



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

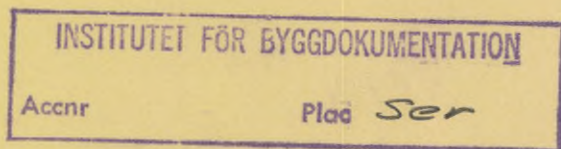
**R59:1984**

# **Luftvärmepump med ytjord- värme för köldperioder**

**Utvärdering i småhus, Arvika**

**Ingemar Johansson**

K  
Arvika



**Byggforskningsrådet**

R59:1984

LUFTVÄRMEPUMP MED YTJORDVÄRME FÖR KÖLDPERIODER  
Utvärdering i småhus, Arvika

Ingemar Johansson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801083-3 från Statens råd för byggnadsforskning  
till AB Thermia-Verken, Arvika

I Bygghörskningsrådet's rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R59:1984

ISBN 91-540-4142-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

		3
INNEHÅLL		
SAMMANFATTNING .....		4
1.	ALLMÄNT OM PROJEKTET .....	5
2.	ANLÄGGNINGSBESKRIVNING .....	6
2.1	Uppvärmningssystem .....	6
2.2	Markkolektor .....	6
2.3	Mätsystem .....	6
3.	RESULTAT AV MÄTNINGAR .....	11
3.1	Inledning .....	11
3.2	Värmeuttag .....	11
3.3	Köldbärartemperaturer .....	11
3.4	Marktemperaturer .....	13
4.	IAKTTAGELSER PÅ VÄXTER OCH MARKPAVERKAN ..	17
BILAGA 1	JORDPROV ETYDVÄGEN	
BILAGA 2	TEMPERATURPROFILER	
BILAGA 3	TEMPERATURFÄLT	

## SAMMANFATTNING

Vid en värmepumpsanläggning i Arvika har uteluft i kombination med ytjord använts som värmekälla. Eftersom luftbatteriet saknar avfrostning har uttaget från marken blivit jämförelsevis stort - ca 75 procent av totala värmeuttaget. Genomsnittligen har 13 000 kWh/år tagits ut från kollektorn vilken exklusive ränderna är på 108 m<sup>2</sup>. Detta ger en markbelastning av ca 120 kWh/m<sup>2</sup>,år vilket är av storleksordningen 3-6 ggr större än för en normalt dimensionerad ytjordvärmeanläggning.

Temperaturfallet kring kollektorn har uppmätts och resultaten visar att tjälen med god marginal tinar upp under sommaren. Uppvärmningen av marken blir försenad jämfört med obelastad mark. På nivån 0,5 m uppnås t ex temperaturen +10°C ca 4 veckor senare på den belastade ytan. Luftbatteriet kan alltså tas bort om man accepterar en något lägre värmefaktor under vår och sommar än i det här använda systemet.

Som följd av den försenade uppvärmningen av marken blir gräsmattan försenad ca 2 veckor, men har i övrigt varit av god kvalitet. Några störningar i grönsakernas utveckling har ej kunnat iaktas. Lövsprickningen på ett par krusbärsbuskar har varit senare på den belastade ytan, vilket troligen beror på värmeuttaget, men kan också ha berott på att buskarna var nyplanterade. Marken är ej tjälfarlig och några tjälhävningar har ej heller kunnat noteras.

Den påverkan som uttaget givit i detta fall kan sammanfattningsvis sägas vara av sådan karaktär att den är acceptabel på åtminstone delar av en normal trädgård. Troligen ger mera tjälfarliga jordar besvärligare konsekvenser varför man ej skall dra den slutsatsen av försöket att alla jordar kan belastas lika hårt.

## 1. ALLMANT OM PROJEKTET

Luft som värmekälla för värmepumpar har nackdelen att värmeeffekten sjunker drastiskt vid låga utelufttemperaturer. Ytjordvärme kräver tillgång på tillräckligt stor markareal med lämplig markbeskaffenhet. Ofta är marktillgången begränsande. Genom att endast använda markvärmeuttag när lufttemperaturen ej medger luftvärmeuttag kan erforderlig markyta begränsas.

1979 försågs en villa i Arvika med en värmepumpänläggning som använde luft som värmekälla i kombination med en markkollector. Anslag från BFR erhöles för att under uppvärmningssäsongerna 1981/82 och 1982/83 mäta värmeuttag, köldbärartemperaturer och marktemperatur. Redan före detta mätprogram startades gjordes vissa enklare mätningar, vilket kan vara av intresse för bedömning av långsiktigare konsekvenser.

Den använda markkollectorn är mycket hårt belastad och mätresultaten är därför intressanta även för att ge kunskap om vad som händer när en markkollector belastas hårt.



## 2. ANLÄGGNINGSBESKRIVNING

### 2.1 Uppvärmningssystem

Den studerade anläggningen förser en villa i Arvika med radiatorvärme. Varmvattenuppvärmningen sker separat. Huset har delvis källare och har fasad av tegel. Huset uppvärmdes tidigare med olja, men byggdes då om till här studerat system.

Anläggningen beskrivs schematiskt i figur 1. Värmepumpen ① är av fabrikat CTC typ WPE 4. Vid en temperatur av  $\pm 0$  på inkommande köldbärarvätska och en framledningstemperatur på  $45^{\circ}\text{C}$  har den en uppvärmningseffekt av ca 14,7 kW. Värmekällan utgörs dels av luftbatteriet ②, dels av en markkolektor ③. Genom en motordriven 3-vägsventil ④ kan luftbatteriet eller markkolektorn kopplas in. En uteluftstermostat ⑤ kopplad till en regleranordning ⑥ medför att vid uteluftstemperatur högre än  $T_0$  använder värmepumpen luften som värmekälla eljest marken.  $T_0$  har vid denna anläggning valts till  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Någon återladdning av markkolektorn med hjälp av luftbatteriet sker alltså inte i det aktuella systemet.

Utrustning för automatiskt omslag mellan markkolektorn och luftbatteriet kom på plats 20 april 1982. Genom att omslaget under tiden före skötts manuellt blev följden under denna period att större andel värme tagits ur markkolektorn än vad som skulle varit fallet om automatik funnits.

Som köldbärarvätska har fram till oktober 1982 använts kalciumkloridlösning och därefter etylenglykollösning.

### 2.2 Markkolektor

Markkolektorn bestod fram till oktober 1982 av i figur 2 redovisat system bestående av 16 st 24 m långa stålrör  $\varnothing$  35/32 lagda i 4 rader och med ett inbördes avstånd av ca 1,5 m i horisontell led och ca 0,20 m i vertikal led. De översta rören ligger ca 0,5 m under markytan och de understa ca 1,1 m under markytan.

Till följd av olämplig svetsning av rören och därav utifrån uppkommen korrosion uppstod läckage som medförde att kollektorn måste bytas till en kollektor av plaströr PEL 40 x 2,5. Denna kollektor kopplades så att den uttagsmässigt motsvarar den tidigare kollektorn.

Marken där kollektorn lades består till ett djup av minst 1 m av fyllnadsmassor huvudsakligen bestående av friktionsjordar och med stort inslag av block. Fyllnadsmassorna underlagras av främst stenbunden morän. Jordprover från 5 platser redovisas i bilaga 1.

### 2.3 Mätssystem

Från värmekällorna upptagen värme har mätts med hjälp av en värmemängdsmätare redovisad i princip i figur 1. En värme-



FIG.1 SCHEMATISK BILD ÖVER VÄRMEPUMPANLÄGGNING I ARVIKA MED LUFT OCH YTJORD SOM VÄRMEKÄLLA

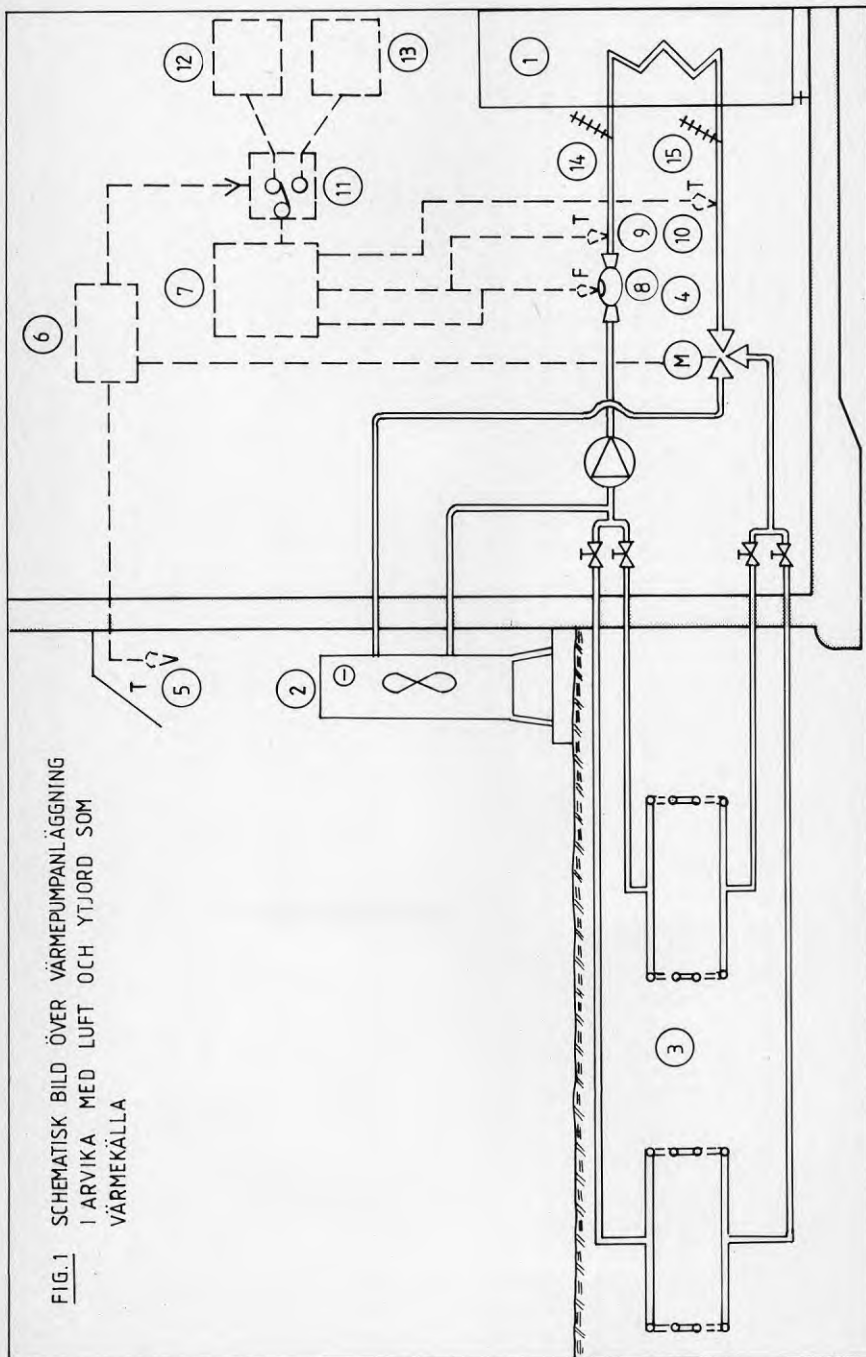
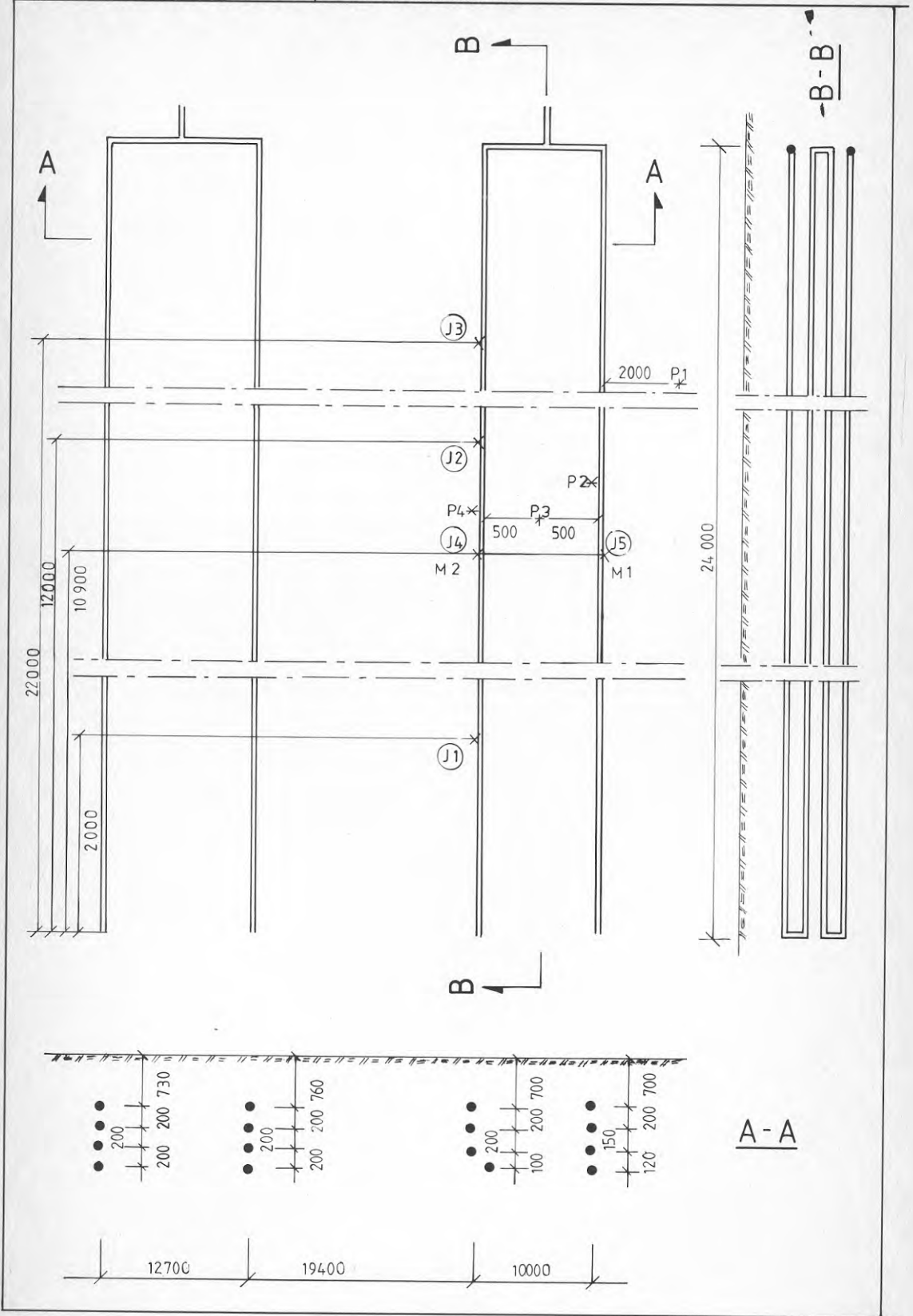


