



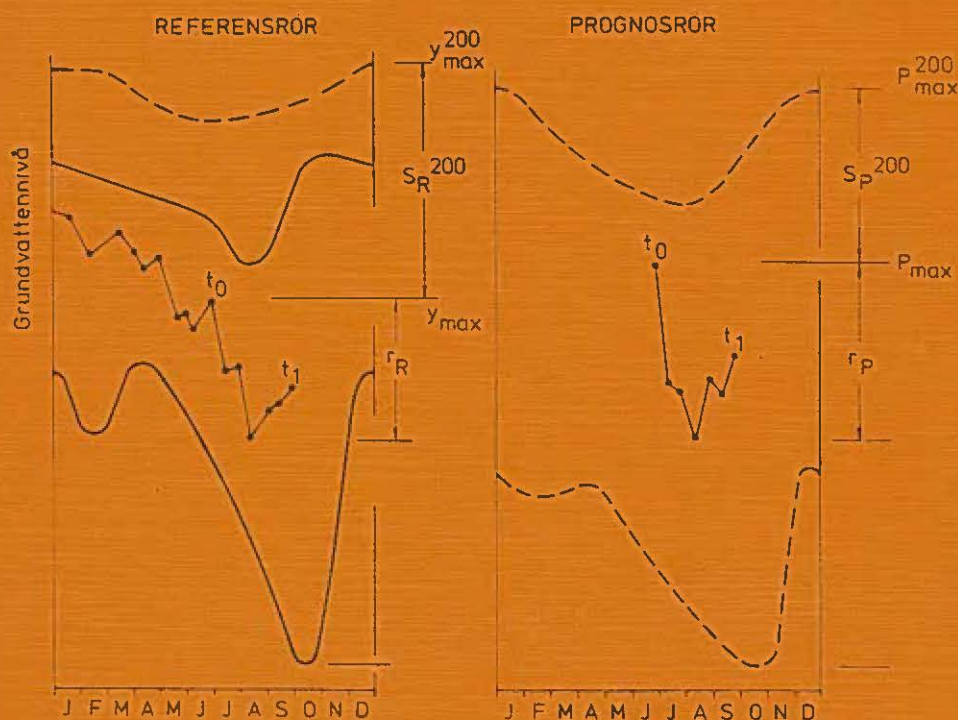
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

Beräkning av dimensionerande grundvattentryck

1. Göteborgsregionen



CHESTER SVENSSON
GÖRAN SÄLLFORS



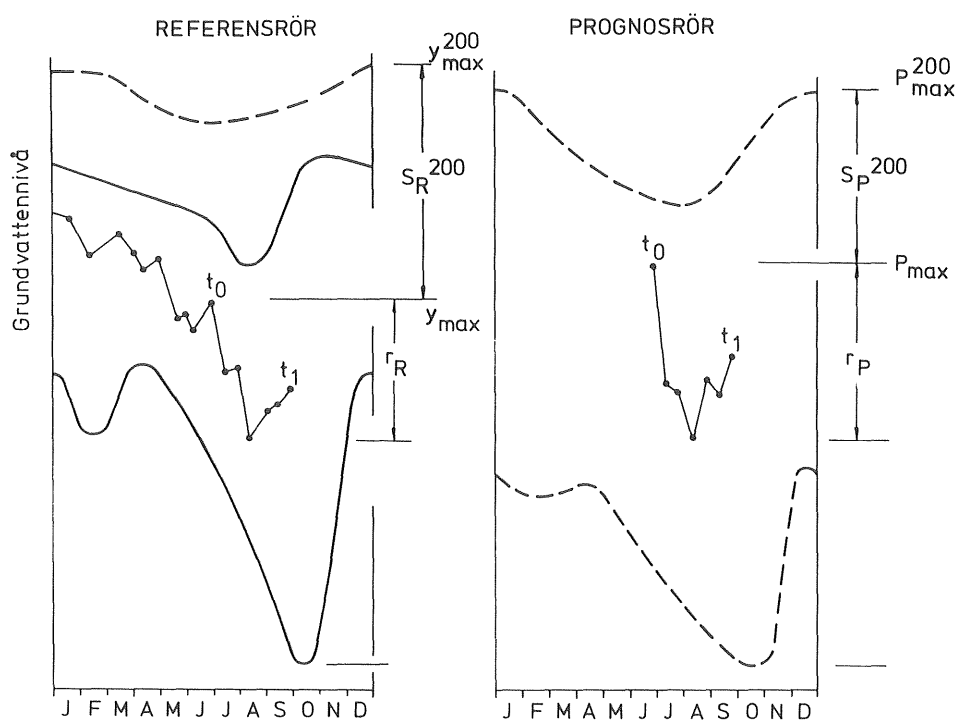
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

Beräkning av dimensionerande grundvattentryck

1. Göteborgsregionen



CHESTER SVENSSON
GÖRAN SÄLLFORS

Adress : Geohydrologiska forskningsgruppen
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Tel. 031/81 01 00/1648

FÖRORD

Det är allmänt känt att grundvattentrycket i marken varierar. De ingående styrande variablerna är många och förloppet är komplext. För ingenjören är det av vikt att kunna göra vissa förutsägelser om grundvattentryckets extremvärden, även om tillgängliga mätdata är starkt begränsade.

Som ett hjälpmedel presenteras här en arbetsmetod som möjliggör en relativt noggrann bestämning av det dimensionerande grundvattentrycket.

Detta projekt har delvis finansierats genom anslag från Byggforskningsrådet - BFR 780257-8. Projektet har utförts vid Geologiska institutionen och Institutionen för geoteknik med grundläggning, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Göteborg 1985-03-31

Chester Svensson

Göran Sällfors

INNEHALL

	Sid
FÖRORD	i
INNEHALLSFÖRTECKNING	ii
DEFINITIONER	iii
1 TEORI OCH BERÄKNINGSMETOD	1
1.1 Varför är grundvattentryckets variationer viktiga?	1
1.2 Grundvatten(tryck)nivåns variationer	2
1.3 Prognos av högsta grundvatten(tryck)nivå	5
2 REFERENSRÖR	7
2.1 Beskrivning av rörens läge	7
2.2 Statistisk behandling av årliga max- och minimivärden i referensrör	10
3 PROGLOS	13
3.1 Prognosrör	15
3.2 Val av referensrör	15
3.3 Beräkningsexempel	16
4 UPPFÖLJNING	21
REFERENSER	22
Bilaga 1: Referensrörs extremvärden, tabeller	
2: Referensrörs variationsbilder	
3: Arbetsplan	

DEFINITIONER

Variationsbredd = skillnaden mellan högsta och lägsta värde (kallas ofta felaktigt för amplitud).

Basic Time-lag = den tid det tar för vattenytan att återhämta 63% av en momentan höjning eller sänkning (Hvorslev, 1951).

Slugtest = test för bestämning av transmissivitet (och hydraulisk konduktivitet).

1 TEORI OCH BERÄKNINGSMETOD

1.1 Varför är grundvattentryckets variationer viktiga?

Vid byggande på och i mark krävs att säkerheten mot brott är be-
tryggande. Säkerhetsfaktorn (F), som vanligen används inom geo-
tekniken, definieras som kvoten mellan hållfasthet (τ_f) och mobi-
liserad skjuvspänning (τ_{mob}).

$$F = \frac{\tau_f}{\tau_{mob}} \quad (1)$$

Denna definition används oavsett om frågeställningen avser stabi-
litet för en schakt (med eller utan spont), bärighet för en bygg-
nad eller stabiliteten för en naturlig slänt.

Den mobiliserade skjuvspänningen (τ_{mob}) beräknas utifrån given
geometri och påförda laster medan skjuvhållfastheten är en del av
jordens egenskaper. I vissa fall, odränerad analys, betraktas
hållfastheten som en materialkonstant. I andra fall, dränerad
analys, beror hållfastheten av effektivspänningarna i jorden (σ')

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (2)$$

där c' = inre kohesion
 ϕ' = inre friktionsvinkel
 σ' = effektivspänning.

Eftersom effektivspänningen beror av portrycket

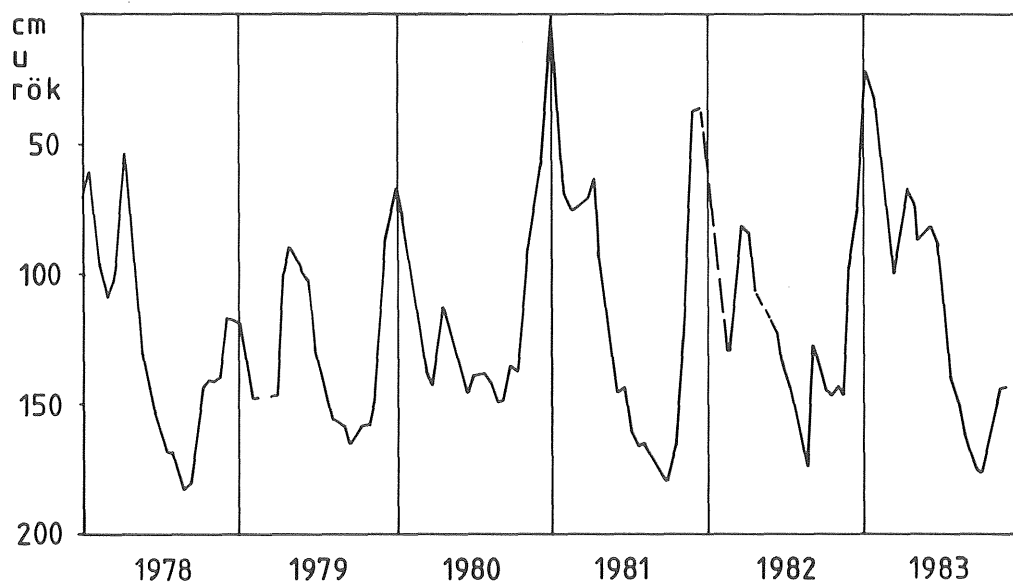
$$\sigma' = \sigma - u \quad (3)$$

där σ = totalspänning
 u = portryck

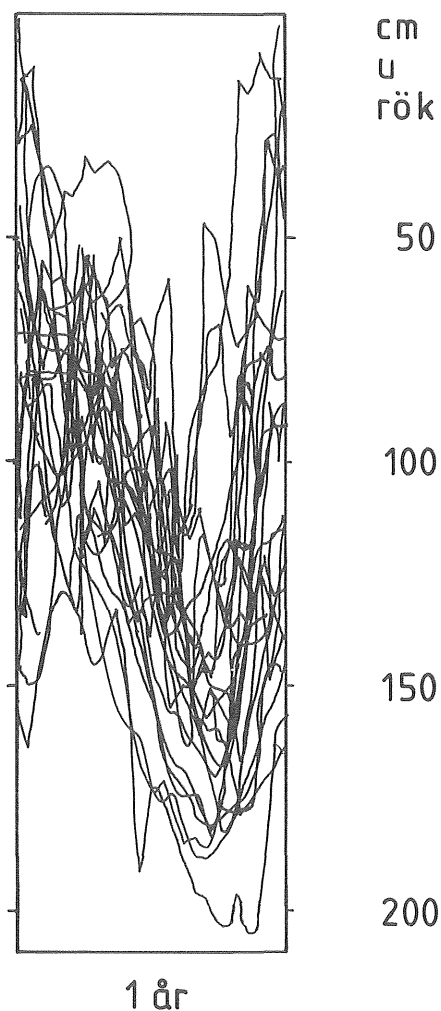
är således den dränerade skjuvhållfastheten starkt beroende av
portrycket. Portrycket, slutligen är i sin tur en funktion av
grundvattentrycket. Av ovanstående framgår att grundvattentrycket
har en avgörande inverkan på hållfastheten och således även på
säkerheten mot brott.

1.2 Grundvatten(tryck)nivåns variationer

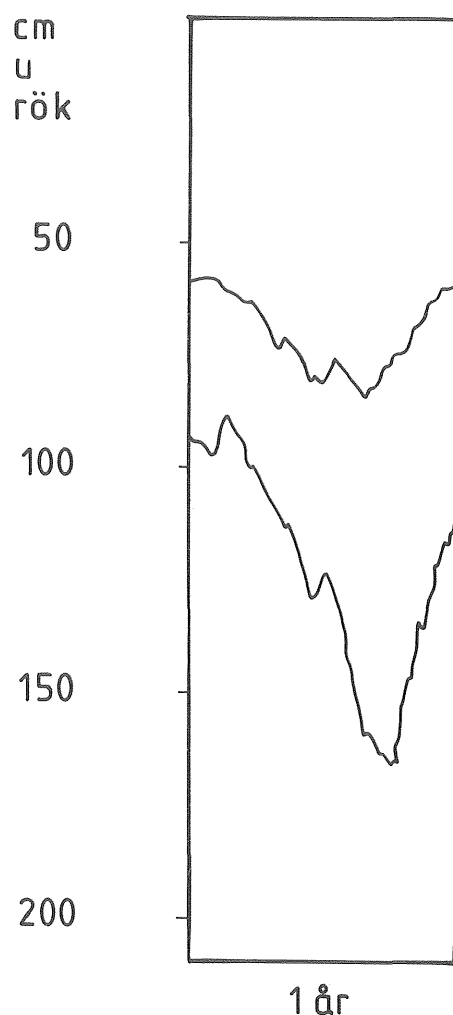
Grundvattentrycket varierar, stundom kraftigt, med nederbörd och årstid. I figur 1 visas hur grundvattentrycket kan variera under året i en sluten akvifer i västra Sverige. I figur 2 redovisas grundvattentrycksvariationerna för samma rör för en 24-årsperiod. Av figurerna framgår ett typiskt mönster; grundvattentrycket har normalt ett maximivärde på hösten medan de lägsta värdena oftast inträffar på sommaren. En viss skillnad i variationerna fås beroende på om det aktuella röret står i hög- eller lågläge, se figur 3.



