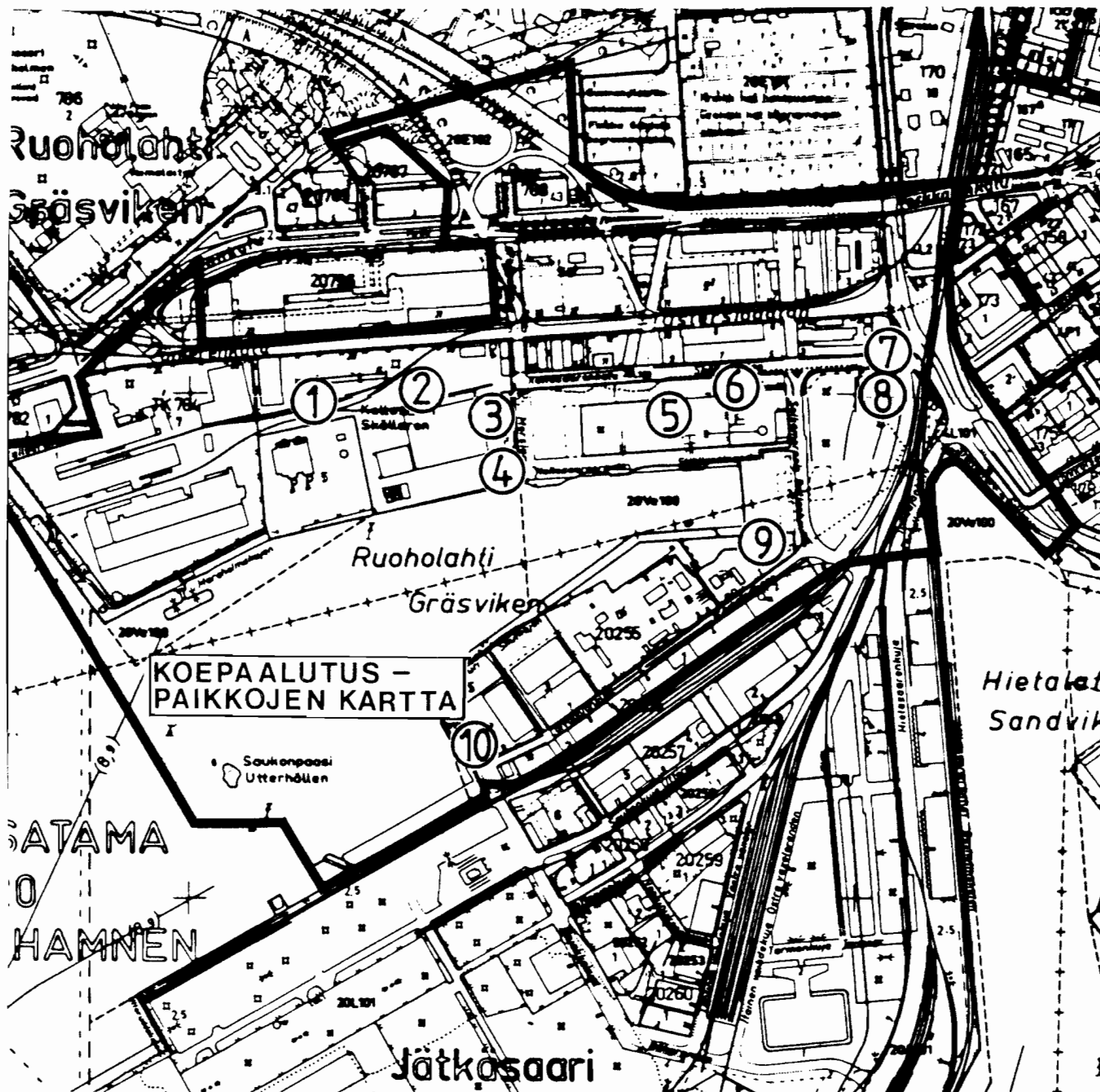




Mauri Saari & Niilo Volanen

RUOHOLAHDEN KOEPAALUTUS

RUOHOLAHDEN KOEPAALUTUS

3.9.1990 Mauri Saari - Niilo Volanen

ALKUSANAT

Helsingin keskustassa rakentaminen sijoittuu monesti täytealueille. Rakennettavat alueet, kuten Ruoholahti, on täytetty sekalaisella täytemaalla. Täytekerrokset sisältävät pehmeiden maakerrosten lisäksi runsaasti louhemateriaalia, jolloin paaluperustaminen tavallisilla teräsbetonipaaluilla on epävarmaa.

Ruoholahden tulevalla rakennusalueella kokeiltiin eri paalutustapojen soveltuvuutta täytealueelle. Tutkittuja paalutyyppisiä olivat teräsbetoni-, teräsputki-, Franki-, ja Vibrexpaalut. Paalutustapojen vertailuissa käytettiin hyväksi iskuaaltoteoriaan perustuvia mittauksia.

Ruoholahden tuloksia tulkittaessa sovellettava iskuaaltoteoria esitetään tarkemmin geotekninen osaston tiedotteessa no 53 "Paalujen dynaaminen koestus PDA-laitteistolla".

Koepaalutuksen tuloksia on käytetty kaavoitusvaiheessa perustana arvioitaessa Ruoholahden alueelle soveltuvia paalutustapoja ja pohjarakennuskustannuksia. Talojen perustamistavat jakautuvat alueella siten, että maanvaraista anturaperustamista on 18 %, lyöntipaaluperustusta 60 % ja Franki- tai Vibrex-paaluperustusta 22 %. Talojen pohjarakennuskustannus on alueella yhteensä noin 125 milj. mk, josta pohjarakennuslisäkustannusten osuus on noin 70 milj. mk. Pohjarakennuslisäkustannusten vaihteluväli on 0 - 420 mk/k-m².

Tutkimus antaa lähtötiedot alueen alustavalle pohjarakennussuunnittelulle.

Tonttikohtaisesti tulee perustamisratkaisut tutkia ja selvittää tarkemmin rakennussuunnittelun yhteydessä.

Helsingissä, joulukuun 19. päivänä 1990

Usko Anttikoski
osastopäällikkö

Sisällysluettelo

Tilaaaja	1
Tehtävä	1
1. Toimeksianto	1
2. Lyöntikalusto -ja paalutiedot	1
3. Mittausmenetelmät	3
3.1. PDA-mittaus	3
3.2. SIT-mittaus	3
3.3. Käyryysmittaukset	4
4. Tulokset	4
5. Johtopäätökset	6
 Liitteet	

Tilaaaja :

Helsingin kaupungin kiinteistövirasto
Geotekninen osasto
Yrjönkatu 21 b A
00100 Helsinki 10

Tehtävä :

Ruoholahden koepaalutus
Dynaaminen koekuormitus

1. Toimeksianto

Tampereen teknillisen korkeakoulun geotekniikan laitos suoritti 9.3.-4.5.1990 välisenä aikana Helsingin kaupungin kiinteistöviraston geoteknisen osaston toimeksiannosta dynaamisia iskuaaltomittauksia hollantilaisella FPDS-2-laitteistolla (Foundation Pile Diagnostic System) Ruoholahdessa koepaalujen kantavuuden ja eheyden selvittämistä varten.

Koepaalutuskohteissa paalutusurakoitsijoina toimivat E.M. Pekkinen Oy, Oy Kreuto Ab ja Pohjanvahvistus Oy.

Koepaalutus tehtiin kymmenessä eri kohteessa, joiden sijainnit ja pohjasuhdetiedot on esitetty piirustuksissa GEO 4513 / 101-118.

2. Lyöntikalusto- ja paalutiedot

Franki- ja Franki-mixte-paalujen työputki upotettiin Franki-paalutuskoneella, jossa järkäleen massa oli aluksi 3.2 tonnia. Uusitun järkäleen massaksi tuli 3.8 tonnia.

Vibrex-paalujen työputki upotettiin Delmag 30-dieseljuntalla.

Teräsbetonipaalut lyötiin Åkerman H 14 LC Banut-paalutus-koneella, jossa järkäleen massa oli 4 tonnia. Koepaalutuskohteissa 1 ja 2 tehtiin alkureikä 8 metrin teräspiikillä louhepenkereen läpi 7 metriin ja koepaalutuskohteissa 3 ja 4 tehtiin alkureikä 8 metriin louhepenkereen läpi. Teräspuutkipaalut lyötiin Lokomo 24-paalutuskoneella, jossa järkäleen massa oli 2 tonnia.

Franki- ja Franki-mixte-paalujen teossa käytettiin ulkohalkaisijaltaan 520 mm:n teräspuutkea. Franki-paalun nimellisläpimittana oli 520 mm sekä Franki-mixte-paalun puolestaan 420 mm.

Vibrex-paalujen teossa käytettiin ulkohalkaisijaltaan 508 mm teräspuutkea. Rautaruukin teräspuutkipaalujen ulkohalkaisija oli 184.5 mm ja ainevahvuus 11.5 mm. Teräsbetonipaalujen koko oli 300 mm x 300 mm.

Jokaisessa koepaalutuskohteessa tehtiin dynaamisia koe-kuormituksia kaikista edellä mainituista paalutyypeistä, paitsi koepaalutuskohteissa numerot 7 ja 10, joissa ei valmistettu Vibrex-paalua. Täten mitattujen koepaalujen lukumäärä oli 38. Lisäksi tehtiin 9 ylimääräistä Franki-paalua, joita käsitellään erillisessä raportissa. Mitatut koepaalut ja niiden tunkeutumistasot ovat esitetty koepaalutuskohteittain liitteissä I-X. Koepaalutuspaikat oli valittu täytteen laadun ja paksuuden mukaan seuraavasti :

Kohde	Täytteen laatu	Täytteen paksuus [m]	Arvioitu paalupituus [m]
1	louhe	8	11
2	louhe	6	11
3	louhe	8	12
4	kivinen hiekka	7	14
5	kivinen hiekka	6	13
6	kivinen hiekka	5	14
7	kivinen hiekka	6	14
8	kivinen hiekka	5	15
9	kivinen hiekka	7	13
10	kivinen hiekka	4	8

Dynaamisissa koekuormituksissa on käytetty betonille ja teräkselle seuraavanlaisia arvoja :

- betonin kimmomoduli $E_C = 35000 \text{ MPa}$
- betonin iskuaaltonopeus $c_C = 3800 \text{ m/s}$
- teräksen kimmomoduli $E_S = 210000 \text{ MPa}$
- teräksen iskuaaltonopeus $c_S = 5100 \text{ m/s}$

3. Mittausmenetelmät

3.1. PDA-mittaus (Pile Driving Analysis)

PDA-mittaus on suora paalun kantavuuden määrittämis menetelmä, joka perustuu rakennuspaikalla tehtäviin iskuaalto-mittauksiin. Kantavuuden lisäksi voidaan mittauksen perusteella myös todeta :

- paaluun siirtynyt energia
- suurin puristus -ja vetojännitys mittauskohdassa
- mittauskohdan siirtymä (jousto + pysyvä painuma)
- paalun ehjyys

PDA-mittauksen suoritusperiaate on esitetty diplomityössä Mauri Saari:Paalujen dynaaminen koestus FPDS-2-laitteistolla.Kantavuuden määrittäminen on perustunut CASE-menetelmään,joka on myös esitetty edellä mainitussa diplomityössä.

3.2. SIT-mittaus (Sonic Integrity Testing)

SIT-mittaus on lähinnä teräsbetonisten paalujen ehjyyden toteamiseen kehitetty mittausmenetelmä.

Tässä raportissa tulostetut SIT-mittaukset perustuvat low-strain-menetelmään, jonka suoritusperiaate on esitetty edellä mainitussa diplomityössä.

3.3. Käyryysmittaukset

Helsingin kaupungin geoteknisen osaston kiinteistöviraston toimesta tehtiin teräsbetonisten lyöntipaalujen käyryysmittaukset paalujen tarkastusputkista tangolla luottaamalla 6.6.1990. Mittauksen suoritti V. Kuokkanen. Mittaustulokset ovat esitetty liitteessä XI.

Rautaruukin teräsputkipaalujen kohdalla käyryysmittauksia ei pystytty tekemään, koska teräsputkipaalut oli ehditty katkaista maanpinnan tason alapuolelle ja koepaalutuskohta oli sen jälkeen täytetty.

4. Tulokset

Dynaamisten koekuormitusten tulokset on esitetty koepaalutuskohteittain erillisinä liitteinä (liitteet 1, 2 ja 3 aina koepaalutuskohdetta kohti). Koepaalutuskohteiden liitteissä 1 on käytetty seuraavanlaisia merkintöjä :

- $F(t=0)$ = antureissa rekisteröity voima
- $v(t=0)$ = antureissa rekisteröity nopeus
- $E(\max)$ = suurin paaluun siirtynyt energia
- Taso = saavutettu paalun kärjen taso N 60-järjestelmässä
- $R(\max)$ = CASE-menetelmällä laskettu staattinen murtokuorma
- J_c = dynaaminen vaimennuskerroin (katso liite XII)
- $S(\max)$ = suurin siirtymä (jousto + pysyvä painuma)

Dynaamiset koekuormitukset Franki -ja Franki-mixte-paaluista tehtiin valmiista paalusta. Pudotuskorkeus vaihteli 1-2.5 metriin. Järkäleen massa oli 5 tonnia. Franki-mixte-paalujen staattinen murtokuorma vaihteli 2.2-5.2 MN välillä. Franki-paalujen staattinen murtokuorma vaihteli puolestaan rajoissa 4.0 - 4.2 MN.

Dynaamiset koekuormitukset Vibrex-paaluista tehtiin työputkesta. Vibrex-paalujen staattinen murtokuorma vaihteli rajoissa 4.3 - 5.5 MN.

Teräsbetonipaalujen lyönnissä pudotuskorkeus vaihteli 0.25-0.3 m ja staattinen murtokuorma vaihteli puolestaan rajoissa 0.5 -1.5 MN.

Teräsputkipaalun loppulyönneissä koepaalutuskohteissa 1,2,3,4 ja 5 oli pudotuskorkeutena 1 metri. Tällöin staattinen murtokuorma vaihteli rajoissa 0.70-1.0 MN. Koepaalutuskohteissa 6,7,9 ja 10 oli loppulyöntien osalla pudotuskorkeutena 2.5 metriä. Tällöin staattinen murtokuorma vaihteli rajoissa 2.1-2.2 MN. Koepaalutuskohteessa numero 8 jäi paalu lyhyeksi ja loppulyönnit suoritettiin apupaalun avulla. Teräsputken upotuksen aikana käytettiin 1 metrin pudotuskorkeutta.

Koepaalutuskohteiden liitteissä 2 on tulostettu mittaus-ten voima -ja nopeus x impedanssikuvat lyönnin loppuvaiheissa.

Vastaavasti liitteissä 3 on tulostettu kyseisen koepaalutuspaikan teräsbetonipaalun puristus -ja vetojännitys ja lyöntivastus (iskut / 25 cm tunkeuma) syvyyden funktiona sekä SIT-mittautulos.

Vetojännitys syvyyden funktiona-kuvaaja on tulostettu havainnollisuuden vuoksi. Mitä pienempi lyöntivastus, sitä suurempi vetojännitys ja päinvastoin. Lyöntivastus -ja vetojännitys-kuvaajat ovat tulostettu alekkain asian havainnollistamiseksi.

Puristusjännitys on suoraan verrannollinen voimaan ja siten myös järkäleen pudotuskorkeuteen. Näin voidaan jälkikäteen esimerkiksi todeta, lähinnä laadunvalvonnan kannalta, ettei olla lyönnin yhteydessä ylitetty teräsbetonipaalan laskennallista puristuslujuutta (f_{cd}). Teräsbetonipaalulle (K 45-2) voidaan betoninormien mukaan sallia puristusjännitystä noin 20 MPa. Tulostettujen mittauskuvaajien perusteella kyseistä arvoa ei ole ylitetty.

SIT-mittaustulosten perusteella ehjiksi teräsbetonipaaluiksi osoittautuivat 1,3,4,5,7 ja 9.

5. Johtopäätökset

Päätelmät esitetään koepaalutuskohteittain koskien lähinnä eri paalutyyppeiden soveltuvuutta kyseisellä koepaalutuspaikalla.

Koepaalutuskohteeseen 1 soveltuvat Franki-mixte-paalu, Vibrex-paalu ja teräspuutkipaalu. Teräspuutkipaalu on PDA-mittausten perusteella kalliossa, koska lyöntivastus on suuri. Lyöntienergia on kuitenkin ollut liian pieni kapasiteetin edellyttämän kantavuuden mobilisoimiseksi. Teräsbetonipaalu ei sovellu PDA-mittauksen ja käyryysmittauksen perusteella, koska PDA-käyrän mukaan on havaittavissa, että nopeus $\times$ impedanssikäyrä on selvästi voimakäyrän yläpuolella sekä tangot ovat jääneet 80 cm liian ylös. Teräsbetonipaalu on käyristynyt viimeiseltä 80 cm matkalta, ja se ei näy SIT-mittauksessa.

Koepaalutuskohteeseen 2 soveltuvat Franki-mixte-paalu, Vibrex-paalu ja teräspuutkipaalu. Teräspuutkipaalu on PDA-mittausten perusteella kalliossa, mutta lyöntienergia on ollut liian pieni koko kantavuuden mobilisoimiseksi. Teräsbetonipaalu ei sovellu PDA-, SIT- ja käyryysmittausten perusteella, koska PDA-käyrän mukaan nopeus $\times$ impedanssikäyrä on selvästi voimakäyrän yläpuolella, SIT-mittauskäyrässä ei ole havaittavissa kärkiheijastusta ja tangot luotauksessa kiilautuivat 5.4 m ennen kärkeä.

Koepaalutuskohteeseen 3 soveltuvat kaikki koepaalutuksessa käytetyt paalutyypit. Teräsbetonipaalun käyryysmittauksen perusteella paalun alapää on käyristynyt 90 cm matkalta. SIT-mittauksen perusteella paalun kärjestä saadaan kuitenkin hyvä kärkiheijastus, joten paalua voidaan pitää ehjänä.

Koepaalutuskohteeseen 4 soveltuvat ensisijaisesti käytettäviksi paalutyypeiksi Franki-mixte-paalu ja Vibrex-paalu. Yleensä teräsputkipaalu soveltuu käytettäväksi vastavissa pohjaolosuhteissa. Tässä tapauksessa paalulle valittu paikka oli huono. Teräsputkipaalu on alapäästään käyristynyt, sillä nopeus $\times$ impedanssikäyrässä on 9 millisekunnin kohdalla vetopiikki, mikä ei näkyisi, jos paalu olisi suora. Teräsputkipaalun lyönnistä kohteessa 4 on olemassa myös video. Teräsbetonipaalu on käyryysmittauksen perusteella alapäästään käyristynyt 50 cm matkalta, mutta SIT-mittauksessa on saatu hyvä kärkiheijastus, joten paalua voidaan kuitenkin pitää ehjänä.

