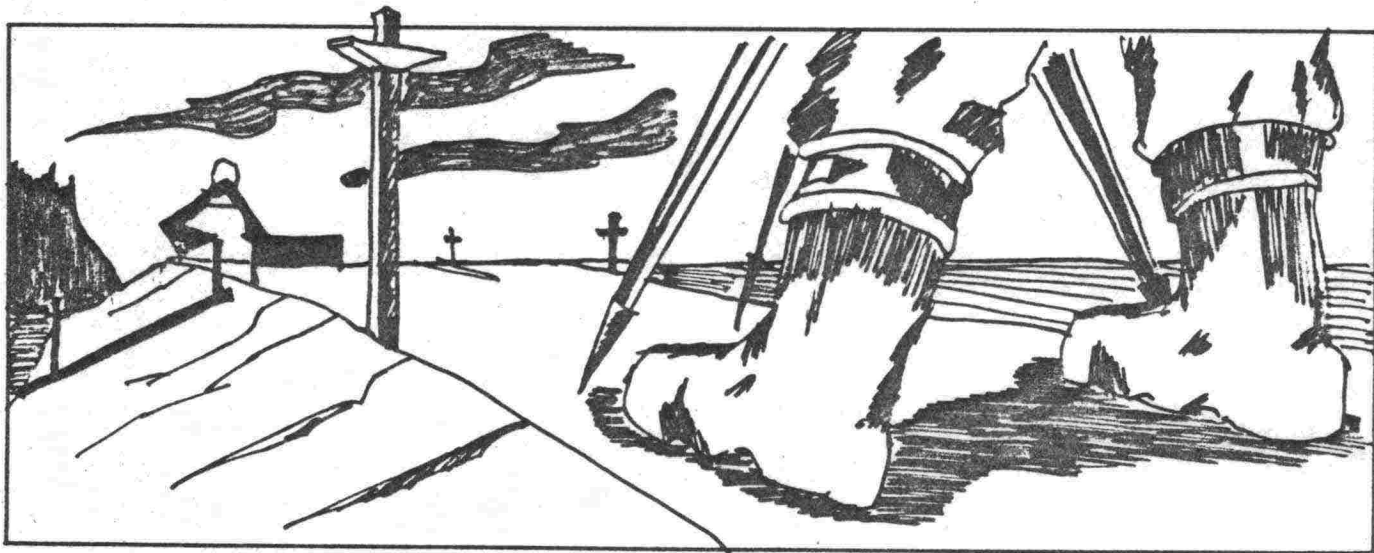
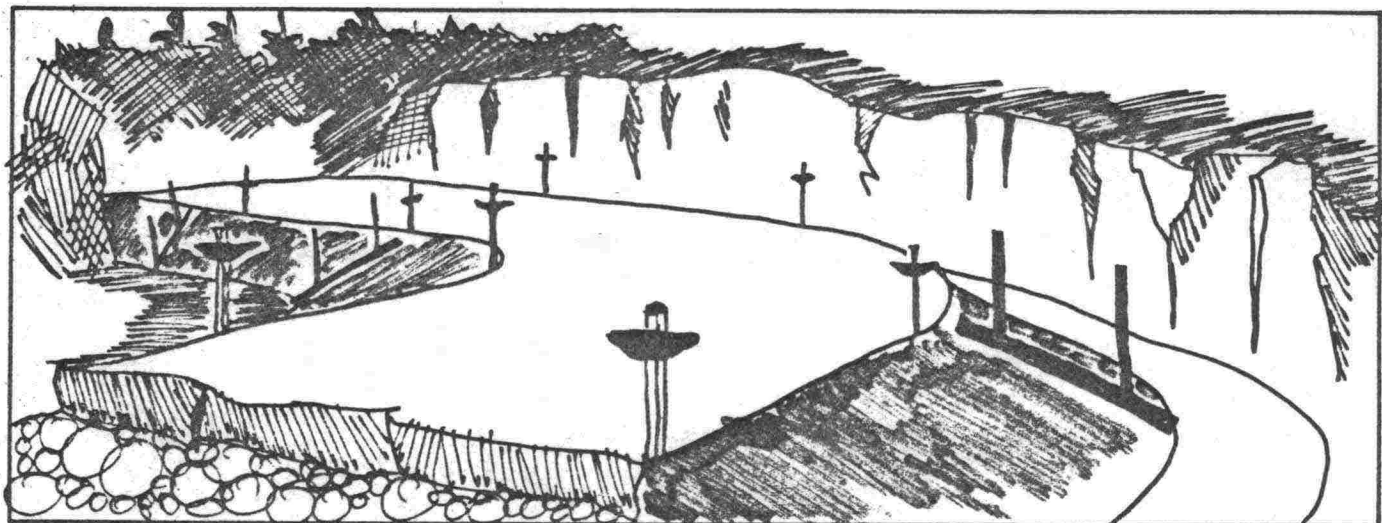


TIETYÖMAAN MITTAUKSET



TIE-JA VESIRAKENNUSHALLITUS
RAKENNUSOSASTO, TIENRAKENNUSTOIMISTO

VIATEK OY

HELSINKI
JOULUKUU 1984

TIETYÖMAAN MITTAUKSET

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Rakennusosasto
Tienrakennustoimisto

VIATEK OY

JOULUKUU 1984

ALKUSANAT

TVL:n eri rakennustyömailla on käytössä toisistaan poikkeavia mittaus- ja merkitsemistapoja. Mittausmenetelmät ja -välineet kehittyvät nopeasti. Tie- ja vesirakennushallituksen rakennusosasto on teettänyt selvityksen, jossa on tutkittu tietyömaiden mitaustöiden nykyistä käytäntöä sekä kehittämismahdollisuuksia. Työn yhteydessä on tutustuttu työmaamittauksiin TVL:n työmailla sekä Ruotsin tielaitoksen käytäntöön ja alan uusimpaan kehitykseen. Työ on tehty syksyn 1984 kuluessa. Työssä on konsulttina toiminut Viatek Oy. Rakennusosasto asetti työtä ohjaamaan seurantaryhmän, jonka puheenjohtaja on ollut dipl.ins. Erkki Matilainen ja jäseninä ins. Matti Arkko tienrakennustoimistosta ja dipl.ins. Tauno Suominen tietöimistosta. Konsultin puolelta ovat työhön osallistuneet mitt.tekn. Harri Lassila ja ins. Tapani Kokko.

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	
JOHDANTO	
1. RAKENTAMISEN TARKKUUSVAATIMUKSET	1
1.1 Rakentamisen tarkkuusvaatimukset Suomessa	1
1.2 Mittaustöiden tarkkuusvaatimukset	2
1.3 Rakentamisen tarkkuusvaatimukset Ruotsissa	3
2. MITTAUSKALUSTO	5
3. TYÖMAAMITTAUSTEN SUUNNITTELU	8
4. RAKENTAMISEN ERI VAIHEIDEN MERKITSEMINEN MAASTOON	9
4.1 Monikulmiojonojen täydentäminen	10
4.2 Tien mittalinjan paalutus	10
4.3 Syvät leikkaukset	10
4.4 Kallioleikkaukset	11
4.5 Penkereiden merkitseminen	11
4.6 Päällysrakenne	11
4.7 Kaiteen mittaaminen	18
4.8 Tasoliittymien mittaus	18
4.9 Rummut, viemärit ja paalukentät	19
4.10 Tolpat, pylvää, porttaalit	20
4.11 Siltojen mittaus	20
5. TYÖMAAMITTAUSTEN UUSINTA TEKNIKKAA JA KEHITYSNÄKYMÄ	21
5.1 Työmaamittauksia vähentävät laitteet rakennuskoneissa	21
5.2 Tähtäysmerkkien lukutekniikka	23
6. TYÖMAAMITTAUSTEN KEHITTÄMISTARVE	24
6.1 Työmaamittausten kehittämiskohteita	24
6.2 Koulutus ja mittausorganisaatio	26
7. KIRJALLISUUSLUETTELO	27
8. LIITTEET	28

JOHDANTO

Uusia teitä rakennetaan TVL:n toimesta vuosittain noin 100 km. Tien suuntauksen parantamista tehdään noin 200 km:n matkalla ja tien rakennetta parannetaan noin 1 300 km vuodessa. Kaikki nämä rakennuskohteet tarvitsevat asianmukaiset työmaamittaukset.

Eri tyyppisiltä työmailta kerättyjen tietojen mukaan ovat työmaan rakennustyön aikaiset mittauskustannukset 4 - 6 % rakennuskustannuksista. Koko TVL:n osalta merkitsee tämä noin 50 milj.markan kustannusta vuodessa. Tähän on vielä lisättävä ne kustannukset, jotka aiheutuvat raskaiden työkoneiden apumiehistä. Koneiden apumiehet tekevät pääosin mittauksiin tai tähtäysmerkkien lukemiseen liittyvää työtä. Raskaat kaivinkoneet, puskutraktorit ja tiehöylät tekevät TVL:n tienrakennustyömailloilla vuosittain noin 600 000 työtuntia. Voidaan arvioida, että vastaava työpanos tarvitaan koneiden apumiehiltä. Varovaisesti arvioiden ovat apumiesten palkkakustannukset 20 milj.markkaa.

Mittausten merkitystä ja kustannusvaikutusta arvioitaessa on lisäksi otettava huomioon, että asianmukaisilla mittauksilla ja tien rakenteen merkitsemistavoilla varmistetaan, että tie tehdään suunnitelmien mukaisesti eikä synnytetä tarpeettomia kustannuksia turhasta tai epätarkasta työstä tai tehdä huonoa tien rakennetta esim. alimitoitettuja kerrosvahvuuksia. Puutteelliset tai virheelliset mittaukset saattavat nostaa huomattavasti rakennuskustannuksia ilman, että se suoraan näkyy erillisenä kustannuseränä.

Em. perusteilla laskien tietyömaiden mittaustyöt ja niihin liittyvät tehtävät maksavat vuosittain vähintään 70 milj.markkaa. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan maksavat tien yhteen poikkileikkaukseen liittyvät työmaamittaukset ja tähtäysmerkkien asettelu koko rakennustyön aikana noin 900 markkaa. Näitä poikkileikkauksia on kilometrin matkalla 50. Kysymyksessä on suuri kustannuserä, joten mittaustoiminnan kehittämiseen ja tarpeettomien kustannusten poistamiseen tulee panna painoa. Vertailukohdaksi voidaan mainita, että tie- ja rakennussuunnitelman laatiminen maksaa noin 4 - 6 % tien rakennuskustannuksista eli saman verran kuin em. työmaamittaukset ilman koneiden apumieskustannuksia.

Eräillä suomalaisilla tienrakennustyömailloilla on mittaustyöt hoidettu hyvin, asian mukaista kalustoa ja mittaustekniikkaa on myös jonkin verran käytössä. Yleisesti ottaen ollaan Suomessa kuitenkin työmaamittauksissa selvästi jäljessä esim. Ruotsin kehityksestä.

Rakennuskoneisiin on saatavissa ja kehitteillä työmaamittauksia vähentäviä ja rakennustyön laatua parantavia laitteita. Näitä ei Suomessa ole juuri käytössä, tältäkin osin tulisi markkinoilla olevien laitteiden mahdollisuudet käyttää hyväksi sekä ryhtyä toimenpiteisiin oman suomalaisen kehitystoiminnan käynnistämiseksi.

1. RAKENTAMISEN TARKKUUSVAATIMUKSET

Rakennustyön tarkkuusvaatimukset määräävät millä tarkkuudella työmaamittaukset ja tien eri rakenteiden merkitseminen on tehtävä.

1.1 Rakentamisen tarkkuusvaatimukset Suomessa

Seuraavassa on esitetty esimerkkejä ja eräitä käytössä olevia ohjearvoja siitä kuinka Suomessa käytössä olevat yleiset työselitykset ja urakkahjelmat sekä mittaustöistä annetut ohjeet määrittelevät rakennustyön tarkkuuden.

Avo-ojitus

Avo-ojituksessa yksittäinen poikkeama suunnitelmassa määritetyistä mitoista voi olla $\pm 0,10$ m. Ojan pohja ei kuitenkaan uoman millään osalla saa olla suunniteltua tasoa ylempänä.

Tieleikkaukset

Alusrakenteen yläpinnan leveys ei saa alittaa suunnitelman mukaista leveyttä eikä leikkaukseen tehtävä ojanpohja ja päällysrakenteen alle jäävä osa leikkauksen pohjasta saa millään kohdalla olla suunniteltua tasoa ylempänä. Suurin sallittu yksittäinen poikkeama suunnitelman mukaisesta tasosta saa em. poikkeuksia lukuunottamatta olla $\pm 0,10$ m.

Louhepenkereen ylä-pinta

Tasatun ja tiivistetyn louhepenkereen pinnan korkeusaseman suurin sallittu yksittäinen poikkeama kantavan kerroksen alapinnan korkeustasosta on $- 40$ mm, $+ 20$ mm.

Alusrakenteen yläpinta

Alusrakenteen pinnan korkeuden suurin sallittu keskimääräinen poikkeama oikeasta tasosta on $- 0,05$ m. Suurin sallittu yksittäinen poikkeama oikeasta tasosta on $- 0,10$ m. Matalan louhepenkereen alle tehtävän maapenkereen pinnan suurin sallittu keskimääräinen poikkeama suunnitelman mukaisesta tasosta on $- 0,20$ m.

Rummut

Rummun korkeusaseman asennustarkkuus on mahdollinen korotus huomioon ottaen $0... + 50$ mm.

Sadevesiviemärit

Sadevesiviemäriin asennustarkkuus on korkeusaseman osalta $\pm 30 - \pm 100$ mm ja kaltevuuden osalta $\pm 0,5$ o/oo - $\pm 1,5$ o/oo viemäriin kaltevuudesta riippuen.

Sitomattomat päällysrakennekerrokset

Suodatinkerroksen suurin sallittu yksittäinen poikkeama korkeustasossa on $\pm 50... \pm 60$ mm ja suurin sallittu epätasaisuus 5 m matkalla $50...60$ mm. Pienempi luku vastaa ylempien päällysrakenneluokkien tarkkuutta. Vastaavat luvut jakavan kerroksen osalta ovat -40 ja $+ 0$ mm korkeustasossa ja 30 mm epätasaisuutena sekä kantavan kerroksen osalta ± 20 mm korkeustasossa ja $20...30$ mm epätasaisuutena.

Päällysteiden sitomaton alusta

Suurin sallittu päällysteiden sitomattoman alustan poikkeama oikeasta korkeudesta on ± 20 mm (ei ÖS) ja suurin sallittu epätasaisuus sitomattomille alustoille 5 metrin matkalla kaistan pituussuunnassa 20 mm.

Päällysteiden sallituista epätarkkuuksista tasaisuuden osalta on annettu yksityiskohtaisia ohjeita.

Päällyste

Päällysteen suurin sallittu sivukaltevuuden poikkeama sovitusta ohjearvosta on $\pm 0,3$ %-yksikköä.

1.2

Mittaustöiden tarkkuusvaatimukset

Tienrakennustöiden yleisen työselityksen mukaan tulee tienrakennustöiden mittaustöissä noudattaa seuraavia tarkkuusvaatimuksia

Otsikossa mainitulla tarkkuuskäsitteellä tarkoitetaan tien työpiirustusten mukaisten rakenneosien paikkojen merkitsemistä maastoon tietyn mittaustarkkuuden rajoissa sekä vaaka- (x-y) että pysty- (h) tasoissa.