Fig.2 Plan och sektioner på markkolektorn

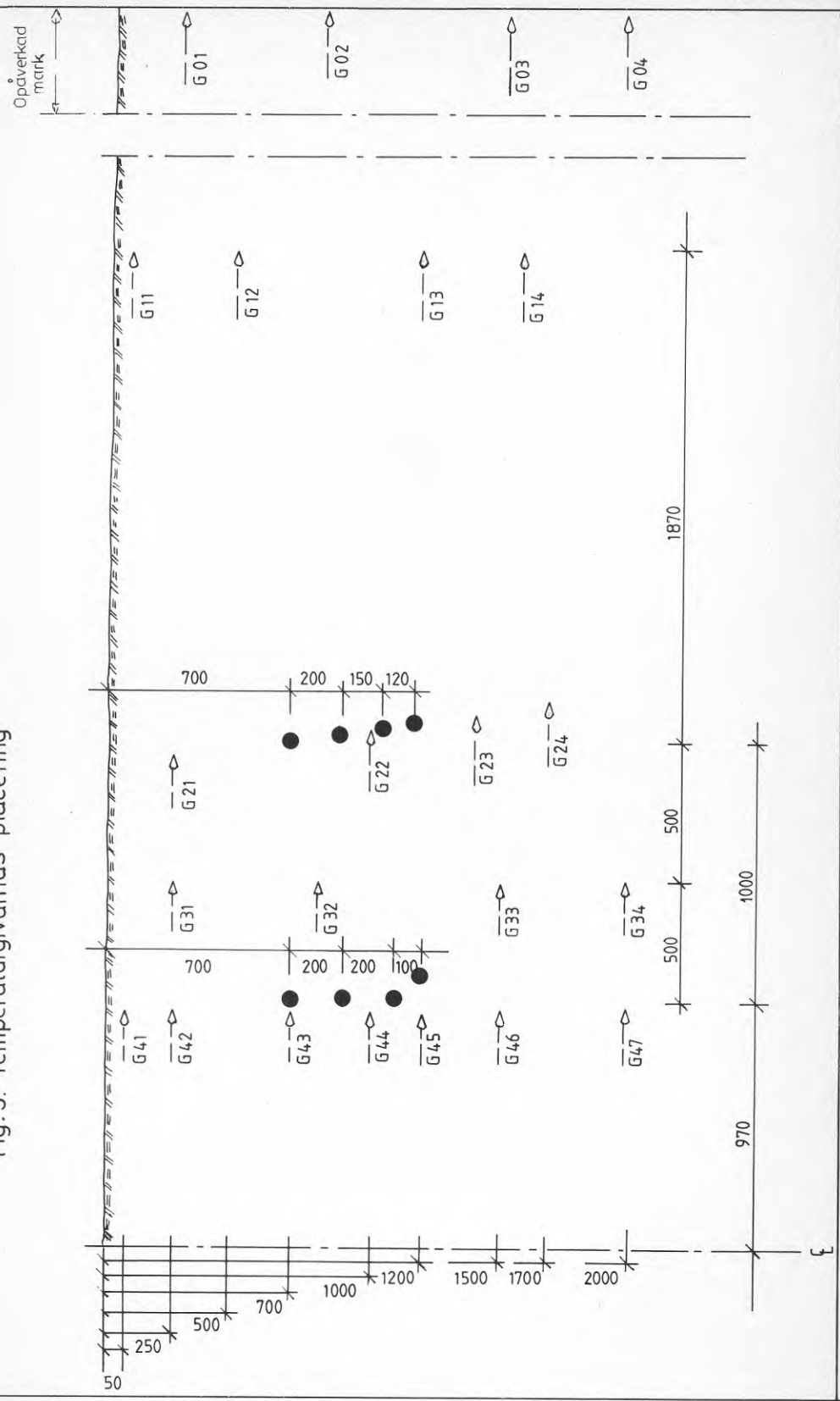


mängdsmätare ⑦ vilken får ingångsdata via en flödesmätare ⑧ och temperaturgivare ⑨ och ⑩ på inkommande resp utgående köldbärarledningar, mäter det ackumulerade värmeflödet som tas ut från värmekällorna. Fr o m 20 april 1982 används ett relä ⑪ som gör att vid drift då luftbatteriet är inkopplat registreras värmemängden på ett räkneverk ⑫ och när markackumulatören är inkopplad på ett annat räkneverk ⑬.

Köldbärartemperaturerna avläses på två termometrar ⑭ och ⑮ placerade på inkommande resp utgående köldbärarledning.

Marktemperaturerna mätes via termoelement vars placering framgår av figur 3. Termoelementen  $G_{ij}$  är monterade på elrör  $P_i$ . Placeringen av  $P_1$ - $P_4$  framgår av figur 2, medan  $P_0$  är belägen i mark som ej påverkas av värmeuttaget.  $G_{0j}$  mäter alltså temperaturen i ostörd mark och  $G_{1j}$ - $G_{4j}$  marktemperaturen i anslutning till markkollektorn. Före mätperiodens början mättes marktemperaturerna i punkterna  $M_0$ - $M_2$  genom temperaturloggning av i marken nedstuckna elrör.

Fig. 3. Temperatūrgivarnas plācēšana



### 3. RESULTAT AV MÄTNINGAR

#### 3.1 Inledning

Avsikten har varit att göra regelbundna mätningar under perioden 20 november 1981 till 31 mars 1983. Mätningar har gjorts med en frekvens av ca 1/vecka-1/2 veckor. Under sommaren 1982 var mätningsfrekvensen mindre p g a semester.

Mätprogrammet har delvis störts till följd av driftstörningar på anläggningen och på mätutrustningen. Avbrotten har i vissa fall blivit längre än normalt p g a svårigheter att få fram reservdelar.

Värmepumpen har varit avstängd 820501-820511 p g a kompressorbyte och 820217-820301 p g a byte av köldbärarpump.

Markkollektorn var avstängd 820927-821119 till följd av omgrävning av kollektorn.

Värmemängdsmätningen fungerade ej 811120-820118 och 820218-820323. Under dessa perioder har värmeuttaget uppskattats genom att för övriga perioder studera samvariationen mellan värmeuttag och utetemperatur.