Koepaalutuskohteeseen 5 soveltuvat kaikki koepaalutuksessa käytetyt paalutyypit. Teräsputkipaalujen lyönnissä on käytetty riittävää energiaa. Teräsbetonipaalun käyryysmittauksessa on saavutettu lähes kärjen taso tangolla.

Koepaalutuskohteeseen 6 soveltuvat Franki-paalu, Vibrex-paalu ja teräsputkipaalu. Teräsbetonipaalu ei sovellu, koska SIT-mittauksissa on havaittavissa yläpään siirtymisestä johtuvaa halkeilua ja kärkiheijastus on huono. PDA-mittauksessa voimakäyrästä ei löydy kärkeä ja käyryysmittauksessa tangot eivät menneet läpi paalun yläpäältä.

Koepaalutuskohteeseen 7 soveltuvat teräsbetonipaalu, teräsputkipaalu ja Franki-paalu. Teräsbetonipaalun käyryysmittauksia ei mitattaajan mukaan päästy tekemään. Vibrex-paalua ei tehty tässä koepaalutuskohteessa.

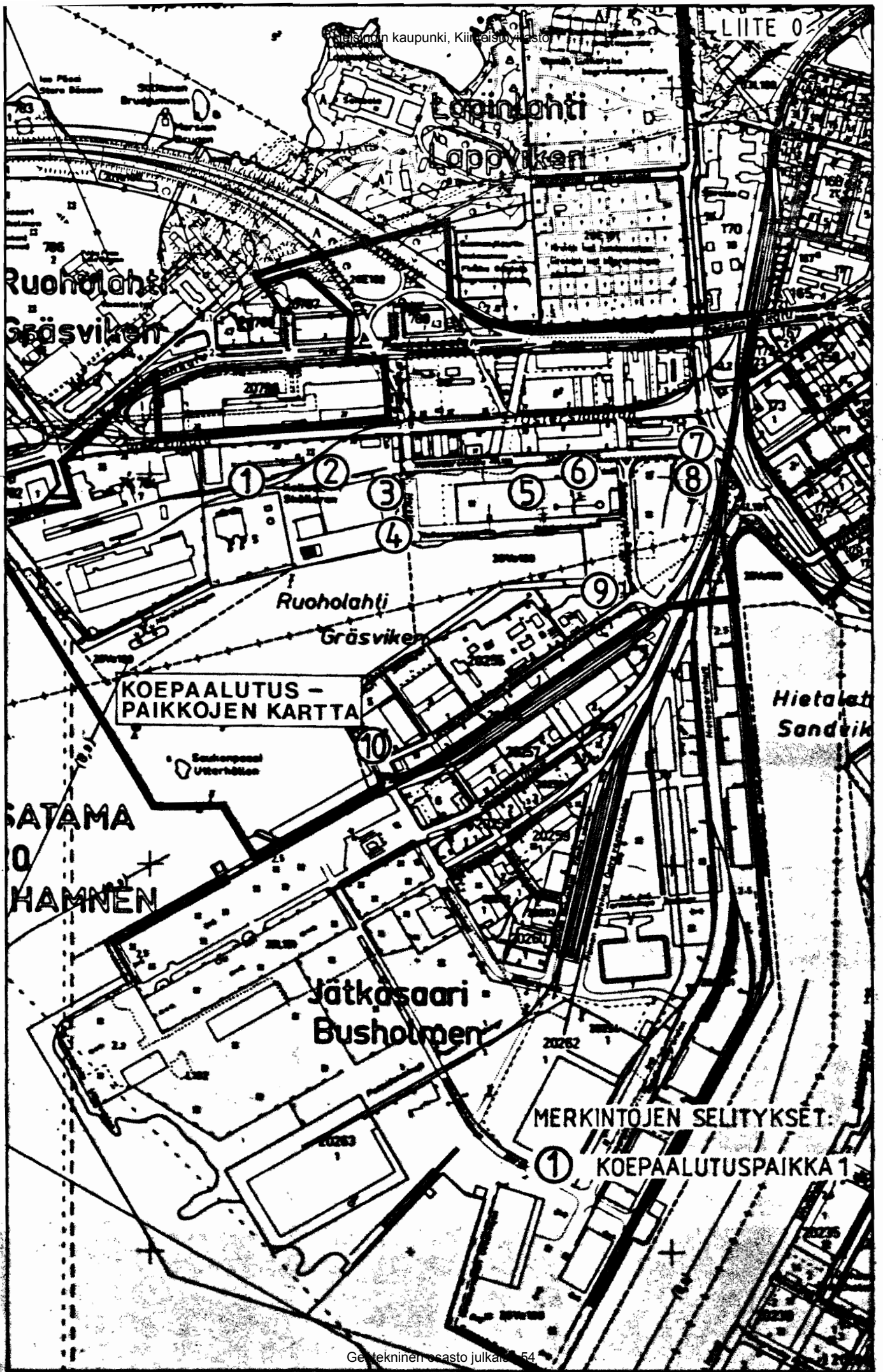
Koepaalutuskohteeseen 8 soveltuvat Franki-paalu, Vibrex-paalu ja teräsputkipaalu. Teräsputkipaalan pituus ei riittänyt tässä kohteessa, vaan anturit jouduttiin ottamaan pois ja lyöntiä jatkettiin apupaalun avulla. Tämän vuoksi on nopeus $\times$ impedanssikäyrässä havaittavissa iso vetopiikki noin 9 millisekunnin kohdalla ja kantavuus on niin pieni. Teräsbetonipaalu ei sovellu, koska SIT-mittauksen perusteella ei saada selvää kärkiheijastusta. Myös käyryysmittauksen perusteella on paalu käyristynyt alapäästään 90 cm matkalta, mistä johtuen kunnon kärkiheijastusta ei oletettavasti saatu.

Koepaalutuskohteeseen 9 soveltuvat kaikki koepaalutuksessa käytetyt paalutyypit. Teräsputkipaalu on PDA-mittausten perusteella kalliossa ja teräsbetonipaalan käyryysmittauksissa havaittiin paalun alapään käyristyneen 35 cm matkalta.

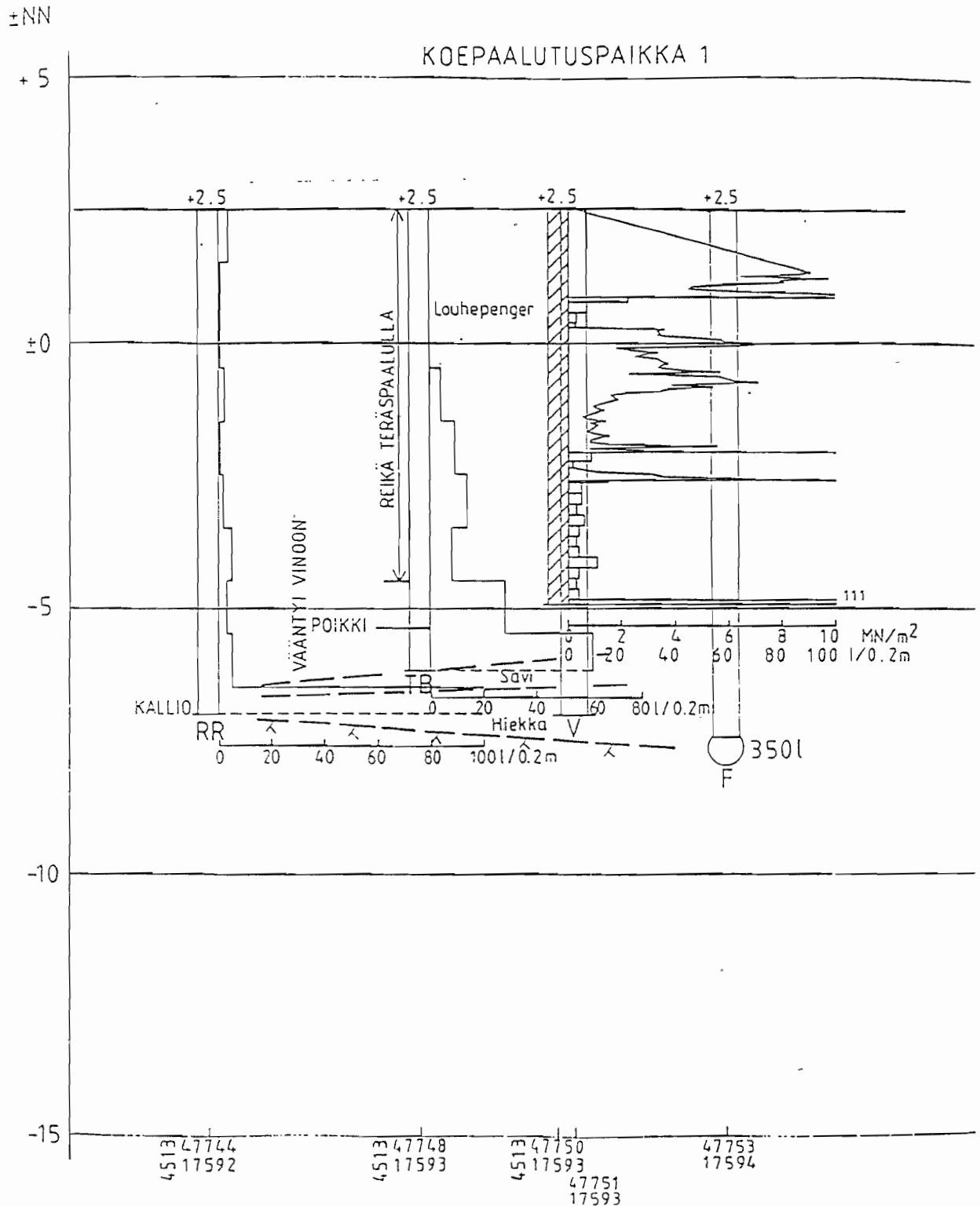
Koepaalutuskohteeseen 10 soveltuvat Franki-mixte-paalu ja teräsputkipaalu. Teräsputkipaalu on PDA-mittausten mukaan kalliossa. Teräsbetonipaalu ei sovellu, koska paalu on rikki sekä PDA- että SIT-mittausten kuten myös käyryysmittauksen perusteella. Vibrex-paalua ei tehty tässä koepaalutuskohteessa.

LIITTEET

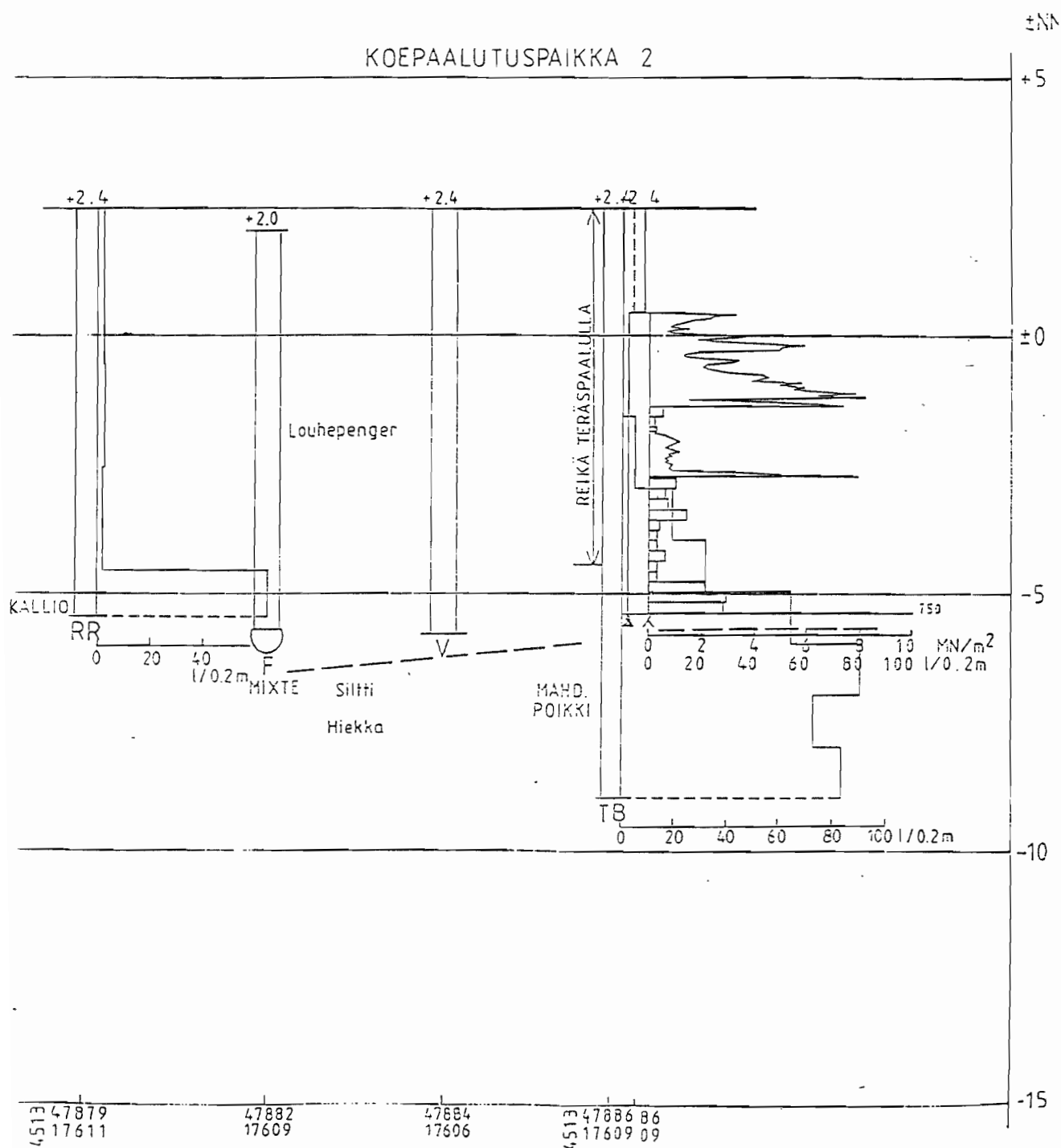
- Liite 0: Koepaalutuspaikkojen kartta
- Liitteet 1 - X: Mitatut paalut ja niiden tunkeutumistasot koepaalutuskohteittain
- Liite IX: Teräsbetonipaalujen käyryysmitaustulokset
- Liitteet 1, 2 ja 3: Dynaamisten koekuormitusten tulokset ja kuvaajat aina koepaalutuskohdetta kohti