Tarkkuusvaatimusten yhteydessä esitetyt tarkastusmittaukset oletetaan tehdyksi mittauskalustolla ja -menetelmällä, jonka mittaustarkkuus on ko.mittaustehtävässä vähintään sama kuin alkuperäismittauksen.

Monikulmiojonon pisteen ja mittalinjan (jännepisteen) samoin kuin mittalinjan peräkkäisten paalujen välinen tarkastusmitattu etäisyys saa poiketa annetusta tai koordinaateista lasketusta etäisyydestä enintään $\pm K \sqrt{L}$ mm, jossa L on pisteiden välinen etäisyys metreinä ja K vakio, jonka arvo on 10, kun on kysymyksessä leikkaus- ja pengerrustyöt ja 5, kun on kysymyksessä päällysrakennus- ja viimeistelytyöt. Mikäli L on pienempi kuin 4 metriä, saa poikkeama olla $\pm 2K$ mm.

Sivusuunnassa saa peräkkäisiä paaluja verrattessa poikkeama olla mittalinjan kaarevuus huomioonotettuna enintään $\pm K\sqrt{L}$ mm, jossa L on paalupisteiden välinen etäisyys ja K em. vakio.

Tähtäysmerkkejä asetettaessa kulmapoikkeama kohtisuorasta (100 gon) mittalinjan ko. tangenttia vastaan saa olla enintään $\pm 0.1K$ gon, jossa K em. vakio. Tähtäysmerkkien tarkastusmitattu etäisyys saa poiketa annetusta etäisyydestä enintään $\pm K\sqrt{L}$ mm, jossa L on annettu etäisyys metreinä ja K em. vakio. Mikäli L on pienempi kuin 4 metriä saa poikkeama olla $\pm 2K$ mm.

Korkeusmerkkien ja kiintopisteen välinen tarkastusmitattu korkeusero saa poiketa annetuista tai lasketusta korkeuserosta enintään ± 8 mm. Kahden samalta kiintopisteeltä mitatun korkeusmerkin tarkastusmitattu korkeusero saa poiketa lasketusta arvosta enintään ± 12 mm.

Siltojen perusmittausten tarkkuus ilmoitetaan sillanrakennustöiden yleisessä työselityksessä.

RT kortissa 02 - 10028 SFS 3305 on myös annettu ohjeita rakennusmittauksen menetelmistä ja sallituista poikkeamista.

1.3 Rakentamisen tarkkuusvaatimukset Ruotsissa

Ruotsin tielaitos on laajan tutkimuksen perusteella selvittänyt mihin käytännön tarkkuuteen tien rakentamisessa päästään ja antanut ohjeet siitä rakentamisen tarkkuudesta, jota tietyömailla tulee noudattaa.

Valmiin tienpinnan taso.

Valmiin tienpinnan taso saa poiketa ± 100 mm tasausviivasta. Ohje on voimassa seuraavilla ehdoilla:

Suunnitelman mukainen tasausviivan korkeus tulee olla tavoitteena.

Annettua tarkkuusvaatimusta noudatetaan, mikäli suunnitelmassa ei ole annettu tiukempia vaatimuksia.

Tien lopullisen pinnan poikkeama tasausviivasta sallitaan rakennustyömaasta vastaavan luvalla. Sallittu poikkeama tulee kysymykseen esim. pienten jälkipainumien yhteydessä. Ohjeella estetään esim. se, että ei jouduta tekemään turhan paksuja rakennekerroksia ainoastaan tasausviivan saavuttamiseksi.

Ohjeen noudattaminen ei saa aiheuttaa tien pituussuuntaista häiritsevää epätasaisuutta ja tien tulee olla suunnitelman mukaisessa tasossa siltojen ja muiden erikoisrakenteiden kohdalla.

Tien rakennekerrosten taso ja kaltevuus

Alusrakenteen pinnan, tien eri päällysrakennekerrosten sekä tien lopullisen pinnan kaltevuuksissa sallitaan $\pm 0,5$ %:n poikkeama suunnitelmasta.

Alusrakenteen pinta ei saa olla suunnitelman mukaista tasoa ylempänä. Sama koskee kantavan kerroksen pintaa.

Rakentamiseen tarkkuus poikkileikkauksen vaakamittojen osalta

Tien keskilinjan sijainti tulee olla 100 mm tarkkuudella suunnitelman esittämästä paikasta.

Päällysteen reuna saa poiketa 100 mm ulospäin. Pientareen reuna ja rakennekerrosten ulkoreuna saa poiketa 150 mm ulospäin.

Sivuojat ja luiskat

Ojan pohjan sijainti tulee olla ± 100 mm tarkkuudella samoin luiskan yläreuna. Jossakin tapauksessa sallitaan luiskan yläreunassa ± 200 mm tarkkuus.

Jos sisäluiskan kaltevuudeksi on merkitty 1:3 saa jyrkkyys olla korkeintaan 1:2,7.

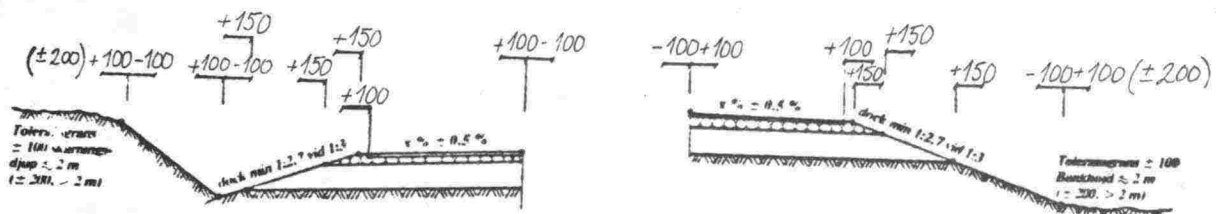
Ojan pohjan tulee olla ± 50 mm tarkkuudella korkeustasossa. Vesilätäköitä, jotka ovat syvempiä kuin 50 mm ei kuitenkaan sallita.

Loivissa kalliroleikkausluiskissa eivät yksityiset kivet tai kuopat saa poiketa luiskan pinnasta 100 mm enempää.

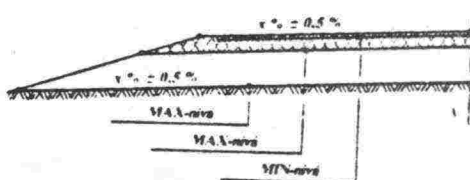
Luiskat, joilta leikataan ruoho on rakennettava sillä tarkkuudella, että kunnossapitotyö ei vaikeudu.

TOLERANSMÅL

PLAN

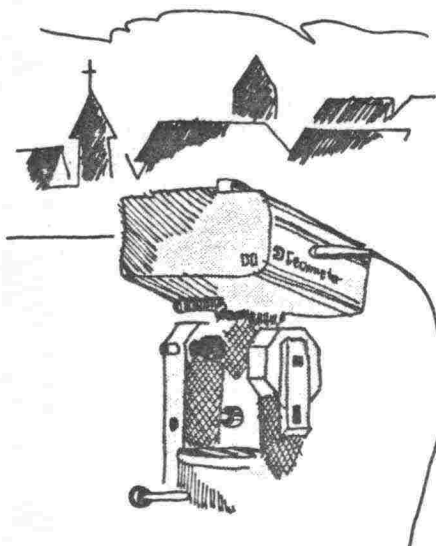


PROFIL



2. MITTAUSKALUSTO

Yksinkertaisissa rakennus- ja rakenteen parantamiskohteissa tullaan toimeen mittanauhalla ja vaaituskojeella, mutta vähänkin vaativissa mittaustehtävissä tarvitaan teodoliitti. Tavanomaisen tienrakennuskohteen mittauskalustoon tulisi jo kuulua lyhyen etäisyyden elektro-optinen etäisyyden mittauslaite, joka antaa suoraan vaakaetäisyyden ja on jatkuvasti mittaava. Todettakoon, että näitä laitteita on Ruotsin tielaitoksen työmailla käytössä 40 kpl, mutta Suomessa vain muutamia. Mittanauhan käyttö vilkkaasti liikennöidyillä työmailla on vaikeaa ja vaarallista.



Elektro-optinen etäisyyden mittauslaite yhdistettynä teodoliittiin soveltuu työmailla esim. seuraaviin mittaustehtäviin:

- mittalinjan paalutus
- monikulmiopisteiden etsintä ja tarkistusmittaukset
- sillan mittalinjan paalutus
- uusien apupisteiden mittaaminen
- sillan rakentamisen yhteydessä tehtävät tarkistusmittaukset
- mittalinjan jännepaalutus työn aikana tarkistusmittausten yhteydessä
- valaisinpylväiden, porttaaliperustusten, viemärikaivojen ja vastaavien mittaaminen sädemittauksena koordinaattien perusteella.
- tähtäysmerkkien mittaaminen suoraan paikalleen ilman, että mittaus tehdään keskilinjan kautta.

Tämän hetkinen mittalaitteisto voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään

- optinen teodoliitti + etäisyysmittari
- elektroninen takymetri, jossa teodoliitti ja et.mittari muodostavat yhdessä kokonaisuuden (laitteistoon on mahdollisuus liittää havaintojen tallennin).

Optinen teodoliitti + etäisyysmittari

- tämä laitteisto soveltuu suurimpaan osaan tietyömaan rakennusmittauksista
- nykyiseen teodoliittikalustoon on helppo hankkia vain pelkkä et.mittariosa
- et.mittarin tärkeimmät vaatimukset ovat vaakamatkatulostus sekä jatkuva seurantamittaus. Lisäksi muutamat et.mittarit on varustettu korkeuden mitta-automatiikalla, jota voidaan hyväksikäyttää esim. tähtäysmerkkien asettelussa
- yleisimmät merkit ovat: AGA, KERN, SOKKISHA, TOPCON ja WILD
- hintataso on et.mittareiden osalta n. 40 000 - 60 000 mk toiminnoista riippuen. Teodoliittien hinnat vastaavasti n. 12 000 - 20 000 mk.

Lisäksi tulevat tarvittavat lisävälineet kuten prismat, pakkokeskityslaitteet, jalustat ym.

Kokonaishinta toiminalla teodoliitti-etäisyysmittauslaitteella on n. 75 000 - 80 000 mk.

Perinteisten etäisyysmittareiden rinnalle on tullut markkinoille lähes jokaiselta Suomessa toimivalta laitetoimittajalta elektroninen takymetri, johon saadaan liitettyä maastohavaintotallennin.

Tallentimet ovat myös jakautuneet kahteen ryhmään, jolloin ne voivat toimia joko pelkästään tiedon keruulaitteena tai myös tiedon siirtäjänä mittauslaitteeseen.

Pelkkä maastossa tapahtuva tiedon talletus palvelee parhaiten lähinnä suunnittelun ja kartoituksen tarpeita.

Rakentamiseen liittyen on tietojen kaksipuolinen siirtomahdollisuus tallentimen ehdoton edellytys, jos tallentimia rakennustyömaakäyttöön yleensä aiotaan hankkia.

Esimerkkinä mainittakoon työmaa, jossa käsitellään useita tielinjoja kaupunkialueella. Tallentimen laskentaosaa hyväksikäyttäen voidaan työmaalle mitata vapaavalintaisia työpisteitä vaikka päivittäin ja tallennin laskee uudet merkitsemismat halutulle linjalle tai pisteille välittömästi. Edellytyksenä on, että tielinjan tiedot ovat ensin siirretty tallentimeen esim. mikrotietokoneelta. Tämä antaa mittauksen suorittajalle mahdollisuuden tehdä mittaukset parhaassa mahdollisessa järjestyksessä työmaan sujuvuutta ajatellen ilman turhia välikäsiä.

Vuoden 1985 aikana lähes jokainen maahantuoja pystyy toimittamaan kaksipuolisella tiedonsiirrolla varustetun maastohavaintotalentimen. Merkit ovat samat kuin etäisyysmittareissa. Tällä hetkellä valmis systeemi on KERNILLÄ ja WILDILLÄ.

Elektronisten takymetrienn hinnat ovat 110 000 - 200 000 toiminnoista riippuen ja tallentimien vastaavasti 25 000 - 50 000 mk.

Siirryttäessä käyttämään edellä mainittuja laitteita, on huomiotava, että atk-laitteistot sekä toimivat ohjelmat ovat ehdoton edellytys takymetrienn hyväksikäyttöön.

Tarkoitukseen sopivat mikrotietokoneet, joita on mahdollisuus käyttää päätteenä isoihin tietokoneisiin ovat hinnoiltaan 40 000 - 50 000 mk ja toimivat ohjelmat niiden tasosta ja monipuolisuudesta riippuen 20 000 mk:sta ylöspäin.

Tärkeää on muistaa, että jos siirrytään käyttämään automaattista mittauslaitteistoa on koko toiminnan perusteena riittävän monipuoliset ja toimivat atk-ohjelmat sekä ammattitaitoinen henkilökunta.

Näin ollen halvimman toimivan laitteiston hinnaksi muodostuu n. 220 000 - 300 000 mk, joten ei ole syytä unohtaa perinteisten mittausmenetelmien käyttöä kohteissa, joissa niiden antama nopeus ja tarkkuus ovat riittäviä.

3. TYÖMAAMITTAUSTEN SUUNNITTELU

Työmaamittaukset, niiden eri vaiheet ja käytettävä tekniikka tulisi kussakin tapauksessa erikseen vielä miettiä työn alkuvaiheessa. Työmaamittausten vaativuus ja tarvittava tekniikka riippuu rakennuskohteesta. Vaativimpia kohteita ovat taajamaympäristössä rakennettavat korkealuokkaiset väylät. Vähemmän vaativia kohteita ovat maaseudulle rakennettavat alempiluokkaiset tiet. Mittaustöiden suunnittelun yhteydessä tulee myös miettiä mittaustöiden laaduntarkkailun toteutus. Liitteenä on selostuksia eräiden työmaiden soveltamasta mittaustekniikasta ja käytännöstä.

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

Suunnittelun aikana tulee tehdä riittävästi työmaamittauksia helpottavia laskentoja, vaikka ne usein joudutaan uusimaan työmaolosuhteissa. Esimerkiksi tähtäysmerkkilaskentaa ei aina voida sellaisenaan soveltaa, koska tien ulkopuolelle tulevien tähtäysmerkkien paikat määräytyvät lopullisesti siinä vaiheessa, kun nähdään, mihin kohtaan paalu saadaan pystyyn. Samoin leikkausten luiskamallien paikat joudutaan työmaalla usein laskemaan uudestaan, koska maanpinta ei useinkaan ole täsmälleen siinä tasossa, missä poikkileikkaus sen esittää.

Työmaalla joudutaan yleensä täydentämään ja siirtämään monikulmiopisteitä sekä tekemään tähän liittyviä lisälaskentoja, joten työmaalla tulee olla käytössä vähintään ohjelmoitava taskulaskin ja sen käyttöön kouliintunut käyttäjä. Vaativissa rakennuskohteissa tarvitaan pöytälaskimien tasoista laskentakapasiteettia, jotta suunnitelman aikaisia laskentoja voidaan tarvittaessa tarkistaa ja täydentää eikä laskentoja tarvitse lähettää laskentakeskukseen laskettavaksi. TVL:n suunnittelupuoli on kehittämässä atk-valmiuttaan. Ohjelman mukaan hankitaan piirien suunnittelijoiden käyttöön uusia tietokoneita sekä geometrisia- ja massalaskentaohjelmia vuoteen 1986 mennessä. Vuonna 1987 pitäisi piireillä olla jo CAD-valmius. Tämä kehitys parantaa mahdollisuuksia saada tehtyä nopeasti työmaamittausten tarvitsemat lisälaskennat.

