty rumpuja, sadevesiviemäreitä ja kaivoja, on tarkkuusvaatimuksia esitetty tasosijainnille, korkeudelle sekä kaltevuudelle. Esitettyjä tarkkuusvaatimuksiakin tärkeämpi on kuitenkin suhteellinen tarkkuus liittyvän rakenteen suhteen. Esimerkkinä mainittakoon sadevesikaivon kannen ja tienpinnan suhteellinen tarkkuus.

Muista töistä, joita ovat valaisinpylväiden, porttaalien, kaiteiden, reunatukien, kaapelien, liikennevalojen, liikennemerkkien ja ajorataausten rakentaminen, on tarkkuusvaatimuksia määritelty yleensä tasosijainnille, joillekin myös korkeudelle. Kaiteiden ja reunatukien rakentamisessa pyritään ottamaan huomioon myös tasaisuus.

Osa taulukossa 2 esitetyistä tarkkuusvaatimuksista on säilytetty nykyisellään. Näitä ovat mm. rakennekerrosten paksuus- ja tasaisuusvaatimukset, joista on annettu laatuvaatimuksia laadunvalvontaohjeissa. Lisäksi on tienrakennustöiden työselityksen valaistusta ja ajorataaustauksia koskevat vaatimukset säilytetty ennallaan.

Taulukon tarkkuusvaatimuksissa on joitakin toisensa kumoavia arvoja (esim. korkeus/paksuus) ja tällöin tulee tapaus kerrallaan harkita vaatimusten tärkeysjärjestys.

Tien pituussuuntaisen tasaisuuden saavuttamiseksi on tasosijainnille ja leveydelle annettu lisävaatimus, joka ei salli kahta poikkeaman ääriarvoa alle 80 m matkalla. Tämä määrittelee myös poikkeamille sallittavan muutosnopeuden.

Luokalle A, kaava-alueiden tiet, on esitetty luiskien tasosijainti- ja kaltevuusvaatimuksissa B-luokkaa tiukempia arvoja. C-luokan eli kokooja- ja yhdysteiden vaatimukset saadaan kertomalla taulukon arvot 1,5:llä.

## 1.4 Tien tasosijaintitarkkuus

Tien tasosijaintitarkkuudella tarkoitetaan sitä tilaa, jonka rajojen sisäpuolella valmiin tien rakenteen on sijaittava ympäristöönsä nähden.

Tasosijaintitarkkuus koostuu mittaustarkkuudesta ja rakentamistarkkuudesta ja sillä on yleensä merkitystä ainoastaan tarkasteltaessa tien sijaintia esim. rakennuksiin ja muuhun tieympäristöön nähden. Tien tasosijainti ympäristöönsä nähden määritellään luisien ulkoreunojen avulla. Tien tasosijainnille sallitaan seuraavat poikkeamat:

Luokka	Sallittava poikkeama (m)
A	+ 0,20
B	+ 0,50
C	+ 1,00

Tasosijaintitarkkuutta tarkastellaan koordinaatiston suhteen, jolloin eri tarkkuusvaatimukset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Rakentamisessa tulisi käyttää samaa runkopisteistöä, jota suunnittelussa on käytetty. Tällöin ei runkomittausten virheitä tarvitse ottaa huomioon.

## 2. TYÖMAAMITTAUSTEN VIRHELÄHTEET

Tietyömaiden mittauksissa syntyvät virheet aiheutuvat mm. mitauslaitteista, mittaustavoista, ulkoisista olosuhteista, inhimillisistä tekijöistä sekä virhelähteiden muutoksista mittauksen kuluessa. Mittauslaitteista ja -tavoista aiheutuvat virheet muodostavat tärkeän osan koko mittaustyön virheistä.

Mittanauhaa ja prismaa käytettäessä virhelähteitä ovat mm. mittanauhan lämpötila- ja kaltevuuskorjauksen tekemättä jättäminen sekä prismauksen epätarkkuus, etenkin kaltevassa maastossa. Tampereen teknillisessä korkeakoulussa tehdyn tutkimuksen /5/ mukaan mittanauhan ja prisman käyttö soveltuu huonon tarkkuuden vuoksi ainoastaan karkeisiin maarakennustöihin, kuten leikkaus- ja pengerrystöihin. Myös teodoliitin ja mittanauhan yhdistelmä osoittautui melko epätarkaksi. Tämä johtunee siitä, että menetelmä vaatii suurta huolellisuutta ja edellyttää mitausryhmältä korkeaa ammattitaitoa.

Elektro-optisten etäisyysmittarien virhelähteitä ovat mm. sääolosuhteet, ilman lämpötila, paine ja kosteus. Nämä vaativat omat korjauksensa ennen mittausten aloittamista. Elektro-optisilla mitauslaitteilla saavutettiin em. tutkimuksessa yleensä hyviä tuloksia etäisyysmittauksessakin tienrakennustöiden tarkkuustasoilla ( $K \geq 5$ ).

Yhteenvedona TTKK:n tutkimuksesta voidaan todeta, että suurin virhe syntyy yleensä etäisyyden mittauksessa. Sen sijaan kulmanmittaukset ovat nykyisillä laitteilla melko tarkkoja. Tämän vuoksi olisi tietyömaan tarkkuutta vaativissa mittauksissa syytä käyttää menetelmiä, joissa mittanauhaa ei tarvita. Kysymykseen tulisivat tällöin lähinnä elektro-optinen mittaus sekä eteenpäinleikkaus. Karkeissa työvaiheissa, kuten leikkaus- ja pengerrystyöt, saattaa mittanauhan ja prisman käyttö tulla kysymykseen.

Suuri virhelähde, etenkin päällysrakennetöissä, ovat paalujen ja tähtäysmerkkien pystytyksestä ja lukemisesta aiheutuvat virheet. Karkeaan maaperään tai rakenteeseen pystytettävät merkit eivät aina tule oikealle kohdalleen ja ne myös liikkuvat helposti työn kuluessa. Tähtäysmerkkien silmämääräinen lukeminen aiheuttaa myös usein virheitä, etenkin, jos tähtäys joudutaan tekemään tähtäysmerkkilinjan ulkopuolelta.

Myös routa saattaa aiheuttaa virheitä mittauksiin epätasaisten ja tilapäisten nousujen vuoksi.

### 3. MITTAUSVIRHEIDEN KUSTANNUSVAIKUTUKSIA

Seuraavassa on laskettu eräitä rakentamisen lisäkustannuksia, joita voi pahimmassa tapauksessa syntyä työmaamittausten ja rakentamisen virheiden ja epätarkkuuden vaikutuksesta esimerkiksi leikattaessa liikaa tai tehtäessä rakenteesta suunniteltua paksumpi.

Laskelmat on tehty 10/7 tielle, 100 m matkalle edellyttäen, että korkeusvirhe on 10 cm. Kestopäällysteellä on laskelman perusteenä käytetty yhden cm:n systemaattista virhettä.

Kalliroleikkaus	150 m <sup>3</sup>	6 200 mk
Maaleikkaus	250 m <sup>3</sup>	3 300 mk
Maapenger	100 m <sup>3</sup>	1 900 mk
Ojan pohja	50 m <sup>3</sup>	700 mk
Suodatinkerros	120 m <sup>3</sup>	2 900 mk
Jakava kerros	110 m <sup>3</sup>	2 800 mk
Kantava kerros	100 m <sup>3</sup>	3 000 mk
Kestopäällyste	10 m <sup>3</sup>	3 500 mk

#### 4. TYÖMAAMITTAUSTEN TARKISTAMINEN

Tien tähtäysmerkit on syytä kunkin työvaiheen merkitsemisen jälkeen, jotta mahdolliset karkeat virheet voitaisiin ajoissa havaita. Tarkistaminen voidaan tehdä alla selostettavalla yksinkertaisella menetelmällä.

Tarkistettavalta linjalta valitaan sopiva otos, n. 10 - 20 % paaluista, joiden sijainti mitataan eri menetelmällä kuin alkuperäinen paalutus. Tämän jälkeen lasketaan kunkin paalun poikkeama.

Tarkistettujen paalujen poikkeaminen keskiarvon tulee olla sallitun arvon alapuolella. Sallittava poikkeama saadaan kohdan 1.2 taulukosta 1. Suurin yksittäinen poikkeama saa olla 2,5 kertaa sallittava poikkeama. Jos tämän arvon ylittäviä paaluja on tarkistettavalla linjalla yli 2 %, on koko linja syytä tarkistaa ja mitata tarvittaessa uudelleen.

Mikäli työmaalla on käytössä elektroninen takymetri ja maastotallennin saadaan aikaisemmin mitattujen paalujen ja tähtäysmerkkien poikkeamat suunnitelman mukaisista koordinaateista suoraan mittauskojeesta tai työmaan mikrotietokoneella tarkistustaslaskennalla.

Rakentamisen tarkkuuden tarkistaminen kuuluu laadunvalvonnan piiriin, joten sitä ei tässä selvityksessä käsitellä.

## KIRJALLISUUTTA

1. Tienrakennustyöt. Yleinen työselitys  
TVH 1979
2. Maanmittaushallituksen kiertokirjelmä nro 5/74  
kiintopisteiden luokituksesta
3. Maanmittaushallitus. Kaavoitusmittausohjeet.  
Julkaisu 49. 15.2.1983.
4. Tietyömaan mittaukset. TVH Tienrakennustoimisto  
Viatak Oy 1984
5. Jaakko Uotila, Tietekniikan geodeettiset mittaukset.  
TKK Tietekniikka. Otaniemi 1979
6. Markku Taavitsainen, Ari Huhtala.  
On the Accuracy of Setting Out Methods in Construction.  
Department of Civil Engineering, Tampere University of  
Technology. XVII International Congress of Surveyors.  
Sofia 1983.
7. Laadunvalvontaohjeet. Alusrakenne ja päällysrakenteen  
sitomattomat kerrokset. TVH 1980.

TAULUKKO 2 RAKENTAMISEN TARKKUUS

LUOKKA A: KAAVA-ALUEIDEN TIET (SAMAT VAATIMUKSET; TAULUKOSSA JOITAKIN LISÄTARKKUUVAATIMUKSIA)

LUOKKA C: KOKOOJA- JA YHDYSTIET (TAULUKON ARVOT PAKSUUTTA LUKUUNOTTAMATTA KERROTTUNA 1,5:LLÄ)

LUOKKA B. VALTA- JA KANTATIET SEKÄ SEUJULLISET TIET

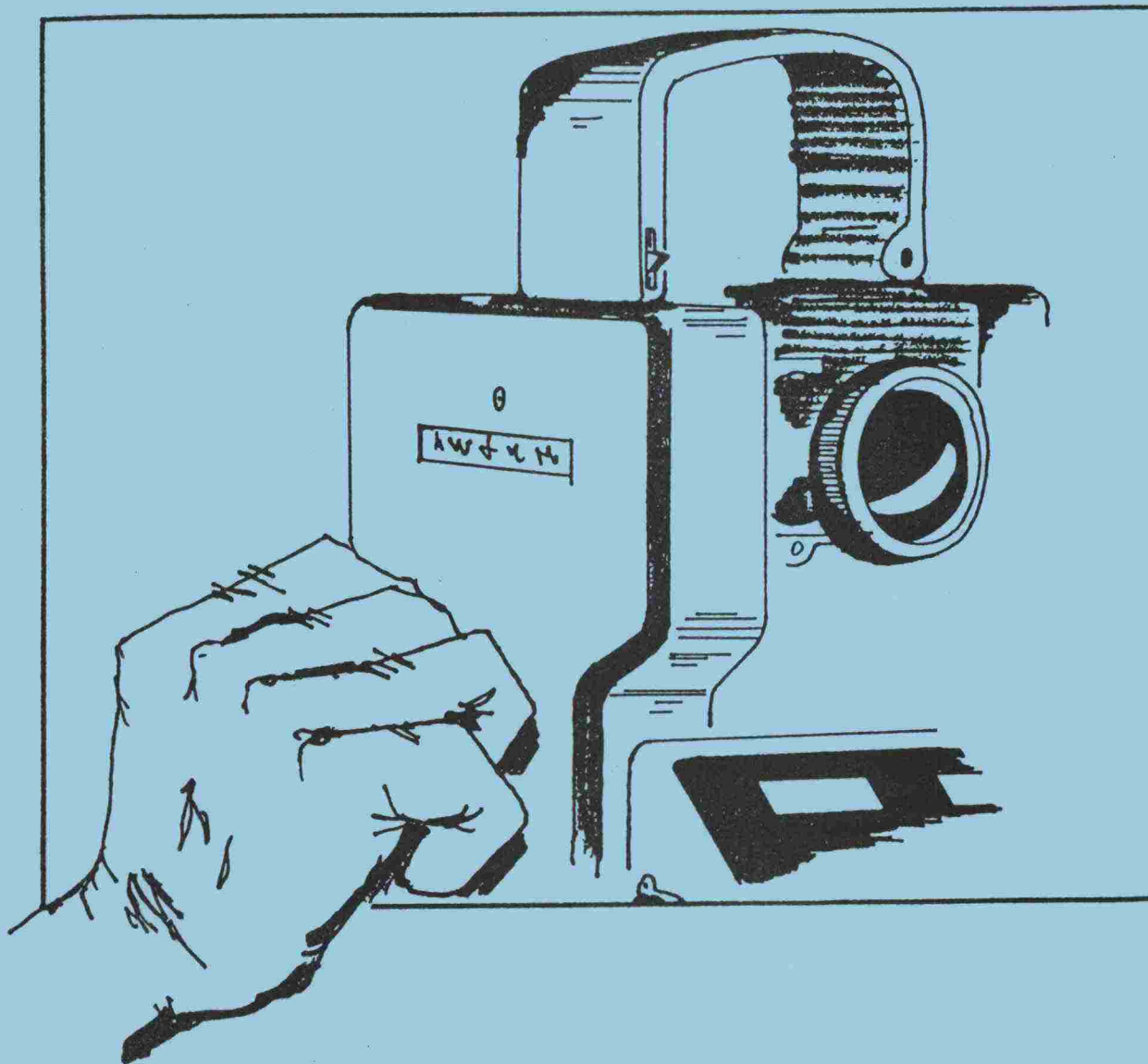
KOHDE	TASOSIJAINTI 1)2)3)	KORKEUS 1) 3)	SIVUKALTEVUUS 1)	LEVEYS 2) 3)	PAKSUUS	TASAISUUS 4)	HUOMAUTKSIA
<b>LEIKKAUS- JA PENGERRYSTYÖT</b>							
OJAN POHJA	± 100	± 50					EI SAA SYNTYÄ YLI 50 mm LÄTKÖITÄ
LUISKAT - Pengerluiska - Leikkauksen sisäluiska - Leikkauksen ulkoluiska	± 400 (A = ± 150) ± 100 ± 400 ( = ± 150)		± 10 % (A = ± 2 %) + 3 % ± 10 % (A = ± 2 %)			50 100	SIJAINTI TARKOITTAÄ LUISKAN JA MAANPINNAN YHTYMÄKHOHTAA
ALUSRAKENTEEN YLÄPINTA - MAAPENGER JA LEIKKAUS - LOUHEPENGER	+ 100 ± 100	- 100 ± 50	+ 0,5 %-YKS. + 0,5 %-YKS.	+ 100 ± 100			
<b>PÄÄLLYSRAKENNE- JA VIIMEISTELYTYÖT</b>							
SUODATINKERROS		± 100	± 0,5 %-YKS.	+ 100	- 30... + 100	50	
JAKAVA KERROS		± 80	± 0,5 %-YKS.	+ 100	- 30... + 100	30	
KANTAVA KERROS		± 50	± 0,3 %-YKS.	+ 100	- 30... + 60	20	
VALMIS TIENPINTA - PÄÄLLYSTE	± 100	± 50	+ 0,3 %-YKS.	+ 100	KS. URAKKAOHJELMA	KS. URAKKAOHJ.	TASAUSVIIVAN KORK. VÄHÄISISSÄ POIKKEAMISSA VOIDAAN TEHDÄ SUUNNITELMAN MUUTOS
KOKO PÄÄLLYSRAKENNE					- 60... + 180		PAKSUUSVAATIMUS SILTOJEN KOHDALLA + 20 mm
KUIVATUS - RUMMUT - SADEVESIVIEMÄRIT - SADEVESIKAIVOT	+ 100 ± 100 ± 100	+ 50 ± 30... + 100 - 20	+ 0,5 %-YKS. KS. TYÖSELITYS				RUMMUN SIJAINTI LUISKAN NÄHDEN MINIMIKALTEVUUS SÄILYTETTÄVÄ KORKEUS VALMIIN PÄÄLLYSTEEN PINNASTA
<b>MUUT TYÖT</b>							
VALAISINPYLV. JALUSTAT	+ 50	+ 50					YKSITTAINEN POIKKEAMA LINJASTA 50 mm
PORTTAALIT	± 50	± 50					
KAITEET	± 50	± 50				20	LOPULLINEN SIJAINTI TARKISTETAAN RAKENNUSPAIKALLA
REUNATUET	± 50					20	"
KAAPELIT	± 200						"
LIIKENEVALOPYLVÄÄT	± 50	± 50					"
LIIKENNEMERKIT							"
AJORATAMAALAUKSET	± 50			± 5			KATKOVIIVAN POIKKEAMA LINJASTA 50 mm