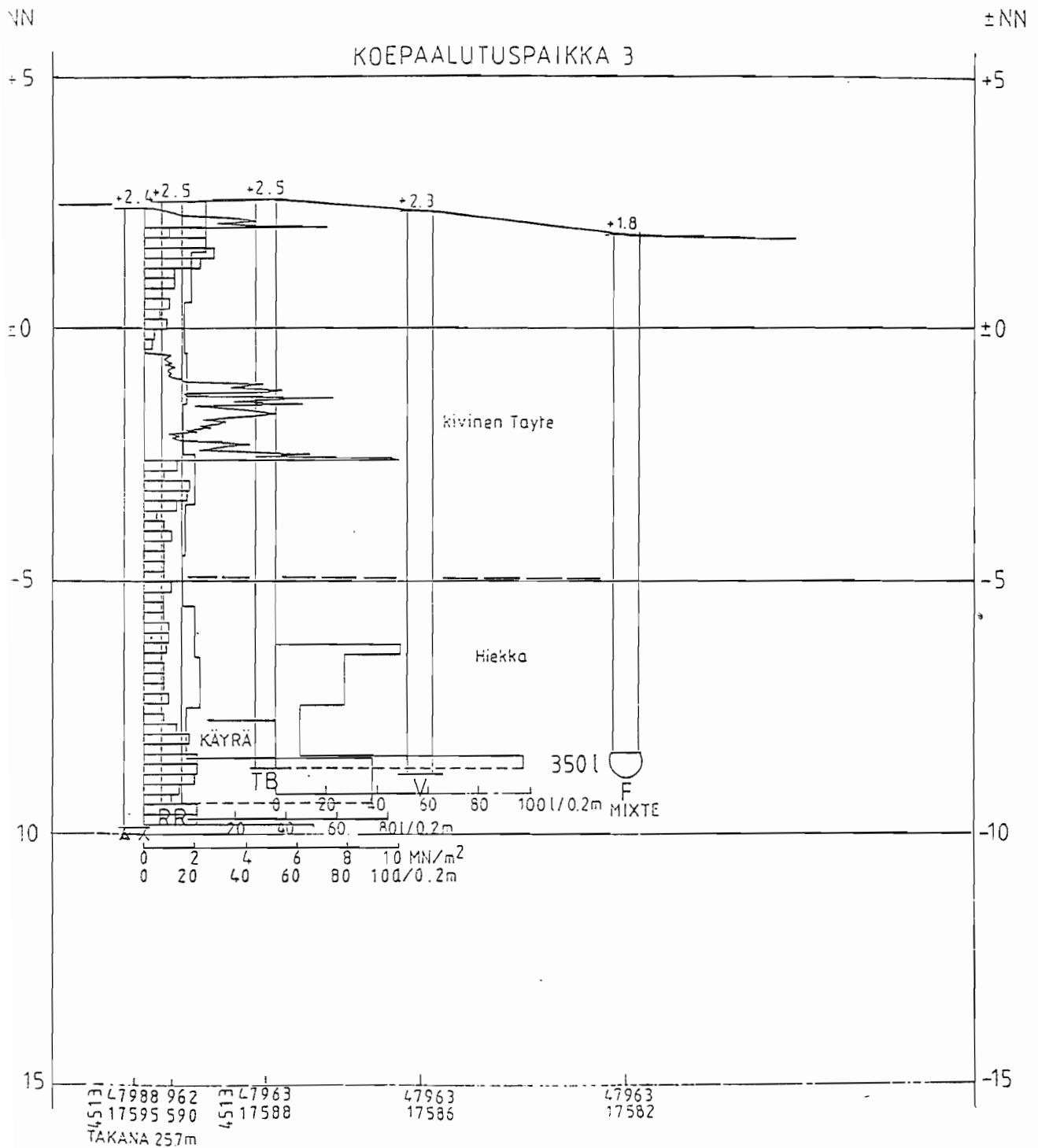
LEIKKAUS G-G



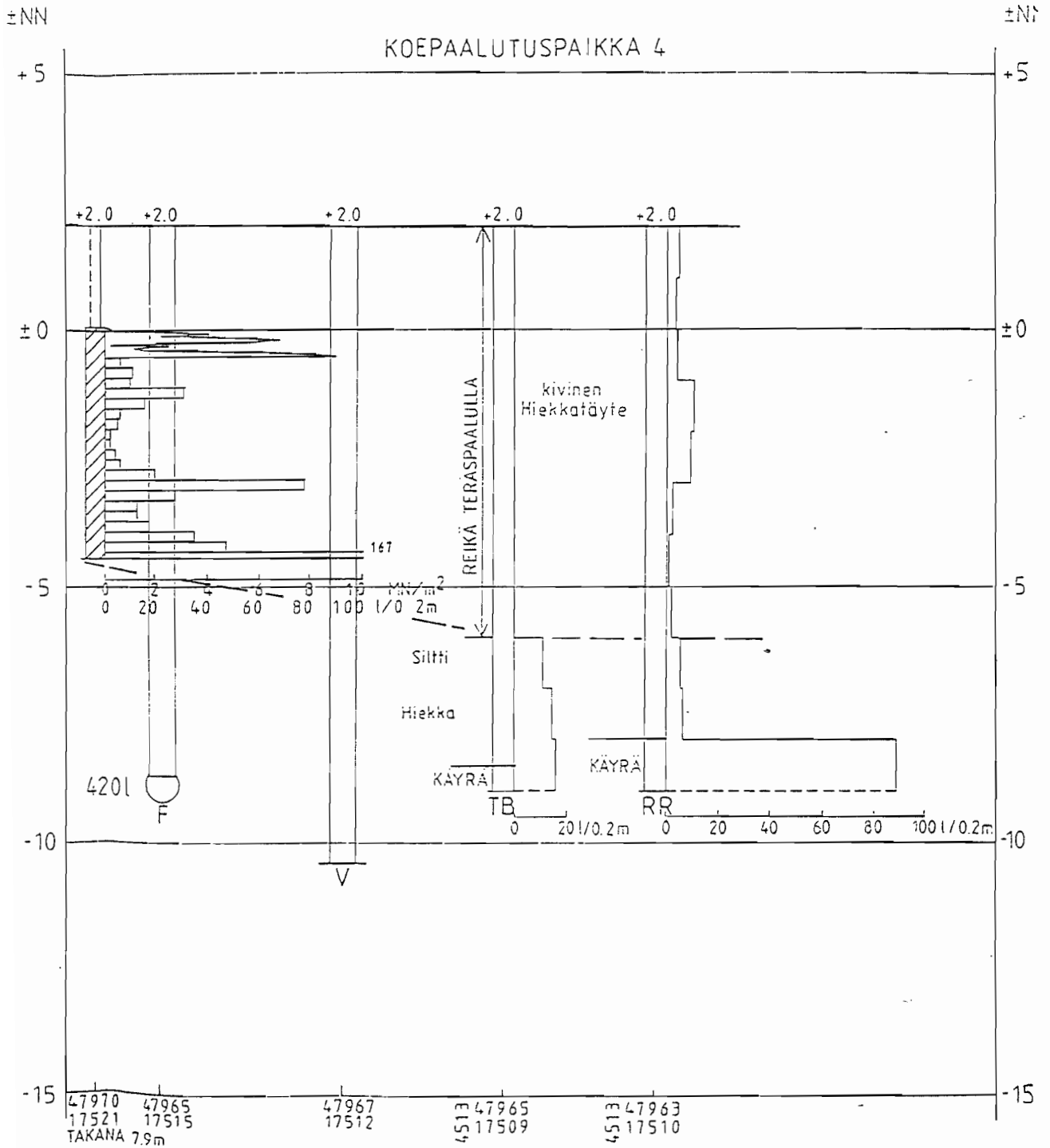
LEIKKAUS H-H



LEIKKAUS I-I



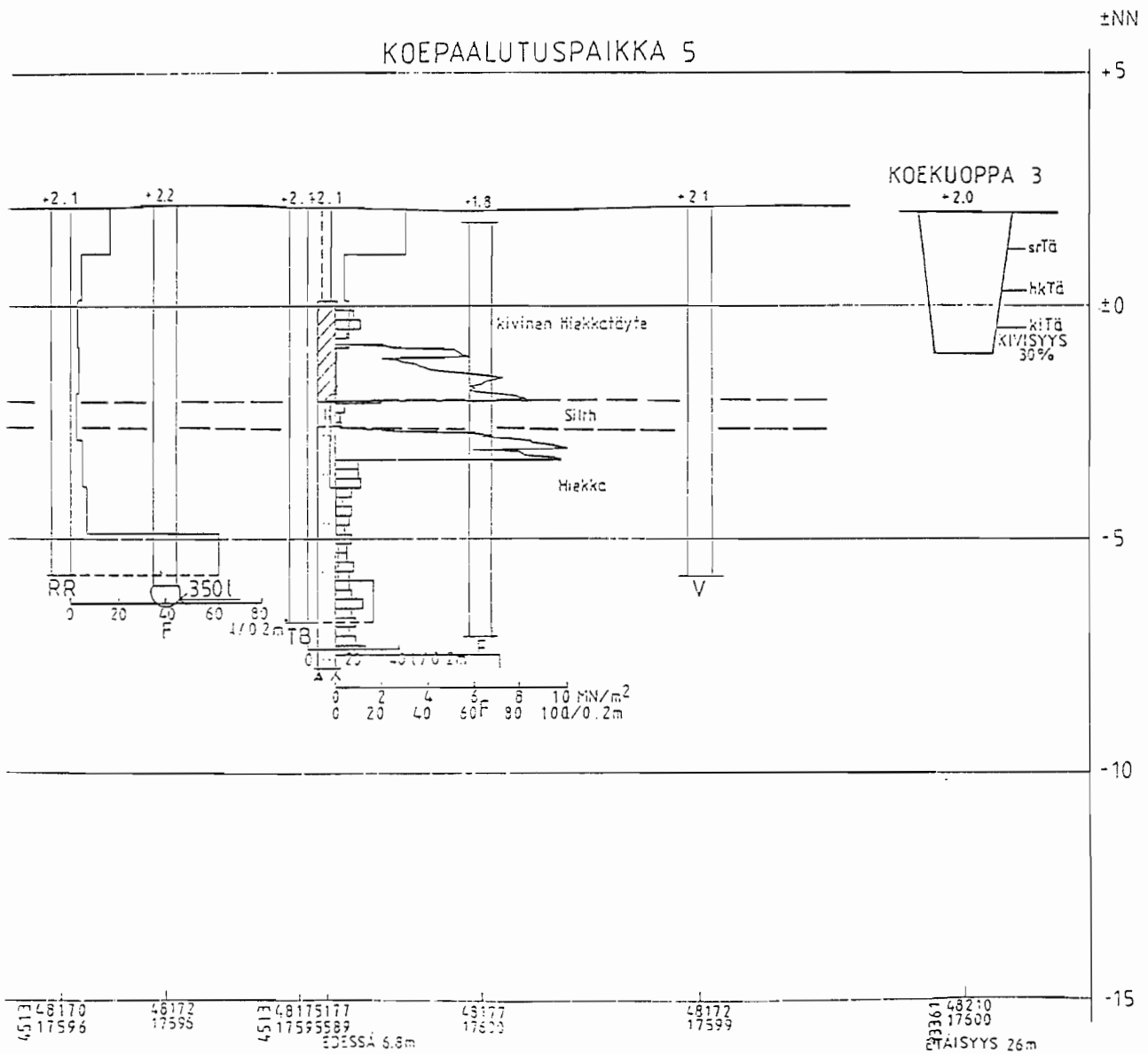
LEIKKAUS K-K



LIITE V

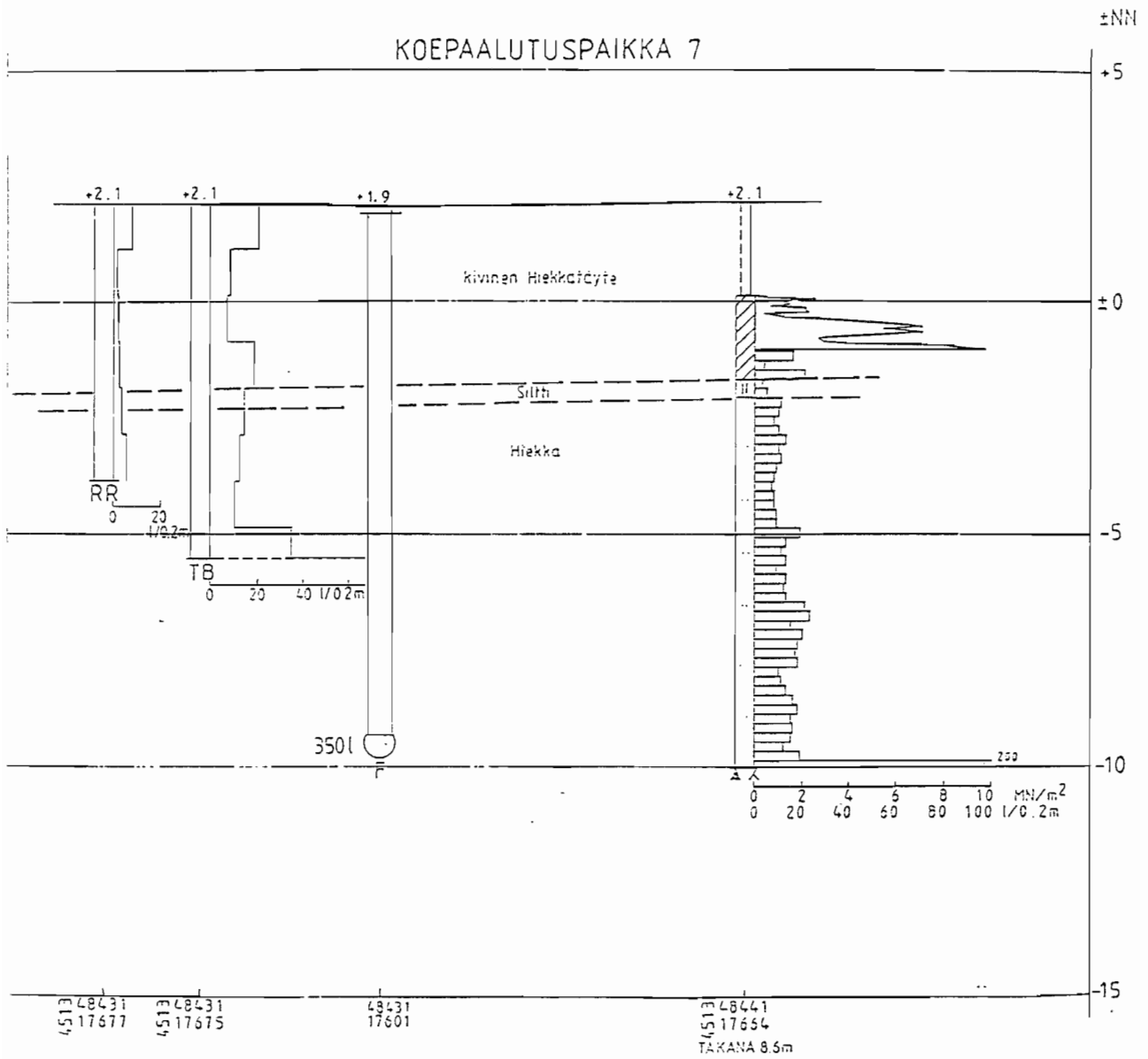
LEIKKAUS L-L

KOEPAALUTUSPAIKKA 5

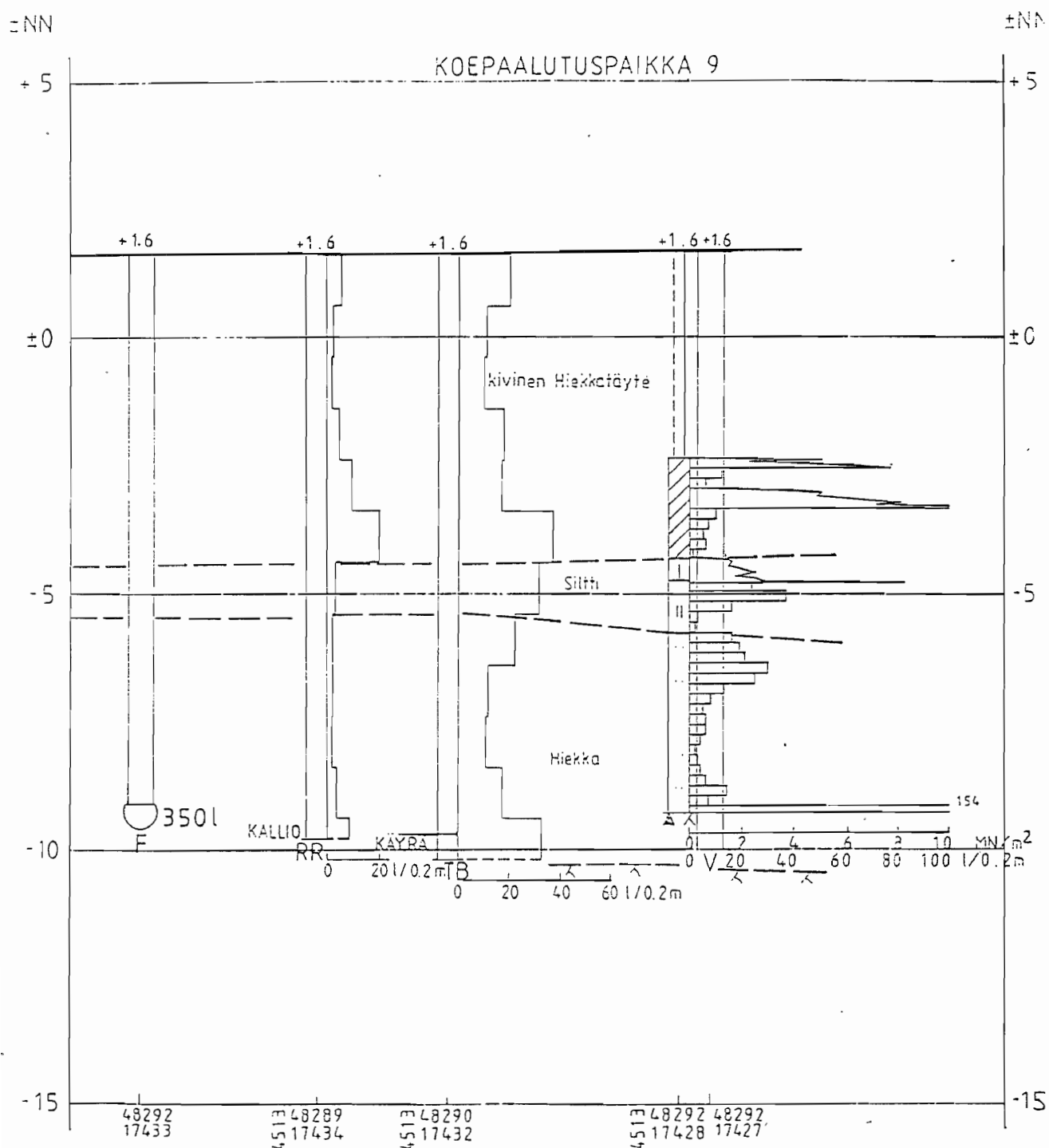


LIITE VII

LEIKKAUS N-N

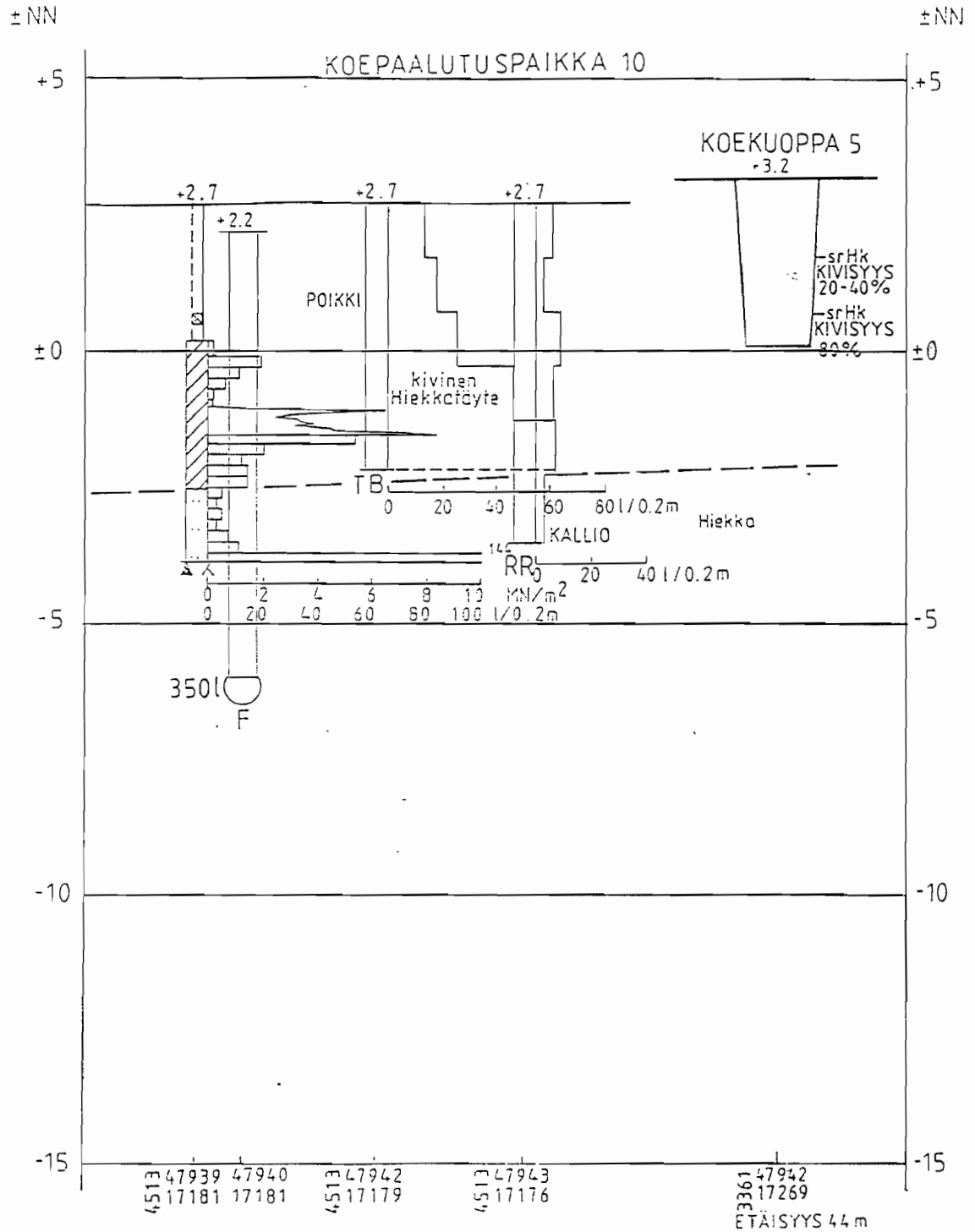


LEIKKAUS P-P



LIITE X

LEIKKAUS Q-Q



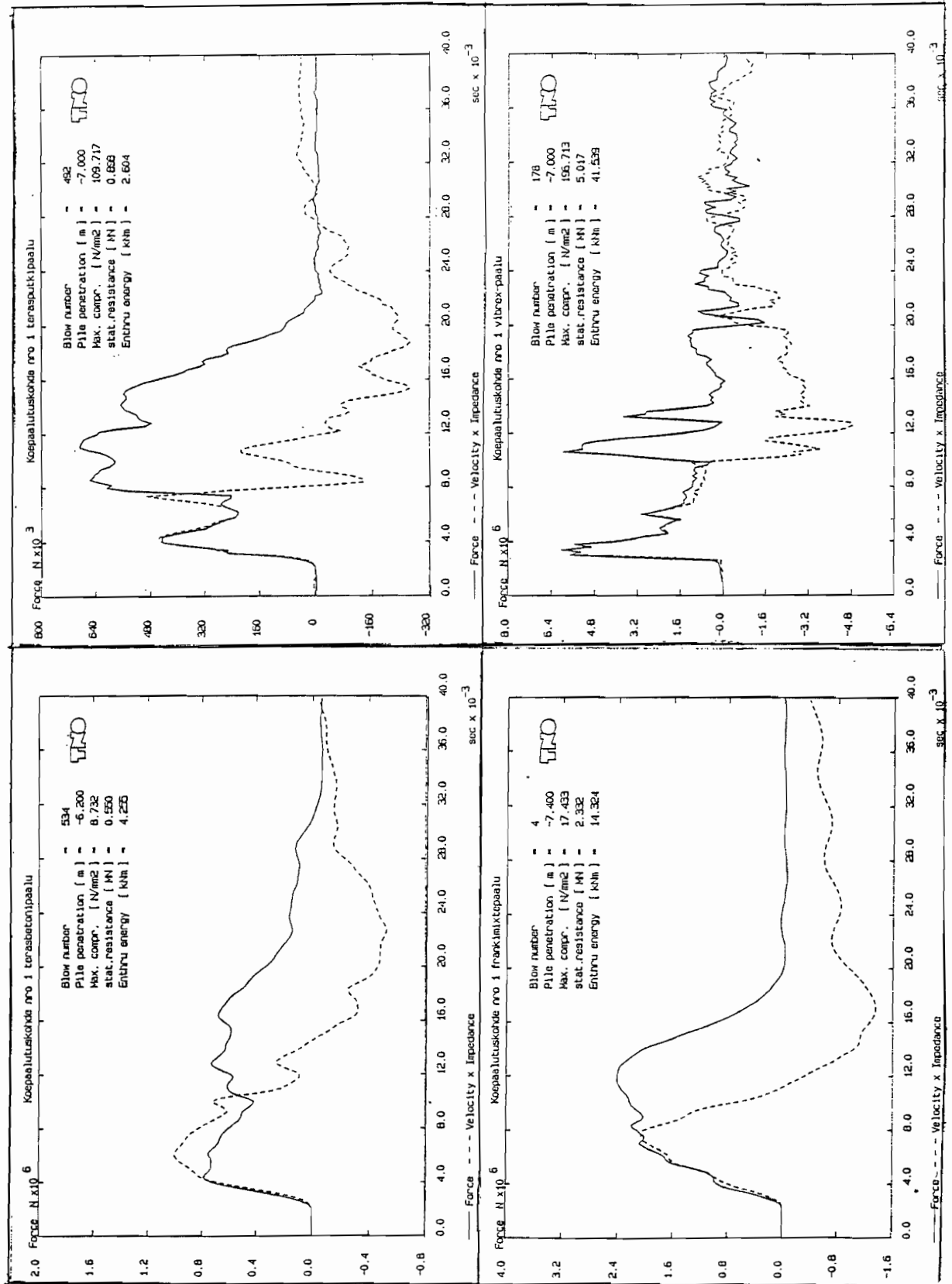
LIITE XI

Käyryysmittaustulokset / teräsbetonipaalut

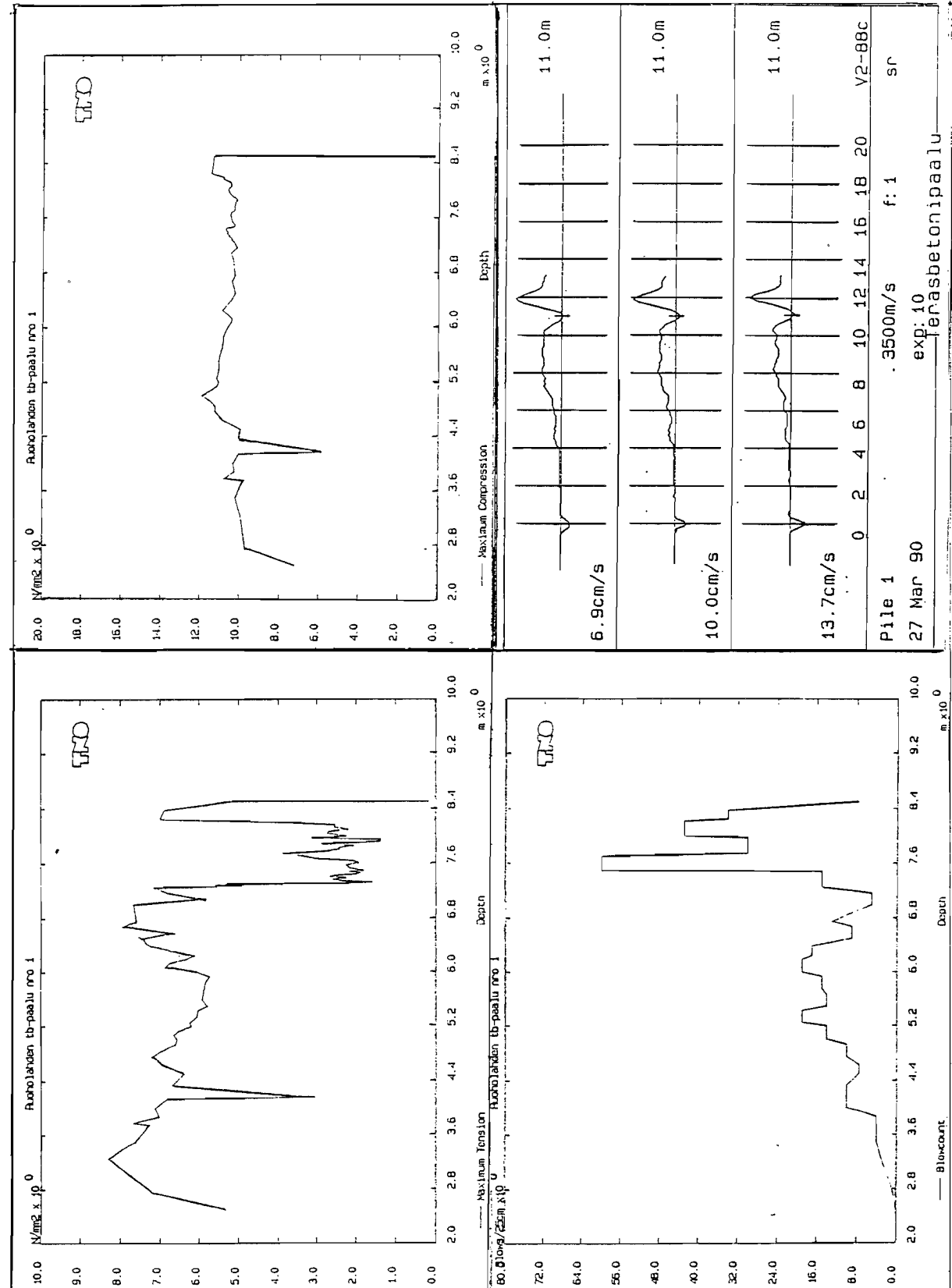
	Maanpinta	Tangon syvyys	Päätymistaso (N60)	Paalun alapää
Paalu 1	+2.50	7.9 m	-5.40 (kova vastassa)	-6.20
Paalu 2	+2.40	6.0 m	-3.60 (kiilautui)	-9.00
Paalu 3	+2.20	10.10 m	-7.87 (kova vastassa)	-8.77
Paalu 4	+1.87	10.45 m	-8.58 (kova vastassa)	-9.10
Paalu 5	+1.78	8.47 m	-6.69 (kova vastassa)	-6.80
Paalu 6	Paalun yläpää vääntynyt, tangot eivät menneet läpi			
Paalu 7	Ei päästy tekemään			
Paalu 8	+1.77	13.70 m	-11.93 (kova vastassa)	-12.85
Paalu 9	+1.39	11.20 m	-9.81 (kova vastassa)	-10.15
Paalu 10	+2.66	2.74 m	-0.08	-2.20

Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

