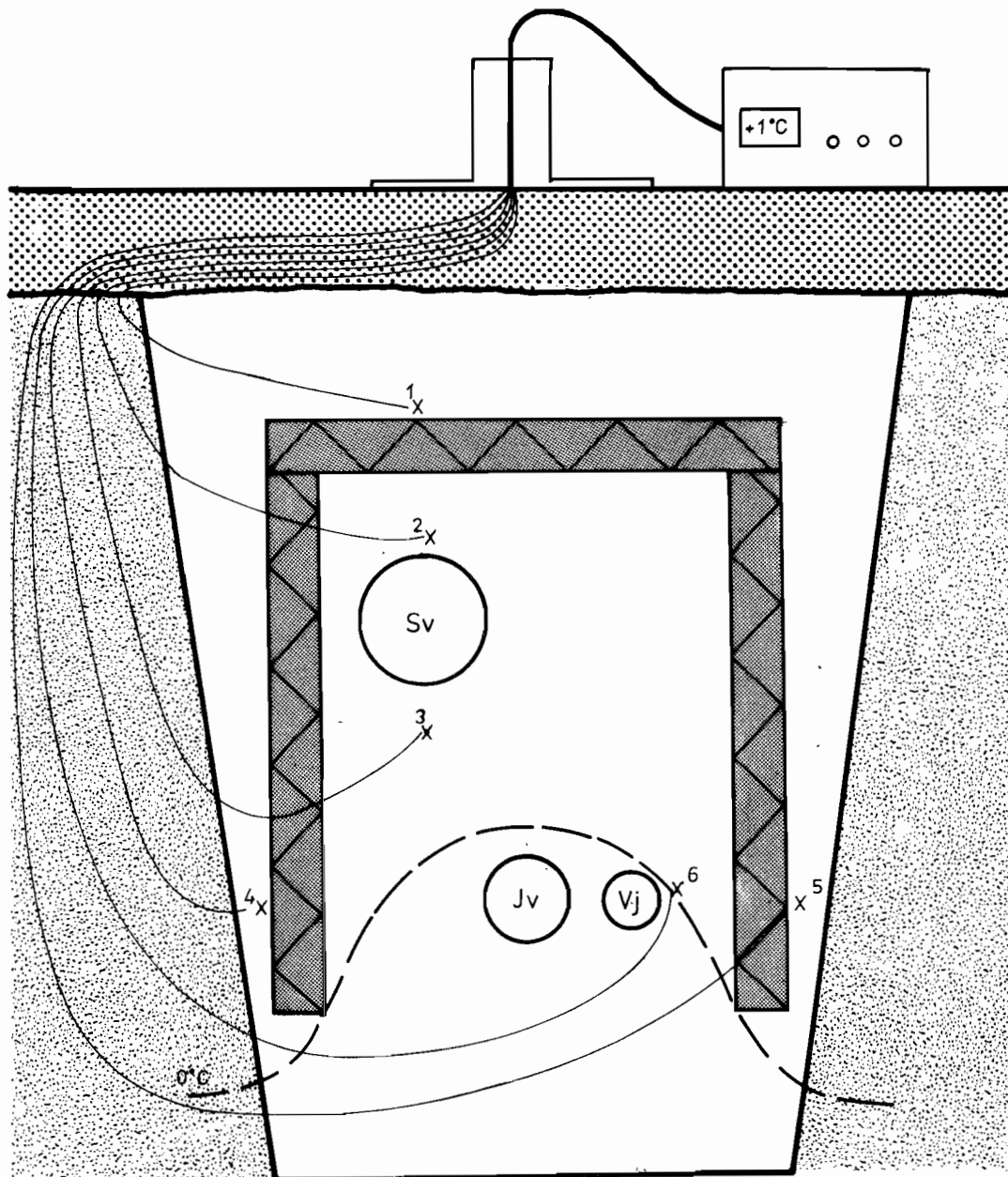


**HELSINGIN KAUPUNGIN KIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNINEN OSASTO**



Hannu Halkola

**KUNNALLISTEKNIIKAN GEOTEKNIikkaAN
LIITTYVÄT KOERAKENTAMISKOHTEET
TORPPARINMÄESSÄ**

**KOERAKENTAMISKOHTEET
RAKENTAMISKOKEMUKSET
SEURANTAMITTAUSOHJELMAT**

**Geoteknisen osaston
tiedote 26 26.7.1982**

DI Hannu Halkola

KUNNALLISTEKNIIKAN GEOTEKNIikkaAN LIITTYVÄT KOE-
RAKENTAMISKOhteET TORPPARINmäESSÄ

Koerakentamiskohteet

Rakentamiskokemukset

Seurantamittausohjelmat

HELSINGIN KAUPUNGIN KIINTEISTÖVIRASTO

Geotekninen osasto 26.7.1982

SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE

1.	JOHDANTO.....	1
2.	POHJATUTKIMUKSET.....	4
2.1	Tehdyt tutkimukset.....	4
2.2	Pohjasuhteet.....	4
3.	TUTKIMUS VOIMALAITOSTUHKIEN KÄYTÖSTÄ.....	7
3.1	Tutkimuksen tausta.....	7
3.2	Tuhkien käytön merkitys.....	7
3.3	Tuhkien ominaisuudet.....	8
3.31	Geotekniset ominaisuudet.....	8
3.32	Työskentelyominaisuudet.....	9
3.4	Tuhkarakentamiskohteet Torpparinmäessä.....	11
3.41	Sv-rumpujen perustukset ja siirtymä- rakenteet.....	11
3.42	Katurakenteet.....	11
3.43	Pysäköintialueet.....	12
3.44	Putki- ja kaukolämpöjohtojen perusta- minen.....	13
3.45	Kaivantojen täytteet.....	13
3.5	Tuhkarakentamiskohteiden seuranta.....	20
3.51	Seurantamenetelmät.....	20
3.52	Torpparinmäentie.....	21
3.53	Kotitorpanpolku.....	24
3.54	Paikointusalueet.....	24
3.6	Kokemuksia voimalaitostuhkien käytöstä.....	24
4.	PUTKIJOHTOJEN ROUTASUOJAUSTUTKIMUS.....	26
4.1	Tutkimuksen tausta.....	26
4.2	Tutkimuksen sisältö ja tavoitteet.....	26
4.3	Tutkimusresurssit.....	27
4.4	Routasuojatut putkijohto-osuudet Torpparin- mäessä.....	28
4.5	Routasuojaustutkimuksen seuranta.....	39
4.6	Kokemuksia routasuojaustyöstä.....	39

5.	SYVÄSTABILOINTI.....	42
5.1	Syvästabilontikokeilun tausta.....	42
5.2	Syvästabilointityö.....	42
5.3	Syvästabilointikohteet Torpparimäessä.....	43
5.31	Torpankujan jatke.....	43
5.32	Ylätuvanpolku.....	43
5.33	Ylätuvantie.....	43
5.34	Kaivantokoe.....	47
5.4	Syvästabilointikohteiden seuranta.....	48
5.41	Seurantamenetelmät.....	48
5.42	Ylätuvanpolku.....	48
5.43	Ylätuvantie.....	48
5.44	Torpankujan jatke.....	50
5.45	Kaivantokoe.....	50
5.5	Kokemuksia syvästabilointityöstä.....	51
6.	ESIRAKENTAMINEN.....	51
6.1	Tausta.....	51
6.2	Esirakentamistavat.....	52
6.3	Esirakentaminen Torpparinmäessä.....	54
6.4	Seuranta.....	55
7.	YHTEENVETO.....	56

ALKULAUSE

Torpparinmäen asuntomessualue oli valittu alunpitäen pientalojen koerakennuskohdealueeksi, mutta asuntomessuista aiheutuva kiire häyttasi varsinaista koerakennustoimintaa. Kaikesta huolimatta alueella saatiin toteutettua suunniteltu kunnallistekniikan geotekniikkaan liittyvä koerakennustoiminta tyydyttävästi.

Kunnallistekniikan geotekniikkaan liittyviksi koerakennusaiheiksi valittiin neljä aihetta:

1. Syvästabiloinnin hyväksikäyttö kunnallistekniikan rakentamisessa
2. Kivihiilituhkan hyväksikäyttö kunnallistekniikan rakentamisessa
3. Putkijohtojen routasuojaus
4. Pehmeikköalueen esirakentaminen

Nämä neljä aihetta on valittu siksi, että näistä aiheista tarvitaan kipeimmin koerakennustoimintaa, missä rakenteen käyttäytymistä seurataan mittauksin muutaman vuoden ajan. Tuloksia tullaan käyttämään hyväksi laskentamenetelmien ja parametrien tarkistamisessa. Lisäksi on rakentamisaikana saatu hyödyllisiä kokemuksia uusien menetelmien rakentamiseen liittyvistä vaikeuksista.

Koerakennuskohteiden suunnittelusta ovat pääasiassa vastanneet DI Harri Mäkelä, VTT/geotekniikan laboratorio routaeristekokeiden osalta, DI Jorma Havukainen, Ky/Geo tuhkakokeiden osalta ja DI Pentti Lahtinen, Ky/Geo syvästabilointi- ja esirakennuskohteiden osalta. Käytännön järjestelyjen yhdyshenkilönä ja sihteerinä on toiminut DI Hannu Halkola, Ky/Geo, joka on myös tämän raportin tekijä.

Tässä raportissa esitellään toteutetut koerakennuskohteet sekä rakenteiden, sijaintien että mittausjärjestelyjen osalta mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Lisäksi esitetään rakentamisen aikaiset kokemukset sekä suunnitelmat kunkin koerakennuskohteen seurantamittauksista. Seurantamittausten tulokset ja analysoinnit tullaan julkaisemaan kukin erikseen lähimmän kolmen vuoden aikana.

Helsingissä heinäkuun 26. päivänä 1982

Pentti Lahtinen

Pentti Lahtinen

apulaisosastopäällikkö

1. JOHDANTO

Helsingin kaupunki käynnisti 27.4.1970 pientalojen koerakentamisprojektin, PIKO-projektin, jonka tarkoituksena on edistää pientalotuotannossa kaupunkiympäristöön sopivien taloudellisten ja asumisviihtyisyydeltään korkeatasoisten asuntoratkaisujen käyttöönottoa. Samalla pyritään valitun perusenergiajärjestelmän puitteissa löytämään hyviä energiataloudellisia ratkaisuja kaavoituksen kunnallistekniikan sekä rakennusten energiajärjestelmien osalta.

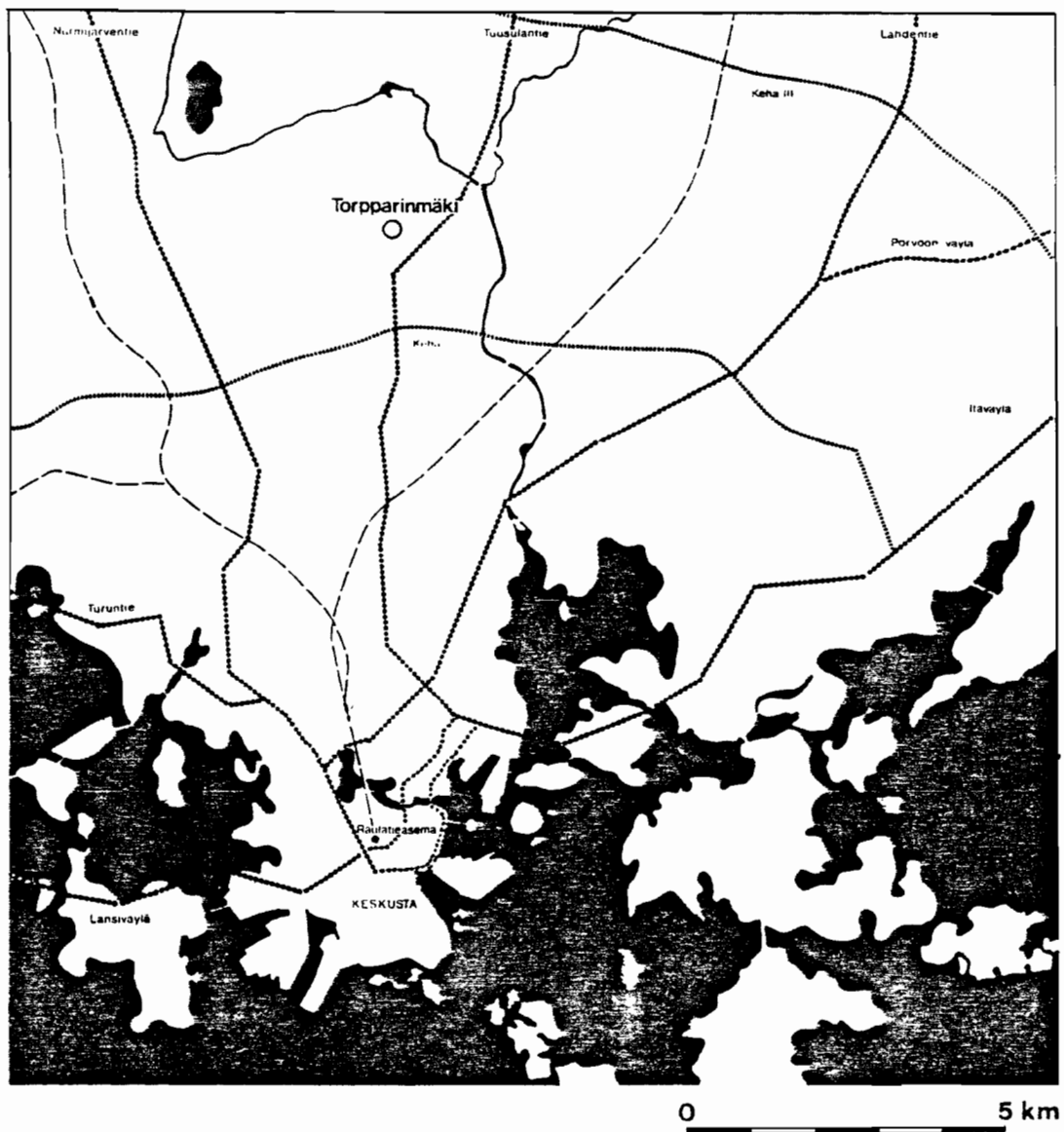
PIKO-projekti toteutetaan Tuomarinkylän kaupunginosassa Torpparinmäen vanhan pientaloalueen lounaispuolella, (kuva 1), Helsingille tyypillisellä savialueella (kuva 2).

Kunnallistekniikkaan liittyvissä kokeiluissa päätettiin keskittyä pääasiassa kunnallistekniikan geotekniikkaan, koska tältä alalta on Suomessa tehty käytännön kokeita vähän. Torpparinmäen koerakentamisalue tulee olemaan Helsingissä vuonna 1983 järjestettävän Euroopan pohjarakennuskonferenssin eräs esitellykohde.

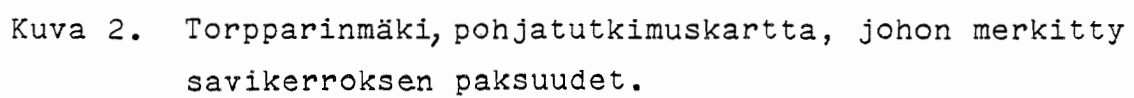
Geoteknisiä tutkimusaiheita valittiin neljä

- kivihiilituhkan käyttö
- putkijohtojen routasuojaus
- syvästabilointi
- esirakentaminen

Katujen ja viemäreiden rakentamisen osalta päätettiin kokeilla kivihiilituhkan soveltuvuutta ja lämpöeristeiden käyttöä. Syvästabilointia käytettiin katujen ja viemäreiden perustamistöissä ja putkikaivantojen tuennassa. Esirakentamista päätettiin kokeilla asuntomessujen pysäköintialueella. Kokeiluihin liittyvää seurantaä päätettiin toteuttaa ainakin kahden vuoden ajan.



Kuva 1. Torpparinmäen sijainti Helsingissä.



Geoteknisten tutkimusten suunnittelusta, rakentamisesta ja seurannasta ovat vastanneet pääasiassa Helsingin kaupungin kiinteistöviraston geotekninen osasto, rakennusviraston katurakennusosasto, VTT:n geotekniikan laboratorio sekä Oulun yliopiston geotekninen laboratorio. Yhteistyössä on omalta osaltaan ollut myös Helsingin kaupungin vesilaitos.

Tässä raportissa esitetään toteutuneet tutkimuskohteet, kokemuksia työmenetelmistä sekä kohteiden seurantaohjelma.

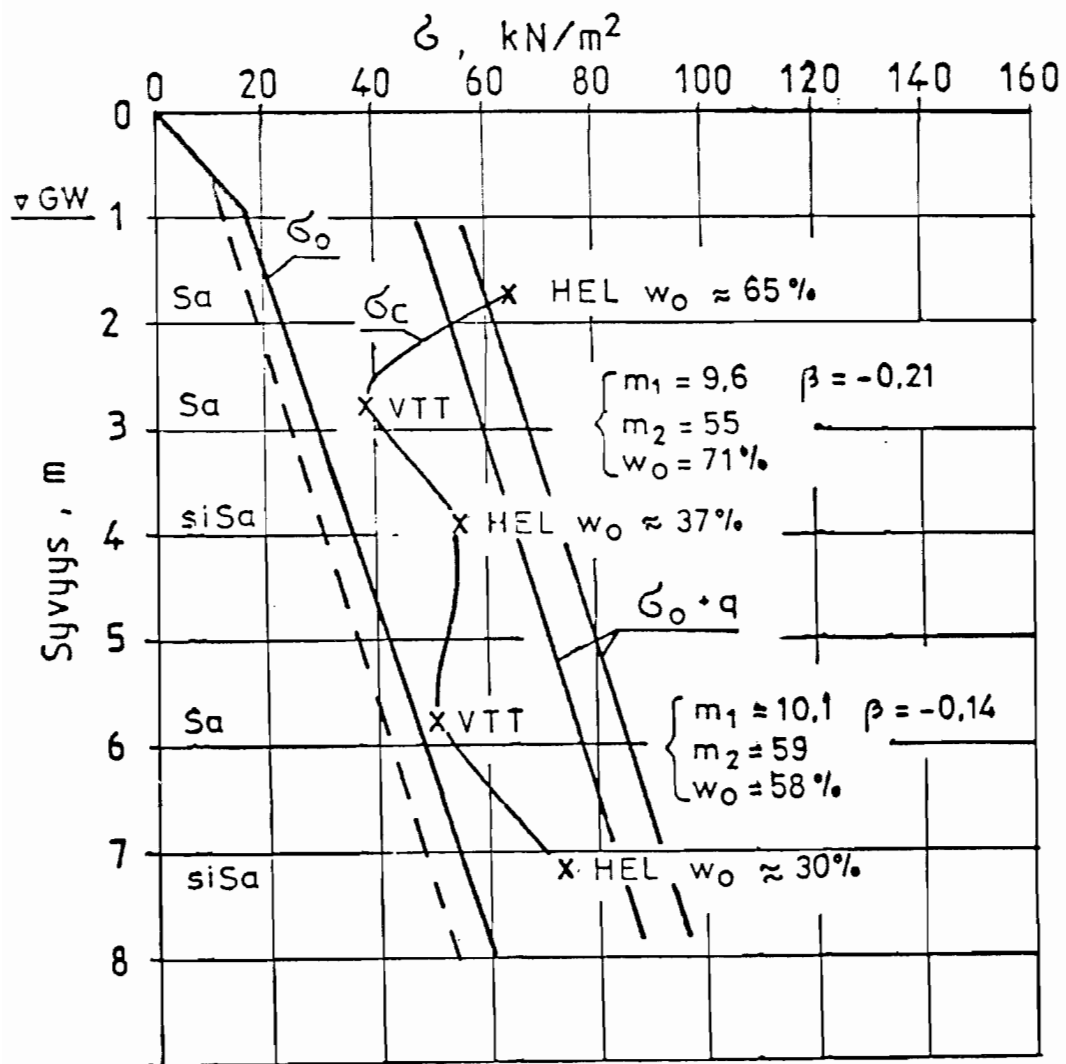
2. POHJATUTKIMUKSET

2.1 Tehdyt tutkimukset

Alueen pohjatutkimukset suoritettiin toukokuussa 1980. Pohjatutkimukset käsittivät painokairauksia maalajien kerrosrajojen selvittämiseksi, siipikairauksia savikerroksen suljetun leikkauslujuuden määrittämiseksi, häiriintyneiden maanäytteiden ottamisen maalajien määrittämistä varten sekä häiriintymättömien näytteiden ottamisen saven kokoonpuristuvuusominaisuuksien selvittämiseksi.

