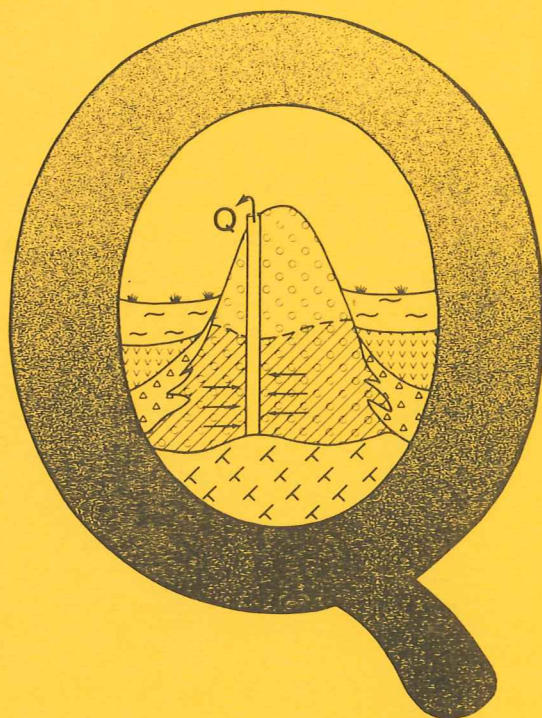


EXAMENSARBETEN I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Kvartärgeologi



GEOHYDROLOGISK UNDERSÖKNING VID FILBORNA AVFALLSUPPLAG I HELSINGBORG

Karin Eken

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

600954147

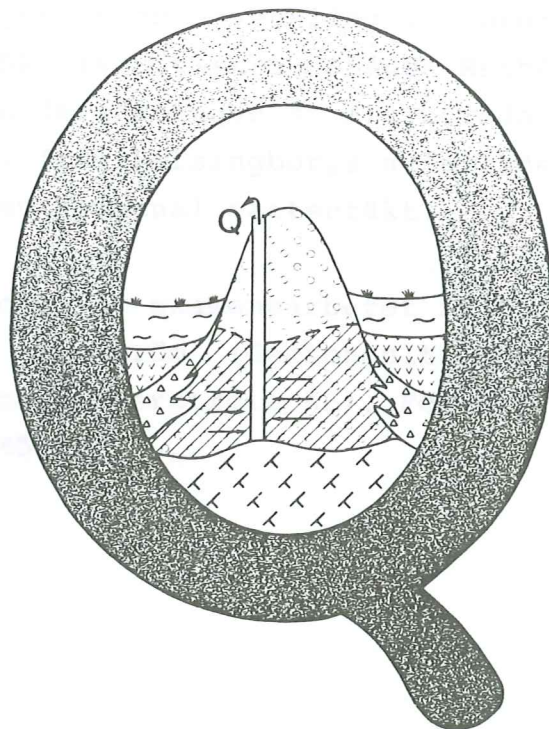
GEOLOGISKA
INSTITUTIONENS BIBLIOTEK
LUND *per*

NR 19

INSTITUTIONEN LUNDS UNIVERSITET

EXAMENSARBETEN I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Kvartärgeologi



GEOHYDROLOGISK UNDERSÖKNING VID FILBORNA I HELSINGBORG

Karin Eken

LUND 1987

GEOLOGISKA
INSTITUTIONENS BIBLIOTEK
LUND

NR 19

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN LUNDS UNIVERSITET

FÖRORD

Detta arbete är utfört som examensarbete på geovetarlinjens 160 poängs variant, vid kvartärgeologiska avdelningen, Lunds Universitet.

Undersökningen är en utveckling av uppdrag som Geokonsult AB fått av NSR (Nordvästra Skånes Renhållnings Aktiebolag). Syftet med undersökningen är att utreda risken för lakvattensspridning från Helsingborgs avfallsdeponeringsområde till en närbelägen kommunal vattentäkt.

För handledning av examensarbetet riktar jag ett stort tack till Sture Rydström (Geokonsult AB) och Göran Ejdeling (Kjessler och Mannerstråle AB). För kritisk granskning tackar jag Per Möller.

Lund mars 1987

Karin Eken

Geologiska institutionen, Lunds Universitet
Sölvegatan 13, 223 62 Lund

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Abstract	
1 Inledning	1
2 Områdesbeskrivning	3
2.1 Översiktlig områdesbeskrivning och topografi	3
2.2 Berggrund	4
2.3 Jordarter	4
2.4 Hydrologi och geohydrologi	7
3 Tidigare undersökningar	8
4 Metodik och utförda undersökningar	10
4.1 Inventering av befintliga brunnar samt långtidsobservationer av vattenytor i några av dessa brunnar	12
4.2 Långtidsobservationer av vattenytor i obs-rör ...	12
4.3 Borrning av brunnar	12
4.4 Provpumpning av djupt liggande grundvatten- magasin	17
4.5 Provpumpning av ytligt liggande grundvatten- magasin	18
4.6 Provpumpningskontroll av grundvattenmagasin i den översta, okonsoliderade mostenen	18
4.7 Provtagning av grundvatten för fysikalisk-kemisk analys	19
4.8 Provtagning av grundvatten för tritiumanalys	20
4.9 Studier av nederbörden	20
4.10 Studier av lufttrycksvariationer	21
5 Resultat	22
5.1 Inventering av befintliga brunnar samt långtids observationer av vattenytor i några av dessa brunnar	22
5.2 Långtidsobservationer av vattenytor i obs-rör ...	24
5.3 Bergborrade brunnar	26
5.4 Utvärdering av utförda provpumpningar	28
5.4.1 Teoretisk bakgrund	28
5.4.2 Utvärdering av provpumpningen ur B1	35

5.4.3 Utvärdering av provpumpningen ur B2	42
5.4.4 Utvärdering av provpumpningen ur brunn 12 ..	48
5.5 Fysikalisk-kemiska analyser	49
5.6 Tritiumanalys	51
6 Sammanfattning	51
Referenser	54
Bilaga 1	
Bilaga 2	
Bilaga 3	
Bilaga 4	

ABSTRACT

The municipal dump of Helsingborg, located next to Filborna in the north-east area of the town is subject to plans of expansion. A watersupply is situated 3 km's north-east of the dump.

The purpose for this investergation is to make clear weather there is a possibility that water soaking through the dump is liable to contaminate the watersupply.

To get a fair view of the groundwaterflow in the area, water has been pumped from different groundwaterreservoirs, at different lokations and at differing dephts. Measurements of the waterlevels has been carried out continously during this phase.

Samples from different reservoirs have been analysed for comparision of there chemical and physical properties.

This study shows that there is no connection between shallow and deep located groundwaterreservoirs, and that there is no risk of the watersupply to be contaminated.

1 INLEDNING

Avfallsupplaget i Filborna, beläget i nordöstra Helsingborg planeras att utvidgas mot norr och nordost (fig 1). Driftstiden för nuvarande avfallsupplag anses vara 10-12 år, därefter skall en etappvis utbyggnad ske (fig 2).

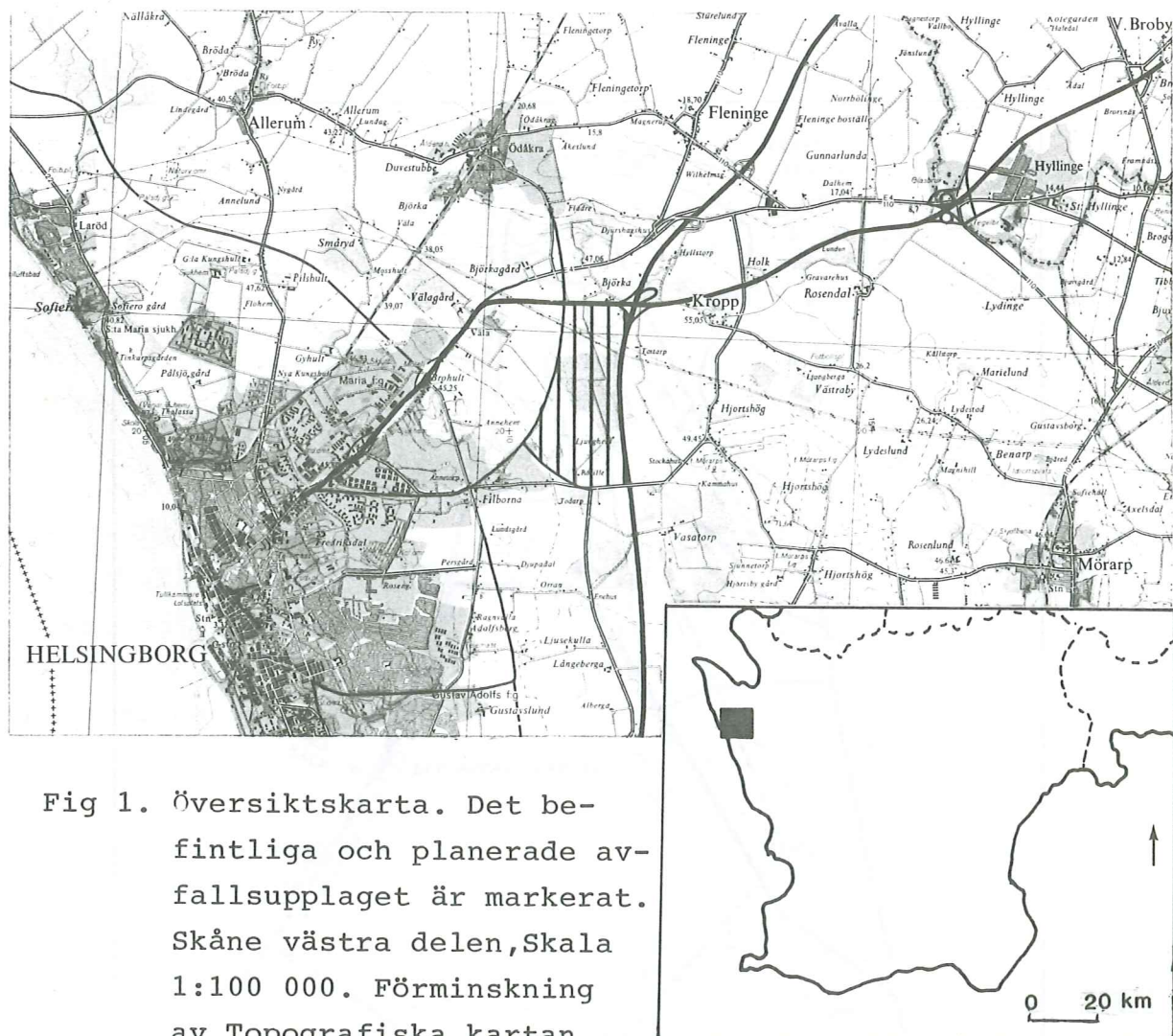


Fig 1. Översiktskarta. Det befintliga och planerade avfallsupplaget är markerat. Skåne västra delen, Skala 1:100 000. Förminskning av Topografiska kartan.