4.

RAKENTAMISEN ERI VAIHEIDEN MERKITSEMINEN MAASTOON

Työmaamittausten tehtävänä on merkitä maastoon tien rakenteet rakennustyön eri vaiheita varten. Näitä työvaiheita ovat raivaustyöt, leikkaus- ja pengerrustyöt, pohjanvahvistustyöt, paalutukset, sillat, alusrakenteen muotoilu, päällysrakennekerrosten teko, kullutuskerroksen teko, sivuojat, rummut, viemärit, kaiteet, valaisinpylväät, liikennevalot, reunakivet, kaapelit.

Kutakin työvaihetta varten tulee valita kustannusten kannalta edullisin mitta- ja merkitsemismenetelmä, joka takaa kyseisen työn riittävän tarkan tekemisen. Eräiltä osin voidaan samoja tähtäysmerkkejä käyttää useassa työn eri vaiheessa. Mikäli työvaihe kestää pitkään, joudutaan asetettuja merkkejä ja malleja tarkistamaan ja uusimaan. Ennen työn alkua tulee miettiä, mitä kaikkia menetelmiä kyseisessä työssä tullaan käyttämään sekä keskustelemaan koneiden kuljettajien kanssa heidän tarpeistaan, jotta tähtäysmerkkien käyttö olisi mahdollisimman tarkoituksenmukaista. Liitteenä on taulukko, joka helpottaa mittaussuunnitelman teko sekä joukko poikkileikkauksia, joihin on merkitty eri työvaiheisiin soveltuvia merkitsemistapoja.

	PAALU TAI RIMA	LUISKALAUTA	LUISKAMALLI MAAN PINNALLA	TAHTAUS-MERKKI	RISTI-LAPUT	KARKEA-TAHTAUS-MERKIT	
LEIKKAUSLUISKAN YLÄKULMA			⊗				
OJAN POHJA				⊗			
PENGERLUISKAN ALAKULMA	⊗		⊗				
PENKEREEN (ALUSRAKENTEEN) YLÄKULMA		⊗		⊗		⊗	
RAKENNEKERROSTEN PINTA				⊗	⊗		⊗ SOVELTUU KÄYTTÖÖN
PIENTAREEN KULMA				⊗			⊗ SUOSITELLAAN
PAÄLLYSRAKENTEEN REUNA	⊗			⊗			
LUISKAN PINTA		⊗					
AJORADAN PINTA KESKIVIIVAN KOHDALLA				⊗	⊗		

4.1 Monikulmiojonojen täydentäminen

Rakentamistyön aikana joudutaan lähes aina täydentämään ja muuttamaan monikulmiopisteitä sekä tekemään tarvittavat uudet laskelmat. Tähän joudutaan, koska monet monikulmiopisteet jäävät rakennustyön alle, ovat sopimattomassa paikassa tai liian kaukana tielinjalta. Rakennussuunnitelman tekemisen yhteydessä ei aina edes kannata pyrkiä kovin täydelliseen monikulmiopisteverkkoon vaan riittää kun tehdään suunnitelman vaatima jono, jota täydennetään rakennustyön aikana. Pisteiden täydentämis- ja siirtotarvetta voidaan vähentää, jos tulevan työmaan mittauksista vastaava tutustuu mittaussuunnitelmaan jo suunnitteluvaiheessa ja tekee omat ehdotuksensa mittaussuunnitelman sisällöstä suunnittelijalle. Tämä käytäntö on käytössä Ruotsissa vaativissa rakennuskohteissa.

4.2 Tien mittalinjan paalutus

Tien mittalinjan paalutustekniikka ja siihen liittyvät laskennat ovat samoja mitä käytetään suunnittelun aikana. Tämä on pitkälle kehitettyä tekniikkaa, eikä keskilinjän mittaus yleensä ole kovin kaan suuritöinen tehtävä rakennustyömaalla. Kuitenkin tähänkin työvaiheeseen kannattaa kiinnittää huomiota ja tehdä se asianmukaisella kalustolla ja tekniikalla sekä huolellisesti.

Tielinjan mittaaminen maastoon haltuunottoa varten saattaa olla työlästä etenkin metsäisellä alueella. Tielinja joudutaan usein myös tarkistusmittaamaan rakennustyön edetessä ja asetettaessa kunkin työvaiheen edellyttämiä uusia tähtäysmerkkejä.

Käytäntö on osoittanut, että tehokkain mittausten menetelmä on teodoliitin ja elektro-optisen etäisyysmittarin käyttö ja sädemittaustekniikan soveltaminen. Työ etenee tehokkaasti, jos ensiksi mitataan monikulmiopisteiltä 100 m:n paalut sädemittauksena ja tästä jatketaan jännemittauksena.

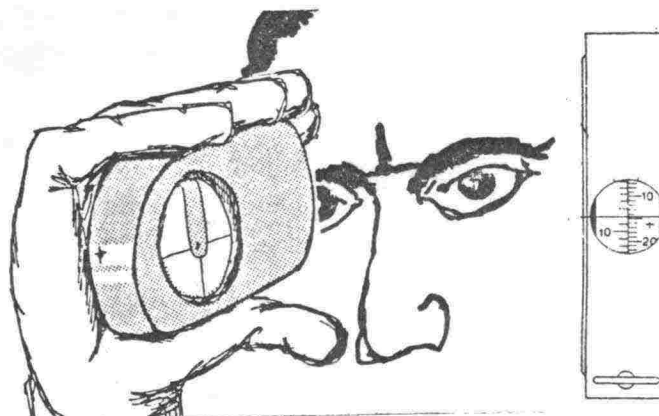
Metsäisessä maastossa mitataan jokin paalu sädemittauksena, jonka jälkeen koje pystytetään tähän pisteeseen ja jatketaan jännemittauksena. Ohjelmoitavan laskimen avulla voidaan ohittaa mittalinjalle tulevat puut, jolloin mittaus etenee tehokkaasti.

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

4.3 Syvät leikkaukset

Yleisin tapa syvien leikkausten merkitsemiseksi on asettaa tähtäysmerkit leikkauksen pohjalle sitä mukaan 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. Luiskan merkitsemiseen voidaan käyttää tavallisen luiskalaudan lisäksi värikästä narua tai muovinauhaa.

Yksinkertainen kaltevuusmittari antaa yleensä riittävän tarkkuuden luiskien kaltevuuksien merkitsemiseksi ja tarkistamiseksi.



4.4 Kallioleikkaukset

Kallioleikkausten merkitseminen voidaan tehdä lopullisesti vasta kallion pinnan paljastuksen jälkeen. Ruotsissa on todettu, että louhintavaiheen edellyttämät poraustyöt tulee mitata tarkkaan, jotta porareikien paikka, suunta ja pituus tulevat täsmälleen oikeiksi. Huolellisella mittaustyöllä voidaan alentaa louhintakustannuksia noin 10 %. Kallioleikkausten mittauksiin kehitettyyn tekniikkaan liittyy atk-ohjelmisto, jolla lasketaan porauskaaviot ja panostukset.

Vaikka kallioleikkaus muilta osin tehdään tarkasti voidaan kiinnittää huomiota siihen, salliiko suunnitelma kallioleikkausluiskan totuttua suuremman epätasaisuuden louhinnan jäljiltä. Tämä parantaa leikkauksen sopeutumista maastoon.

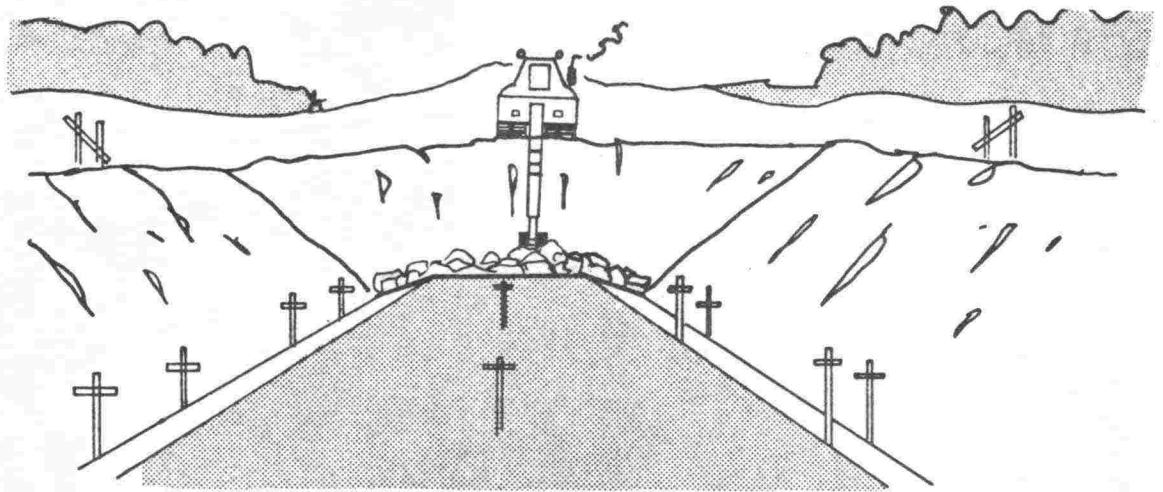
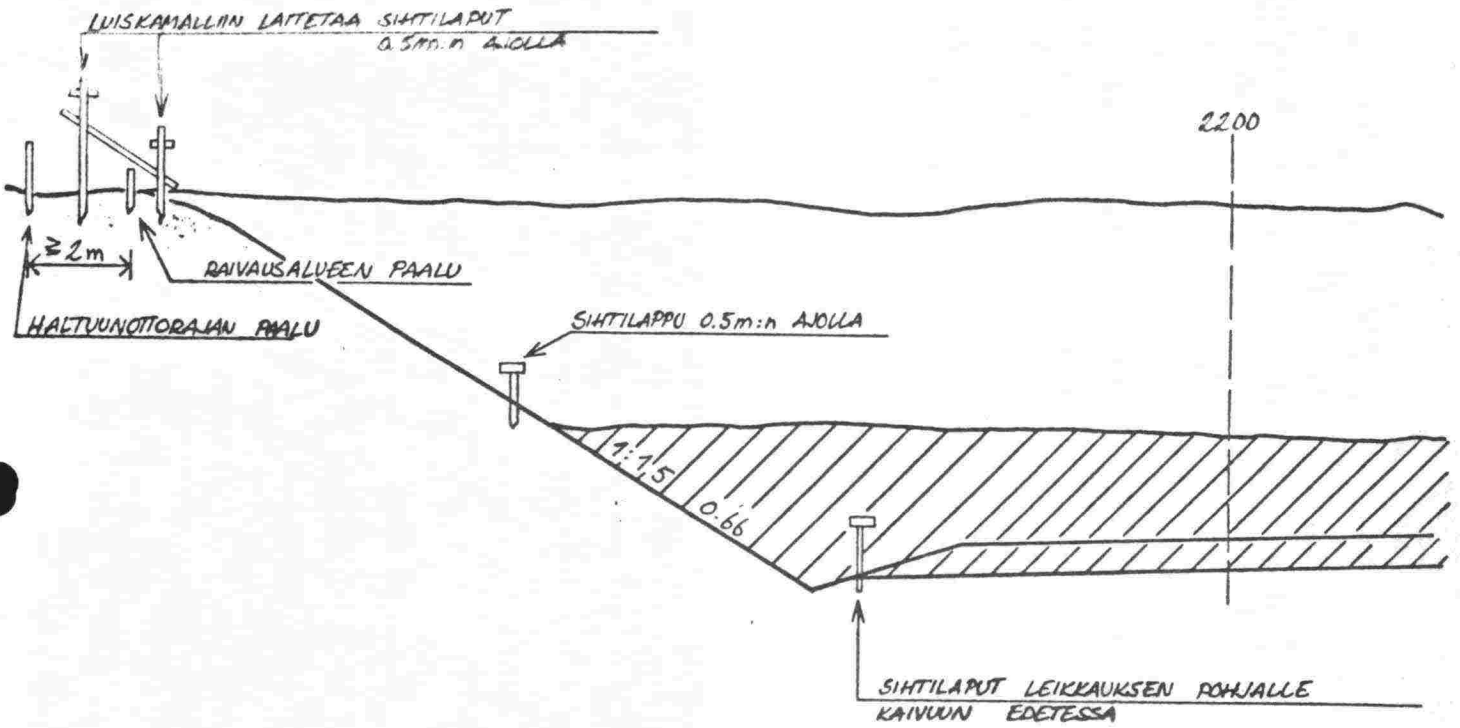
4.5 Penkereiden merkitseminen