1) TÄHTÄYSMERKKIEN SUHTEEN  
2) SIJAINTI POIKKILEIKKAUKSEN SUUNNASSA  
3) POIKKEAMA SAA MUUTTUA KOKOARVOSTA TOISEEN VÄHINTÄÄN 20 % MITALLA

MITAT mm

# TIETYÖMAAN MITTAUKSET

II OSA: TIEN RAKENTEIDEN MERKITSEMINEN



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
RAKENNUSOSASTO, TIENRAKENNUSTOIMISTO

VIATEK OY

KESÄKUU 1986



**II**

**TIEN RAKENTEIDEN MERKITSEMINE**

# SISÄLTÖ

	Sivu
JOHDANTO	1
1. TYÖMAAMITTAUSTEN SUUNNITTELU	2
2. TYÖVAIHEIDEN MERKITSEMINEN	3
2.1 Runkopisteistön täydentäminen	3
2.2 Mittalinjan paalutus	3
2.3 Haltuunottomerkkien asettaminen	4
2.4 Raivausalueen merkitseminen	4
2.5 Pohjanvahvistustöiden merkitseminen	4
2.6 Kallioleikkausten merkitseminen	4
2.7 Maaleikkausten merkitseminen	5
2.8 Penkereiden merkitseminen	6
2.9 Kuivatuslaitteiden merkitseminen	6
2.10 Päällyrakennekerrosten merkitseminen	7
2.11 Päällysteiden merkitseminen	7
2.12 Liittymien sekä varusteiden ja laitteiden merkitseminen	7
2.13 Määrälaskentamittaukset	8
2.14 Siltojen mittaus	8
3. MERKITSEMISTAVAN VALINTA	9
4. MERKITSEMISTÖITÄ VÄHENTÄVIÄ MENETELMIÄ JA VÄLINEITÄ	10
LIITE 1 Tähäysmerkkien asettaminen eri työvaiheissa.	

## JOHDANTO

Yksiajorataisen tien yhtä poikkileikkausta kohden tarvitaan tien rakentamisen aikana 15 - 20 erilaista paalua, merkkiä tai luiskalautaa. Käytännössä tämä merkitsee tiekilometriä kohden kaiken kaikkiaan noin 1 000 erilaista merkkiä.

Mittaustöiden kustannusten ja tien rakentamisen tehokkaan ja tarkan suorituksen kannalta tulee kutakin työvaihetta varten valita sopivin merkitsemistapa ja tähtäysmerkkien lukutekniikka. Nykyinen käytäntö tienrakennustyömailla on vaihteleva, vaikka yleisissä työselityksissä onkin annettu ohjeet mittaustavoista ja merkitsemistekniikasta.

Tässä raportissa on esitetty työmaamittausten eri vaiheet ja kuhunkin rakentamisen vaiheeseen soveltuva merkitsemistekniikka. Raportissa on lisäksi käsitelty mittaamiseen ja merkitsemiseen liittyviä teknillisiä yksityiskohtia ja työtä helpottavia menetelmiä.

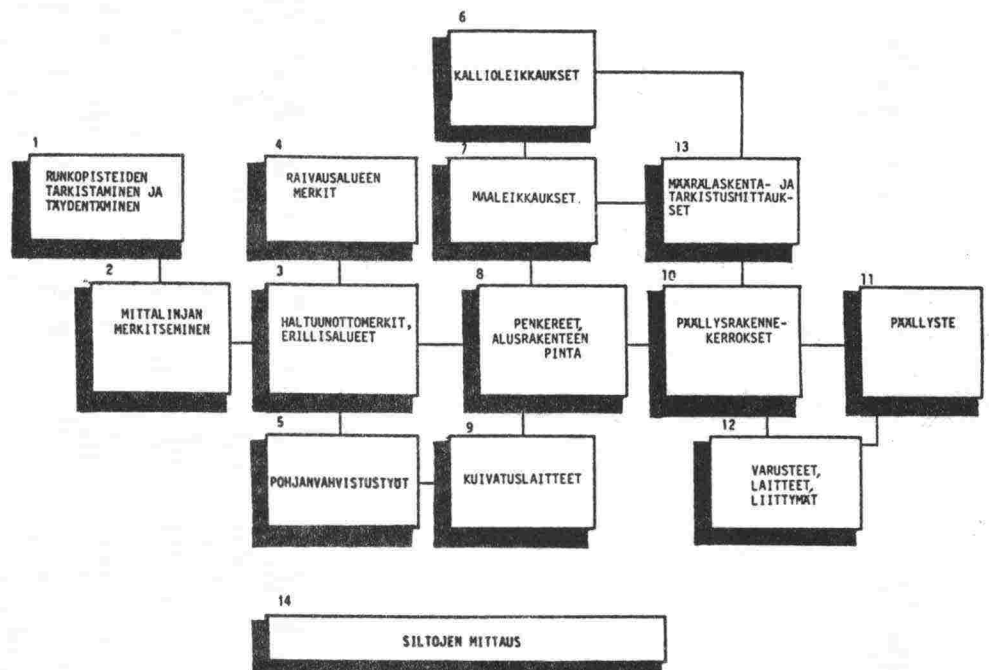
## 1. TYÖMAAMITTAUSTEN SUUNNITTELU

Työmaamittausten avulla merkitään maastoon tien rakenteet rakennustyön eri vaiheita varten. Näitä työvaiheita ovat mm. rai-vaustyöt, leikkaus- ja pengerrystyöt, pohjanvahvistustyöt, paalutukset, alusrakenteen muotoilu, päällysrakennekerrosten teko, kulutuskerroksen rakentaminen, sivuojiin sekä erilaisten varusteiden ja laitteiden rakentaminen.

Työmaamittaukset, niiden eri vaiheet ja käytettävä tekniikka tulisi kussakin tapauksessa suunnitella työn alkuvaiheessa. Työmaamittausten vaativuus ja tarvittava tekniikka riippuu rakennuskohteesta. Vaativimpia kohteita ovat taajamaympäristöön rakennettavat korkealuokkaiset väylät. Vähemmän vaativia kohteita ovat maaseudulle rakennettavat alemman luokan tiet. Mittaustöiden suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon mittaustöiden tarkkuusvaatimusten saavuttaminen.

Kutakin työvaihetta varten tulee valita edullisin mittaus- ja merkitsemismenetelmä, joka takaa kyseisen työn riittävän tarkan tekemisen. Joissakin tapauksissa voidaan samoja tähtäysmerkkejä käyttää useassa työn eri vaiheessa. Mikäli työvaihe kestää pitkään, joudutaan asetettuja merkkejä ja malleja tarkistamaan ja uusimaan. Ennen työn alkua tulee selvittää, mitä menetelmiä työssä tullaan käyttämään sekä ottaa huomioon koneiden kuljettajien tarpeet, jotta tähtäysmerkkien käyttö olisi mahdollisimman tarkoituksenmukaista.

Sen jälkeen kun työmaamittaukset on suunniteltu, tulisi laatia taulukko työmaamittausten seurantaan varten. Siihen merkitään, mitä mittauksia milläkin rakennustyön osalla on tehty. Tämä helpottaa työn suunnittelua ja seurantaan sekä on apuna, jos työmaamittauksista vastaava henkilö vaihtuu kesken rakentamisen.



Kuva 1. Työmaamittausten vaiheet

## 2. TYÖVAIHEIDEN MERKITSEMINEN

Tähtäysmerkkien pystytyksessä on tärkeää, että kaikki paalut ja rimat ovat tukevasti täsmälleen oikeilla paikoilla. Nykyinen tapa, jossa käytetään rautakankea paalujen pystytykseen on heikko etenkin, jos maaperä on kivistä tai routaista. Tukevasti ja riittävän syvään perustettu paalu ei kovin helposti siirry tai kallistu työkoneiden liikkeiden, roudan tai vastaavan syyn vaikutuksesta.

Myös luiskalautojen asettaminen oikeaan paikkaan leikkauksissa on tuottanut vaikeuksia. Ongelmana on ollut se, että suunnitelmassa esitetty maanpinta ei aina pidä tarkoin paikkaansa, jolloin valmiita tähtäysmerkkilaskelmia ei voida käyttää. Asia voidaan korjata laskemalla valmiiksi muutama luiskamallin piste molemmin puolin luiskan ja maanpinnan teoreettista leikkauskohtaa.

Korkeusmerkkeihin ja rimoihin joudutaan usein kirjoittamaan paalulukemia, korkeuksia ja merkintöjä siitä, mitä tien rakennetta merkki kuvaa. Tätä voidaan helpottaa kirjoittamalla tarvittavat tiedot pienelle muovilapulle sään kestävällä tussilla ja kiinnittämällä lappu rimaan. Näiden tietojen avulla on myös helppo korjata merkin sijainti, jos siihen on tarvetta.

### 2.1 Runkopisteiden täydentäminen

Rakennustöiden alkaessa on tarkistettava runkopisteiden taso- ja korkeussijainti. Töiden aikana joudutaan pisteistöä lähes aina täydentämään sekä tekemään tarvittavat uudet laskelmat. Tämä on välttämätöntä, koska monet runkopisteet jäävät rakennustyön alle, ovat sopimattomassa paikassa tai liian kaukana tielinjalta. Rakennussuunnitelman tekemisen yhteydessä ei toisaalta ole aiheetta pyrkiäkään kovin täydelliseen runkopisteistöön, vaan tehdään suunnitelman vaatima pisteistö, jota täydennetään rakennustyön aikana. Pisteiden täydentämistarvetta voidaan vähentää, jos tulevan työmaan mittauksista vastaava henkilö tutustuu mittaussuunnitelmaan jo suunnitteluvaiheessa ja tekee omat ehdotuksensa mittaussuunnitelman sisällöstä suunnittelijalle.

### 2.2 Mittalinjan paalutus

Tien mittalinja paalutetaan yleensä 20 m välein 50 x 50 mm<sup>2</sup> puupaaluilla, jotka jäävät näkyviin 0,6 m maanpinnan yläpuolelle. Paaluun merkitään paalulukema ja ne maalataan yleensä yläpäästään punaisiksi.

Tien keskilinja kannattaa yleensä sitoa tiealueen ulkopuolelle asetettuihin sidontapaaluihin. Tällöin voidaan käyttää toisena sidontapaaluna tiealueen haltuunottoa. Sidontapaaluihin merkitään etäisyys tien keskilinjasta.

### 2.3 Haltuunottomerkkien asettaminen

Haltuunotettava alue merkitään maastoon 50 x 50 mm<sup>2</sup> puupaa-luilla, joiden pää maalataan keltaiseksi. Merkintä voidaan tehdä myös maalimerkillä avokallioon tai maakiveen. Sopiva paaluväli epätasaisessa maastossa tai asuilla alueilla on 20 m, mutta tasaisessa maastossa ja asumattomilla alueilla riittää yleensä 40 m. Tilanteen vaatiessa esimerkiksi kaava-alueilla, on käytettävä 20 m lyhyempiä paaluvälejä.

### 2.4 Raivausalueen merkitseminen

Alustavia töitä ovat puun kaato, ruokamullan sekä kivien ja kantojen poisto. Näitä varten merkitään suunnitelman mukainen alue. Tarvittaessa merkitään erikseen kunkin työvaiheen tarvitsema alue. Sopiva paaluväli on 20-40 m. Mittaukset tehdään kohtisuoraan mittalinjalta mittanauhalla ja prismalla. Alueet merkitään 25 x 50 mm<sup>2</sup> rimoilla, jotka jäävät näkyviin n. 1 m maanpinnan yläpuolelle. Rimoihin merkitään kyseistä työvaihetta tarkoittava sopiva lyhennys.

Raivaustöitä ei saa tehdä haltuunottoa varten asetettujen maasto-merkkien perusteella, vaan kutakin työtä varten on merkittävä suunnitelmapiirustusten edellyttämä alue maastoon. Säilytettäviksi esitettävät puut voidaan merkitä esimerkiksi pienellä maalitap-  
lällä.

### 2.5 Pohjanvahvistustöiden merkitseminen

Pohjanvahvistustöissä noudatetaan soveltuvin osin penkereiden ja leikkausten merkitsemisessä käytettyjä menetelmiä. Koska maaperä tällöin on yleensä heikosti kantavaa, saattaa varsinkin tähtäysmerkkien asema helposti muuttua. On varauduttava siihen, että näissä töissä joudutaan merkitä usein uusimaan. Tähtäysmerkit tulisi mahdollisuuksien mukaan asettaa kovalle maalle.

Päätypengertä tehtäessä voidaan korkeusmerkit asettaa tien pituussuunnassa työkohdan eteen tai taakse. Menetelmä soveltuu käytettäväksi myös muihin pengerrystöihin.

Paalukentän merkitseminen tehdään mittaamalla kentän nurkka-pisteet, minkä jälkeen merkitään paalujen päätyrivit ja lopuksi muut paalut esimerkiksi mittanauhalla. Paalujen päiden korkeuden osoittamiseksi voidaan käyttää tasolaseria.

### 2.6 Kalliroleikkausten merkitseminen

Leikkauksissa, joissa suunnitelmien mukaan on kalliota, saattaa todellinen kalliopinta poiketa suunnitelman mukaisesta korkeudesta, jolloin leikkauksen leveys muuttuu.

Kalliroleikkausten merkitseminen voidaan tehdä lopullisesti vasta kallion pinnan paljastuksen jälkeen. Louhintavaiheen edellyttämät poraustyöt tulee mitata tarkkaan jotta porareikien paikka, suunta ja pituus tulevat täsmälleen oikeiksi. Huolellisella poraustyöllä voidaan alentaa louhintakustannuksia nykyisestä noin 10 %.

Kallioleikkausta merkittäessä on tähtäysmerkkien paaluväliä tiennettävä, jotta saavutettaisiin riittävä tarkkuus ja helpotettaisiin poraajien työskentelyä. Leikkauskohdalle asetetaan tien poikkisuunnassa leikkauspinnan suuntaisia tähtäysportteja, joiden korkeus on louhintasyvyys +  $n \times 0,5$  m. Portit kiinnitetään esim. poraamalla kallioon.

Kallioleikkausten kohdalle mahdollisesti tulevat istutukset tulee ottaa huomioon jo louhintavaiheessa, jotta niille saadaan riittävän syvät istutuskuopat.