	Franki-mixte	Vibrex	Teräsbetoni	Teräsputki
	9.20 m	9.50 m	11.00 m	11.00 m
F(t=0), [MN]	2.0	5.7	0.8	0.5
v(t=0), [m/s]	1.7	4.5	1.0	1.7
E(max), [kNm]	14.3	41.5	4.3	2.6
Taso , [m]	-7.40	-7.00	-6.20	-7.06
R(max), [MN]	2.3	5.0	0.6	0.90
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	11.0	11.0	6.0	6.0
Loppulyönnit:				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	22,20,14		5,5,4,4,3	1,1,0,0,0
pysyvä painuma mm / 30 s		30,20,10		
jousto [mm]	10.0	10.0	6.0	6.0



LIITE 3

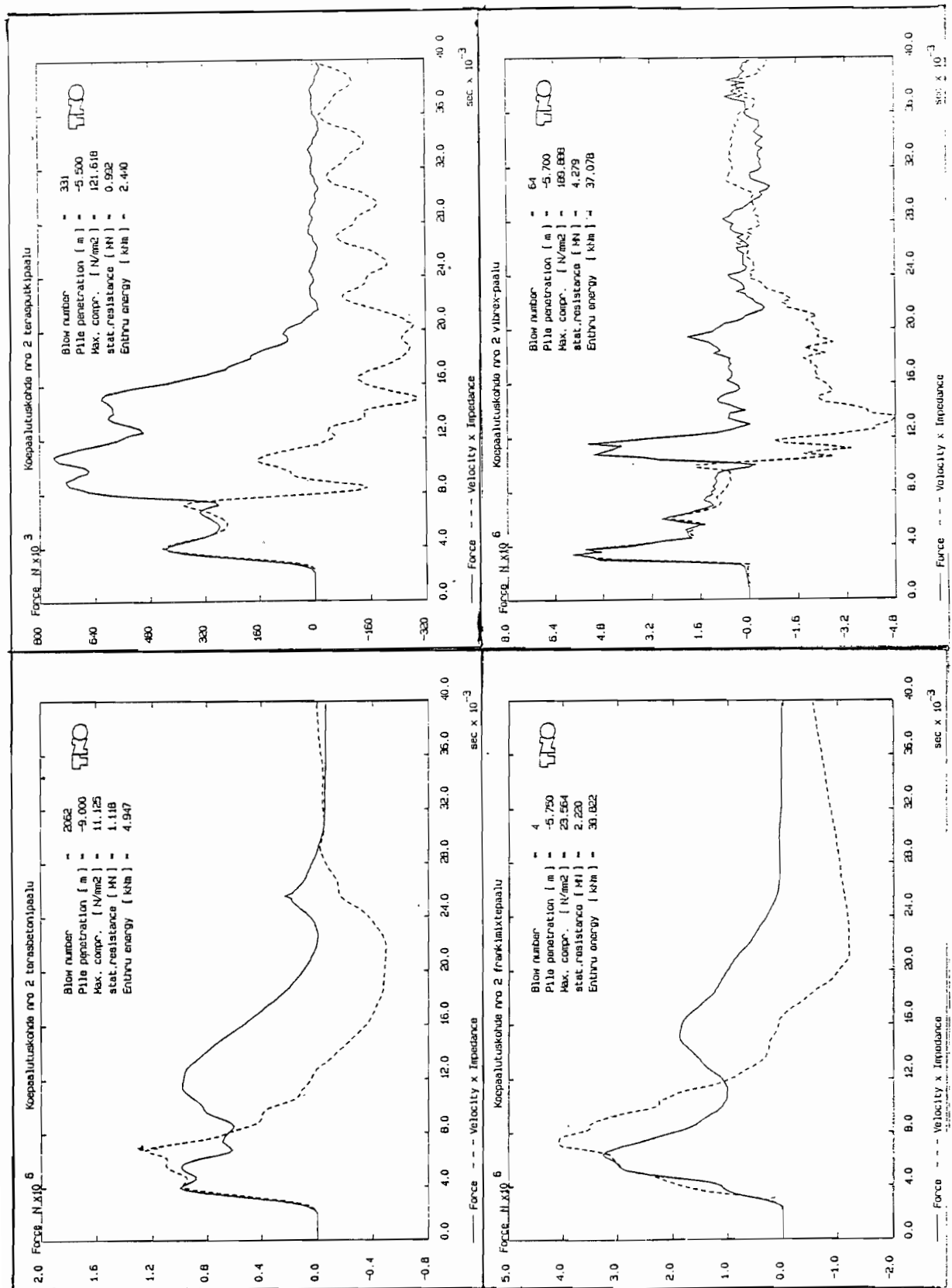


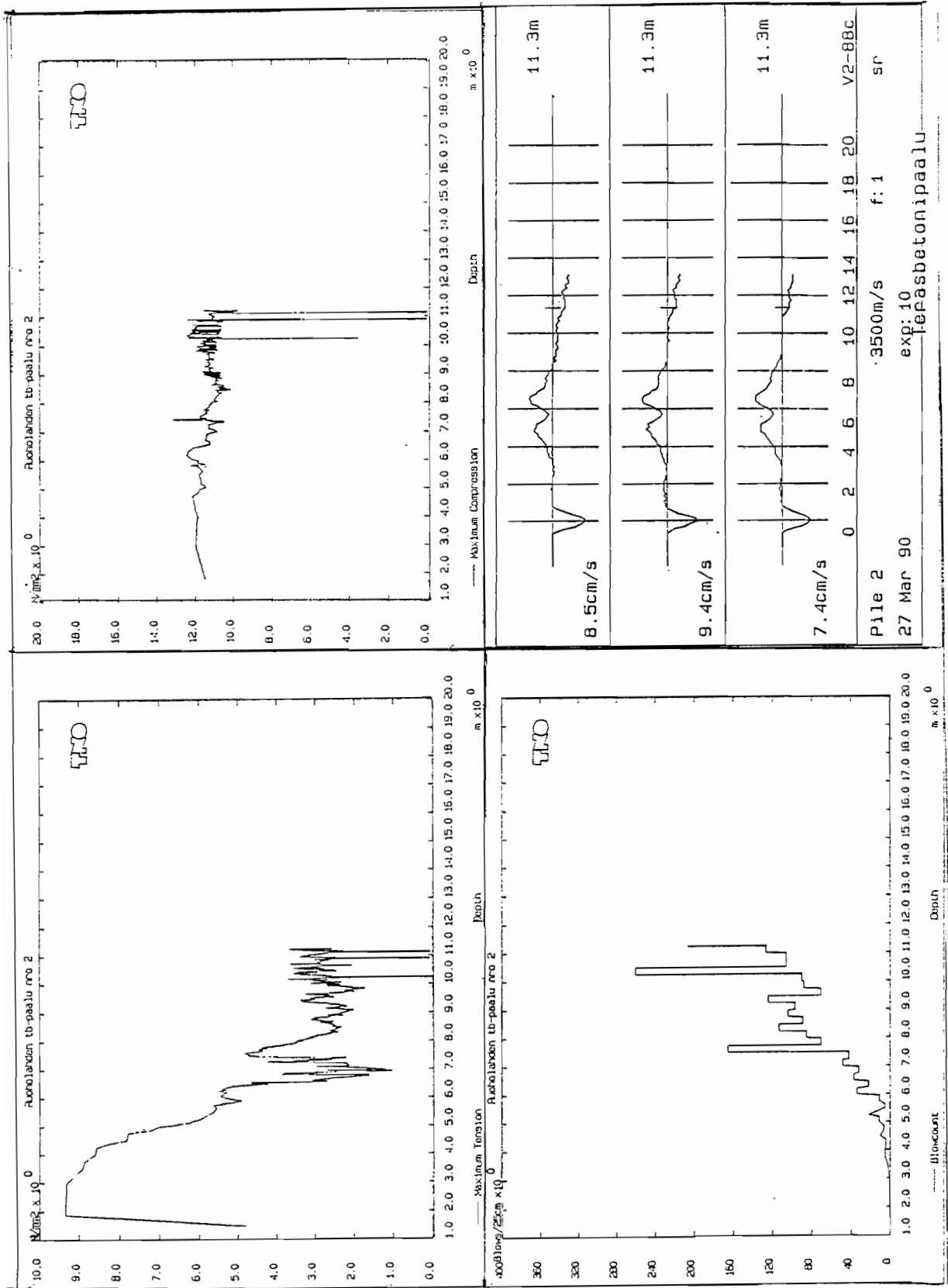
KOEPAALUTUSKOHDE NUMERO 2

LIITE 1

Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

	Franki-mixte ----- 7.70 m	Vibrex ----- 8.10 m	Teräsbetoni ----- 11.00 m	Teräsputki ----- 11.00 m
F(t=0), [MN]	3.0	5.6	0.8	0.5
v(t=0), [m/s]	3.2	4.2	1.2	1.7
E(max), [kNm]	39.0	37.0	4.9	2.4
Taso , [m]	-5.75	-5.70	-9.00	-5.50
R(max), [MN]	2.2	4.3	1.1	1.0
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	16.0	11.0	6.0	6.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	16,14,0		7,5,5,4,3	2,2,1,1,0
pysyvä painuma mm / 30 s		30,20,10		
jousto [mm]	16.0	10.0	6.0	6.0