I Holk, beläget 3 km nordost om Filbornaområdet, har Bjuvs kommun en vattentäkt. I omgivningen kring Filborna finns dessutom privata grävda och borrade brunnar. Beroende på risken för att lakvatten från Filborna deponeringsområde skall förorena vattentäkten i Holk och de privata brunnarna

har koncessionsnämnden för miljöskydd begärt fördjupade studier av sambandet mellan djupare liggande grundvatten inom Filborna och den kommunala vattentäkten i Holk samt de privata brunnarna i Hjortshög och Kropp. Geokonsult AB har i detta sammanhang av NSR (Nordvästra Skånes Renhållnings Aktiebolag) fått i uppdrag att klarlägga grundvattenförhållandena i och omkring Filbornaområdet samt bedöma risken för förorening av grundvattnet.

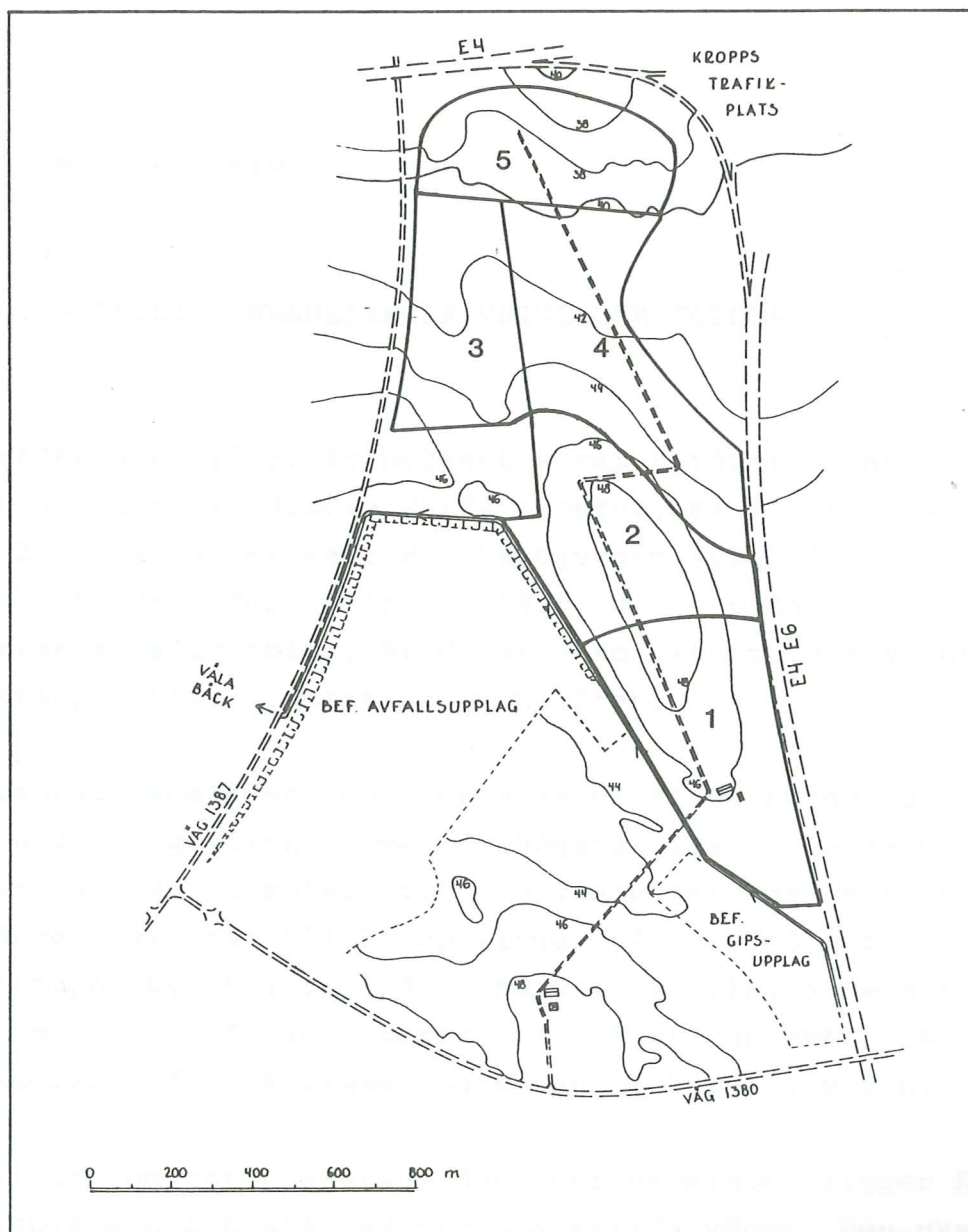


Fig 2. Etappindelning av planerat avfallsupplag.

Ett flertal undersökningar med avseende på bl a geotekniska och ythydrogeologiska förhållanden har tidigare utförts i och omkring Filborna, för att avgöra områdets lämplighet för avfallsdeponering (K- konsult 1970 och 1985, VIAK AB 1976, Geokonsult AB 1980 och 1984).

I samband med praktikarbete hos Geokonsult AB sommaren 1986 fick författaren i förslag att utföra examensarbete på ovanstående uppdrag.

2 OMRÅDESBESKRIVNING

2.1 ÖVERSIKTLIG OMRÅDESBESKRIVNING OCH TOPOGRAFI

Undersökningsområdet är beläget strax nordost om Helsingborg och begränsas av vägarna E6/E4 i öster, E4 i norr, Vålavägen (väg 1387) i väster samt Hjortshögvägen (väg 1380) i söder (fig 1). Hela deponeringsområdet, d v s både befintligt och planerat avfallsupplag, är drygt 2 km² stort, varav utbyggnadsetapp 1 till 5 omfattar ca hälften.

Undersökningsområdet domineras av en flack höjdrygg i nordväst-sydostlig riktning med en högsta nivå på ca 48 m ö h, vilket är 4 - 6 meter över omgivande terräng. Mot Kropp är terrängen relativt flack och ligger på 40 - 50 m ö h, dock är Kropps by belägen på en höjd av omkring 55 m ö h. Från Kropp mot Holk faller terrängen först snabbt och sedan långsammare. I Holk ligger markytan på 20 - 25 m ö h.

Strax norr om det planerade deponeringsområdet ligger Kropps trafikplats som består av tre planskilda vägar. Den ursprungliga markytan låg på 40 m ö h. I samband med byggandet av vägarna schaktades markytan ner till som lägst 27 m ö h.

I området förekommer både löv- och barrskog samt granplanteringar. Odlad mark finns i norra delen av undersökningsområdet.

2.2 BERGGRUND

Berggrunden i Helsingborgstrakten är av sedimentärt ursprung och utgörs överst av Helsingborgslager av rät-lias ålder. Helsingborgslagren består av mosten/sandsten och lerskiffrar/skifferleror, skilda åt eller i tät växellagring. De översta meterna av berggrunden är vittrad.

Berggrunden är också tektoniserad i form av förkastningar med huvudriktning i ostsydost-västnordväst. Även förkastningar vinkelrätt mot denna huvudriktning förekommer. En framträdande förkastning går i linje Mörarp-Kropp-Ödåkra. Detta innebär att Holk ligger nedsänkt i förhållande till Filbornaområdet (fig 3 och fig 24).

2.3 JORDARTER

En jordartskarta över undersökningsområdet har konstruerats (fig 4). Denna bygger dels på Geokonsult AB's provgropslagerföljder (1980 och 1984) och dels på SGU's jordartskarta (Adriellsson m fl 1981). Undersökningsområdet består till största del av moränlera och lerig morän. Det är vanligt att lerhalten är lägre i den översta metern, beroende på svalning (Adriellsson m fl 1981).