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

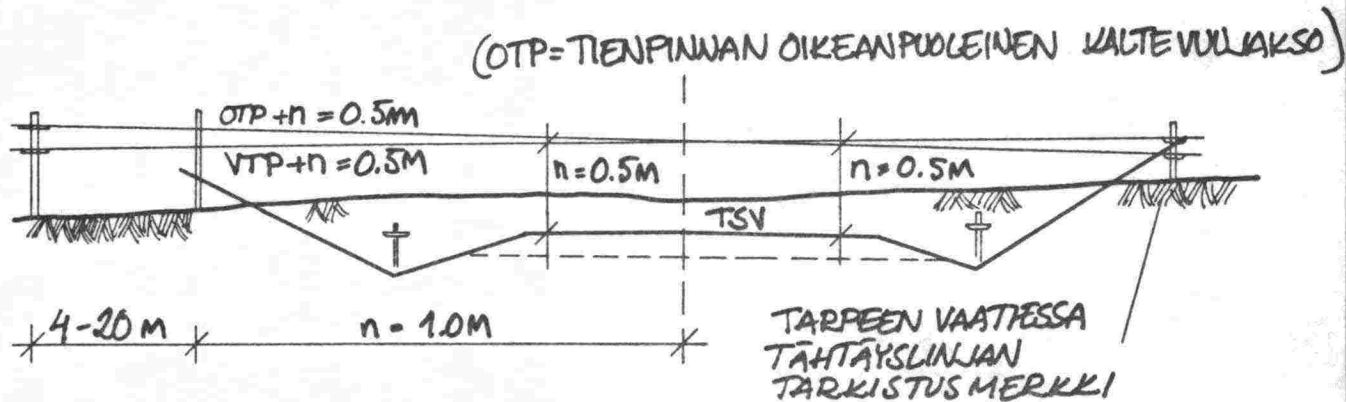
4.6 Päällysrakenne

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

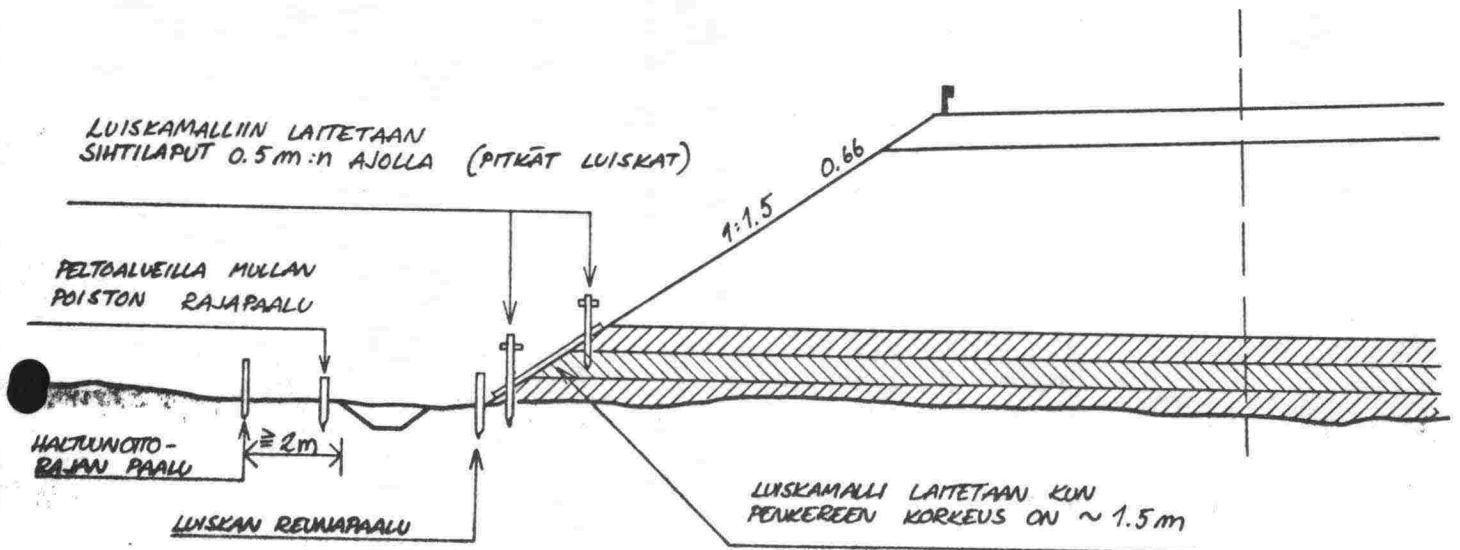
SYVÄ MAALEIKKAUS, TYÖALUEEN JA LUISKAN MERKITSEMINEN



MAALEIKKAUS

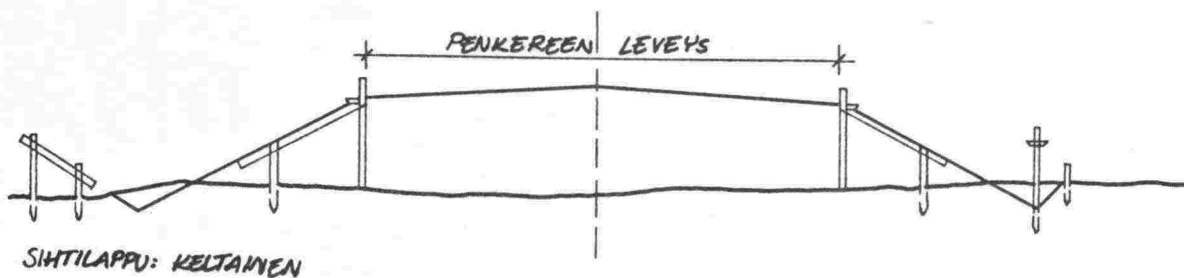


KORKEA PENGERRER, TYÖALUEEN MERKITSEMINEN

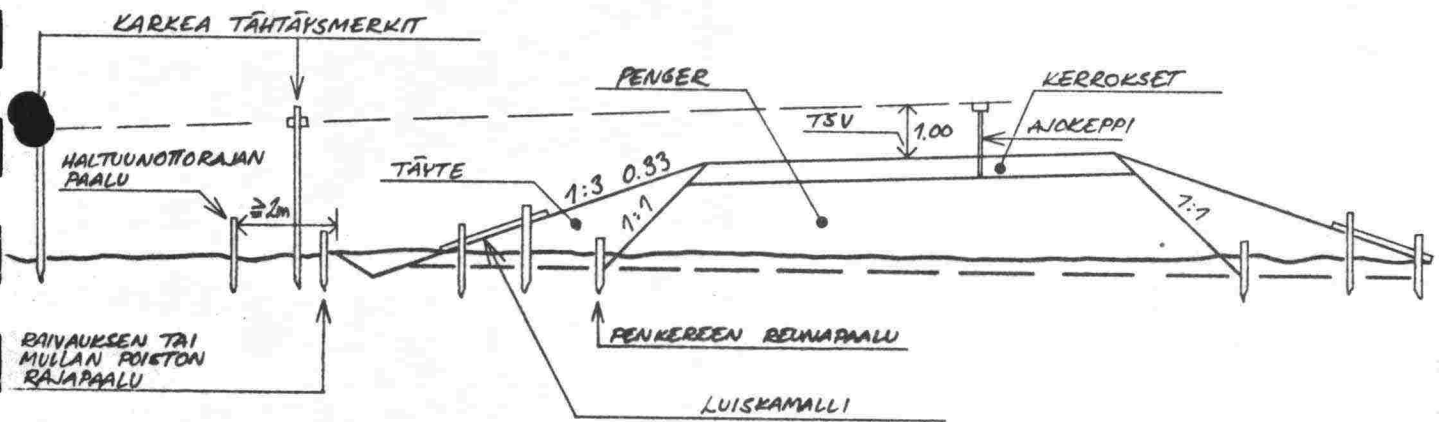
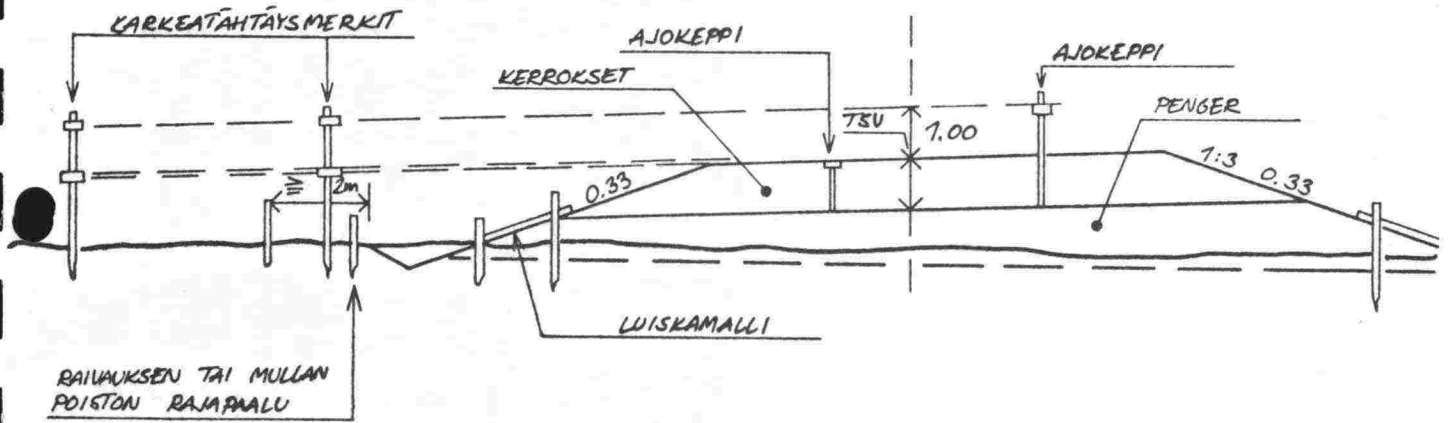


MERKITSEMINEN PENGERRYSTÖITÄ VARTEN

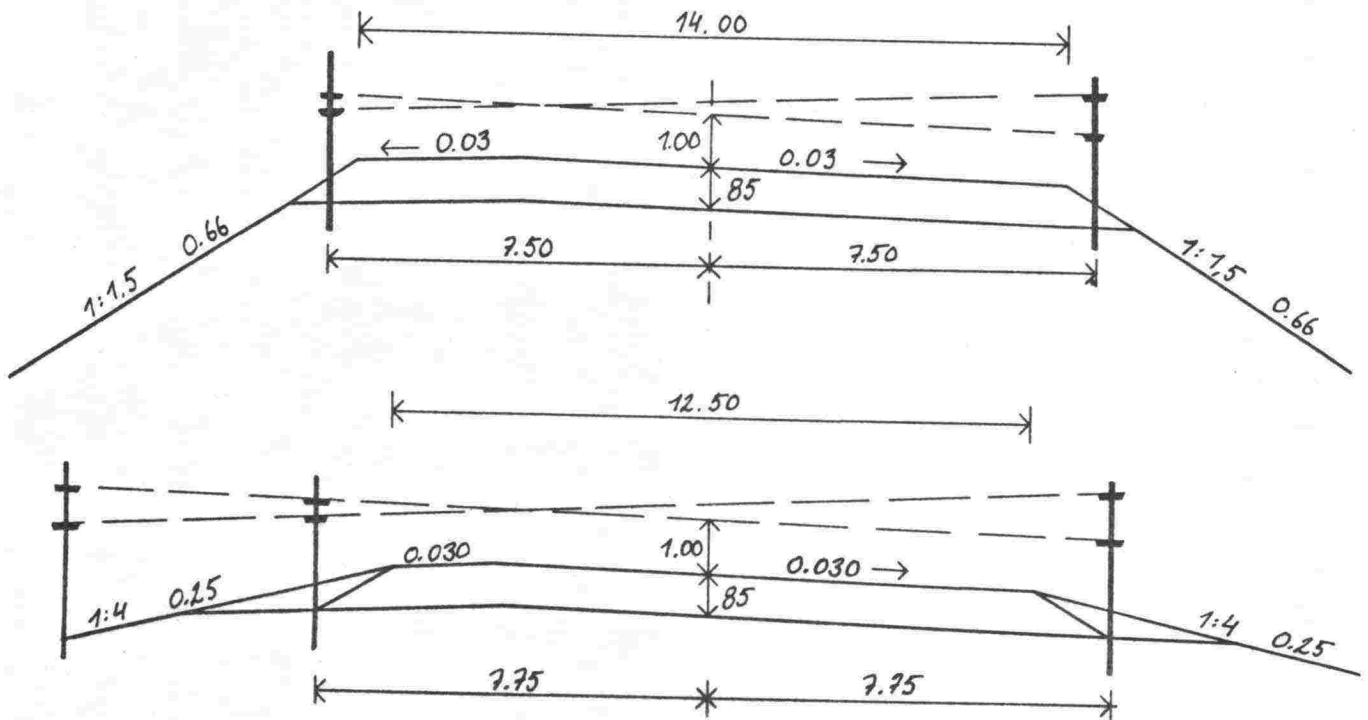
PENGERRAALUIHIN ASETTAAN KORKEUSMERKIT JA LUISKAMALLIT. MIKÄLI PENKEREEN KORKEUS ON ALLE 1,0M, VOIDAAN LUISKAMALLIT JÄTTÄÄ POIS. TÄLLÖIN LUISKA MÄÄRÄYTY SIVULIEN KESKILINJAN JA PENGERRAALUTUKSEN MUKAAN. KORKEISSA PENKEREISSÄ JOUDUTAAN LUISKAMALLIT ASETTAMAAN VAIHEITTAIN KUNNES SAAVUTETAAN LOPULLINEN PENGERRKORKEUS



MATALA PENGER



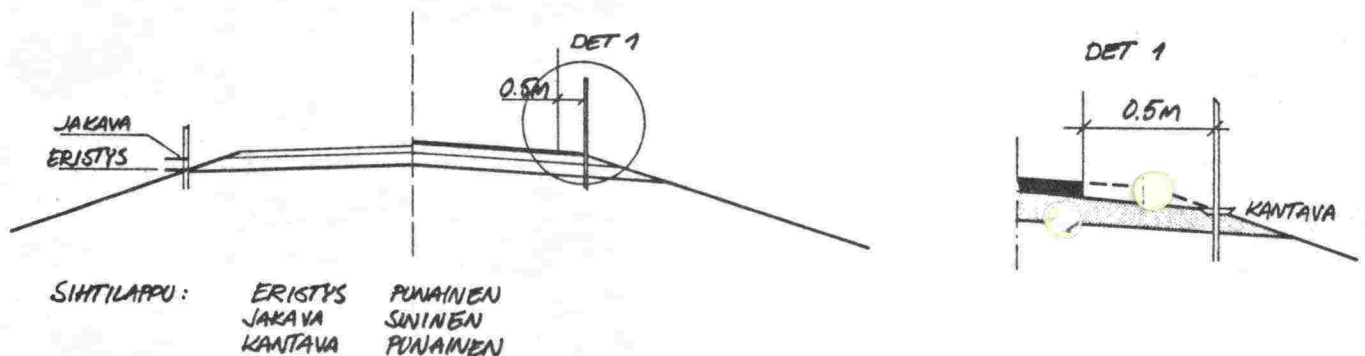
TÄHTÄYSMERKIT, JAKAVAN JA KANTAVAN KERROKSEN MERKITSEMISEKSI



MERKITSEMINEN PÄÄLLYSRAKENNETÖITÄ VARTEN

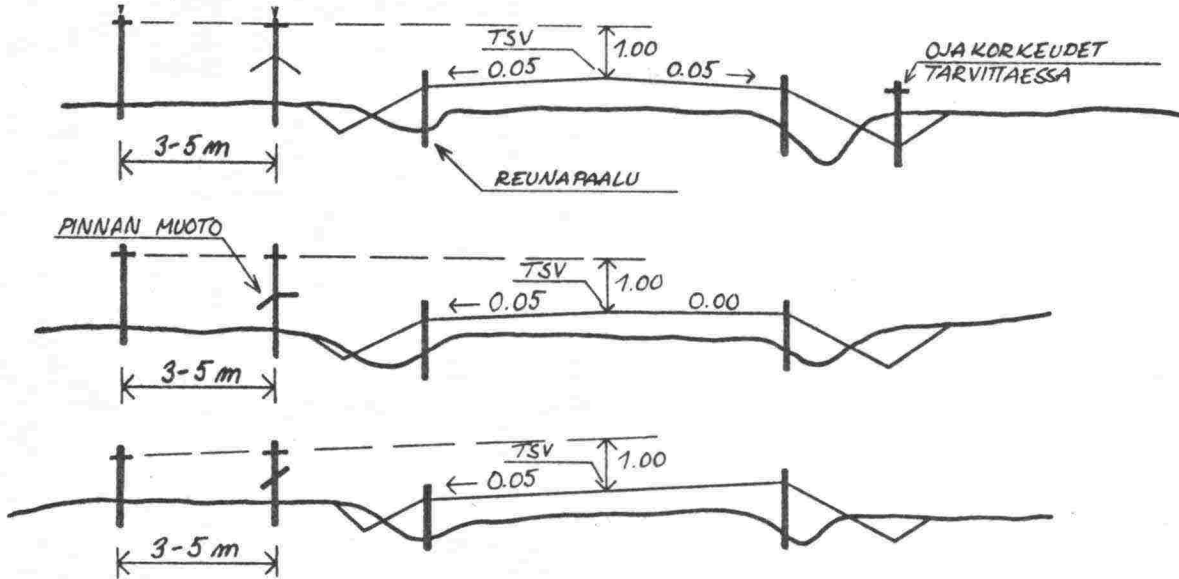
PAALUT ASETETAAN ERISTYSKERROKSEN REUNAAAN. SAMAN PAALUUN VOIDAAN ASETIÄ JAKAVAN KERROKSEN KORKEUSMERKKI. JAKAVAN KERROKSEN LEVEYDEN MUUTOS TUULI OITAA HUOMIOON TYÖN AIKANA.