2.2 Pohjasuhteet

Alue sijaitsee Helsingille tyypillisellä savialueella, jossa päällimmäisenä kerroksena on noin 0,3 - 0,5 m paksu humuskerros. Tämän kerroksen alla on savikerros, jonka paksuus vaihtelee 1,5 - 11,0 m. Savikerroksen yläosassa on noin 0,5 - 1,0 m paksu kuivakuorisavikerros. Kuivakuorikerroksen alapuolella saven leikkauslujuus siipikairalla mitattuna vaihtelee rajoissa 9 - 15 kN/m². Saven vesipitoisuus vaihtelee 40 - 100 % saven kuivatilavuuspainosta mitattuna. Saven kokoonpuristuvuusparametrit ödometrikokeilla mitattuna esitetään kuvassa 3 ja taulukossa 1. Savikerroksen alla on siltti-, hiekka- ja moreenikerrokset.



Kuva 3. Torpparinmäki, arvio saven konsolidaatiotilasta sekä painumalaskentaparametrejä.

Taulukko 1. Torpparimäki, savikerroksen konsolidaatiokertoimet.

Syvyys (m)	Kokeet teki	σ_c kN/m ²	σ (kN/m ²)	C_{vv} m ² /a	C_{vh} m ² /a	C_h/C_v	Mitoittava arvo
1,83	HEL	65	25 50 100	0,66 0,95 0,94	1,13 0,86 0,96	1,62 0,90 1,02	$C_h = 0,8 \text{ m}^2/\text{a}$
2,83	VTT	37	24 48 96	2,45 1,87 0,55	2,85 1,23 1,16	1,16 0,66 2,10	$C_h = 1,2 \text{ m}^2/\text{a}$
3,83	HEL	55	25 50 100	0,46 2,49 3,20	2,66 6,45 7,96	2,40 2,59 2,49	$C_h = 2,5 \text{ m}^2/\text{a}$
5,83	VTT	50	24 48 96	2,72 2,17 0,42	3,34 2,16 0,65	1,23 1,00 1,52	$C_h = 0,6 \text{ m}^2/\text{a}$
7,33	HEL	75	25 50 100	0,17 2,49 3,22	0,17 1,81 3,42	1,00 0,73 1,06	$C_h = 3,4 \text{ m}^2/\text{a}$

3. TUTKIMUS VOIMALAITOSTUHKIEN KÄYTÖSTÄ

3.1 Tutkimuksen tausta

Geotekninen osasto käynnisti 1979 tuhkatutkimusprojektin Helsingin kaupungin kivihiilikäyttöisten voimaloiden tuhkien hyötykäytön kehittämiseksi. Tutkimusta valvoo Helsingin kaupungin virastojen ja laitosten sekä VTT:n ja Espoon kaupungin edustajista koottu asiantuntijaryhmä. Projektissa selvitettävät asiat jakautuvat kolmeen ryhmään, rakenneasioihin, korroosioasioihin ja kasvualusta-asioihin.

Tutkimus on luonteeltaan käytännön rakentamista palveleva ja sen yhteydessä toteutetaan useita kymmeniä koerakentamisprojekteja. Koerakenteisiin käytetään tuhkaa noin 25 000 m³ rtr/v. Kentällä suoritettavien tutkimusten lisäksi tehdään runsaasti tuhkien ominaisuuksia selvittäviä laboratoriotutkimuksia. Tuhkatutkimuksista on julkaistu raportit "Voimalaitostuhkan ja polttolaitoskuonan hyötykäyttö rakentamisessa" (Helsingin kaupungin kiinteistöviraston geoteknisen osaston tiedonanto No 13) sekä tuhkaprojektin väliraportti "Kivihiilituhkan käyttö maarakenteissa" (Tiedonanto No 18). Tuhkaprojektin loppuraportti julkaistaan vuoden 1982 aikana.

Tuhkatutkimuksen yhteydessä kokeillaan PIKO-alueella tuhkien soveltuvuutta kunnallisteknisten maarakenteiden tekemiseen. Tuhkia on alueella käytetty yhteensä noin 3000 m³ rtr/v. Käytetyt tuhkatyypit ova Hanasaaren voimalaitoksen lentotuhka ja pohjatuhka.

3.2 Tuhkien käytön merkitys

Luonnon kiviaineksia korvaavana materiaalina on kiinnostus kivihiilivomaloissa syntyvää tuhkaa kohtaan lisääntynyt viime vuosina voimakkaasti. Tuhkilla on tyypistä riippuen käyttömahdollisuuksia useilla rakennusteknologian aloilla, joista tärkeimmät palvelevat maarakentamista ja betonitekniikkaa.

Maarakentamisessa tuhkien merkitys on suuri nimenomaan Helsingin alueella, koska

- soran ja hiekan kuljetusmatkat ovat pitkiä, noin 50 km,
- tuhkia tuottavat kivihiilivoimalat sijaitsevat rakentamiskohteiden läheisyydessä, kuljetusmatkat alle 15 km,
- tuhkien sijoittaminen kaatopaikalle tai täyttömäkiin aiheuttaa huomattavia kustannuksia ja vie kallista kaatopaikkatilaa
- kiviaineksen tarve on suuri.

Helsingin kaupungissa syntyy kivihiilituhkaa vuosittain noin 150 000 tonnia. Tästä määrästä voidaan tehdä maarakenteita noin 100 000 m³ rtr/v. Mikäli kaikki tuhkat käytettäisiin korvaamaan hiekkaa ja soraa, säästö olisi vähintään 1,5 milj. mk/v. Todellisuudessa kuitenkin järkiperaisesti tuhkia käytettäessä mm. niiden keveys ja hyvä lämmöneristyskyky tuovat sekä välittömiä että välillisiä kustannussäästöjä, jolloin arvioitu rahallinen säästö olisi suuruusluokkaa 3 - 5 milj. mk/v.

3.3 Tuhkien ominaisuudet

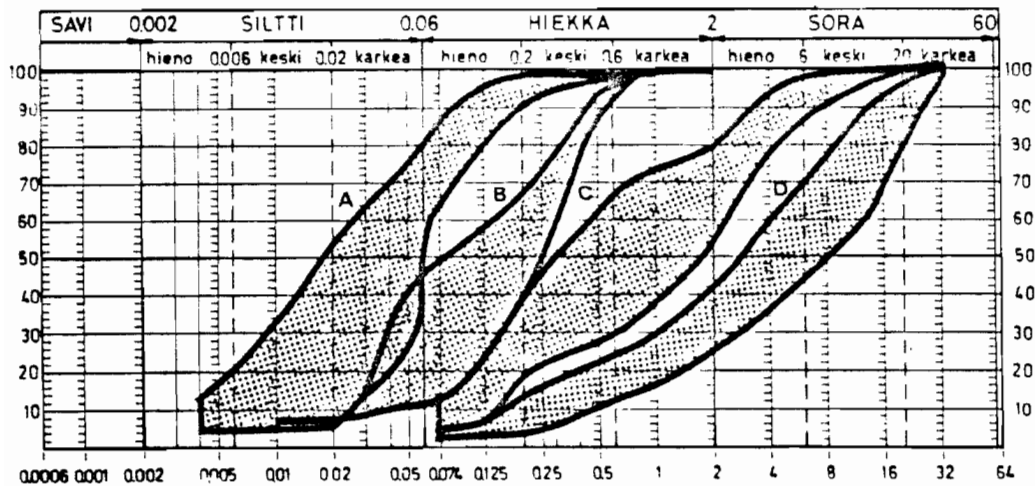
3.3.1 Geotekniset ominaisuudet

Kivihiilituhkat koostuvat pääosin kivihiilen seassa olevasta sivukivestä ja muista hiilen seassa olleista mineraaleista. Suurin osa aineksesta on sulanut lasimaiseksi. Tuhkat sisältävät myös palamatta jäänyttä hiiltä yleensä 1 - 12 %.

Lentotuhka on luonteeltaan potsolaaninen. Se lujittuu, kun siihen lisätään vettä ja tuhka tiivistetään. Pohjatuhka ja -kuona ovat karkeampia, eivätkä lujitu kemiallisesti.

Kuvassa 4 esitetään kivihiilituhkien rakeisuuskäyräalueet. Siitä nähdään, että lentotuhka vastaa rakeisuudeltaan karkeaa silttiä, pohjatuhka keskikarkeaa tai karkeaa hiekkaa ja pohjakuona hienoa tai keskikarkeaa soraa.

Tuhkat ovat noin 30 % kevyempiä kuin luonnonkiviainekset, millä on merkitystä etenkin korkeita penkereitä rakennettaessa.



Kuva 4. Helsingin voimalaitoksien

- a,b) lentotuhkien
- c) pohjatuhkien ja
- d) pohjakuonien rakeisuusalueet

Kaikki tuhkatyypit ovat kantavuudeltaan hiekan ja soran veroisia. Lentotuhkalla kantavuus vielä nousee ajan kuluessa lujittumisen vaikutuksesta. Käytännössä saavutetaan 0,5 - 3,0 MPa:n puristuslujuuksia pitkän ajan kuluessa (> 1 kk).

Tuoreen lentotuhkan eroosiokestävyys ei ole hyvä, minkä vuoksi sen pinta on suojattava muulla materiaalilla.

Tuhkien lämmöneristyskyky on 30 - 40 % parempi kuin luonnonkiviaineksilla, millä on merkitystä Suomen oloissa.

3.32 Työskentelyominaisuudet

Tuhkien joustava saanti rakennuspaikalle on onnistuneen työn perusedellytys. Suunnitelmallinen työkohtainen ennakointi ja tehokas jakelujärjestelmä takaavat tuhkien järkipäisen hyötykäytön kadunrakentamisessa.

Pohjatuhka ja -kuona jäädytetään voimalaitoksella vesialtaassa, joten niissä on paikalle tuotaessa vettä runsaasti, jopa 40 % kuivapainosta. Ylimääräinen vesi ei aiheuta kuitenkaan rakennettaessa ongelmia. Osa siitä poistuu levittämisen ja tiivistämisen yhteydessä pohjamaan pinnalle ja tuhkarakenteen alaosaan aiheuttamatta stabiliteetin menetystä.

Levittäminen ja tiivistäminen suoritetaan tavanomaista kalustoa käyttäen, 30 - 50 kN:n valssitäryjyrä ja ahtaissa paikoissa 2 kN:n tärylevy ovat osoittautuneet sopiviksi tiivistysvälineiksi. Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus ei saa ylittää löyhänä 400 mm, mikä vastaa tiivistettynä noin 300 mm:n rakennepaksuutta. Tiivistyskertojen vähimmäismäärä on 6. Tiiviysasteen on oltava vähintään 92 %.

Lentotuhka tuodaan yleensä rakennuspaikalle kustutettuna noin 10 % kosteuteen. Optimikosteuden saavuttamiseksi on puuttuva vesimäärä lisättävä levittämisen jälkeen.

Vesipitoisuus ei kuitenkaan saa ylittää kuin noin 2 % optimivesipitoisuuden, koska lentotuhka on herkkä velliytymään suuremmissa vesipitoisuuksissa. Tämän vuoksi on lentotuhkan kosteuspitoisuuksia tarkkailtava rakentamisen aikana. Nopeaksi ja käyttökelpoiseksi laitteeksi on osoittautunut "Speedy"-karbidometri lentotuhkan vesipitoisuuden määrittämisessä. Rankkasateen sattuessa lentotuhka voi velliytyä ja vaatii muutaman päivän kuivumisen ennenkuin työtä voidaan jatkaa.

Levittäminen ja tiivistäminen voidaan suorittaa tavanomaista kalustoa käyttäen kuten karkeammilla tuhkillä. Kuitenkin lentotuhkan tiivistämiseen soveltuu parhaiten 120 - 150 kN:n kumipyöräjäyrä. Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus on enintään 300 mm, mikä vastaa tiivistettynä noin 150 mm:n rakennepaksuutta. Tiivistämiskertojen vähimmäismäärä on 6. Tiiviysasteen on oltava vähintään 92 %.

Tuhkat soveltuvat hyvin talvirakentamiseen. Käyttöä puoltaa myös niiden runsaampi saatavuus talviaikana.

Talvella rakennettaessa on huolehdittava siitä, etteivät tuhkat pääse jäätymään. Suoraan voimalaitokselta tulleet tuhkat ovat lämpimiä, mikä helpottaa rakentamista vähentäessään jäätymisvaaraa. Levittäminen ja tiivistäminen onkin talvella tehtävä välittömästi paikalle tuonnin jälkeen.

Lentotuhkaa käytettäessä on erityisesti varottava käyttämästä liikaa vettä, koska liian märkä, lujittumaton, jäätyessään näennäisesti kantava rakenne voisi pehmentyä keväällä sulamisen jälkeen.

3.4 Tuhkarakentamiskohteet Torpparinmäessä

3.41 Sv-rumpujen perustukset ja siirtymärakenteet

Torpparinmäentien sadevesirummut on perustettu maanvaraisesti pohjatuhka-arinalla paaluilla 35, 81, 5, 155 ja 233. Arinan alle on asennettu II-käyttöluokan suodatinkangas. Rumpuihin liittyvät siirtymärakenteet on tehty kerroksittain tiivistetystä lentotuhkasta (kuvat 5, 6, detaljit 1, 2 ja 3).

Tuhkarakennetta käyttäen tasataan rumpujen kohdalle syntyviä painumaeroja lähinnä lentotuhkarakenteen toimiessa lujittumisensa vuoksi laattamaisesti.

3.42 Katurakenteet

Kotitorpanpolulla on rakennettu Kotitorpantien molemmin puolin Torpparinmäentieltä lähtien plv. 0 - 100 jk-katua käyttäen tukikerroksen ja kantavan kerroksen materiaalina tuhkaa (kuvat 5, 8, detalji 6).

Paaluvälillä 10 - 50 on käytetty rakennetta, jossa sekä tukiettä kantava kerros on korvattu 430 mm paksulla lentotuhka-kerroksella (tiivistettynä).

Tiivistäminen on suoritettu kolmena tiivistettynä n. 140 mm paksuna kerroksena, joka vastaa löyhänä noin 300 mm kerrosta.

Paaluvälillä 57 - 100 on käytetty rakennetta, jossa tuhka-kerros on korvattu 290 mm paksulla pohjatuhkakerroksella sekä osittain lentotuhkalla. Kantava kerros on rakennettu kokonaan lentotuhkasta. Yhteensä lentotuhkaa on 230 mm paksu kerros.

Kadun päällyste rakennetaan asennushiekan välityksellä sidekivistä.

Torpparinmäentiellä paaluvälillä 315 - 340 tukikerros on korvattu lentotuhkalla kadun poikki kulkevan vanhan viemärin painumien vähentämiseksi ja tasaamiseksi (kuvat 5, 7, detalji 4).

Torpparinmäentien vieressä paaluvälillä 350 - 500 on jalkakäytävän tuki- ja kantava kerros korvattu lentotuhkalla (kuvat 5, 7, detalji 5).

3.43 Pysäköintialueet

Alueelle on rakennettu kolme pysäköintialuetta, joiden tukikerroksen ja kantavan kerroksen materiaalit on korvattu tuhkillalla.

Kotitorpantien ja -polun välisellä pysäköintialueella korvataan osa murskekerroksesta ja murskeen alla olevat kerrokset lentotuhkalla (kuvat 5, 10, detalji 10).

Ylätuvantien pysäköintialueella on korvattu lentotuhkakerroksella osa murskekerroksesta sekä osa tukikerroksesta. Tukikerroksen alaosa korvataan pohjatuhkakerroksella. Rakenne on paksuudeltaan sama kuin normaalirakenne (kuvat 5, 10, detalji 11).

Ylätuvantien ja -polun risteyksessä olevalla pysäköinti-alueella on korvattu pohjatuhkalla osa murskekerroksesta sekä murskeen alaiset kerrokset. Rakenne on paksuudeltaan sama kuin tavanomainen rakenne (kuvat 5, 11, detalji 12).

3.44 Putki- ja kaukolämpöjohtojen perustaminen

Torpparinmäen alueelle rakennettavista sadevesiviemäreistä osa perustetaan lentotuhkalaatalle maanvaraisesti.

Torpparinmäentien vieressä paaluvälillä 420 - 480 Ø 300 mm sadevesiviemäri sekä paaluvälillä 350 - 480 lisäksi vesijohto on perustettu tiivistetyn lentotuhka-arinan välityksellä maan varaan (kuvat 5, 7, detalji 5).

Ylätuvanpolun kohdalla plv 74 - 135 Ø 300 mm sadevesiviemäri ja vesijohto on perustettu tiivistetyn lentotuhka-arinan välityksellä maan varaan (kuvat 5, 8, detalji 7).

Kotitorpantien kohdalla plv 85 - 100 on kokeiltu terästuhkalaattaa. Terästuhkalaatassa on lentotuhkakerroksen väliin asennettu teräsverkko (kuvat 5, 9, detalji 9).

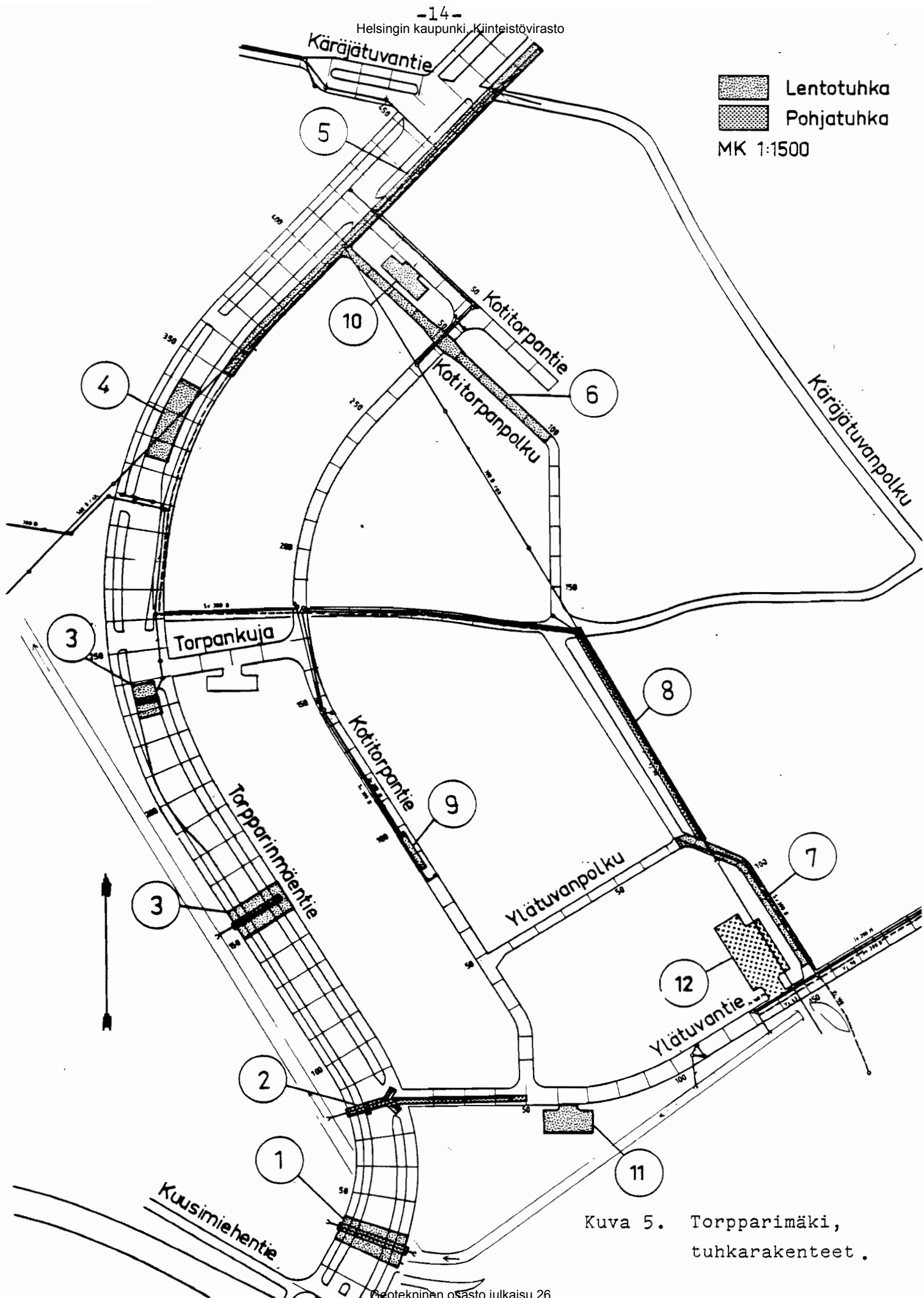
Lentotuhkalaatan lisäksi on osa sadevesiviemäristä perustettu pohjatuhka-arinan välityksellä maan varaan.

Ylätuvantien kohdalla plv 0 - 50 on Ø 300 mm sadevesiviemäri perustettu pohjatuhka-arinan välityksellä maan varaan (kuvat 5, 6, detalji 2).