#### 3.2 Värmeuttag

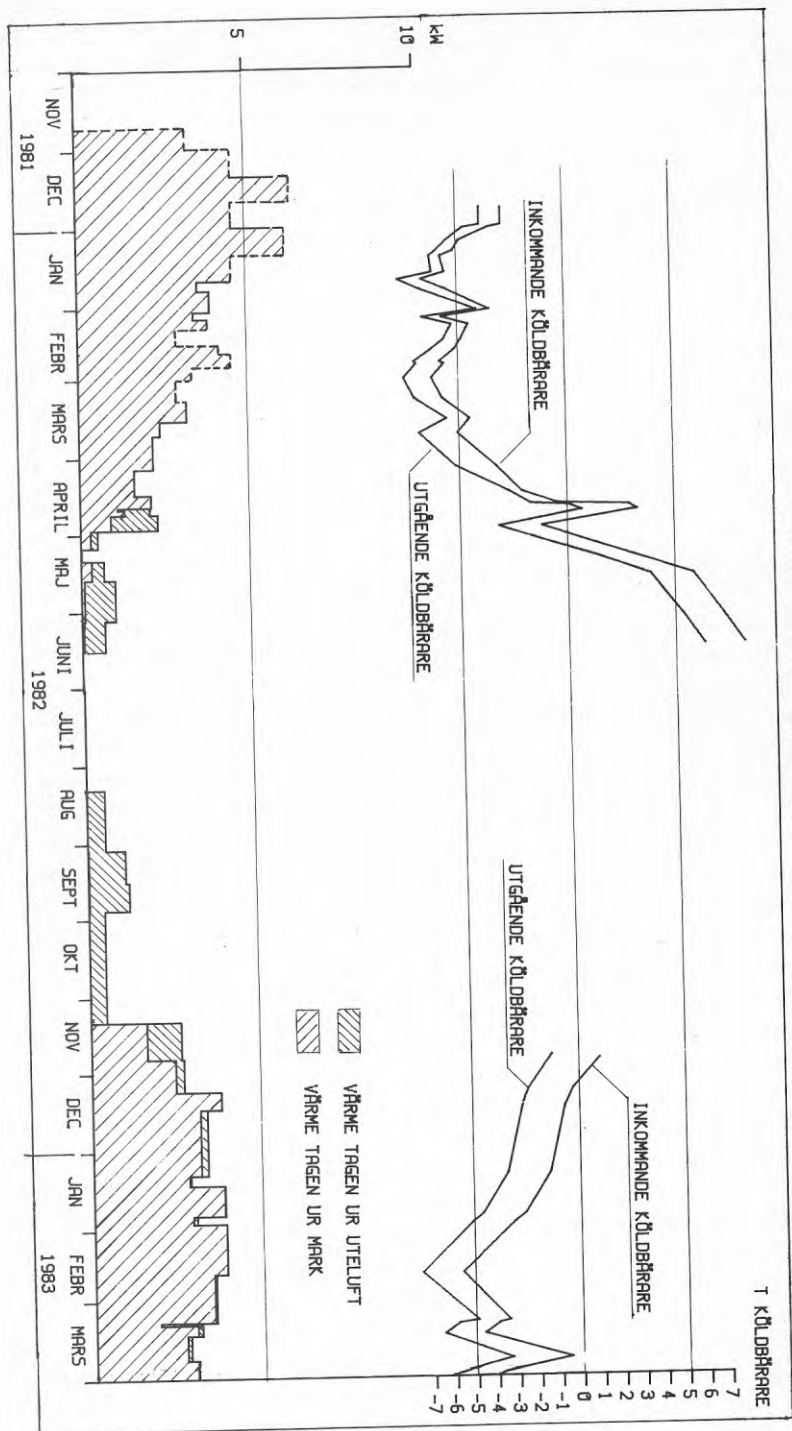
Värmeuttaget som funktion av tiden redovisas i figur 4. De perioder där värmeuttaget p g a fel på värmemängdsmätaren har uppskattats har streckats i figuren.

Sammanlagt har under perioden 811120-820630 tagits ut 13 350 kWh från markkollektorn och 820701-830331 har tagits ut 10 440 kWh. De totala uttagen från markkollektorn för uppvärmningssäsongerna 1981/82 och 1982/83 kan med ledning från dessa siffror uppskattas till ca 14 500 kWh resp 11 500 kWh. Eftersom kollektorns yta - exklusive effekter i ränderna - är ca 108 m<sup>2</sup> blir markbelastningen per ytenhet räknat på denna yta 134 kWh/m<sup>2</sup>,år resp 106 kWh/m<sup>2</sup>,år för de två säsongerna. Eftersom randeffekterna är stora vid den här typen av kollektor kan inte denna siffra uppskalas. Om randen antas i medeltal ge ett bidrag som motsvarar en förstoring av ytan av 1,5 m åt alla håll blir motsvarande ekvivalenta yta 198 m<sup>2</sup> och markbelastningen räknat på denna yta 73 kWh/m<sup>2</sup>,år resp 58 kWh/m<sup>2</sup>,år. Dessa siffror torde vara mera relevanta vid uppskalning resp nedskalning av anläggningen.

Den ur luften tagna värmemängden var under perioden 820420 till 830331 3 277 kWh. Omräknat till en hel uppvärmningssäsong kan den från luften tagna värmemängden uppskattas till ca 4 000 kWh, vilket innebär ca 25% av det totala värmeuttaget från värmekällorna under en uppvärmningssäsong.

#### 3.3 Köldbärartemperaturer

Köldbärartemperaturerna redovisas i figur 4. Avläsningarna har gjorts under drift, men har skett slumpmässigt mellan



Figur 4. Uttagen effekt från värmekällorna, samt köldbärartemperaturerna som funktion av tiden.

start och stopp av värmepumpen. Eftersom köldbärartemperaturen sjunker från starttidpunkten till stopptidpunkten blir inte de olika mätvärdena helt jämförbara. Skillnaden i temperatur mellan start och stopp överskrider normalt ej 2K.

Av mätningarna framgår att som väntat samvarierar värmeuttaget och köldbärartemperaturen. Lägsta uppmätta temperatur är  $-7,9^{\circ}\text{C}$  resp  $-6,8^{\circ}\text{C}$  för utgående resp inkommande ledning, vilket är ca 2,5 grader lägre än en av Thermia-Verken normalt dimensionerad anläggning.

### 3.4 Marktemperaturer

Före den egentliga mätperiodens början gjordes mätningar genom temperaturloggning i punkterna  $M_0$ - $M_2$ .  $M_0$  är placerad på mark som ej påverkas av värmeuttaget och placeringen av  $M_1$  och  $M_2$  framgår av figur 2. Temperaturen på 1,2 m djup under perioden redovisas i figur 5. Mätningarna visar att temperaturen i augusti-september på den belastade ytan återgår till samma nivå som på den obelastade. Temperaturprofiler för några intressanta tidpunkter redovisas i bilaga 2.

Under den egentliga mätperioden har marktemperaturen avlästs via termoelement, vars placering framgår av figur 3. Med hjälp av dessa mätvärden har temperaturfältet skisserats för ett antal intressanta tidpunkter.

Temperaturfältets utseende februari och juni 1982 redovisas i figur 6 a och b. Figur 6 a redovisar ett typiskt vinterfall. Tjälldjupet är vid detta fall ca 0,6 m på obelastad yta och ca 2 m för belastad yta. Figuren visar att randfältet är ganska stort. Till exempel är tjälldjupet ca 1,4 m på ett avstånd av 2 m från yttre rörranden. Figur 6 b redovisar hur temperaturfältet ser ut under försommaren. Temperaturen i det övre markskiktet är visserligen något lägre för belastade ytan än för den obelastade, men skillnaden är endast några grader. Temperaturen på 2 m-nivån indikerar att tjäle fortfarande finns kvar här.

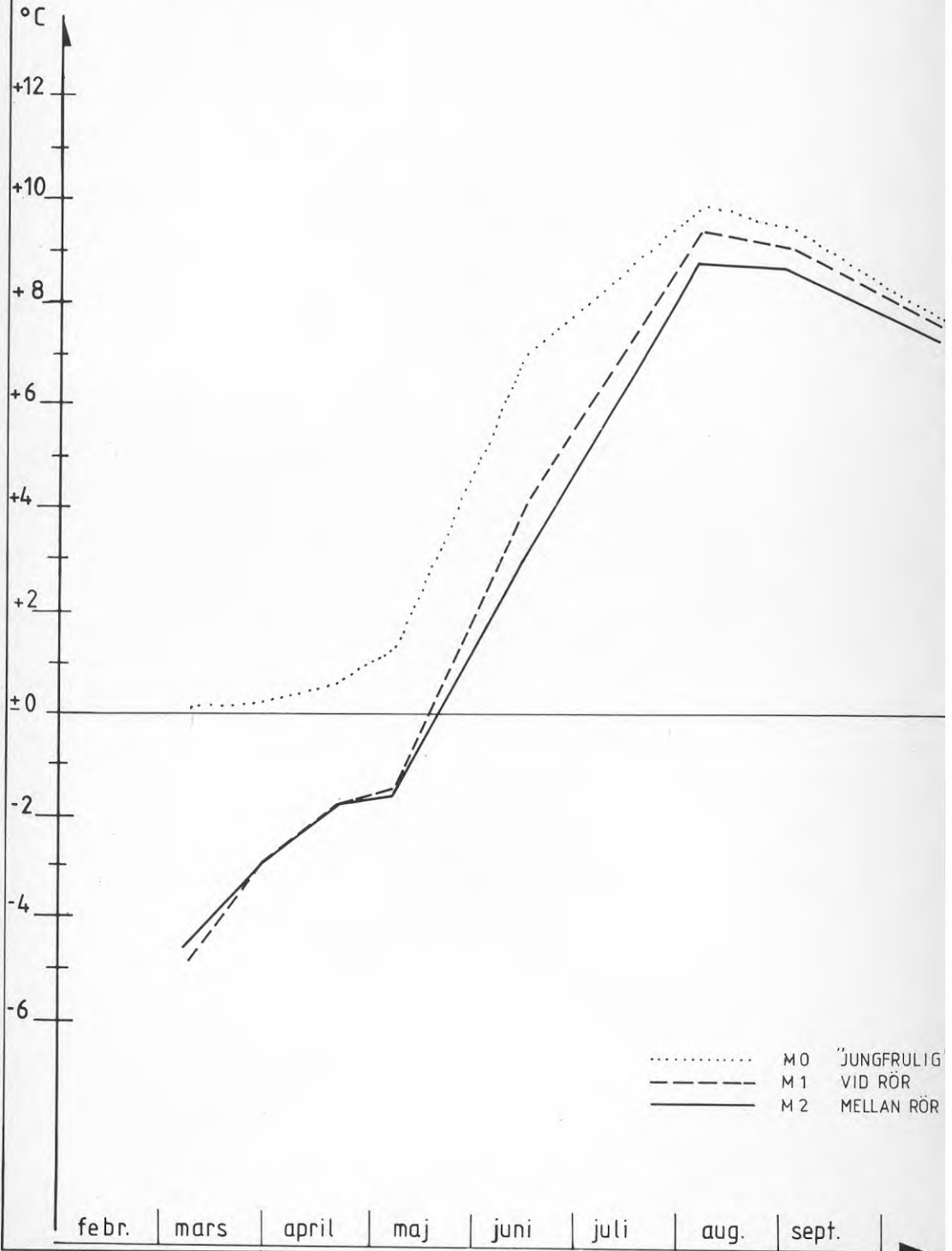
Temperaturfältets utseende för övriga tidpunkter redovisas i bilaga 3.

I figur 7 a-b redovisas temperaturprofilens förändring med tiden mätt längs rör  $P_0$  (obelastad mark) resp rör  $P_4$  (centralt på den belastade arean). Här kan speciellt noteras marktemperaturens snabba återhämtning på försommaren och att temperaturerna under hösten är relativt lika på belastad resp obelastad yta. Av figuren framgår t ex att på nivån 0,5 m uppnås temperaturen  $10^{\circ}\text{C}$  ca 4 veckor senare på den belastade ytan än på den obelastade och på nivå 1,0 m 7 veckor senare.