## 2.7

### Maaleikkausten merkitseminen

Matalat leikkaukset merkitään tiealueen ulkopuolelle asetetuilla mittalinjaan nähden kohtisuorilla karkeatähtäysmerkeillä. Lähin merkki asetetaan jollekin  $n \times 1$  m etäisyydelle tien mittalinjasta ja tähän merkitään kyseinen etäisyys. Ulompi tähtäysmerkki asetetaan maastosta riippuen 5-20 m päähän sisemmästä. Korkeutta osoittavat merkit kiinnitetään jollekin sopivalle  $n \times 0,5$  m korkeudelle alusrakenteen yläpinnan tasosta. Korkeusmerkkeihin kirjoitetaan korkeus ARP +  $n \times 0,5$  m. Leikkauspinnan korkeusasmaa voidaan täten tarkkailla  $n \times 0,5$  m pituisella ajokepillä. Leikkaustyön edistyessä merkitään leikkauspinnan taitekohdat paaluilla.

Luisien tekemiseksi merkitään maastoon luiskan kaltevuus ja korkeusasema. Matalissa luiskissa voidaan asettaa luiskamalli luiskan tasoon. Vähintään luiskan ylä- ja alareuna merkitään näkyviin. Luiskaa viimeisteltäessä luiskan tasoa osoittavia luiskalautoja asetetaan  $n. 5$  m välein tien poikkisuunnassa. Ulkoluiskan muotoilua varten asetetaan luiskalauta  $0,5$  m korkeudelle luiskan tasosta. Maaston muotoilua tehtäessä tähtäysmerkkejä voidaan asettaa  $10-20$  m ruutuun. Tien pituussuunnassa merkintä suoritetaan  $20$  m välein. Pyöristykset tehdään silmämääräisesti tai merkitään pienillä paaluilla.

Maaleikkauksissa, joissa ei ole kalliota, merkitään maanpinnan ja ulkoluiskan leikkauspiste luiskan kaltevuuteen asetetuilla luiskamalleilla. Tässä vaiheessa voidaan merkitä myös luiskan pyöristys pienillä paaluilla.

Leikkausten pohjalle tulevat sivuojat merkitään ojalinjoille asetetuilla tähtäysmerkeillä.

Yleisin tapa syvien leikkausten merkitsemiseksi on asettaa tähtäysmerkit leikkauksen pohjalle sitä mukaa kuin työ etenee. Luiskamallien asettaminen tulee lähes poikkeuksetta kysymykseen. Luiskamallien teko on työläs tehtävä ja se edellyttää usein luiskamallin sijainnin ja korkeuden täsmällistä laskemista poikki-leikkauksen perusteella.

Syvissä leikkauksissa voi olla tarpeen työn edetessä sijoittaa luiskaan ylimääräinen luiskalauta. Luiskan ja alusrakenteen taitekohtaan, kuten myös mahdollisen harjan kohdalle, sijoitetaan tähtäysmerkki.

Syvissä leikkauksissa tiealueen ulkopuolella olevat karkeatähtäysmerkit jäävät niin ylös, että leikkauspinnan tarkkailu niiden perusteella tulee hankalaksi. Tällöin tähtäysmerkit asetetaan vasta sitten, kun leikkaustyö on edistynyt niin pitkälle, että ne voidaan asettaa riittävän alas leikkausten sisäpuolelle. Mikäli leikkauksen pohjalle sijoitetuista tähtäysmerkeistä ei ole haittaa leikkaustyölle, asetetaan merkit leikkauspinnan taitekohtiin ARP + 1 m korkeudelle siten, että tähtäys voidaan tehdä taitekohtien rajoittamilla leikkauspinnan osilla joka kohdassa vakiomittaisella ajokepillä.

## 2.8 Penkereiden merkitseminen

Penkereitä rakennettaessa asetetaan yleensä karkeatähtäysmerkit penkereen ulkopuolelle. Penkereen pinnan lähestyessä lopullista muotoaan asetetaan tähtäysmerkit sekä luiskamallit penkereelle. Mikäli penkereen ydin tehdään eri materiaalista kuin luiskat, riittää yleensä ydinpenkereen merkitsemiseksi penkereen ylä- ja alanurkan osoittaminen tähtäysmerkillä tai luiskalaudalla. Luiskalaudat asetetaan lopullisen pinnan mukaan.

Tähtäysmerkit asetetaan siten, että alusrakenteen yläpintaa tehtäessä voidaan käyttää yhtä vakio pituista ajokeppiä silloin, kun tie on yhteen suuntaan kalteva. Kun tiessä on harja, voidaan ajokeppiin kiinnittää kaksi korkeusmerkkiä, joista toinen on tarkoitettu käytettäväksi harjan kohdalla ja toinen ajoradan reunalla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ristilappuja.

## 2.9 Kuivatuslaitteiden merkitseminen

Rumpujen ja sadevesijohtojen merkitseminen tapahtuu yleensä tähtäysmerkkien tai -porttien avulla.

Rummut merkitään kahdella kaivantoa vastaan kohtisuoralla tähtäysportilla, joista myös rummun pään sijainti voidaan mitata.

Sadevesijohto- ym. kaivantojen keskilinja ja kulmapisteet merkitään paaluilla. Kaivantojen korkeudet merkitään kaivantoa vastaan kohtisuoraan asetettavilla tähtäysporteilla 15 - 30 m välein. Porttien väliin voidaan pingottaa putkilinjan keskikohtaa osoittava lanka.

Sadevesikaivojen paikat on vaativissa rakennuskohteissa määritetty suunnitelmassa koordinaatein ja ne mitataan paikalleen sädemittauksella.

Sadevesijohtojen ja rumpujen tehokkain merkitsemistapa on suuntauslaserin käyttö. Lasersäde suunnataan putken sisälle.

Ennen kaivutöiden aloittamista merkitään ojat ja johtolinjat paaluilla suunnitelmien mukaisesti maastoon. Vaativissa työkohteissa mittaukset tehdään monikulmiopisteiltä, muulloin mittalinjalta.

Kaivantojen keskilinja merkitään paaluin. Kulmapisteet tai muut linjan uudelleen merkitsemistä varten tarpeelliset pisteet varustetaan työalueen ulkopuolelle sijoitetuilla sidontapaaluilla. Tällöin alkuperäinen merkintä voidaan helposti uusida. Kaivantojen korkeu-



det merkitään kaivantoa vastaan kohtisuorilla tähtäysporteilla, joita asetetaan ainakin sadevesi- ja salaojakaivojen kohdalle sekä kohtiin, joissa kaivannon suunta tai pohjan kaltevuus muuttuu. Ne asetetaan jollekin sopivalle  $n \times 0,5$  m korkeudelle kaivusvyödyden yläpuolelle. Usein on edullista sijoittaa tähtäysmerkki työn edistyessä valmiiseen ojaan.

## 2.10 Päälysrakennekerrosten merkitseminen

Päälysrakenteen tekemistä varten asetetaan yleensä ristilaput  $0,5$  m pientareen reunasta luiskan puolelle. Korkeusmerkit asetetaan tien lopullisen pinnan mukaan jolloin rakennekerroksia tehtäessä käytetään sopivan mittaisia ajokeppejä. Päälysrakenteen tekovaiheessa joudutaan tähtäysmerkit tarkistamaan usein, koska ne eivät tahdo pysyä työn aikana paikallaan.

Tähtäysmerkit asetetaan yleensä  $20$  m välein, mutta esim. pientareissa kaarteissa on tarpeen käyttää  $10$  m paaluväliä. Tähtäysmerkkejä tarvitaan yleensä kolme kappaletta, kun kysymyksessä on yksipuolinen sivukaltevuus. Vastaavasti kaksipuolisessa sivukaltevuudessa käytetään kuutta tähtäysmerkkiä. Yksi "ylimääräinen" tähtäysmerkki mahdollistaa merkkien korkeusasemassa mahdollisesti tapahtuvien muutosten havaitsemisen sekä estää korkeuden häviämisen, mikäli yksi merkki jostain syystä tuhoutuu.

Tähtäysmerkit sijoitetaan kohtisuoraan tien mittalinjaan nähdessä, että sisemmät merkit asetetaan yleensä päälysrakenteen alapinnan leveyden mukaan ja ulommat näistä  $n. 4-5$  m etäisyydelle. Kunkin kerroksen yläpinnan leveyttä voidaan tarkkailla mittamalla sisemmistä tähtäysmerkeistä. Korkeudet merkitään joko  $1,0$  tai  $0,5$  m korkeudelle tienpinnan yläpuolelle. Jos kerrosten kokonaispaksuus on yli  $0,7$  m käytetään yleensä  $0,5$  m ajoa, koska alempia kerroksia tehtäessä tähtäys voi muuten olla hankalaa.

## 2.11 Päälysteen merkitseminen

Päälystystyötä varten voidaan päälysteen reuna merkitä paaluilla  $10$  tai  $20$  m välein. Merkkipaalut yhdistetään usein linjalangalla. Yleensä merkitään ainoastaan toinen reuna, jolloin päälystystyön suorittava urakoitsija vastaa päälysteen leveyden mittauksesta.

## 2.12 Liittymien sekä varusteiden ja laitteiden merkitseminen

Vaativissa rakennuskohteissa, etenkin taajamaympäristössä, vaativat muut kuin varsinaiseen maanrakennustyöhön liittyvät mittaukset usein puolet kaikista mittaustehtävistä.

Eritasoliittymien, kuten myös muiden vaativien kohteiden paikalleenmittauksessa on järkevintä käyttää säteittäistä mittaustapaa vapaalta kojeasemalta. Tällöin voidaan vähintään kahden tunnetun pisteen avulla määrittää maastosta valitun kojeaseman koordinaatit. Merkitseminen tapahtuu tämän jälkeen syöttämällä lasketut liittymäpisteet mittauskoeeseen, joka laskee paalutusmitat. Tehokas työskentely edellyttää elektronista takymetriä, jossa on 2-suuntaisella tiedonsiirrolla varustettu maastotallennin ja laskentayksikkö. Tällöin ei paalutettavia pisteitä tarvitse syöttää käsin, vaan piste voidaan kutsua käsiteltäväksi tunnuksensa avulla.

Jos liittymäpisteille ei ole laskettu koordinaatteja, voidaan ne helposti määrittää suoraan kuvasta digitointilaitteen avulla. Samalla tavalla voidaan muuntaa koordinaateiksi myös valaisin- ja liikennevalopylväiden sekä liikennemerkkien sijainti.

Liittymien reunakivilinjat ja reunaviivat voidaan merkitä siten, että merkitään ko. linjan paikka 2 m välein, minkä jälkeen lopullinen geometria määritetään jäykähkön narun avulla. Narun päälle suihkutetaan spraymaalia, jolloin asfalttiin tulee viiva, jonka mukaan reunakivet tai -viivat saadaan täsmälleen haluttuun paikkaan. Muut viivat, kuten kaista- ja sulkuviivat, mitataan paikoilleen kohtisuoraan mittalinjalta 20 m välein ja merkitään päällysteeseen maalimerkillä. Sellaisissa paikoissa, joissa ajoratamerkkien kulutus on suurta, voidaan tehdä pysyvät merkit asfalttiporan ja kestoperäntäaineen avulla.

Kaidelinja tasataan yleensä tien reunan korkeuden mukaan. Joskus voi tasaukseen tulla häiritseviä taitteita. Tällöin voidaan tien reunan korkeutta kuvaava viiva piirtää millimetripaperille ja tämän jälkeen suunnitella kaiteen tasaus käyräviivaimella.

Suunnitelmissa esittävät istutukset mitataan paikoilleen sellaisella tarkkuudella kuin suunnitelman perusteella on mahdollista.

### 2.13 Määrälaskentamittaukset

Määrälaskentaa palvelevia mittauksia tehdään tarvittaessa leikkaus- ja pengerrystöiden yhteydessä. Mittaukset voidaan tehdä poikkileikkauksittain, jolloin paaluväliksi riittää 20 m penkereiden ja maaleikkausten kohdalla. Kalliomassojen arvioimiseksi on poikkileikkausten väliä tihennettävä esimerkiksi 5 metriin, tarvittaessa tätäkin pienemmäksi. Kallion pinnan määrittämiseksi on myös mahdollista soveltaa hajapiste- tai ruutumentelmää sekä takymetrimittauksia. Tällöin muodostetaan kalliopinnasta numeerinen korkeusmalli.

### 2.14 Siltojen mittaus

Siltamittauksille ovat ominaisia tiukat tarkkuusvaatimukset, mitausten suuri määrä sekä eri rakenneosien välinen suuri korkeusero.

Suunnitteluvaiheessa tehty runkopisteistö ei yleensä ole riittävä lähtökohta. Täten on hyvissä ajoin ennen siltatyön alkua runkopisteet tarkistettava sekä rakennettava tarvittavat lisä- ja apupisteet. Korkeuskiintopisteitä tulee olla sillan kummankin pään läheisyydessä.

Siltamittaukset voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan:

- perus- ja tukirakenteiden merkitseminen
- kansirakenteiden merkitseminen
- tarkistusmittaukset.

Siltojen mittauksesta on erilliset ohjeet, joten asiaa ei käsitellä tässä yhteydessä tarkemmin.

### 3. MERKITSEMISTAVAN VALINTA

Ennen rakennustyön alkua tulee suunnitella, mitä menetelmiä kyseisessä työssä tullaan käyttämään sekä ottamaan huomioon koneiden kuljettajien tarpeet, jotta tähtäysmerkkien käyttö olisi mahdollisimman tarkoituksenmukaista. Kuvassa 2 on valintataulukko, joka helpottaa työmaamittausten suunnittelua.

		PAALU TAI RIMA	LUISKALAUTA	LUISKAMALLI MAAN PINNALLA	TÄHTÄYS-MERKKI	RISTI-LAPUF	KARKEA-TÄHTÄYS-MERKIT	TÄHTÄYS-PORTIT
LEIKKAUSLUISKAN YLAKULMA				⊗				
OJAN POHJA					⊗			
PENGERLUISKAN ALAKULMA		×		⊗				
PENKERENIALUSRAKENTEENI YLAKULMA			×		⊗		⊗	
RAKENNEKERROSTEN PINTA					×	⊗		
PIENTAREEN KULMA					⊗			
PAALLYSRAKENTEEN REUNA		⊗			×			
LUISKAN PINTA			⊗					
AJORADAN PINTA KESKIVIIIVAN KOHDALLA					×	⊗		
KAIVANNOT, RUMMUT, SADEVESIJOHDOT					×			⊗
KALLIOLEIKKAUS								⊗

⊗ SUOSITELLAAN  
 × SOVELTUU KÄYTTÖÖN

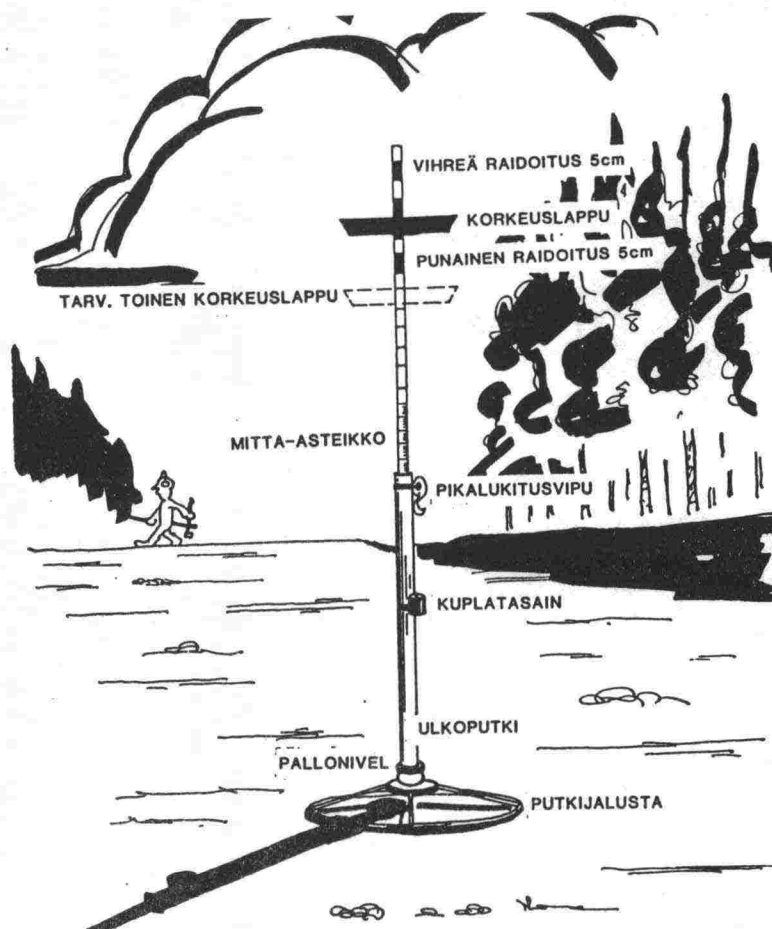
Kuva 2. Merkitsemistavan valinta.