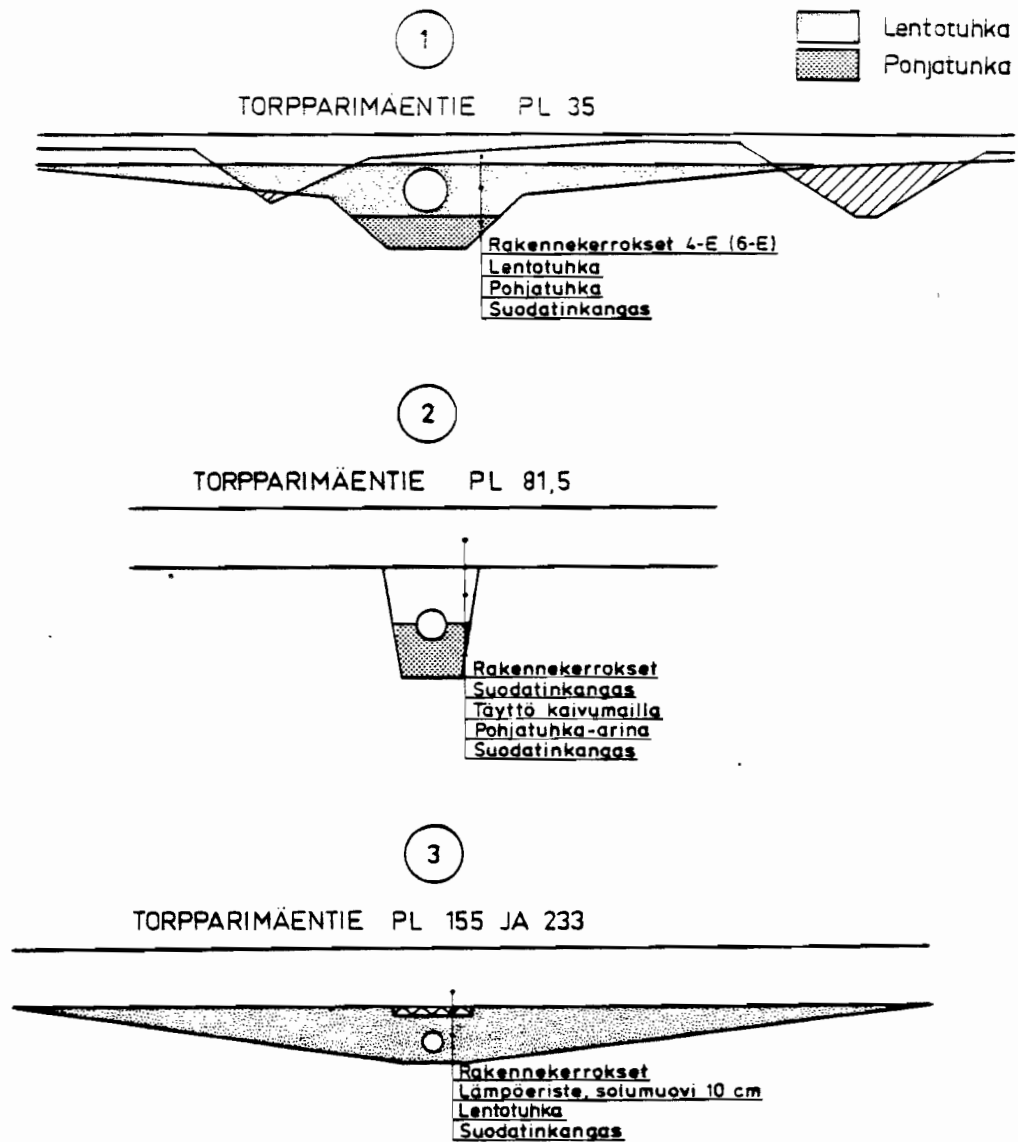
Vanhan viemärilinjan vieressä välillä Ylätuvanpolku-Kotitorpanpolku on vesi- ja kaukolämpöjohto perustettu pohjatuhka-arinan välityksellä maan varaan (kuvat 5, 9, detalji 8).

3.45 Kaivantojen täytteet

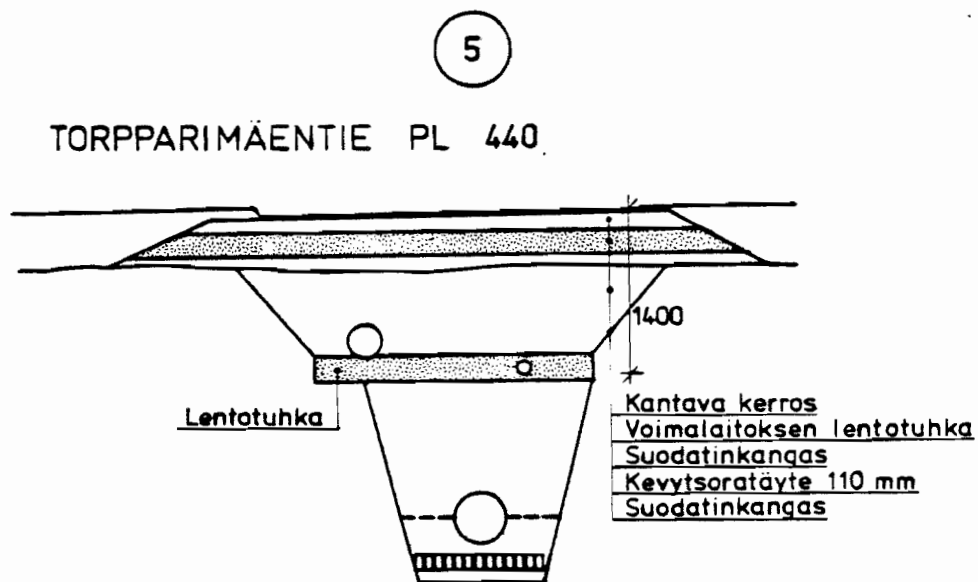
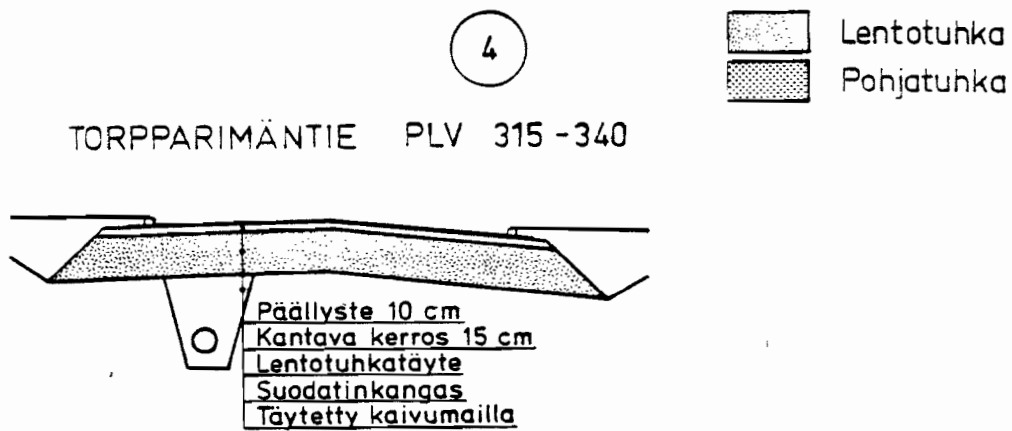
Torpparinmäen alueen viemärikaivantojen täyttöön on eräillä osuuksilla käytetty pohjatuhkaa. Täyte toimii samalla sekä lämpöeristeenä että kevennyksenä pienentäen konsolidaatiopainumia. Pohjatuhkaa on käytetty täytteenä Ylätuvanpolun kohdalla plv 74 - 135 viemärikaivannossa sekä välillä



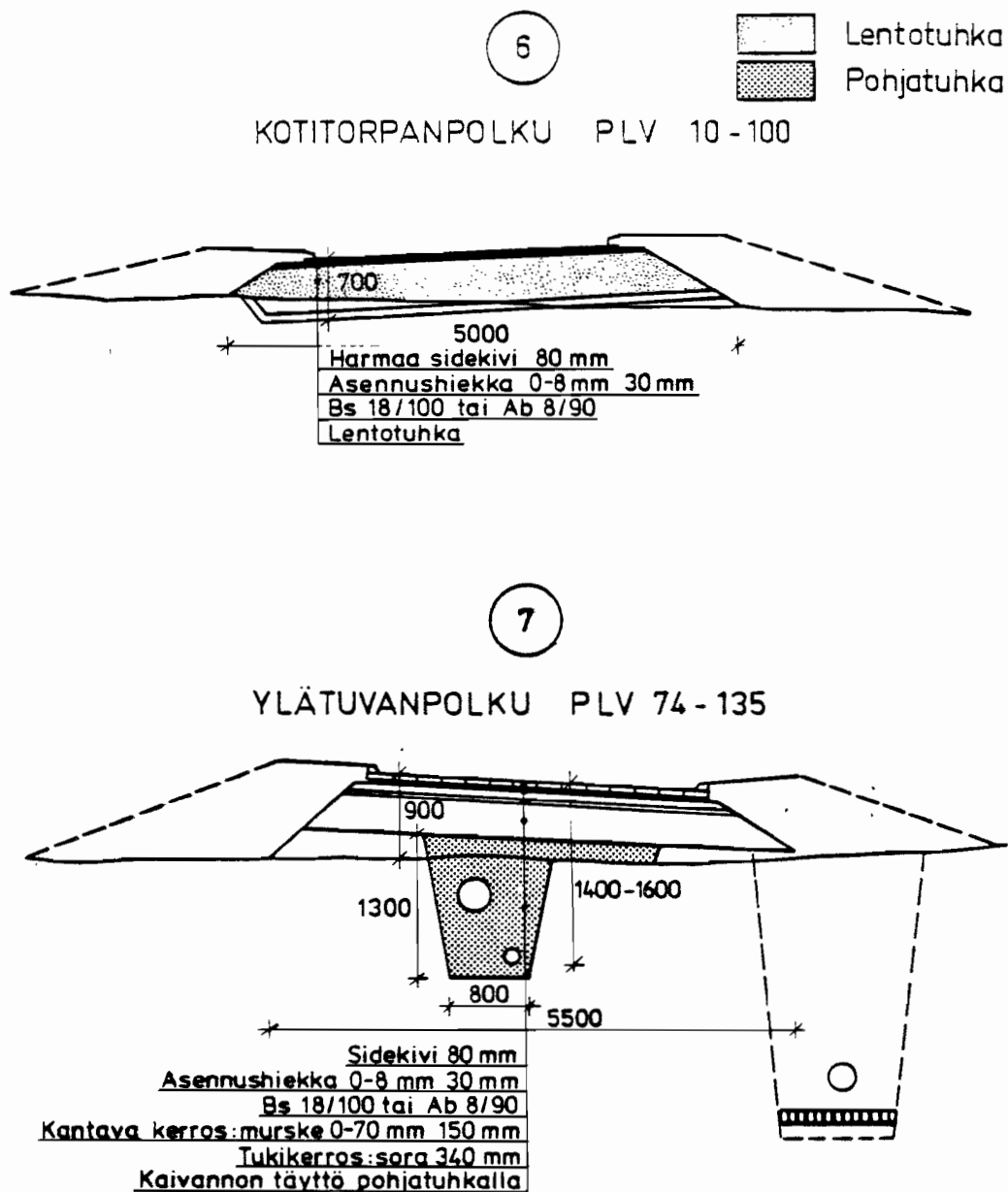
Kuva 5. Torpparimäki,
tuhkarakenteet.



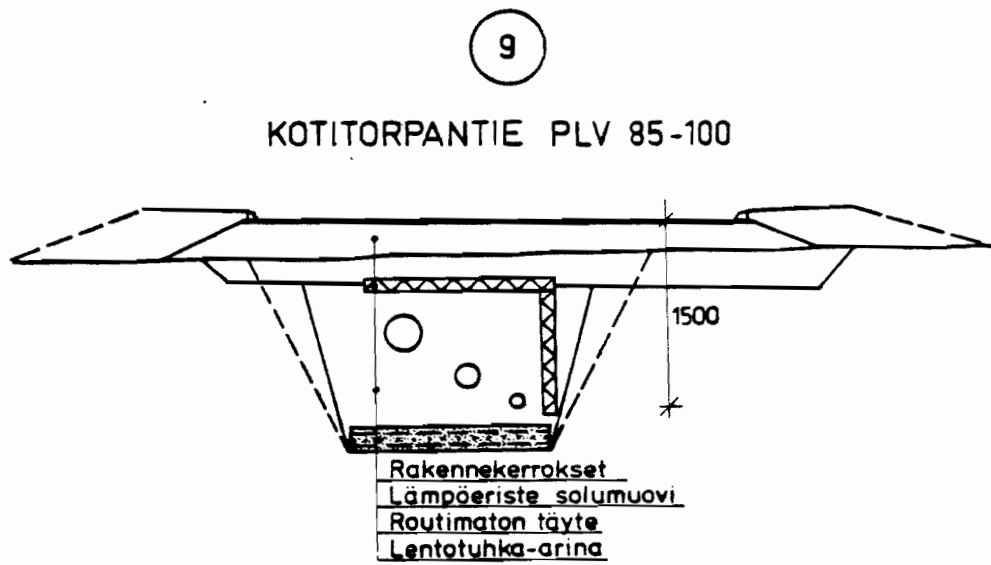
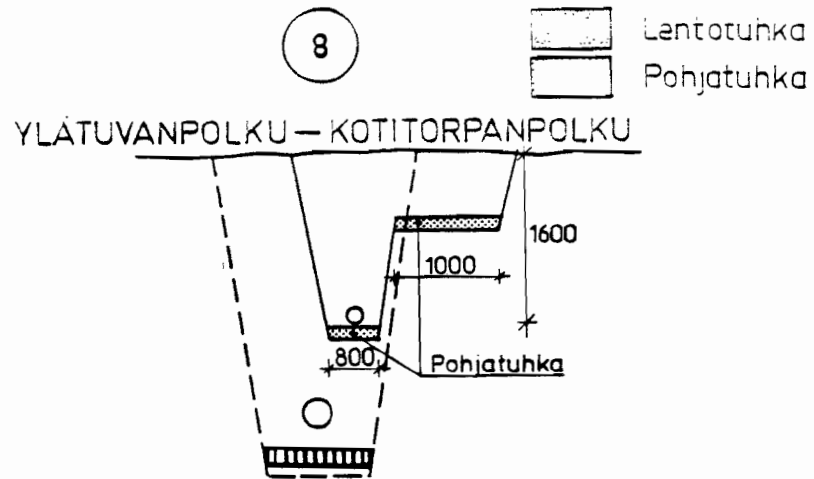
Kuva 6. Tuhkarakenteiden detaljit 1, 2, 3.



Kuva 7. Tuhkarakenteiden detaljit 4, 5.



Kuva 8. Tuhkarakenteiden detaljit 6, 7.

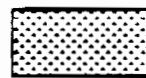


Kuva 9. Tuhkarakenteiden detaljit 8, 9.

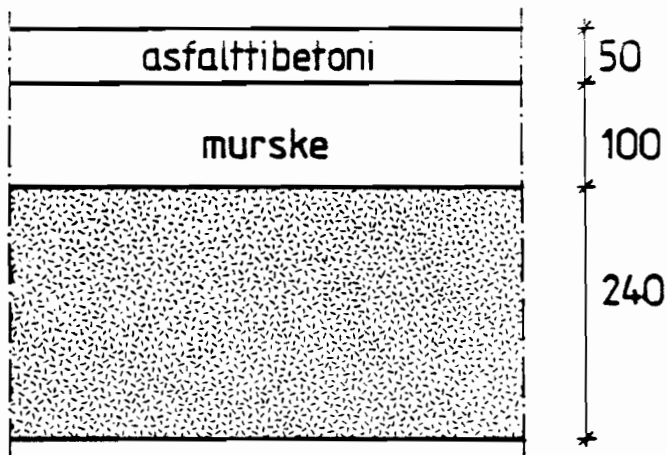
10



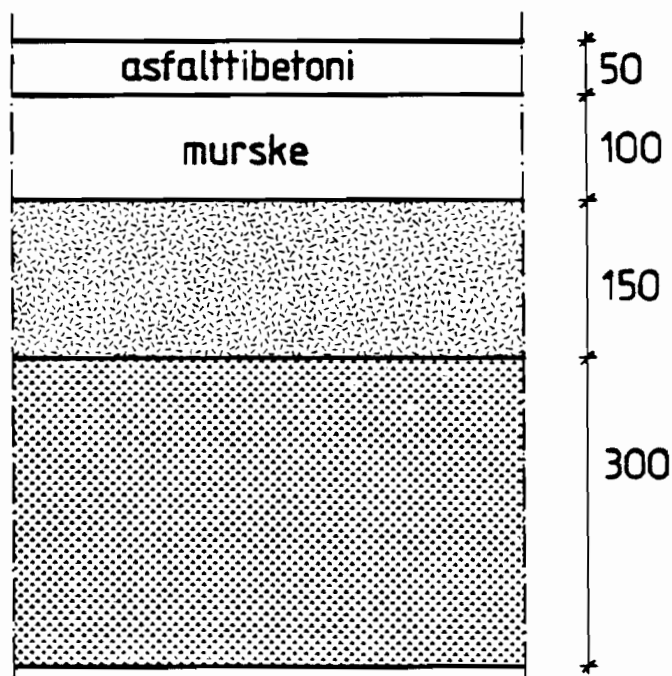
Lentotuhka



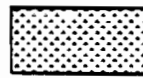
Pohjatuhka



11

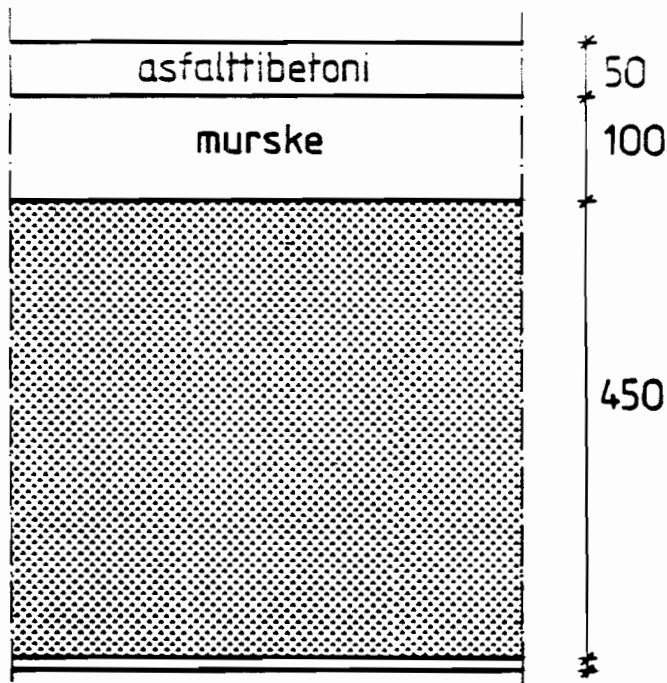


Kuva 10. Tuhkarakenteiden detaljit 10, 11.



Pohjatuhka

12



Kuva 11. Tuhkarakenteiden detalji 12.

Ylätuvanpolku-Kotitorpantie viemäri- ja kaukolämpökaivan-
nossa (kuvat 8, 9, detaljit 7,8).

3.5 Tuhkarakentamiskohteiden seuranta

3.51 Seurantamenetelmät

Tuhkarakenteissa seurataan painumien suuruutta ja tasaisuutta, mahdollisia routimisnousuja sekä rakenteiden kantavuutta. Tuloksia verrataan tavanomaisen rakenteen vastaavaan käyttäytymiseen.

Painumien seuranta toteutetaan pääosin vaaitsemalla painumauuloja ja rakenteita. Asennus on tehty upottamalla naulojen päät päällysteeseen, jotta ne eivät lumen aurauksen yhteydessä irtoa. Alueella olevien painumauulojen sijainnit esitetään

kuvassa 32 ja liitteissä 1 - 4. Kunkin naulan kohdalle on lisäksi katuun ja reunakiveen maalattu punainen merkki.

Lentotuhkakerrosten toimivuutta ja lujittumista seurataan mm. näytteenottokairauksin taulukon 2 mukaisesti.

Geotekninen osasto suorittaa painumamittaukset aluksi 2 kk ja painumien hidastuessa 3 kk välein ainakin vuoden 1983 loppuun. Kantavuusmittauksia tehdään vuoden 1982 aikana taulukon 3 mukaan.

3.52 Torpparinmäentie

Torpparinmäentiellä pl 25, 81, 5, 155, 233 kohdalla olevien sadevesirumpujen painumiskäyttäytymistä seurataan vaaitsemalla rumpujen päitä.

Torpparinmäentien painumiskäyttäytymistä seurataan vaaitsemalla tien keskilinjalla 20 m välein olevia painumanauloja. Sadevesirumpuihin liittyvien siirtymärakenteiden kohdalla sekä plv 315 - 340 painumanauloja on asennettu tiheämmin.