KANTAVAN KERROKSEN PAALUTUS ASETETAAN 0.5M:N ETÄISYYDELLE AJORADAN REUNASTA. SAMAN PAALUTUSTA VOIDAAN TARKISTUKSEN JÄLKEEN KÄYTTÄÄ MYÖS PÄÄLLYSTYSTYÖN AIKANA.

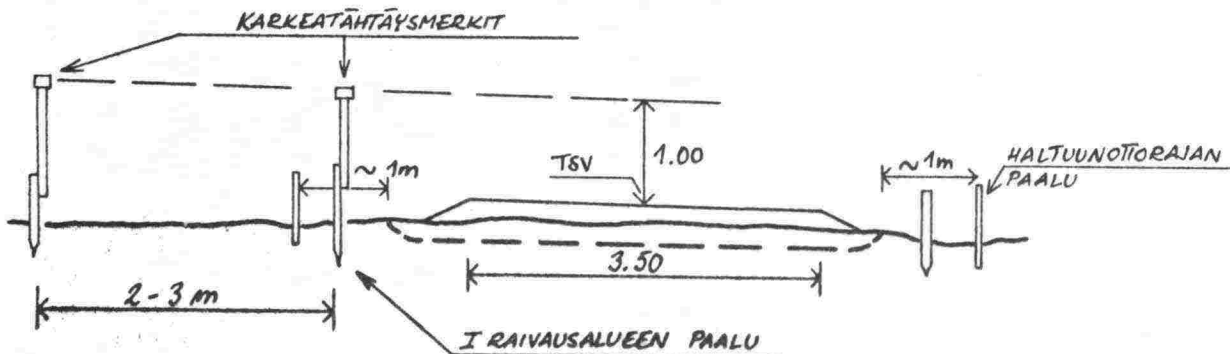
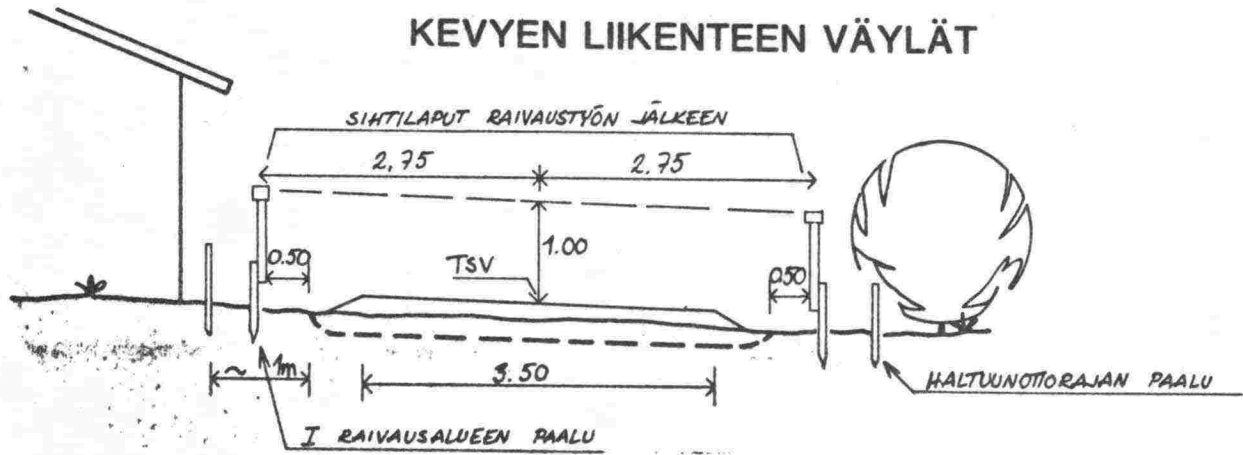


NYKYISEN RAKENTEEN PARANTAMINEN, PENGERMALLIT

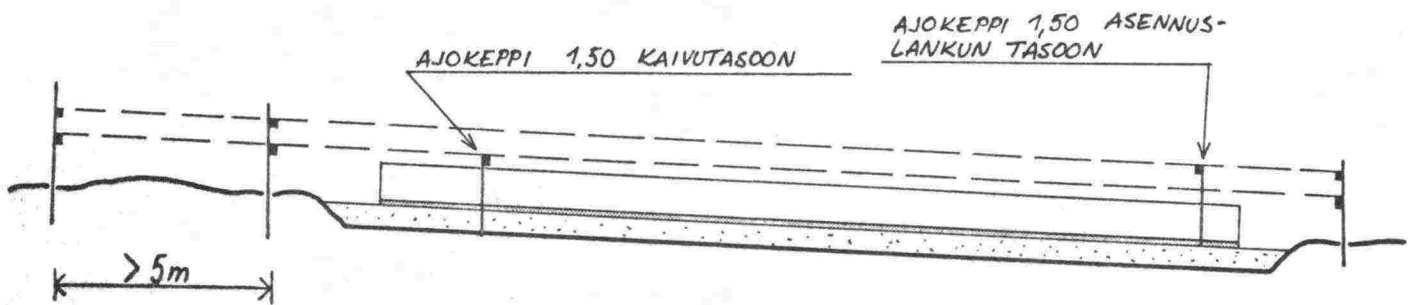
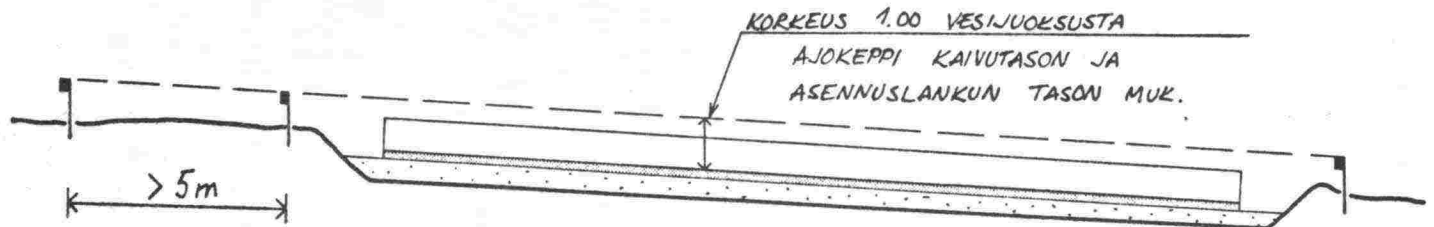
LINJAUKSEN SIDONTA
KARKEATAHTÄYSMERKIT JA PINNANMUOTO



KEVYEN LIIKENTEEN VÄYLÄT



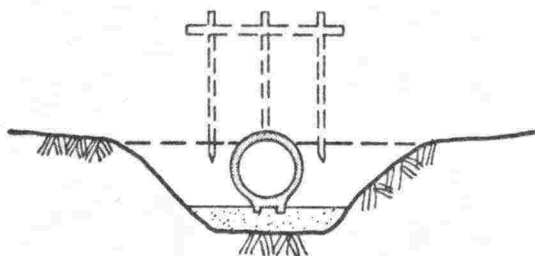
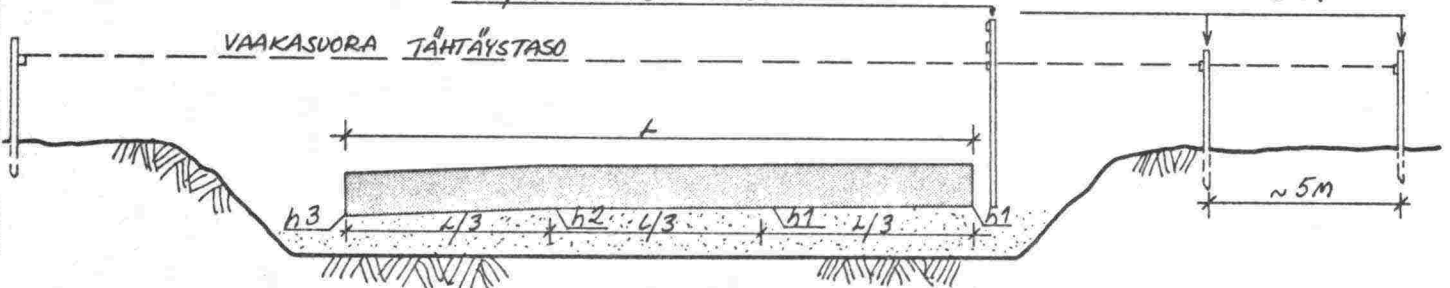
RUMMUN RAKENTAMISEN KORKEUSMERKIT



PÄÄTIEN RUMMUN PAALUTUS

AJOKEPPI JOSSA KOLME SIHTILAPPUA, JOTKA OSOITTAVAT RUMMUN PISTEIDEN h_1 , h_2 JA h_3 KORKEUDET

SIHTIPORTIT JOISSA KESKIMMÄINEN PAALU ON RUMMUN KESKIINUKALLA JA LAITIMMAISET PAALUT OSOITTAVAT KAIVANNON POHJAN LEVEYDEN



SIHTIPORTTEJA ON 3kpl.
KORKEUTTA OSOITTAVAT LAUDAT OVAT KAIKKI SAMASSA VAAKATASOSSA. " " RUMMUN KALTEVUUDET MAARAYTYVAT AJOKEPIN SIHTILAPPUIEN MUKAAN.
SIHTILAUTAAN MERKITÄÄN LAUDAN KORKEUS.
PAALUHIIN MERKITÄÄN:
- RUMMUN PÄÄN ETÄISYYS PAALUSTA
- RUMMUN PITUUS HALKAISSA JA RENGASTYYPPI
- AJOKEPIN PITUDET

4.7 Kaiteen mittaaminen

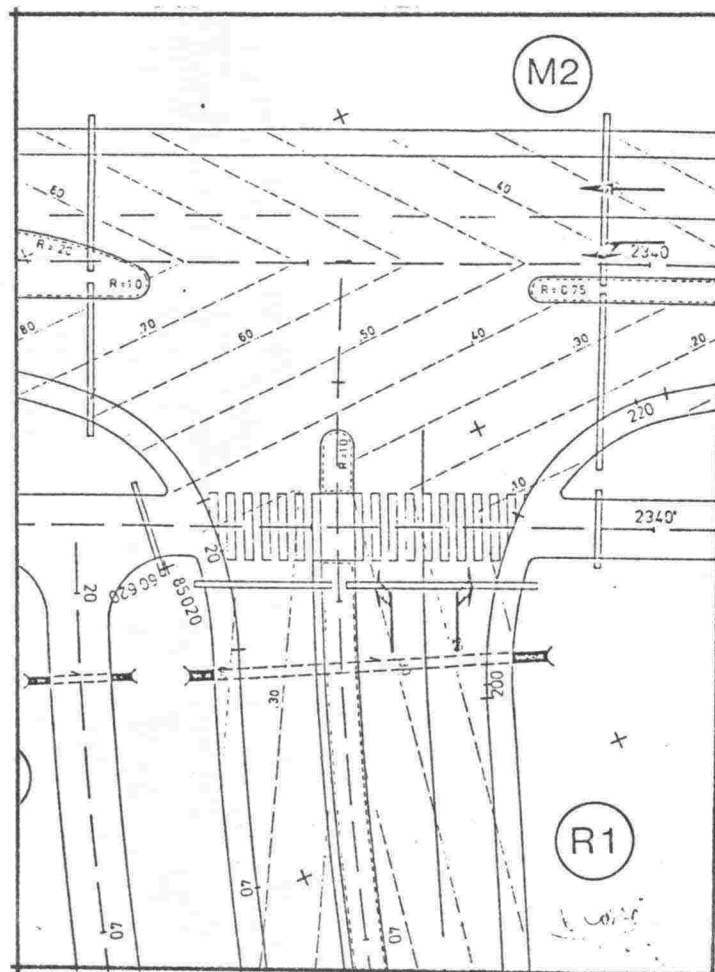
Jos kaidelinjan tasaus mitataan tien reunan korkeuden mukaan tulee kaiteen tasaukseen yleensä häiritseviä taitteita. Tästä syystä tulisi kunkin kaidetolpan korkeus määrätä graafisesti siten, että piirretään tien reunaviiva millimetripaperille käyttäen 1:10 pystymittakaavaa. Reunaviivan tasaus korjataan tämän jälkeen käyräviivaimella. Millimetripaperista luetaan kaiteen korkeus kunkin tolpan kohdalta.

4.8 Tasoliittymien mittaus

Yksinkertaiset tasoliittymät voidaan mitata paikalleen standardipiirustusten avulla. Vaativat tasoliittymät tulisi suunnitella siten, että reunaviivoista ja reunakivilinjoista lasketaan paalutusmitat 2 metrin välein. Mitattavien pisteiden korkeudet luetaan piirustuksen 10 cm korkeuskäyristä.

Tasoliittymiä suunniteltaessa käytetään vielä myös kantapistemenetelmää, jolloin tasoliittymä piirretään millimetripaperille. Mitattavien pisteiden paalutusmitat luetaan kantapisteen avulla kuvasta. Menetelmä on eräissä tapauksissa käyttökelpoinen, mutta kantapisteen sijoittelu tulee tehdä ajatuksella, jotta ne eivät joudu paikkoihin, joista mittaus on vaikea tehdä.

Reunakivilinjat voidaan merkitä siten, että mitataan reunakiven paikka 2 metrin välein, jonka jälkeen reunakiven lopullinen kulku määrätään jäykähkön narun avulla. Narun päälle suihkutetaan spraymaalia, jolloin asfalttiin tulee linja, jonka mukaan reunakivet voidaan asettaa täsmälleen haluttuun paikkaan.

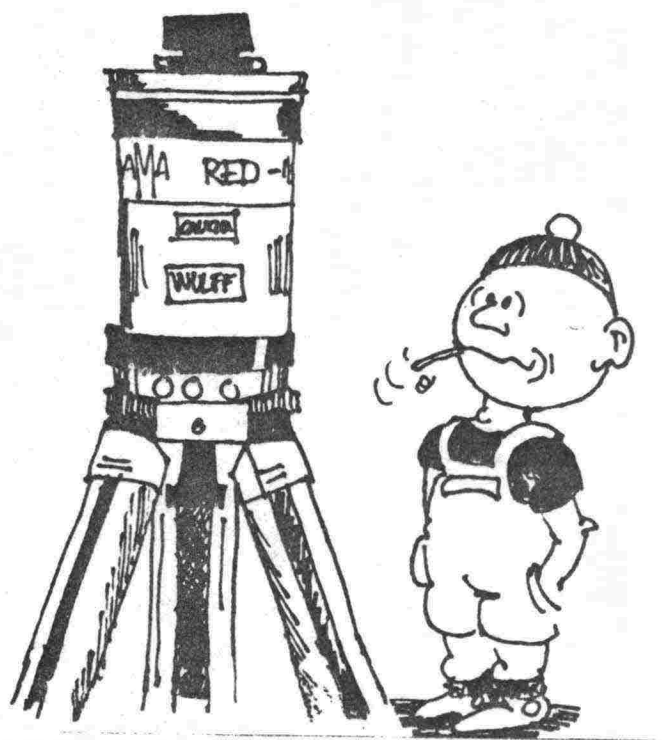


4.9 Rummut, viemärit ja paalukentät

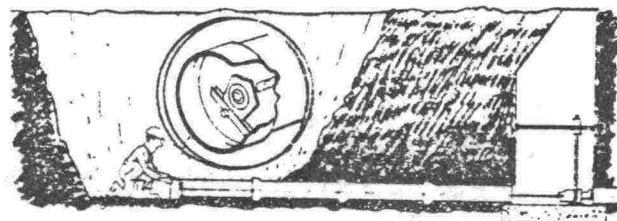
Rumpujen ja viemäreiden merkitseminen tapahtuu yleensä tähtäysmerkkien tai porttien avulla. Uusinta tekniikkaa edustaa lasersäteen käyttö siten, että säde suunnataan putken sisälle tai sen päälle. Putkilaserin hinta on n. 30 000 mk.