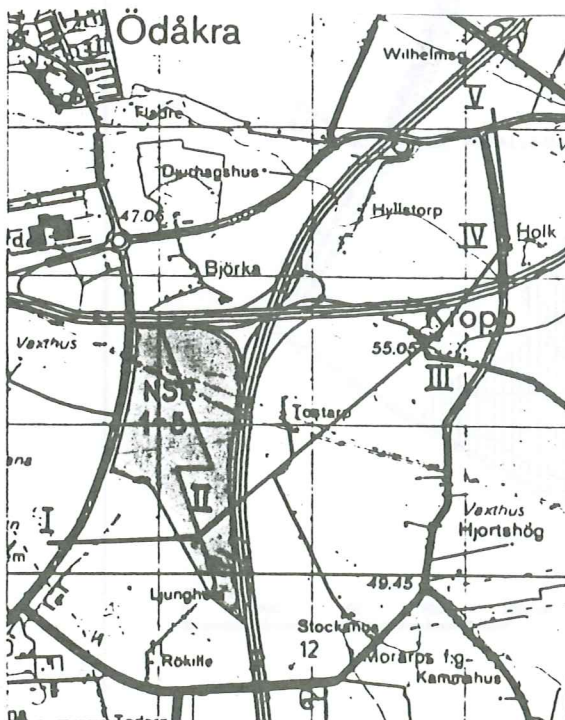
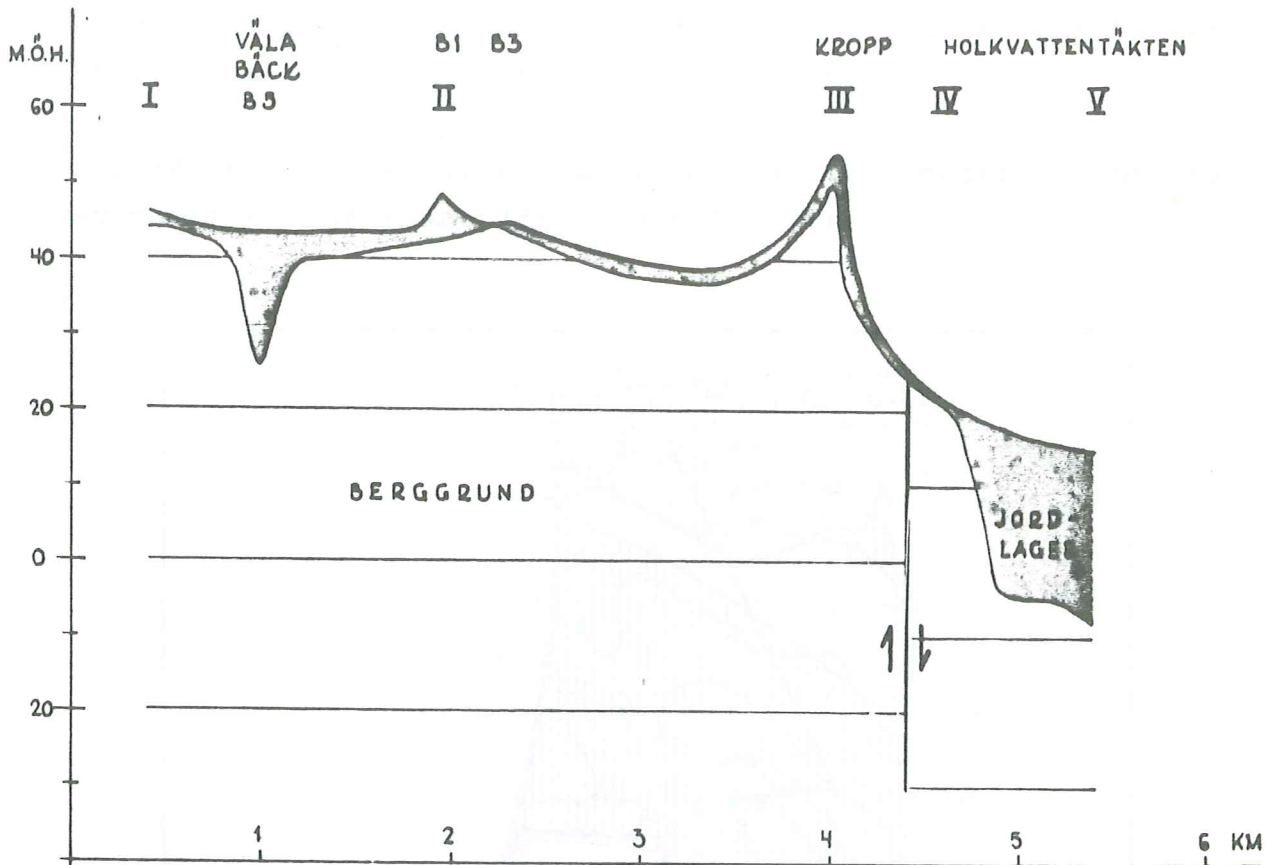


Fig 3. Profil över mark- och berggrundsytta.

Svallsediment (sand) förekommer inom undersökningsområdets nordligaste del. Utmed Väla bäck förekommer svämsediment (sand). Såväl svall- som svämsedimenten kan förekomma antingen direkt på berggrunden eller överlagra moränen. Mäktigheten på jordlagret varierar mellan en och sex meter, dock påträffades vid en djupborring (brunn B5, fig 6) kvartära lager ner till 18 meters

Fig 4. Kartor: 1. Sjö- och vattendrag. 2. Morän. 3. Svall- och svämsediment. 4. Jordlagret.

djup. Trots att terrängen utmed den icke omlagda sträckning-
en av Väla bäck är ett lågområde synes jordtäcket här ha den
största mäktigheten inom Filbornaområdet.

Jordtäcket i Holk har en mäktighet på 10-25 meter och utgörs
av morän och sediment (fig 3 och fig 24).

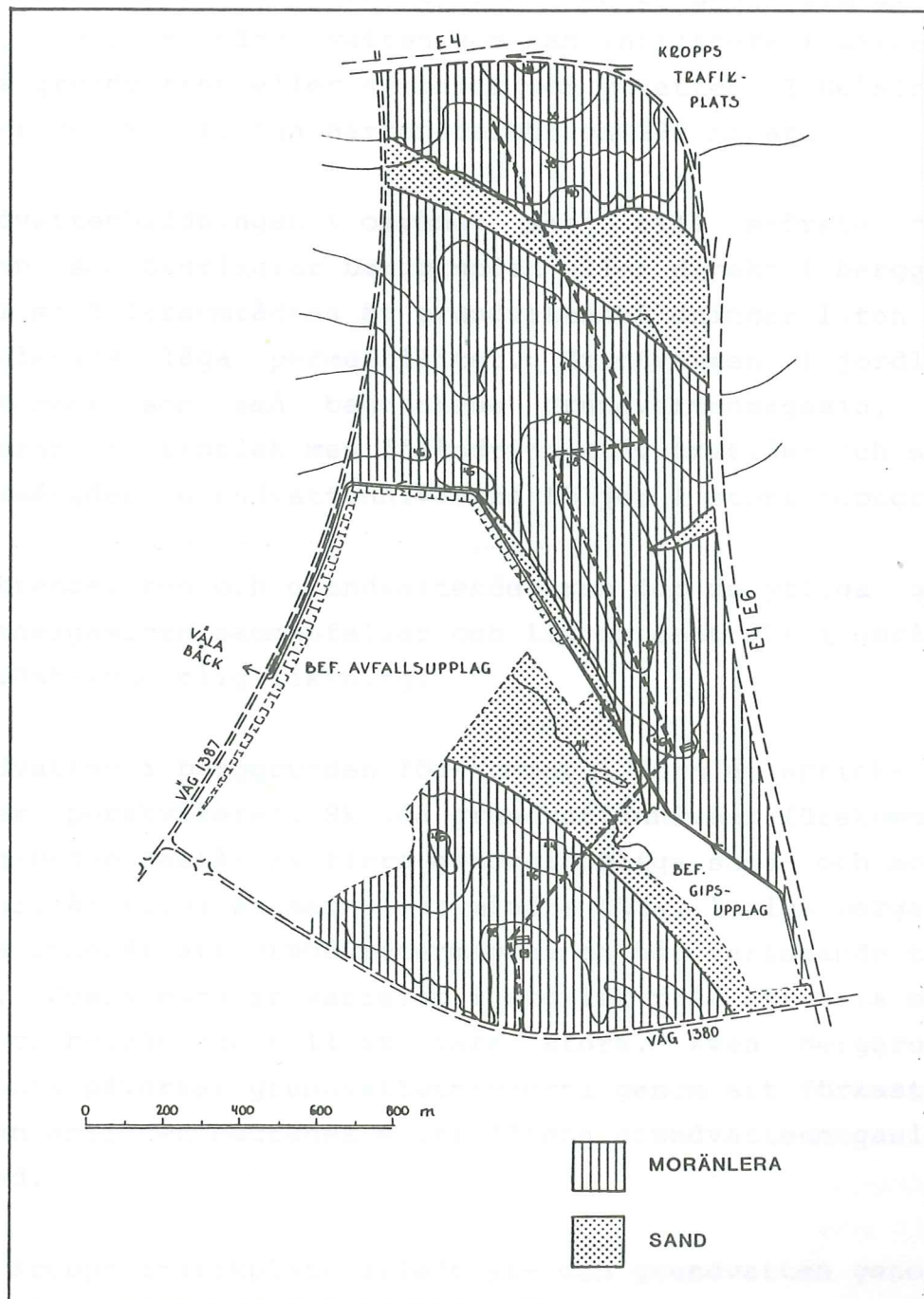


Fig 4. Jordartskarta över undersökningsområdet.

2.4 HYDROLOGI OCH GEOHYDROLOGI

Undersökningsområdet avvattnas av Väla bäck mot väster och av Tostarpsbäcken mot nordost. Båda dessa bäckar ansluter via Hasslarpsån till Vegeå med utlopp i Skälderviken.

Nettonederbörden är den totala nederbörden minus avdunstning, d v s den mängd vatten som kan infiltrera i marken och bilda grundvatten eller avrinner som ytvatten. I Helsingborg är den genomsnittliga nettonederbörden 230 mm/år.

Grundvattenbildningen i området sker till största del i sanden som överlagrar berggrunden eller direkt i berggrunden. I moränleraområdena är grundvattenbildningen liten p g a moränlerans låga permeabilitet. Grundvatten i jordlagren förekommer som små begränsade grundvattenmagasin, vilka varierar i storlek med förändringar av årstider och nederbördsmängder. Grundvattennivåerna följer i stort topografin.

Ytvattendelaren och grundvattendelaren för de ytliga grundvattenmagasinen sammanfaller och ligger centralt i området i nordväst-sydostlig riktning.

Grundvatten i berggrunden förekommer i form av sprick- och/eller porakviferer. Skilda grundvattennivåer förekommer då berggrunden består av flera genomsläppliga sand- och mostenslager, åtskilda av mer eller mindre täta, leriga bergarter. Detta innebär att grundvattenmagasinen har varierande tryckytor. Dessa magasin varierar i storlek från att vara mycket små och begränsade till att vara stora. Även berggrundens tektonik påverkar grundvattennivåerna genom att förkastningar kan antingen begränsa eller förena grundvattenmagasinen i sidled.

Vid Kropps trafikplats avleds yt- och grundvatten genom ett kulvertsystem mot nordost till Tostarpsbäcken. Denna dränering tycks inte påverka de geohydrologiska förhållandena mer

än i direkt anslutning till trafikplatsen.

3 TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR

K-konsult (1970) utförde undersökningar norr och öster om den befintliga deponeringsanläggningen. Syftet var att klarlägga jordlagerföljd, grund- och ytvattnets rörelseriktning samt en bedömning av risken för förorening av grund- och ytvatten. K-konsult fann att en viss påverkan av Väla bäck kan ske och föreslår att densamma skall kulverteras för att minska föroreningsrisken. Någon direkt kontakt mellan deponeringsområdet och vattentäkten i Holk ansågs ej föreligga.

VIAK AB (1976) utförde en undersökning med avseende på Bolidens planerade gipstipp vid Rökille gård strax sydost om nuvarande avfallsupplag. En korttidsprovvpumpning utfördes i den översta, okonsoliderade delen av berggrunden. Resultatet visar att magasinskoefficienten är $5 \cdot 10^{-4}$ i de centrala delarna av undersökningsområdet, vilket är normalt för slutna magasin. Något högre värden ($5 \cdot 10^{-3}$) förekommer i randområdena, vilket tyder på mera öppna förhållanden. Transmissiviteten är hög ($1,1 \cdot 10^{-2}$ m²/s). VIAK AB föreslår dels en omläggning av Väla bäck till nordligare läge för att styra grundvattenflödet och dels en permanent dränering av de låglänta delarna av tippområdet.