Torpparinmäentien vieressä olevan jalankulkutien painumia seurataan välillä Torpankuja-Käräjätuvanpolku myös vaaitsemalla tien keskilinjalla 20 m välein olevia painumanauloja.

Lujittumisen ja kantavuuden seuranta tehdään taulukkojen 2 ja 3 mukaan.

Taulukko 2. Tuhkarakenteiden LUJITTUMISEN seuranta teke-
mällä puristuslujuuskokeita lentotuhkaraken-
teista porattavista koelieriöistä kerran vuo-
dessa. Koekappaleista määritetään puristuslu-
juus, tilavuuspaino ja vesipitoisuus. Mahdol-
lisuuksien mukaan pyritään näytteitä ottamaan
myös putkijohtojen lentotuhka-arinoista.

KOHDE	
Paaluväli	Koekappaleiden määrä
TORPPARINMÄENTIE/AJORATA	
25.0 - 33.0	3
37.0 - 45.0	3
317.0 - 338.0	4
TORPPARINMÄENTIE/JK-TIE	
360.0 - 490.0	6
KOTITORPANPOLKU	
10.0 - 50.0	4
57.0 - 100.0	4
PYSÄKÖINTIALUEET 1 JA 3	
	3/alue = 6

Taulukko 3. Tuhkarakenteiden KANTAVUUDEN seuranta levy-kuormituslaitteella päällysteen pinnasta 2 kertaa vuodessa.

KOHDE		
Paaluväli	Koemäärä min	Kokeiden väli paalulukemien suunnassa (m)
TORPPARINMÄENTIE/AJORATA		
25.0 - 33.0	2	4.0 - 6.0
34.0 - 36.0	2	1.0 - 2.0
37.0 - 45.0	2	4.0 - 6.0
45.0 - 80.0	3	8.0 - 12.0
81.0 - 82.5	2	1.0 - 1.0
85.0 - 145.0	3	30.0
150.0 - 160.0	3	4.0 - 5.0
170.0 - 220.0	3	25.0
228.0 - 239.0	3	4.0 - 5.0
250.0 - 290.0	3	20.0
295.0 - 305.0	3	4.0 - 5.0
317.0 - 338.0	3	8.0 - 10.0
345.0 - 480.0	4	40.0
TORPPARINMÄENTIE/JK-TIE		
260.0 - 340.0	4	25.0
360.0 - 500.0	6	25.0
KOTITORPANPOLKU (tasaushiekan päältä)		
10.0 - 50.0	3	15.0 - 20.0
57.0 - 100.0	3	15.0 - 20.0
105.0 - 150.0	3	15.0 - 20.0
PYSÄKÖINTIALUEET 1 - 4		
	3/alue = 12	

3.53 Kotitorpanpolku

Kotitorpanpolulla seurataan tuhka- ja tavanomaisen rakenteen painumiskäyttäytymistä vaaitsamalla sidekivin maalatujen vaaituspisteiden kohdilta. Pisteet sijaitsevat 15 m välein kadun keskilinjalla. Kotitorpanpolulla seurataan rakenteen kantavuutta levykuormituskokeella plv 10 - 50, 57 - 100, 105 - 150. Kullakin välillä tehdään vähintään 3 koetta. Plv 10 - 50 ja 57 - 100 lentotuhkarakenteista porattavilla koelieriöillä seurataan rakenteen lujittumista.

3.54 Paikoitusalueet

Paikoitusalueilla tehdään kantavuuskokeita 3/alue, poranäytteitä otetaan 3/alue (= 6 kpl). Painumia seurataan vaaitsamalla alueiden kulma- ja keskipisteissä olevia painumanastoja.

3.6 Kokemuksia voimalaitostuhkien käytöstä

Tuhkien tiivistämisessä on optimivesipitoisuuden saavuttaminen tärkeää (ks. kohta 3.32). Lentotuhka-arinoiden tekemisessä häirtasivat alueella olevat vanhat salaojat, jotka menivät poikki kaivutöiden yhteydessä. Salaojista kaivantoon valunut vesi nosti lentotuhkan vesipitoisuuden paikoin niin suureksi, että tiivistäminen oli mahdotonta. Tämän vuoksi onnistuttiin Kotitorpantien putkijohtolinjalla tekemään terästuhkalaattaa vain plv 85 - 100 suunnittelun plv 85 - 180, 270 - 300 sijasta. Samasta syystä luovuttiin lentotuhkalaatan tekemisestä kokonaan Kotitorpantien pohjoisosan viemärilinjalla plv 7 - 50 sekä Torpankujan jatkeen putkijohtolinjalla plv 7 - 55.

Maanpäällisissä rakenteissa lentotuhkan tiivistäminen onnistui sensijaan hyvin. Kuormitettaessa valmiita rakenteita tiivistämisen jälkeen, varsinkin sateella, oli rakenteen löyhtyminen kuitenkin ongelmana. Löyhtyminen vältettiin kun tiivistetyn lentotuhkarakenteen päälle tehtiin suojaava kerros esim. murskeesta.

Työmaan mukaan tuhkan saamista jouduttiin välillä odottamaan, joka vaikeutti jo muutenkin kireän rakentamisaikataulun toteuttamista.

Tuhkan käytön koeluonteisuudesta johtuen jouduttiin esim. samalla katuosuudella tekemään useita erilaisia rakennekerroksia peräkkäin. Ylätuvantiellä plv 74 - 135 tehtiin tuki- ja kantava kerros inhimillisen erehdyksen vuoksi jatkavasta sorasta sekä murskeesta suunnitellun lentotuhkan sijasta. Lentotuhkan saannin vaikeutumisesta vuoden 1981 keväällä sekä kireästä aikataulusta johtuen ei rakennetta korjattu suunnitelman mukaiseksi.

Pienistä hankaluuksista huolimatta, joita aina esiintyy uusien rakennusmateriaalien tai työmenetelmien soveltamisessa, osoitti Torpparinmäen kivihiilen voimalaitostuhkien käyttökokeilu selvästi tuhkan soveltuvan työteknisesti kunnallistekniikan rakentamiskohteisiin. Jälkimittauksilla todetaan tuhkarakenteiden pitkäaikainen toimivuus.

4. PUTKIJOHTOJEN ROUTASUOJAUSTUTKIMUS

4.1 Tutkimuksen tausta

Putkijohdojen rakentamiskustannuksista muodostuu valtaosa kaivu-, asennus- ja täyttökustannuksista. Asennussyvyydellä on siten oleellinen merkitys putkilinjojen rakentamiskustannuksiin. Erityisesti vesijohdojen asennussyvyys on huomattavan suuri maan routaantumisesta johtuen.

Putkijohdojen perustamissyvyyden pienentäminen voidaan toteuttaa routasuojauksella, joka voidaan järjestää lämmöneristeillä ja/tai lämmityksellä. Lämmöneristeillä pienennetään lämmön poistumista maasta ja hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan putkistosta vapautuva lämpö.

Putkijohdojen routasuojauksista on käytetty Suomessa jonkin verran, mutta yhtenäisten ohjeiden ja mitoitusperiaatteiden puuttuminen sekä vähäiset kokemukset routasuojauksien asentamisesta ja kestävyydestä ovat toistaiseksi vaikeuttaneet matalaan perustettujen, routasuojattujen putkilinjojen rakentamista. Myöskään ei ole olemassa tarkkoja tietoja säästöistä, joita putkijohdojen matalaan perustamisella voidaan saavuttaa. Esimerkiksi routasuojauksen käytöllä voidaan joissain tapauksissa putket rakentaa maanvaraisiksi putkilinjan paaluttamisen asemesta. Perinteiset syvät putkikaivannot toimivat usein salaojina, mistä aiheutuu ympäristön pohjavedenpinnan alenemista ja siten rakennusten, katujen ja putkijohdojen painumista. Syvät putkikaivannot vaativat lisäksi usein kalliita työnaikaisia tukemistoimenpiteitä.

Rakennusten matalaan perustamisen yleistyminen tulee lisäämään routasuojauksen tarvetta myös kunnallistekniikan osalla.

4.2 Tutkimuksen sisältö ja tavoitteet

Tavoitteena on tutkia routasuojaukseen liittyviä tekijöitä sekä rakentamis- että käyttövaiheessa.

Tutkimuksessa pyritään selvittämään teoreettisten (ATK) mitoitusmenetelmien soveltuvuutta erilaisten putkityyppien ja putkiyhdistelmien routasuojauksissa sekä erilaisten routasuojaustapojen ja -materiaalien käyttöä. Lisäksi pyritään selvittämään käytännön asennustekniikan ongelmia.

Routasuojaustutkimuksessa Torpparinmäessä on käytetty seuraavia lämmöneristeitä ja täyteaineita (kuva)

- kevytsoraa
- muottipaisutettua solupolystyreenilevyä, tyyppiä Styrox
- suulakepuristettua solupolystyreenilevyä, tyyppiä Styrofoam ja Styrodur
- polyuretaanisolumuovilevyä
- mineraalivillalevyä
- voimalaitostuhkaa

Suojauksen lisävarmistuksena on yksittäisillä vesijohtosuuksilla käytetty vastuskaapelilämmitystä.

Routasuojatut putkilinjat on jaettu 18 koeosuuteen, joissa muuttujina ovat putkityyppi, asennussyvyys sekä lämmöneristystapa ja -materiaali.

4.3 Tutkimusresurssit

Tutkimukseen osallistuvat VTT:n geotekniikan laboratorio sekä Helsingin kaupungin rakennusviraston katurakennusosasto, kiinteistöviraston geotekninen osasto ja vesilaitos. Putkijohtojen poikkileikkausten suunnittelu ja mitoittaminen on tehty Helsingin kaupungin toimesta. Putkijohtojen routasuojaus on suunniteltu ja mitoitettu VTT:n geotekniikan laboratoriossa. Lämpötilan tarkkailujärjestelmän on rakentanut katurakennusosasto VTT:n geotekniikan laboratorion valvomana ja ohjaamana. Geoteknisen osaston tuhkaprojektin henkilöstö suorittaa lämpötilamittaukset. Tulosten raportoinnista huolehtii VTT:n geotekniikan laboratorio.

4.4 Routasuojatut putkijohto-osuudet Torpparinmäessä

Routasuojatut putkijohto-osuudet esitetään kuvassa 12. Ylä-
tuvantien putkijohtolinja plv 132 - 240 on jaettu neljään
koeosuuteen, joissa on käytetty lämpöeristeenä kevytsoraa,
suulakepuristettua solupolystyreenilevyä ja polyuretaania.
Vesijohdon minimipeitesyvyys vaihtelee eri osuuksilla 140 -
180 cm (kuvat 17, 18, detaljit 9c, 9b, 10 ja 11).

Putkijohtolinjalla välillä Ylätuvantie-Kotitorpanpolku ko-
keillaan pohjatuhkan käyttöä routaeristeenä. Vesijohdon mi-
nimipeitesyvyys on 120 cm (kuva 19, detalji 12).

Kotitorpantiellä plv 100 - 180 putkijohtolinja on jaettu kah-
teen koeosuuteen (kuva 16, detaljit 7 ja 8). Käytetty lämpö-
eriste on muottipaisutettu solupolystyreenilevy tyyppiä Sty-
rox, vesijohdon minimipeitesyvyys on 150 cm.

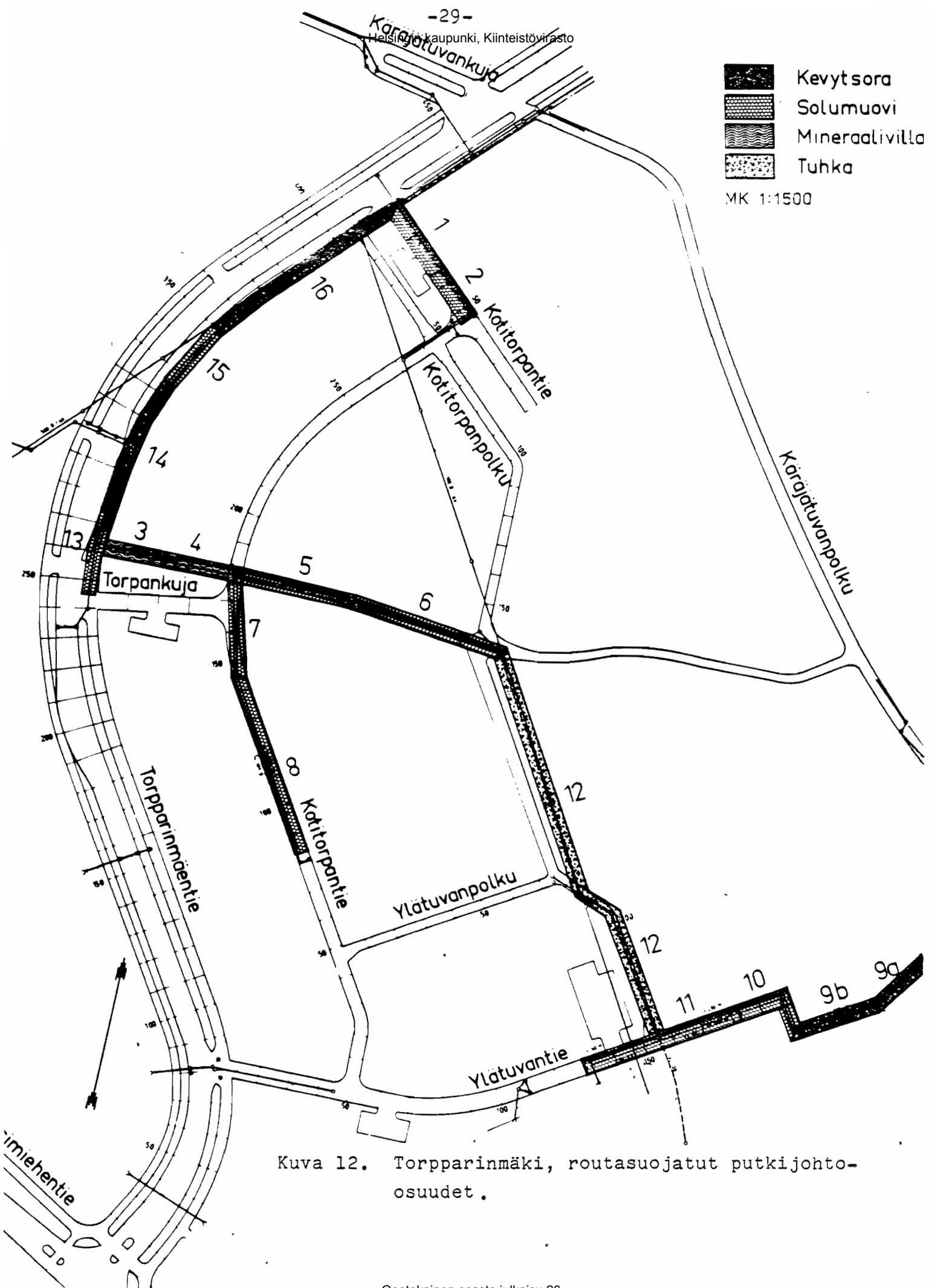
Torppankujan puistokäytävän putkijohtolinja on jaettu neljään
koeosuuteen, joissa eristemateriaalina on käytetty mineraali-
villaa ja polyuretaania (kuvat 14, 15, detaljit 3, 4, 5, 6).
Vesijohdon minimipeitesyvyys vaihtelee välillä 125 - 170 cm.

Torpparinmäentien putkijohtolinja plv 246 - 350 on jaettu
neljään koeosuuteen, joissa eristemateriaalina on käytetty
suulakepuristettua solupolystyreenilevyä tyyppiä Styrodur
ja kevytsoraa (kuvat 19, 20, 21, detaljit 13, 14a, 14b, 15,
16). Vesijohdon minimipeitesyvyys vaihtelee välillä 130 - 140
mm. Lisäksi Torpparinmäentien plv 350 - 500 on putkijohtolin-
ja routaeristetty kevytsoralla, mutta osuudella ei ole jär-
jestetty lämpötilaseurantaa.

Kotitorpantien pohjoisosan putkijohtolinja plv 0 - 50 ja
Kotitorpantien putkijohtolinja plv 275 - 300 on jaettu kol-
meen koeosuuteen, joissa kahdessa on eristemateriaalina käy-
tetty suulakepuristettua solupolystyreenilevyä tyyppiä
Styrofoam/Styrodur ja yhdessä muottipaisutettua solupolysty-
reenilevyä tyyppiä Styrox. Vesijohdon minimipeitesyvyys on 150
cm (kuva 13, detaljit 1, 2a, 2b).

-  Kevyt sora
-  Solumuovi
-  Mineraalivilla
-  Tuhka

MK 1:1500

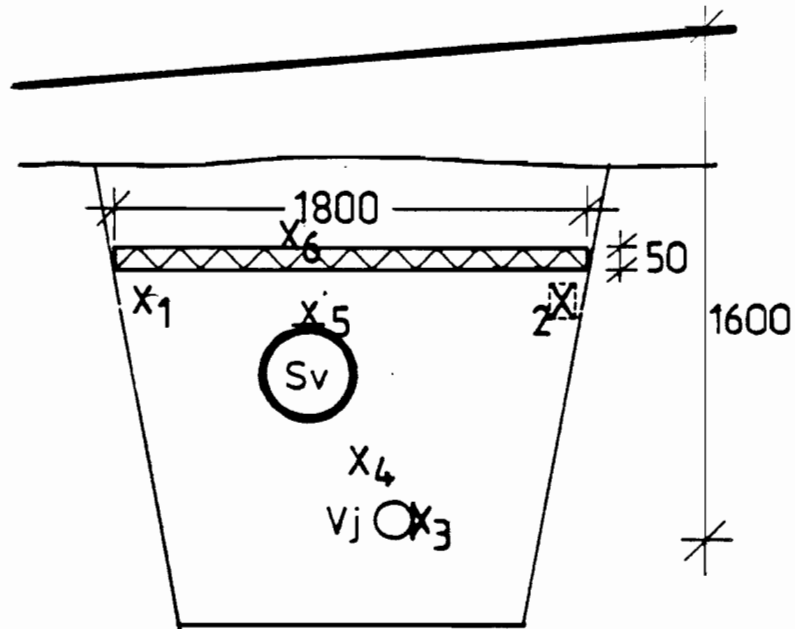


Kuva 12. Torpparinmäki, routasuojatut putkijohto-
osuudet.

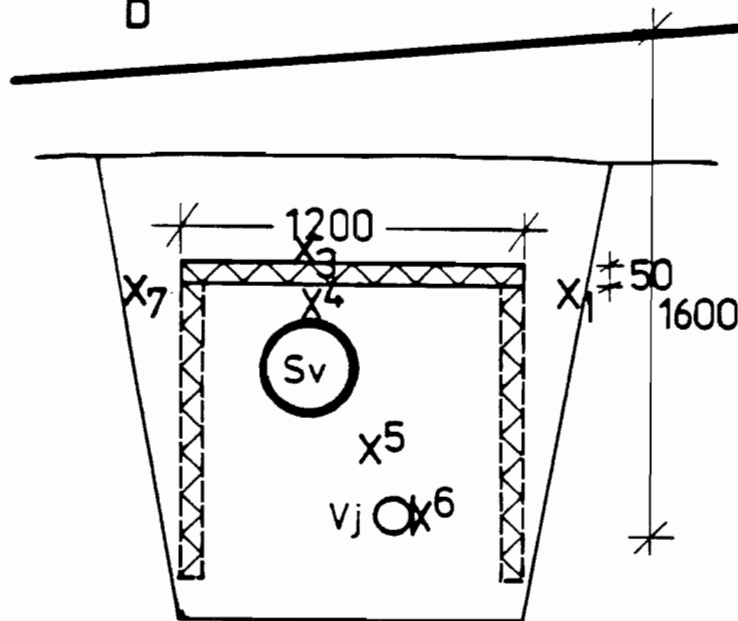
X₄ Termoelementti no 4

☒ epäkunnossa

1 Styrofoam



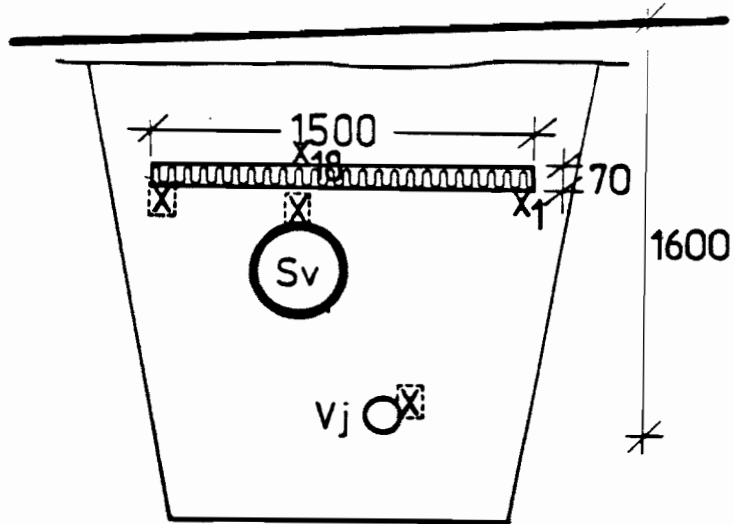
2a Styrofoam



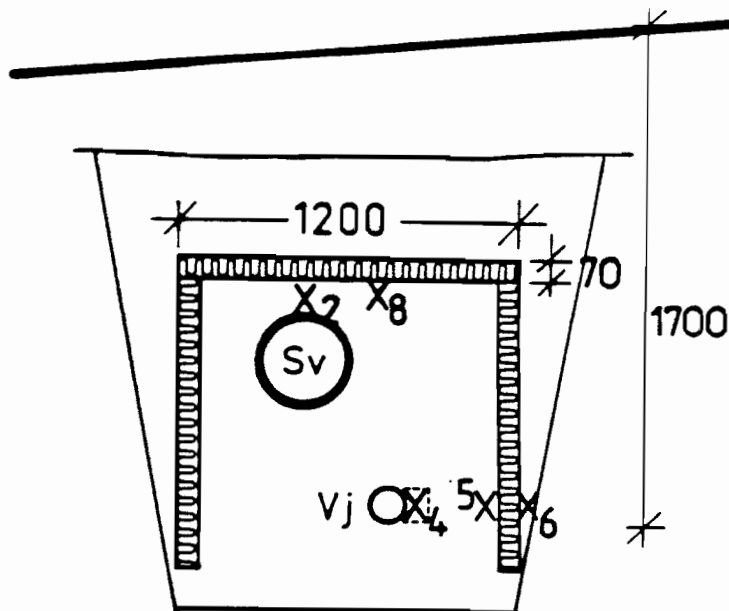
Kuva 13. Routasuojaukset, detaljit 1, 2a, 2b.