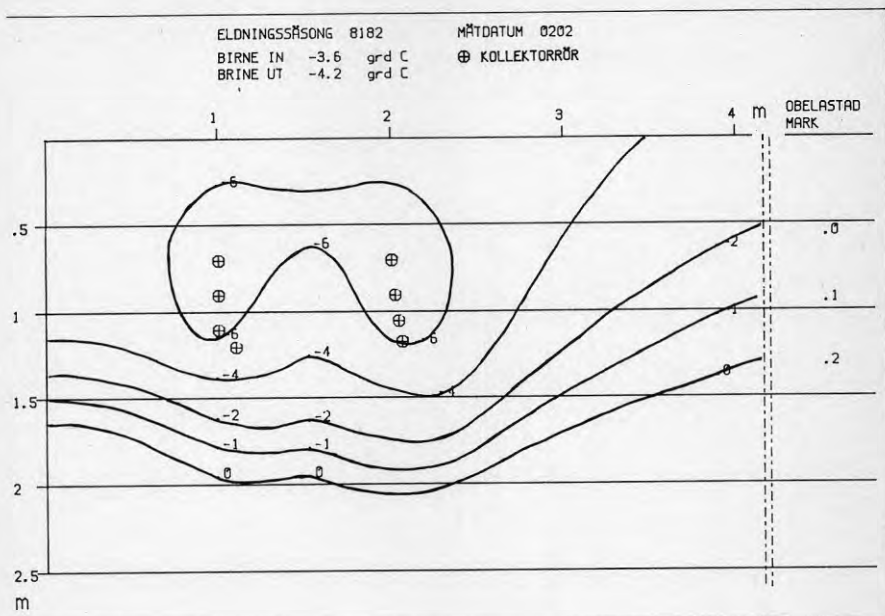


ETYDVÄGEN 1981

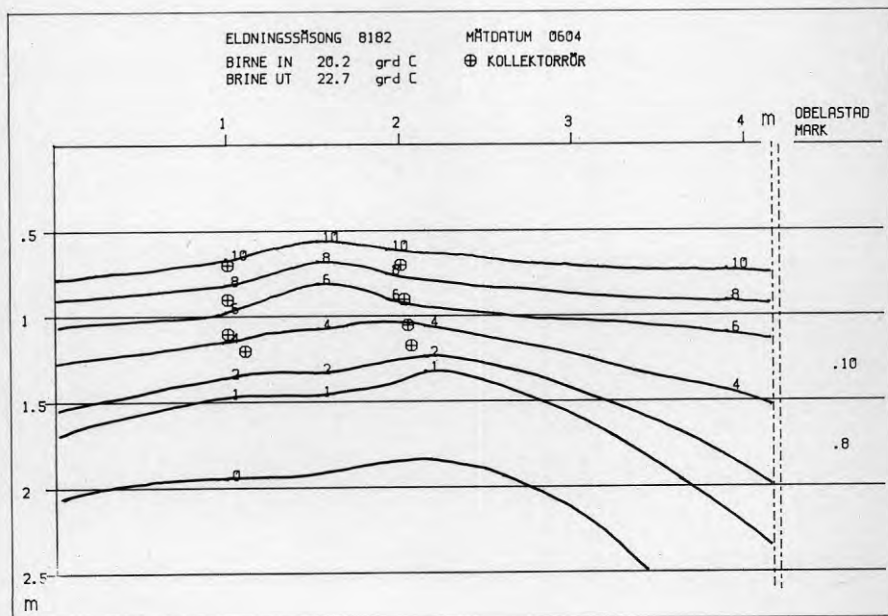
Fig. 5. Uppmätt temperatur på 1,2 m djup dels i obelastad mark dels på två ställen i belastad mark.



..... M0 "JUNGFRULIG  
- - - - M1 VID RÖR  
———— M2 MELLAN RÖR



Figur 6 a. Temperaturfältet den 2 februari 1982.



Figur 6 b. Temperaturfältet den 4 juni 1982.



## 4. IAKTTAGELSER PÅ VAXTER OCH MARKPAVERKAN

Värmeuttaget per ytenhet är väsentligt större än på en normalt dimensionerad - ca 3-6 ggr beroende på i vilken omfattning randeffekterna medräknas. Iakttagelser av störningar på växtlighet och markyta är därför intressanta. Några systematiska mätningar har ej gjorts men vissa subjektiva iakttagelser kan redovisas.

- Gräsmattan på belastad mark är under våren ca 2 veckor försenad jämfört med på obelastad mark.
- Ett par krusbärsbuskar på den belastade ytan var försenade i lövsprickningen i jämförelse med en näraliggande krusbärsbuske på obelastad mark. En faktor som kan ha betydelse i sammanhanget är att krusbärsbuskarna på den belastade ytan var nyplanterade i motsats till den på obelastad yta.
- Ägarna har haft sin köksträdgård rakt över kollektorn. Några avvikelser mot normalt har ej gjorts här. Dock växer den något långsammare i den belastade marken.
- Några tjälhävningar har ej noterats. Marken tillhör ej kategori tjälfarliga.

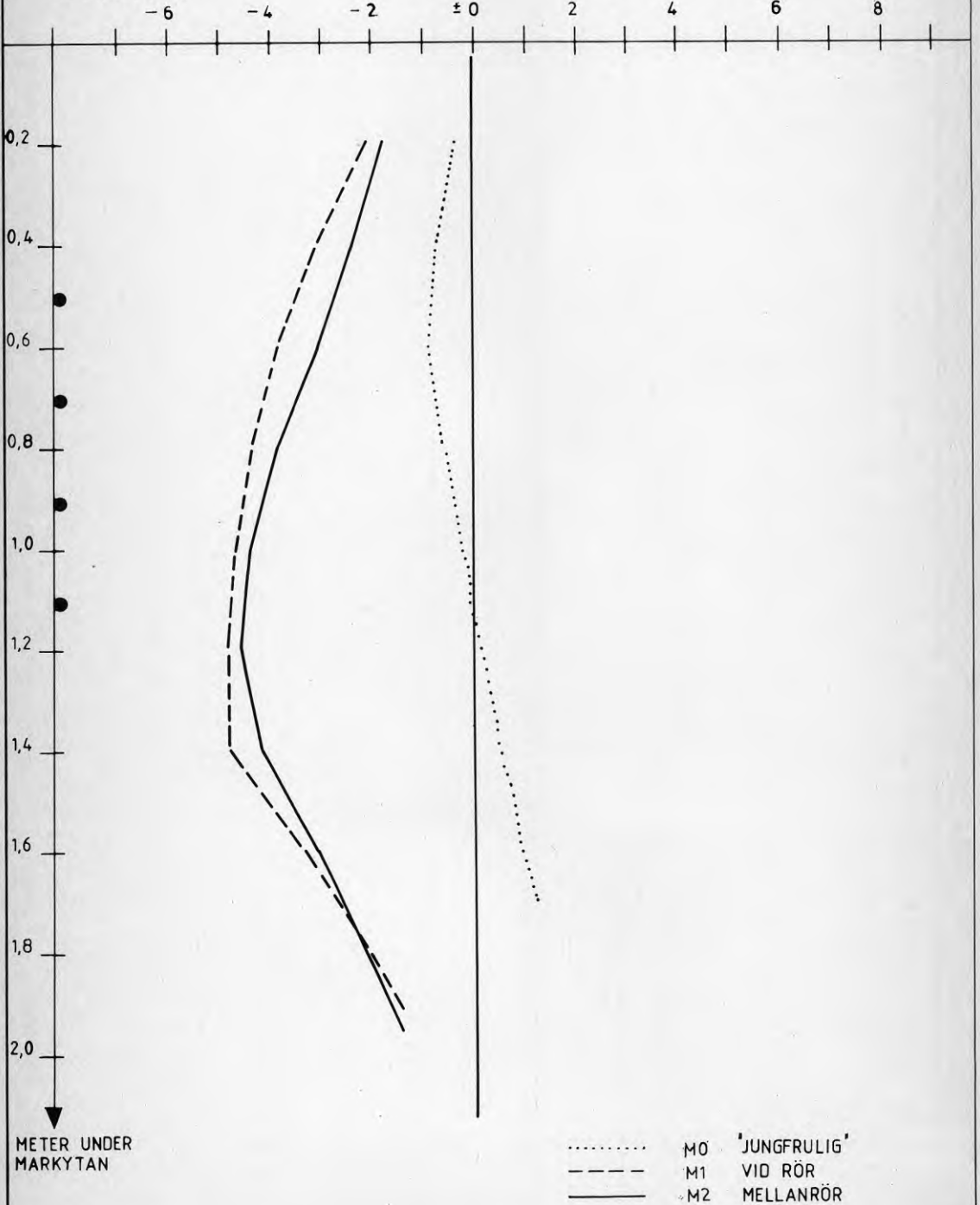
## JORDPROV ETYDVÄGEN

Provets märkning		Provtagningsdjup (m)	Jordart	Vattenkvot %
SG01	1	0,65	moig grusig grovsand	7,4
"-	1	1,20	moig mellansandig grovsand	10,4
SG02	2	0,55	moigt mellansandigt fingrus	10,0
"-	2	1,10	grusig sand	8,4
SG03	3	0,55	finmoig mellansandig grovmo	15,0
"-	3	1,10	grusig mellansandig grovsand	6,0
SG04	4	0,55	*) stenig, lerig, finmoig grovmo	13,0
"-	4	1,10	*) fin moig, grovmoig, grovsand	16,0
SG05	5	0,75	*) grusig, moig mellansand	9,4
"-	5	1,30	*) dyig grovsand	42,0
			*) Gravväggen ca 20 cm ifrån tj gränsmätare	