Figur 1 Grundvattennivåns variation i ett observationsrör på västkusten under ett antal år.



Figur 2 Variationerna hos grundvattennivån under ett antal år sammanritade ger en uppfattning om spridningen mellan olika år men också en bild av regelbundenheten.

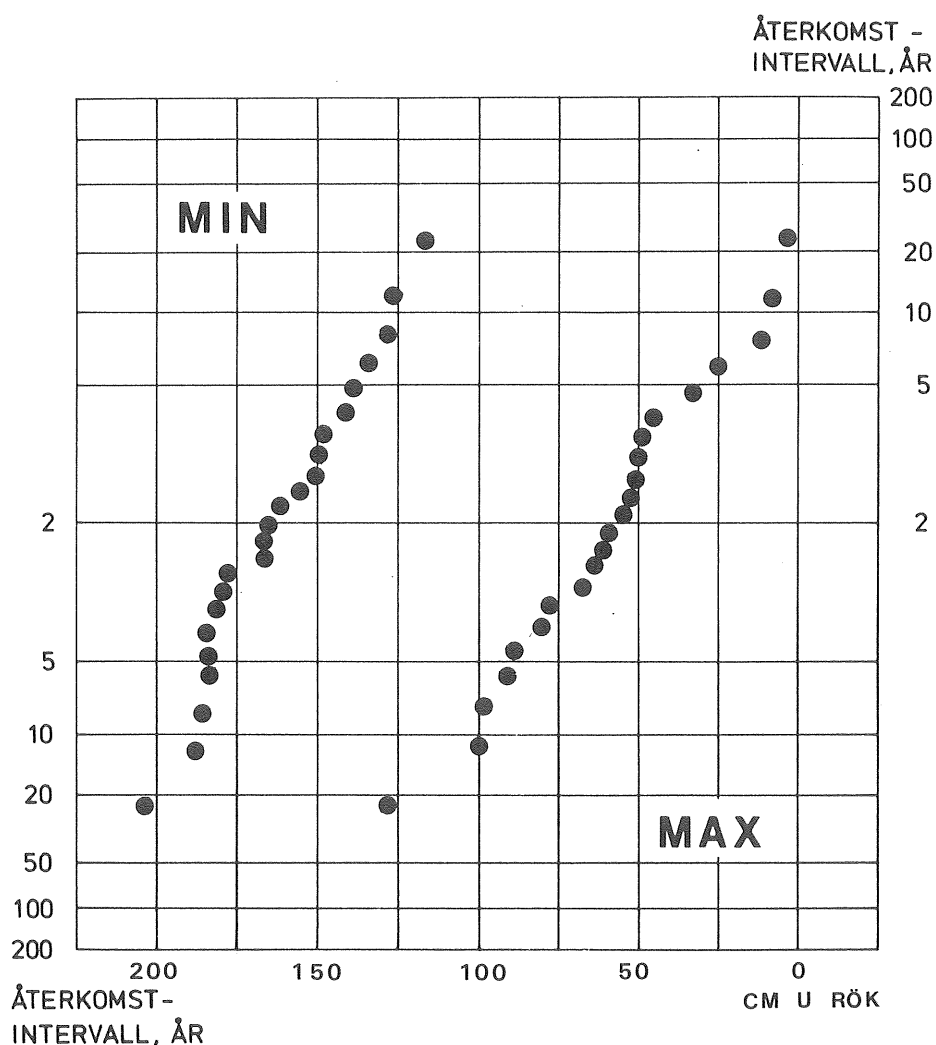


Figur 3 Grundvattennivån varierar olika i högläge (nedre kurvan) och lågläge (övre kurvan). I högläge är variationerna större än i lågläge.

I brottproblem av den typ som omnämnts i föregående avsnitt är det det högsta grundvattentrycket som är av intresse, eftersom den dränerade skjuvhållfastheten då antar sitt lägsta värde. Av viss betydelse är även varaktigheten av de höga grundvattentrycken.

En analys av de högsta värdena (extremvärdena) kan göras på följande sätt. Det högsta värdet från varje hydrologiskt år (1/10-30/9 för södra Sverige) läses ur kurvskaran, figur 1. En statistisk fördelning anpassas till denna mätserie av extremvärden. Med hjälp av denna fördelning kan sedan det grundvattentryck som återkommer med visat tidsintervall (exempelvis 100, 200 eller 500 år bestämmas).

Författarna har i tidigare rapporter (Svensson & Sällfors, 1982, Svensson, 1984) visat att normalfördelning kan användas för att beskriva extremvärdenas fördelning. I figur 4 har extremvärdena från figur 2 inritats på ett normalfördelningspapper.



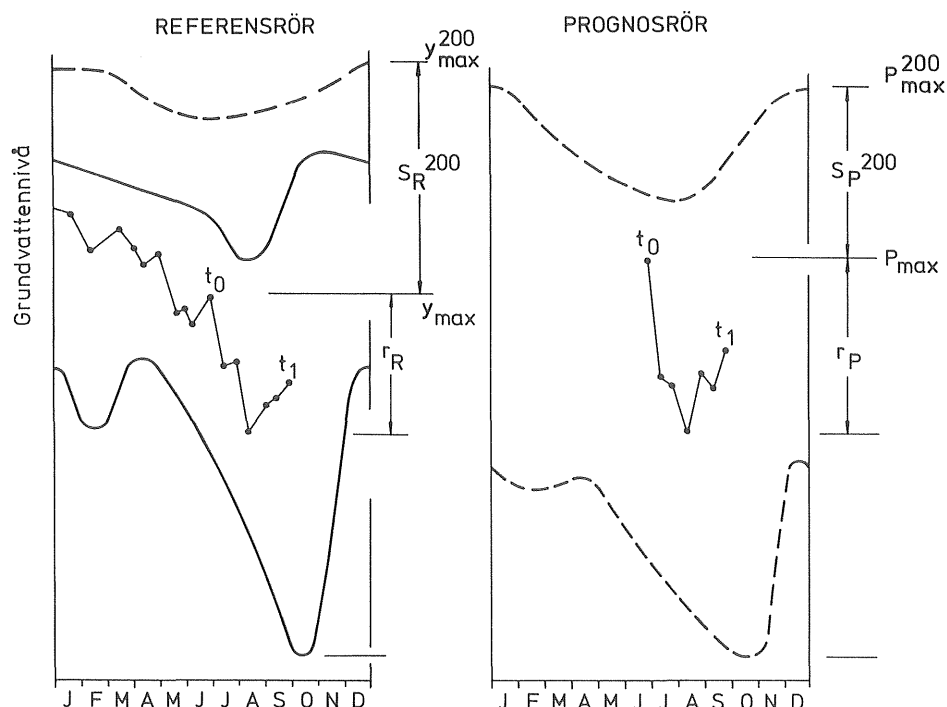
Figur 4 Plot av årliga maximi- och miniminivåer för grundvattennivån i rör 1303 på normalfördelningspapper.

1.3 Prognos av högsta grundvattentryck

När ett område skall bebyggas är det ganska sällan som det finns några längre mätserier av grundvattentrycket i det aktuella området. Vanligen görs mätningar av grundvattentrycken endast i samband med projekteringar och mätperioden är då endast någon eller några månader. En viktig iakttagelse är att grundvattentrycken i närbelägna akviferer samvarierar. Även om amplituderna är olika synes grundvattentrycksvariationerna tidsmässigt stämma överens om man inte har för stora krav på tidsupplösningen. Dessutom är variationerna under en kort tidsperiod i stort proportionella mot den totala variationsbredden. I ett omfattande forskningsprojekt har följande hypotes studerats och funnits fungera väl.

I den akvifer där ett dimensionerande grundvattentryck skall bestämmas bör grundvattentrycket mätas med avläsning två gånger per månad under minst tre månader. Den maximala variationsbredden, se figur 5, jämförs sedan med ett utvalt referensrör, för vilket långtidsobservationer finns.

Det dimensionerande grundvattentrycket i den nya akviferen beräknas enligt följande formel (jmf figur 5).



Figur 5 Beteckningar för beräkningsmetodens formler.

$$P_{\max}^{200} = P_{\max} - S_R^{200} \cdot \frac{r_P}{r_R} \quad (4)$$

där

$P_{\max}$ = maximinivå i prognosröret under beräkningsperioden

$$S_R^{200} = |y_{\max}^{200} - P_{\max}| \quad (5)$$

$y_{\max}^{200}$ = maximinivå för referensröret med återkomsttiden 200 år

r_P = variationsbredden hos grundvattennivån i prognosröret under perioden

r_R = variationsbredden hos grundvattennivån i referensröret under samma period.

Beräkningen utförs lämpligen med successivt förlängd observationsperiod.

Två saker måste särskilt beaktas innan ovanstående hypotes kan användas:

- A. De bägge områden där referensröret och prognosröret är belägna måste ligga tillräckligt nära varandra, i samma klimatzon. I Göteborgsområdet torde detta avstånd vara ca 50 km.
- B. Tillförlitligheten i prognosen ökar om prognosröret och referensröret har likartade lägen i respektive akvifer (högläge, lågläge etc).

Ovanstående hypotes är inte invändningsfri, men den har systematiskt testats på ca 25 grundvattenrör, för vilka långtidsvariationer finns (Svensson, 1984). Det är författarnas uppfattning att med hjälp av denna hypotes beaktas grundvattentryckets variationer och tillförlitligheten i en brottanalys höjs väsentligen i förhållande till tidigare praxis.

2 REFERENSRÖR

Med referensrör menar vi ett grundvattenobservationsrör med lång observationsserie och känd hydrogeologisk status. I Sverige finns hos Sveriges geologiska undersökning sedan mitten av 1960-talet en insamlingsenhet för grundvattennivådata benämnt Grundvattennätet. Detta organiserar insamling av data från ca 70 områden i landet, vardera med ett antal observationspunkter. Grundvattennivåer uppmättes manuellt två gånger per månad (15:e och sista i varje månad är riktdatum). I Göteborgsregionen finns tre områden varifrån grundvattennivådata införs i Grundvattennätets databas, nämligen Sandsjöbackaområdet (52), Harestadsområdet (53) och Härskogenområdet (54). Siffrorna anger områdenas nummer i databasen. Rören är sedan numrerade inom respektive område. Rör tre i Harestad benämns således 5303 eller 53003. Rören i de tre Göteborgsområdena är s k 2" galvaniserade järnrör drivna med hejarbock 1970-71.

För beräkningarna i denna skrift har nio referensrör utvalts i Göteborgsregionen; tre rör i vardera området 52, 53 och 54. I Sandsjöbackaområdet rören 5202, 5208 och 5214. I Harestadsområdet rör 5302, 5310 och 5313; i Härskogenområdet 5405, 5410 och 5414.

2.1 Beskrivning av rörens lägeRör 5202

Detta rör står i en liten sidodal till en av de nordsydliga större dalarna i Sandsjöbackaområdet. Röret står nära den avvattnande bäcken i sänkans botten, men ganska nära sidodalens mynning i den större. Detta innebär att grundvattenytan i detta läge inte är dämnd, utan grundvattentrycknivån (det är lera på sand och morän) fluktuerar som om röret stod i en sluttning. Variationsbredden har under observationsperioden (1970-) varit 167 cm. Röret är 6.1 m långt och silen står i finsand, vilken underlagras av moig morän. Det är drygt 5 m lera i ytan och den slutna akviferen har en transmissivitet av ca $2 \cdot 10^{-5}$ m/s (bestämt medelst provpumpning och slugtest). Tidsfördröjningen (basic time-lag) för vattennivån i röret är 6 min 20 sek.

Rör 5208

Detta rör står vid Grönabur i östra sluttningen av den nord-sydliga dalen söder om Sandsjön i Sandsjöbackaområdet. Sluttningen består av lera, ca 13 m, på relativt tunt lager sand och morän. Röret står i nedre delen av sluttningen och jordlagren. Variationsbredden har under observationsperioden (1970-) varit 183 cm. Transmissiviteten har med slugtest bestämts till $4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ och basic time-lag är 9 min.

Rör 5214

Detta rör står i en liten dalgång mellan Hålevatten och Mellsjön i Sandsjöbackaområdet. Röret står i dalbottnens högsta punkt ("sadelpunkt") och är 8 m djupt under markytan. I markytan lera och därunder ganska tunna lager av sand och morän. Grundvattentrycknivåns variationsbredd under perioden 1970- har varit 200 cm. Transmissiviteten har med slugtest bestämts till $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ och basic time-lag till 4 minuter. Rörets läge kan betraktas som högt sluttningsläge.

Rör 5302

Detta rör står i Harestadsdalens sydöstra del. I nedre delen av den ganska flacka dalsidan, ca 6 m lera på tunt lager sand. Sandlagret är här, liksom i hela Harestad mycket tunt, några tiotal cm och morän saknas. Grundvattentrycknivåns variationsbredd har under perioden 1971- varit 186 cm. Transmissivitet och basic time-lag är inte dokumenterade, på grund av att röret var böjt under den aktuella perioden (påkört av snöplog).