X₄ Termoelementti no 4
 X₁ epäkunnossa

3 Mineraalivilla



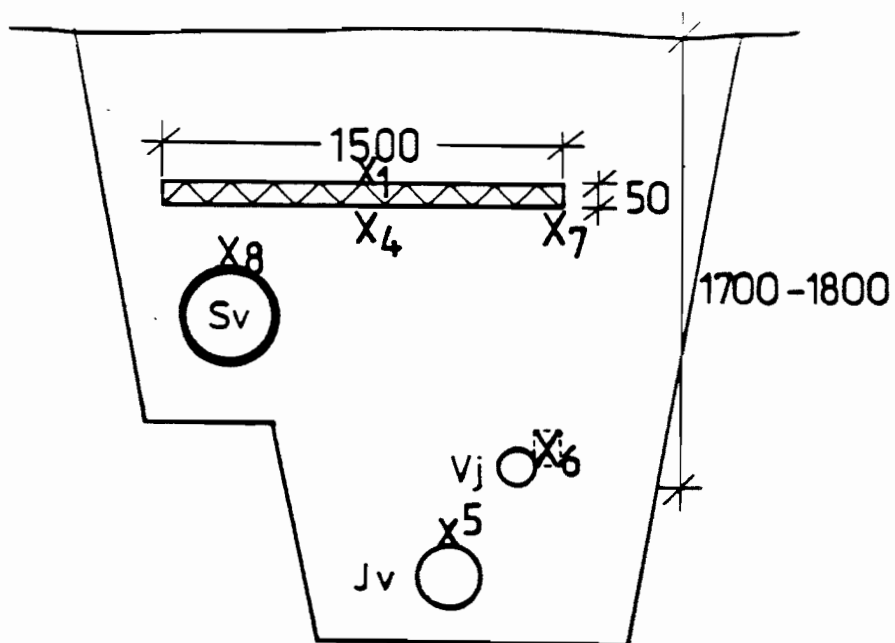
4 Mineraalivilla



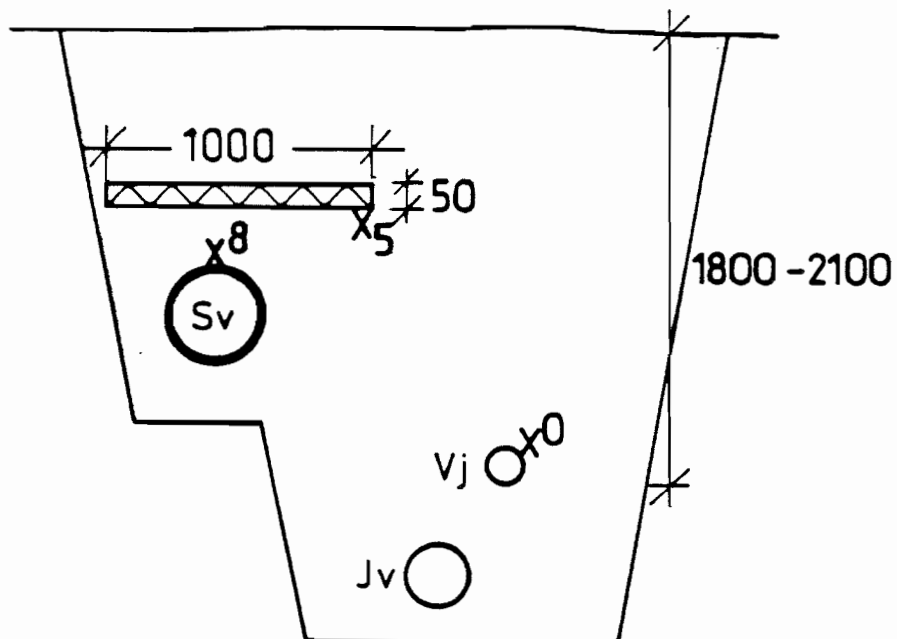
Kuva 14. Routasuojaustutkimus, detaljit 3 ja 4.

X₄ Termoelementti no 4
☒ epäkunnossa

5 Polyuretaani



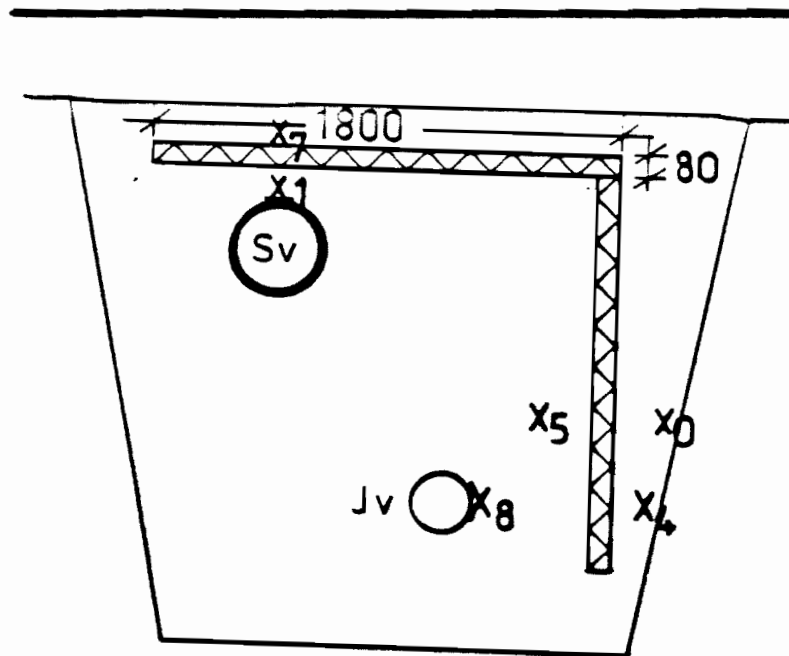
6 Polyuretaani



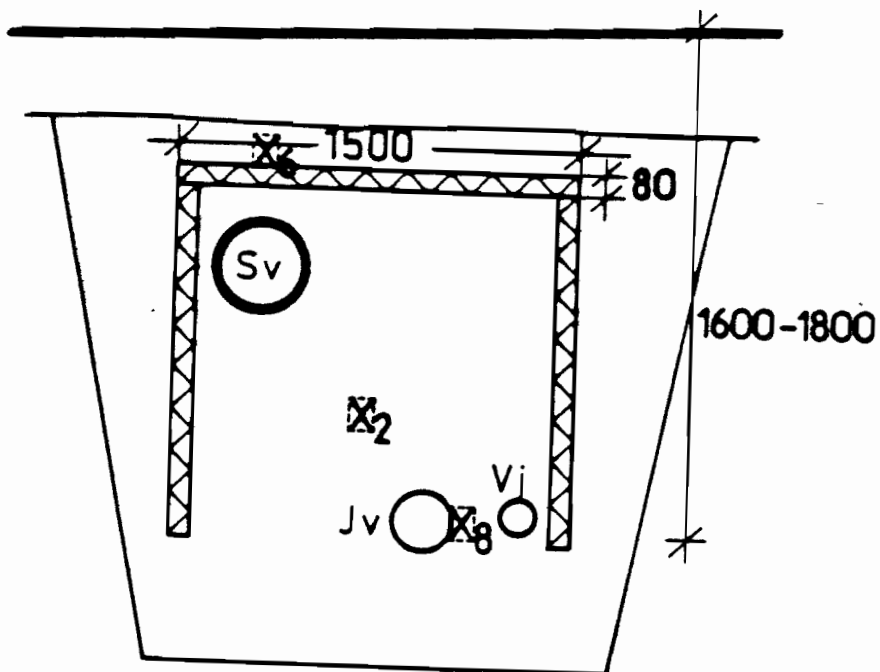
Kuva 15. Routasuojaustutkimus, detaljit 5, 6.

X₄ Termoelementti no 4
 X₄ epäkunnossa

7 Styrox



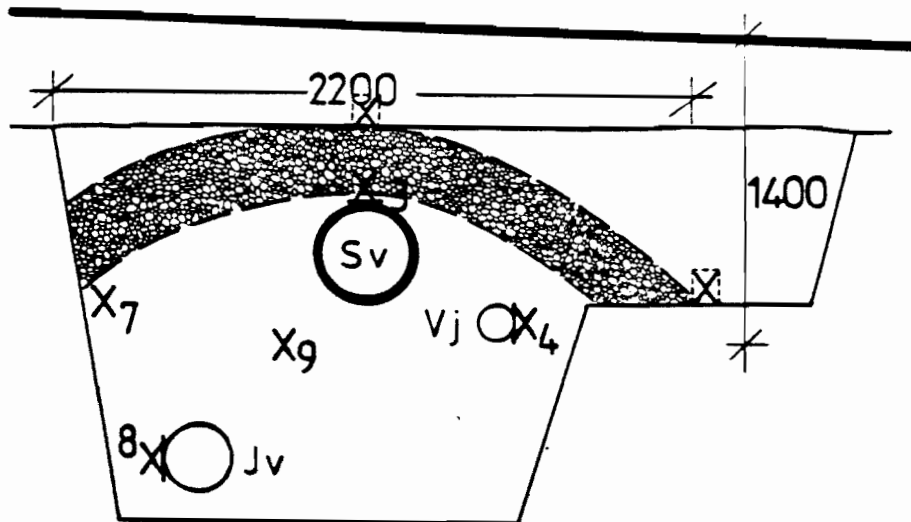
8 Styrox



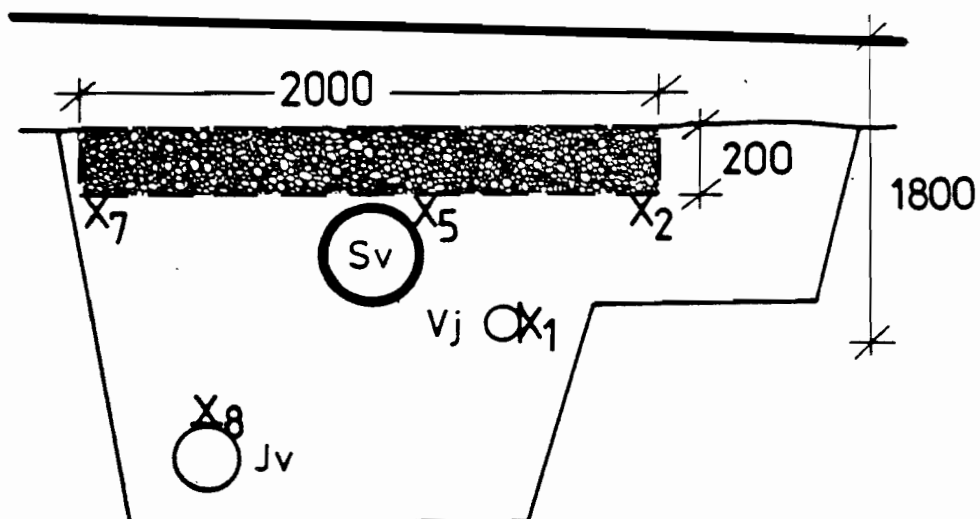
Kuva 16. Routasuojauksetutkimus, detaljit 7, 8.

X₄ Termoelementti no 4
 X epäkunnossa

9a Kevytsora



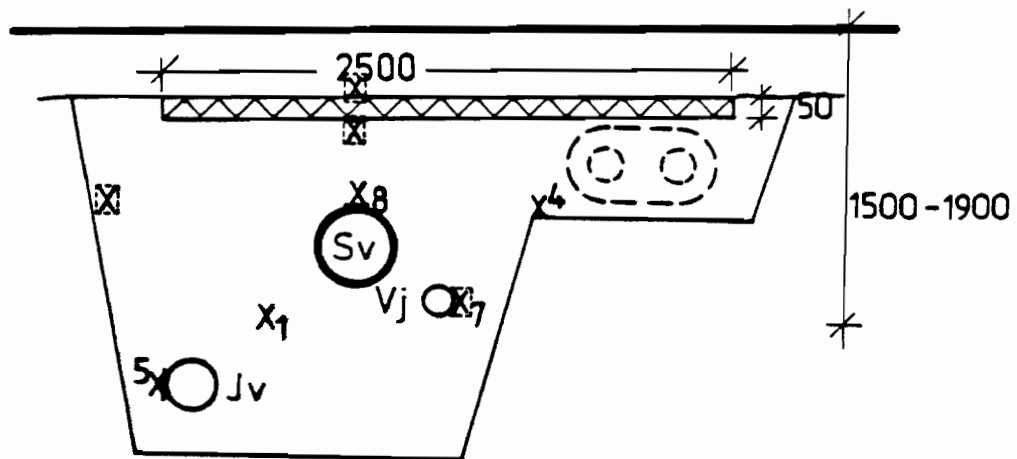
9b Kevytsora



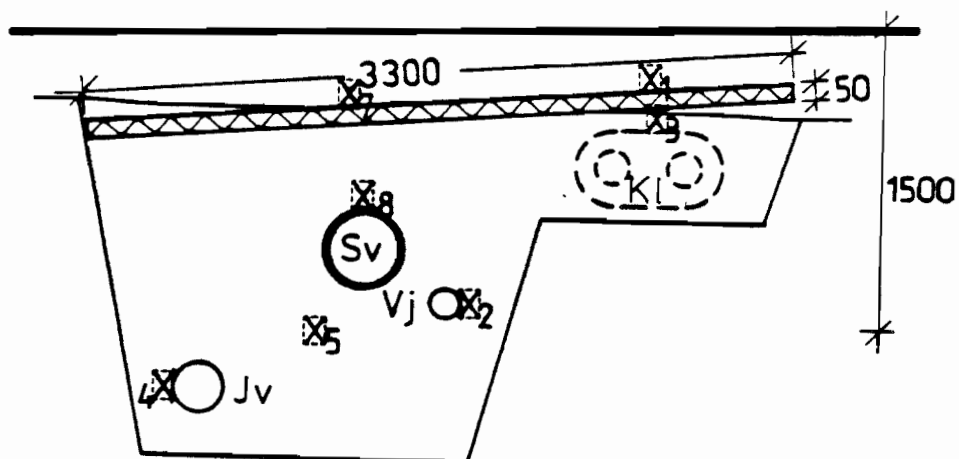
Kuva 17. Rutasuojaustutkimus, detaljit 9a, 9b.

X₄ Termoelementti no 4
☒ epäkunnossa

10 Styrofoam



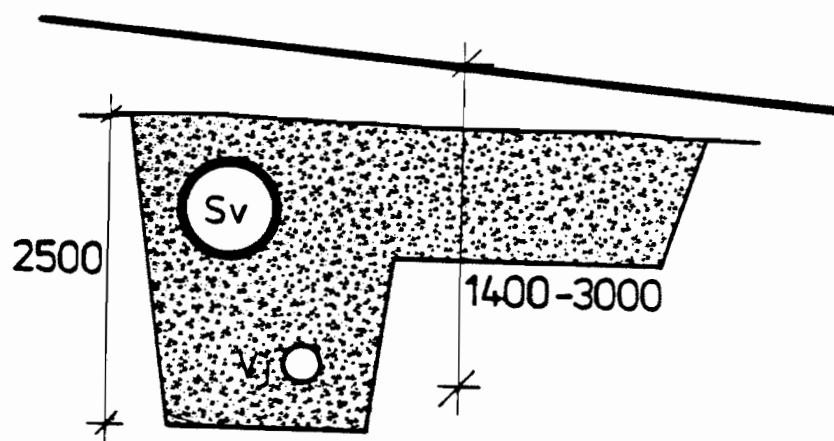
11 Polyuretaani



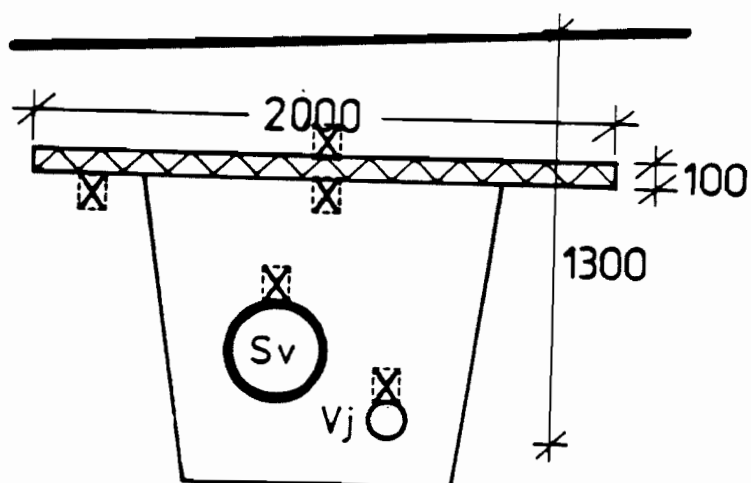
Kuva 18. Routasuojauksetutkimus, detaljit 10, 11.

☒ Termoelementti
epäkunnossa

12 Tuhka



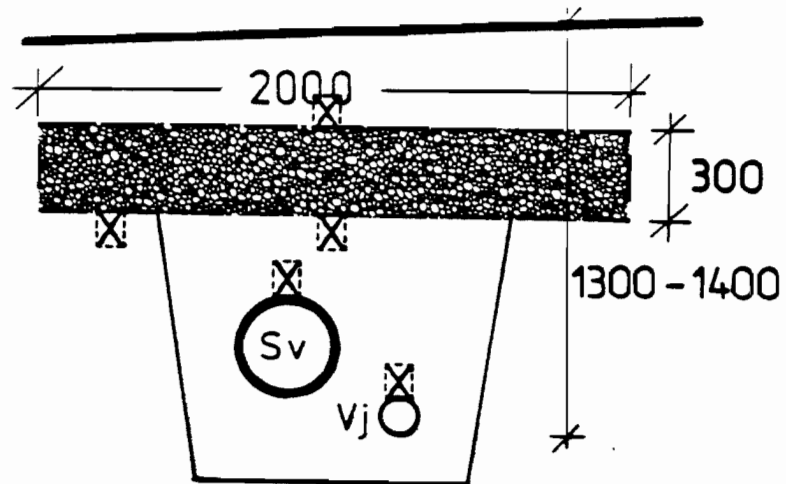
13 Styrofoam



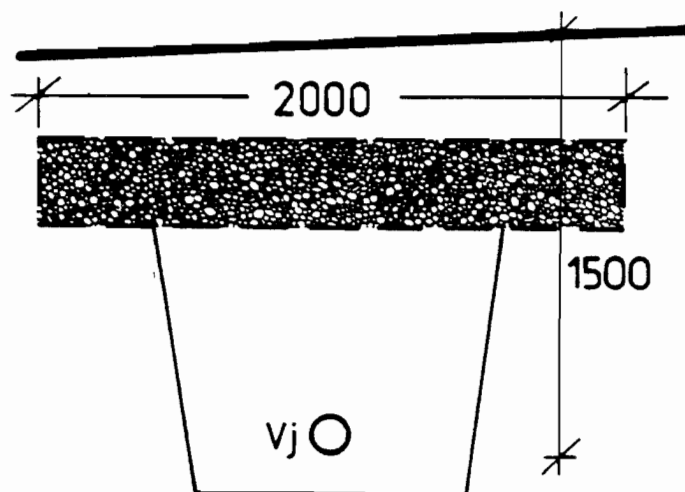
Kuva 19. Routasuojaustutkimus, detaljit 12, 13.