Området mellan det befintliga deponeringsområdet och gipstippen har även undersökts av VIAK AB (1976). Grundvattnets beskaffenhet har undersökts och visar att berggrundsvattnet är varierande till sin sammansättning i olika magasin (ex hårdhet, bikarbonathalt, halt av kväveföreningar och klorider). Dessa föroreningar anser VIAK AB bero på olika infiltrationsförhållanden så som varierande jorddjup, jordlager-

följd och markanvändning. Någon förorening från nuvarande deponeringsområde kunde inte säkert påvisas.

VBB (1977) genomförde en undersökning i Holk för att lämna förslag till skyddsföreskrifter och ange lämpligt skyddsområde för grundvattentäkten. Vattentäkten omfattar sju grundvattenbrunnar som är nedförda i rät-liasberggrundens lerskiffer och sandstenslager till djup varierande mellan 55 och 130 meter. Vattentäkten är belägen i en tektonisk sänka, den så kallade Vikensynklinalen. Troligtvis har lerlager vid förskjutningen valsats ut så att de tjänstgör som tätning mellan berggrundsblocken. VBB anser att den ursprungliga orubbade grundvattenströmmen gick från sydost mot nordväst.

Uttaget ur vattentäkten är 400.000 - 500.000 m³/år vilket motsvarar 15-20% av tätorterna Bjuvs, Gunnarstorps och Billesholms sammantagna behov.

VBB anser vidare att risken för nedträngande föroreningar inom vattentäktens närområde är liten p g a det mycket täta lagret av moränlera som överlagrar den vattenförande formationen. God självrening sker i rät-liasberggrunden då permeabiliteten är låg. VBB föreslår att skyddsområdet skall omfatta brunnsområde och yttre skyddszon. Den yttre skyddszonen skall begränsas till förkastningarna Granlunda - Lydinge och Ödåkra - Kropp - Mörrarp.

Geokonsult AB (1980 och 1984) har utfört två geohydrologiska och geotekniska undersökningar av området vid Filborna i syfte att utvärdera områdets förutsättningar för avfallsdeponering. Geokonsult AB drar slutsatsen att de geohydrologiska och geotekniska förutsättningarna i stort sett är gynsamma i området. I områden med jorddjup mindre än två meter föreslås ingen deponering p g a risk för förorening av grundvattnet.

K-konsult (1985) har på uppdrag av NSR utfört en teknisk beskrivning av det framtida avfallsupplaget vid Filborna. I denna undersökning beräknas den återstående driftstiden av nuvarande avfallsupplag till 10 - 12 år. Området norr om nuvarande upplag anses ha det lämpligaste läget för framtida deponering. K-konsult beskriver områdets topografi, geologi samt hydrologi och konstaterar bl a att tätning måste ske där moränleran endast är 1 - 2 meter mäktig samt att områden med tunnare jorddjup måste undantas för avfallsdeponering. Vidare ger K-konsult förslag till och detaljerad plan för fortsatt deponering på nuvarande avfallsupplag samt till etapp 1 och 2 av det framtida upplaget.

4 METODIK OCH UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

För att få en uppfattning om grundvattenförhållandena i djupt respektive ytligt belägna grundvattenmagasin, samt om det råder något samband mellan dessa, och vidare om det föreligger risk för förorening av vattentäkten i Holk genom lakvattenspridning vid Filborna, har följande undersökningar utförts:

- Inventering av befintliga brunnar samt långtidsobservationer av vattenytor i några av dessa brunnar.
- Långtidsobservationer av vattenytor i obs-rör.
- Borrning av sex brunnar.
- Provpumpning av djupt liggande grundvattenmagasin.
- Provpumpning av ytligt liggande grundvattenmagasin.

- Provpumpningskontroll av grundvattenmagasin i den översta, okonsoliderade mostenen.
- Provtagning av grundvatten för fysikalisk-kemisk analys.
- Provtagning av grundvatten för tritiumanalys.

Dessutom har studier av nederbörds mängden och lufttrycksvariationer skett p g a dessa faktorer s inverkan på provpumpningsresultaten.

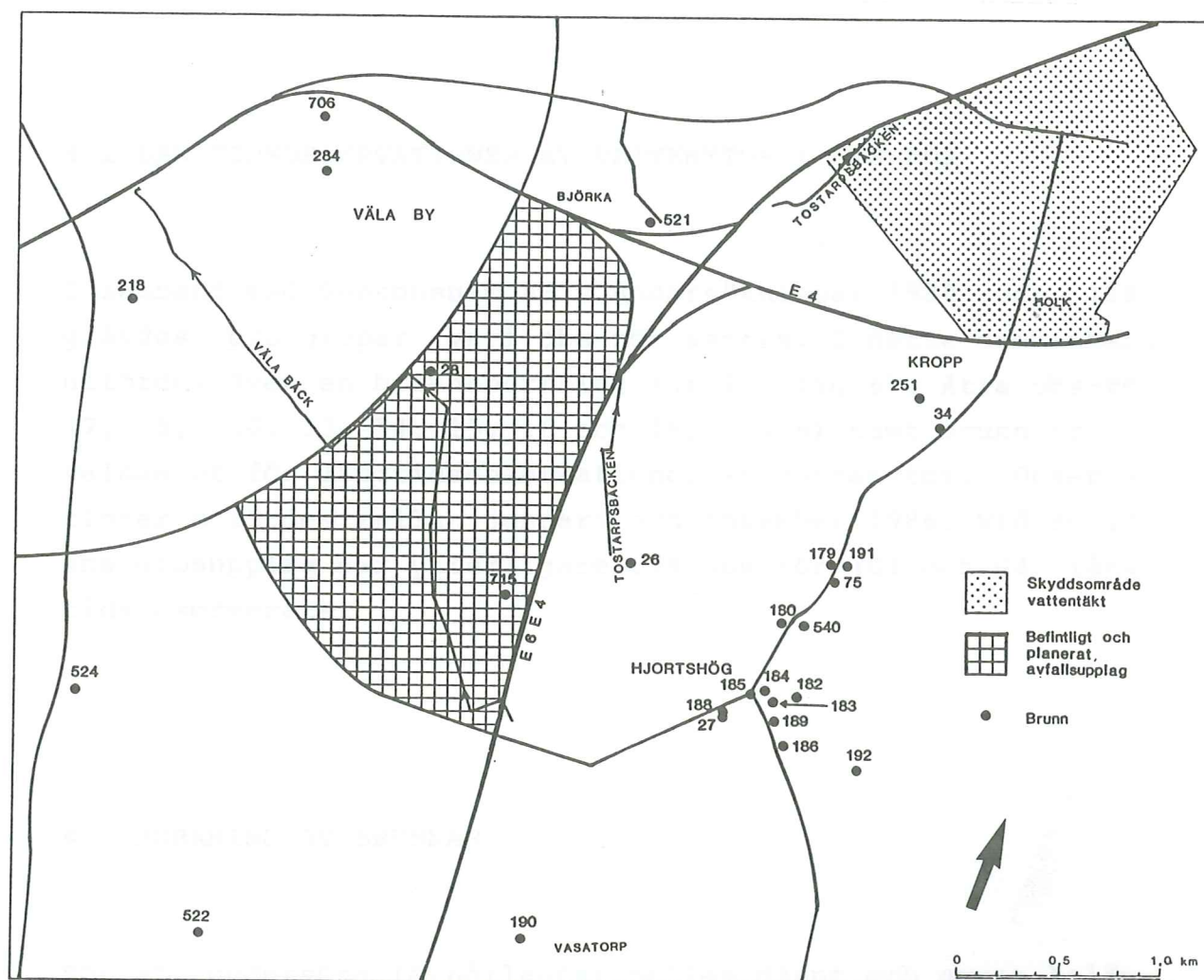


Fig 5. Inventerade brunnar.

4.1 INVENTERING AV BEFINTLIGA BRUNNAR SAMT LÅNGTIDSOBSERVATIONER AV VATTENYTOR I NÅGRA AV DESSA BRUNNAR

För att få en uppfattning om grundvattenflödet i och omkring undersökningsområdet har inventering av samtliga borrhade och några grävda brunnar inom ett ca 20 km² stort område, med Filborna i centrum, utförts (fig 5). Sju av dessa brunnar valdes ut för långtidsobservationer av vattenytor: brunnarna 26, 27, 28, 179, 251, 521 och 715. Brunnarna 26 och 27 är grävda medan de övriga är borrhade. Observationer utfördes under 1986 mellan maj och november.

4.2 LÅNGTIDSOBSERVATIONER AV VATTENYTOR I OBS-RÖR

I samband med Geokonsult AB's undersökningar 1980 och 1984 grävdes provgropar vari obs-rör sattes. I detta sammanhang utfördes även en brunnsborrning (nr 12, fig 6). Åtta obs-rör (7, 8, 10, 13, 14, 15, 16 och 18, fig 6) samt brunn nr 12, valdes ut för långtidsobservationer av vattenytor. Observationer utfördes mellan januari och november 1986. Vid Bolidens gipsupplag har ytterligare två obs-rör (G1 och G4) långtidsobserverats.

4.3 BORRNING AV BRUNNAR

För att undersöka förhållandet mellan djupt och grunt belägna grundvattenmagasin i området har sex brunnar på tre olika platser borrhats till varierande djup. Lagerföljdsstudier har även utförts i samband med borrhningarna.