# TEMPERATURPROFIL

81.03.09

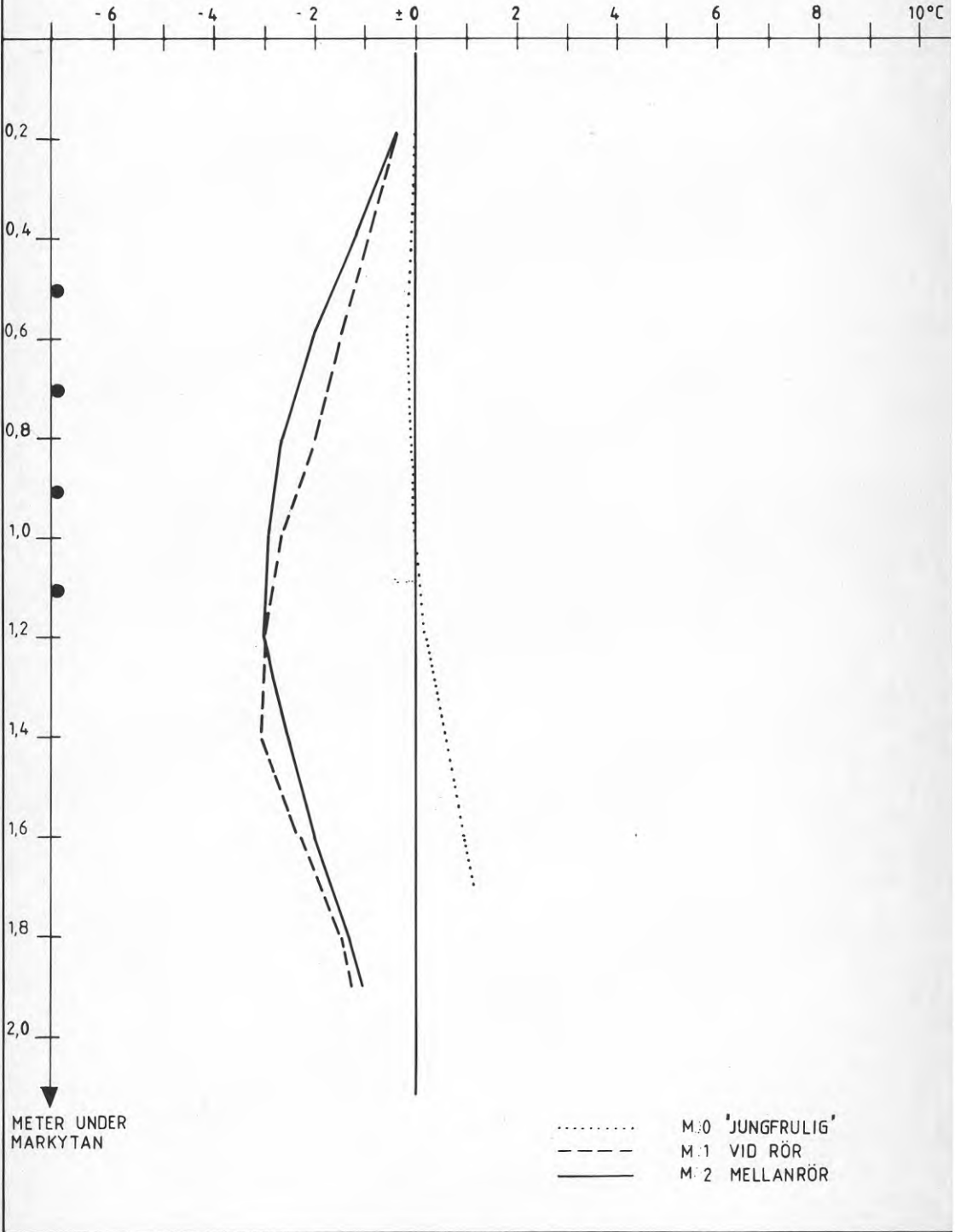
ETYDVÄGEN



# TEMPERATURPROFIL

81.03.30

ETYDVÄGEN

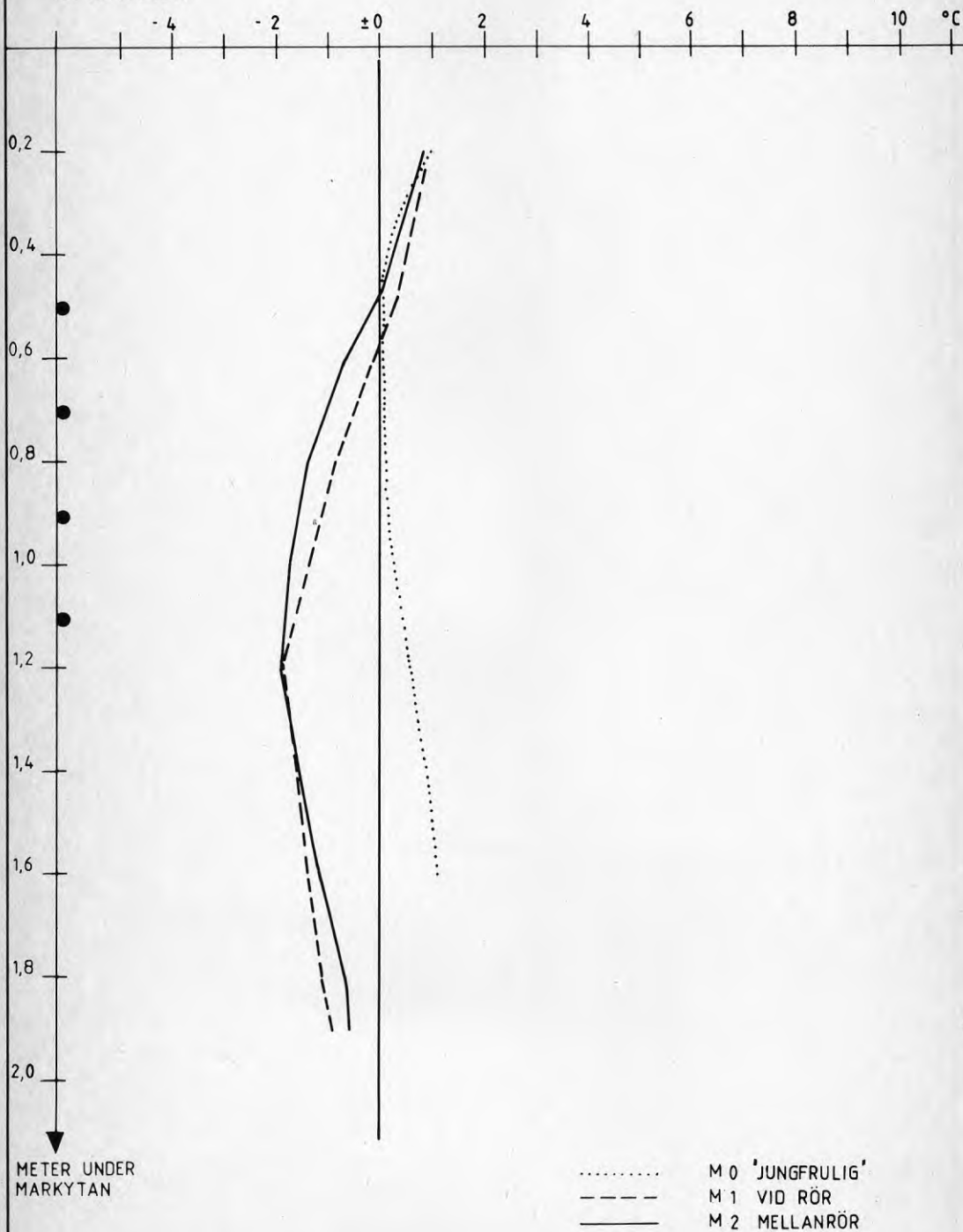




TEMPERATURPROFIL

81.04.21

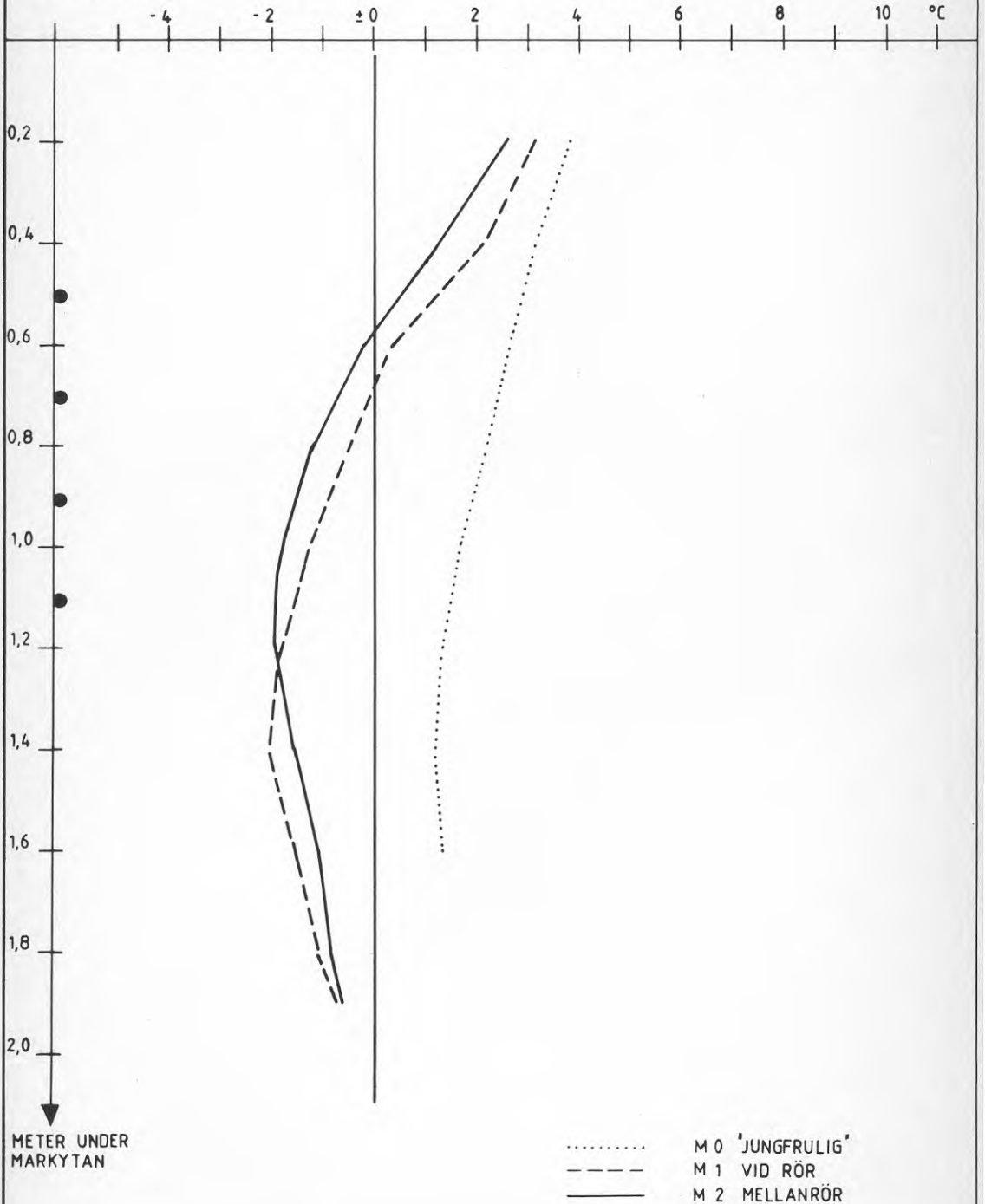
ETYDVÄGEN



# TEMPERATURPROFIL

81.05.08