Rör 5310

Detta rör står i den svaga sluttningen strax nordväst om Harestads kyrka. 9.5 m djupt i lera underlagrad av tunt lager friktionsmaterial. Här är sluttningens lutning mycket liten och röret bör betraktas som stående i sluttningens övre del. Variationsbredden hos grundvattentrycknivån har varit 180 cm under perioden 1971-83. Någon bestämning av transmissivitet och time-lag föreligger ej.

Rör 5313

Detta rör står mellan två små bergknallar nordöst om den stora Harestadsdalgången. Nio meter lera på friktionsmaterial ger här en sluten akvifer med stor variationsbredd hos grundvattentryck-nivån, hela 288 cm har noterats under perioden 1971-. Röret bör betraktas som stående i högt sluttningsläge. Transmissiviteten är hög och basic time-lag var 4 minuter vid slugtest 1982.

Rör 5405

Detta rör står på en bergsplatå i Härskogsområdet vid utloppet från en liten mosse. Markmaterialet är morän överlagrad av ett tunt torvtäcke. Grundvattenmagasinet är således öppet (öppen akvifer) och terrängläget får betecknas som lågläge. Variationsbredden hos grundvatennivån har under observationsperioden (1970-) varit 93 cm. Röret är 4.7 m djupt och silen står i moig morän. Uppgifter om transmissivitet och basic-time-lag föreligger ej.

Rör 5410

Detta rör står i Gaddåns dalgång i Härskogenområdet, i dalgångens botten. Markmaterialet utgörs av morän och grundvattenmagasinet är således öppet. Moräntäcket här är ganska tunt och magasinet likaså. Terrängläget torde betraktas som lågläge. Variationsbredden hos grundvattenytan har under observationsperioden (1970-) varit 139 cm. Röret är bara 2 m djupt och silen står i moig morän. Uppgifter om transmissivitet och basic time-lag föreligger ej.

Rör 5414

Detta rör står i Gaddåns dalgång i Härskogenområdet, i dalgångens östra sluttnings strax norr om Vibosjön. Markmaterialet utgörs av isälvsavlagring och grundvattenmagasinet är av öppen typ. Denna isälvsavlagring är mycket liten och grundvattenmagasinet är också mycket litet. Röret är drygt 3 m djupt och terrängläget får betraktas som lågt sluttningsläge. Grundvattenytans variationsbredd under observationserpioden (1970-) har varit 107 cm. Uppgifter om transmissivitet och basic time-lag föreligger ej.

2.2 Statistisk behandling av årliga max- och minimivärden i referensrör

För att kunna utnyttja referensrörens långa mätserier så mycket som möjligt är en statistisk behandling nödvändig. Målet för denna är att få ett begrepp om storleken av de årliga högsta och lägsta nivåerna under en längre tidsperiod än den aktuella 10-20 årsperioden. Genom ett större antal bearbetningar av längre mätserier (upp till 120 år) har vi funnit att vi kan utnyttja normalfördelning (Svensson & Sällfors, 1981, Svensson, 1984).

För prognos av höga eller låga nivåer med normalfördelning behöver man räkna ut medelvärde och standardavvikelse för serien av årliga max-värden resp. min-värden. Därefter beräknar man extremvärdet med en enkel formel. Härvid skall man veta vilket återkomstintervall man skall använda ("riskbedömning").

Maximivärdet med visst återkomstintervall (T) beräknas som

$$y_{\max}^T = \bar{y}_{\max} \pm t_T s_{\max} \quad (6)$$

där

$\bar{y}_{\max}$ = medelvärdet av de N maximivärdena

$s_{\max}$ = standardavvikelsen för dessa

t_T = frekvensfaktor enligt tabell 1.

Tabell 1 Frekvensfaktorn t_T för normalfördelning vid olika återkomstintervall (Pearson & Hartley, 1972).

T år	t_T
10	1.2816
20	1.6449
50	2.0538
100	2.3264
200	2.5758
500	2.8782

Arbetsgång vid behandling av de årliga extremvärdena:

- 1) rangordna maximivärdena eller minimivärdena för referensröret
- 2) beräkna plottnings sannolikhet med Weibulls formel:

$$P = (N+1-m)/(N+1) \text{ för max-värden} \quad (7)$$
- 3) plotta på normalfördelningspapper
- 4) beräkna medelvärde $\bar{y}_{\max}$ (eller $\bar{y}_{\min}$)
- 5) beräkna standardavvikelsen $s_{\max}$ (eller $s_{\min}$)
- 6) beräkna extremvärde med önskvärt återkomstintervall med ekvation 6.

Exempel

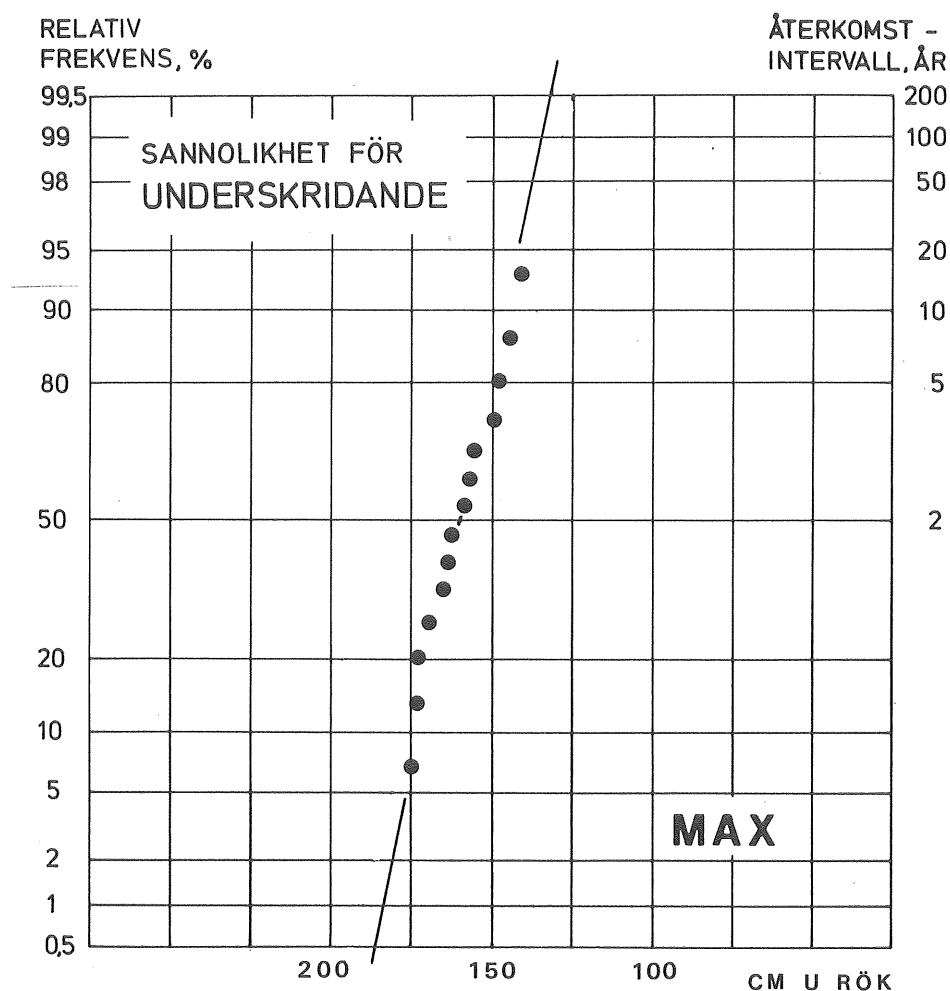
Beräkning av grundvattennivåns maximivärde i rör 5202 med återkomsttiden 100 år och 200 år. Basdata ur bilaga 1-2, rangordnade i stigande skala:

Moment 1)+2) i tabell 2.

Tabell 2

Rang m	Max.nivå	År	Plot.sann P
1	142	1970	0.933
2	145	1974	0.867
3	149	1972	0.800
4	150	1976	0.733
5	157	1973	0.667
6	157	1977	0.600
7	159	1971	0.533
8	163	1980	0.467
9	164	1982	0.400
10	166	1981	0.333
11	170	1075	0.267
12	173	1978	0.200
13	173	1979	0.133
14	176	1983	0.067

- 3) Dessa rangordnade värden $p_1 \dots p_{14}$ plottas på sannolikhetspapper, figur 6.



Figur 6 Plot av årliga maximivärden för grundvattennivån i referensrör 5202 under perioden 1970-84.

$$4) \quad \bar{y}_{\max} = (\sum y_{\max})/N = 160.3 \text{ cm} \quad (6)$$

$$5) \quad s_{\max} = \sqrt{(\sum y_i^2 - N\bar{y}^2)/(N - 1))} = 10.9 \text{ cm} \quad (7)$$

- 6) Beräkning av maximinivå i referensröret med återkomstintervallet 100 resp. 200 år (t ur tabell 1).

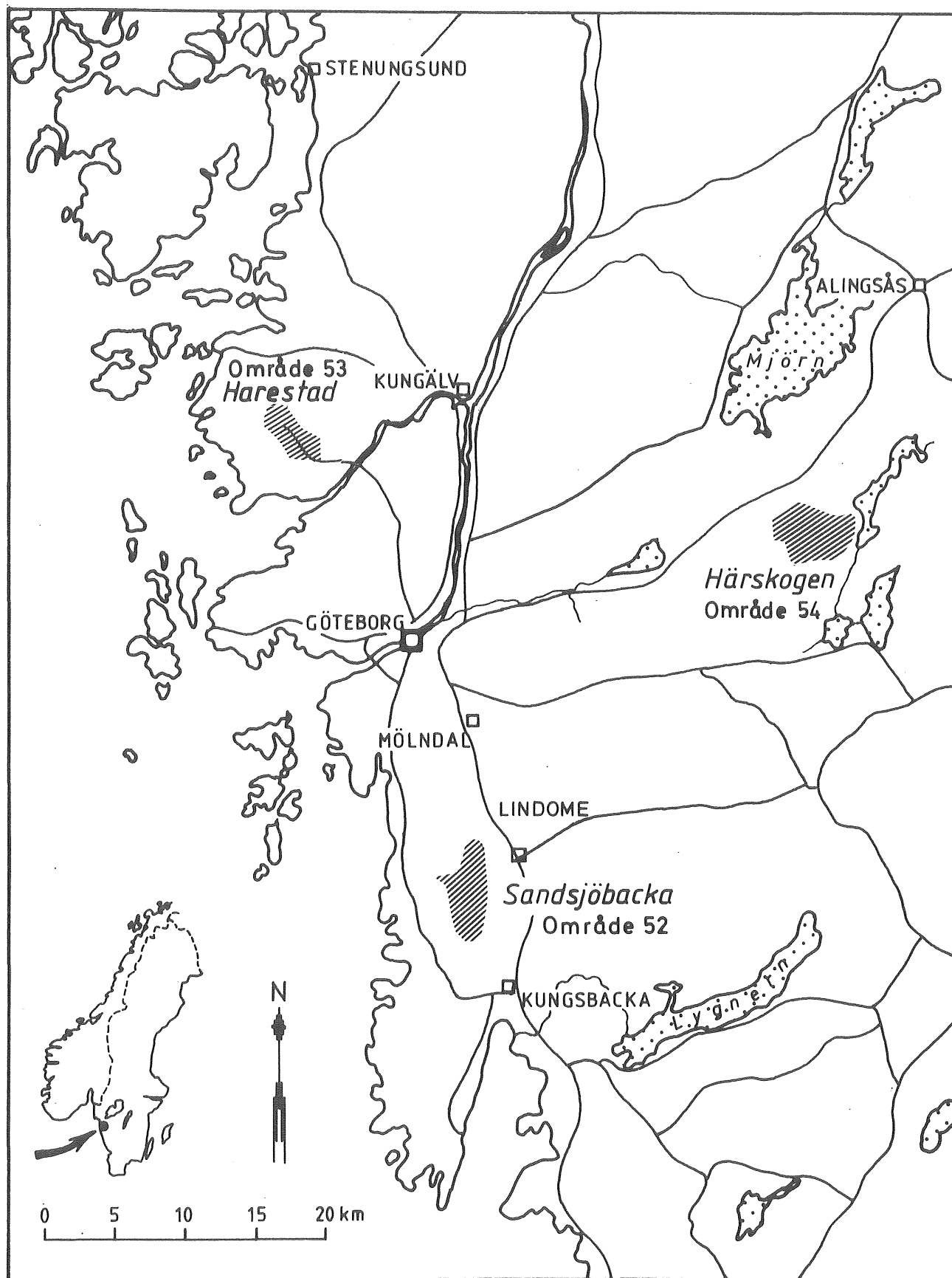
$$y_{100}^{\max} = \bar{y}_{\max} - t_{100} s_{\max} = 160.3 - 2.3264 \cdot 10.9 = 135 \text{ cm}$$

$$y_{200}^{\max} = \bar{y}_{\max} - t_{200} s_{\max} = 160.3 - 2.5758 \cdot 10.9 = 132 \text{ cm}$$

3 PROGNOS

Prognosmetoden innebär att korttidsvariationerna av grundvattentrycket i en ny akvifer (prognosrör) jämförs med variationerna i en känd akvifer (referensrör) under samma tidsperiod, figur 5. Med hjälp av en formel baserad på statistisk analys av referensröret kan högsta grundvattentryck med en viss återkomstperiod bestämmas. Under förutsättning att de bägge akvifererna ligger i samma klimatzon och ej på alltför stort avstånd från varandra blir tillförlitligheten hos det beräknade maxvärdet på grundvattentrycket mycket hög. Svårigheten ligger i att bestämma det område för vilket ett prognosrör kan användas, liksom hur lång mätperioden bör vara. I de flesta fall har mätperioden 3 mån. befunnits vara tillfyllest, vilket därför rekommenderas här. Vid förlängning av mätperioden erhålles vanligen bättre resultat.