#### 4. MERKITSEMISTÖITÄ VÄHENTÄVIÄ MENETELMIÄ JA VÄLINEITÄ

Tässä kappaleessa käsitellään muutamia menetelmiä mittaustöihin liittyvien välineiden kehittämiseksi sekä esitellään joitakin jo käytössä olevia laitteita rakennuskoneissa.

##### Ajokepin kehittäminen

Tavallisen ajokepin käyttö on yleensä jonkin verran hankalaa, jos tähtäys joudutaan tekemään kahden korkeusmerkin välissä. Tämä edellyttää yleensä, että käydään kurkistamassa tähtäysmerkin takaa ajokepin korkeutta. Tekniikkaa voidaan kehittää rakentamalla ajokeppi, jossa sovelletaan kulmaprismaperiaatetta siten, että prismojen avulla voidaan lukea kahden korkeusmerkin määrittämä taso niiden välistä.



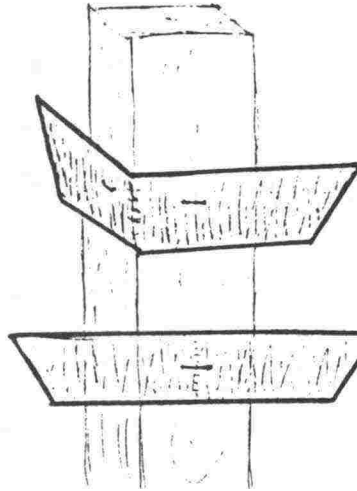
Kuva 3. Ajokeppi

##### Tähtäysmerkkien pystytys

Paalujen ja tähtäysmerkkien pystytykseen voidaan käyttää au-rausviittojen pystytyslaitetta. Tekniikka soveltuu etenkin valmiin penkereen päälle sekä kovaan pientareeseen pystytettäviin merkkeihin. Muita mahdollisia välineitä ovat kevyet polttomoottori-käyttöiset iskuporakoneet.

### Korkeusmerkin kehittäminen

Korkeusmerkin keskelle tehtävällä uralla voidaan helpottaa tähtäystä eri suunnista. Tällöin merkki voidaan helposti taittaa kuvan mukaisesti ja kiittää paalun tai riman kahdelle eri sivulle.



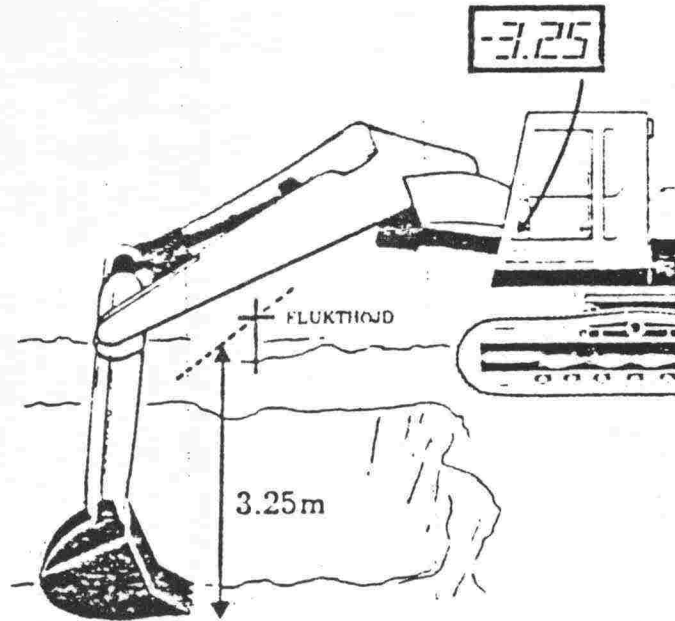
Kuva 4. Taitettava tähtäysmerkki.

### Rakennuskoneisiin asetettavat laitteet

Koneiden apumiesten palkkakustannukset noin 20 milj. markkaa vuodessa. Näiden kustannusten vähentämiseksi ja rakennustyön tarkkuuden parantamiseksi on Ruotsissa kehitetty rakennuskoneisiin asennettavia laitteita, joilla kuljettaja voi suoraan tarkistaa rakenteilla olevan pinnan tason tai kaltevuuden.

#### Levelator

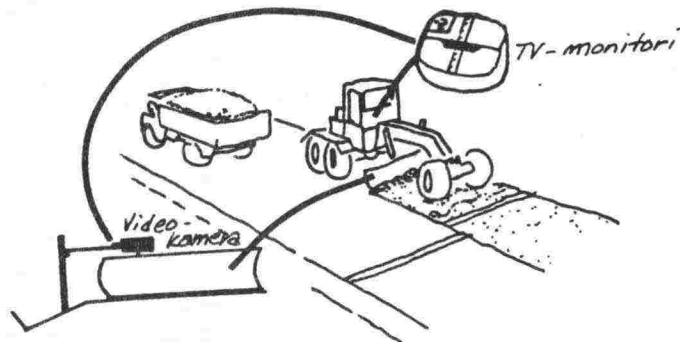
Pisimmälle kehitetty ja eniten käytetty järjestelmä on tuote nimeltään Levelator, jota käytetään kaivinkoneissa. Laite perustuu nesteletkuun ja siihen liittyvään elektroniseen anturiin ja näyttölaitteeseen. Kauha voidaan asettaa tähtäysmerkin päälle ja näyttölaitteen lukemat voidaan nolllata tähän tasoon. Tämän jälkeen kauhaa liikuteltaessa näyttää näyttölaite joka hetki kauhan korkeuden vertailutasoon nähden. Järjestelmällä on monipuolista käyttöä erilaisissa rakennustehtävissä ja se säästää nopeasti kustannuksensa vähentyneenä mittaustarpeena ja tarkempuna työnä. Laitteen kustannukset ovat tällä hetkellä noin 20 000 markkaa. Laitteita on Ruotsissa käytössä noin 200 kpl ja sen käyttö on nopeasti yleistymässä.



Kuva 5. Levelator kaivinkoneessa.

#### Videokamera tiehöylän terässä

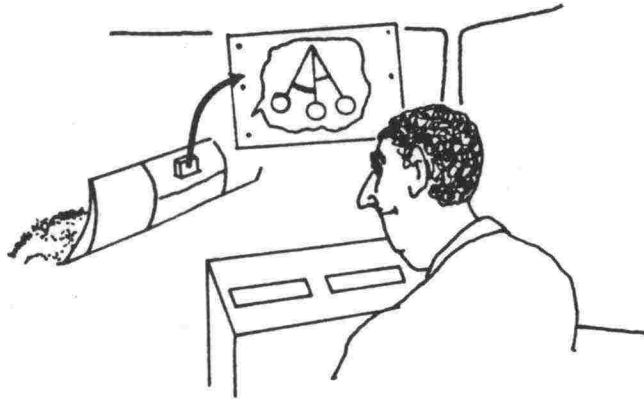
Ruotsissa on prototyyppeasteella käytössä tiehöylään liitetty videokamera. Kamera on kiinnitetty höylän terään ja näyttömonitori on kuljettajan hytissä. Laitteeseen liittyy tiehöylän terän automaattinen kaltevuuden asetustekniikka. Kaltevuus voidaan asettaa halutuksi, minkä jälkeen se pysyy tässä kaltevuudessa automaattisesti. Laitteen käyttö perustuu siihen, että tiehöylän ohittaessa hitaasti tähtäysmerkin nähdään monitorista, kuinka lähellä terä on suunniteltua pintaa. Käytäntö on osoittanut, että laitteisto helpottaa työtä ja takaa aikaisempaa huomattavasti tasaisemman rakennepinnan. Laitteisto on kokeiluasteella ja sen hinta on noin 65 000 markkaa. Tekniikkaa kehitetään ja laite tulee varmasti aikanaan laajempaan käyttöön.



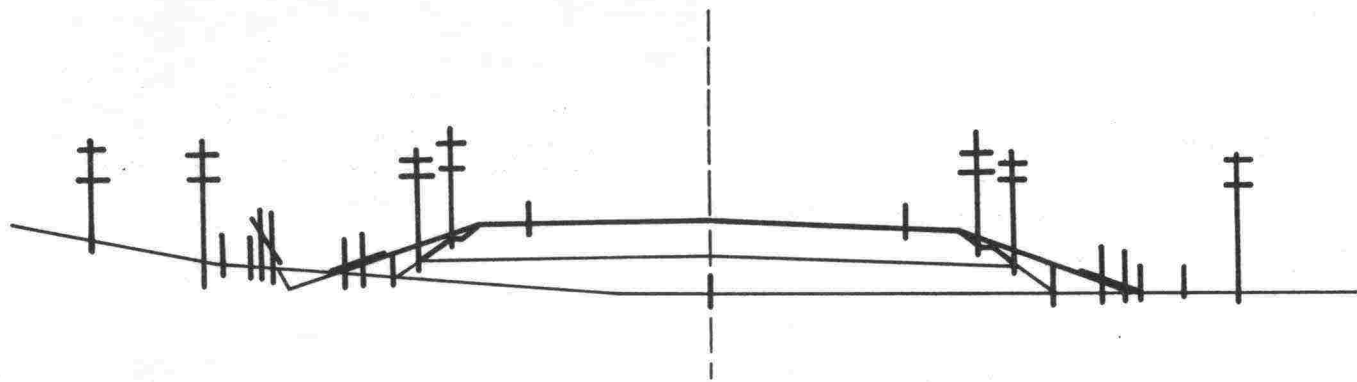
Kuva 6. Videokameran käyttö tiehöylän terässä.

### Tiehöylän kaltevuusmittari

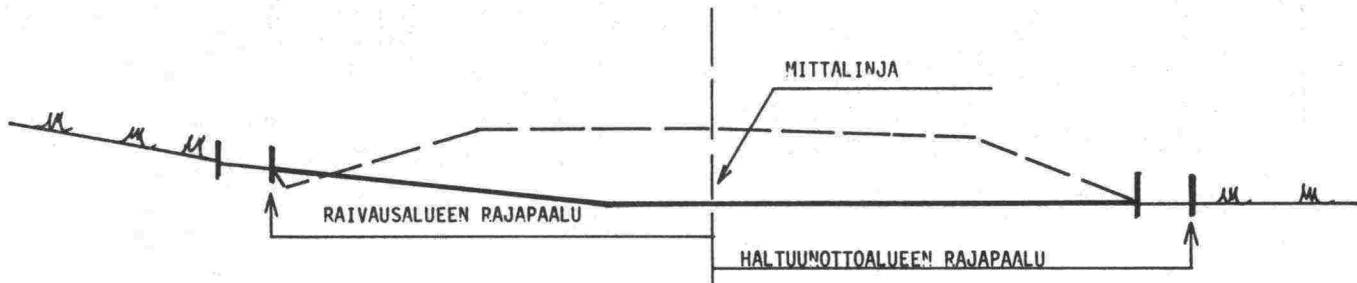
Tiehöyliin on myös saatavissa mekaanisesti toimiva yksinkertainen kaltevuusmittari, joka helpottaa kuljettajaa pitämään tiehöylän terän oikeassa kaltevuudessa.