Viemärikaivojen paikat voidaan vaativissa rakennuskohteissa määrittellä koordinaatein ja mitata paikalleen sädemittauksena.

Paalukenttää tehtäessä on tasolaser käyttökelpoinen paalujen päiden korkeuden määrittämisessä. Samoin soveltuu tasolaser hyvin siltatyömaiden käyttöön. Tasolaserin hinta on n. 50 000 mk.



TASOLASER



PUTKILASER

4.10 Tolpat, pylväät, porttaalit

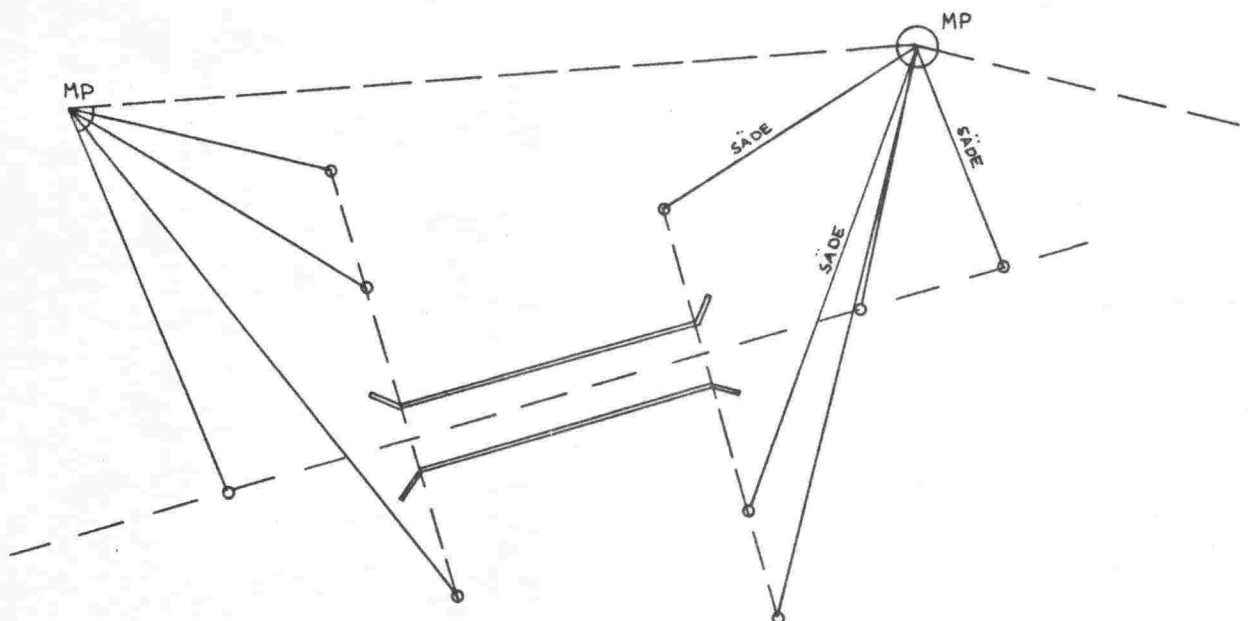
Vaativissa rakennuskohteissa etenkin taajamaympäristössä muodostavat muut kuin varsinaiseen maanrakennustyöhön liittyvät mittaukset usein puolet mittaustehtävistä.

Tolppien, pylväiden, porttaaleiden ja vastaavien paikka voidaan määrittellä työmaalla poikkileikkauksesta mittaamalla, mutta etenkin vilkkaasti liikennöidyissä paikoissa on käyttökelpoinen menetelmä mitattavien pisteiden määrittely koordinaatein sekä paikalleen mittaus sädemittauksena.

4.11 Siltojen mittaus

Suuret sillat vaativat erillisen mittaussuunnitelman ja oman mittaustekniikkansa, asiaa ei käsitellä tässä raportissa tarkemmin. Pienten siltojen kohdalla voidaan soveltaa liitekuvan mukaista käytäntöä. Myös siltatöiden yhteydessä tulisi menetellä niin, että urakoitsija suorittaa varsinaiset mittaukset ja rakennuttaja tekee ainoastaan kontrollimittaukset.

SILLAN MITTAUS ENNEN RAKENTAMISTA

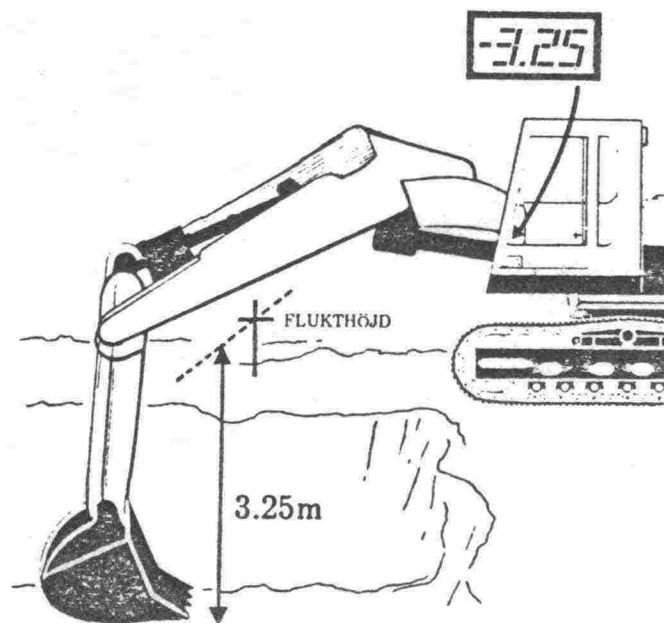


5. TYÖMAAMITTAUSTEN UUSINTA TEKNIKKAA JA KEHITYSNÄKYMÄ

5.1 Työmaamittauksia vähentävät laitteet rakennuskoneissa

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.

Pisimmälle kehitetty ja eniten käytetty järjestelmä on tuote nimeltään Levelator. Järjestelmää käytetään kaivinkoneissa. Systemi perustuu nesteletkuun ja siihen liittyvään elektroniseen anturiin ja näyttölaitteeseen. Kauha voidaan asettaa tähtäysmerkin päälle ja näyttölaitteen lukemat voidaan nollata 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.



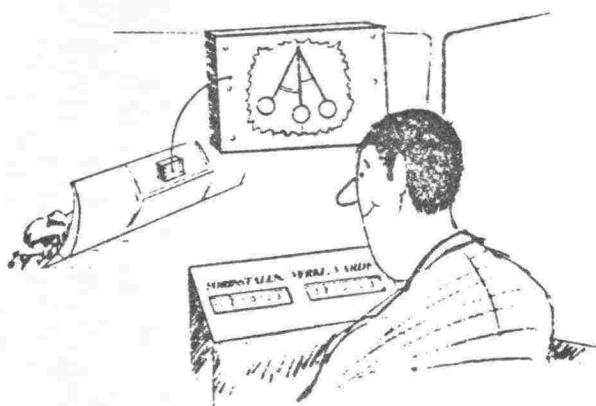
Ruotsissa on prototyypiasteella käytössä tiehöylään liitetty videokamera. Kamera on kiinnitetty höylän terään ja näyttömonitori on kuljettajan hytissä. Laitteeseen liittyy tiehöylän terän automaattinen kaltevuuden asetustekniikka. Kaltevuus voidaan asettaa halutuksi, jonka jälkeen se pysyy siinä kaltevuudessa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



- ERHÅLLNA/FÖRVÄNTADE RESULTAT
- Snävare tillverknings tolerans
- Lägre kostnad
- Mätbart bättre slutprodukt

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

LUTNINGSMÄTARE

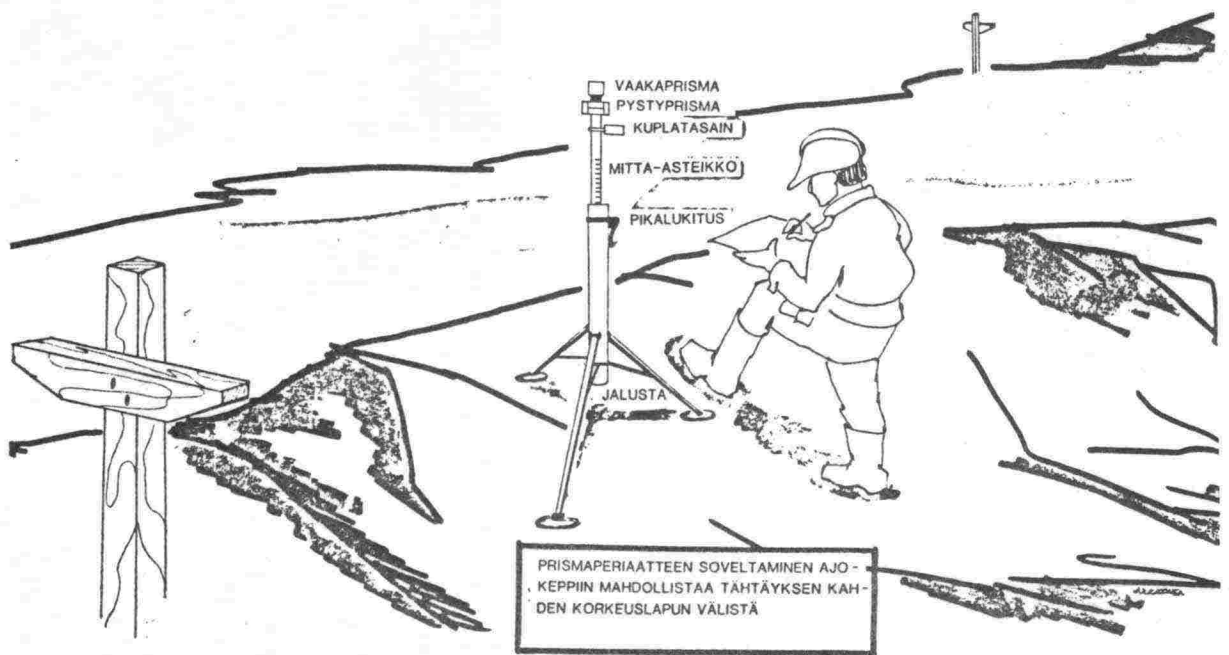


Kauempana tulevaisuudessa ovat ratkaisut, joiden avulla (kuva) rakennettavasta tiestä ja rakennuskoneen sijainti tiehen nähden välitetään rakennuskoneen hyttiin radioteitse tukikohdan tietokoneesta. Eräiltä osin tarvittava tekniikka on jo sotilaallisessa käytössä.

5.2 Tähtäysmerkkien lukutekniikka

Ruotsissa on kehitteillä laitteisto, jota voidaan käyttää esimerkiksi leikkaustöissä. Tekniikka perustuu siihen, että leikkauksen reunalle asetetaan tasolaser, joka antaa vaakasuoran tason. Tien reunaviiva ja keskilinja merkitään ainoastaan sijaintinsa puolesta paikalleen, mutta korkeuslappuja ei käytetä. Työn aikana seurataan tarkkailtavia pisteitä ajokepin avulla, jonka yläpäässä on sähköilmaisimia, jotka reagoivat laser-säteeseen. Kun ajokeppiä nostetaan lasertason läpi voidaan numeerisesta näytöstä suoraan lukea ajokepin alapään ja lasertason välinen korkeusero. Systemin käyttö edellyttää, että tarkkailtavien pisteiden korkeusero lasertason on valmiiksi taulukoitu. Järjestelmän kustannukset ovat noin 50 000 markkaa.

Tavallisen ajokepin käyttö on yleensä jonkin verran hankalaa, jos tähtäys joudutaan tekemään kahden korkeuslapun 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 sihtilapun määräämä taso. Liitteenä on kuva systeemin periaatteesta.



6. TYÖMAAMITTAUSTEN KEHITTÄMISTARVE

Työmaamittaukset ovat varsin kallis ja tärkeä työvaihe tietyömailla. Työmaamittauksia tulee lähteä kehittämään tehokkaasti siten, että TVL:n tienrakennustyömaiden käyttöön saadaan paras ja sopivin tekniikka, kalusto sekä hyvin koulutettu henkilökunta.

6.1 Työmaamittausten kehittämiskohteita

Määritellään tien rakentamisen tarkkuusvaatimukset ja kehitetään tien rakentamisen laaduntarkkailutekniikkaa.

Kehitetään tien rakennussuunnitelman yhteydessä tehtäviä laskentoja ja suunnittelumenetelmiä siten, että ne palvelevat mahdollisemman hyvin rakennustyömaata.

Laaditaan työmaamittaushenkilöstön kehittämis- ja koulutusohjelma sekä järjestetään käytännön koulutus.

Hankitaan työmaiden käyttöön uudenaikainen ja tehokas mittauskalusto ja välineistö sekä koulutetaan henkilökunta niiden tehokkaaseen käyttöön.

Selvitetään minkälaisia ohjelmoitavia laskimia ja pöytä tietokoneita eri kokoisilla työmailla tarvitaan. Hankitaan tarvittavat ohjelmat, tarvittavat laitteet sekä koulutetaan niiden käyttöön.

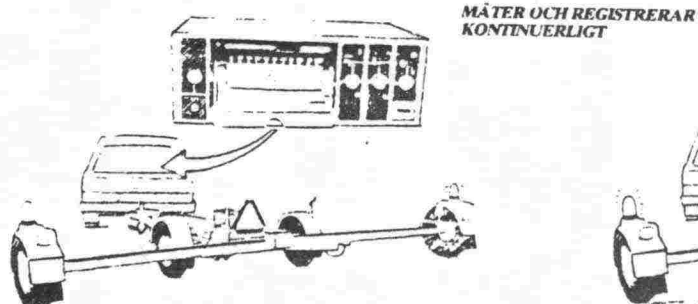
Kehitetään edelleen rakentamisen eri vaiheiden merkitsemistekniikkaa, jotta kukin työvaihe voidaan tehdä mahdollisemman tehokkaasti ja siten, että se palvelee mahdollisemman hyvin rakentamisen suoritusta.

Kehitetään uudet menetelmät kallioleikkausten mittaamiseksi siten, että poraukset tulee tehtyä mahdollisemman tarkasti. Järjestelmän mittaustekniikka ja tietokoneohjelmat voitaneen saada Ruotsista. Kehitystyö voidaan tehdä yhteistyössä TVL:n ja louhintaurakoitsijoiden kanssa.

Ryhdytään toimenpiteisiin, jotta mahdollisimman moni koneurakoitsija hankkisi laitteita, jotka vähentävät mittaustyön tarvetta sekä lähdetään kehittelemään uusia mittaustöitä helpottavia laitteita.