☒ Termoelementti
epäkunnossa

14 a Kevytsora

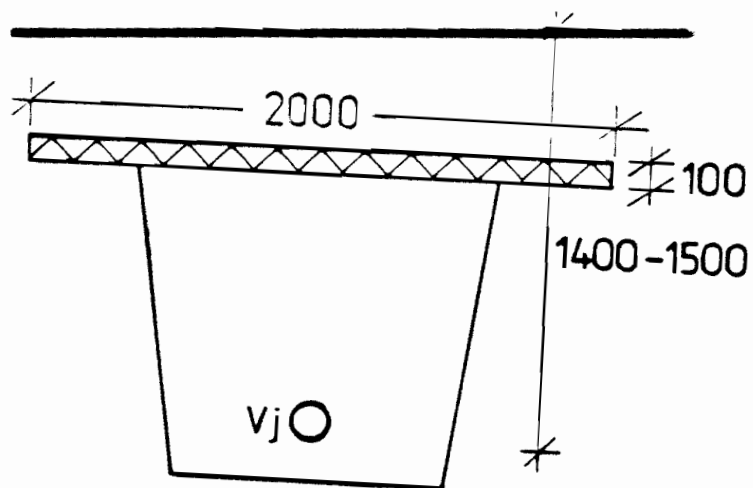


14 b Kevytsora

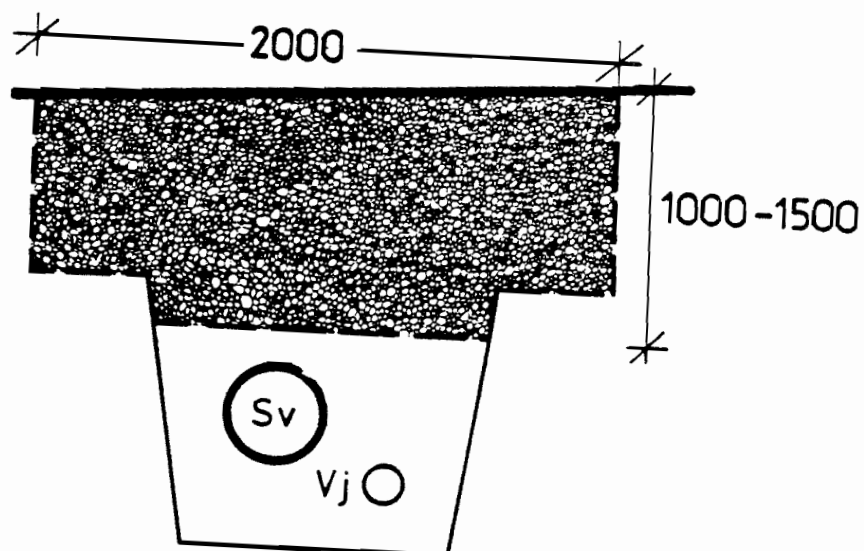


Kuva 20. Routasuojaustutkimus, detaljit 14a, 14b.

15 Styrofoam



16 Kevytsoora



Kuva 21. Routasuojaustutkimus, detaljit 15, 16.

4.5 Routasuojaustutkimuksen seuranta

Jokaisen koeosuuden (18 kpl) seuranta on järjestetty lämpötilanmittauksilla. Kussakin mittauspisteessä on putkikaivannon asennettu termoelementtejä, joiden sijainti on valittu siten, että routaeristeen toimivuus tulee lämpötilanmittauksilla esille. Jokaisesta termoelementistä tulee johtopari maanpinnalle, jossa johdot on koottu yhteen ja suojattu luukollisella suojaputkella. Lämpötilat mitataan kustakin elementistä erikseen sähköisellä lämpötilan mittarilla. Periaatekuva mittausjärjestelystä esitetään kuvassa 22. Kustakin mittauspisteestä tehdään talven aikana 5 - 6 mittausta. Mittaustuloksia verrataan VTT:n tietokoneohjelmilla saatuihin teoreettisiin laskelmiin.

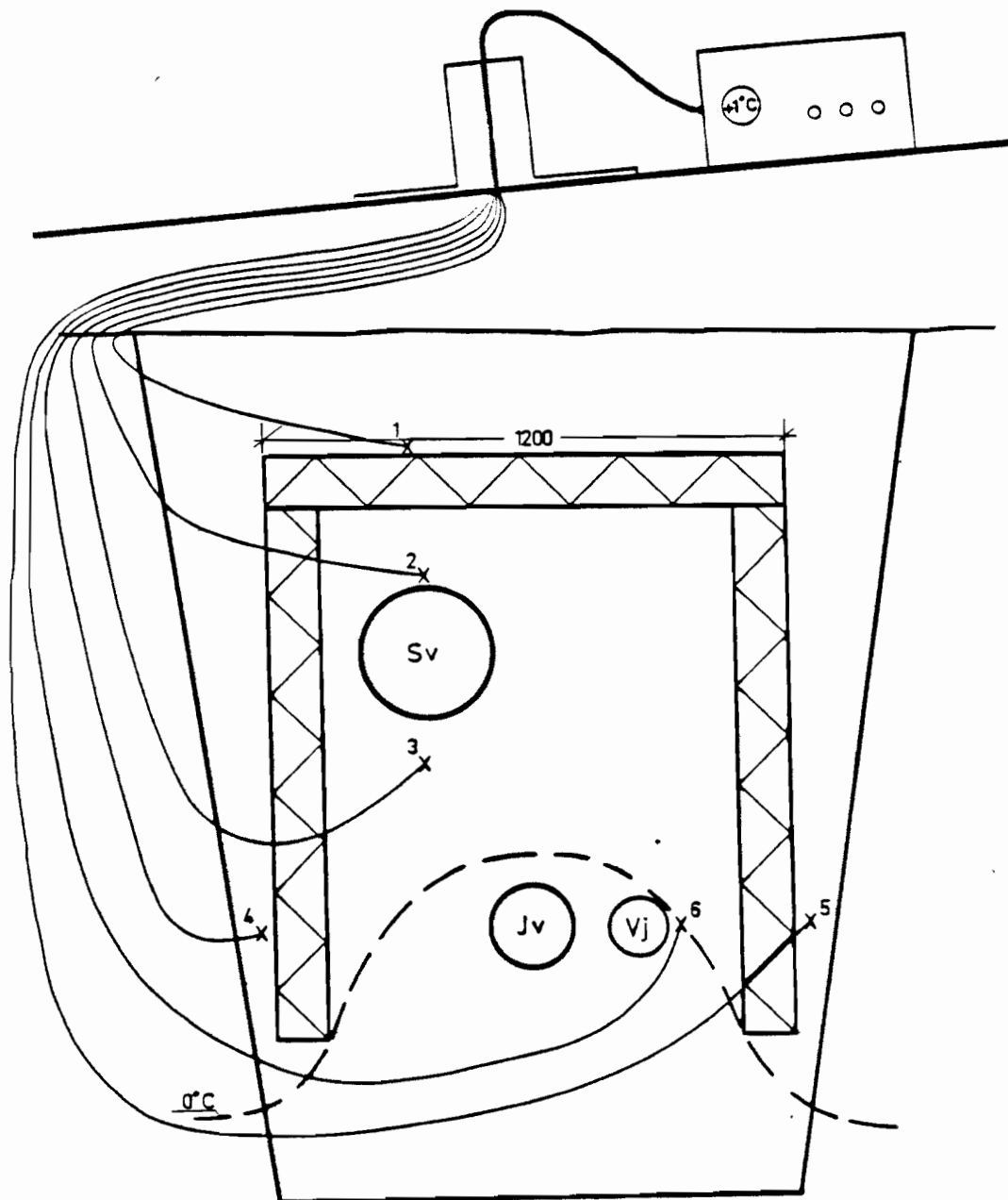
Lämpötiloja on tarkoitus seurata ainakin kahden talven ajan, 1981 - 1982, jonka jälkeen julkaistaan väliraportti ja 1982 - 1983, jonka jälkeen julkaistaan routasuojaustutkimuksen loppuraportti.

Maahan asennetuista lämmöneristeistä on tarkoitus ottaa näytteitä niiden pitkäaikaisominaisuuksien selvittämiseksi. Näytteitä saadaan helposti esimerkiksi vesi- ja viemäriputkijohdotien korjaustöiden yhteydessä.

4.6 Kokemuksia routasuojaustyöstä

Routaeristeiden asennustöiden yhteydessä tulee selvästi esiin eri poikkileikkauksien erot asennustekniikan kannalta.

Työmaan mukaan detaljin 2b (kuva 13) tyyppinen poikkileikkaus osoittautui odotetusti hankalimmaksi rakentaa. Vaikeuksia oli erikoisesti kaivannon täyttötöyssä, jolloin eristeet eivät pysyneet paikoillaan. Työ sujui tästä syystä normaalia selvästi hitaammin.



Kuva 22. Routasuojatun putkikaivannon lämpötilamittausten periaate.

Kaivantoon suotautunut vesi aiheutti lisäongelmia, esimerkiksi erään viikonlopun jälkeen, jolloin kaivannon tyhjennyspumppuja ei oltu pidetty toiminnassa, kelluivat valmiiksi asennetut eristeet vedenpinnalla ja työ täytyi aloittaa alusta.

Detaljin 1 (kuva 13) tyyppinen poikkileikkaus osoittautui helpoimmaksi rakentaa, mutta työmaan mukaan poikkileikkaukset olivat asennustekniikaltaan melko samanlaisia lukuunottamatta detaljeja 2, 4, 7, 8. Detaljin 1 tyyppisen poikkileikkauksen asentaminen ei hidastanut työntekoa routaeristämättömään kaivannon rakentamiseen verrattuna.

Paikoitellen routaeristeet joutuivat suuren rasituksen kohteeksi. Esimerkiksi Kotitorpantien eteläosassa oli routalevyn päällä vain 30 cm jakava sorakerros raskaan työmaaliikenteen aikana. Olisikin edullista routaeristeiden kestävyyskannalta päällystää routasuojatut osuudet mahdollisimman nopeasti.

Torpparinmäessä suunnitelmissa esitettyjen eristemateriaalien saannissa oli paikoitellen hankaluuksia johtuen käytettyjen materiaalien paljoudesta sekä erilaisista mitoista. Työn sujuvuuden kannalta kannattaakin keskittyä käyttämään samaa materiaalia ja määrämittoja.

Valmiissa putkikaivannossa tehtävät putkien ja kaapelien korjaustyöt saattavat vahingoittaa routaeristystä melkoisesti. Etenkin muottipaisutettu solupolystyreenilevy tyyppiä Styrox on helposti murenevaa.

Lämpötilan tarkkailuun asennetuista termoelementeistä tuhoutui osa rakentamisen yhteydessä, lisäksi teiden päällystöiden yhteydessä katosivat jotkut mittauspisteet kokonaan asfaltin ja sepelin alle. Kuitenkin kaikki seurannan kannalta tärkeät lämpötilanmittauspisteet ovat käyttökunnossa. Kuvissa 13-21 on esitetty kaikki asennettujen termoelementtien paikat sekä elementtien toimivuus. Suojaputkien sijainti esitetään kuvassa 32.

Torpparinmäen kokemuksen pohjalta voidaan sanoa, että routaeristeiden asentamistekniikassa esiintyvät vähäiset hankaluuDET eivät ole esteenä routaeristeiden käytölle jatkossa.

5. SYVÄSTABILOINTI

5.1 Syvästabilointikokeilun tausta

Torpparimäen alueella käytettiin syvästabilointimenetelmää, joka on nykyisessä muodossaan kehitetty Ruotsissa 1960-luvun lopulla. Menetelmässä parannetaan maan geoteknisiä ominaisuuksia sekoittamalla maahan stabiloivaa sideainetta, esim. kalkkia tai kipsi-kalkkia.

Suomessa on syvästabilointia kokeiltu ensimmäisen kerran Itä-keskuksessa sekä Roihupellolla metroradan koepenkereiden maapohjan stabiloinnissa kalkilla. Kohteita seurattiin vuosina 1974 - 1977. Itäkeskuksen kenttäkokeiden tulokset on julkaistu VTT:n geotekniikan laboratorion tiedonannossa No 39. Kokeilusta saatujen myönteisten kokemusten perusteella on kalkkisyvästabilointia käytetty jo useissa kohteissa Helsingissä.

Syvästabiloinnin kehittämiseksi perustettiin Suomessa syvästabilointiprojekti (SYSTA), jossa pääpaino on uusien stabilointiaineiden esim. kipsikalkin kokeilemisessa sekä stabilointiin liittyvien laskentamenetelmien kehittämisessä. Lisäksi tutkitaan syvästabiloinnin uusia soveltamismahdollisuuksia esim. katujen painumien tasaamiseen sekä putkikaivantojen tukemiseen. Projektissa ovat mukana Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupungit sekä Oulun yliopisto.

Torpparimäessä PIKO-projektiin liittyen käytettiin syvästabilointia putkijohtojen sekä kadun painumien vähentämiseen ja tasaamiseen. Lisäksi selvitettiin syvästabiloinnin käyttöä kaivantojen tukemiseen erillisen kaivantokokeen avulla.

5.2 Syvästabilointityö

Stabilointityön suoritti Vesto Oy 22.8. - 11.9.1980 Helsingin kaupungin kiinteistöviraston geoteknisen osaston laatiman pohjarakennussuunnitelman mukaan. Työtä valvoi rakennuttajan puolesta Helsingin kaupungin rakennusviraston katurakennusosaston Malmin piirin asettama valvoja, asiantuntijavalvonnan suoritti geotekninen osasto.

Työ tehtiin ns. syvästabilointikoneella, joka koostuu pyörökuormaajasta, siihen kiinnitetystä stabilointimastosta sekä perävaunusta, jossa on kalkkisäiliö ja kompressori (kuva 23). Koneen toimintaperiaate käy ilmi kuvasta 24.

5.3 Syvästabilointikohteet Torpparinmäessä

5.31 Torpankujan jatke

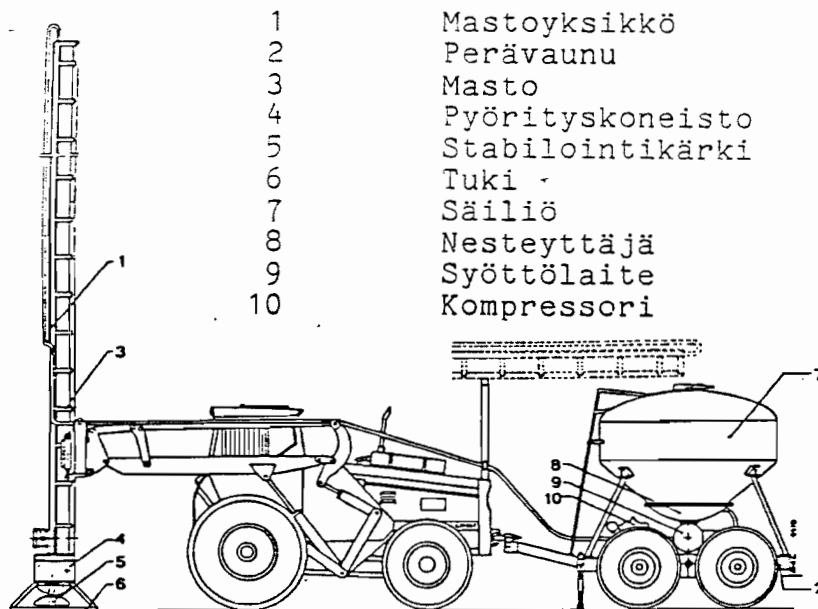
Torpankujan jatkeella Kotitorpantien ja vanhan rakennetun viemärin välisellä osalla on jätevesi-, sadevesi- ja vesijohdotputkien alla oleva savikerros stabiloitu kalkilla. Lisäksi putkikaivannon reunat oli stabiloitu siten, että kaivantoa ei tarvinnut tukea. Kaivannon sijainti ja poikkileikkaus esitetään kuvissa 25 ja 26, detalji 1.

5.32 Ylätuvanpolku

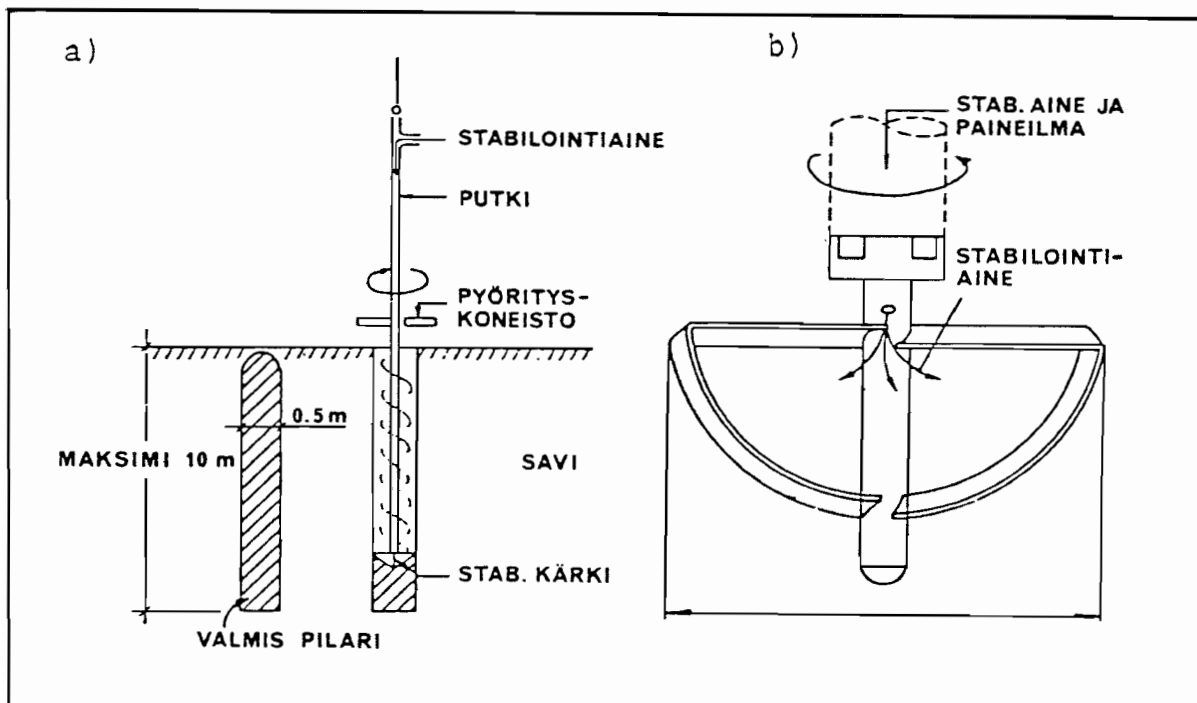
Ylätuvanpolku on päällystetty sidekivillä. Koska sidekivetyllä alueella muodostuvat epätasaisen painuman haitat suuriksi, on kohteessa kokeiltu matalan kalkkisyvästabiloinnin painumia tasaavaa vaikutusta. Vertailun vuoksi on osa Ylätuvanpolkua jätetty stabiloimatta. Stabiloidun alueen sijainti, poikkileikkaus ja mitat esitetään kuvissa 25 ja 27, detalji 2.

5.33 Ylätuvantie

Ylätuvantiellä stabiloitiin Torpparinmäen kunnallistekniikkaan liittyvien jätevesi-, sadevesi-, vesijohdon ja kaukolämpöjohdon sekä tarkastuskaivojen alla oleva savikerros putkien ja kaivojen painumien vähentämiseksi. Stabiloidun linjan sijainti, poikkileikkaus ja stabiloitujen pilarien sijoitus esitetään kuvissa 25 ja 27, detalji 3.



Kuva 23. Syvästabiloointikone, tyyppiä LPS-2.