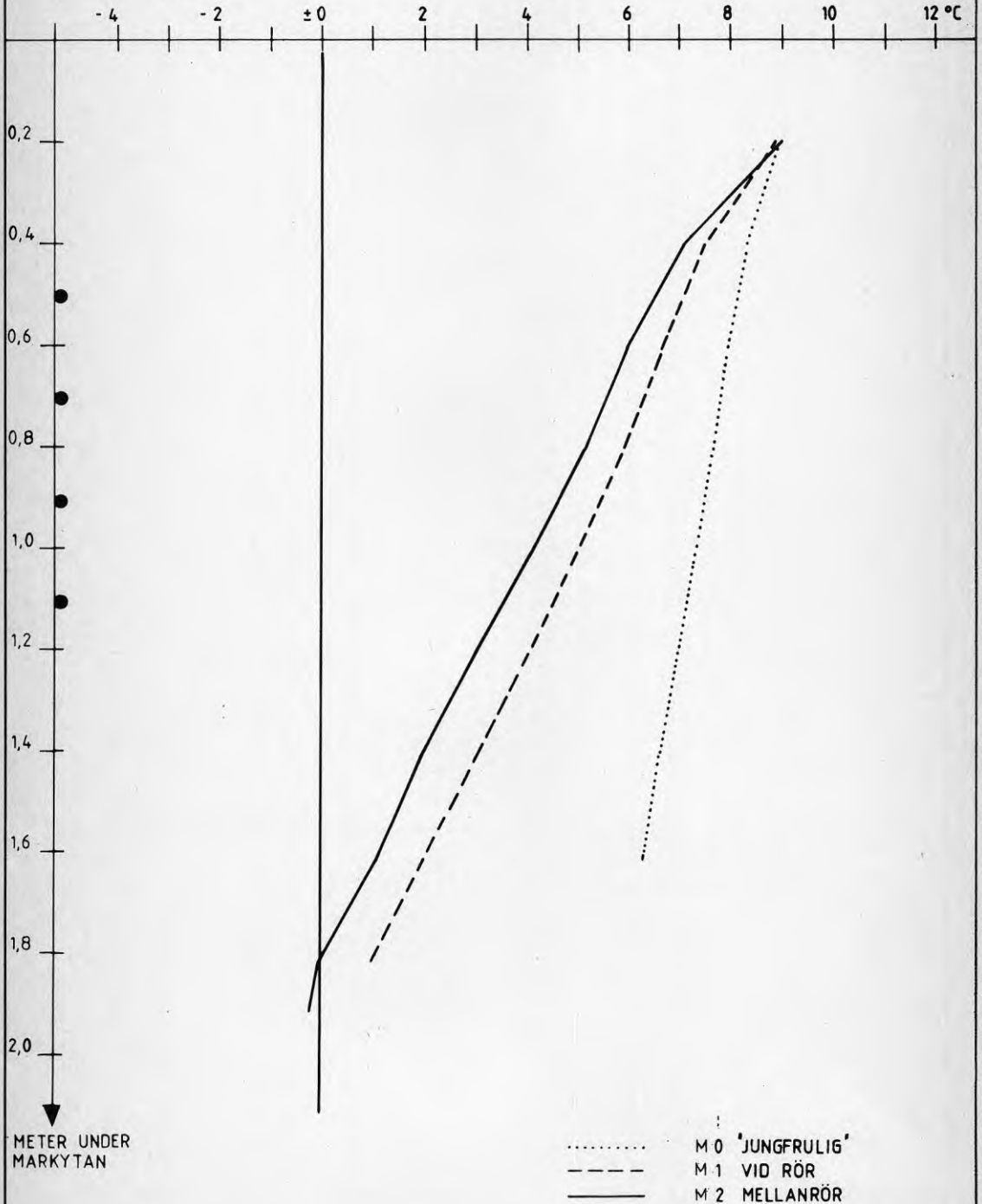
ETYDVÄGEN



TEMPERATURPROFIL

81.06.15

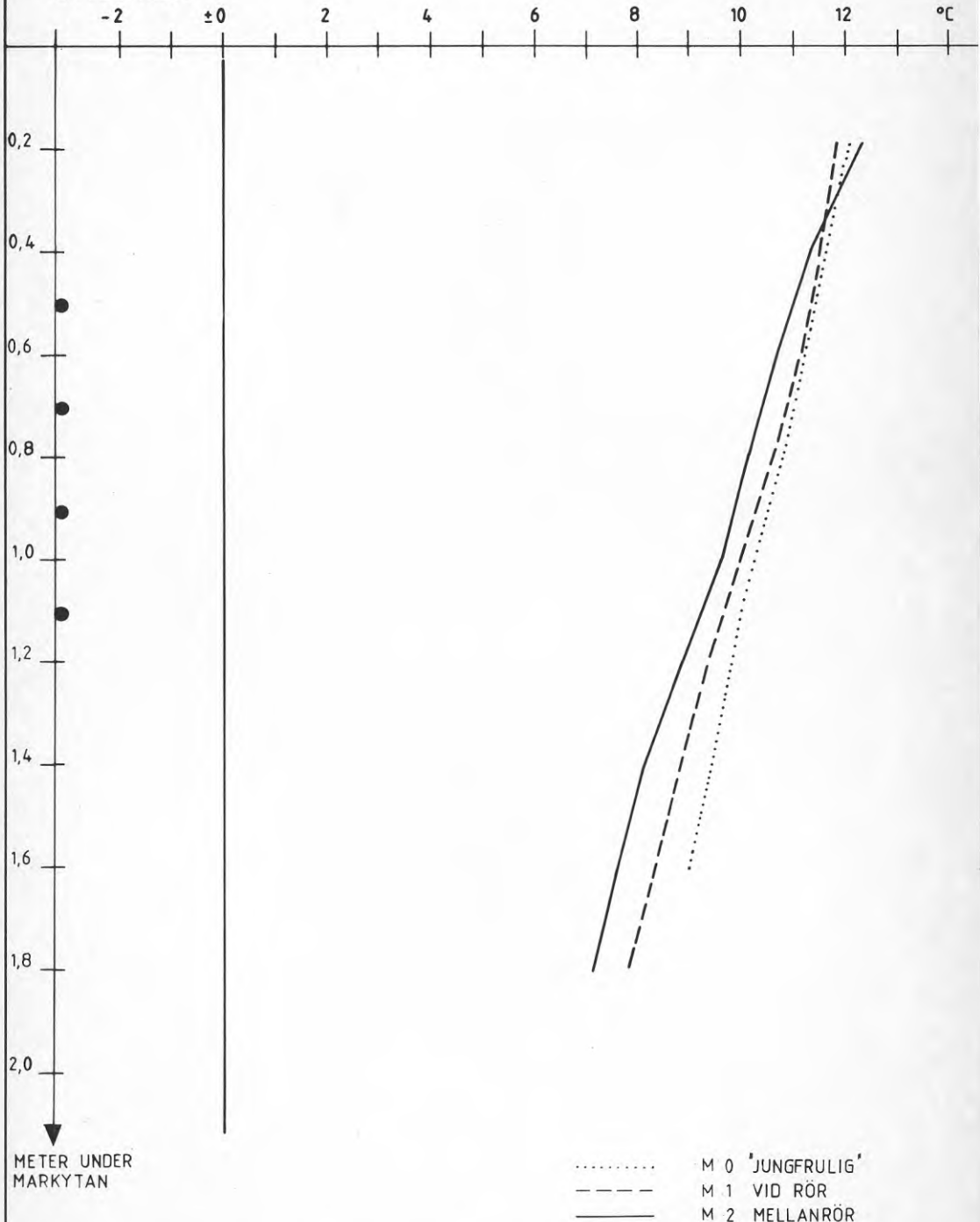
ETYDVÄGEN



TEMPERATURPROFIL

81.08.06

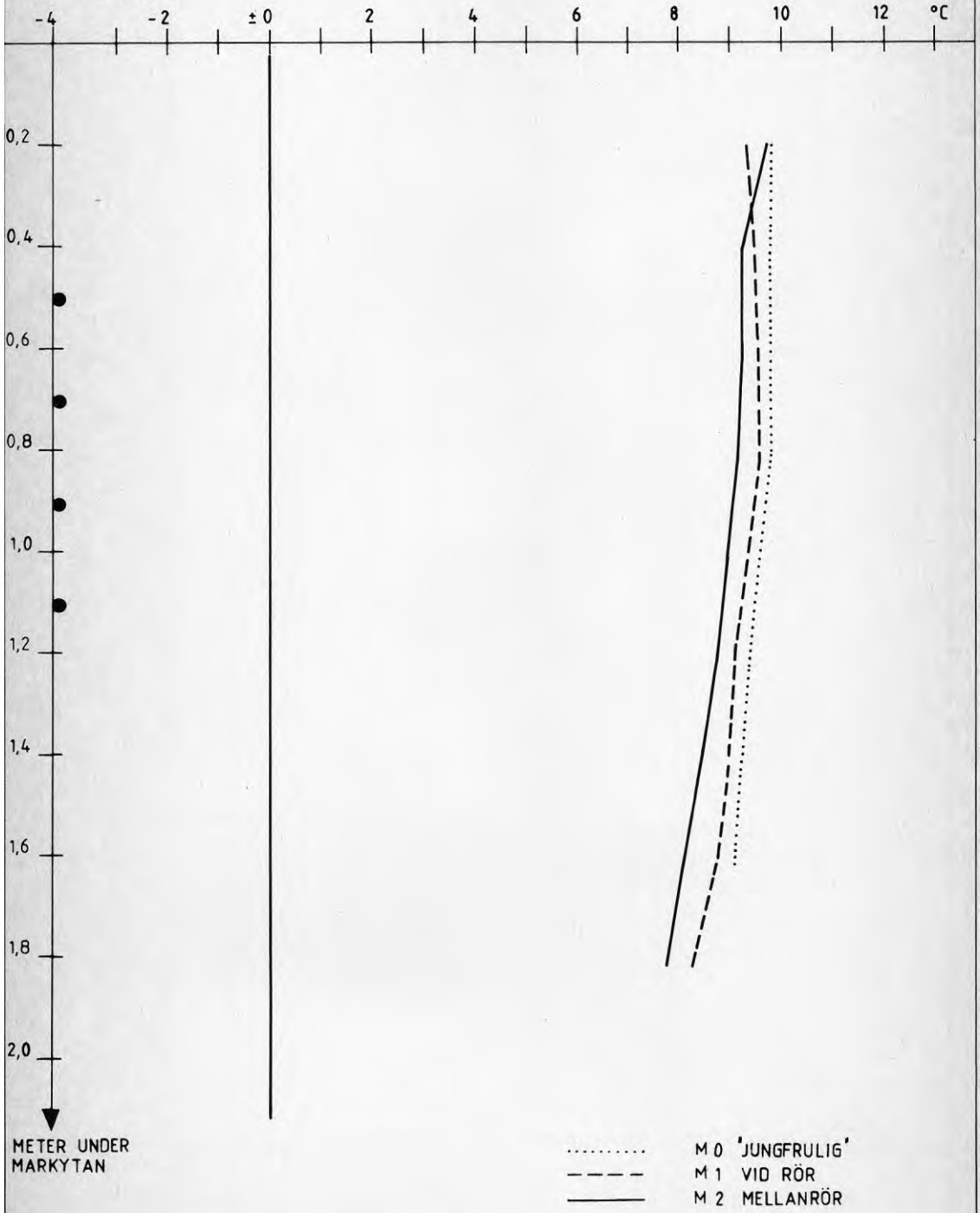
ETYDVÄGEN



# TEMPERATURPROFIL

81.08.31

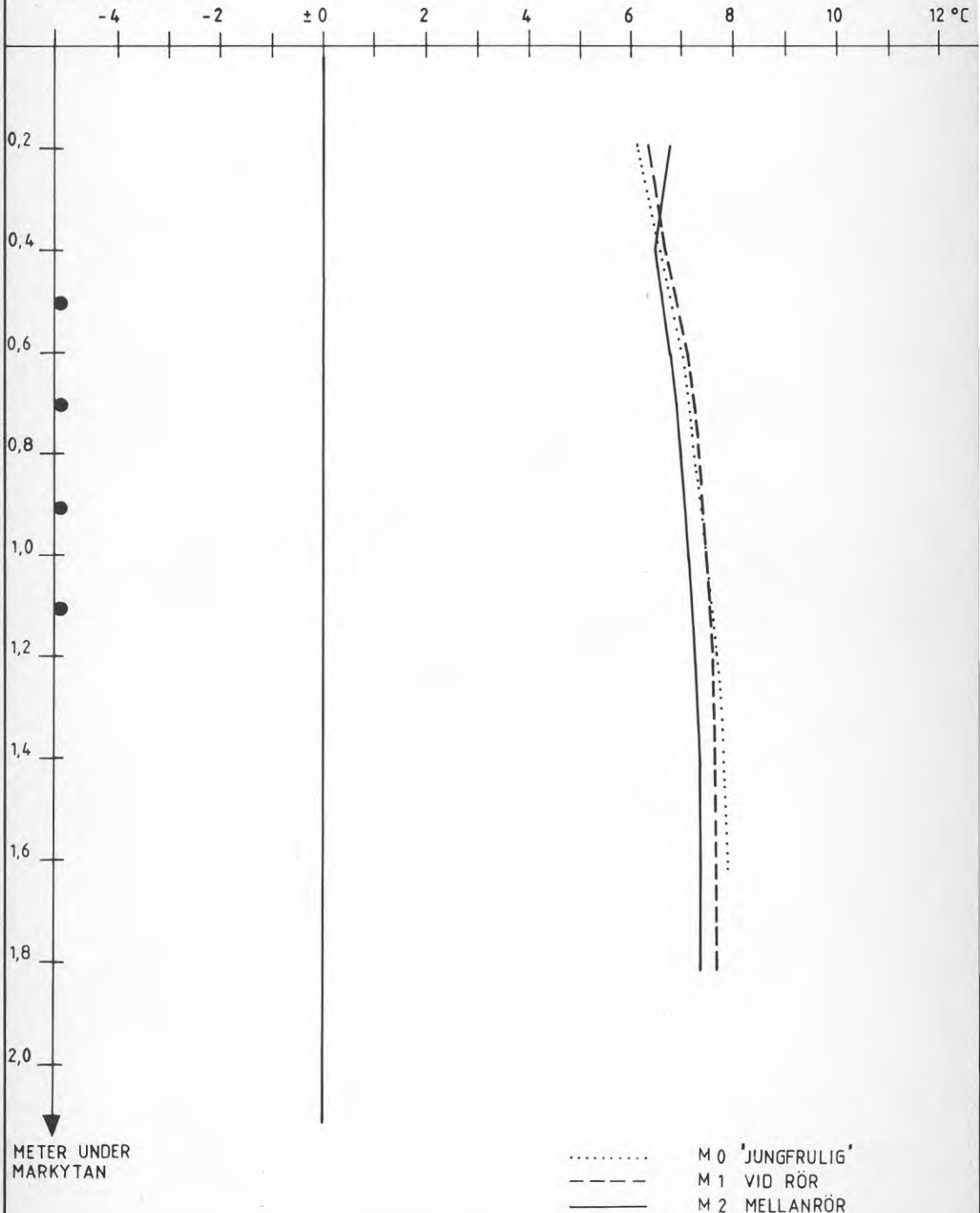
ETYDVÄGEN