De tre områdena där referensrören är belägna visas i figur 7.



Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Lantmäteriverket 1934-02-27.

Figur 7

Översiktskarta över Göteborgsregionen med tre referensområden som drivs av Grundvattennätet, SGU. (Svensson, 1984).

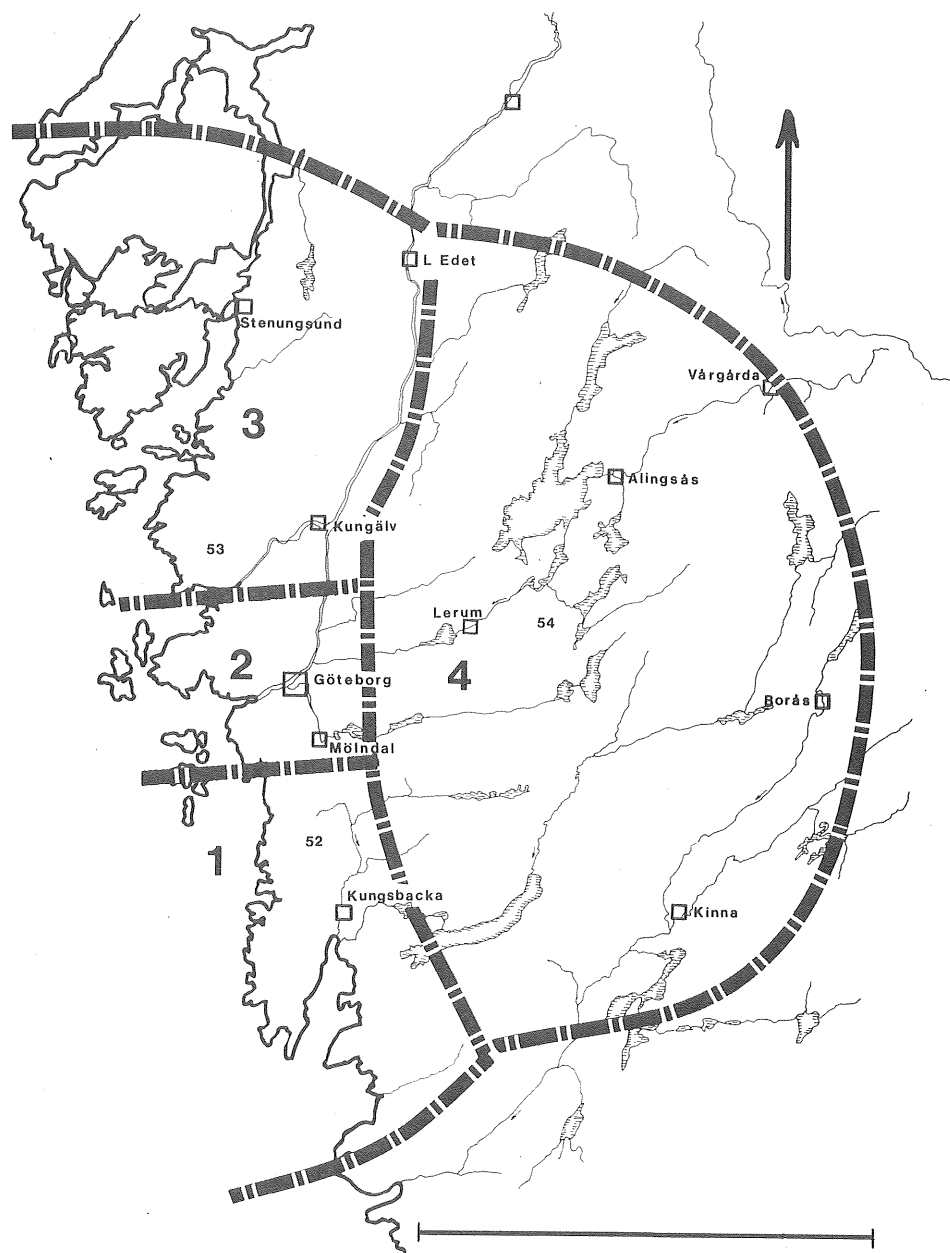
3.1 Prognosrör

Man behöver minst 2 observationsrör i samma område för att kunna kontrollera att mätvärdena man har är rimliga. Detta kan man kontrollera på flera sätt. Enklast är att rita upp mätvärdena successivt och se om kurvorna följer varandra något så när. Enstaka hopp kan tyda på slumpmässiga fel såsom felavläsning eller fel avskrift. Om man har svårt att på detta sätt avgöra om det föreligger något fel kan man lättare avgöra detta genom att plotta 2 rörs mätvärden mot varandra i en x-y-plot (i tidsföljd). Härvid kommer eventuella avvikande värden att "hoppa" åt sidan från en i grova drag diagonal plotkurva (se Svensson, 1984).

3.2 Val av referensrör

Jämförelse mellan rör från de olika områdena samt studium av nederbördsdata har resulterat i följande rekommendation.

Rör från Harestad används för zon 1, medan rör från Sandsjöbacka används i zon 3. I zon 2 kan bägge områdena användas. I ytterzon 4 kan rör från Härskogen användas.



Figur 8 Zonindelning av Göteborgsregionen för utnyttjande av olika referensrör.

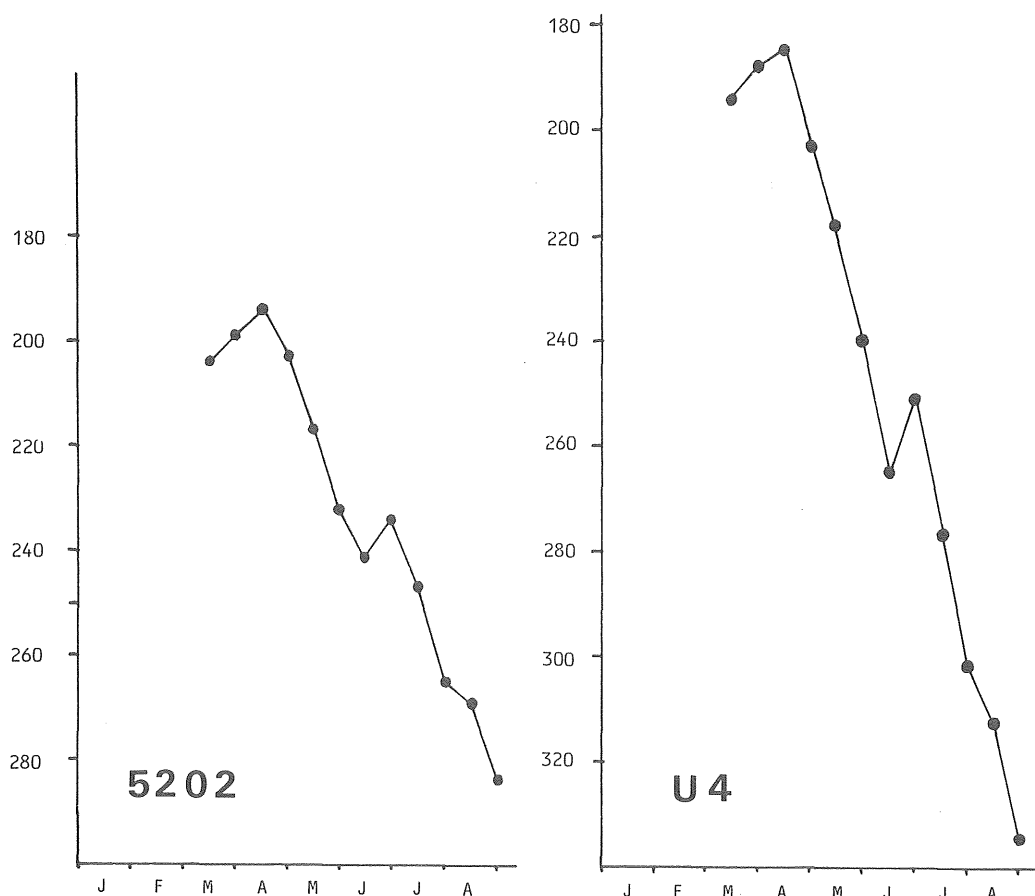
3.3 Beräkningsexempel

I Lindome söder om Göteborg har ett observationsrör neddrivits genom lera och silen står i finsand. Terrängen utgörs av en liten dalgång med lera på sand och morän; dalsidorna utgörs av berg med tunt moräntäcke. Röret står i nära dalgångens mitt och dalbottnen sluttar svagt åt söder. Rörplaceringen klassificeras som lågt sidoläge. Röret står således i zon 3 och referensrör 5202 har

samma terrängläge. Således väljer vi 5202 som referensrör (index R) och U4 utgör prognosrör (index P). Mätningarna i U4 startade den 15 mars 1984.

- * Referensrörets max.nivå = 142, min.nivå = 309 och således variationsbredden R = 167 cm.
- * Man bör parallellt med observationsdata beräkna hur stor variationsbredden varit i referensröret under observationsperioden. Den bör vara större än 30% av variationsbredden under hela referensrörets livstid. Rådata i grundvattennätet är inte exakt den 15:e och sista (riktdatum). Om det skiljer mer än 5 dagar bör man beräkna rådata på rätt datum genom rätlinjig interpolation. Detta också om det saknas något måttillfälle.

Uppritning av variationsbilderna för 5202 och U4, figur 9, och inledande beräkning, tabell 3.



Figur 9 Grundvattennivån i referensröret 5202 och prognosröret U4 under beräkningsperioden.

Tabell 3 Rådata för U4 och 5202 samt successiv beräkning av variationsbredden r_R i 5202.

<u>Rådata</u>		U4	5202	r_R	
		cm u rök	cm		%
0	1984-03-15	194	204	-	-
1	31	188	199	5	3
2	04-15	185	194	10	6
3	30	203	203	10	6
4	05-15	218	217	23	14
5	31	240	232	38	14
6	06-15	265	241	47	28
7	30	251	234	47	28
8	07-15	277	247	53	32
9	31	302	265	71	43
10	08-15	313	269	75	45
	31	335	284	90	84

Referensrörets extremvärden

För rör 5202 föreligger data från 1970- och framåt. Ur dessa har årliga maximinivåer uttagits och rangordnats i exemplet i kapitel 2.2.

$$\begin{aligned} N_{\max} &= 14 \\ \bar{y}_{\max} &= 160.3 \\ s_{\max} &= 10.9 \end{aligned}$$

Därefter beräknas extremvärden med önskvärt återkomstintervall 100 år och 200 år med ekv. (6). Detta är utfört under punkt 6) i avsnitt 2.2, därvid erhöles

$$\begin{aligned} y_{\max}^{100} &= 135 \text{ cm} \\ y_{\max}^{200} &= 132 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kommentar

Det här utnyttjade beräkningssättet är något förenklat. Med en så kort serie, $N=14$, blir det större fel än om serien vore mycket

längre. Felen är dock inte större, om man tar hänsyn till N, än några cm och har troligen mindre betydelse än de övriga osäkerhetsfaktorerna som finns inbyggda i denna tämligen enkla beräkningsmetod.

Därefter beräknas lägespositioner för den aktuella mätserien i 5202:s hela variationsbild, dvs hur långt under resp extremvärde som högsta nivån under perioden ligger:

$$S_R^{100} = |y_{\max}^{100} - y_{\max}| = |135 - 194| = 59 \text{ cm}$$

$$S_R^{200} = |y_{\max}^{200} - y_{\max}| = |132 - 194| = 62 \text{ cm}$$

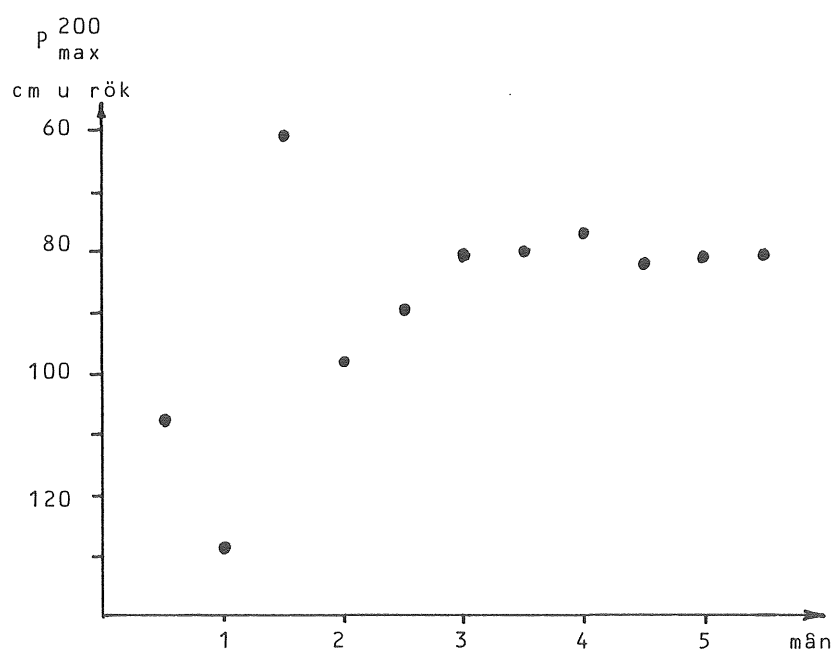
Därefter utförs successiva beräkningar av

- kvoten r_P/r_R
- produkterna $S_R^{100} \cdot r_P/r_R$ resp $S_R^{200} \cdot r_P/r_R$
- differenserna $P_{\max}^{100} = P_{\max} - S_R^{100} \cdot r_P/r_R$
 $P_{\max}^{200} = P_{\max} - S_R^{200} \cdot r_P/r_R$

där till exempel för beräkningar i tabellen i de flesta fall gäller att $P_{\max} = 185$ (är mätvärde 3 i U4).