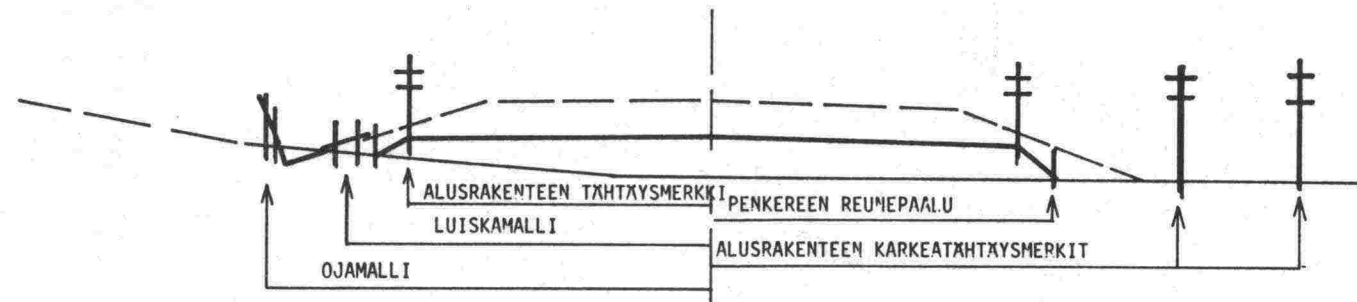
**Kuva 7. Tiehöylän kaltevuusmittari.**



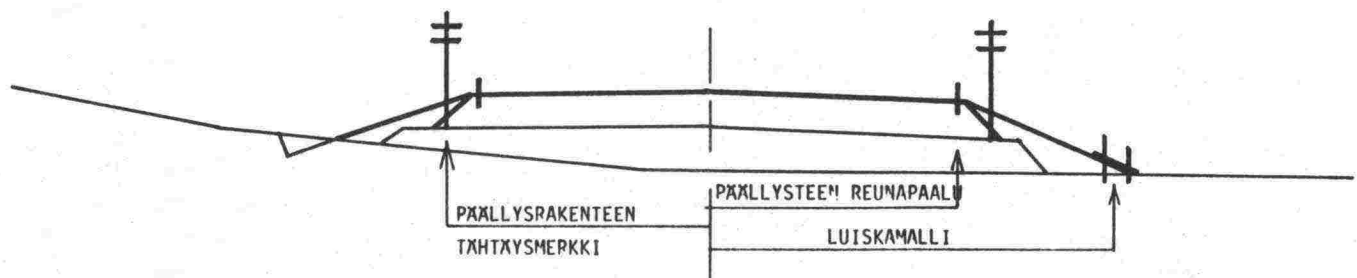
RAIVAUS



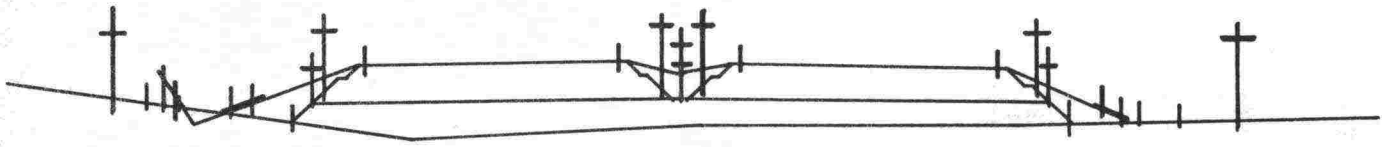
ALUSRAKENNE



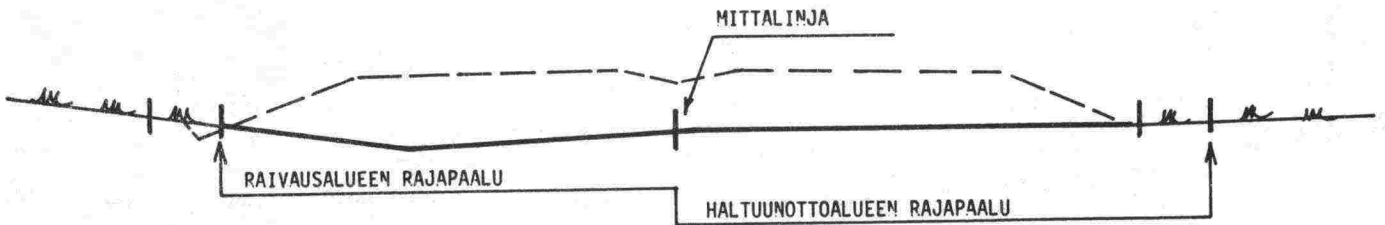
PÄÄLLYSRAKENNE



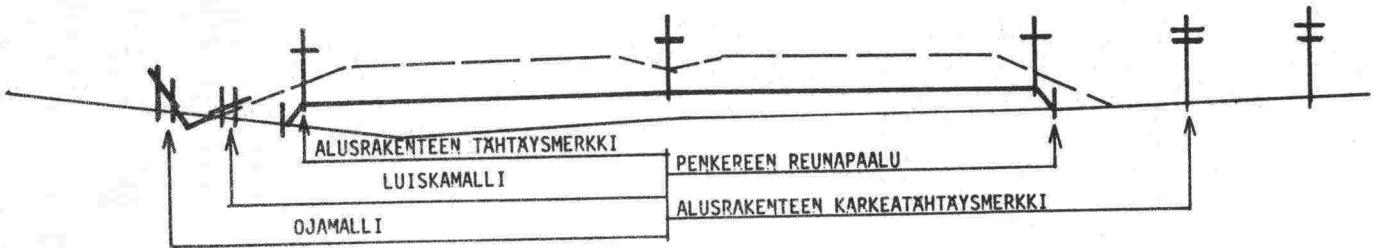




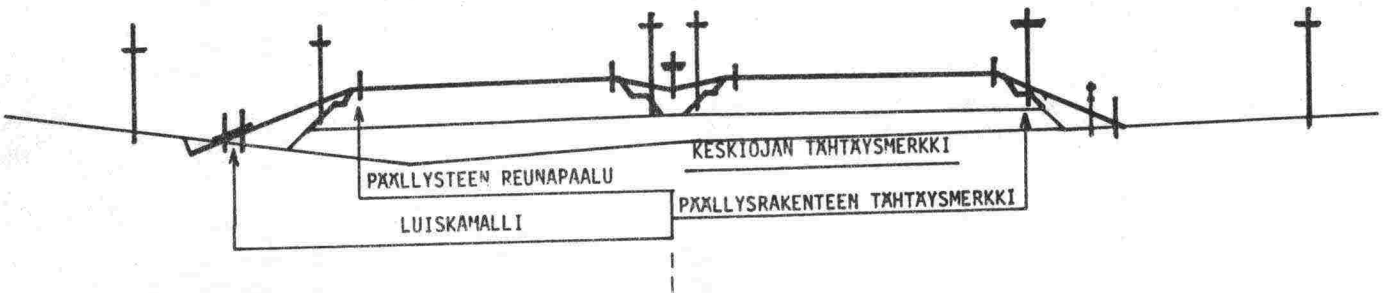
RAIVAUS

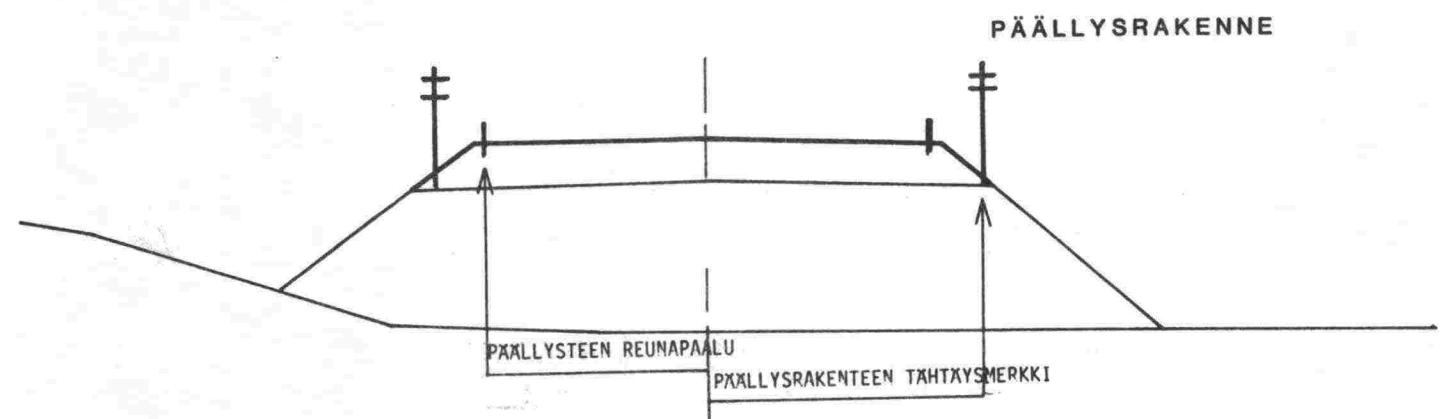
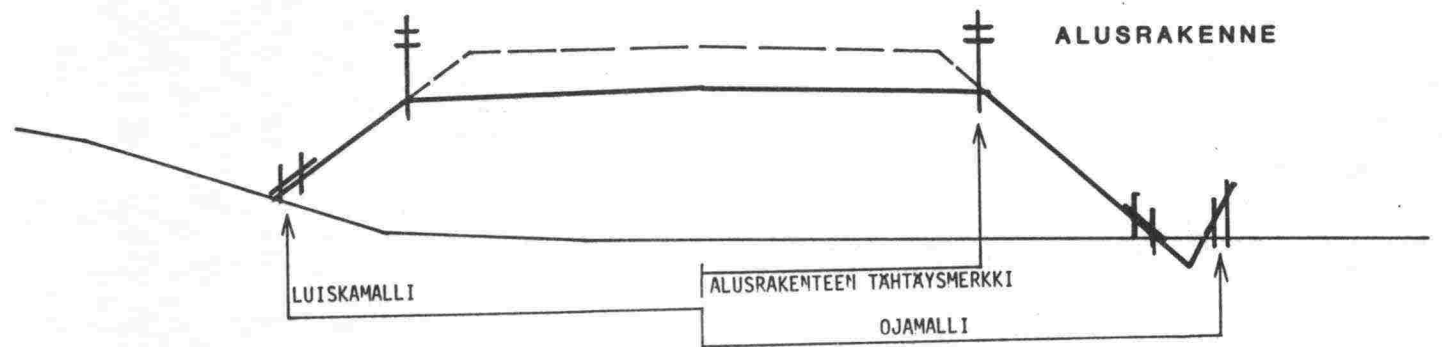
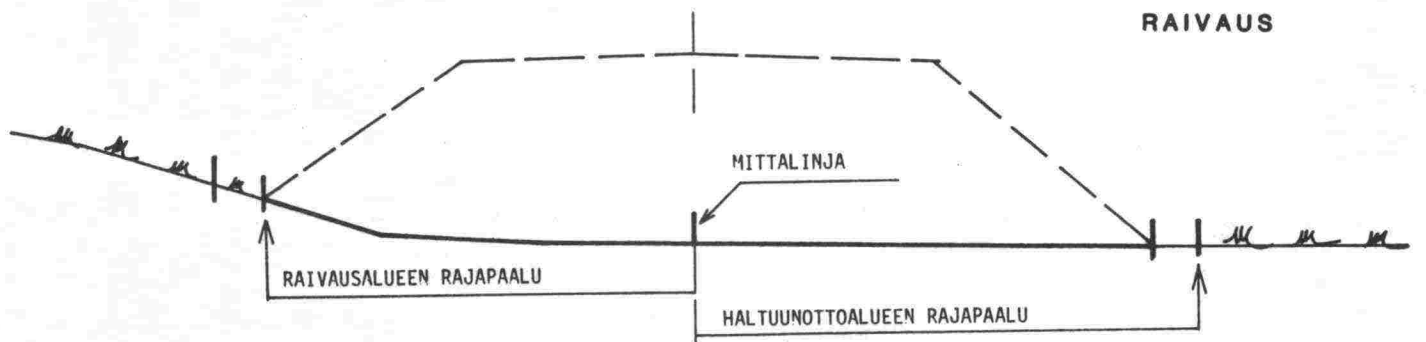
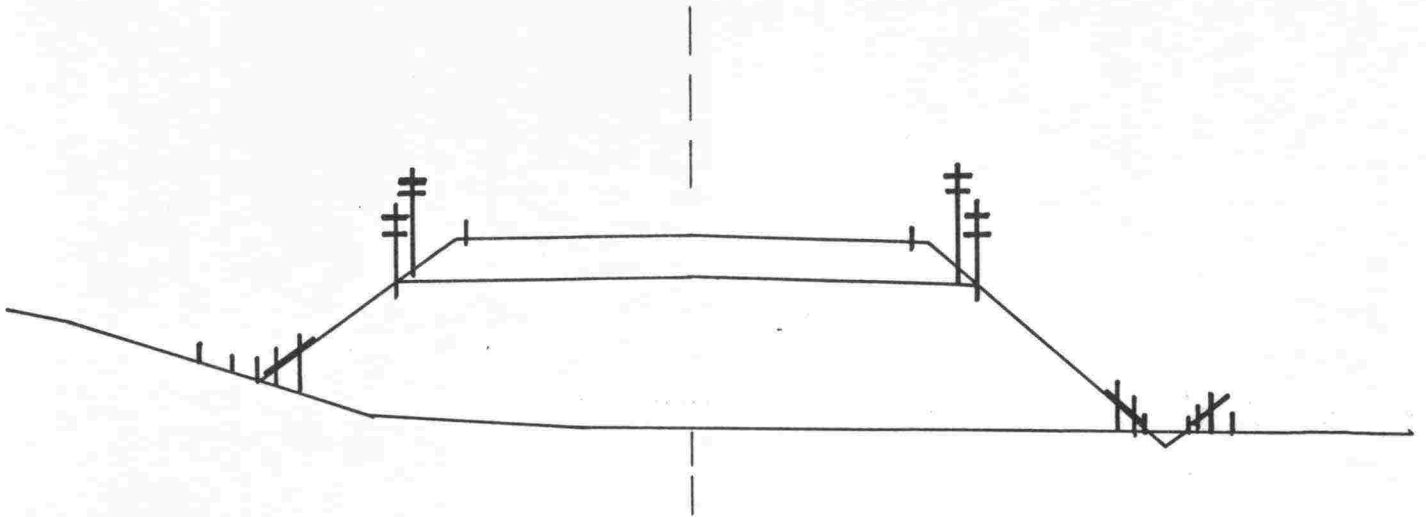