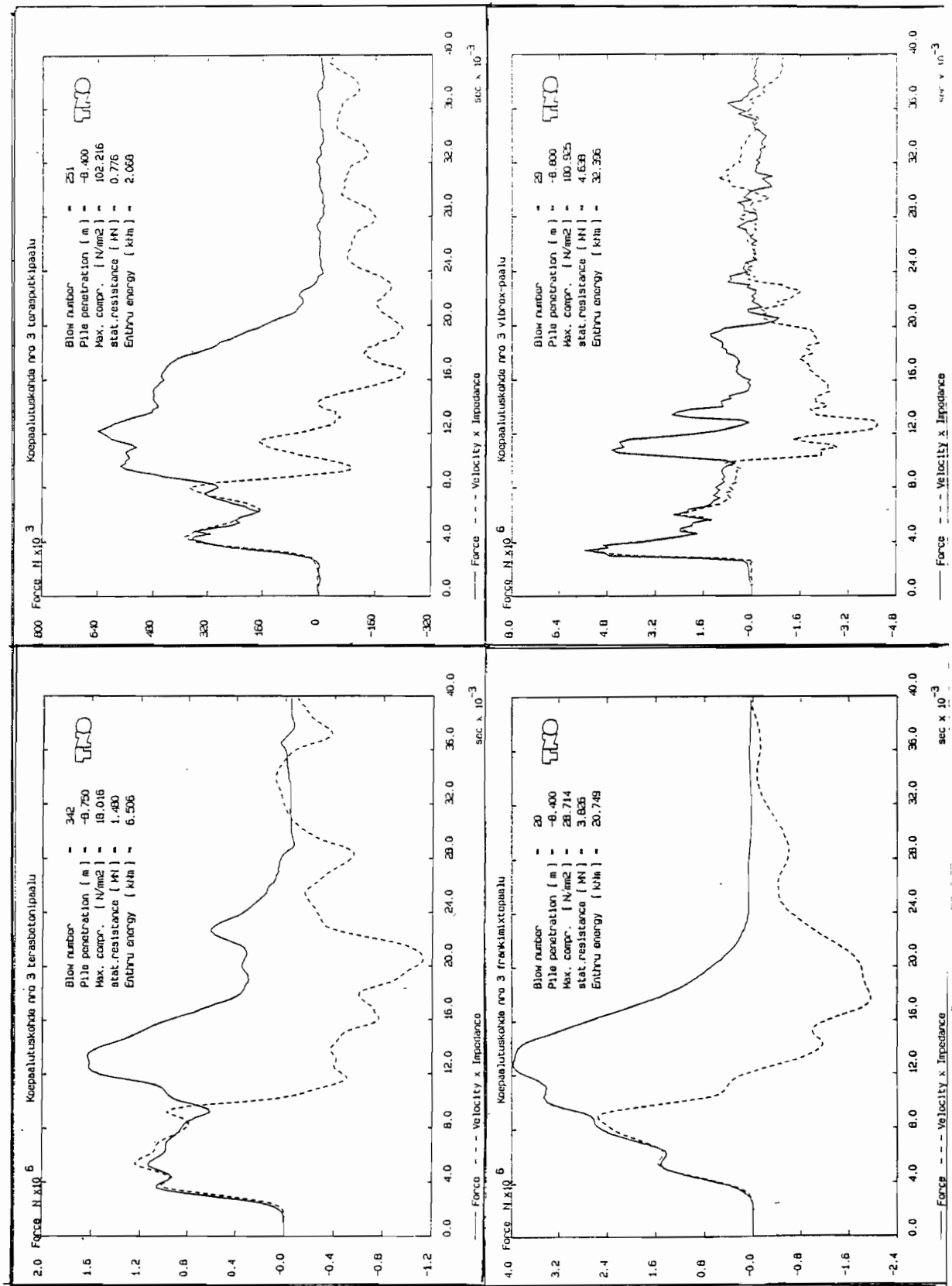


KOEPAALUTUSKOHDE NUMERO 3

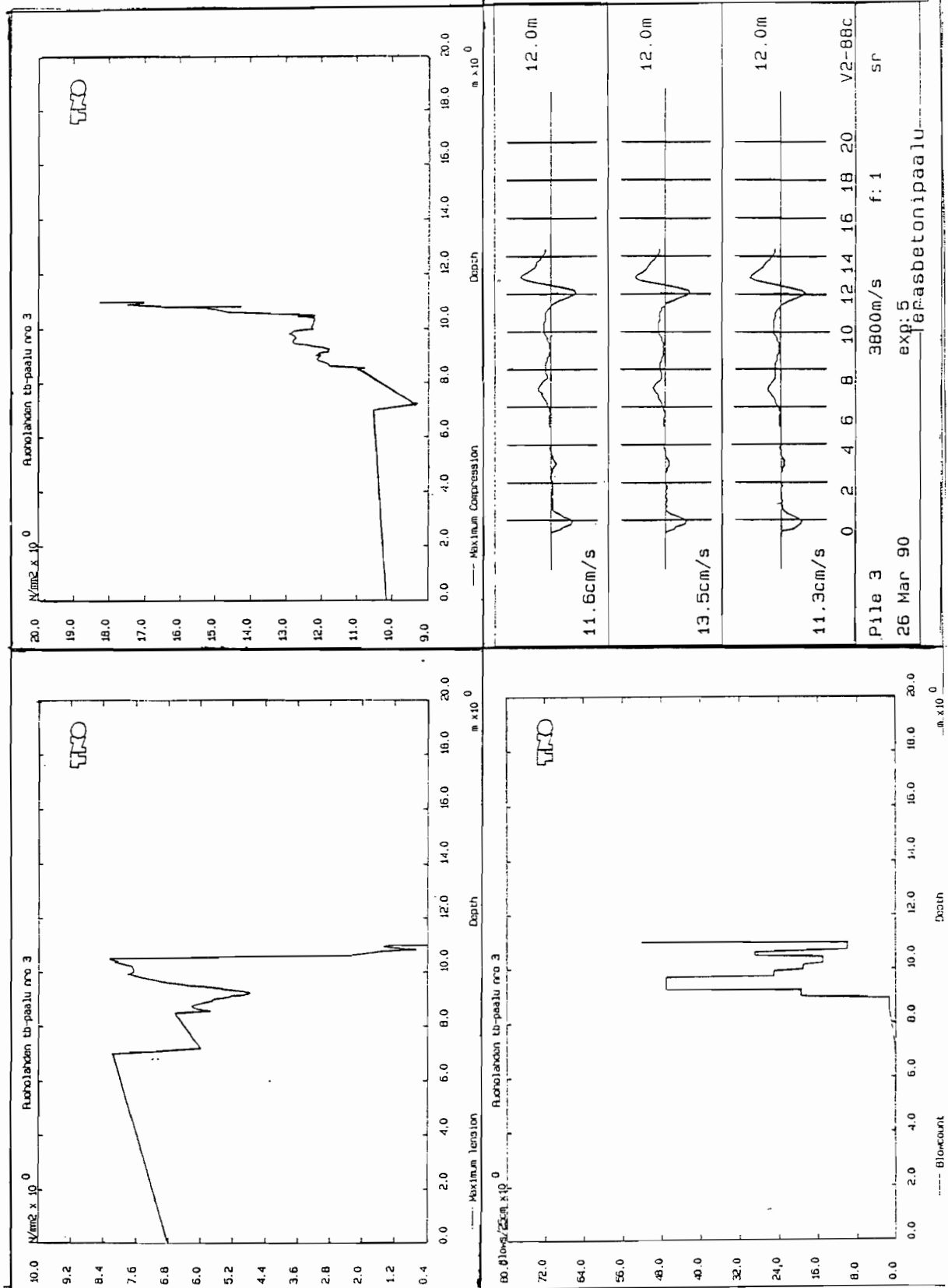
LIITE 1

Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

	Franki-mixte ----- 10.20 m	Vibrex ----- 11.10 m	Teräsbetoni ----- 12.00 m	Teräsputki ----- 12.00 m
F(t=0), [MN]	2.4	5.0	1.0	0.4
v(t=0), [m/s]	2.0	4.2	1.4	1.5
E(max), [kNm]	20.0	32.0	6.5	2.1
Taso , [m]	-8.40	-8.80	-8.75	-8.40
R(max), [MN]	3.8	4.6	1.4	0.8
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	9.0	10.0	6.0	6.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	30,25,14		5,4,4,3,2	1,1,1,1,1,0
pysyvä painuma mm / 30 s		30,20,10		
jousto [mm]	8.0	9.0	6.0	6.0



LIITE 3

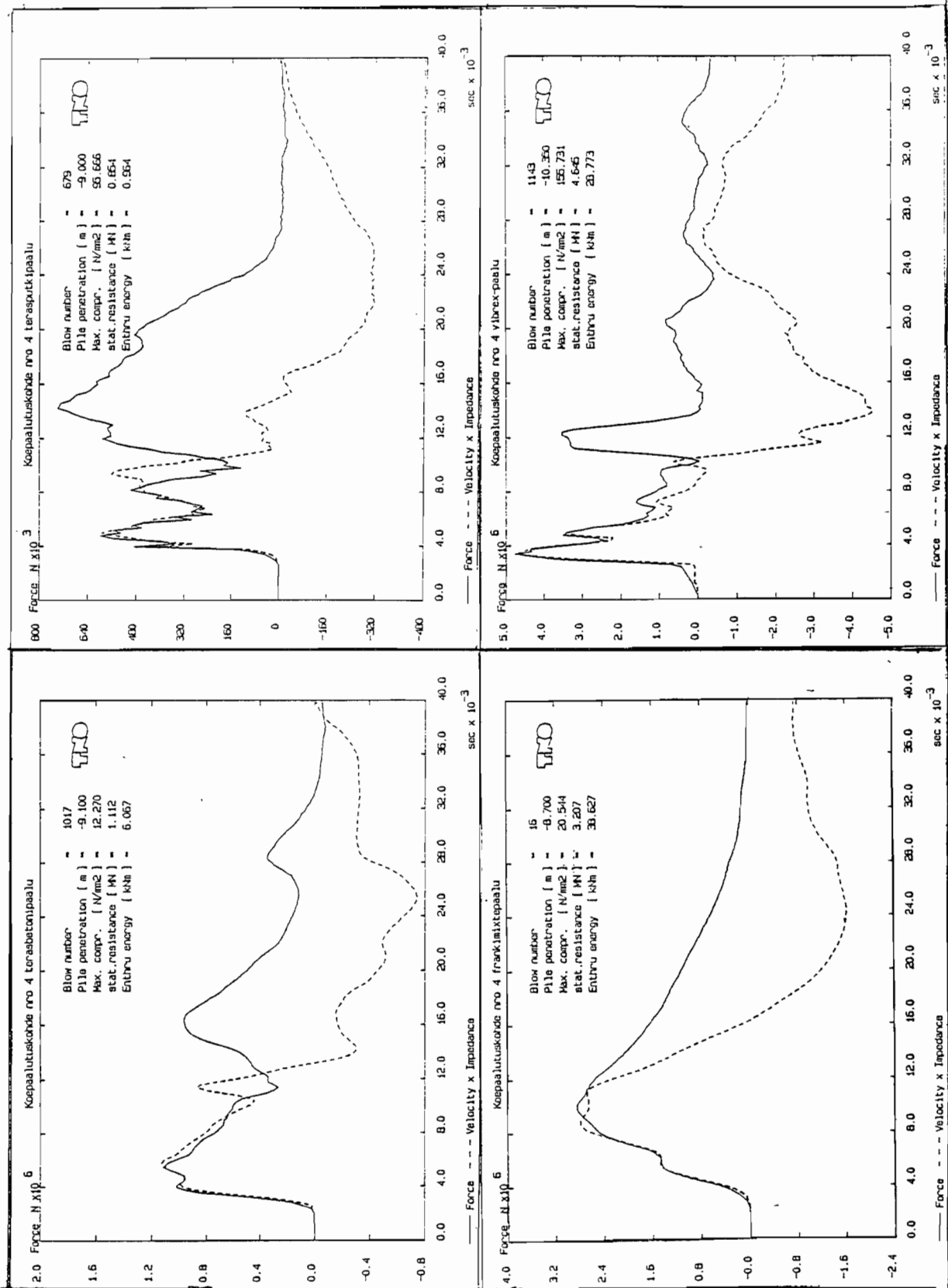


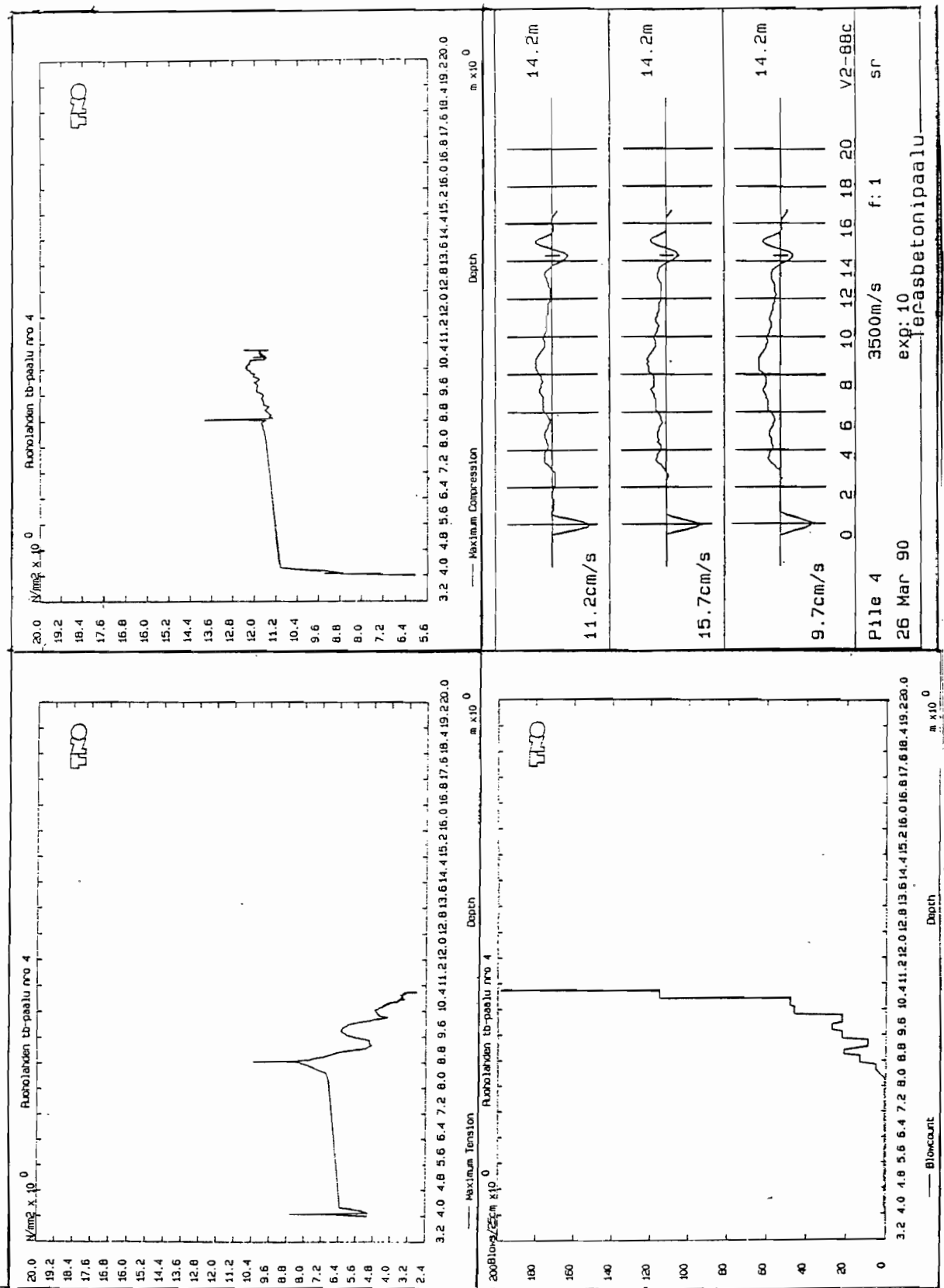
KOEPAALUTUSKOHDE NUMERO 4

LIITE 1

Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

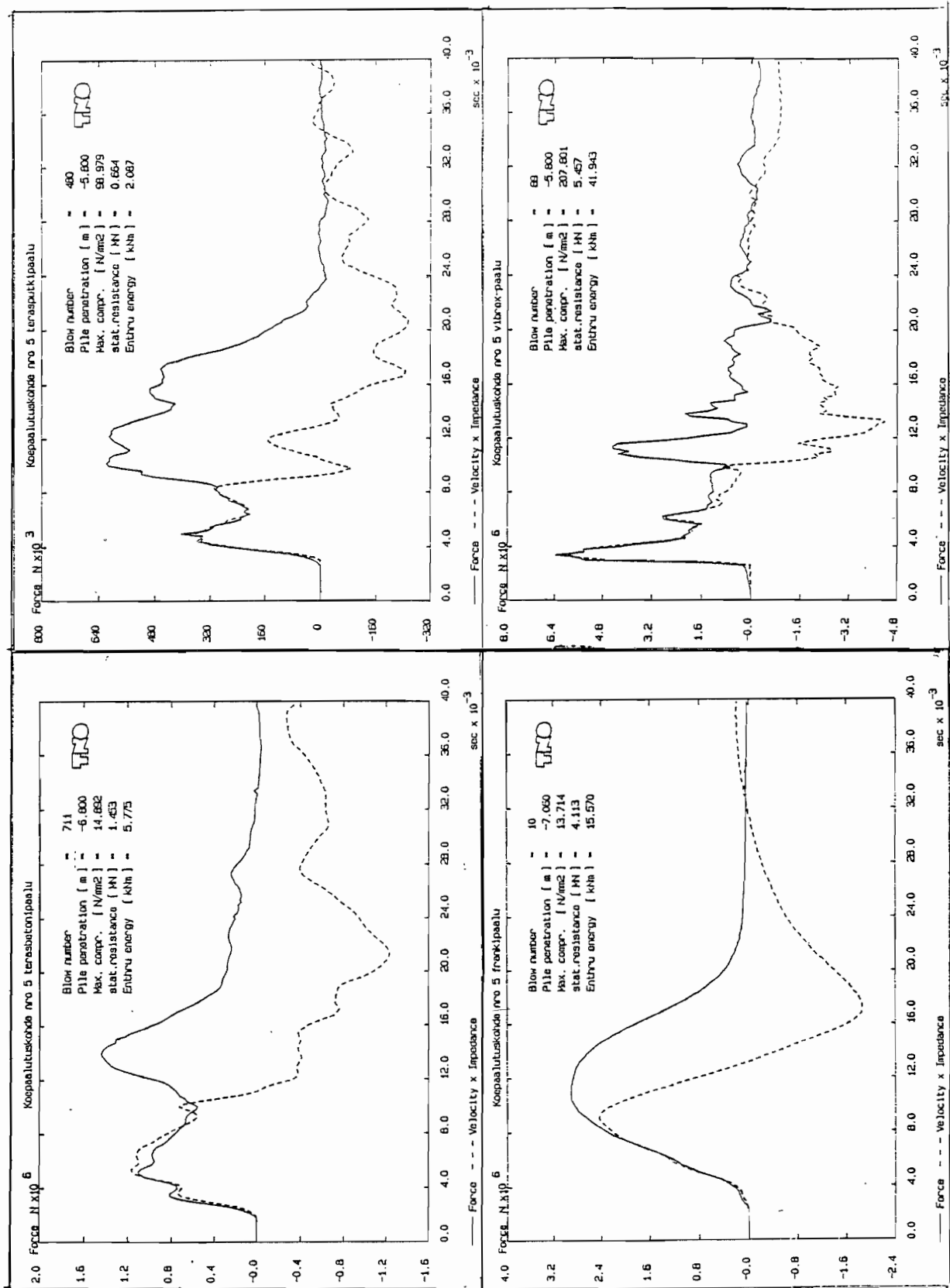
	Franki-mixte ----- 10.50 m	Vibrex ----- 12.35 m	Teräsbetoni ----- 14.00 m	Teräsputki ----- 14.00 m
F(t=0), [MN]	2.6	4.5	0.9	0.6
v(t=0), [m/s]	2.3	3.8	1.2	2.2
E(max), [kNm]	39.0	28.0	6.1	1.0
Taso , [m]	-8.70	-10.35	-9.10	-9.00
R(max), [MN]	3.2	4.6	1.1	0.9
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	16.0	8.0	8.0	12.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	27,18,10		11,7,5,3,3	1,1,1,1,1
pysyvä painuma mm / 30 s		30,20,10		
jousto [mm]	15.0	7.0	8.0	12.0