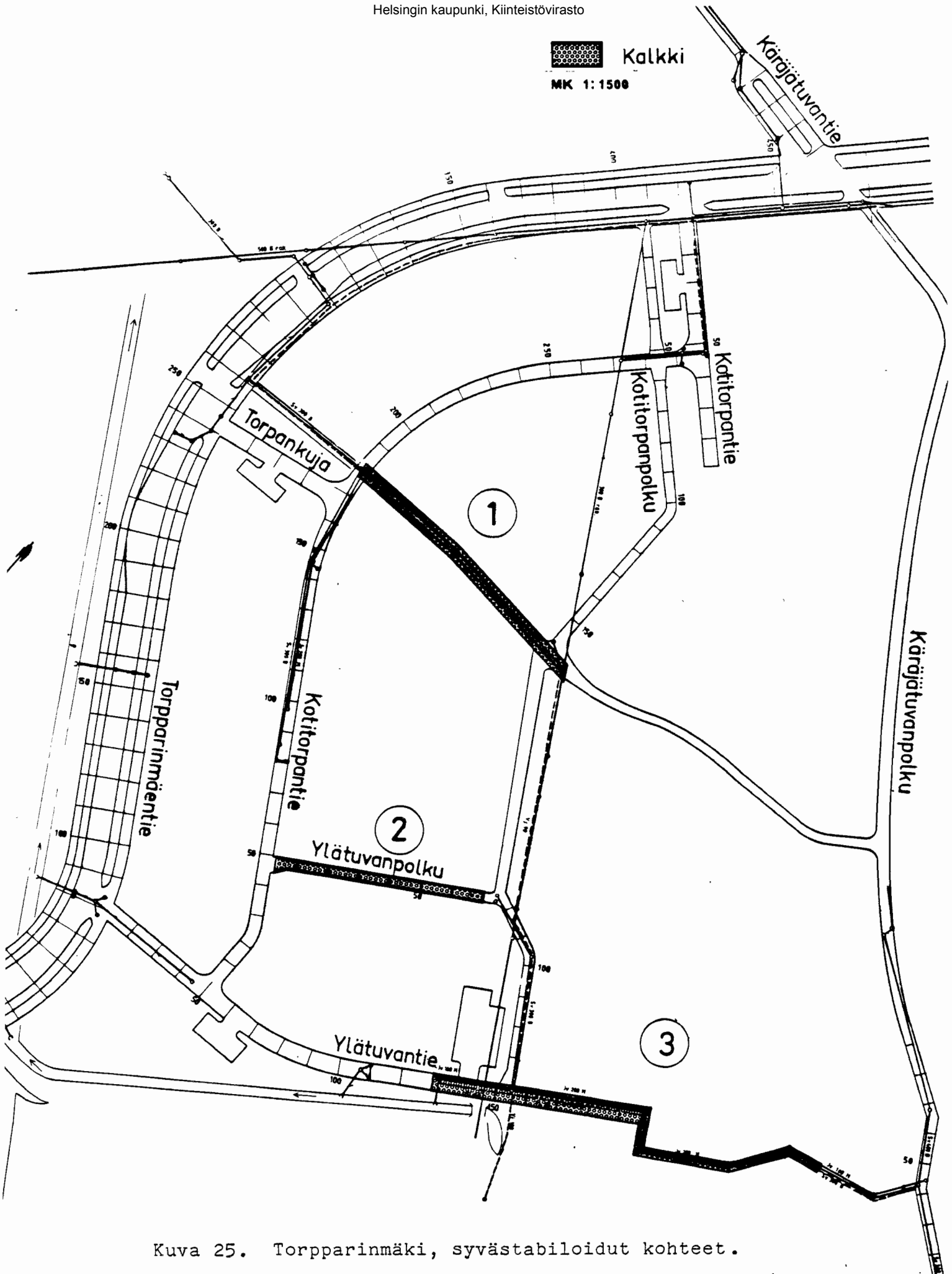


Kuva 24. a) Syvästabiloinnin periaate, b) Syvästabiloointikärki



Kalkki

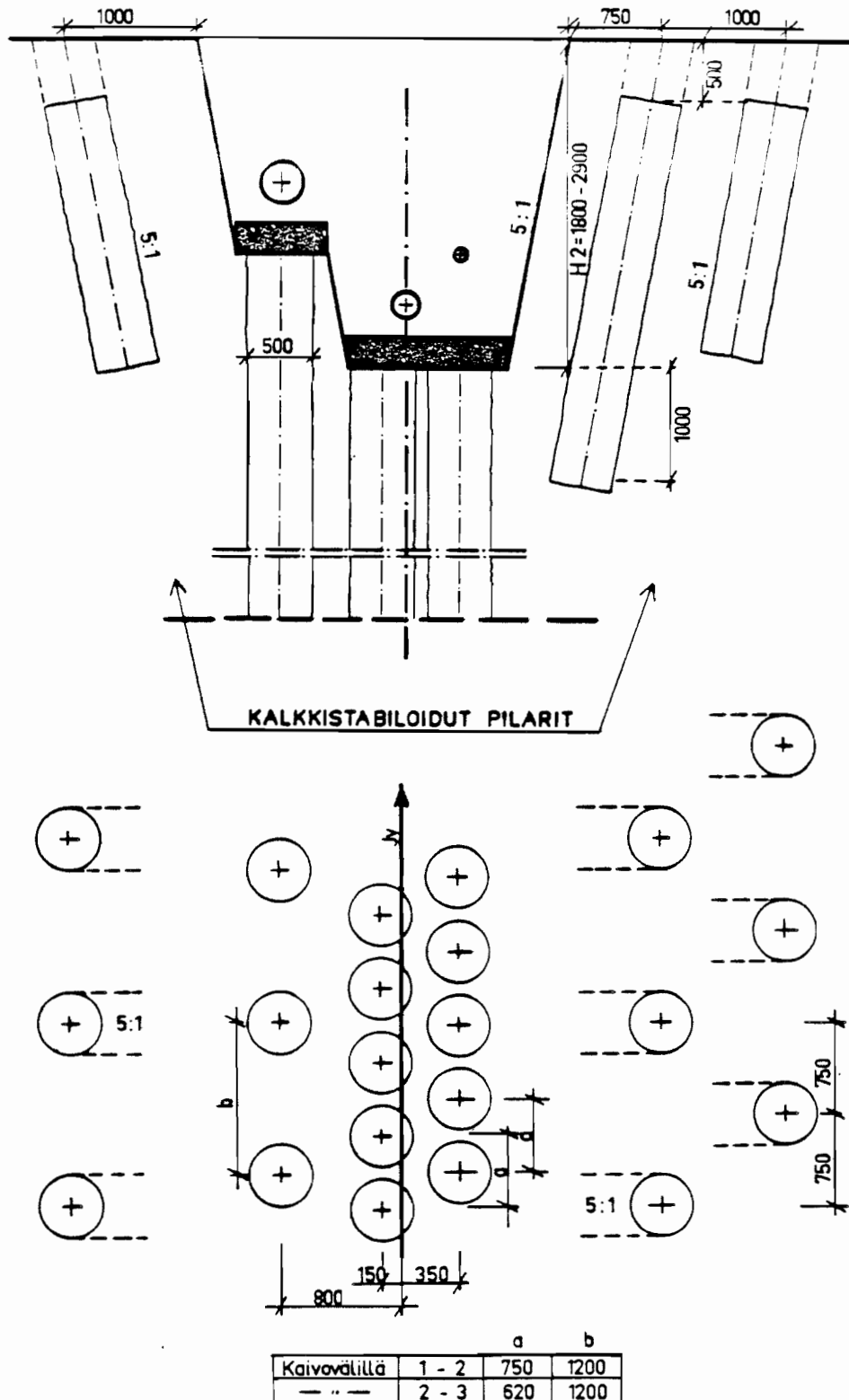
MK 1:1500



Kuva 25. Torpparinmäki, syvästabiloidut kohteet.

1)

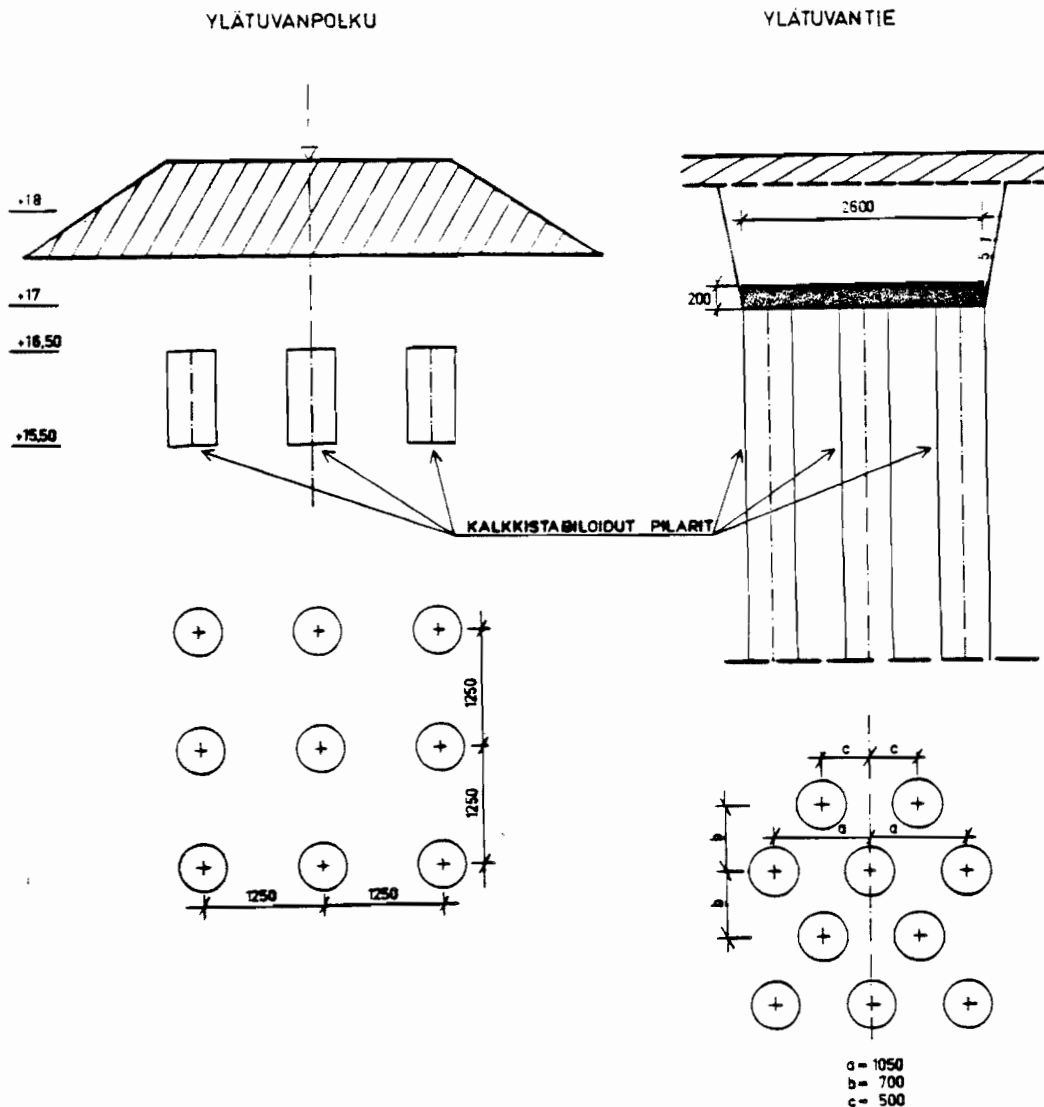
TORPANKUJA



Kuva 26. Poikkileikkaus Torpankujan jatkeen (detalji 1) syvästabilointikohteesta.

2)

3)



Kuva 27. Poikkileikkaukset Ylätuvanpolun (detalji 2) ja Ylätuvantien (detalji 3) syvästabilointikohteista.

5.34 Kaivantokoe

Torpparimäentien länsipuolella selvitettiin syvästabiloinnin käyttöä kaivannon tukemiseen koekaivantojen avulla (kuva 28). Kaivantoja oli kolme, kaksi oli stabiloitu kalkilla (kaivannot I ja III) ja yksi kipsikalkilla (kaivanto IV).

Kaivantokokeessa tutkittiin mm. stabiloitavien pilarien side-
aineen, kaltevuuden ja sijoituksen vaikutusta kaivantojen
seinien vakavuuteen. Kaivannon reunoille oli asennettu pai-
numa- ja sivusiirtymämittauslaitteet (kuva 29), joiden avulla
seurattiin kaivamisen eri vaiheissa maan murtumiskäyttäytymis-
tä. Stabiloitujen pilarien laatua ja lujuuskehitystä seuratiin
siipi- ja puristinkairalla sekä ruuvikompressiometrillä.
Kaivantokokeen tuloksia käsitellään ja analysoidaan SYSTA-
projektin yhteydessä.

5.4 Syvästabilointikohteiden seuranta

5.41 Seurantamenetelmät

Stabilointikohteissa seurataan stabiloidun savikerroksen kon-
solidaatiopainumista painumalevyjen avulla, vaaitsemalla pääl-
lysteessä olevia mittauspisteitä sekä vaaitsemalla kaivannon
kehikkoja. Painumien seuranta jatketaan ainakin 2 vuoden ajan.
Geotekninen osasto suorittaa mittaukset 2 kk välein.

5.42 Ylätuvanpolku

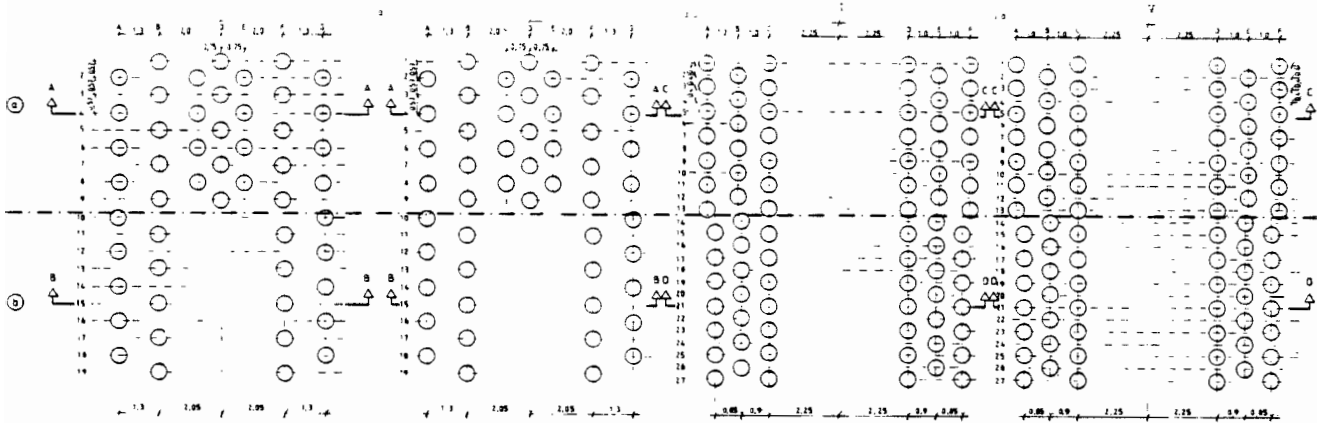
Ylätuvanpolulle on maalattu vaaitsemispisteet punaisella maa-
lilla 20 m välein tien keskilinjalle. Lisäksi reunakiveen on
maalattu pisteen kohdalle punainen merkki. Pisteiden sijainti
esitetään kuvassa 32 ja liitteessä 3.

5.43 Ylätuvatie

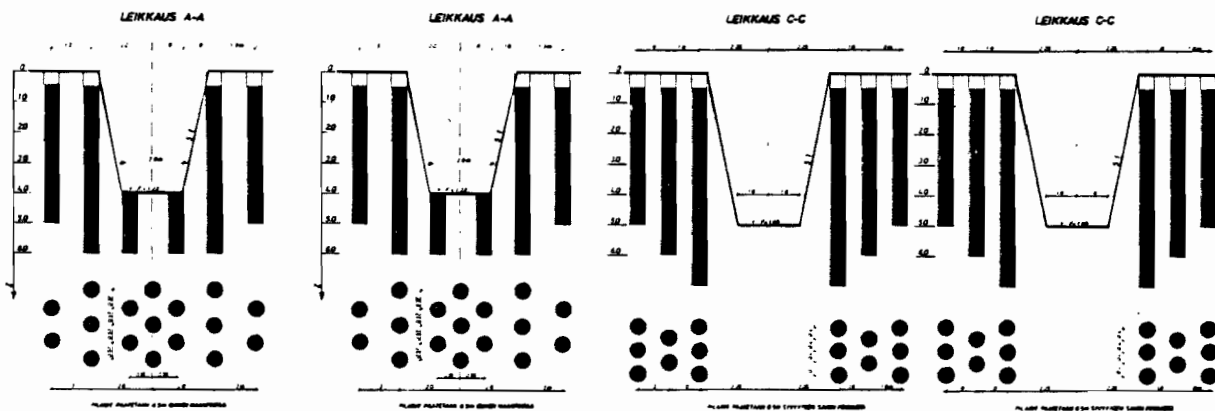
Ylätuvatielle on asennettu painumanaulat asfalttiin 20 m vä-
lein putkilinjan keskilinjalle (Pl 80 - 200). Naulojen sijain-
ti on myös merkitty punaisella maalilla reunakiveen. Lisäksi
seurataan kaivojen kehikkojen painumia. Paalulle 176 on asen-
nettu painumalevy. Mittauspisteiden sijainti esitetään kuvas-
sa 32 ja liitteissä 3 ja 5.

TORPPARINMÄEN
KAIVANTOKOEKENTTÄ

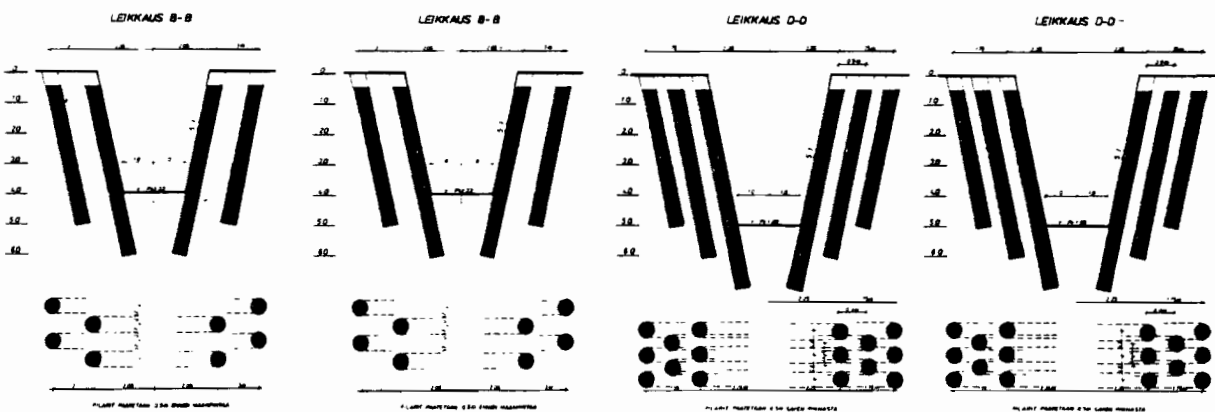
x)



x)

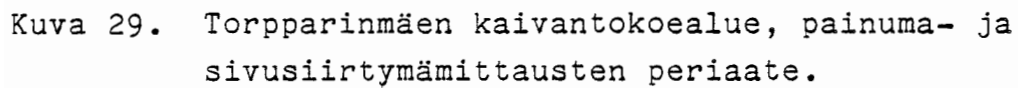


x)



x) ei rakennettu

Kuva 28. Torpparinmäki, asemapiirustus kaivantokoealueesta sekä poikkileikkaukset.



Torpankujan jatkeen viemärilinjalle on asennettu kolme painumalevyä paaluille 70 ja 100. Lisäksi painumia seurataan vaaitsemalla kaivojen kehikoita. Mittauspisteet esitetään kuvassa 32 ja liitteessä 5.

Kaivantokoealueella ei suoriteta jälkiseurantaa. Tarvittaessa alueelta voidaan ottaa näytteitä syvästabiloiduista pilareista.

5.5 Kokemuksia syvästabilointityöstä

Stabilointityö tehtiin suunnitelmien mukaan. Suomessa käytetty kalkkipilarikone LPS-2 on kuitenkin melko raskas ja vaatii pehmeiköllä hyvän työalustan. Torpparinmäessä työt sujuivat hyvin ilman työalustaa kuivakuoren varassa, mutta syyssateiden alettua kävi työn suoritus vaikeammaksi.

Torpparinmäen kaivantokoealueella todettiin kipsikalkilla stabiloitujen pilarien lujittuneen selvästi kalkkistabiloituja pilareita paremmin. Jätekipsissä olevan kideveden vähentäminen on kuitenkin edellytyksenä kipsikalkin käytölle työmaolosuhteissa, Torpparinmäessä käytetyn kipsi sisälsi liiaksi kidevettä, joka reagoi jonkin verran sammuttamattoman kalkin kanssa hidastaen stabilointityötä.

Kaivantokokeen yhteydessä saatiin tärkeää tietoa syvästabiloinnin soveltumisesta kaivantojen tukemiseen. Tulokset julkaistaan SYSTA-projektin yhteydessä.

6. ESIRAKENTAMINEN

6.1 Tausta

Helsingin pinta-alasta on noin 35 % pehmeätä heikosti kantavaa savialuetta. Kun kaupungin rakentamisessa on edullisesti rakennettavat maa-alueet jo suurimmaksi osaksi otettu käyttöön, suuntautuu Helsingin uudisrakentamisesta nykyisin noin puolet pehmeälle savialueelle.