Tien rakentamisen laadun tarkkailua tulisi lähteä systemaattisesti kehittämään. Ruotsissa on asiaan kiinnitetty paljon huomiota ja siellä on kehitetty mittavaunuja, joiden avulla voidaan tarkistaa esim. kantavan kerroksen pinnan tasaisuus ja kaltevuudet ennen päällysrakenteen tekoa.

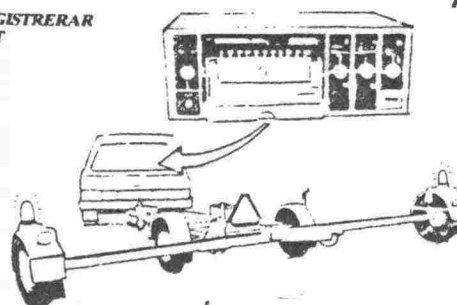
LIBELLA I



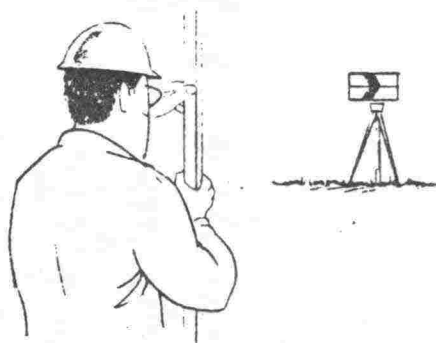
LIBELLA II med jämnhetsmätning

i vägens längdled

MÄTER OCH REGISTRERAR
KONTINUERLIGT



Planoskooppi on eräissä tapauksissa käyttökelpoinen väline tienrakennustyömaalla esim. louhintatöissä, siltatyömailla ja rumpuja rakennettaessa..



PLANOSCOPE

6.2 Koulutus ja mittausorganisaatio

Työmaamittausten vetäjänä tulee olla asianmukaisesti koulutettu ja kokenut henkilö. Vaativissa rakennuskohteissa on paras koulutus pohja mittausteknikko. Vähemmän vaativissa rakennuskohteissa voidaan käyttää harjaantuneita vaaitsijoita tai vastaavan kokemuksen omaavia mittaustyönjohtajia, joiden työtä valvoo usean tienrakennuskohteen mittauksista vastaava mittausteknikko tai mittaustöiden erikoiskoulutusta saanut rakennusmestari.

Sopiva mittausryhmän kokoonpano on useimmiten mittaustyönjohtaja ja vakinainen työmaamittauksia tehnyt mittamies. Jos mittaustyö vaatii paljon puutavaran käsittelyä ja muuta työtä vahvistetaan ryhmää apumiehellä.

Tulee pyrkiä siihen, että vaativissa kohteissa tulevan rakennustyön mittauksista vastaava voisi tutustua jo suunnitteluvaiheessa mittaussuunnitelmaan sekä tehdä työmaamittauksia helpottavia ehdotuksia esim. monikulmiopisteiden sijoittelun tai suunnitelman aikana tehtävien laskentojen osalta.

TVH:n tulee järjestää systemaattinen työmaamittauksiin liittyvä perus- ja jatkokoulutus ammattitaitoisen henkilökunnan varmistamiseksi. Erityisesti tulee kouluttaa uusien mittausvälineiden käyttöön sekä niihin liittyviin laskentoihin.

Rakennustyön eri vaiheissa saattaa työmaamittausten tarve ja kiireellisyys vaihdella. Tällöin on perusteltua käyttää kiireellisten erikoistehtävien mittaustöissä mittauskonsulttia, jotta työmaan vakinaista mittausryhmää ei tarvitse mitoittaa ruuhkahuippujen mukaan. Tämä koskee erityisesti vaativia rakennuskohteita.

Rakennustyömaan mittauksissa tulee päästä selkeään työnjakoon urakoitsijan ja rakennuttajan kesken. Urakoitsija vastaa tarvitsemistaan mittauksista ja rakennuttaja suorittaa ainoastaan tarvittavat kontrollimittaukset ja mahdollisten peruslinjojen ja -pisteiden paikalleen mittauksen. Täten urakoitsija voi itse määrittellä kuinka paljon mittauksia todella tarvitsee, eikä pääse vaatimaan kohtuuttoman hyvää ja kallista mittausten palvelutasoa rakennuttajan taholta. Näin varmistetaan myös paremmin mittaustöiden kontrolli, koska kontrollimittaukset tehdään eri työryhmän toimesta kuin varsinainen mittaus. Tämä käytäntö kannustaa urakoitsijaa hankkimaan rakennuskohteisiin mittaustöitä vähentäviä ja helpottavia laitteita.

7.
KIRJALLISUUSLUETTELO

Tienrakennustyöt, yleinen työselitys
Mittaustyöt, TVH 1979.

Mittaustöiden yhdenmukaistaminen
Työntutkimusraportti, TVL Lapin piiri 23.3.1982.

Kaavoitusmittausohjeet
Maanmittaushallituksen julkaisu 25.2.1983

Vägverket, Byggnadsavdelningen
Muistio Å. Lindgren 31.7.1984.

Rakennusmittaus, pisteiden määrittäminen ja paikalleen mittaa-
minen, menetelmät ja sallitus poikkeamat
RT 02-10028, SFS 3305

Tiensuunnittelumenetelmät, Tie-ATK 88,
TVH Suunnitteluosasto, Viatek Oy, 1984.

8.
LIITTEET

SELOSTUKSIA ERÄIDEN TYÖMAIDEN KÄYTTÄMISTÄ MIT-
TAUSMENETELMISTÄ.

Vt 4 välillä Upr-Renkomäki

Tienrakennushankkeen mittaukset karkeasti litteroituna

Mittalinjan paalutus monikulmiojonolta
-pisteiden tarkistus koord./korkeus

Haltuunottorajojen merkitseminen

Tasasatosten sidonta

1200 Kalkkipilarialueiden/Nauhaoja-alueiden nurkkien merkitseminen
-mahdollisesti myös ojien paikat

Siirtymämittaukset

1300 Rummun päiden merkitseminen, korkeudet
-isoille rumpukaivannoille leikkausmallit

Laskuojan leikkausmallit, korkeudet

Laskujohtomittaukset

-kaivojen paikat, korkeudet

-kaivuun jälkeen korkeudet ja kaivojen paikat kaivannon pohjalle arinan tekoa ja putkien asennusta varten

1400 Kalliopintojen pintavaaitus

Louhintaa varten mittalinja ja korkeudet kalliolle

Leikkauspohjalle (maaleikkaus) ja penkereen alaosan pinnalle louhepatjan tekoa varten korkeudet

Kalliroleikkaukseen korkomerkkejä kuormausta varten
-louhepatjan taitekohtiin ja sivuojan pohjalle

Ennen kantavan kerroksen tekoa merkitään hienotähtäyskorkeudet louhepatjan päälle

Hienotähtäykset = korkeudet eri puolella tietä, tähtäys ajokäytävällä

1500 Maanpintojen pintavaaitus

Maanleikkausmallit

Ydinpenkereiden reunojen merkitseminen

Pengermallit

-mataliin leikkauksiin ja penkereille korkeudet ns. karkeatähtäykset = korkeudet ovat samalla puolella tietä, tähtäys jatkeelta

Työn edistyessä merkitään isoihin leikkauksiin ja penkereille korkeudet leikkauksen pohjalle ja penkereiden päälle

1500 jatkuu

Massanvaihdon leikkausmallit

Perusmaahan asennettavien painumamittareiden paikkojen merkitseminen

-aluslevyn vaaitus

-penkereen teon jälkeen painumatarkkailu

Sisäluisikan muotoilua varten malli

-esim. sihtilappu hienotähtäyskorkeusrimaan

Sivuoja- ja niskaojakorkeudet ja paikat (po. litteralla 1311)

1600 Hienotähtäyksien tarkistus

Kantapisteiden mittaus liittymiin

1700 Sidotun päällysrakennekerroksen reunan merkitseminen

1800 Kaidelinjojen merkitseminen, korkeudet

Liikenteenohjauslaitteiden paikkojen merkitseminen, korkeudet

Ajoratamerkintöjen merkitseminen, reunakivien paikat

Siltamittaukset

-sillan mittalinja/pääpisteet merkitseminen

-siltaurakkaan liittyvät tarkistusmittaukset

Muut mittaukset.

25/9-84 Latti

Tom, Amelk

Paalu N:o	Luiskamallit			Hienotähtäisy			Karkea tähtäisy						Ajo- kep.	Taite		Ojat	
	Y Et.	Kork.	Kalt.	Et.	Kork.	Ero	Et.	Kork.	Ero	Et.	Kork.	Ero		Et.	Kork.	Et.	Kork.
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	
v																	
o																	

Potkusalmen siltatyömaa

Siltamittauksissa käytettävät mittausvälineet:

Teodoliitti TH co 10

Etäisyysmittauslaite Sokkisa RED 3

Prismassa 10 cm pitkä sauva ja rasiatasain.

Vedenalaisissa mittauksissa lisäksi 2 kg luoti ja suojaputki tarvittaessa, sekä sukeltaja.

Mittausmenetelmä:

Siltamittaukset suoritetaan sädemittauksena erillis-koordinaatistossa olevilta apupisteiltä (4 kpl).

Mittausmenetelmän edut verrattuna kulmamittaukseen:

Nopeus, tarkkuus ja luotettavuus.

Mittaryhmän koko 1+1 henkilöä. Kulmamittauksissa 2 + 1 henkilöä.

Sokkisa RED 3 kojeen hinta on 40 000 mk, mutta se säästää yhden henkilön palkan mittaryhmän vahvuudessa, joten voimme sanoa että ko. työn aikana olemme ansainneet ilmaisen kojeen piiriin.

Savonlinna 10.10.1984

Työmaanpäällikkö


Esko Rätty

Mittaustyöt tienrakennustyömaalla

Ennen maastossa suoritettavia mittauksia tehdyt valmistelevat menetelmät;

- Alusrakenteiden etäisyydet ja korkeudet laskettu, samoin sivuojat ja tien reunojen korkeudet. Kaikki tiedot merkitty a.o sarakkeilla varustettuun vihkoon.
- Leikkaus- ja pengermallien sijoituksesta tehty erillinen taulukko suunnittelijalta saatujen poikkileikkausten perusteella, (etenkin sivukaltevissa leikkauksissa suuntaa antava menetelmä).
- Raivausrajat merkitty poikkileikkauksista erilliseen vihkoon.
- Kallistusmerkkien sijainnista tehty erillinen taulukko (kts. liite).

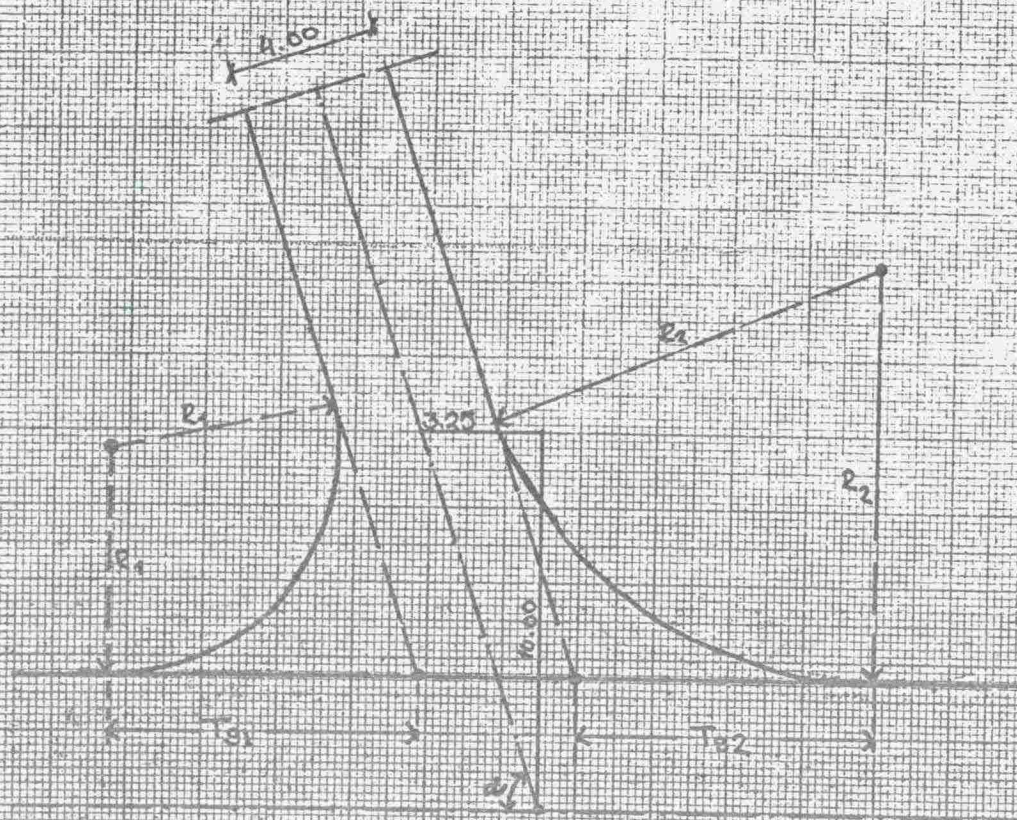
Maastotyön aikana suoritettavia menetelmiä;

- Sidepaalujen etäisyydet merkitty vihkoon. Helpottaa mittausten suoritusta etenkin talvella ja pitempiaikaisilla työmailla. Tussimerkinnät paaluissa monasti häviävät auringon paisteen vaikutuksesta.
- Yksityisteiden liittymäkulmat mitattu oheista taulukkoa apuna käyttäen. Taulukosta saatu piirin aloitepalkinto.

Poronlinna 11.10.1984

Työmaanpäällikkö


Esko Rätty



ESIMERKKI

A-tyyppi $\alpha = 80^\circ$

- $\alpha = 80^\circ$
- $T_{g1} = 8.26 \text{ m}$
- $T_{g2} = 7.93 \text{ m}$
- $R_1 = 6.00 \text{ m}$
- $R_2 = 11.00 \text{ m}$
- Palkkama 3.25 m

ML 1:200

TAULUKKO YKSITYISTIEN LIITTYMÄN KULMIEN JA
KAARIEN MITTAUSTA VARTEN

- suunnitelman mukaiselta paalulta mitataan kohtisuoraan 10 m. Saadulta pisteeltä mitataan kohtisuoraan "poikkeama 10:llä metrillä". Esim. A-tyyppi liittymäkulma 80 gon'ia poikkeama = 3,25 m.
- saadun pisteen ja päätien paalun kautta mitattu suora on 80 gon'in kulmassa päätiehen nähden.
- saadulta suoralta mitataan liittyvän tien suunniteltu leveys.
- liittyvän tien reunan suuntaiset suorat vedetään päätien ajoradan reunan asti.
- saaduista pisteistä mitataan Tg1 ja Tg2. Esim. A-tyyppi liittymäkulma 80 gon'ia
 $Tg1 = 8,26 \text{ m}$
 $Tg2 = 7,99 \text{ m}$
- tangenteilta 1 ja 2 mitataan liittymän kaarien säteet R1 ja R2. Esim. A-tyyppi liittymäkulma 80 gon'ia
 $R1 = 6 \text{ m}, R2 = 11 \text{ m}.$
- R1 ja R2 -säteiset kaaret mitataan ympyrän keskipisteistä päätien tangentista lähtien siten, että ne yhtyvät liittyvän tien reunasuoriin.