# TEMPERATURPROFIL

81.10.14

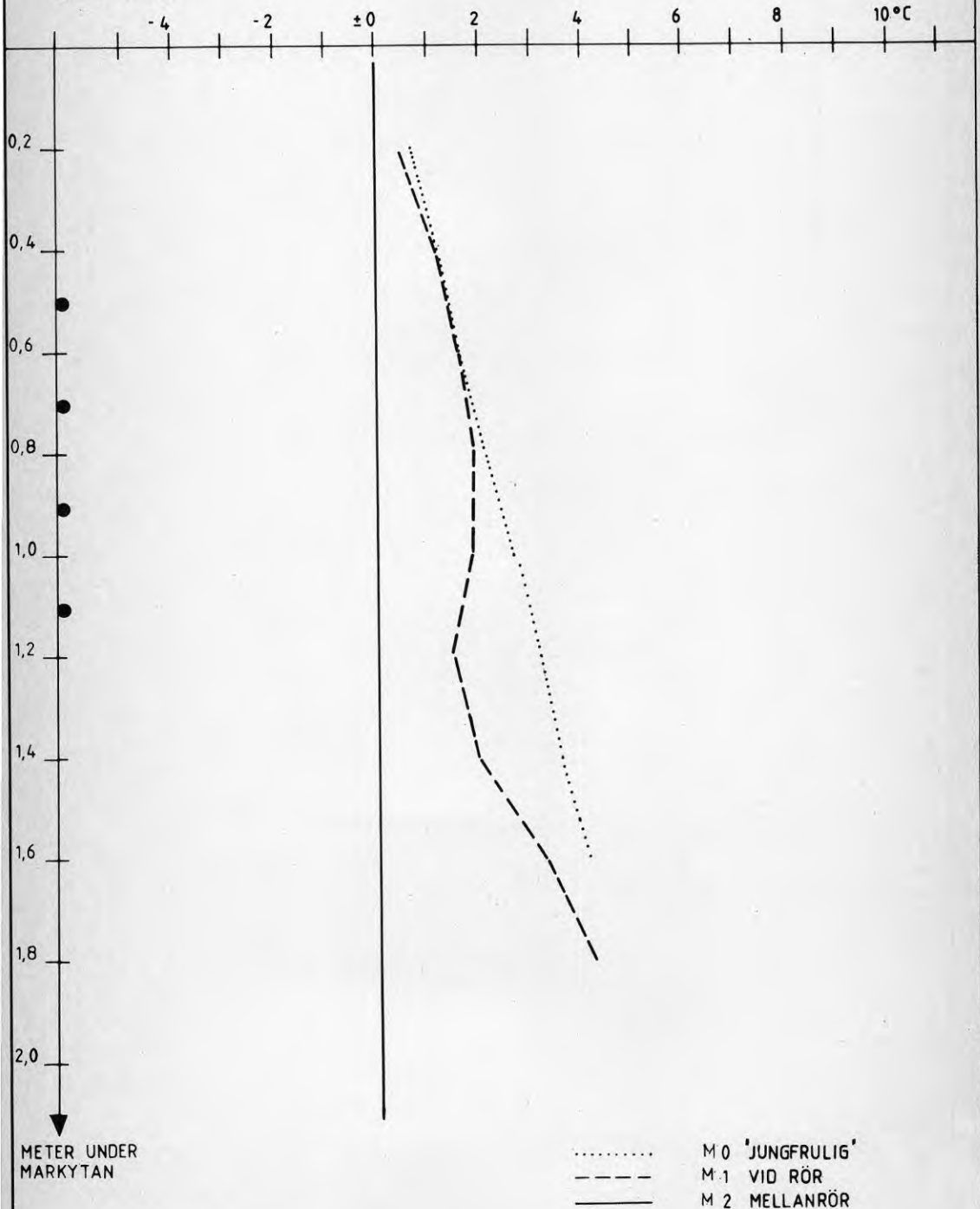
ETYDVÄGEN



# TEMPERATURPROFIL

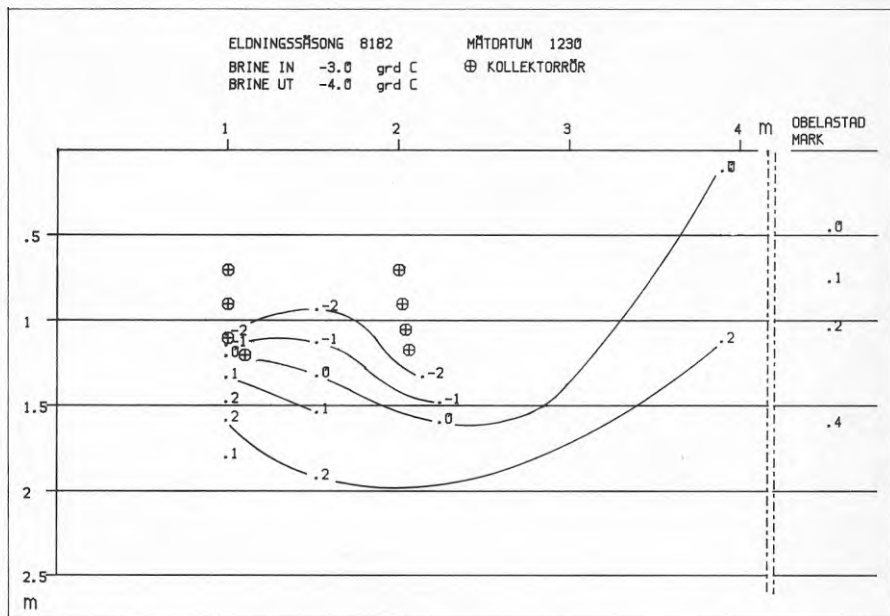
81.11.26

ETYDVÄGEN

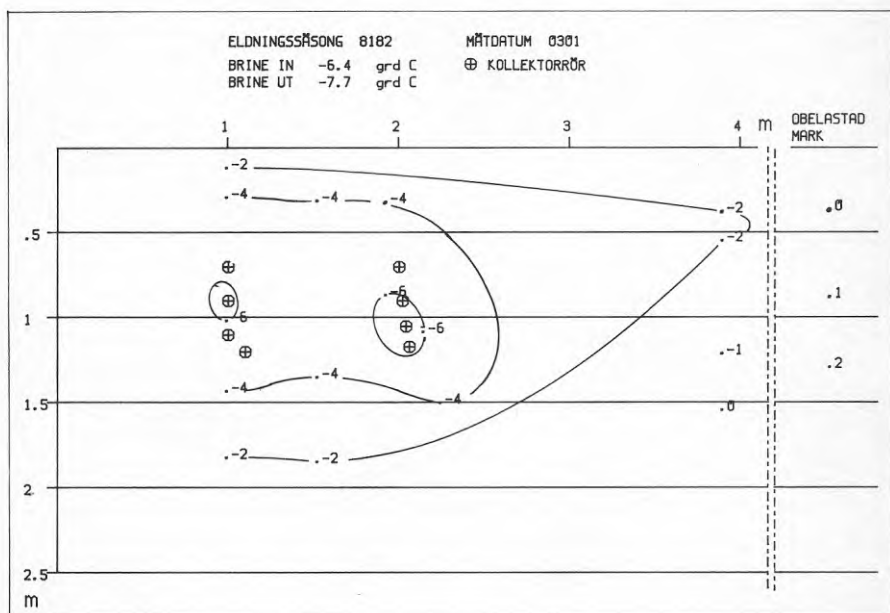




## BILAGA 3

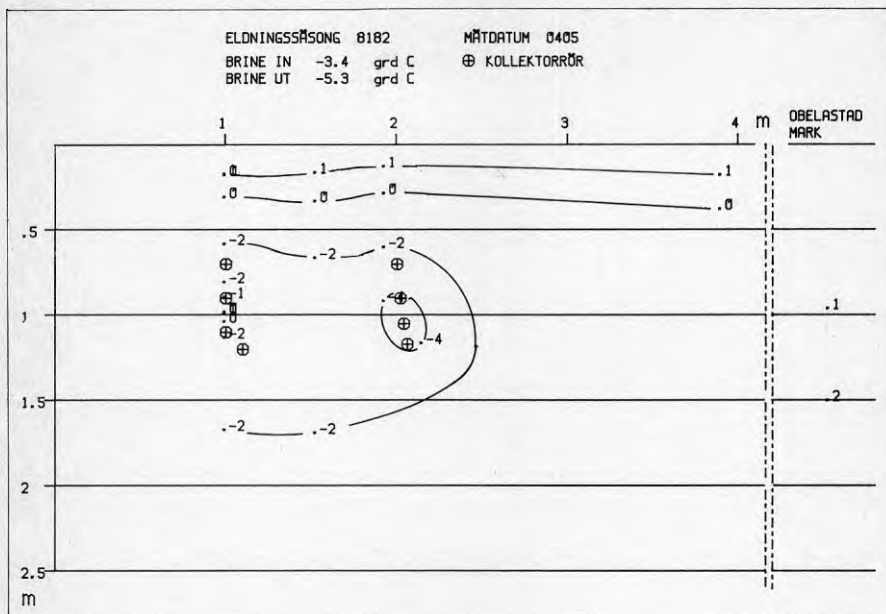


Temperaturfältet 30 december 1981.