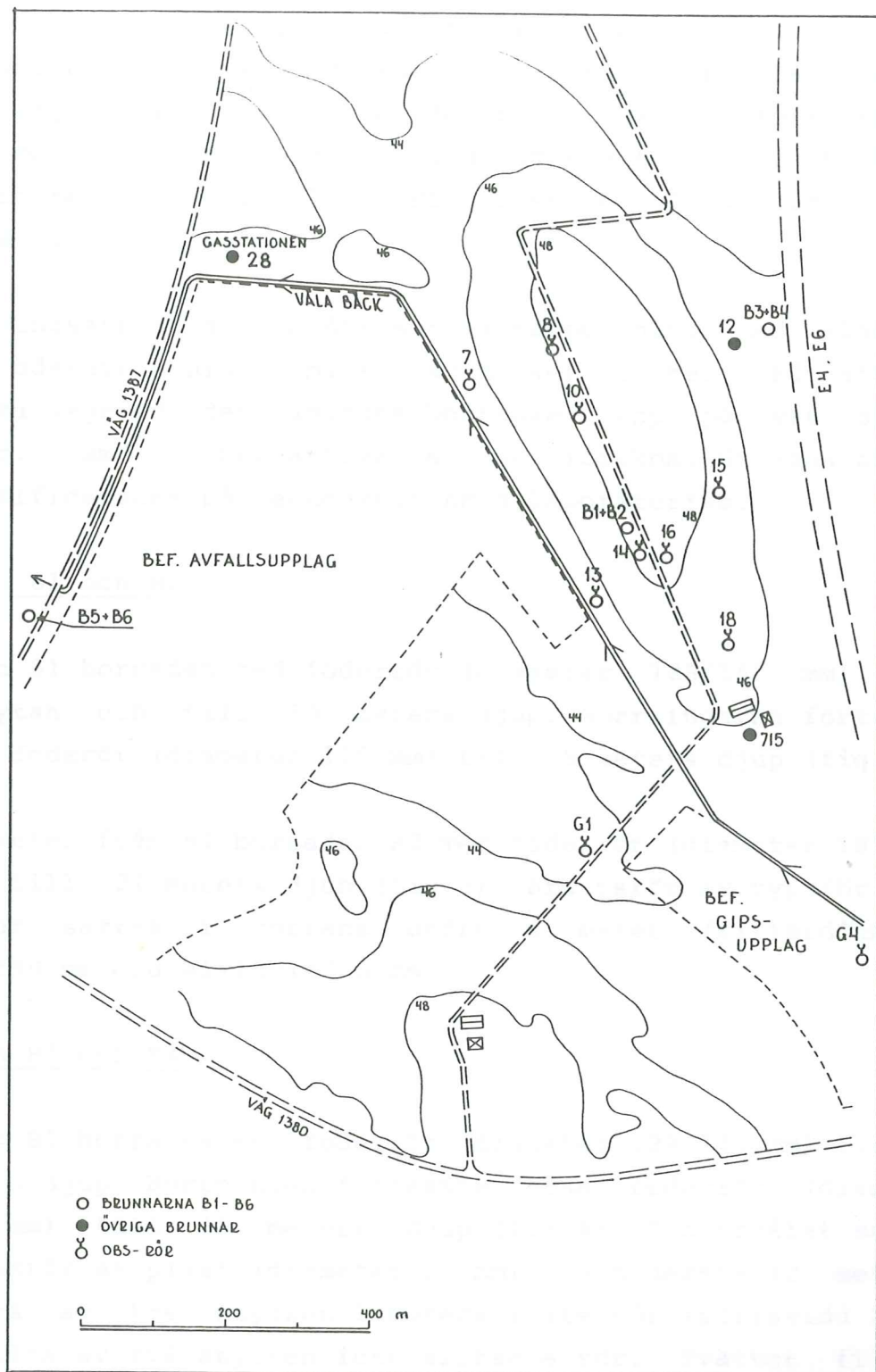


Fig 6. Brunnar och obs-rör i undersökningsområdet.

Två av brunnarna (B1, B2) är uttagsbrunnar för provpumpning, de övriga är provtagningsbrunnar (B3, B4 och B5, B6, fig 6). På varje borrhållsplats har de båda borrhållningarna utförts som en djup och en grund brunn. Tätning har skett för att brunnarnas filterdel skall stå i förbindelse med olika grundvattenmagasin.

Borrhållningsarbetena utfördes som hammarborrning med sänkborr och odexustrustning (maskin av märket Rotamec). För att bestämma lagerföljden samlades borrhållkaxet upp på var sjätte meter, samt då bergartsvariationer förekom. Uttagna prover klassificerades på Geokonsult AB's laboratorium.

Brunn B1 och B2

Brunn B1 borrhållades med foderrör (diameter 128/140 mm) från markytan och till 30 meters djup. Borrhållningarna fortsatte utan foderrör (diameter 115 mm) till 78 meters djup (fig 7).

Fem meter från B1 borrhållades B2 med foderrör (diameter 182/193 mm) till 21 meters djup (fig 7). Brunnsrör av typ förlorat filter sattes i borrhålls undre 4 meter (filterdiameter 125/190 mm med slitsvidd 3 mm).

Brunn B3 och B4

Brunn B3 borrhållades med foderrör (diameter 128/140 mm) till 10 meters djup. Borrhållningen fortsatte utan foderrör (diameter 115 mm) till 40 meters djup (fig 8). I borrhållset sattes brunnsrör av plast (diameter 50 mm). De nedersta 10 meterna utgörs av tre stycken 2-meters filterrör (slitsvidd 2 mm) åtskilda av två stycken icke slitsade rör. Tvättat filtergrus (kornstorlek 3 - 5 mm) applicerades runt filterröret. Resterande del av hålrummet mellan borrhållsvägg och brunnsrör tätades ända upp till rörets överkant med svällande ler-material, Duranit.

Brunn B4 borrades med foderrör (diameter 128/140 mm) till 10 meters djup (fig 8). I borrhålet sattes brunnsrör av plast (diameter 50 mm). Borrans nedre 4 meter utgörs av ett filterrör (slitsvidd 2 mm) som är klätt med fiberduk (Terram 1000, medianstorlek 0,12 mm, vattengenomsläpplighet 0,05 m/s). Filtergrus och Duranit applicerades på samma sätt som i B3.

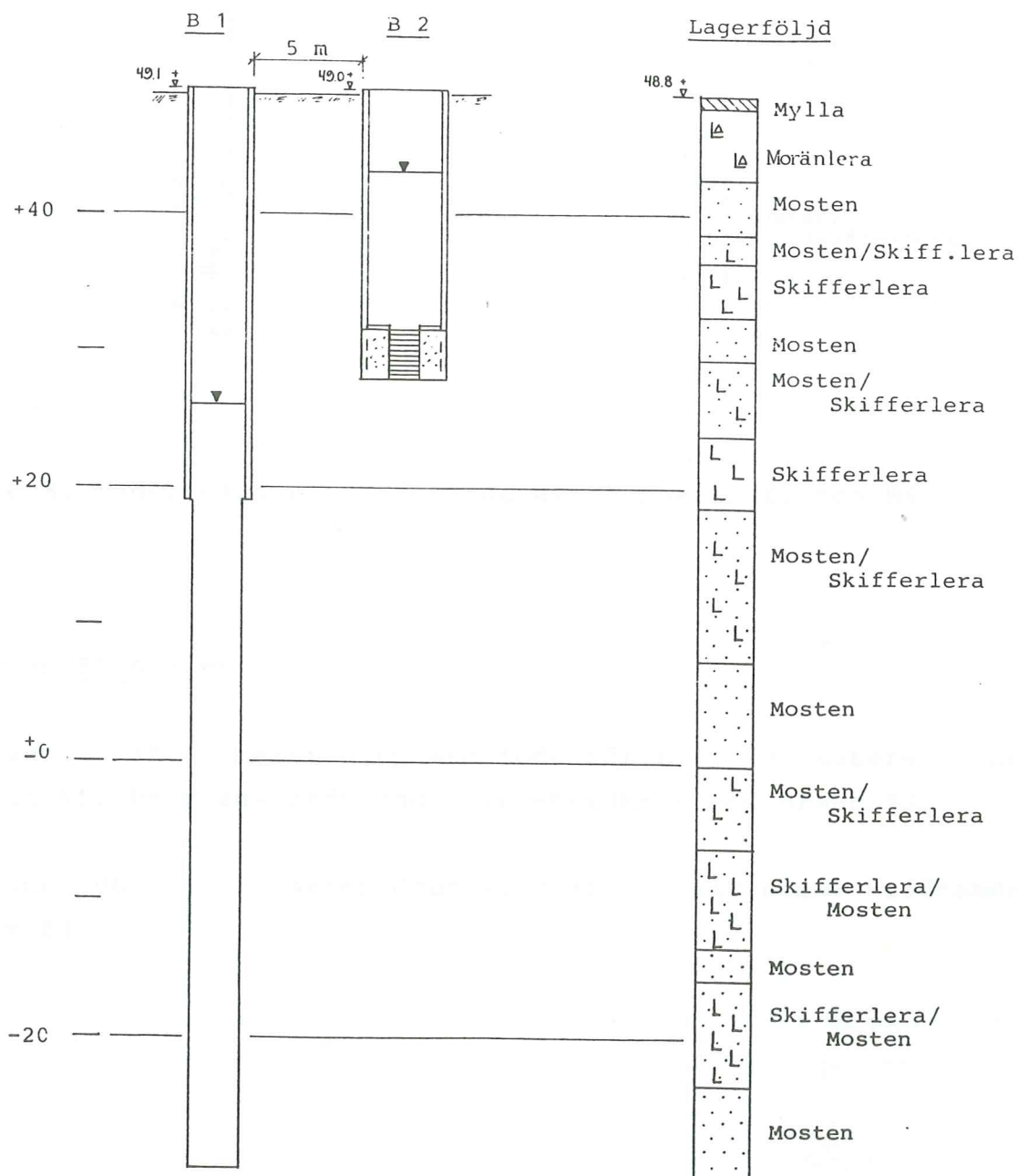


Fig 7. Lagerföljd och utförande av brunnarna B1 och B2.

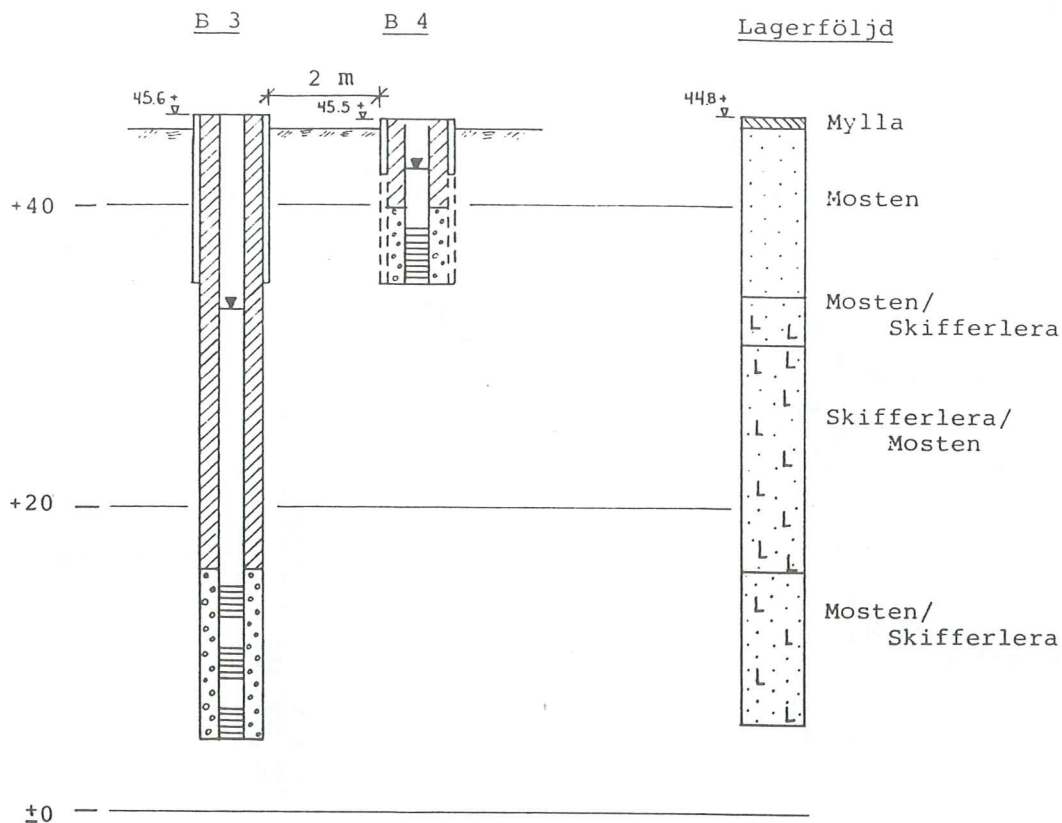


Fig 8. Lagerföljd och utförande av brunnarna B3 och B4.