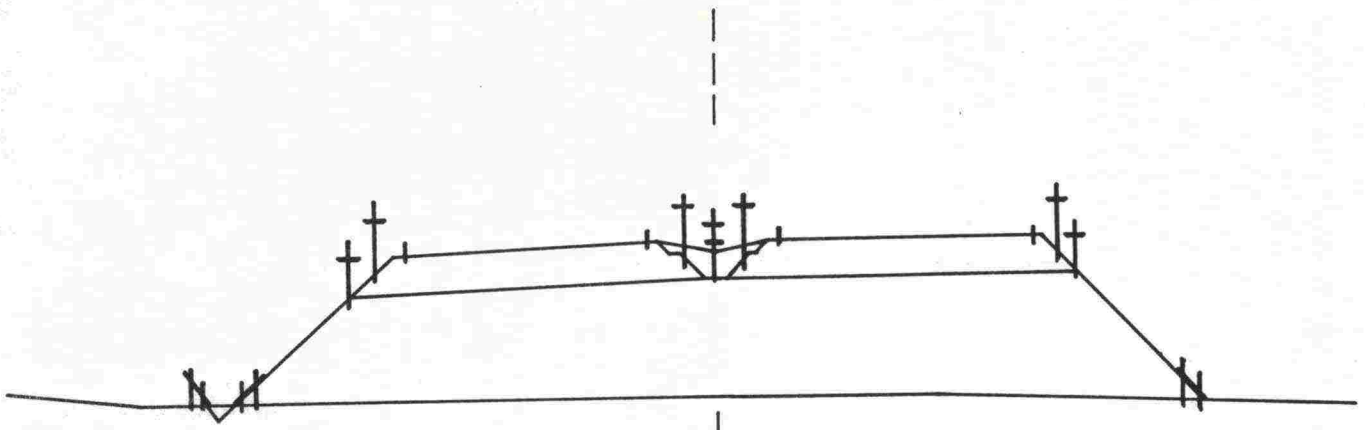
ALUSRAKENNE



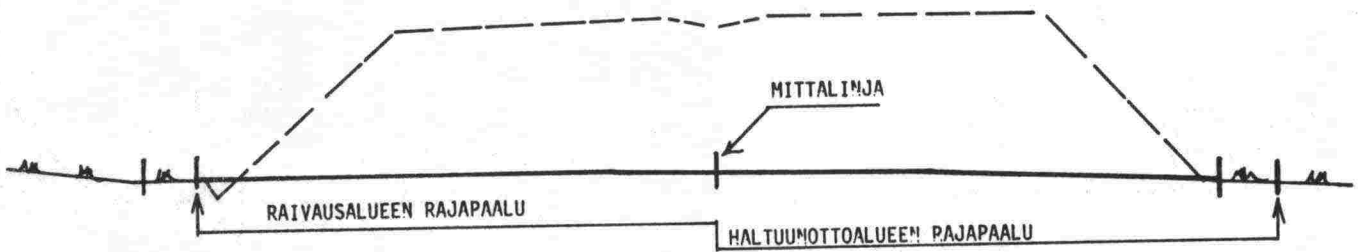
PÄÄLLYSRAKENNE



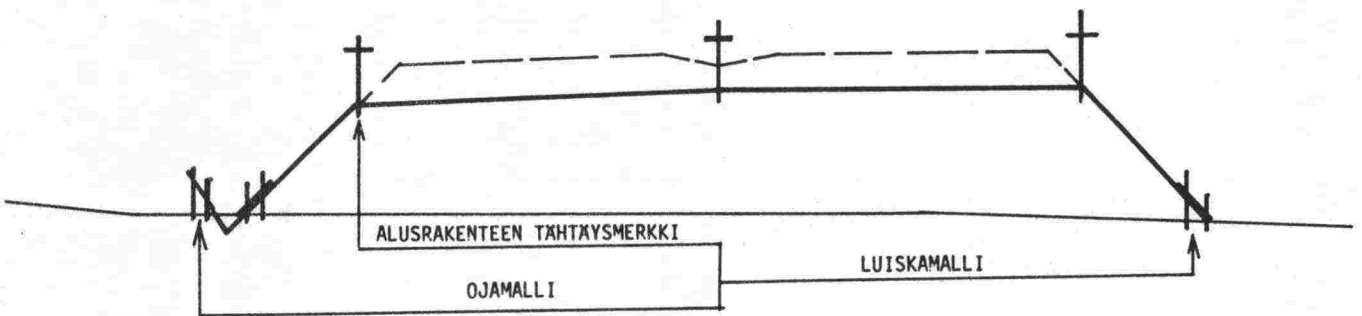




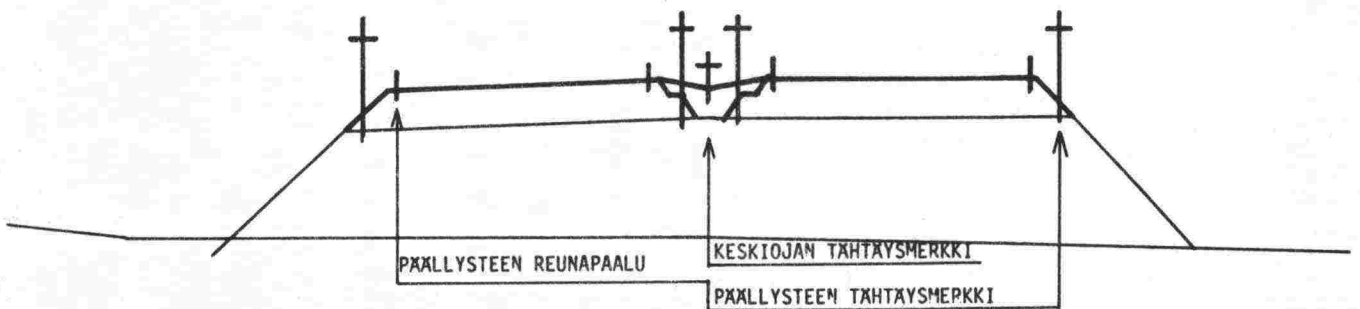
RAIVAUS

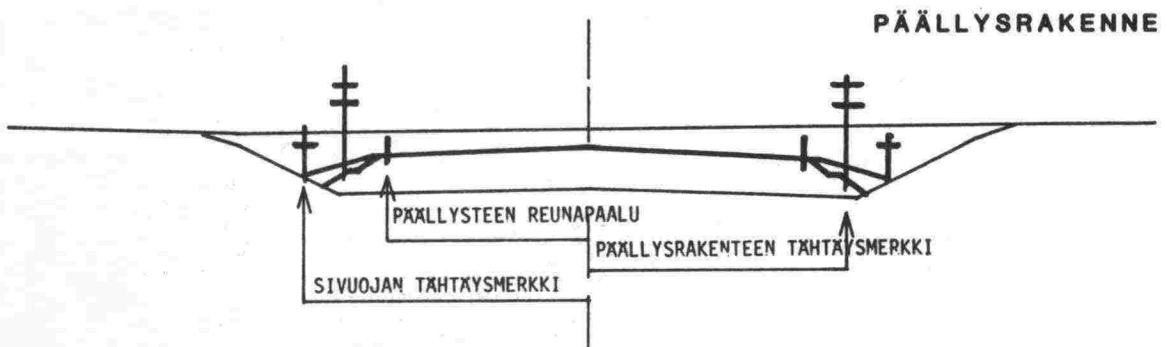
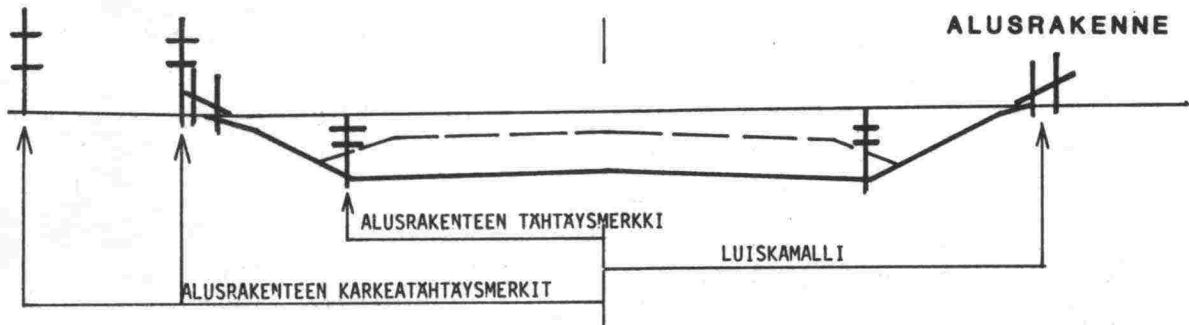
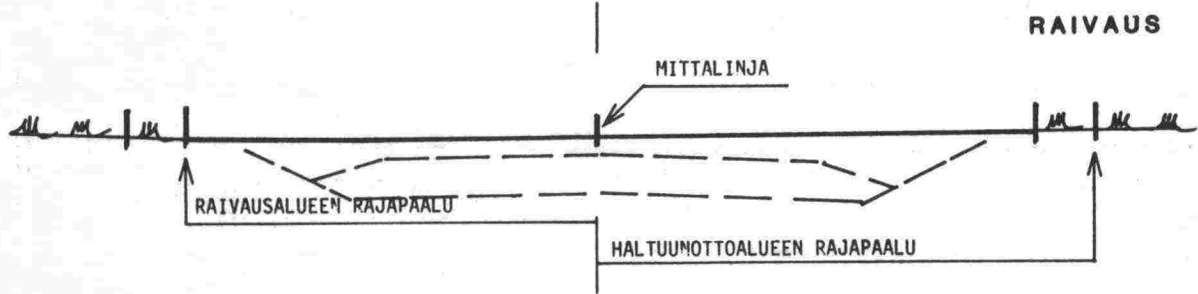
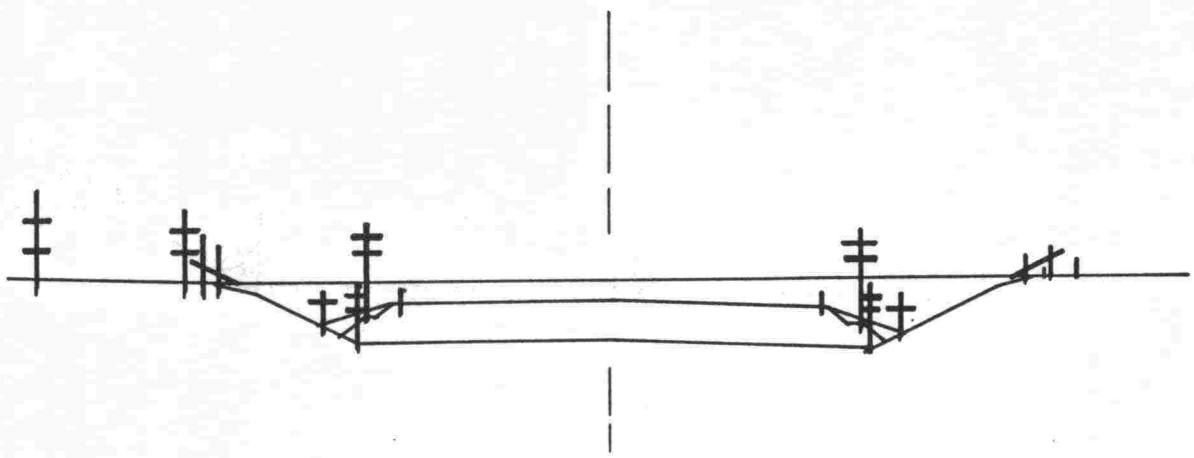