Tabell 4 Beräkningstabell (fortsättnings på tabell 3).

	5202	U4	r_p/r_R	$S_R^{100} \cdot r_p/r_R$	$P_{\max}^{100}$	$S_R^{200} \cdot r_p/r_R$	$P_{\max}^{200}$
0	204	194					
1	199	188	1.20	71	117	74	114
2	194	185	0.90	53	132	56	129
3	203	203	1.80	106	79	112	73
4	217	218	1.43	84	101	89	96
5	232	240	1.45	86	99	90	95
6	241	265	1.70	100	85	105	80
7	234	251	1.70	100	85	105	80
8	247	277	1.74	103	82	108	77
9	265	302	1.65	97	88	102	83
10	269	313	1.71	101	84	106	79
11	284	335	1.67	98	87	104	81



Figur 10 Resultat av beräkningar för prognosröret U4. Successivt förlängd beräkningsperiod ger resultat med allt mindre avvikelse.

4 UPPFÖLJNING (Prenumeration)

Som framgått av tidigare avsnitt krävs för att kunna göra en prognos, tillgång till mätdata från referensrören. Dessa avläses två gånger per månad och dessa kan erhållas per post genom prenumeration. Denna prenumeration kan tecknas genom att tillskriva

Grundvattennätet

SGU

Box 670

751 28 UPPSALA

Text: Prenumeration av mätdata för "prognos av grundvatten-tryck, Göteborgsregionen".

Kostnaden för prenumerationen blir 300:- + moms (vid 10 prenumeranter. Vid färre antal prenumeranter stiger priset gradvis med ca 10%). De erhållna mätvärdena bör kontinuerligt inritas i bilagda diagram.

REFERENSER

- Hvorslev, M.J., 1951: Time lag and soil permeability in ground-water observations. US Army Corps Engrs. Waterways Exp. Sta. Bull. Vol 36, Vicksburg, Miss.
- Pearson, E.S. & Hartley, H.O., 1972: Biometrika tables for statisticians, vol II. Cambridge.
- Svensson, Ch, 1984: Analys och användning av grundvattennivåobservationer. Diss. CTH/GU, Geologiska institutionen. Publ. A49.
- Svensson, Ch & Sällfors, G, 1981: Hypoteser för val av dimensionerande grundvattentryck. Stencil. Göteborg.
- Svensson, Ch & Sällfors, G, 1982: Extremvärdesanalys av 11 grundvattennivåmätserier. Stencil. Göteborg.

Rör 5202

Maximi-nivåer

	-
1970-11	142
1971-11	159
1973-02	149
1974-01	157
1974-11	145
1976-03	170
1976-11	150
1977-12	157
1978-11	173
1979-12	173
1980-12	163
1982-03	166
1982-12	164
1983-12	176

Minimi-nivåer

1970-09	221
1971-09	245
1972-10	258
1973-10	254
1974-09	279
1975-09	280
1976-09	309
1977-08	269
1978-07	259
1979-08	252
1980-06	238
1981-09	256
1982-08	270
1983-09	279
1984-08	284

Rör 5208

Maximi-nivåer

1970-12	48
1972-05	52
1973-02	54
1974-02	57
1975-01	89
1976-01	98
1977-03	88
1978-03	84
1979-04	91
1979-12	82
1980-12	75
1982-03	82
1983-03	84
1984-01	86

Minimi-nivåer

1971-08	140
1972-10	150
1973-09	189
1974-08	210
1975-09	196
1976-10	231
1977-10	193
1978-09	199
1979-08	169
1980-06	149
1981-09	181
1982-08	203
1983-08	211
1984-08	214

Rör 5214

Maximi-nivåer

	-
1970-11	132
1971-10	144
1973-02	140
1974-02	153
1975-01	136
1976-04	165
1977-03	141
1978-03	152
1979-04	141
1979-12	146
1981-03	138
1982-03	145
1983-01	140
1983-12	155

Minimi-nivåer

1970-09	232
1971-08	255
1972-10	283
1973-10	231
1974-08	303
1975-08	291
1976-08	332
1977-08	283
1978-07	285
1979-08	263
1980-06	240
1981-09	287
1982-08	302
1983-09	309
1984-09	289

Rör 5302

Maximi-nivåer

	-
1971-12	144
1973-02	136
1974-01	139
1975-02	143
1976-01	166
1977-04	148
1977-11	157
1979-05	151
1979-11	154
1980-12	154
1981-11	141
1982-12	136
1984-01	151

Minimi-nivåer

1971-07	230
1972-10	222
1973-10	243
1974-09	275
1975-10	280
1976-10	322
1977-09	258
1978-08	239
1979-07	229
1980-06	208
1981-09	208
1982-08	231
1983-08	233
1984-08	239

Rör 5310

Maximi-nivåer

1971-12	97
1973-01	110
1974-01	105
1974-12	102
1975-12	114
1977-02	96
1978-03	106
1979-04	109
1980-03	105
1980-12	103
1981-11	107
1983-05	109

Minimi-nivåer

1972-10	193
1973-07	165
1974-08	232
1975-08	236
1976-10	276
1977-09	219
1978-08	214
1979-07	169
1980-06	159
1981-07	176
1982-07	202
1983-08	229

Rör 5313

Maximi-nivåer

1971-10	123
1972-12	130
1973-12	129
1974-11	121
1975-11	150
1976-12	126
1978-04	123
1979-05	127
1979-11	121
1980-11	111
1981-12	134
1982-12	121
1984-01	132

Minimi-nivåer

1971-08	268
1972-10	310
1973-09	212
1974-08	364
1975-09	332
1976-09	399
1977-09	319
1978-07	328
1979-08	316
1980-06	241
1981-09	291
1982-08	323
1983-09	356
1984-08	333

Rör 5405

Maximi-nivåer

1970-12	137
1971-11	143
1973-02	132
1974-01	134
1974-12	133
1976-01	139
1977-03	139
1977-12	143
1979-03	140
1979-12	142
1980-12	142
1981-11	143
1982-11	142
1983-12	143

Minimi-nivåer

	-
1971	169
1972	178
1973	191
1974-06	200
1975-08	205
1976-08	225
1977-07	198
1978-07	199
1979-07	186
1980-08	188
1981-09	192
1982-08	198
1983-08	206
1984-08	192

Rör 5410

Maximi-nivåer

1971-01	166
1972	163
1972-12	152
1974-01	145
1974-12	148
1976-04	186
1977-03	147
1977-12	155
1979-03	153
1979-11	150
1980-12	150
1981-11	150
1983-01	149
1983-12	158

Minimi-nivåer

	-
1971-08	240
1972-10	229
1973-09	248
1974-08	259
1975-08	280
1976-08	284
1977-08	240
1978-07	240
1979-11	218
1980-07	235
1981-09	249
1982-08	239
1983-08	261
1984-08	239

Rör 5414

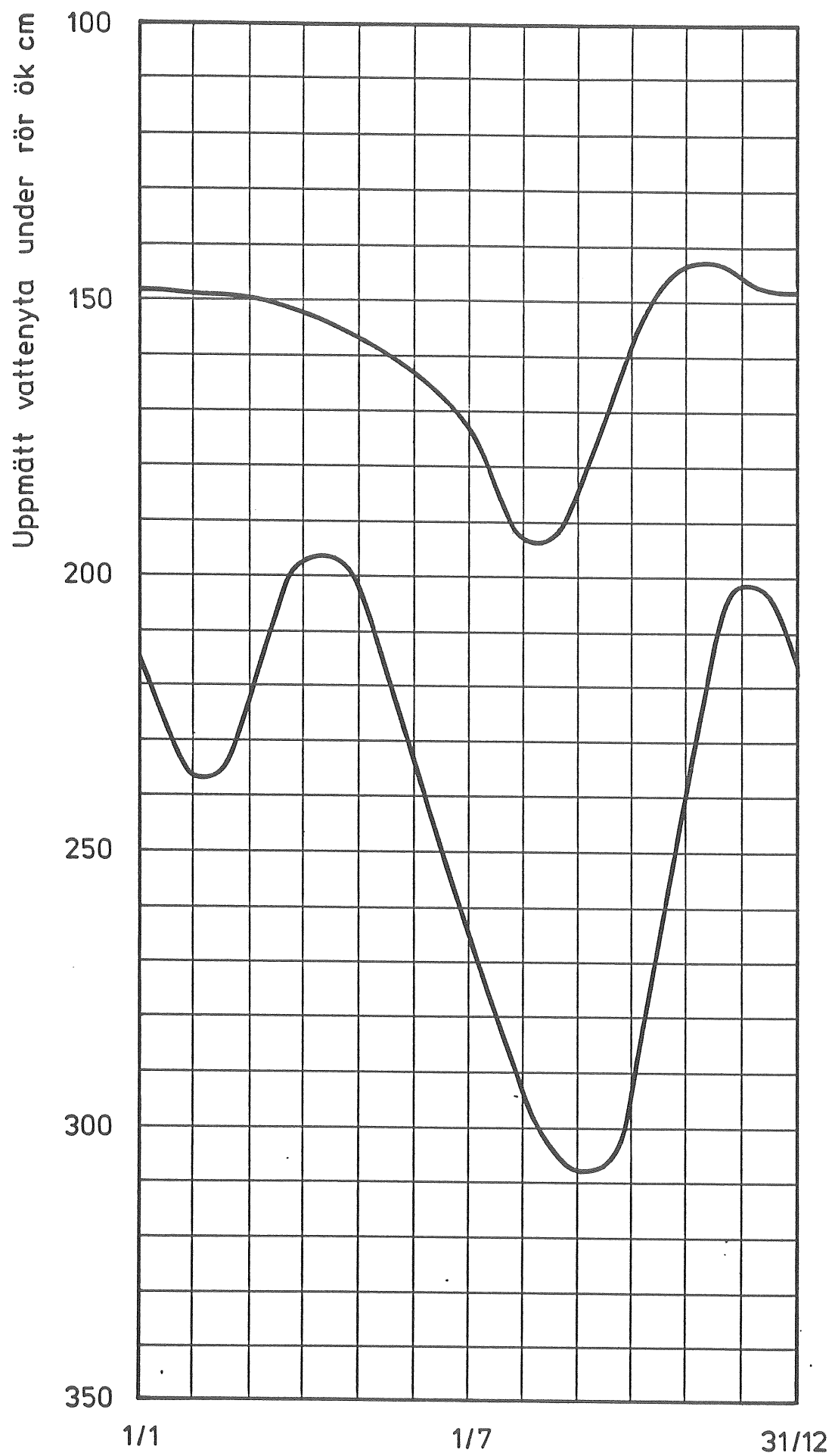
Maximi-nivåer

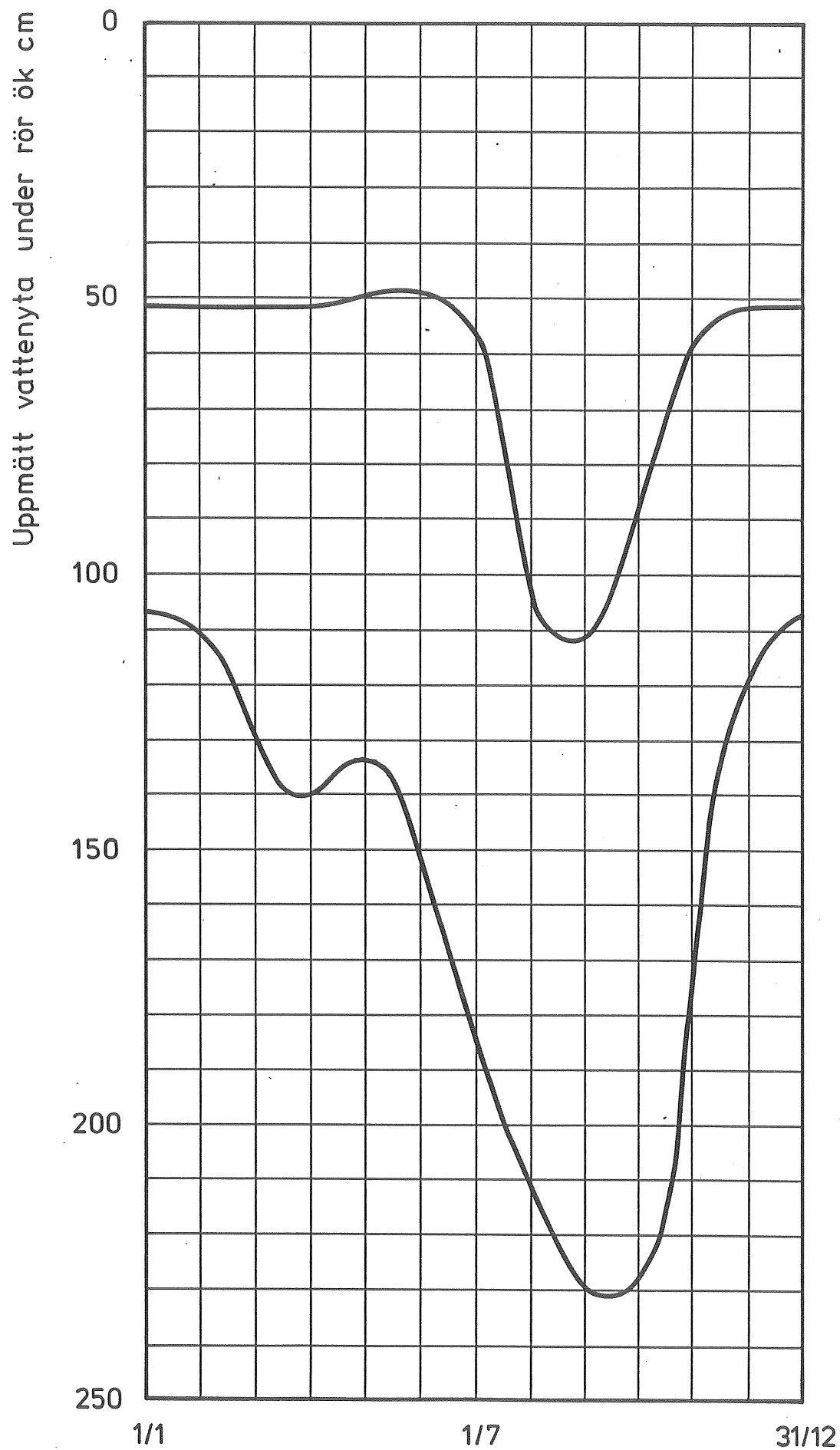
1970	-
1971-11	251
1972-12	231
1974-01	248
1974-12	230
1976-12	251
1977-03	222
1977-11	228
1978-11	226
1979-11	238
1980-11	240
1981-11	246
1983-01	243
1983-12	243