Brunn B5 och B6

Brunn B5 är 40 meter djup med foderrör till 19 meters djup (fig 9). Brunnsens utförande överensstämmer med brunn B3.

Brunn B6 är 12 meter djup (fig 9) och har samma utförande som B4.

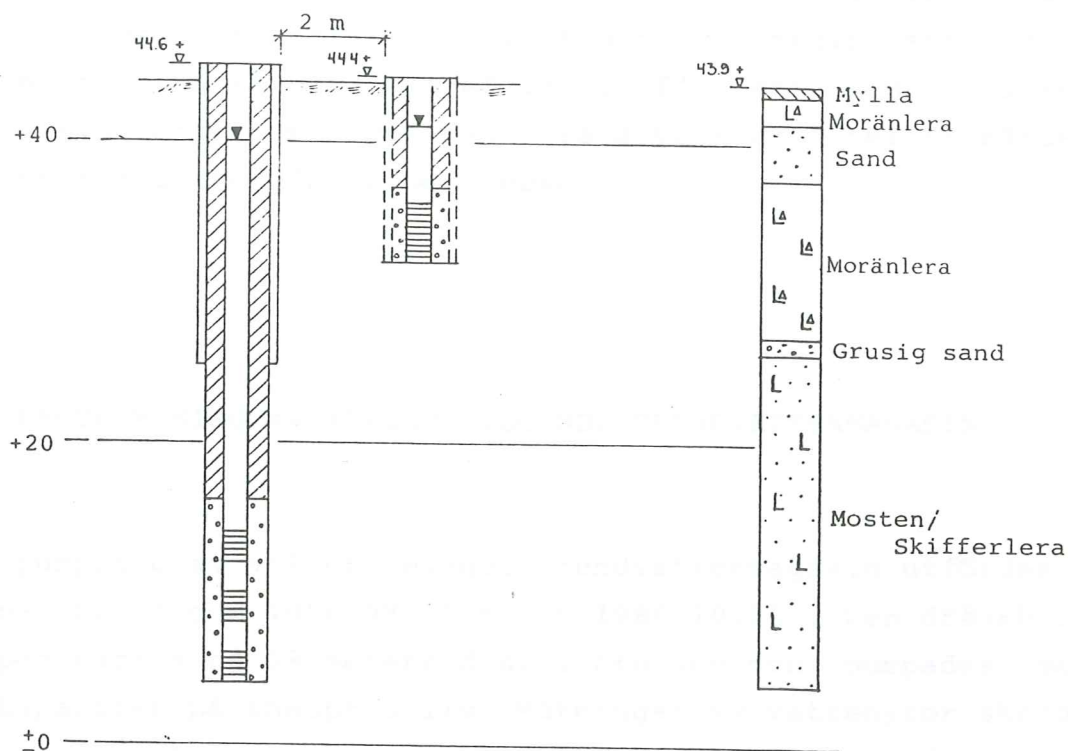


Fig 9. Lagerföljd och utförande av brunnarna B5 och B6.

4.4 PROVPUMPNING AV DJUPT LIGGANDE GRUNDVATTENMAGASIN

Det djupt belägna grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper bestämdes genom provpumpning av brunn B1. Provpumpningen startade 1986.08.11 och varade t o m 1986.08.28. En dränkbar djupbrunnspump sattes på 50 meters djup i brunnen. Uttaget var 2 l/s men på grund av tekniskt fel sjönk uttagskapaciteten efter hand. Ett medelvärde på uttaget under större delen av provpumpningen var 1,7 l/s. Några dagar före pumpstopp skedde dock en momentan sänkning av uttaget till 0,5 l/s.

Registrering av vattenytor skedde i uttagsbrunnen, i de borrade observationsbrunnarna samt i de långtidsobserverade

obs-rören och de privata brunnarna. För mätningen av vattentyterna användes ett ljuslod. Mättillfällena fördelades enligt ett provpumpningsprogram med ökande tidsintervall. Detta innebar att efter pumpstart utfördes registreringen av vattennivåerna så ofta som möjligt, för att sedan minska till två gånger om dagen den första veckan. Därefter mättes vattentyterna tre gånger per vecka.

4.5 PROVPUMPNING AV YTTLIGT LIGGANDE GRUNDVATTENMAGASIN

Provpumpning av ytligt beläget grundvattenmagasin utfördes i brunn B2 f o m 1986.09.15 t o m 1986.10.20 . Den dränkbara pumpen sattes på 19 meters djup i brunnen och pumpades med en kapacitet på knappt 3 l/s. Mätningar av vattentytor skedde enligt likartat provpumpningsprogram och i samma mätpunkter som provpumpningen av brunn B1.

4.6 PROVPUMPNINGSKONTROLL AV GRUNDVATTENMAGASIN I DEN ÖVERSTA, OKONSOLIDERADE MOSTENEN

För att få en uppfattning om de hydrauliska egenskaperna i det ytligaste grundvattenmagasinet beläget i den okonsoliderade mostenen, gjordes 1986.11.12 en provpumpning ur brunn 12 (fig 10). Pumpningen skedde med en sugpump och varade i sex timmar. Grundvattnet pumpades upp med en kapacitet av 0,5 l/s. Registrering av grundvattentytans förändring under pågående pumpning utfördes i brunnarna B3 och B4 som är belägna ca 50 meter från uttagsbrunnen.

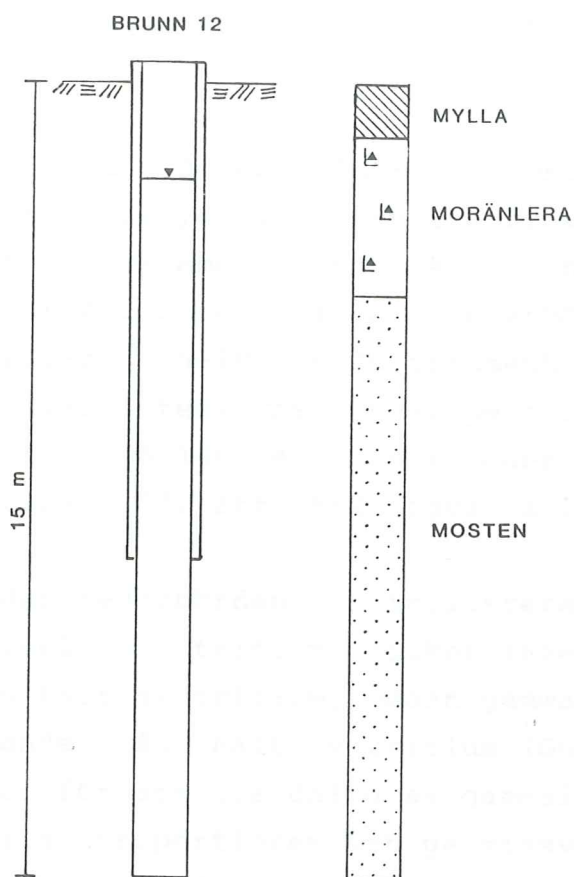


Fig 10. Lagerföljd och utförande av brunn 12.

4.7 PROVTAGNING AV GRUNDVATTEN FÖR FYSIKALISK-KEMISK ANALYS

Grundvattenprover för fullständig fysikalisk-kemisk analys är tagna ur de borrhade brunnarna för att kontrollera grundvattnets sammansättning och kvalitet, samt för att jämföra grunt och djupt beläget vatten. Före pumpningarna togs prover (1986.08.07) ur brunnarna B1, B2, B3, B4, B5, B6 och 28. Brunn B1 provtogs igen vid pumpstopp (1986.08.28). Två prover är tagna ur B2 i samband med att den provpumpades, det första en dag efter pumpstart (1986.09.16) och det andra i samband med pumpstopp (1986.10.20). Ur brunn B6 togs två extra prover (1986.11.20 och 1986.12.02).

4.8 PROVTAGNING AV GRUNDVATTEN FÖR TRITIUMANALYS

För att få en åldersbestämning på grundvattnet utfördes tritiumanalys av grundvattenprover. Tritium är en väteisotop som förekommer i atmosfären och som har en halveringstid på 12,26 år. Före 1954 var nederbördens tritiumhalt låg och konstant, 5-10 TU (tritiumenheter). Vätebombssprängningarna som var intensivast under perioden 1963-64 orsakade tritiumhalter på 1000-4000 TU i nederbörden. Därefter har halterna minskat, för att 1982 ligga på 20-40 TU (Gustafsson 1986).

Sedan nederbörden har infiltrerat i marken sker ingen tillförsel av tritium, vilket innebär att ungt grundvatten har hög halt av tritium, medan gammalt grundvatten har genomgående låg halt av tritium (Gustafsson 1986). Risker finns dock för att blandning av gammalt och ungt grundvatten i olika proportioner kan ge missvisande tritiumhalter på vatten bildat efter 1954 (Knutsson och Morfeldt 1973).

Två prover har tagits för tritiumanalys, det första ur B1 och det andra ur B2. Båda proverna togs någon timma efter respektive provpumpningsstart (1986.08.11 och 1986.09.15).