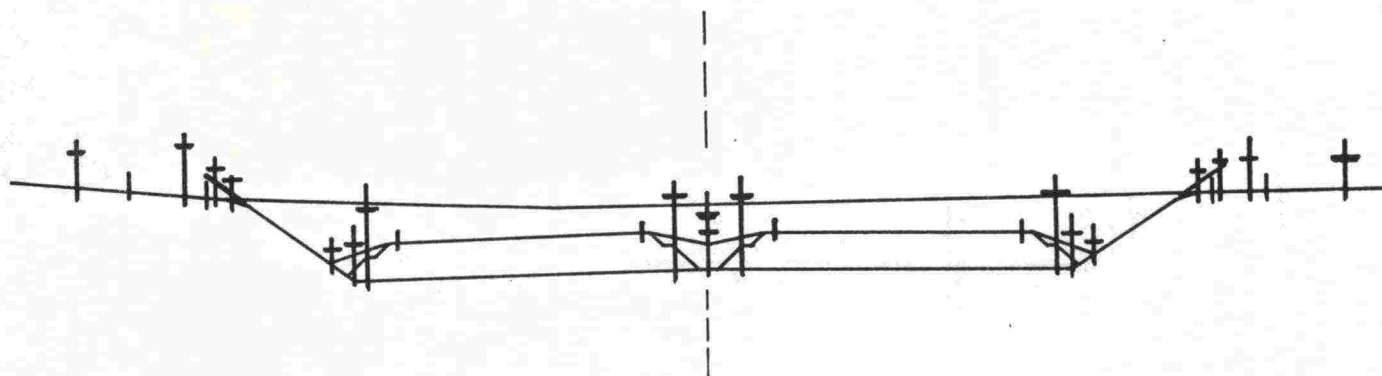
ALUSRAKENNE



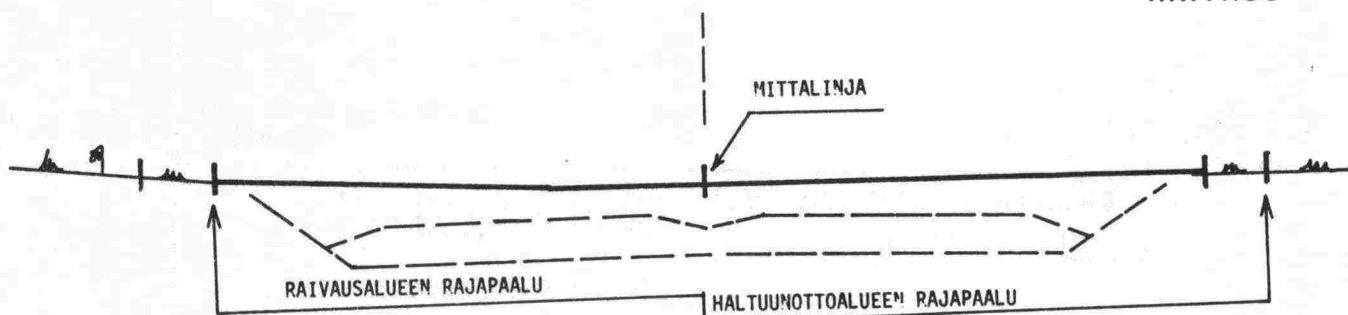
PÄÄLLYSRAKENNE



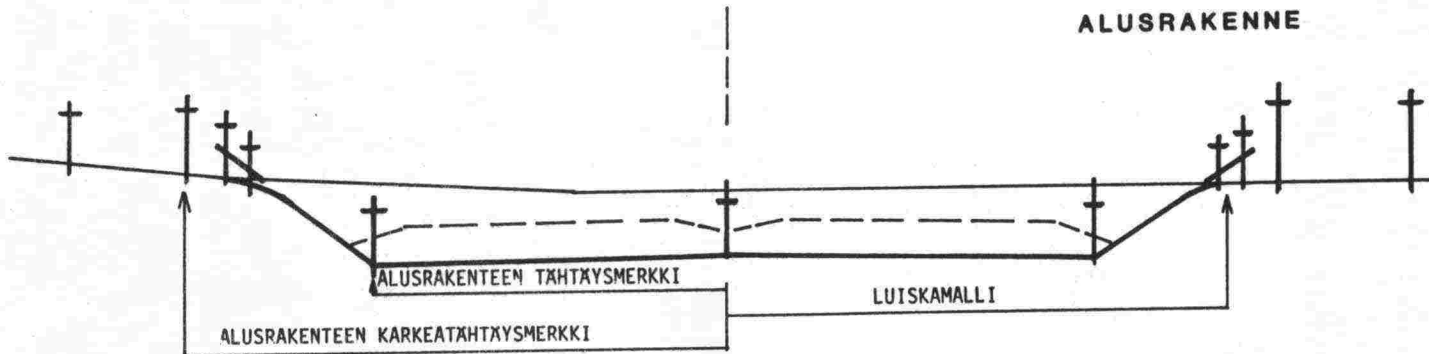




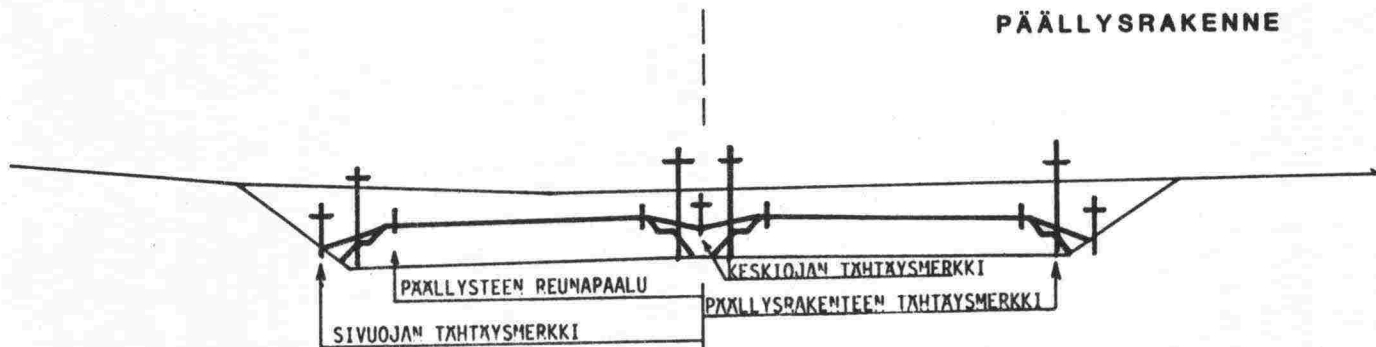
RAIVAUS



ALUSRAKENNE

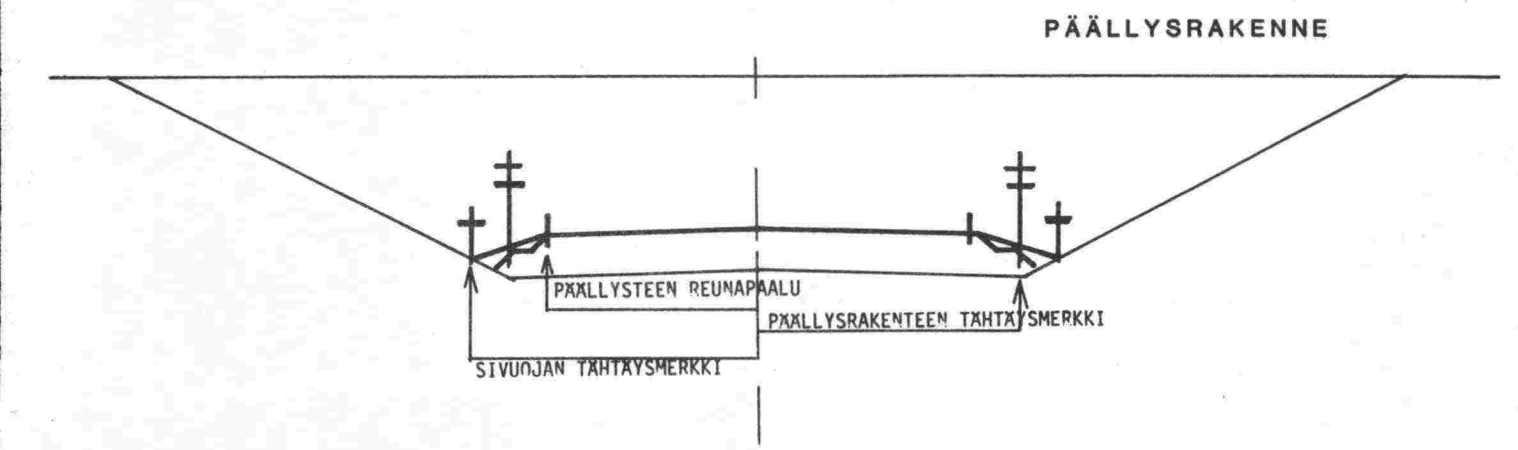
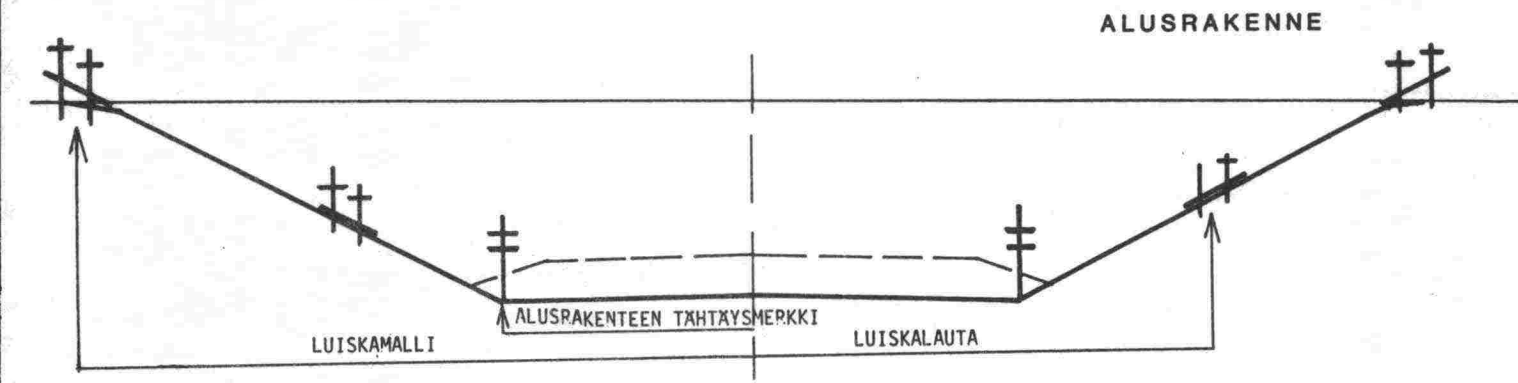
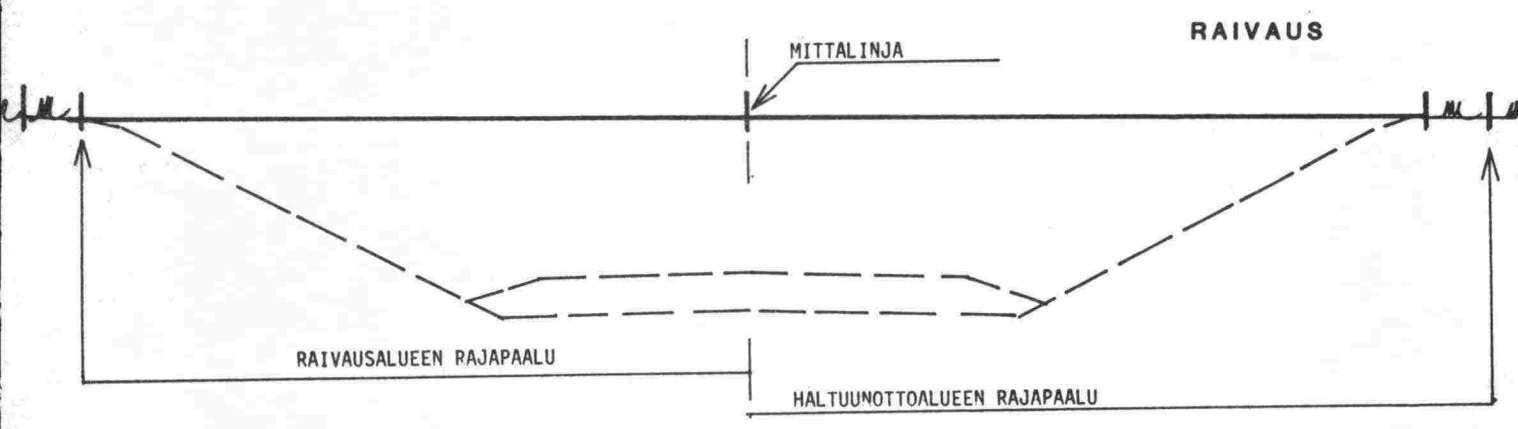
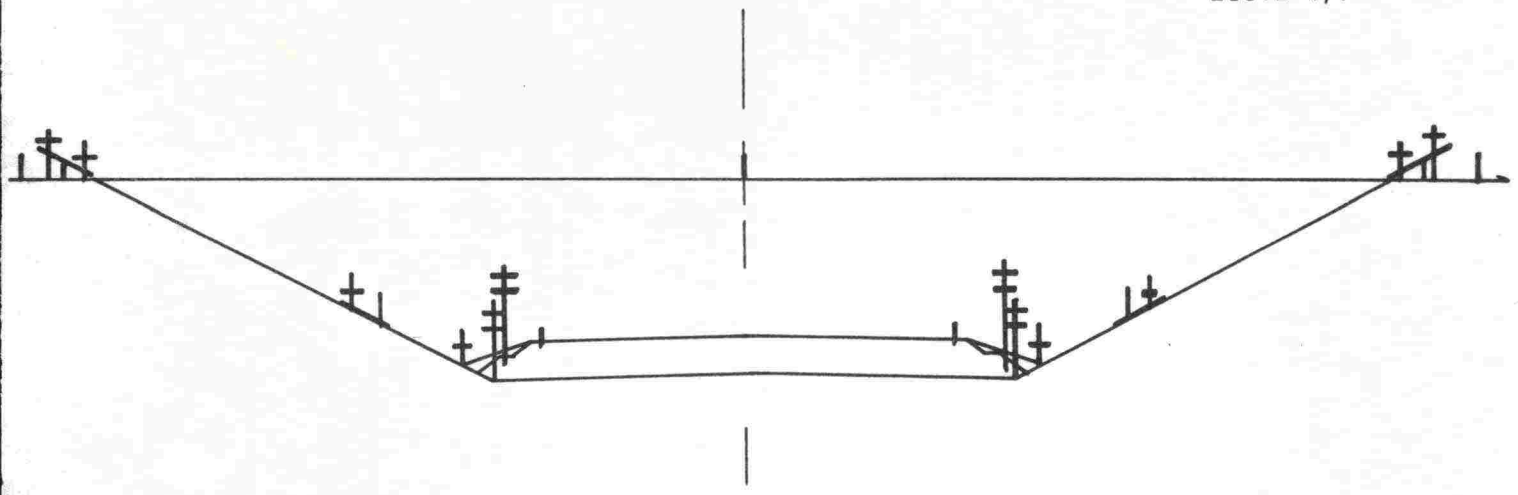


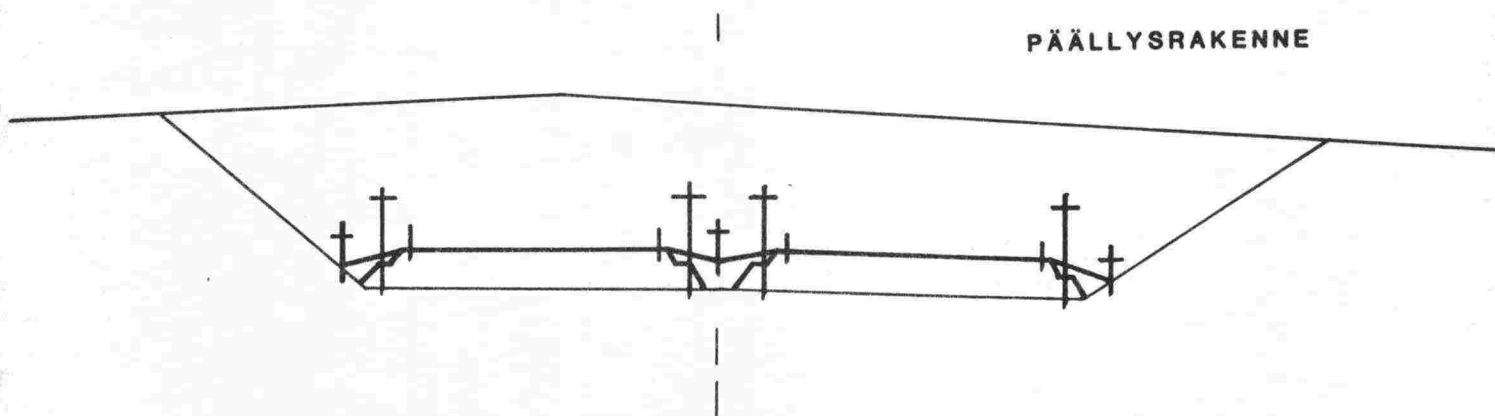
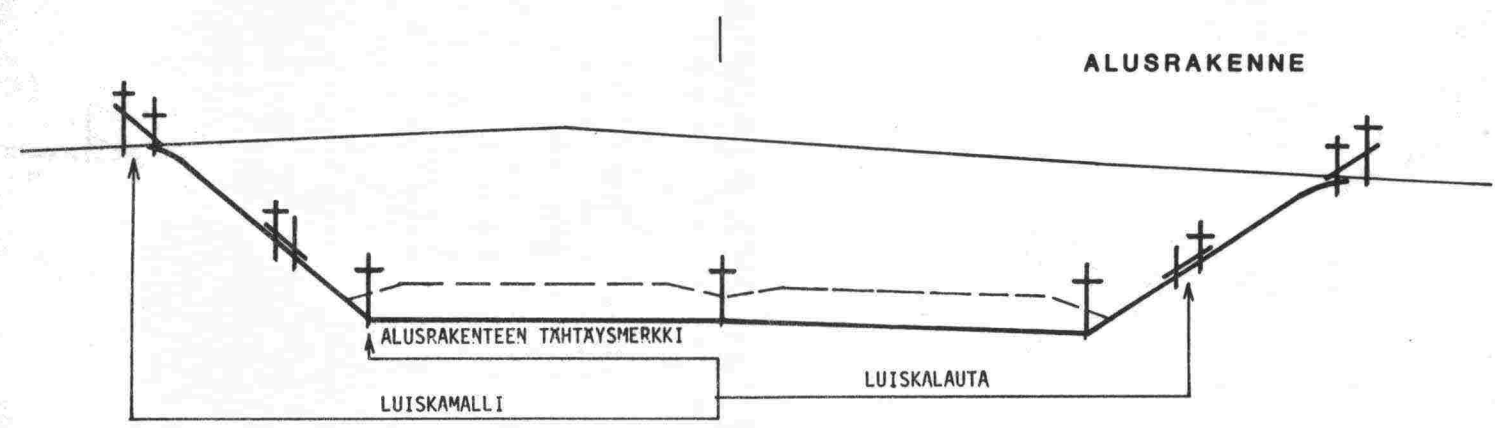
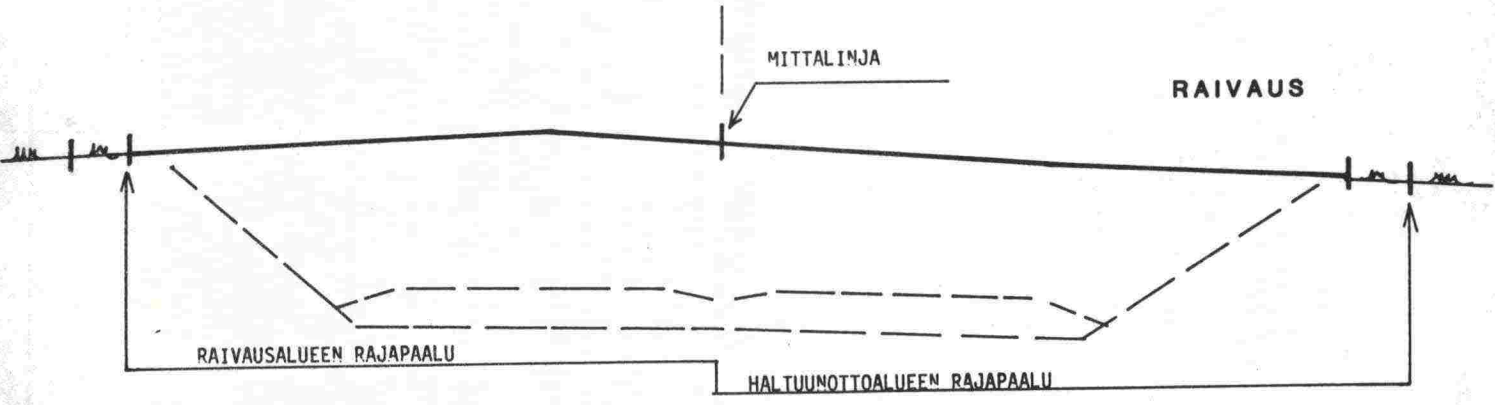
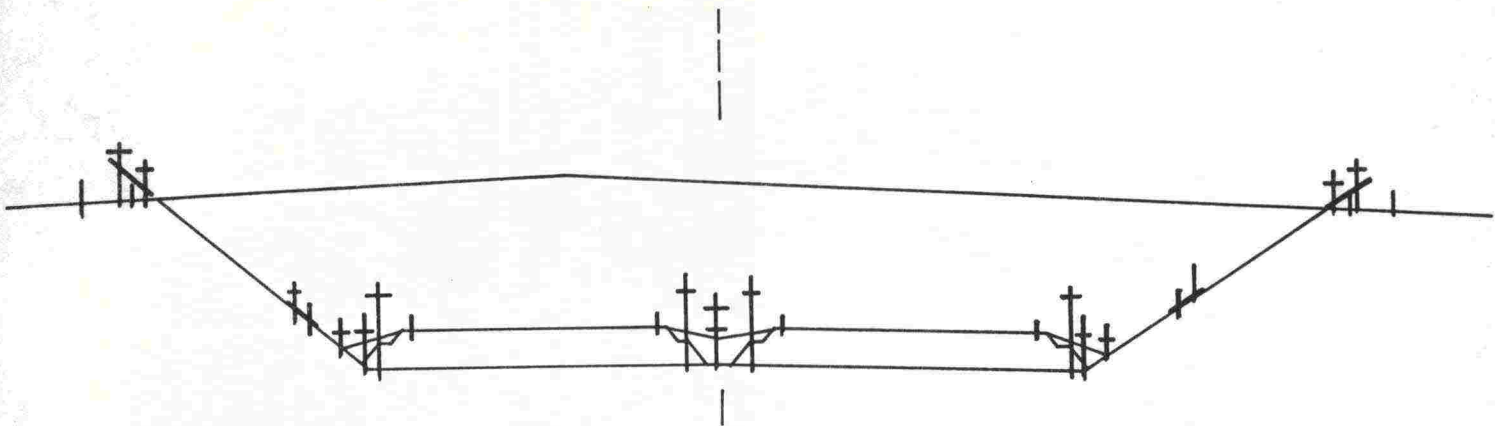
PÄÄLLYSRAKENNE