Liittymien t_qn pituudet A- ja B-tyypeille

Avainliittymä A-tyyppi						Avainliittymä B-tyyppi					
α g	R ₁	R ₂	T _{q1}	T _{q2}	Poikkeama	α g	R ₁	R ₂	T _{q1}	T _{q2}	Poikkeama
	m	m	m	m	10 millia		m	m	m	m	10 millia
80	6	11	8.26	7.99	3.25 vas.	80	10	19	14.23	13.80	3.25 vas.
85	6	9	7.61	7.10	2.40 "	85	10	16	12.68	12.61	2.40 "
90	6	8	7.02	6.83	1.58 "	90	10	14	12.08	11.96	1.58 "
95	6	7	6.49	6.47	0.79 "	95	10	12	10.82	11.09	0.79 "
100	6	6	6.00	6.00	0.00	100	10	10	10.00	10.00	0.00
105	7	6	6.47	6.49	0.79 oik.	105	12	10	11.09	10.82	0.79 oik.
110	8	6	6.83	7.02	1.58 "	110	14	10	11.96	12.08	1.58 "
115	9	6	7.10	7.61	2.40 "	115	16	10	12.61	12.68	2.40 "
120	11	6	7.99	8.26	3.25 "	120	19	10	13.80	14.23	3.25 "

Huom! Säröke "poikkeama 10 millia" tarkoittaa kio. kulman mittauusta perustiljaa vastaan otetulta kohtisuoralta 10 min matkalta.

M1 470 Varparanta-Haponlehti

Kallistusmerkit

PL	Merkki	PL	Merkki	PL	Merkki	PL	Merkki	PL	Merkki	PL	Merkki	PL	Merkki
13800	↑	16420	↑	18770	↑	21570	↑	820	↑	23820	↑	26890	↑
13830	↑	16450	↑	19620	↑	21620	↑	850	↑	25660	↑	26950	↑
13870	↑	17110	↑	19650	↑	21650	↑	910	↑	25690	↑	26970	↑
14030	↑	17140	↑	19710	↑	0+90	↑	940	↑	25780	↑	27230	↑
14110	↑	17190	↑	19850	↑	120	↑	22790	↑	25810	↑	27270	↑
14150	↑	17380	↑	19910	↑	150	↑	23250	↑	25840	↑	27310	↑
14380	↑	17430	↑	19940	↑	200	↑	23280	↑	25880	↑		
14910	↑	17460	↑	21210	↑	230	↑	23310	↑	26160	↑		
14950	↑	18330	↑	21240	↑	260	↑	23450	↑	26195	↑		
15010	↑	18360	↑	21250	↑	-110	↑	23480	↑	26245	↑		
15050	↑	18420	↑	21310	↑	-80	↑	23510	↑	26305	↑		
15080	↑	18480	↑	21320	↑	-50	↑	23590	↑	26350	↑		
16200	↑	18530	↑	21350	↑	420	↑	23620	↑	26395	↑		
16230	↑	18570	↑	21430	↑	450	↑	23650	↑	26560	↑		
16280	↑	18690	↑	21460	↑	480	↑	23760	↑	26600	↑		
16370	↑	18740	↑	21530	↑	790	↑	23790	↑	26640	↑		

Kymen piiri

9.10.1984

Viite: O/Rt-93

Asia: Rakennustyömaan mittauksia
koskeva selvitysTienrakennus:

Nykyisin on tien mittalinja laskettu tai lasketettu tulevan tien keskelle, jos suoritetaan tien suuntauksen tai tien perusparantaminen. Nyt olisi tulevissa tietokoneohjelmissa huomioitava rakentajan kannalta seuraavia näkökohtia:

Mittalinjaa tai mittapistettä tien keskelle on turha mitata, koska piste on vain sen hetken. Mittapiste on sidottava tien reunaan (yleinen liikenne, työmaaliikenne ym.). Mittalinjat tulisi sijoittaa määrätäisyydelle pientareen reunasta molemmin puolin, jolloin jäisi yksi mittaus vähemmälle. Jos mittauslinjat sidotaan koordinaatistoon, niin koordinaattien laskeminen tulisi suorittaa sadevesikaivoille, porttaaleille, liikennemerkeille ym, jolloin paalutusmitat saadaan suoraan monikulmiojonolta elektronista etäisyyden mittauksista käyttäen tai kulmamittauksena.

Kulmamittauksessa olisi huomioitava myös, että kulmat laskettaisiin suuntina eikä kulmina jonkun monikulmiosivun suhteen.

On aivan sama, asettaako teodoliittiin nollan tai jo valmiiksi lasketun suuntakulman, joka on perusjonon yhteydessä laskettu. Samoin pitäisi voida laskettaa sellainen laskelma, esim. 0,5 m kantavan kerroksen reunasta, jossa olisi ajoradan kallistukset huomioitu mutta ei pientareen kallistuksia. Näin ollen kantavan kerroksen tiivistäminen voidaan suorittaa.

Muutenkin koko korkeus ja laksentajärjestelmä tulisi perustua kantavan kerroksen mittoihin. Kantavan kerroksen paksuus ja leveys ovat yleensä vakiot.

Karkeatähtäyksen tulisi perustua yksinomaan tasausviivaan, joka merkittäisiin maastoon paaluväleittäin ja tästä tasausviivasta sitten mitattaisiin tarvittavat pikku mitat ylös- ja alaspäin. Nykyiset karkeatähtäyslaput ovat epäkäytännöllisiä ja monelle vaikeaselkoisia. Niiden merkitseminen maastoon on kallista ja aikaa vievää työtä. Karkeatähtäys ei myöskään sovi, jos leikkaus tai penger on yli 3 metriä korkea.

Hienotähtäyksen tulisi perustua kantavan kerroksen mittoihin. Samoin päällysteen reunat voitaisiin myöskin ilmoittaa samassa laskennassa. Merkkipaalun paikka tulisi laskettaa 0,5 m tai 1,0 m ulos oikeasta paikasta.

Ajoratamerkinnt, liikennemerkkit ym. tiehen kuuluvat laitteet. Niiden mittauksessa on aivan sama, mistä ne mitataan, kunhan ei tien keskellä olevasta mittalinjasta, esim. liikennemerkkien paikkojen mitat voidaan ilmoittaa myös kantavan kerroksen mitoitsta tai päällysteen reunasta.

Tienrakennuksessa on massalaskenta ollut yksi ongelma. Massalaskennassa tulisi siirtyä XYZ koordinaatistoon, jolloin massamäärät voidaan laskea matemaattisesti. Paaluväli voisi olla 1 m - 20 m, jolloin voidaan suorittaa karkea massalaskenta työsuunnittelua varten tai sitten kontrolloida urakoitsijoiden suorittamia urakkasopimukseen perustuvia työsuorituksia.

Samoin massansiirtosuunnitelmia pitäisi voida laatia karkealla massalaskennalla. Massalaskennan tarkistusten osalta poikkileikkausten vaaitseminen ja piirtäminen on työlästä. Vaaitustiedot pitäisi saada siirtää automaattisille piirtureille, joissa olisi perustiedosto jo valmiina, tien poikkileikkaus, muoto ja korkeusasema 1 m:n välein. Vaaitusvälin voisi sitten valita maastossa vallitsevien olosuhteiden mukaan 1 - 20 m. Vaaituksessa käytettävä mittalinja voi aivan hyvin olla kantavan kerroksen laskennassa tai 0,5 m tai 1,0 m ulkona.

Yksi mahdollisuus on se, että massalaskennassa siirrytään tilavuusmitoista yksinomaan painomittoihin, jolloin massojen menekki ja tarkkailu tapahtuu vaa'an avulla tai tilavuus- ja painomittoihin yhdessä.

Sillanrakennus:

Sillan rakennuksessa on ollut sillan mittapisteillä koordinaatit ja mittaussuunnitelma tai tarkistussuunnitelma on laadittu työmaalla.

Mittaukset ovat perustuneet yksinomaan kulmamittaukseen suuntina ja matkoina geometriaan ja trigonometriaan. Käytännön mittaus on suoritettu kahdella teodoliitilla tai elektronisella etäisyyden mittauksilla. Tällä menetelmällä on saavutettu SYT:n vaatima tarkkuus.

Kaivinpaalujen tarkistus on tapahtunut nopeimmin tällä menetelmällä, samoin myös maatukien ja välitukien osalta. Tämä on edel-

lyttänyt määrättyjen peruspisteiden tai apujonon mittausta ja suunnittelua ennen varsinaista sillan rakentamista yhdessä sillanrakennusmestareiden kanssa, jolloin tulee huomioiduksi työmaasuojat, työmaatiet, valaistus, työjärjestys ja liittyvän tien penkereet, paalutukset, telineet ym. Sitten näitä peruspisteitä, jotka ovat olleet varsinaisen siltapaikan ulkopuolella, on käytetty koko sillan rakentamisen ajan mittausten perustana.

Kulmahavainnot ovat olleet rakentamisen ajan samat suuntina ja matkoina. Siten mahdolliset virheet mittauksissa aina häviävät siirryttäessä seuraavaan vaiheeseen, esim. perustuksesta pilarin tai maatuen mittoihin.

Sillan rakennuksessa tulisi ehkä ottaa huomioon nykyisin myös tasolaserin käyttömahdollisuus, pystytaso ja vaakataso.

Muut mittaukset:

Sadevesiviemäreiden osalta tulisi siirtyä putkilaserin käyttöön ja koordinaatistoon. Tietysti tämä edellyttää jo suurempaa viemäröintiä, esim. moottoritiet, moottoriliikennetiet, eritasoliittymät, varastoalueet ym. Koordinaatistolla tarkoitan XYZ koordinaatistoa, jolloin vaaitus jäisi kokonaan pois. Samoin piirturit ja poikkileikkaukset tulisi sijoittaa samaan järjestelmään. Tähän liittyen myös kuuluisi videojärjestelmä ja valokuvaus koordinaatipisteiltä.

Paalutusta suorittavalla henkilöllä voisi ehkä olla sellainen laite, joka ilmaisisi itsensä XYZ koordinaatistossa numeerisesti, jolloin rakentajaa varten voidaan laittaa paalu ja korkeuslappu luotettavasti ja nopeasti.

Monikulmiojonoa käytettäisiin lähtötietona ja suoritettaisiin ns. taaksepäin leikkaus kahdelle tai kolmelle tunnetulle pisteelle.

Mittausvälineiden osalta pitäisi siirtyä enemmän elektronisiin etäisyyden ja kulmanmittauskoneisiin kuin myös vaaituskoneiden osalta tai sitten näiden yhdistelmään. Tietenkin tämä asettaa mittausmiehille enemmän vaatimuksia niin tiedollisesti kuin taidollisestikin, mutta varsinainen mittamiehen ammatti ei muutu. Siinä tapahtuu vain eräänlainen muodon muutos.

S. Uotila

Työvaiheet

1. Haltuunotto
2. Maanleikkaus- ja pengerrystyöt
3. Päällysrakennetyöt
4. Tiehen kuuluvien laitteiden ja varusteiden asentaminen.
(ajoratamaalaukset, valaitus, liikennevalot, liikenteenohjauslaitteet, rummut, kaapelit, suojaputket ym.)
5. Siltamittaukset
6. Muut tienrakentamiseen liittyvät työt

MIKKELIN PÄÄTIET

Vt 5 Väl. Asema-Kinnari

Vt. 5 väl. Pitkäjärvi-Asema



Käytetyt mittausmenetelmät eri työvaiheissa

1. Haltuunotto

Rakennetaan monikulmiojono uudelleen tuhoutuvilta osin.

2. Maanleikkaus- ja pengerrystyöt

Maanleikkaus-, pengerrys- ja ojamallien mittaaminen:

- a) Suunnittelijan mittaussuunnitelmalaskentataulukoiden mukaisesti mitataan (teodoliitti + geodimetri) säteettäisesti monikulmiojonolta tien paalutus maastoon.
- b) Tien paalutuksesta mitataan (kulmaprisma+mittanauha) mallien ja sidontojen sijainnit rakennussuunnitelmapiirustusten mukaisesti.
- c) Mallien korkeudet mitataan (vaaituskoje) korkeuskiintopisteeltä alkaen ja päättäen poikkileikkaustietojen mukaan.

3. Päälysrakennetyöt

Päälysrakennemallien mittaaminen:

- a) Mitataan tarvittaessa tien paalutus uudestaan kuten kohdassa 2a.
(jos sidonnat ovat hävinneet aiemmin)
- b) Mitataan päälysrakennemalli joko paalutuksesta tai sidonnasta suodatin-kerroksen yläreunan kohdalle TAI sidonta ja malli mitataan 0.5 m pien-tareesta ulospäin, josta käsin päällystysvaiheessa mitataan päällystys-reunatikut.
- c) Kuten kohta 2c.
- d) Päälysrakennemallit säilytetään liikenteelleottoon asti, koska niitä käytetään myöhemmin tehtävissä varusteiden ja laitteiden asennus- ja rakentamismittauksissa.
- e) Päälysrakennemalleista siirretään paalutus asfaltin reunaan merkitse-mällä maalilla keltainen merkki 20m:n välein ja satapaalu numeroin.
(palvelee esim. päällystysurakoiden loppukatselmuksia)

4. Tiehen kuuluvien laitteiden ja varusteiden asentaminen ja rakentaminen.

Varusteiden ja laitteiden sijainti- ja korkeusmittaukset perustuvat yleensä ko eri laitteiden ja varusteiden rakennussuunnitelmiin, joiden mitta- ja poikkileikkauspiirustusten avulla mittaukset voidaan suorittaa tien paalutuksesta käsin joko laskemalla säteettäiset paalutusmitat tai mittaamalla suorakulmaisesti tien paalutuksesta käsin.

Myöhemmän tarpeen varalle merkitään esim. suojaputket asfaltin reunaan punaisella maalimerkillä.

5. Siltamittaukset

Rakennuttajalle kuuluvat mittaustyöt:

a) Annetaan mittasuora urakoitsijalle mittaamalla sillan mittasuoralle tai sen jatkeelle monikulmiojonolta säteettäisesti geodimetrillä mittasuorapilareiden paikat.

b) Kontrollimittauksia suoritetaan (mittasuoralta ja jonolta) sekä sijainnista että korkeuksista ainakin valmiista rakenteista.

6. Muut tienrakentamiseen liittyvät työt

esim. väistöraiteen rakentamiseen liittyvät maanrakentamistyöt.

Mittausmenetelmät ovat samat, kuin varsinaisissa tienrakennustöissä.

Työmaalla käytettävissä olevat välineetVälineet

Geodimetri AGA H 116
+ Wild T2 teodoliitti

Useita vaaituskojeita

Mittausryhmiä on 2 kpl, joissa vahvuutena 1+2 per. ryhmä.

Käyttötarkoitus

- Monikulmiojonojen rakentamisessa etäisyyksien mittaus ja kulmien havainnointi.
- Mittaustaulukoiden mukaiset tien eri elementtien paikoilleenmittaukset.
- Jo paikoillaan olevien rakenteiden kartoitus.
- Kontrollimittaukset (esim. sillat)

- Kaikki korkeudenmittaukset