4.9 STUDIER AV NEDERBÖRDEN

Eftersom nederbörden påverkar grundvattenfluktuationerna har lokala nederbördsuppgifter inhämtats från SMHI under 1986. Fluktuationerna är även beroende av årstiderna. I södra Sverige har grundvattenytan sin högsta nivå under vinter och vår och sin lägsta under sommar och höst. I jämförelse med medelnederbörden (Gustafsson 1986) i Helsingborg var nederbörden under 1986 förhållandevis liten (tabell 1). Dygnsnederbörden redovisas i fig 11.

Månad	Medelnederbörd (mm)	1986 års nederbörd (mm)
Januari	51	58
Februari	39	2
Mars	28	37
April	39	25
Maj	47	48
Juni	53	9
Juli	88	88
Augusti	69	48
September	67	45
Oktober	57	53
November	45	42
December	47	24
Summa	630	479

Tabell 1. Nederbördsförhållande i Helsingborg.

Sommaren 1983 var torr och orsakade en snabb grundvattensänkning under denna period och därigenom även en låg grundvattennivå under hösten samma år (Gustafsson 1986). Eftersom nederbörden var låg också under 1986 bör ovanstående resonemang även gälla för denna sommar och höst.

4.10 STUDIER AV LUFFTRYCKSVARIATIONER

För att utröna om lufttrycksvariationer (barometereffekten) kan ha påverkat någon av observationsbrunnarnas vattennivåer har lufttrycket i Helsingborg följts i dagstidning (Helsingborgs dagblad) f o m 1986.08.11 t o m 1986.11.10 .

Med barometereffekten menas förhållandet mellan vattentrycksförändringar och lufttrycksförändringar i en sluten akvifer. Ökat lufttryck ger en sänkning av vattennivån medan minskat lufttryck ger en höjning.

Lufttrycket varierade mellan 736 mmHg och 773 mmHg under mätperioden (fig 11). De snabbaste lufttrycksvariationerna inträffade i oktober, exempelvis sjönk lufttrycket med 13 mmHg mellan den 9/10 och 10/10 samt med 16 mmHg mellan den 18/10 och 19/10. Trots detta är det svårt att avgöra om någon av brunnarnas vattennivåer påverkades av dessa lufttrycksfluktuationer eftersom mätningarna av vattennivåerna har skett oregelbundet och med långa mellanrum, medan lufttrycket är avläst två gånger per dygn. Även nederbörds- och provpumpningseffekterna gör det svårt att avgöra vilken av parametererna som påverkar vattennivån.

5 RESULTAT

5.1 INVENTERING AV BEFINTLIGA BRUNNAR SAMT LÅNGTIDSOBSERVATIONER AV VATTENYTOR I NÅGRA AV DESSA BRUNNAR

Mätvärdena för de inventerade privata brunnarna redovisas i bilaga 1. Eftersom de borrade brunnarna endast har foderrör i stort sett ned till den översta delen av berggrunden, innebär detta att vatten erhålls från mer än ett grundvattenmagasin. Den uppmätta vattenytan i brunnen motsvarar då ett medeltryck, påverkat av vattenföringen i de olika magasinerna, dvs det magasin som har den största vattenföringen dominerar trycknivån i brunnen. I Filbornaområdet är det översta berggrundsvattenmagasinet oftast det mest vattengenomsläppliga och bestämmer därmed tryckytan i brunnen. Med utgångspunkt från brunnarnas vattennivåer har flödesförhållandena i översta berggrunden utvärderats. Det visar sig då att flödet i stort följer topografin.

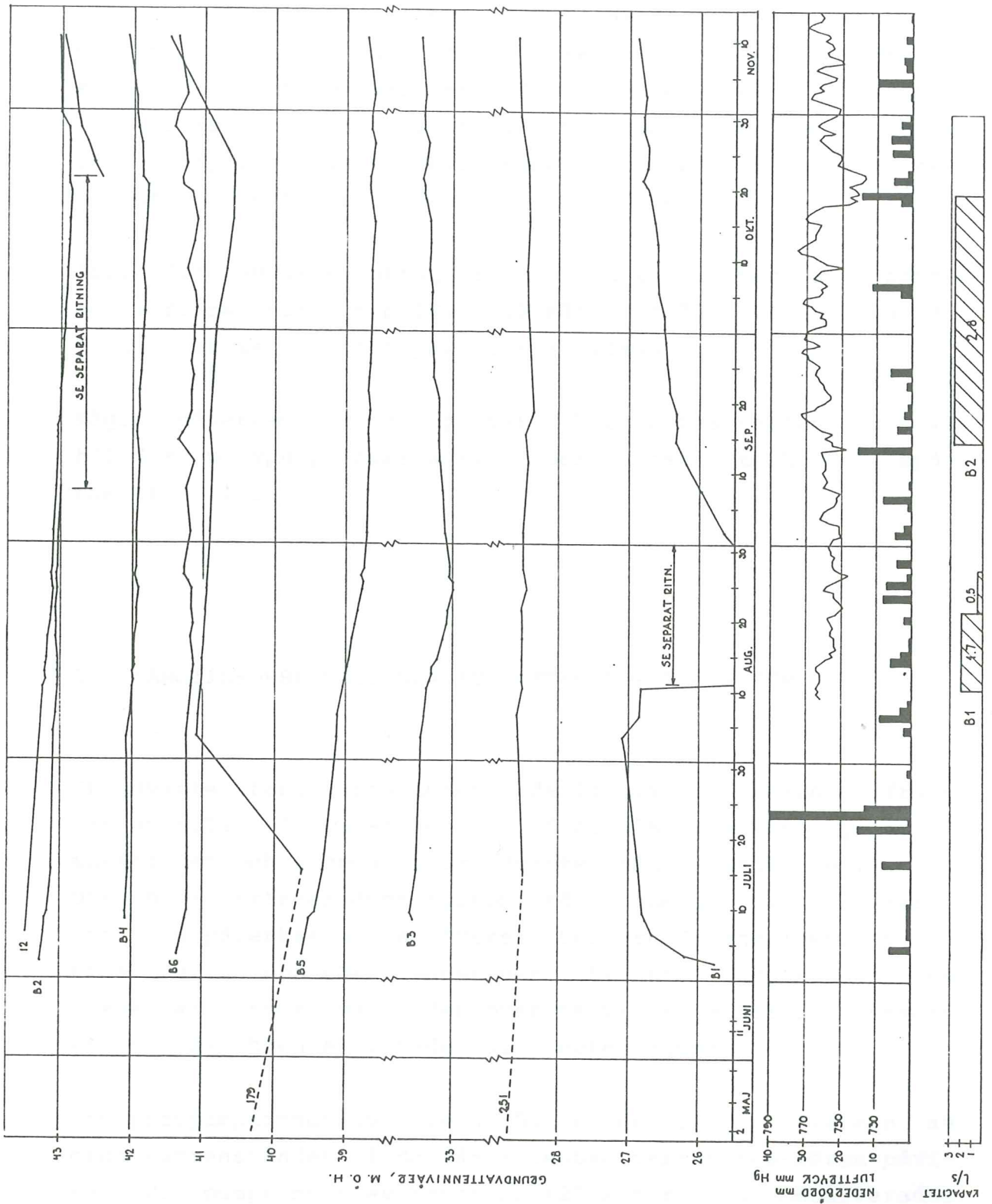


Fig 11. Vattennivåer i brunnar under provpumpning ur B1 och B2, samt lufttryck och nederbörd.

De privata brunnarnas långtidsobserverade vattenytor redovisas i bilaga 2. En allmän sjunkande trend av vattenytorna sker i grundvattenmagasinen under sommaren. Denna trend har förstärkts då nederbörden varit under det normala under 1986. Påfyllning av grundvattenmagasinen börjar normalt ske i slutet av oktober, i denna trakt av Sverige.

Till följd av vattenuttag ur en brunn kan vattenytan i brunnen variera kraftigt mellan två mättillfällen. Sådana variationer har satts inom parentes i bilaga 2.

Någon påverkan av de privata brunnarnas vattenytor till följd av provpumpningarna av B1 och B2 har inte kunnat spåras (fig 11).

5.2 LÅNGTIDSOBSERVATIONER AV VATTENYTOR I OBS-RÖR

Grundvattenytans variationer i de 11 utvalda obs-rören framgår av bilaga 3. Obs-rören 10, 15 och 16 sträcker sig ner i moränleran och avspeglar grundvattenytan i jordlagren. Obs-rör 15 tränger dock igenom större delen av jordlagret och kan påverkas av det översta berggrundsmagasinet trycknivå. Övriga obs-rör tränger ner i översta berggrunden och avspeglar trycknivån i det översta vittrade berggrundsmagasinet. Obs-rören är i medeltal 5 meter djupa.

Vid provpumpningen av brunn B1 kunde ingen påverkan av grundvattenståndet i de långtidsobserverade obs-rören påvisas. Vid pumpningen av brunn B2 (21 meter djup) observerades en viss påverkan av vattenytorna i obs-rören 13, 14, 15 och 18 (fig 12). Avsänkingsförloppet i dessa obs-rör är emellertid inte stort, varför det är troligt att dessa ej står i