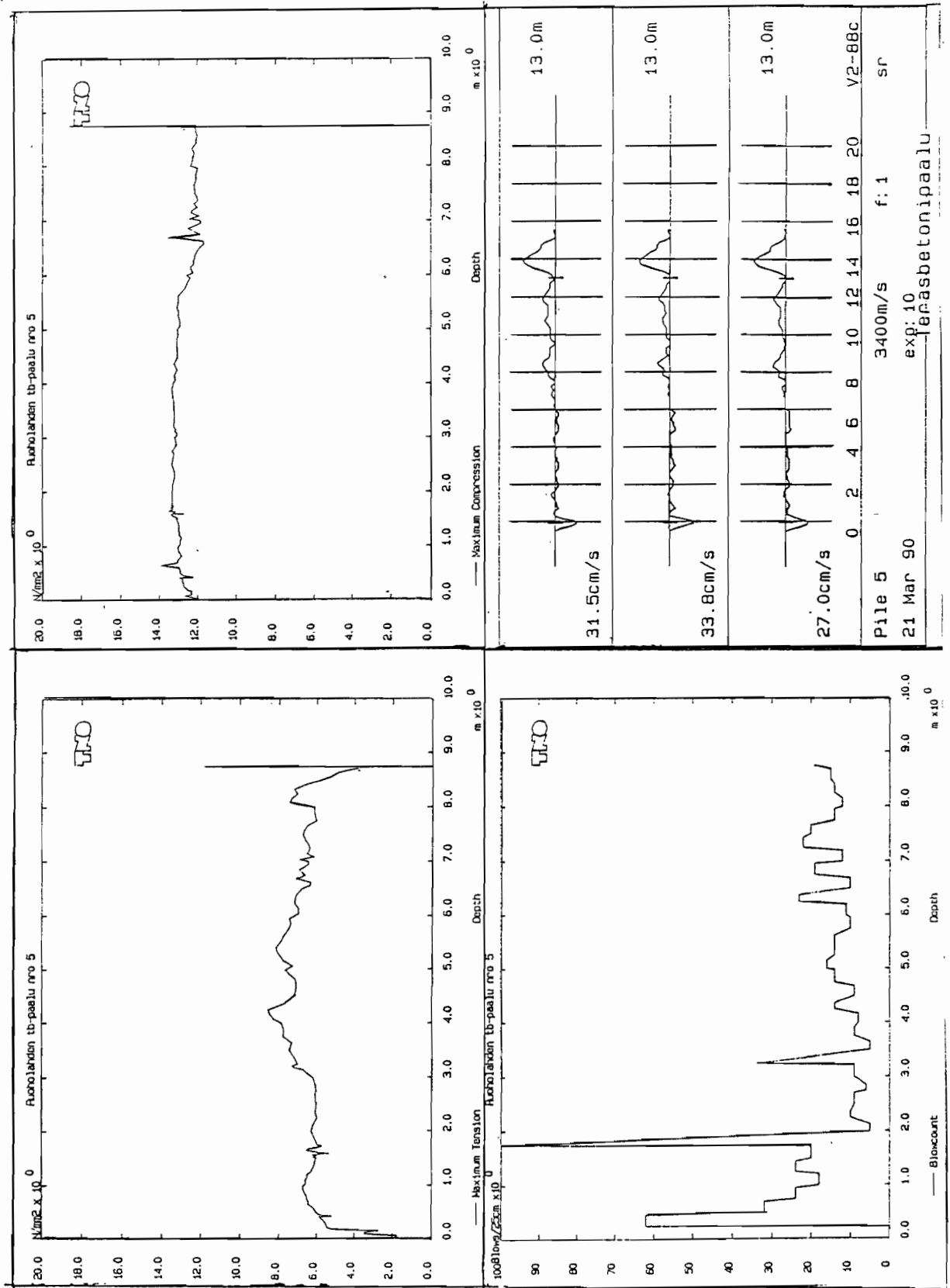




Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

	Franki	Vibrex	Teräsbetoni	Teräsputki
	8.86 m	7.90 m	13.00 m	13.00 m
F(t=0), [MN]	3.0	6.2	1.1	0.4
v(t=0), [m/s]	1.2	4.8	1.4	1.5
E(max), [kNm]	16.0	42.0	5.8	2.0
Taso , [m]	-7.06	-5.80	-6.80	-5.80
R(max), [MN]	4.1	5.5	1.5	0.7
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	7.0	10.0	6.0	7.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	16,14,8		13,11,8,5	2,1,1,1,1
pysyvä painuma mm / 30 s		30,20,20		
jousto [mm]	6.0	9.0	5.0	7.0



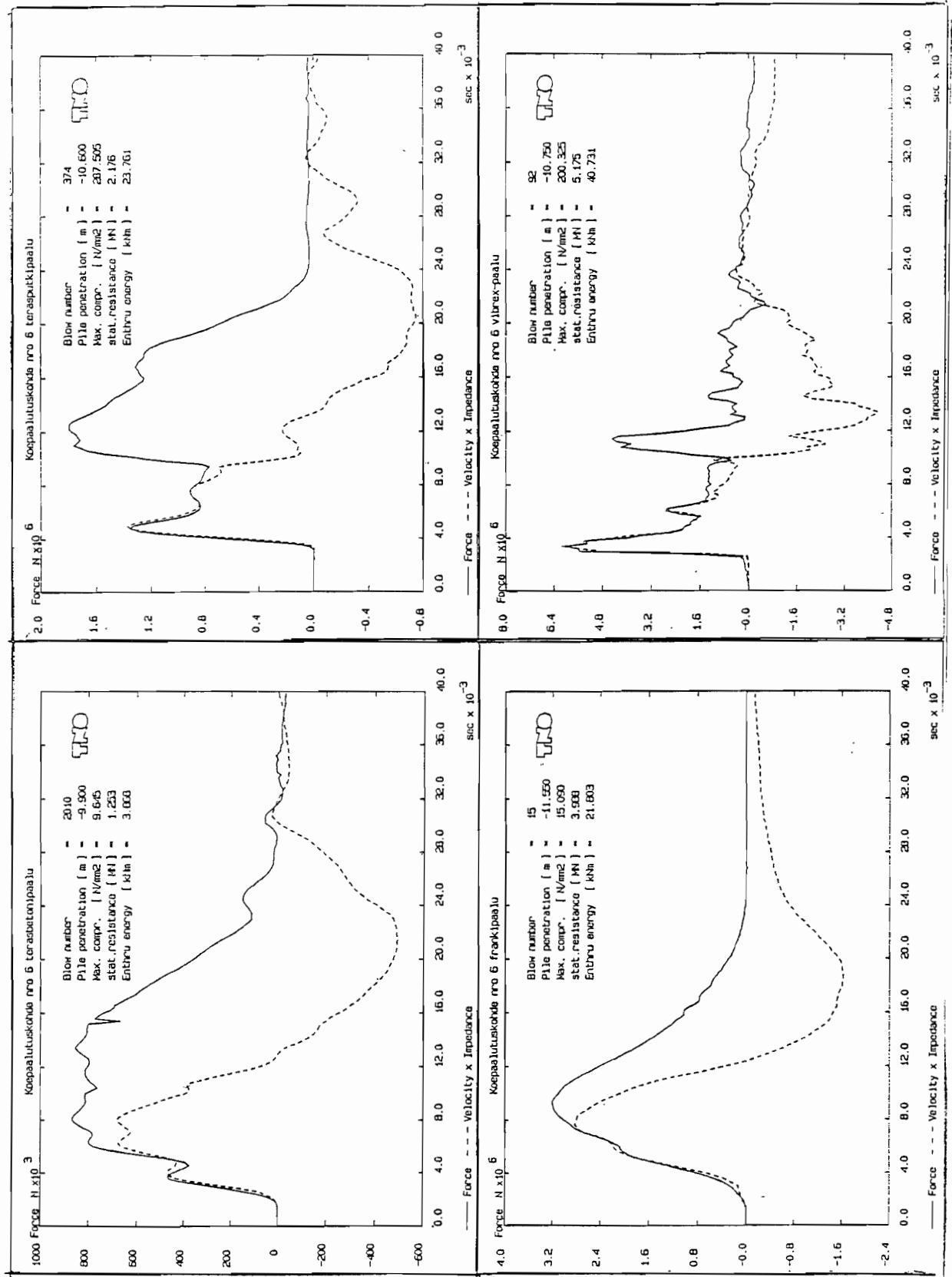


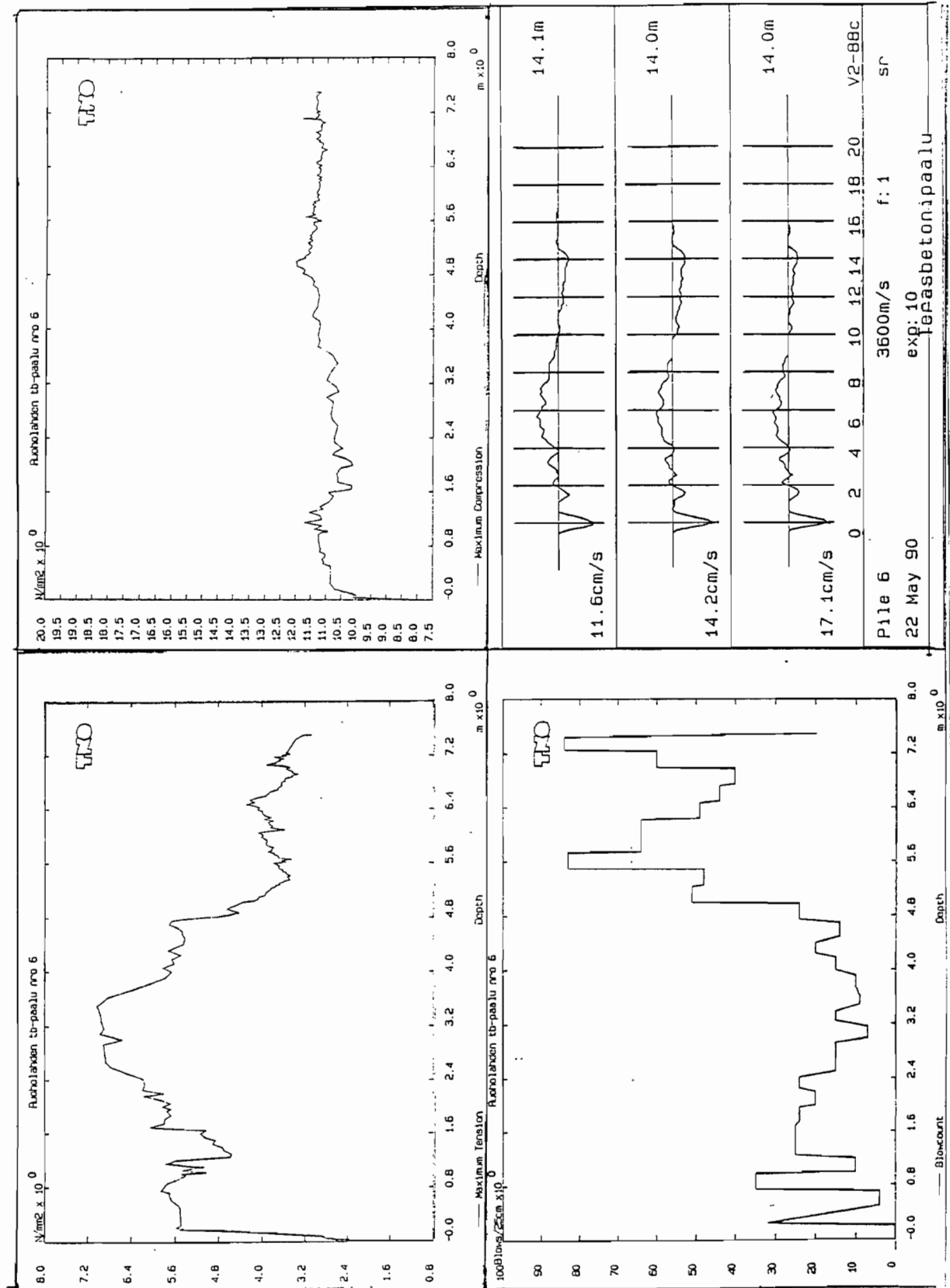
KOEPAALUTUSKOHDE NUMERO 6

LIITE 1

Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

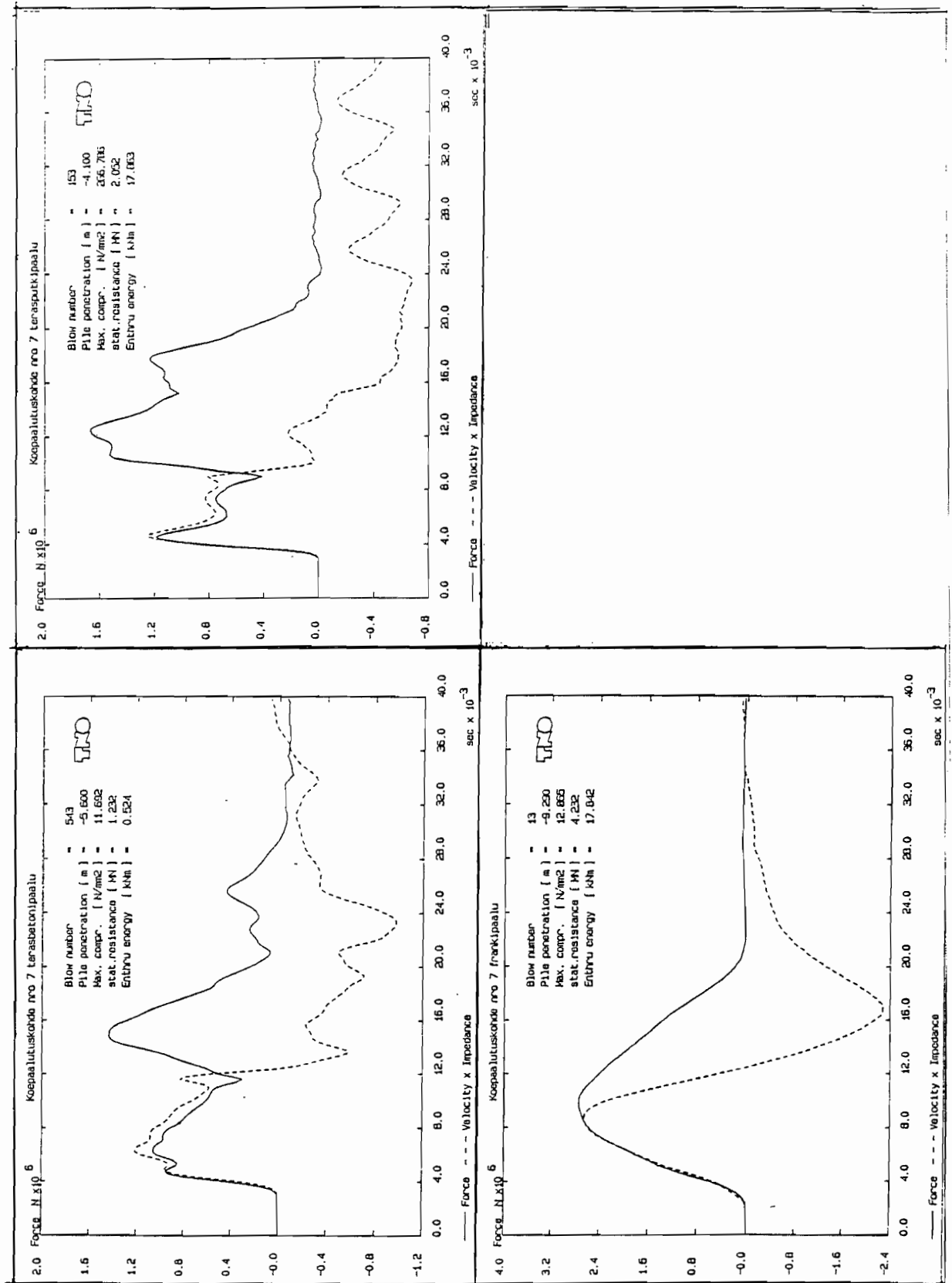
	Franki ----- 13.55 m	Vibrex ----- 12.65 m	Teräsbetoni ----- 14.00 m	Teräsputki ----- 15.00 m
F(t=0), [MN]	3.2	6.2	0.8	1.4
v(t=0), [m/s]	2.4	4.5	0.8	5.0
E(max), [kNm]	22.0	41.0	4.0	24.0
Taso , [m]	-11.55	-10.75	-9.90	-10.60
R(max), [MN]	4.0	5.1	1.3	2.2
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	8.0	11.0	5.0	20.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	27,20,4		13,7,5,5	1,0,0,0
pysyvä painuma mm / 30 s		40,30,20		
jousto [mm]	8.0	10.0	4.0	20.0