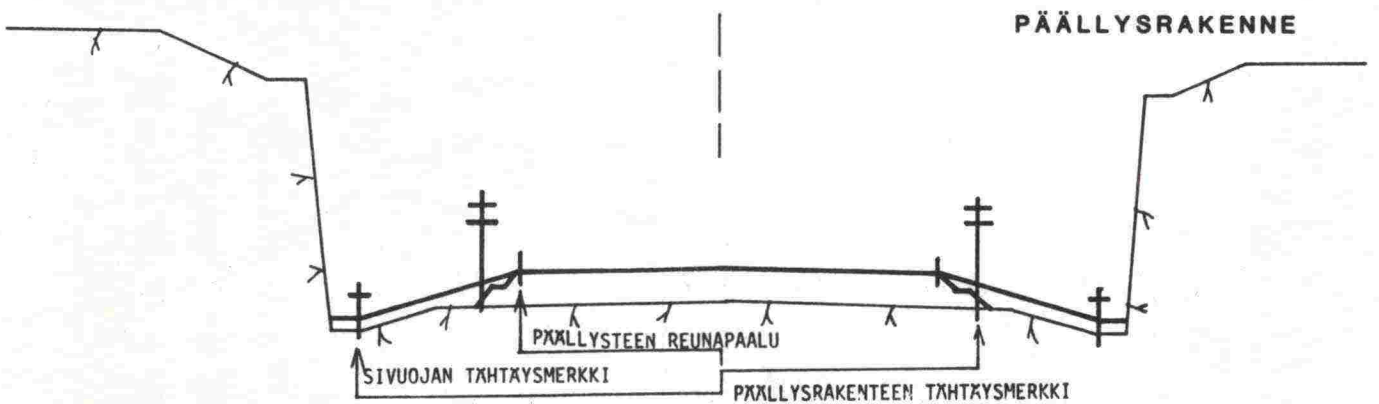
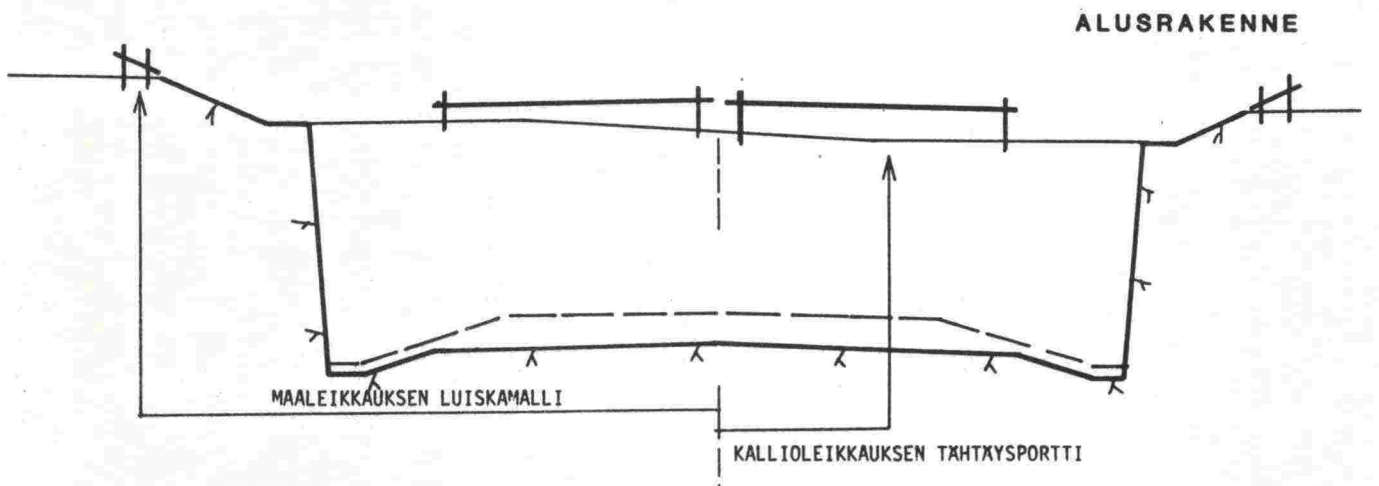
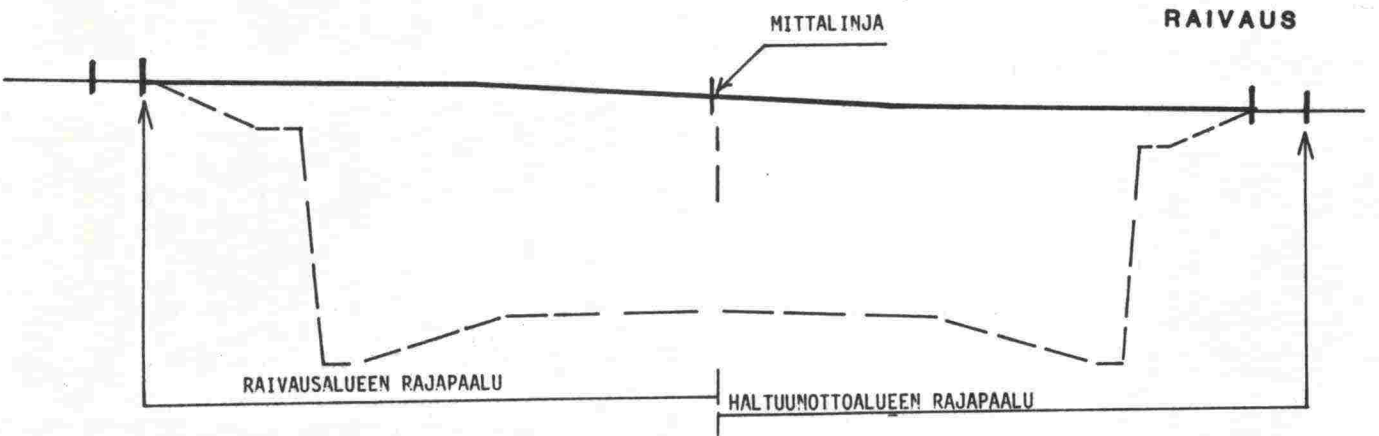
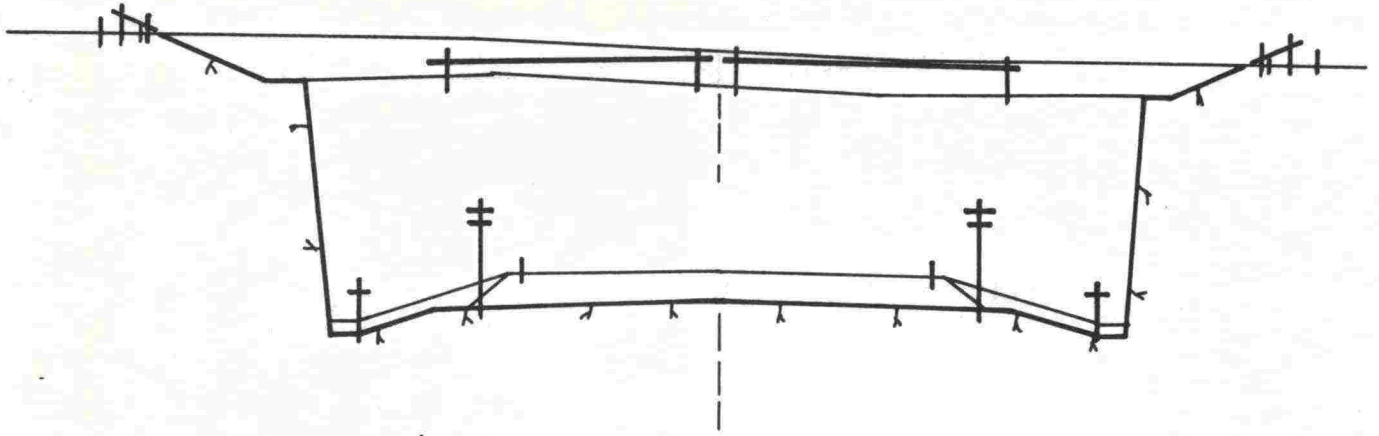


SYVÄ LEIKKAUS

LIITE 1/7



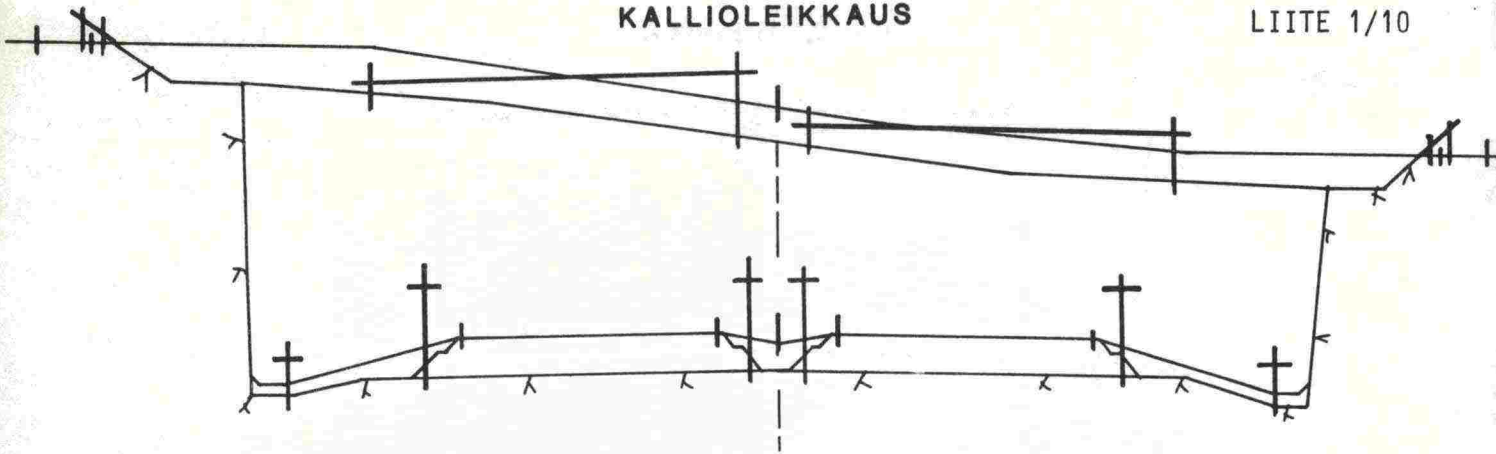




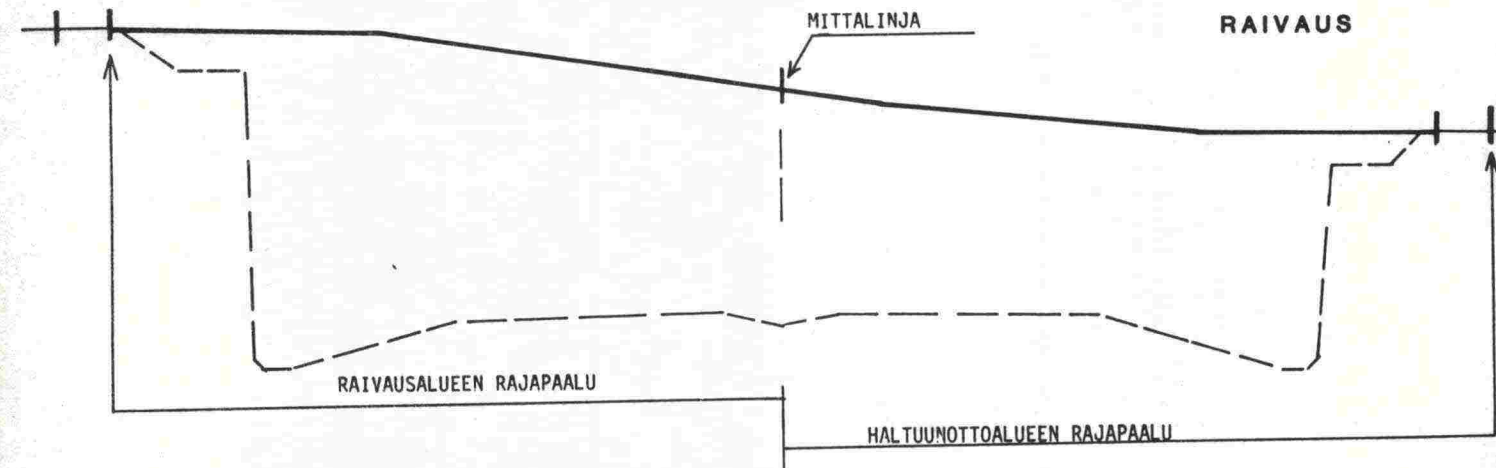


KALLIOLEIKKAUS

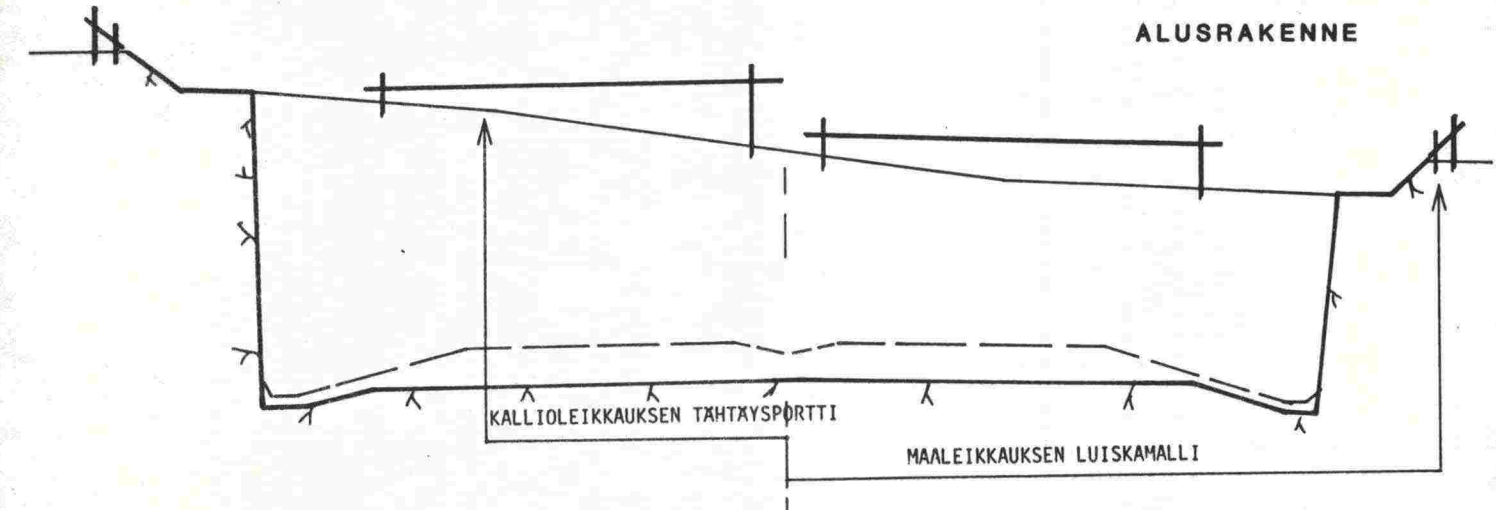
LIITE 1/10



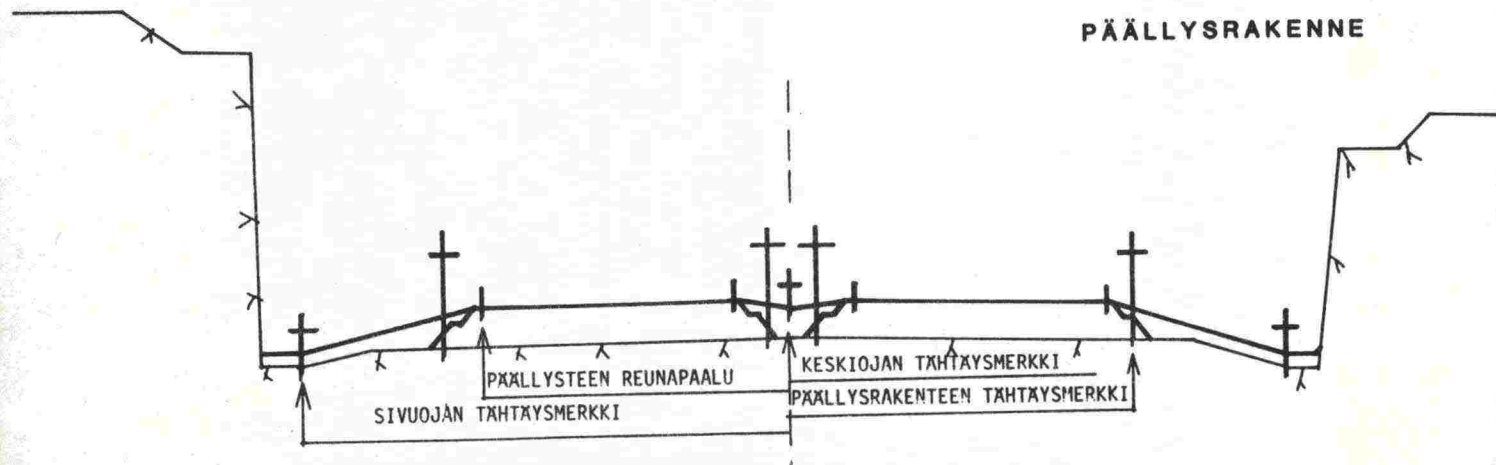
RAIVAUS



ALUSRAKENNE



PÄÄLLYSRAKENNE



ISBN 951-46-7345-X (koko teos)  
ISBN 951-46-7346-8 (osa 1)