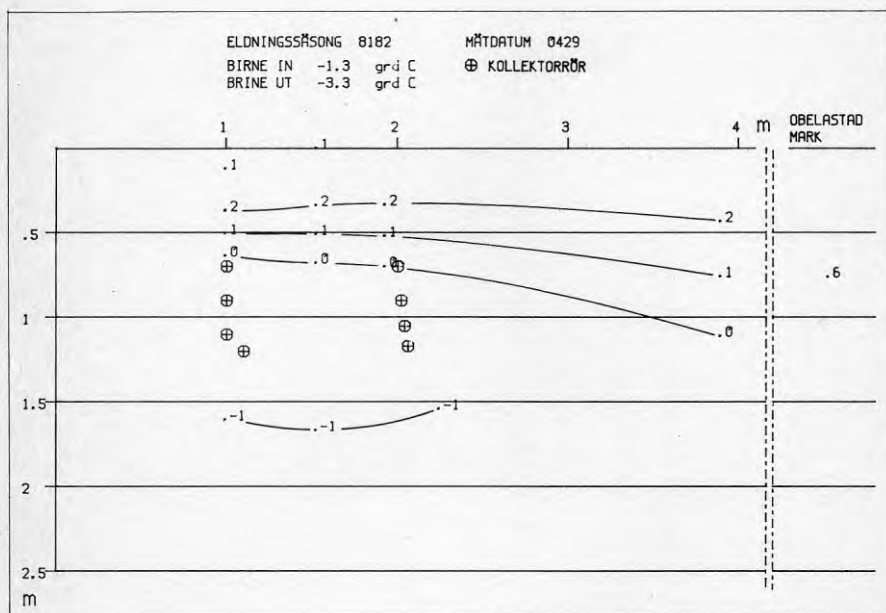


Temperaturfältet 1 mars 1982

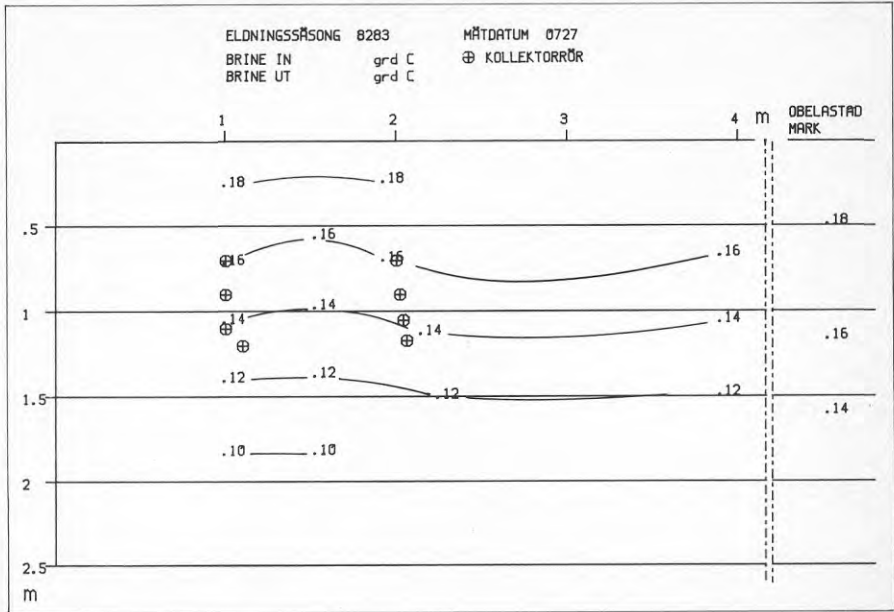
## BILAGA 3



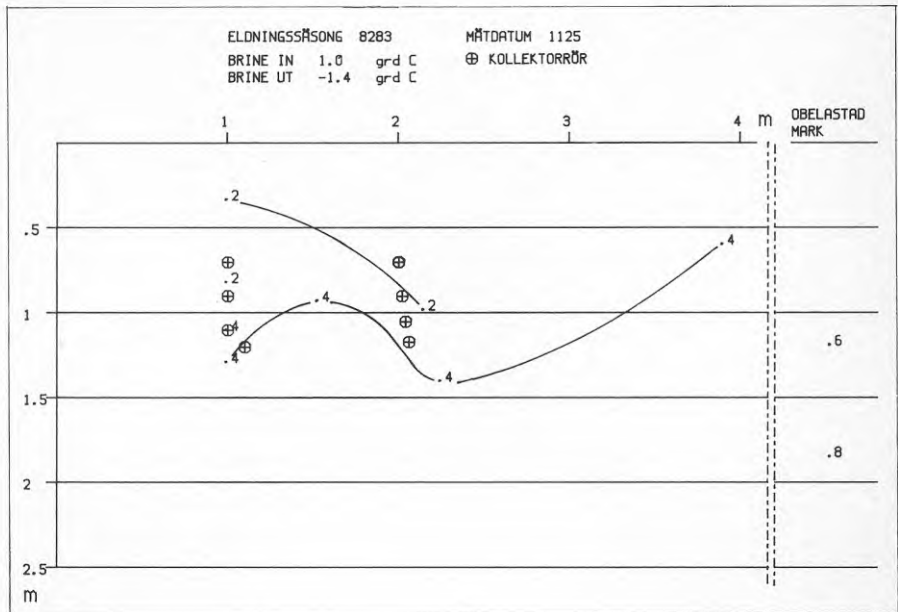
Temperaturfältet 5 april 1982.



Temperaturfältet 29 april 1982.

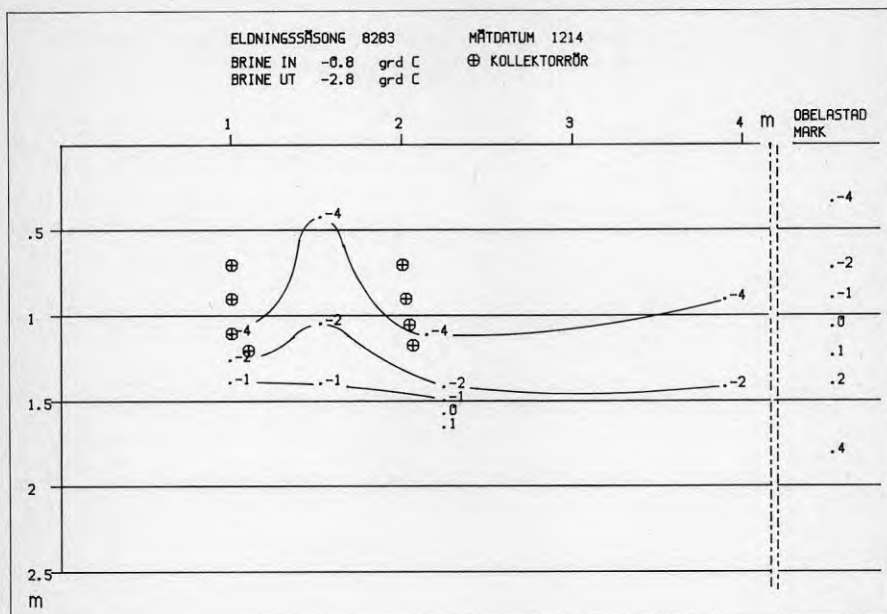


Temperaturfältet 27 juli 1982.

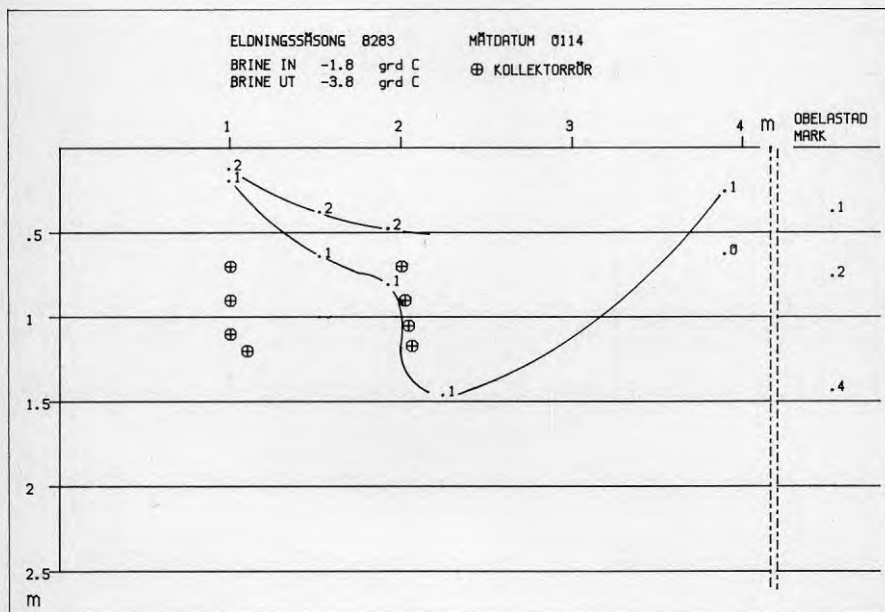


Temperaturfältet 25 november 1982.

## BILAGA 3

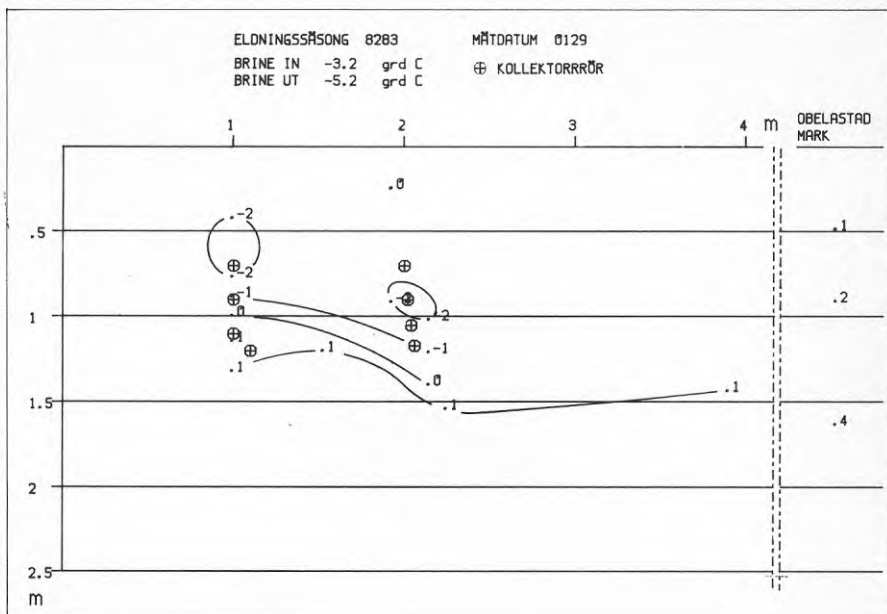


Temperaturfältet 14 december 1982.

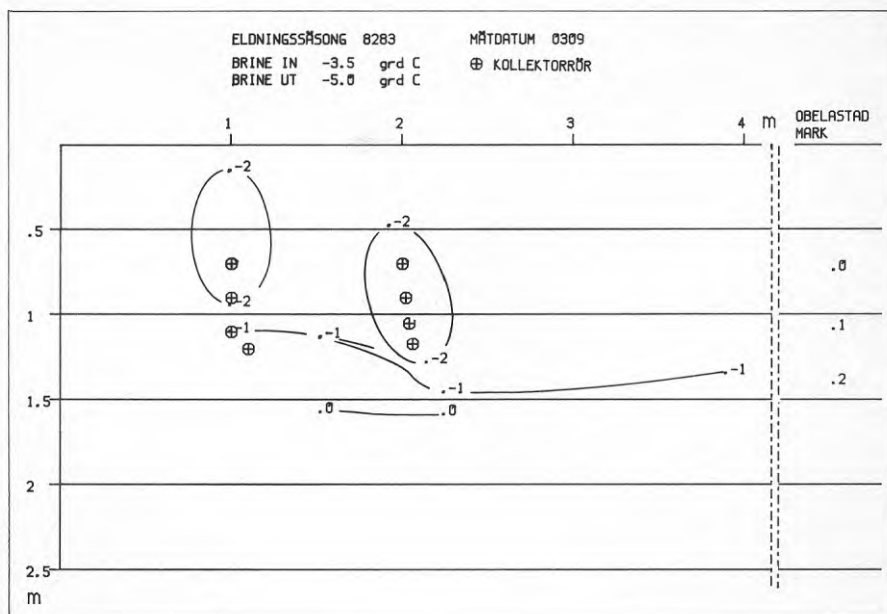


Temperaturfältet 14 januari 1983.

## BILAGA 3



Temperaturfältet 29 januari 1983.



Temperaturfältet 9 mars 1983.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801083-3 från Statens råd för byggnadsforskning  
till AB Thermia-Verken, Arvika.**

**R59: 1984**

**ISBN 91-540-4142-2**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704059**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 25 kr exkl moms**