Tavanomaisessa rakentamisessa rakennukset ja putkijohdot perustetaan paaluilla, mikä kohteesta riippuen voi muodostua varsin kalliiksi. Lisäksi tällaisen rakentamisen lopputulos ei usein kuitenkaan ole hyvä. Piha- ja katualueet painuvat vuosikausia, usein vuosikymmeniä niin, että paalutetut rakenteet, rakennukset ja putkijohdot jäävät koholle. Pihojen ja katu-
jen painuessa kuoppaisiksi ja sadevesikaivojen jäädessä ylös, ei kuivatus enää toimi. Samalla maanvaraisesti perustetut rakenteet kallistuvat ja vaurioituvat. Mikäli alueiden edellytetään pysyvän kunnossa, olisi maanvaraiset rakenteet sekä pihojen ja katu-
jen epätasaiset painumat korjattava keskimäärin joka toinen vuosi.

Esirakentamisella tarkoitetaan savialueilla 1 - 3 vuotta ennen muuta rakentamista suoritettavia pohjanvahvistustöidenpiteitä, joilla parannetaan alueen rakentamiskelpoisuutta. Esirakentamisen avulla saadaan kustannussäästöjä ja päästään laadullisesti parempaan lopputulokseen kuin nykyisin yleisessä käytössä olevalla rakentamismenetelmällä.

6.2 Esirakentamistavat

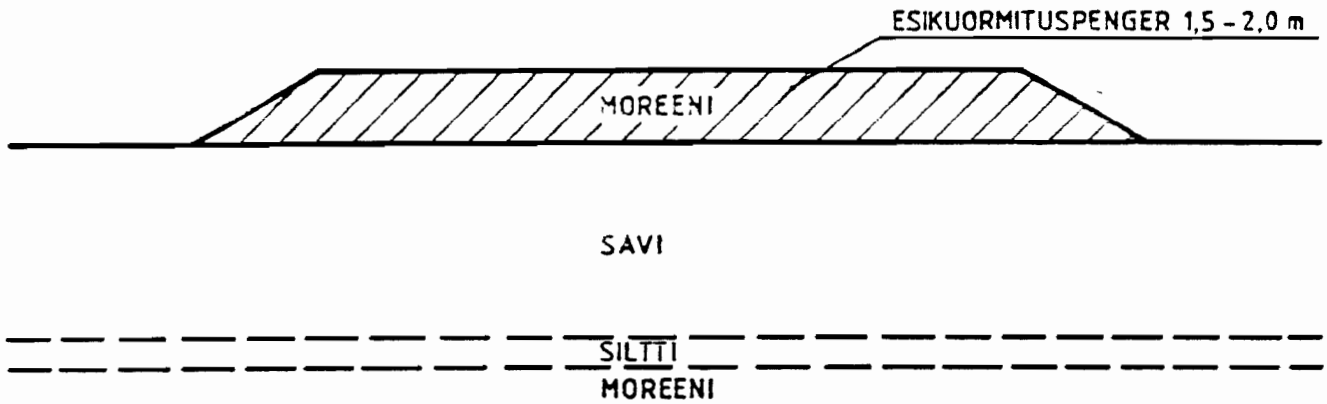
Esirakentamistapoja on kolme (kuva 30): esikuormitus, liuskapystyöjat + esikuormitus ja kalkkipilari- eli syvästabilointi.

Esirakentamistavoista on halvin esikuormitus. Esikuormitus tehdään siten, että alueelle ajetaan painopenger, jonka annetaan vaikuttaa alueella suunnitellun ajan niin, että haitalliset painumat ehtivät tapahtua. Esikuormitus soveltuu silloin, kun savikerroksen paksuus ei ole suuri, esim. alle 5 m.

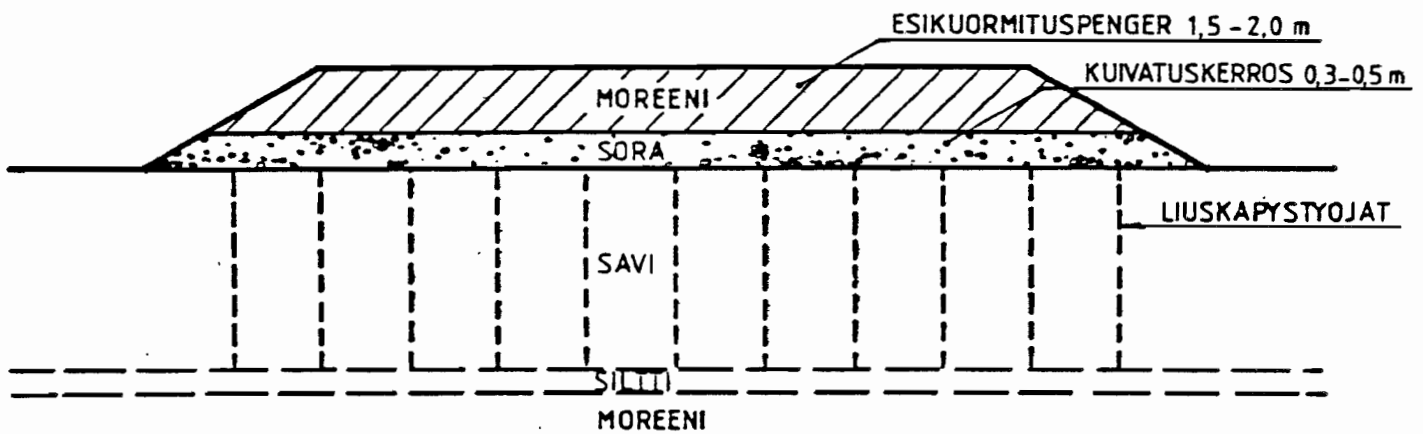
Pelkkää esikuormitusta hieman kalliimpi esirakentamistapa on menetelmä, jossa painumista tehostetaan liuskapystyöjien avulla. Liuskapystyöjat nopeuttavat painumista siten, että saven huokosista poistuva vesi päästyään liuskapystyöjiin purkautuu niitä myöten nopeasti kuivatuskerrokseen. Pystyöjien väli vaihtelee usien 1,3 - 2,0 m.

Työn ensimmäisessä vaiheessa levitetään kuivatuskerros, esim. 0,3 m soraa, jonka päältä liuskapystyöjat painetaan maahan. Tämän päälle ajetaan esikuormituspenger, jonka paksuus usein vaihtelee 1,5 - 2,0 m. Kuormituksen annetaan vaikuttaa suunnitellun ajan esim. 1,5 - 2 vuotta, jonka jälkeen ylikuorma poistetaan. Tämän jälkeen alue on valmis rakennettavaksi. Esirakentamisen yhteydessä rakennettu kuivatuskerros on mielekasta jättää paikoilleen ja käyttää sitä työpohjana varsinaisia rakennustöitä tehtäessä. Samalla kuivatuskerros on osa tulevaa piha- tai katurakennetta.

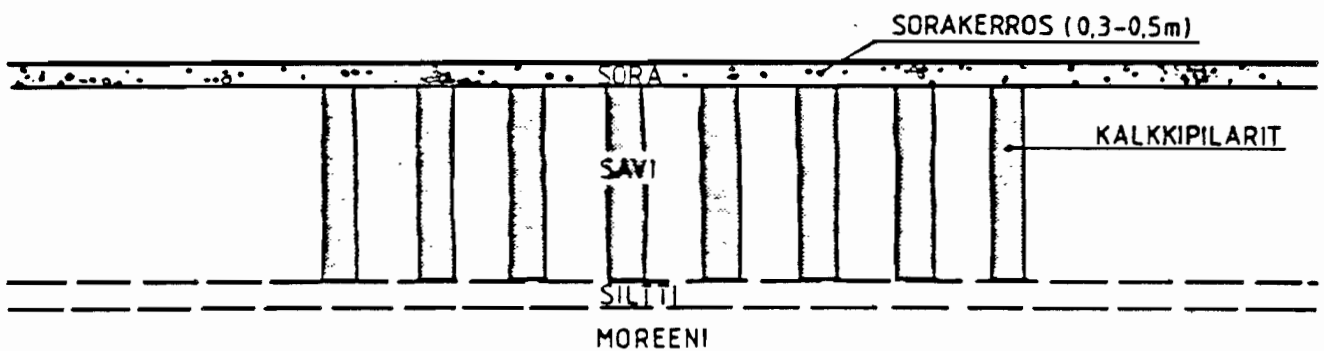
1. ESIKUORMITUS



2. LIUSKAPYSTYÖJAT + ESIKUORMITUS



3. KALKKIPIILARISTABILOINTI



Kuva 30. Esirakentamiseen soveltuvat menetelmät.

Kalkkipilaristabilointi on esirakentamistavoista selvästi kallein. Kalkin sijasta voidaan käyttää stabilointiin muita stabilointiaineita, jolloin menetelmästä voidaan käyttää yleispätevämpää nimeä syvästabilointi. Syvästabiloinnissa tehdään normaalisti stabilointipilarit 0,8 - 1,6 m ruutuun, jolloin painumat voidaan pienentää alle 50 mm:ksi. Syvästabilointi vaatii lujittumisaikaa 3 - 6 kk, joten se on selvästi nopeampi menetelmä kuin edelliset. Syvästabilointi ei myöskään tarvitse esikuormitusta. Lisäksi se voidaan usein tehdä myös suoraan luonnontilaisen maan päältä tai tarvittaessa ohuen soratäytön päältä.

6.3 Esirakentaminen Torpparinmäessä

Torpparinmäen asuntomessujen paikoitusalue valittiin ensimmäiseksi esirakentamiskoealueeksi. Alueen valintaan johtivat seuraavat seikat: Ensiksikin alue on tyypillinen savipehmeikkö-alue Helsingissä. Toiseksi alue tullaan rakentamaan pientalo-alueeksi 2 - 3 vuoden päästä. Kolmanneksi alueen vieressä on pohjasuhteiltaan samanlainen normaalilla menetelmällä rakennettu asuinrakennusalue, joka rakennettiin messuja varten ja toimii näin sopivana vertailukohteena. Neljänneksi esirakentamiskokeilu sopii hyvin alueen koerakennusluonteeseen.

Esirakentamistapana käytetään liuskapystyöjat + esikuormitusta. Alue on kooltaan noin 1,5 ha ja sen esirakentaminen on tarkoitus saada valmiiksi vuoden 1981 syksyn loppuun mennessä. Liuskapystyöjien keskimääräinen pituus on 7 m ja niiden keskinäinen etäisyys vaihtelle 1,6 - 1,8 m. Esikuormituksena käytetään 1,5 m paksuista pengertä.

Esirakennettava alue esitetään kuvassa 31. Kuvasta käy ilmi liuskapystyöjitetun kerroksen paksuus ja liuskaojien tiheys.

Torpparinmäen esirakennuskohteessa tullaan saavuttamaan säästöjä sekä piha- että tiealueiden kunnossapitokustannuksissa sekä välttämään putkijohtojen paalutukselta ja betonilaatalta. Lisäksi on myös tarkoitus välttää ainakin osittain rakennusten paalutus. Tämä riippuu paljon siitä, minkälaisia rakennuksia alueelle tullaan suunnittelemaan.



Kuva 31. Torpparinmäki, esirakennettu alue.

6.4 Seuranta

Esirakennettavalla alueella seurataan painumia 13 painumalevyllä. joiden sijainti on esitetty kuvassa 31. Esikuormituksen aiheuttamaa huokosveden ylipaineen suuruutta seurataan huokospainekärjillä, joita on asennettu yhteensä 4 kpl kahteen pisteeseen (kuva 31).

Mittausten perusteella voidaan määrittää riittävä esikuormitukseen tarvittava aika huomioiden alueelle tuleva kuormitus.

Mittaukset suorittaa Helsingin kaupungin geotekninen osasto, tulosten analysoinnissa avustaa VTT:n geotekniikan laboratorio.

7. YHTEENVETO

Torpparinmäen messualueen katu- ja viemärirakennuskohde on suurin yhtenäinen kunnallistekniikan geotekniikkaan liittyvä koerakennuskohde Helsingissä ja ehkä koko Suomessa. Koerakennuskohde on jo nyt osoittautunut varsin hyödylliseksi ja uusien menetelmien sisään ajamiseksi aivan välttämättömäksi.

Torpparinmäen koerakentamiskohteiden seurannalla saadaan hyödyllistä tietoa käytännön suunnittelua sekä tulevia koerakentamiskohteita varten.

Tämän tyyppiselle koerakennustoiminnalle on jatkuvaa tarvetta. Siksi toiminta tulisikin järjestää taloudellisesti mahdolliseksi. Rakentamismäärärahoista tulisi varata noin prosentti koerakentamiseen ja soveltavaan tutkimukseen, jotta laskentaperusteita sekä uusia menetelmiä voitaisiin testata.

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

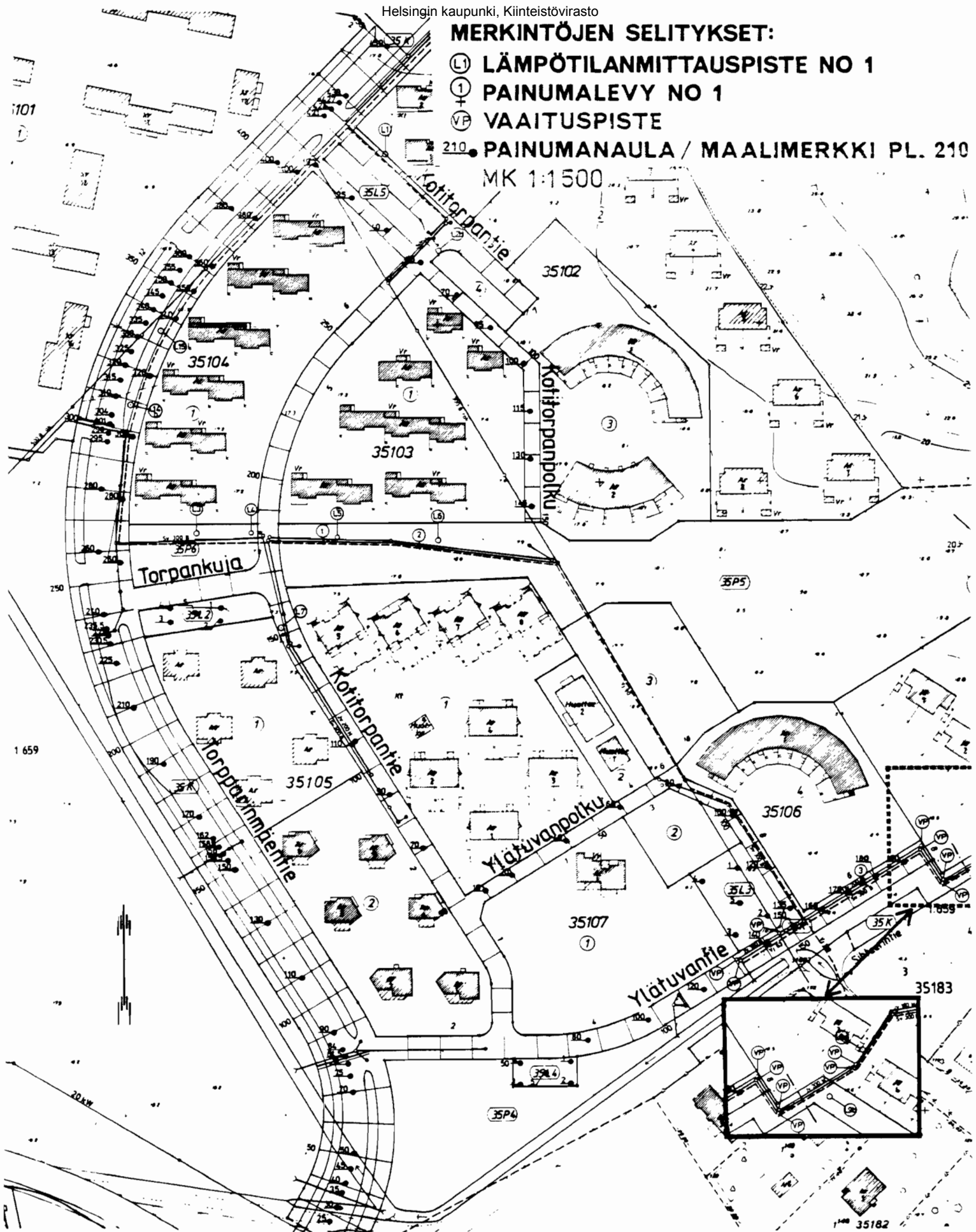
Ⓛ1 LÄMPÖTILANMITTAUSPISTE NO 1

① PAINUMALEVY NO 1

VP VAAITUSPISTE

210. PAINUMANAUHA / MAALIMERKKI PL. 210

MK 1:1500



Kuva 32. Torpparinmäki, painumatarkkailupisteet.

KOHDE		
Vaaitus (pl)	Rakenne	
TORPPARINMÄENTIE/AJORATA		
25.0		
30.0		
35.0 1)	<u>Sv-rumpu</u> <u>1000 B</u>	Arina (pt) + siirtymä- rakenne (lt)
40.0		
45.0		
50.0		
70.0		
75.0		
79.0		
81.5	<u>Sv-rumpu</u> <u>300 B</u>	Arina (pt)
84.0		
90.0		
110.0		
130.0		
150.0		
153.5		
156.0 1)	<u>Sv-rumpu</u> <u>300 B</u>	Arina (pt) + siirtymä- rakenne (lt)
158.5		
162.0		
170.0		
190.0		
210.0		
225.0		
230.5		
233.0 1)	<u>Sv-rumpu</u> <u>225 B</u>	Arina (pt) + siirtymä- rakenne (lt)
235.5		
240.0		
260.0		
260.0		
295.0		
298.0		
301.0		
304.0		

NASTAT

Tavanomainen rakenne

1) Maamerkki rummun päässä

KOHDE	
Vaaitus(pl)	Rakenne
TORPPARINMÄENTIE/AJORATA	
310.0	
315.0	
320.0	
325.0	
330.0	
335.0	
340.0	
345.0	
350.0	
355.0	
360.0	
360.0	
400.0	
421.0	
424.0	
427.0	
433.0	
450.0	
TORPPARINMÄENTIE/JK-TIE	
240.0	
260.0	
280.0	
300.0	
320.0	
340.0	
350.0	
360.0	
380.0	
400.0	
420.0	
440.0	
460.0	
480.0	
500.0	

NASTAT

Tavanomainen rakenne

Tav.om.rakenne

NASTAT

Tukikerros (lt)

Sv 300 B
vj-arina
(lt)

Sv 300 B
arina
(lt)

KOHDE				
Vaaitus (pl)	Rakenne			
KOTITORPANPOLKU				
10.0	MAALIMERKIT	Tav.om. rakenne	Tukik.ala- osa (pt), yläosa (lt)	Tukik. + kant.k. (lt)
25.0				
40.0				
55.0				
70.0				
85.0				
100.0				
115.0				
130.0				
145.0				
YLÄTUVANTIE				
20.0	Tav.om. rakenne	Sv 300 B	arina- täyt. (pt)	
40.0				
60.0				
YLÄTUVANPOLKU				
0.0	Matala kalkki- syvästabi- lointi	Sv 300 B	vj-arina (lt)	
20.0				
40.0				
60.0				
80.0				
100.0				
130.0				
135.0				
KOTITORPANTIE				
70.0	5 v 300 B teräs- vahvist. arina			
90.0				
110.0				

KOHDE		
Vaaitus (pl)	Rakenne	
PYSÄKÖINTIALUE 1		
Kulmapist.+ keskikohta = 5 kpl	MAALI- MERKIT	Tukikerros + kantavan kerroksen alaosa (lt)
PYSÄKÖINTIALUE 2		
Kulmapist.+ keskikohta = 5 kpl	NASTAT	Tavanom.rak.
PYSÄKÖINTIALUE 3		
Kulmapist.+ keskikohta = 5 kpl	NASTAT	Tukik. ala- osa (pt), ylä- osa + kant. kerr. alaosa (lt)
PYSÄKÖINTIALUE 4		
Kulmapist.+ keskikohta = 5 kpl	NASTAT	Tukik. + kant.kerrok- sen alaosa (pt)

KOHDE		
Vaaitus (pl)	Rakenne	
YLÄTUVANTIE		
80	NASTAT	Putkijohdot perustettu kalkilla syvästab. maan varaan
100		
120		
140		
160		
190		
200		
132 I	I Jv, II Sv KAIVON KEHYS	Kaivot perustettu kalkilla syvästab. maan varaan
132 II		
146 I		
197 I		
197 II		
210 I		
210 II		
241 I		
242 II		
176	PAINUMA- LEVY	Putkijohdot kalkilla syvästab. maan varaan
TORPANKUJAN JATKE		
70	PAINUMA- LEVYT	Putkijohdot perustettu kalkilla syvästab. maan varaan
100		