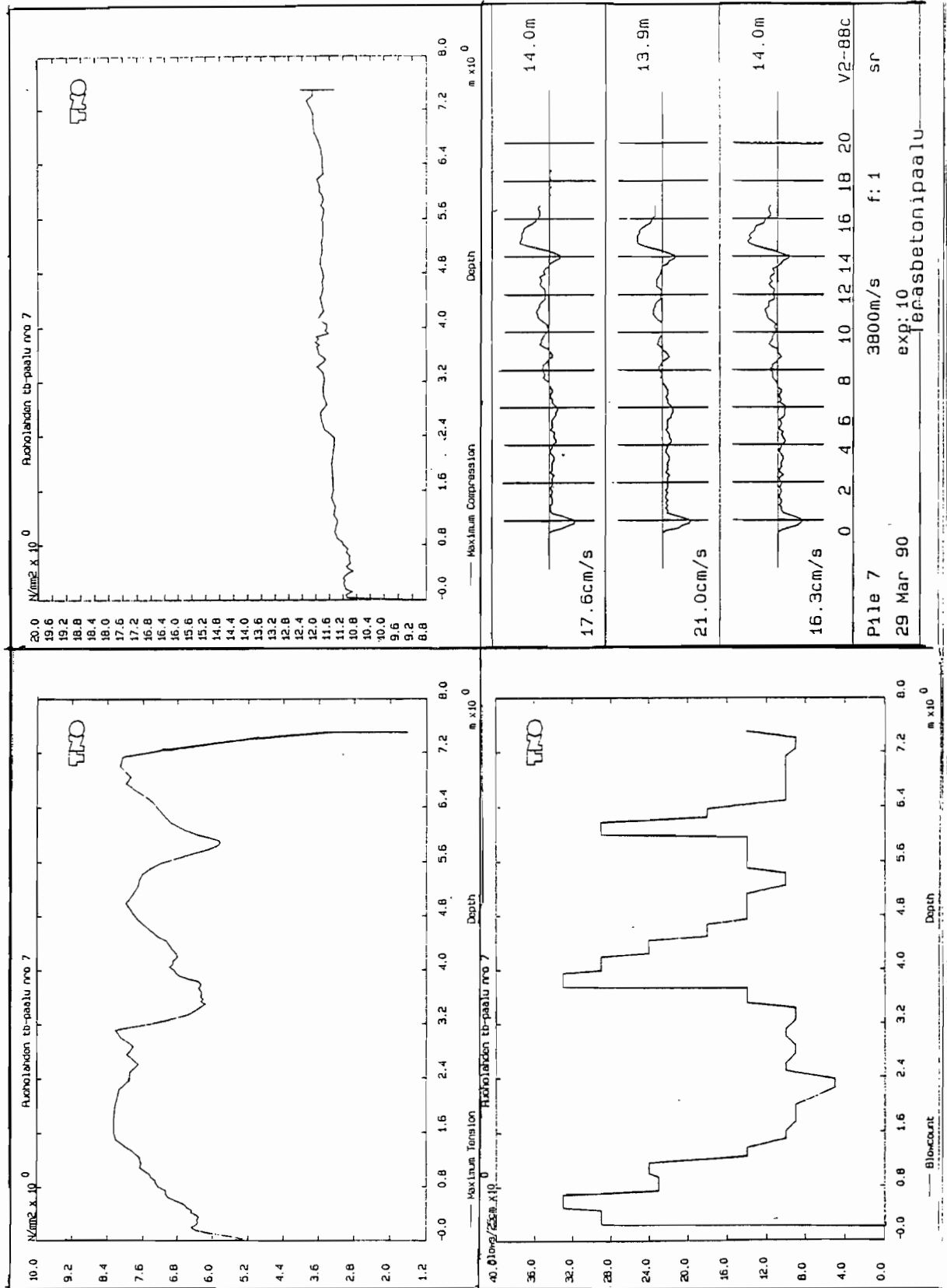




Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

	Franki ----- 11.19 m	Vibrex -----	Teräsbetoni ----- 14.00 m	Teräsputki ----- 14.00 m
F(t=0), [MN]	2.5		0.9	1.2
v(t=0), [m/s]	1.4		1.2	4.5
E(max), [kNm]	18.0		0.5	18.0
Taso , [m]	-9.29		-5.60	-4.10
R(max), [MN]	4.2		1.2	2.1
Jc	0.1		0.1	0.1
S(max), [mm]	8.0		6.0	20.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	25,24,12		13,7,5,5,3	3,3,2,1
jousto [mm]	7.0		6.0	20.0



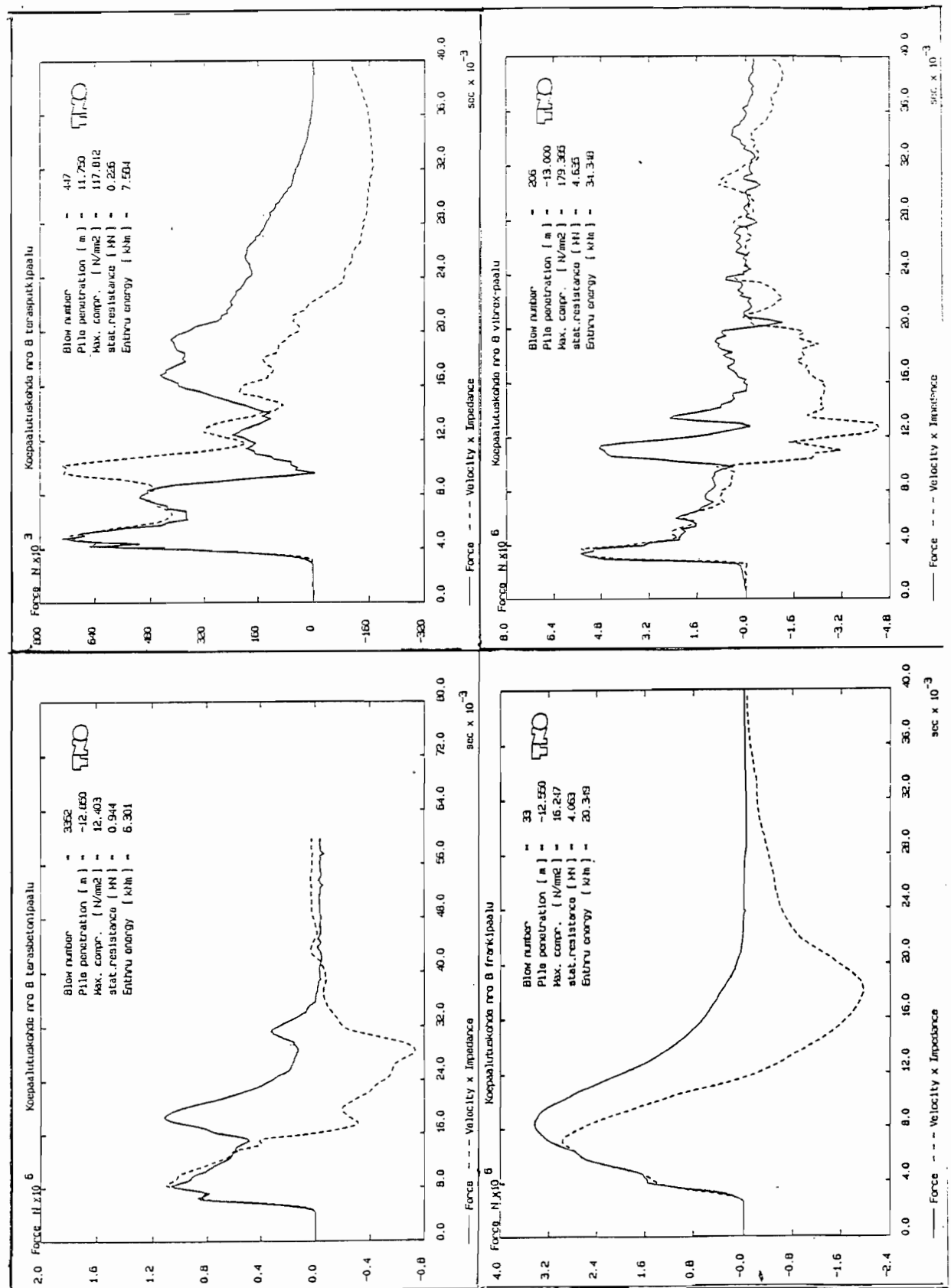


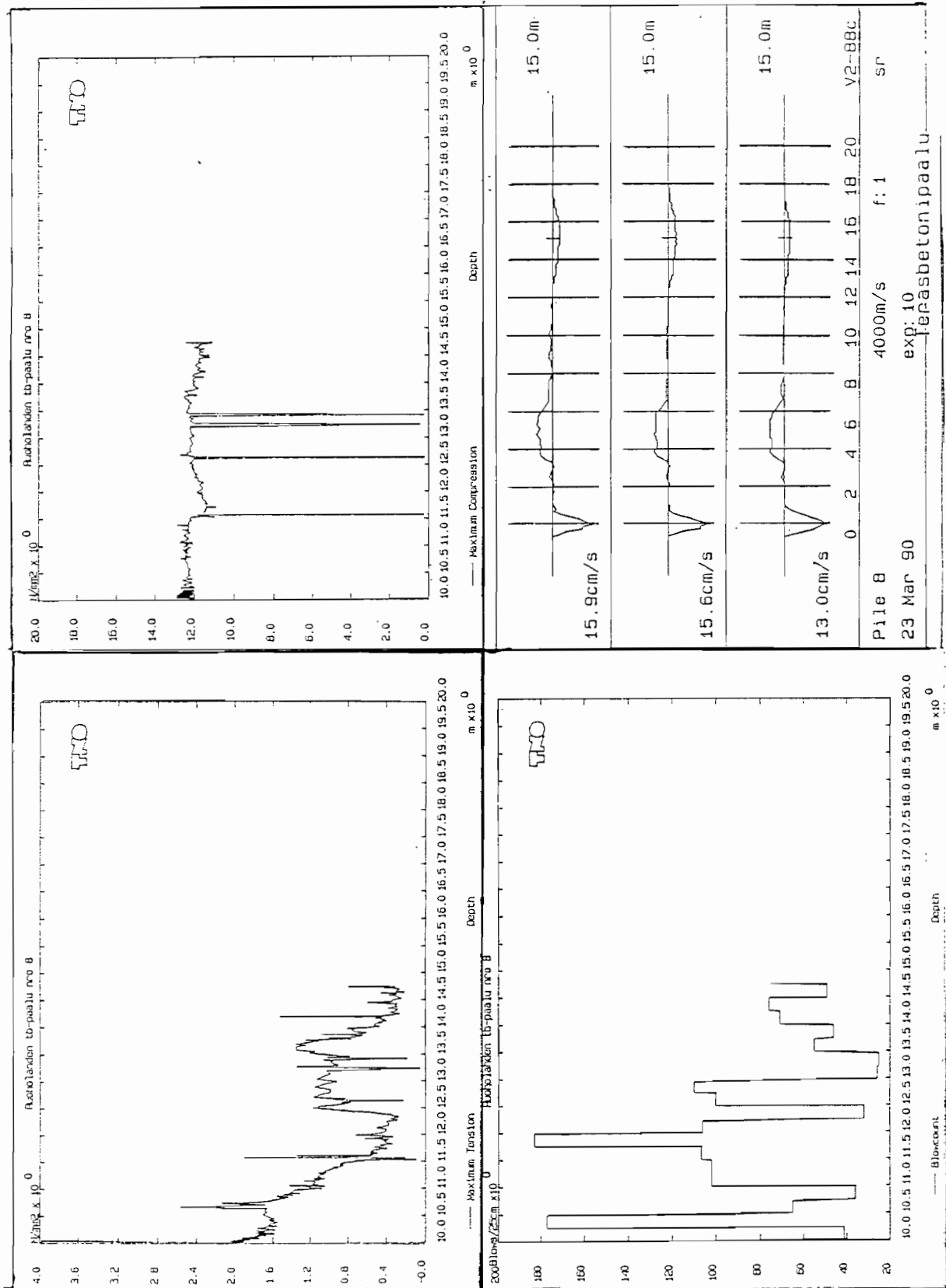
KOEPAALUTUSKOHDE NUMERO 8

LIITE 1.

Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

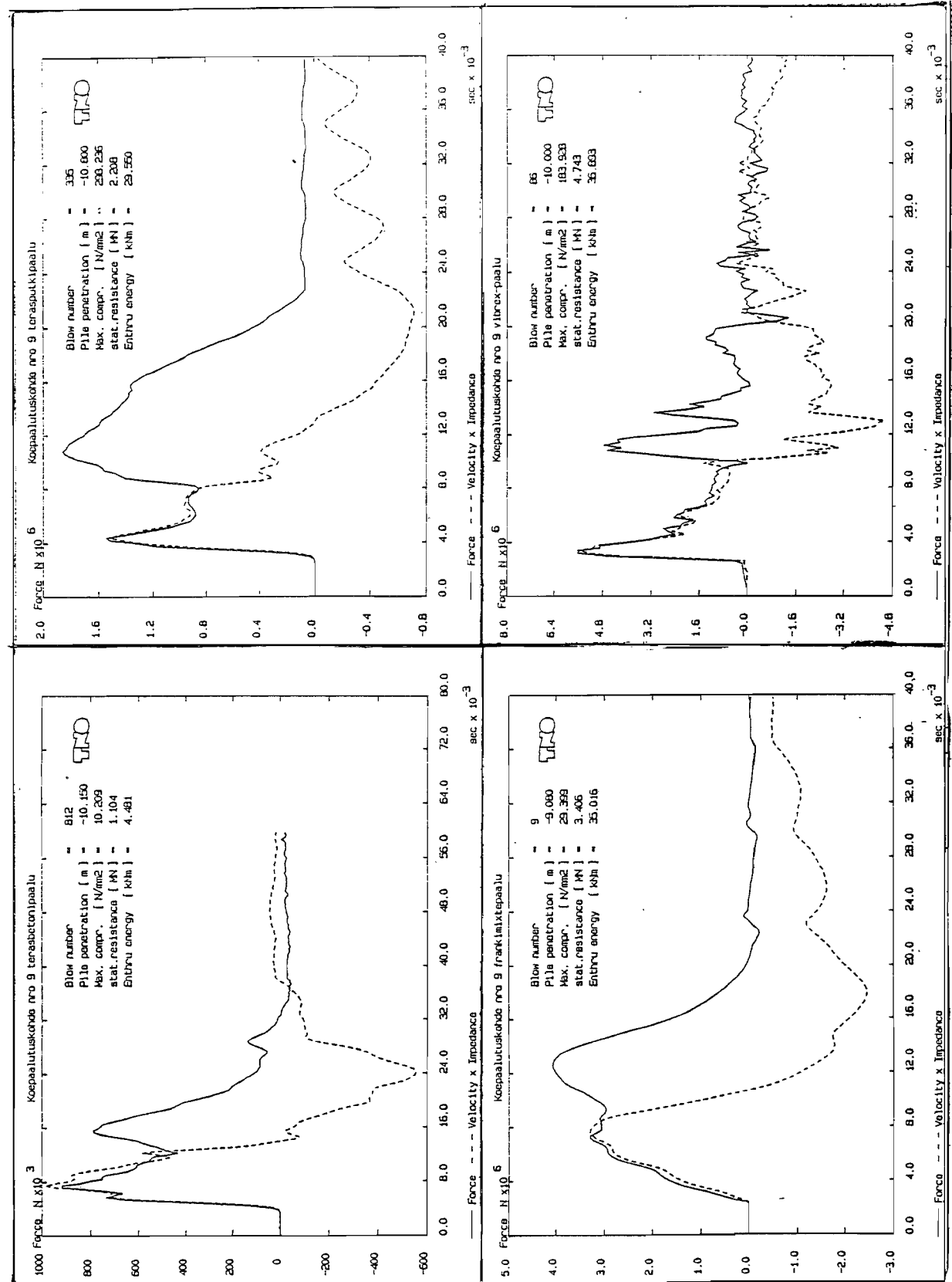
	Franki	Vibrex	Teräsbetoni	Teräsputki
	-----	-----	-----	-----
	14.55 m	14.90 m	15.00 m	14.00 m
F(t=0), [MN]	3.4	5.3	1.0	0.7
v(t=0), [m/s]	1.4	4.0	1.2	2.6
E(max), [kNm]	20.3	34.0	6.0	7.6
Taso , [m]	-12.55	-13.00	-12.85	-11.75
R(max), [MN]	4.1	4.6	0.9	0.2
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	7.0	10.0	8.0	20.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	25,10,2		11,8,5,4,3	3,2,1,1,0 apupaalul- la -12.40 tasoon
pysyvä painuma mm / 30 s		30,20,10		
jousto [mm]	7.0	9.0	8.0	---