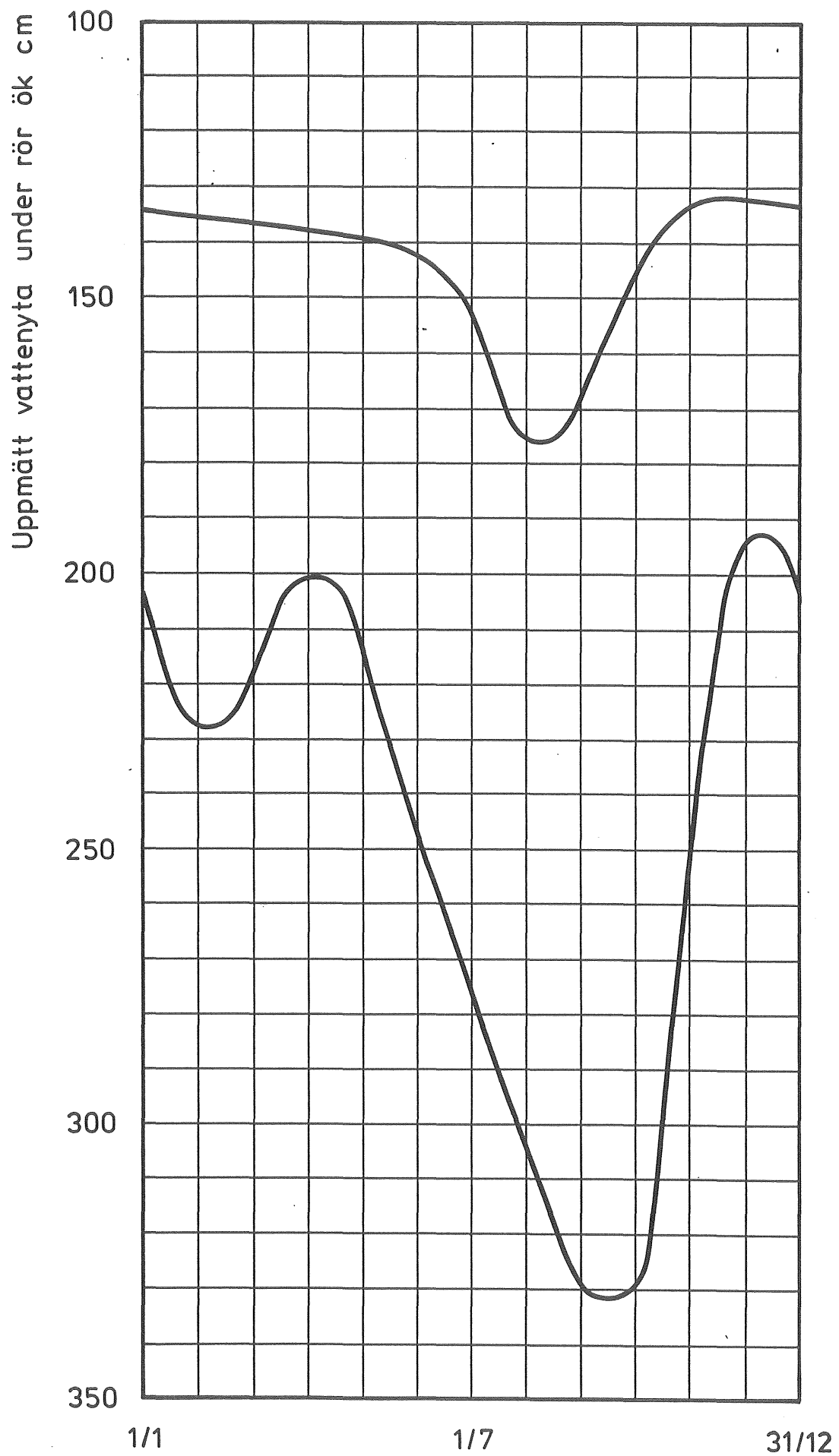
Minimi-nivåer

1970	-
1971-06	280
1972-10	283
1973-09	286
1974-07	309
1975-08	308
1976-08	329
1977-08	293
1978-07	300
1979-07	280
1980-08	280
1981-09	282
1982-08	279
1983-08	306
1984-08	301

5202

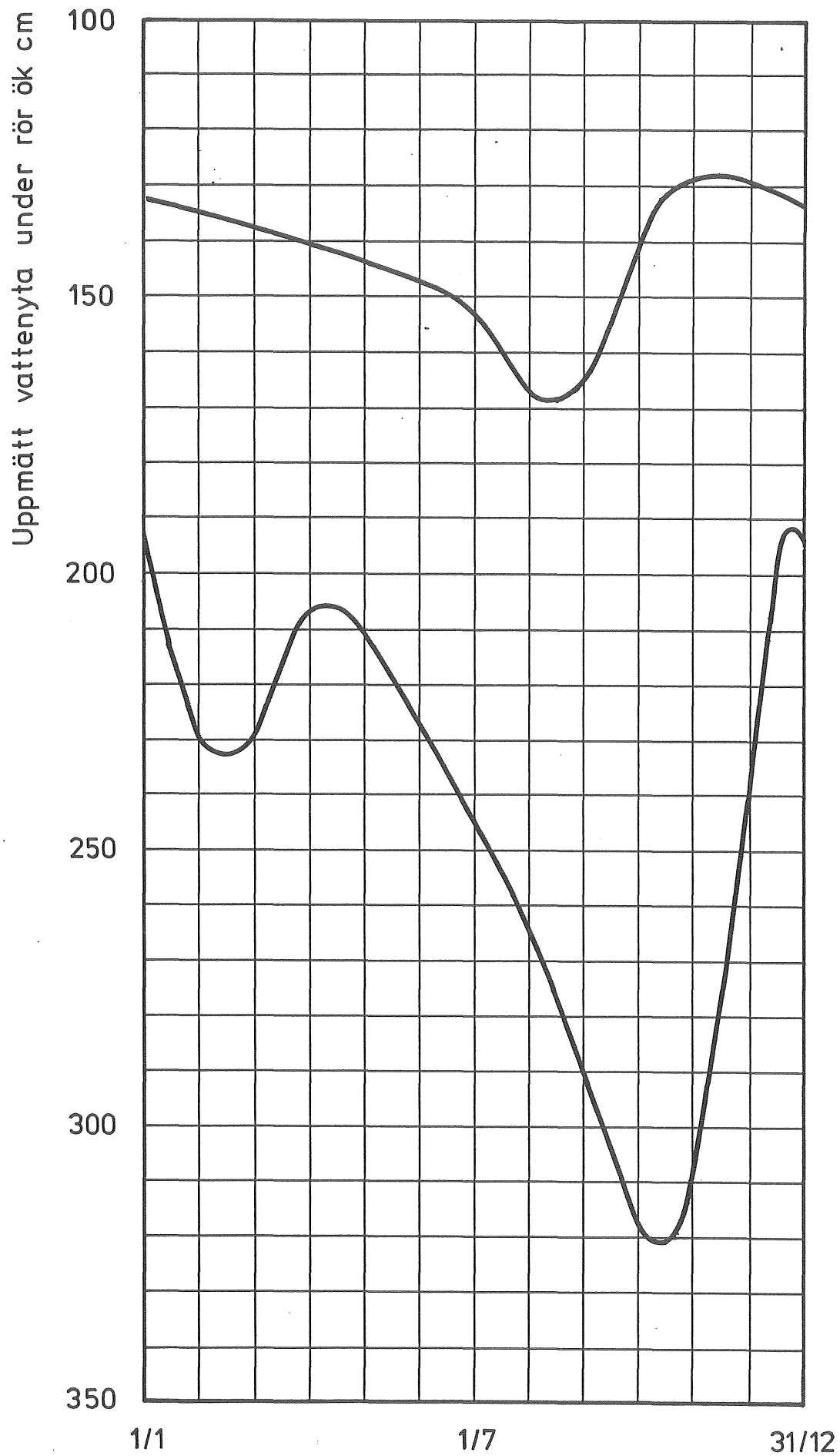


5208

5214

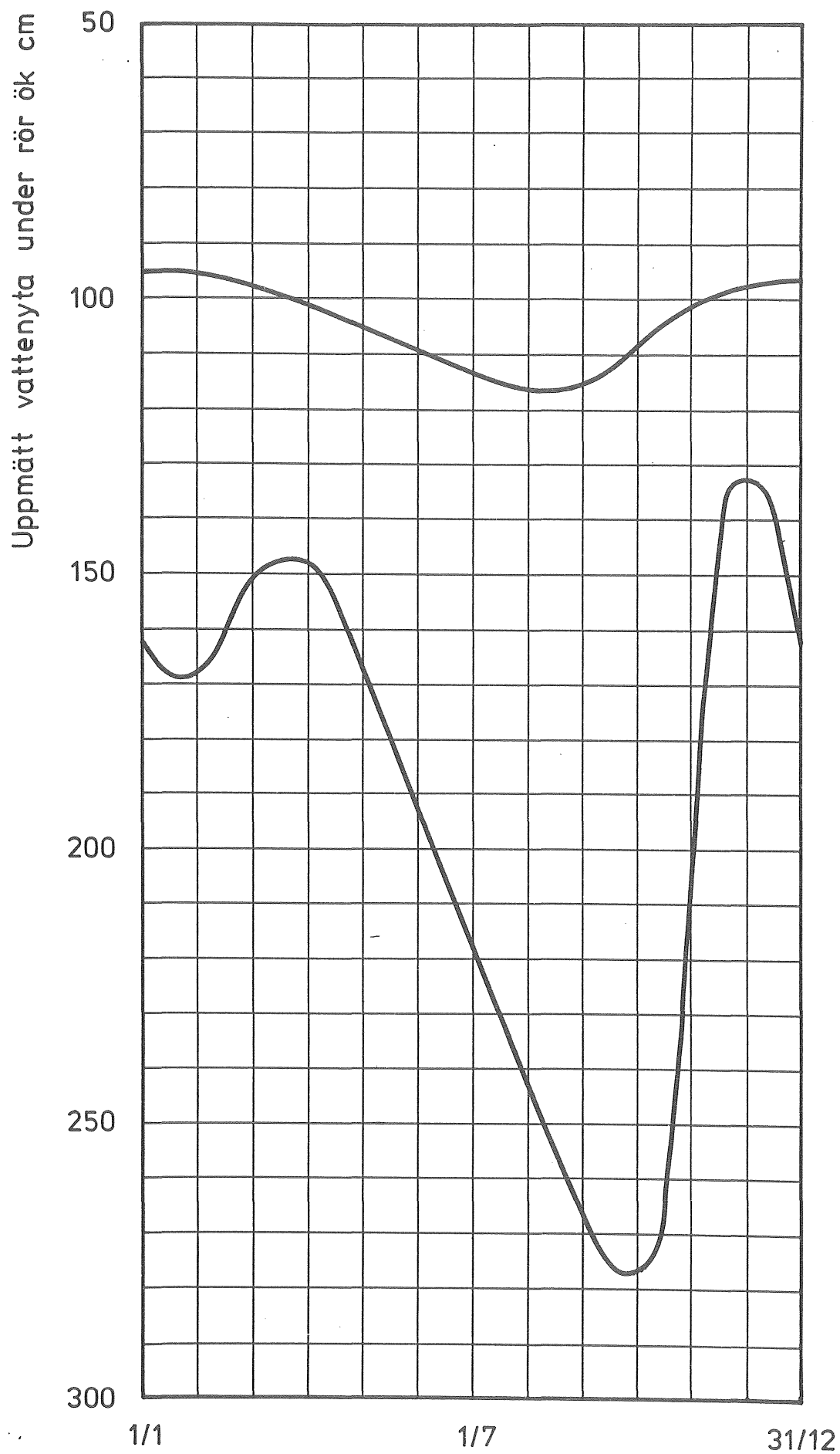
5302

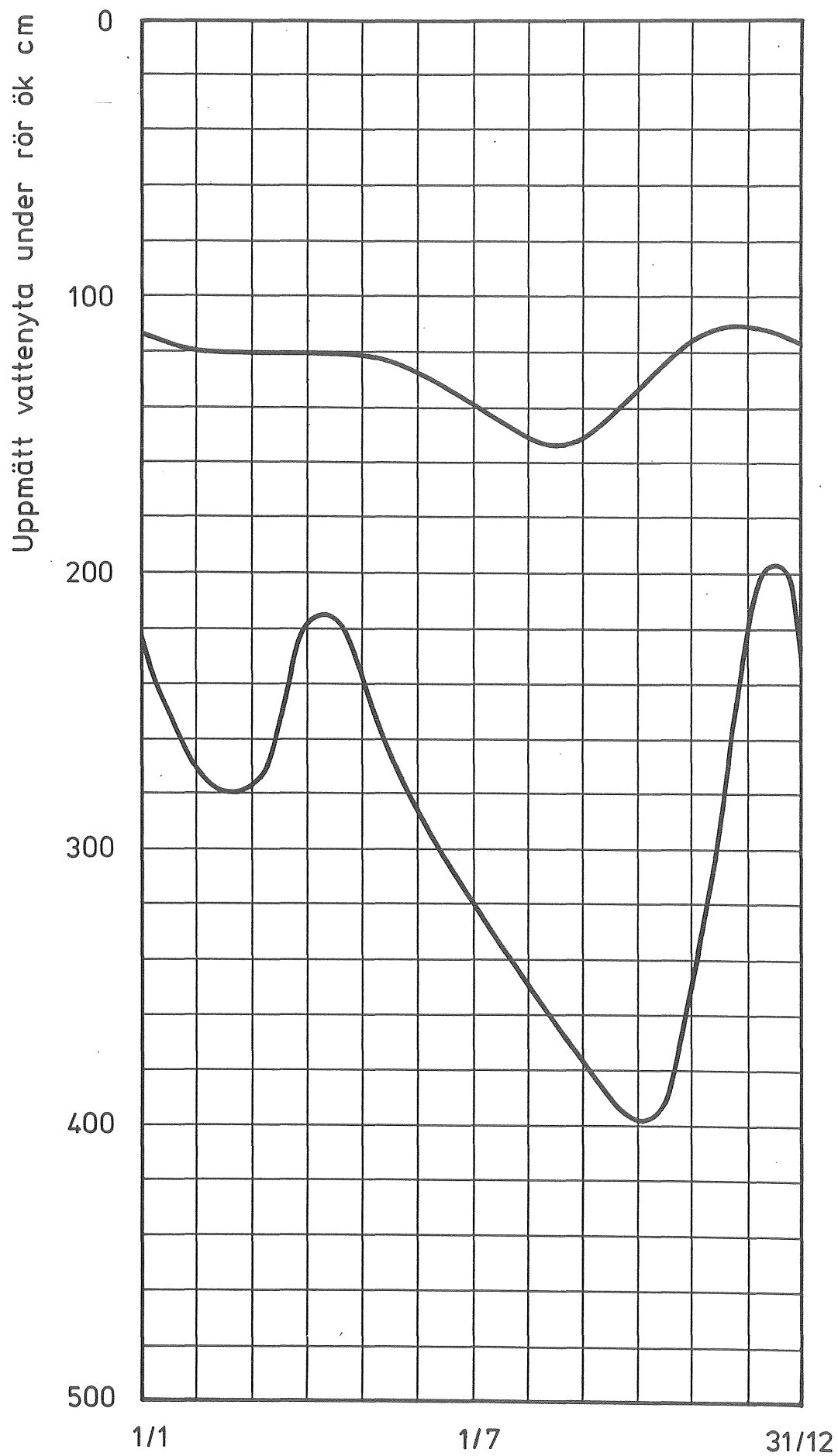
Bilaga 2-4



5310

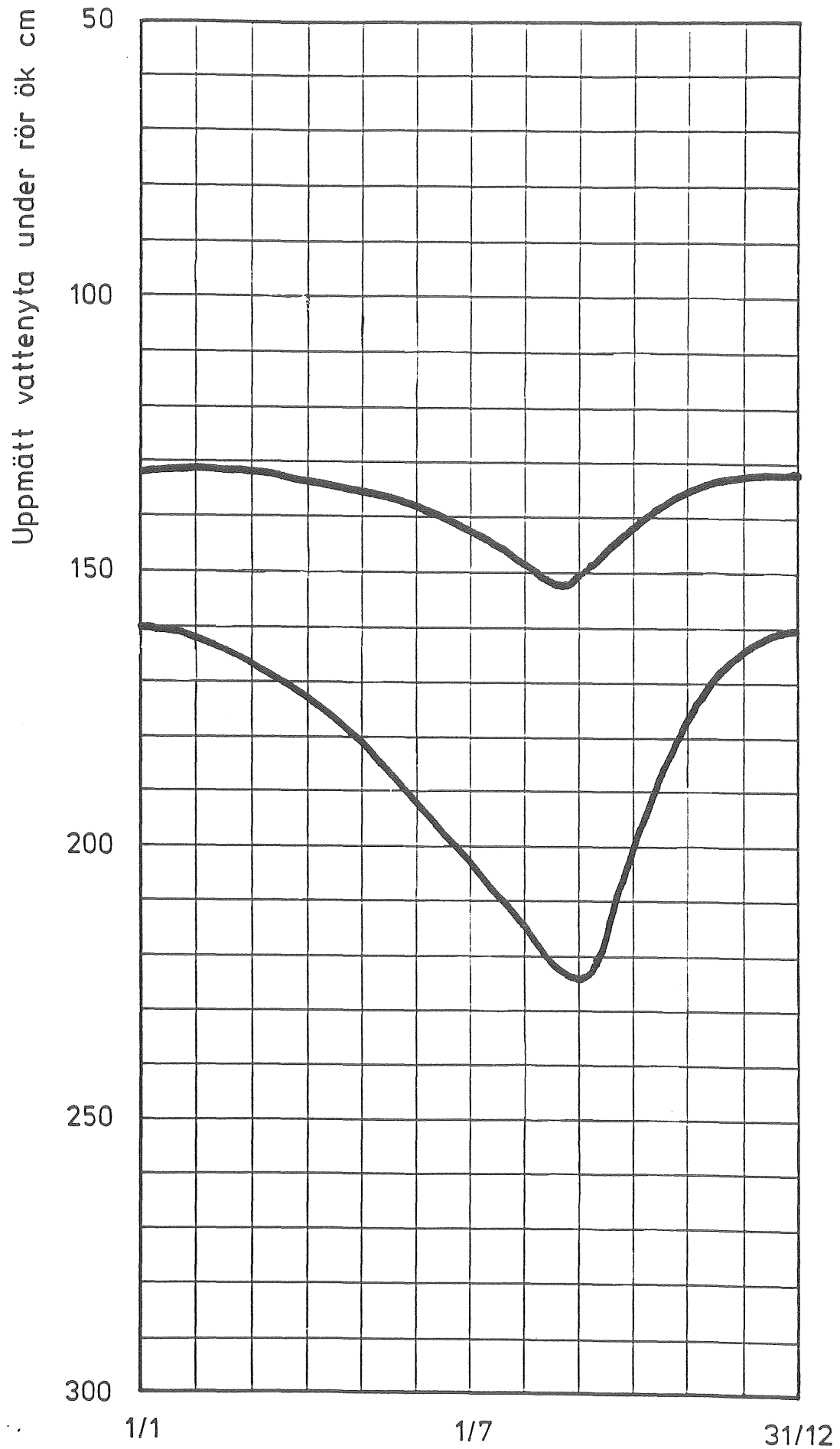
Bilaga 2-5



5313

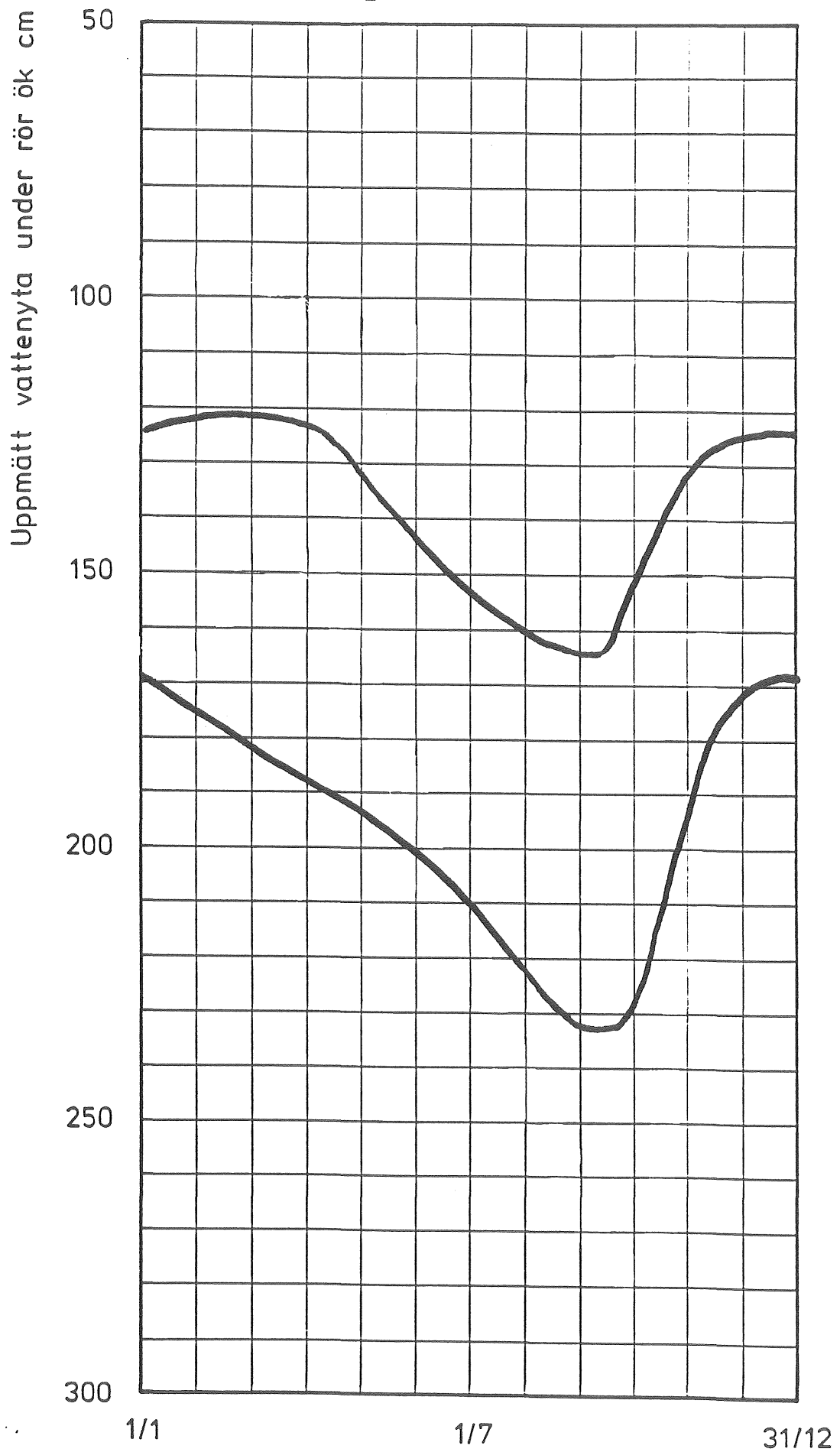
5405

Bilaga 2 - 7



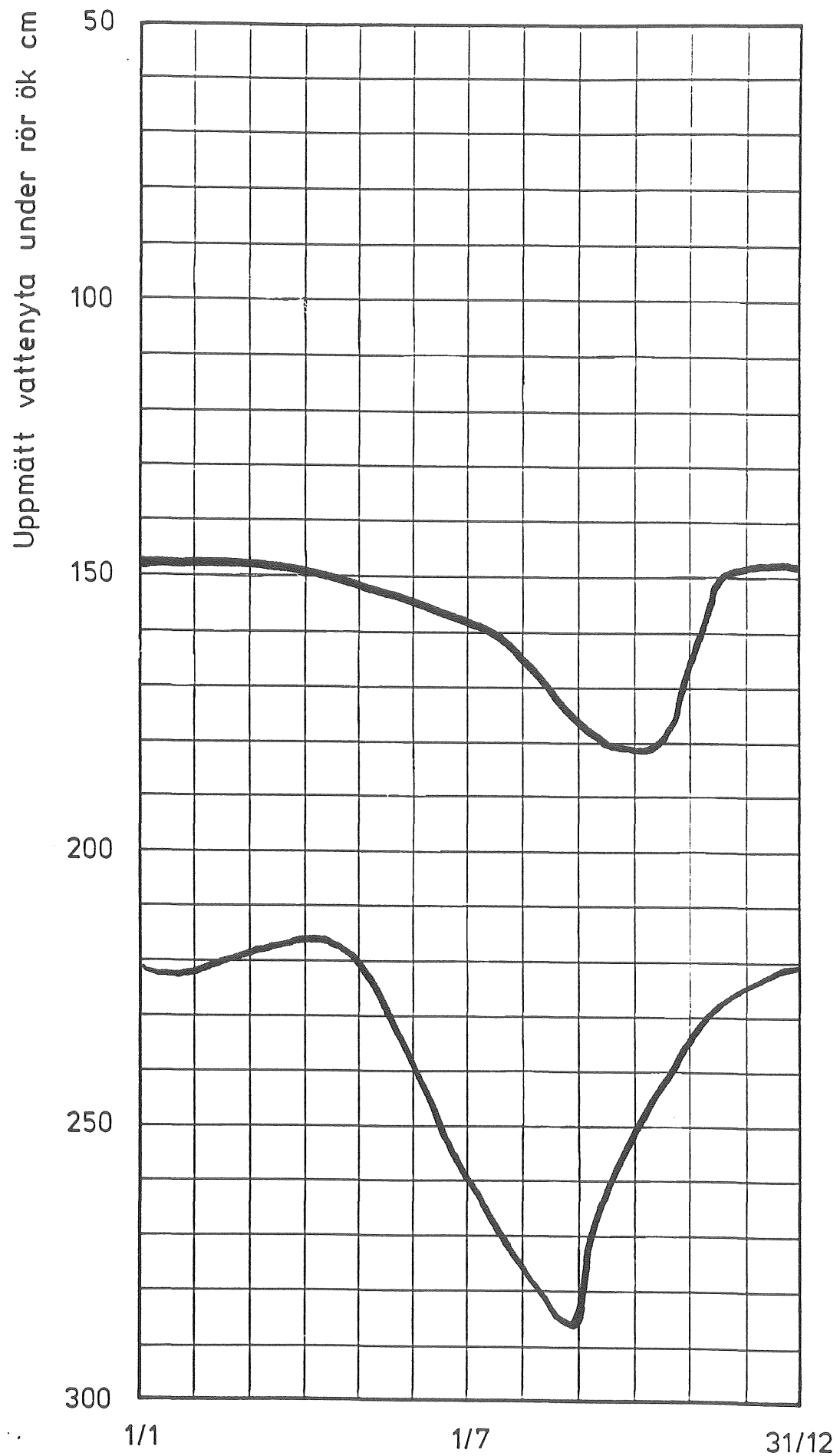
5414

Bilaga 2 - 8



5410

Bilaga 2 - 9

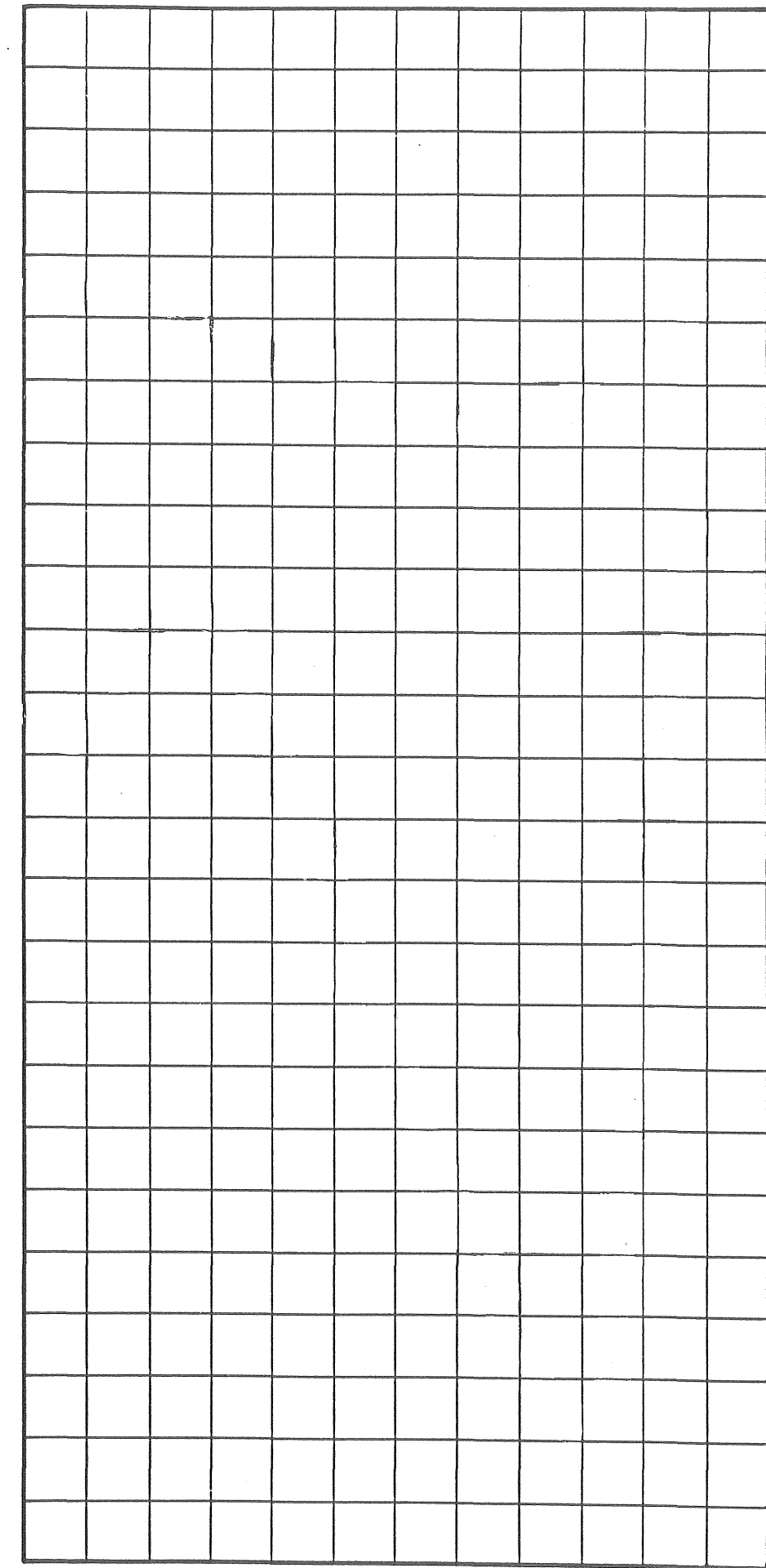


ARBETSPLAN

1. Prenumeration av referensrörsdata från SGU.
2. Beräkna extremvärden för referensrören (för max-nivå i april, för min-nivå i oktober).
3. Rita in nivåer för referensrören i diagram (bilaga 3).
4. Rita in mätdata för egna rör i diagram på samma sätt.
5. Rimlighetsbedömning av mätdata - är siffrorna/nivåerna rätt?
Om inte - kontrollera rådata.
6. Bestäm risknivå, dvs återkomstintervallet T .
7. Beräkna lägespositionen S_R^T .
8. Beräkna successivt r_P/r_R , $S_R^T \cdot r_P/r_R$, $P_{\max}^T$.
9. Jämför variationsbredder (>30% av total).
10. Beräkna P^T och plotta.
11. Komplettera om Du får fler mätvärden, ju längre period desto bättre.

Uppmätt vattenyta under rör ök cm

50
100
150
200
250
300



1/1

1/7

31/12

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973. 100 sidor. (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika räknetyper. 1973. 39 sidor. (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. (Utgången)
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. (Utgången)
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. (Utgången)
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. (Utgången)
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. (Utgången)
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg. 1975. 50 sidor.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor.
- nr 15 Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 33 sidor. Följande uppsatser ingår:
Arnell V. Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett urbant område.
Lyngfelt S. Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.
Sjöberg A. CTH-ledningsnätmodell DAGVL-A.
Svensson G. Dagvattnets sammansättning, inverkan av urbanisering. (Utgången)
- nr 16 Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 43 sidor. Följande uppsatser ingår:
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången)
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov-17 dec 1976. 1977. 61 sidor.

- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor.
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson, Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrologi 1977-78. 99 sidor.
- nr 38 Viktor Arnell, Per-Arne Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik. 1978. 30 sidor.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 1979. 32 sidor.
- nr 40 Per-Arne Malmquist (red.): Geohydrologiska forskningsgruppen 1972-78. Sammanställning av uppnådda resultat. 1979. 96 sidor. Kostnadsfri.
- nr 41 Gilbert Svensson, Kjell Øren: Planeringsmodeller för avloppssystem. NIVA-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. 1979. 71 sidor.
- nr 42 Per-Arne Malmquist (red.): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. 1979. 86 sidor.
- nr 43 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. 1979. 58 sidor.
- nr 44 Viktor Arnell, Thomas Asp: Beräkning av bräddvattenmängder. Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939. 1979. 80 sidor.
- nr 45 Stig Hård, Thomas Holm, Sven Jonasson: Dagvatteninfiltration på grönytor - Litteraturstudie, kunskaps-sammanställning och hypotes. 1979. 278 sidor.
- nr 46 Per-Arne Malmquist, Per Lindvall: Dräneringsrörs igensättning - en jämförande laboratoriestudie. 1979. 44 sidor.
- nr 47 Per-Arne Malmquist, Gunnar Lannér, Erland Högberg, Per Lindvall: SÖDRA NÄSET - ett exempel på förenklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping, 1976-77. 1980.