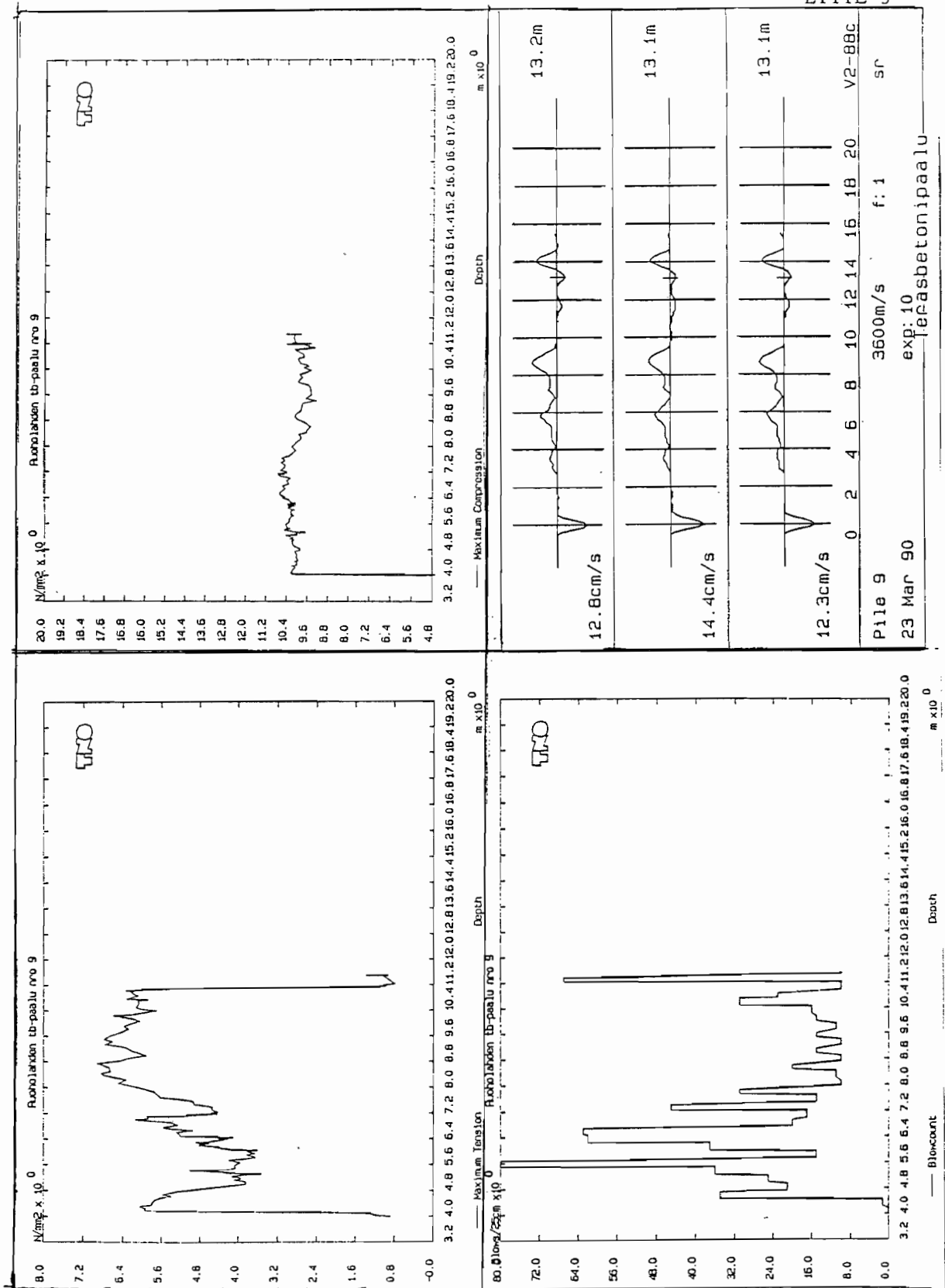




Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

	Franki-mixte ----- 10.68 m	Vibrex ----- 11.60 m	Teräsbetoni ----- 13.00 m	Teräsputki ----- 13.00 m
F(t=0), [MN]	3.0	5.6	0.9	1.6
v(t=0), [m/s]	2.5	4.1	1.2	6.0
E(max), [kNm]	35.0	37.0	4.5	30.0
Taso , [m]	-9.08	-10.00	-10.15	-10.80
R(max), [MN]	3.4	4.7	1.1	2.2
Jc	0.1	0.1	0.1	0.1
S(max), [mm]	12.0	10.0	6.0	24.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	14,10,6		11,9,7,5,4	2,1,1,1,0
pysyvä painuma mm / 30 s		30,20,10		
jousto [mm]	11.0	9.0	6.0	24.0



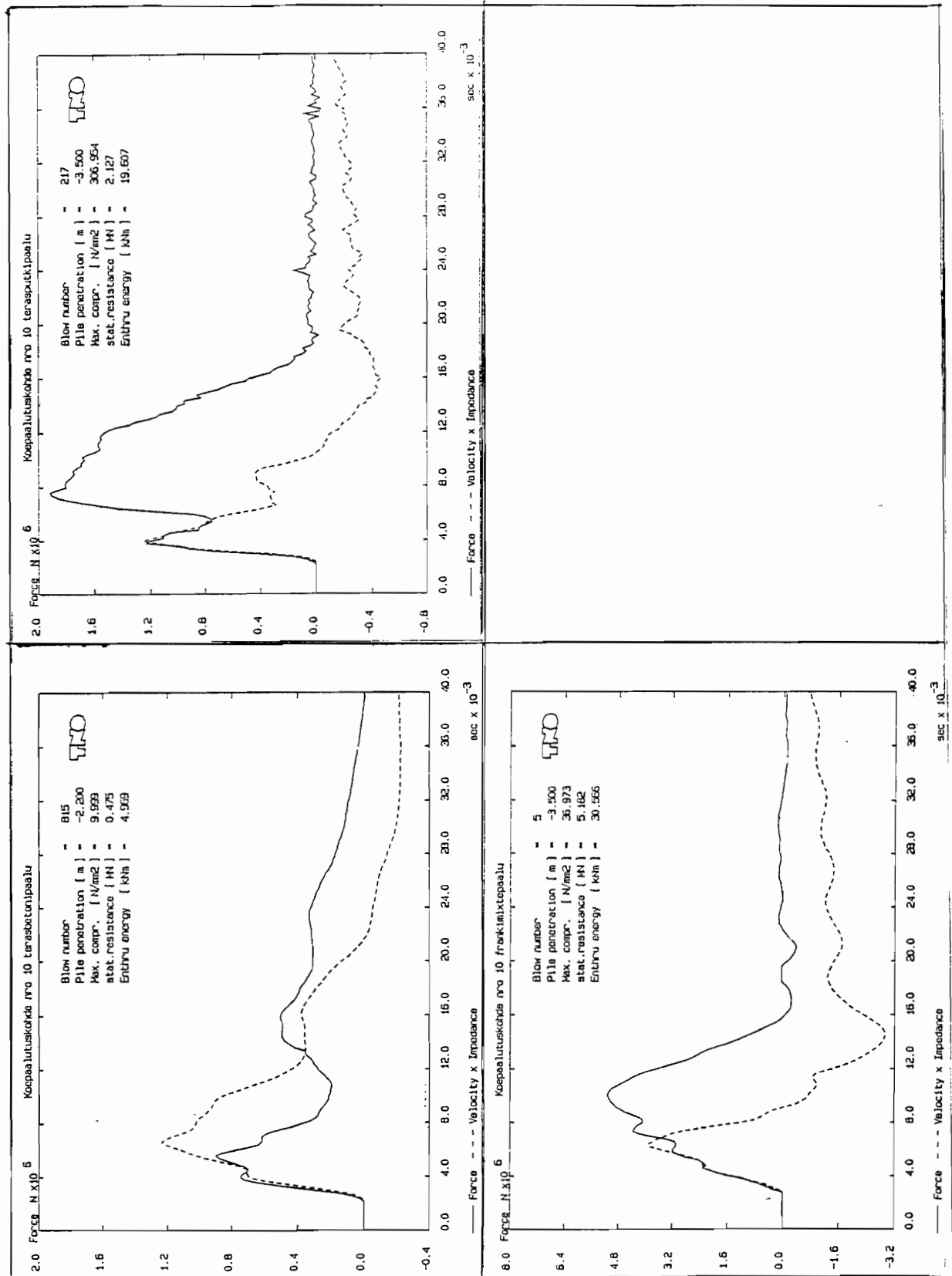


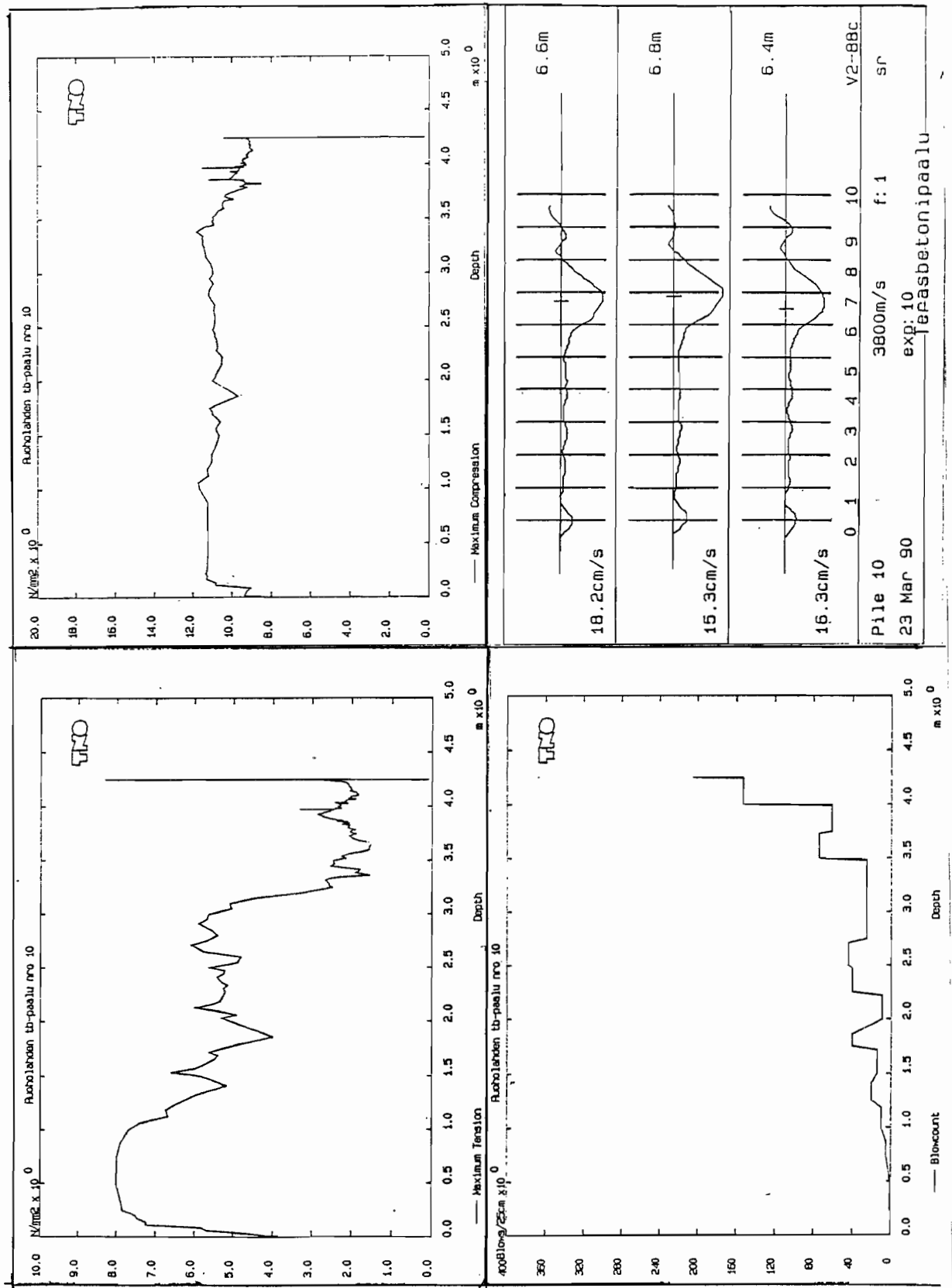
KOEPAALUTUSKOHDE NUMERO 10

LIITE 1

Dynaamisten koekuormitusten tulokset :

	Franki-mixte ----- 6.20 m	Vibrex -----	Teräsbetoni ----- 8.00 m	Teräsputki ----- 8.00 m
F(t=0), [MN]	3.2		0.8	1.2
v(t=0), [m/s]	3.0		1.4	5.0
E(max), [kNm]	31.0		5.0	19.0
Taso , [m]	-3.50		-2.20	-3.50
R(max), [MN]	5.2		0.5	2.1
Jc	0.1		0.1	0.1
S(max), [mm]	8.0		12.0	16.0
Loppulyönnit :				
pysyvä painuma mm / 10 sarja	6,2,0		---	0,0,0,0
jousto [mm]	8.0		---	16.0





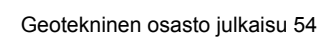
1 Anttikoski, U.	Geoteknilliset kartat ja niiden käyttäminen	Suomi	1973
2 Anttikoski, U.	Kaupunkisuunnittelun geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu	Suomi	1973 *
3 Anttikoski, U.	Kunnallistekniikan geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu	Suomi	1974 *
4 Mäkinen, R.	Täyttömäkien rakentaminen kaupunkialueella	Suomi	1974 *
5 Saarela, M.	Melusuojarakenteiden perustamistapaselvitys	Suomi	1974 *
6 Saarela, M.	Kiikapaalujen kantavuus	Suomi	1976
7 Petäjä, J.	Putkijohdojen pohjarakenteiden mitoittaminen	Suomi	1977
8 Raudasmaa, P.	Metrotunnelien injektointi	Suomi	1977 *
9 Anttikoski, U.	Kalliotunnelien käyttö varastointiin	Suomi	1977 *
10 Tikkanen, H.	Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa	Suomi	1978
11 Arkima, O.	Kluuvien ruuhkan jäädytys	Suomi	1978 *
12 Raudasmaa, P.	Puiset perustusrakenteet	Suomi	1979
13 Havukainen, J.	Voimalalaitostuhtan ja polttolaitoskuonan hyötykäyttö rakentamisessa	Suomi	1979
14 Vähäaho, I.	Pehmeikölle perustettavan pientalon painumien laskeminen	Suomi	1979 *
15 Raudasmaa, P.	Pohjavesitarkkailu -80	Suomi	1980
16 Anttikoski, U.	Katsaus tunnelien rakentamistekniikan nykytilaan Atlantan kansainvälisen tunnelikonferenssin kokemusten perusteella	Suomi	1979 *
17 Roinisto, J.	Matkakertomus tutustumismatkalta Tukholman yhteiskäyttötunneleihin	Suomi	1981
18 Havukainen, J.	Kivihiilivoimalan tuhkan käyttö maarakenteissa	Suomi	1981 *
19 Roinisto, J.	Yhteiskäyttötunnelien teknis-taloudellinen selvitys	Suomi	1981
20 Vuola, P.	Talonrakennuksen maarakenteet ja niiden laadunvalvonta	Suomi	1981
21 Havukainen, J. & Korhonen, O.	Tonttialueiden maarakenteet	Suomi	1981
22 Havukainen, J.	Esimerkkejä jätteiden hyötykäytöstä raaka-aineena ja energianlähteenä	Suomi	1981
23 Havukainen, J.	Kivihiilivoimalan tuhkien hyötykäyttöselvitys kunnallistekniikassa	Suomi	1982
24 Latvala, A.	Rakennusjätteen alustava hyötykäyttöselvitys	Suomi	1982
25 Havukainen, J. & Hämäläinen, A. & Sulamäki, A.	Alustava selvitys polttolaitoskuonan hyötykäyttömahdollisuuksista maarakentamisessa	Suomi	1982
26 Halkola, H.	Kunnallistekniikan geotekniikkaan liittyvät koerakentamiskohteet Torpparimäessä	Suomi	1982 *
27 Paavola, P.	Kunnallistekniikan tunnelien louhintakustannus selvitys	Suomi	1982
28 Vähäaho, I.	Maarakennusta koskeva mallityöselvitys	Suomi	1982 *
29 Gulin, K.	Rakentamisen vaikutus pohjaveden tasoon ja rakennusten painumiin Helsingin Puistolassa	Suomi	1982
30 Halkola, H.	Syvästabiloinnin laadun ja lujuuden valvontamenetelmät	Suomi	1982
31 Havukainen, J.	Kivihiilituhkan käyttö maarakentamisessa, tekniset ohjeet	Suomi	1983
32 Havukainen, J.	Användning av stenkolsaska vid anläggningsarbeten, tekniska anvisningar	Svenska	1983
33 Havukainen, J.	The utilization of coal ash in earth works, technical guidelines	English	1983
34 Salmelainen, J.	Helsingin kallioperän geologiasta ja kivilajien lujuusominaisuuksista porattavuuden kannalta	Suomi	1983
35 Havukainen, J.	Matkakertomus kivihiilituhkien ympäristövaikutuskonferenssista	Suomi	1983
36 Hytti, P.	Esi-injektoinnin suoritus ja sen huomioiminen urakka-asiakirjoissa	Suomi	1984
37 Leinonen, J.	Kalliomekaaniset mittaukset Hanasaaren syvävarastossa	Suomi	1984
38 Pirinen, J.	Kelluvan rantapenkereen rakentaminen	Suomi	1984 *
39 Latvala, A.	Geotekninen kustannustiedosto, Geo-kuti	Suomi	1984
40 Korpela, J. & Schuller, M.	Jäykkien liitosjohtojen pohjarakennus selvitys (Jäli-selvitys)	Suomi	1984
41 Lahtinen, E.-R.	Maanalaiset tilat ja yhdyskuntarakentaminen (MÄRASU-tutkimus, väliraportti)	Suomi	1985
42 Korpi, J.	In Situ-kuormituskoe painumien määrittämiseksi	Suomi	1985
43 Havukainen, J.	Esirakentamisen kehittäminen	Suomi	1985
44 Vähäaho, I.	Jäähdytysmenetelmän käyttö	Suomi	1987
45 Havukainen, J. & Hämäläinen, A. & Latvala, A.	Kivihiilituhkien käyttökokemukset kunnallistekniikan maarakenteissa	Suomi	1987
46 Julkunen, A.	Geofysiikan tutkimusmenetelmät kalliorakentamisessa	Suomi	1987
47 Hutri, K.-L.	Vuosaaren kivilajien soveltuvuus asfalttipäällysteisiin	Suomi	1988
48 Melander, K.	Puristin-heijarikairaus kairausmenetelmä	Suomi	1989
49 Leppänen, M.	Vahvisinkakaiden käyttö Vanhankaupunginlahden ranta-alueen rakentamisessa	Suomi	1989
50 Vähäaho, I. & Ryhänen, H.	Sulamiskondolidaation vaikutukset savessa	Suomi	1989
51 Vähäaho, I.	Effects of Thaw Consolidation on Geotechnical Properties of Clay	English	1989
52 Koskela, P.	Routastabiloinnin vaikutus ruoppausmassaan	Suomi	1989
53 Saari, M. & Korhonen, O.	Paalujen dynaaminen koestus PIDA-laitteistolla	Suomi	1990
54 Saari, M. & Volanen, O.	Ruoholahden koepaalutus	Suomi	1990

Ilmät:	1 kpl	80 mk
	2-3 kpl	70 mk
	4-6 kpl	60 mk
	7- kpl	55 mk

*) painos loppuunmyyty



KOEPAALUTUSPAIKKA 8



KOEPÄÄLUTUSPAIKKA 6