- nr 49 Lars O Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. 1980. 65 sidor.

- nr 50 Viktor Arnell: Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod. 1980. 56 sidor, 22 figurer.
- nr 51 Lars O Ericsson: Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport. Göteborg 1980. 115 sidor.
- nr 52 Olov Holmstrand (red.): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sidor.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sidor.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkulationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor.
- nr 55 Erland Högberg, Gunnar Lannér: Gatuplanering i bostadsområden i utlandet. Nya principer och lösningar i Danmark, Holland och England. 1981. 110 sidor.
- nr 56 Sven Lyngfelt: Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. 1981. 82 sidor.
- nr 57 Erland Högberg: Samband mellan gatustandard och trafiksäkerhet i bostadsområden. En förstudie. 1981.
- nr 58 Jan A Berntsson: Portryckförändringar och markrörelser orsakade av trädvegetation. 1980. 121 sidor.
- nr 59 Per-Arne Malmquist, Stig Hård: Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. 1981.
- nr 60 Annika Lindblad: Infiltrationsmätningar utförda vid Geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-80. Sammanställning och statistisk bearbetning. 1981. 78 sidor.
- nr 61 Lars O Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering - en metod att kartera markvattenhalt. Slutrapport. 1981. 18 sidor.
- nr 62 Jan Pettersson, Elisabeth Sjöberg: SÖDRA NÄSET - En intervjuundersökning rörande två alternativa upprustningsförslag av gator och dagvattentransport. 1981. 36 sidor.
- nr 63 Olov Holmstrand: Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. 1981. 114 sidor.
- nr 64 Anders Sjöberg, Nils Mårtensson: REGNENVELOPEMETODEN. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkulationsmagasin. 1982. 29 sidor.
- nr 65 Gösta Lindvall: ENERGIFÖRLUSTER I LEDNINGSBRUNNAR - Litteraturstudie. 1982. 35 sidor.
- nr 66 Per-Arne Malmquist: Lathund för beräkning av Dagvattnets föroreningar. 1982. 32 sidor.
- nr 67 Sven Nyström: Kommuns skadeståndsansvar mot VA-abonnent för översvämningsskador. 1982. 71 sidor.
- nr 68 Sven Lyngfelt, Gilbert Svensson: Dagvattenavrinning från stora urbana områden. Simuleringsmetodik exemplifierat på Göteborgsregionen. 1983. 118 sidor.
- nr 69 Hans Bäckman, Gilbert Svensson: Flödesmätning i avloppsnät med portabla utrustningar. Mät noggrannhet under kontrollerade förhållanden i en 225 mm:s betongledning. 1983. 51 sidor.
- nr 70 Olov Holmstrand (red): Naturanpassad stadsplanering i Dalen 5, Karlskoga. Erfarenheter av planeringsprocess och teknik under och efter byggandet. 1983. 114 sidor.
- nr 71 Olov Holmstrand (red): Reservvattentäkter. Redovisning av diskussionsdag 1983-05-18. 1983. 115 sidor.
- nr 72 Gilbert Svensson, Håkan Strandner (övers. och bearb.): NIVANETT manual. Ett datorprogram för simulering av flöden i avloppsnät. 1983. 101 sidor.
- nr 73 Gilbert Svensson (red): Byggnad, drift och förnyelse av kommunala va-ledningar. -Är driftstörningarna omfattande? -Projekterar vi på bästa sätt? - Var ligger kostnaderna? 1984. 98 sidor.
- nr 74 Hans Bäckman: Avloppsledningar i svenska tätorter i ett historiskt perspektiv. -Ett sammandrag av tekniska förutsättningar, idéer och diskussioner under 1900-talets ledningsbyggnad. 1984. 123 sidor.
- nr 75 Ann-Carin Andersson, Olov Holmstrand, Erik Almling, Rolf Rosen, Kjell Söderström: Infiltration och alternativa åtgärder vid grundvattensänkning. Jämförande beskrivningar och val av metoder. 1984. 115 sidor.
- nr 76 Viktor Arnell, Henriette Melin: Rainfall data for the design of sewer detention basins. 1984. 79 sidor.
- nr 77 Hans Bäckman: Överläckning från dag- till spillvattenledningar. Metoder för att påvisa och kvantifiera överläckning samt redovisning av mätresultat från kommunala avloppsnät. 1985. 102 sidor.