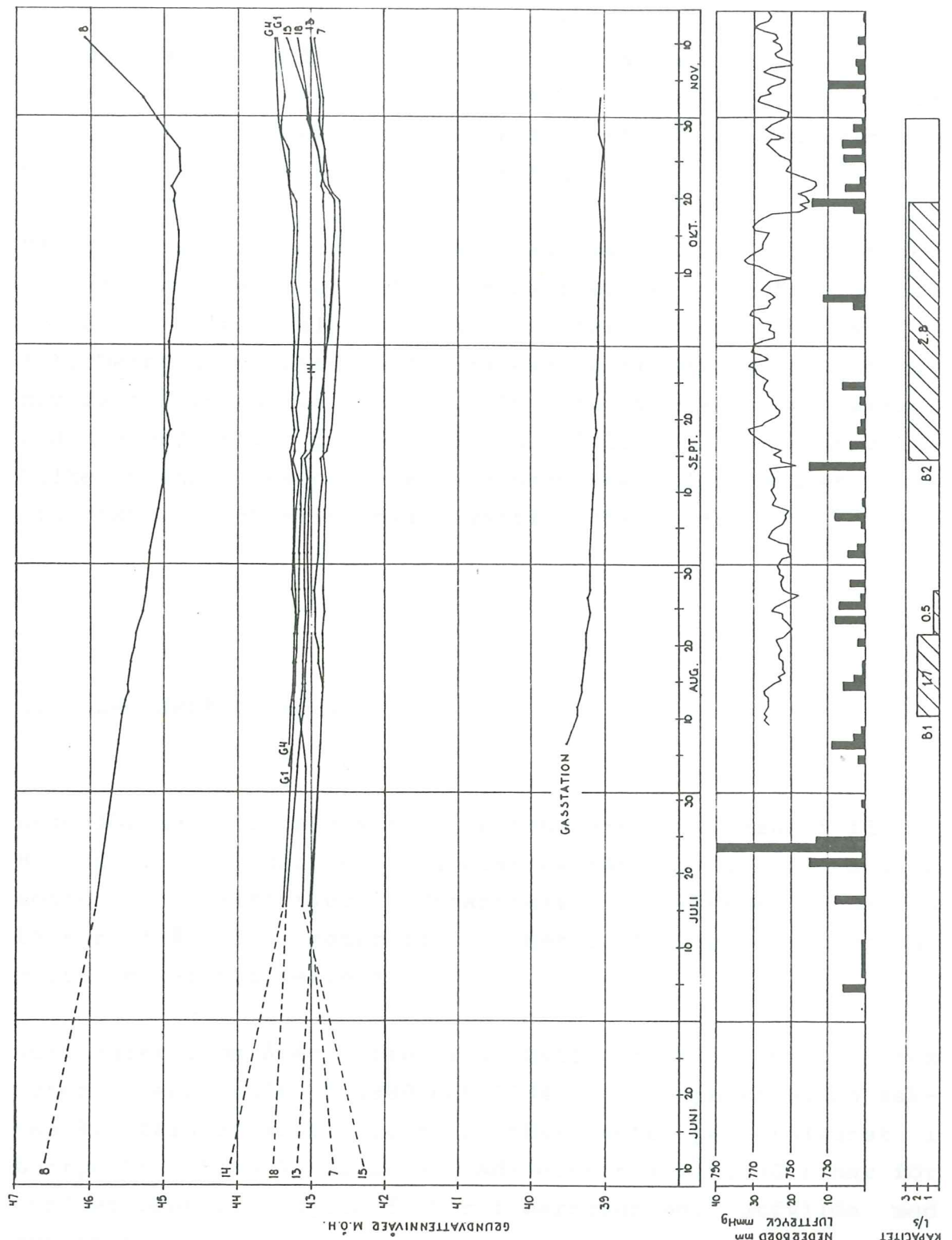


Fig 12. Vattennivåer i obs-rör under provpumpning ur B1 och B2, samt lufttryck och nederbörd.

direkt kontakt med samma akvifer som B2. Troligtvis förekommer det lågpermeabla lager mellan det översta berggrundsmagasinet och akviferen som står i kontakt med brunn B2. Detta innebär att det sker ett läckage från ett övre grundvattenmagasin till magasinet för brunn B2.

På grundval av observationer av vattenytor i befintliga brunnar (bilaga 1) och långtidsobserverade obs-rör (bilaga 2) har en principiell grundvattennivåkarta konstruerats (fig 13). Denna grundvattennivåkarta avspeglar det översta berggrundsmagasinet vattennivå. En grundvattendelare skär i sydost-nordvästlig riktning genom avfallsdeponeringsområdet. Vilken verkar divergerande på grundvattenflödet med en nordlig riktning och en nordväst-västlig riktning.

5.3 BERGBORRADE BRUNNAR

Lagerföljden för de sex borrhade brunnarna redovisas i fig 7, 8 och 9. Berggrunden domineras av tät växellagring mellan mosten och skifferlera. Undantagsvis förekommer enskilda bankar, från någon meter till 10 meter mäktiga, bestående av mosten eller skifferlera.

Jordlagret i området varierar i mäktighet mellan en och sex meter (Geokonsult AB 1980 och 1984). I borrhpunkt B3/B4 saknas kvartära avlagringar, medan mäktigheten på jordlagret i borrhpunkt B5/B6 är 18 meter. Adrielsson m fl (1981) har för området beskrivit djupa fickor i berggrunden, utfyllda med kvartära avlagringar.

Brunnarna B1, B2, B3 och B5 är nedförda i slutna grundvattenmagasin medan magasinet för B4 är öppet. Brunn B6 är belägen i en jordlagerakvifer.

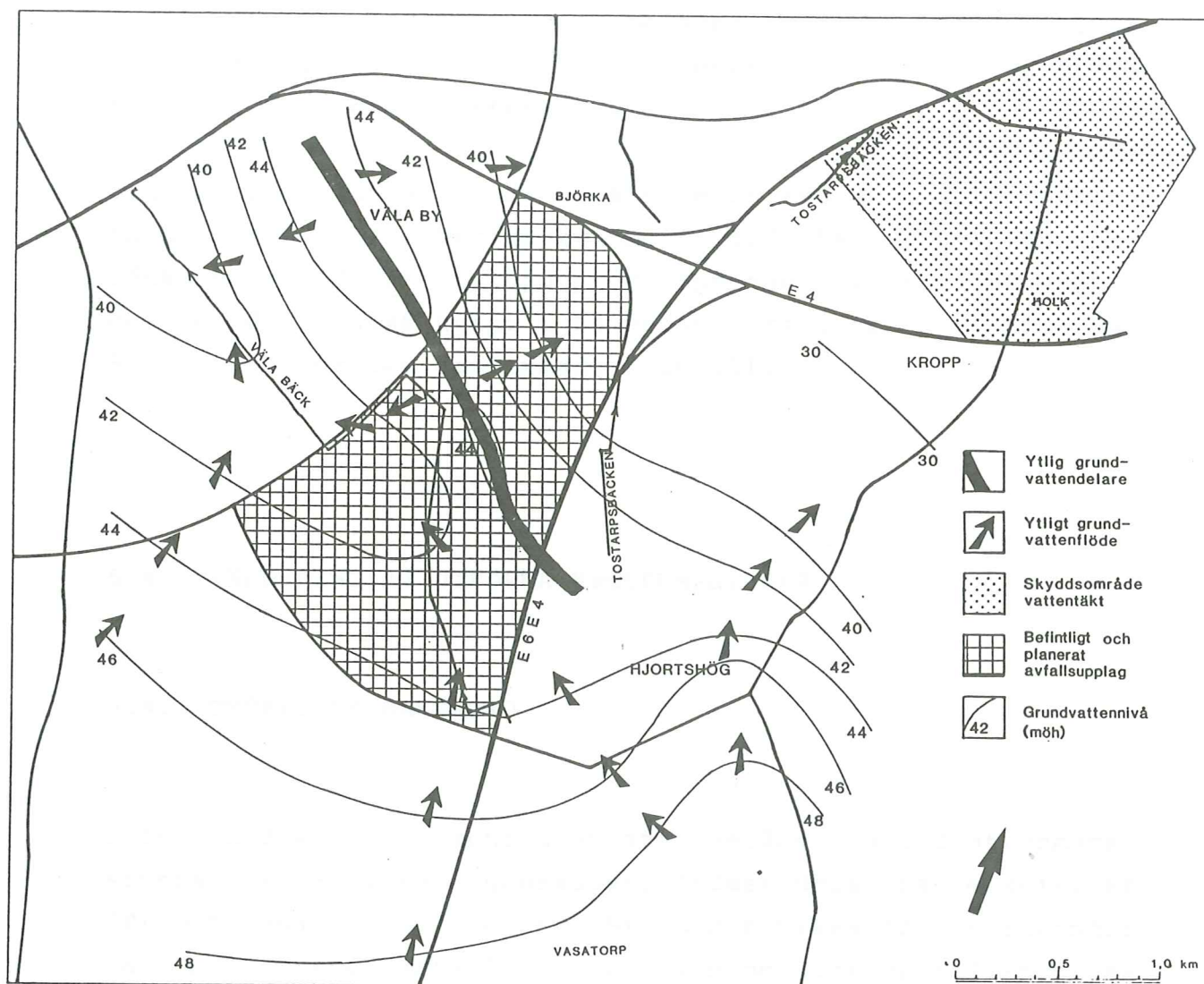


Fig 13. Grundvattennivåkarta över översta berggrunds magasinet.

Vattennivån i de olika brunnarna är mycket olika (bilaga 4). Speciellt kraftiga skillnader förekommer i de djupa brunnarna (B1: 26,8 m ö h, B3: 33,6 m ö h, B5: 39,5 m ö h). Dessa nivåskillnader tolkas som att magasinen är avgränsade från varandra. Tryck- och grundvattenytorna för de grunda magasinen (B2: 43,2 m ö h, B4: 42,1 m ö h, B6: 41,3 m ö h) skiljer sig inte åt i samma utsträckning som de djupa. Skillnaderna

i vattennivåerna mellan de närbelägna brunnarna (B1/B2: 16,4 m, B3/B4: 8,5 m, B5/B6: 1,8 m) innebär att dessa inbördes tillhör olika grundvattenmagasin.

Vid provpumpning av brunn B1 skedde en avsänkning i brunnarna B3 och B5. I de övriga brunnarna (B2, B4 och B6) var avsänkningen försumbar. Vid provpumpningen av brunn B2 spårades en möjlig avsänkning i B4 medan övriga brunnar (B1, B3, B5 och B6) förblev opåverkade (fig 11).

5.4 UTVÄRDERING AV UTFÖRDA PROVPUMPNINGAR

5.4.1 TEORETISK BAKGRUND

Syftet med en provpumpning är att bestämma grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper, främst dess transmissivitet (T) och magasinskoefficient (S). Under vissa förutsättningar kan man också erhålla information om läckage mellan olika grundvattenmagasin samt förekomst av hydrauliska gränser.

Ett grundvattenmagasins transmissivitet kan definieras enligt Carlsson och Gustafsson (1984, sid 10) som " Grundvattenflöde genom en sektion med enhetsbredd vinkelrätt mot flödesriktningen under gradienten ett och med hänsynstagande till vätskans egenskaper, sort m^2/s ".

Magasinskoefficienten för ett grundvattenmagasin är den volym vatten som frigörs från den mättade akviferen i förhållande till den volymändring som denna undergår p g a den av pumpningen orsakade tryckförändringen (Follin 1983).

Vid utvärdering av provpumpningsdata används grafiska lösningsmetoder, främst Theis' och Jacob's metoder. Utvärderingen sker i den transienta fasen d v s när avsänkingsområdet fortfarande ökar i storlek. De ekvationer som gäller vid transient avsänkning är följande:

Theis' ekvation

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \quad (1)$$

s - avsänkning i uttagsbrunnen (m)

Q - pumpkapacitet (m³/s)

T - transmissivitet (m²/s)

W(u) - Theis' brunnsfunktion (-)

$$u = \frac{r^2 S}{4 T t} \quad (2)$$

u - Boltzmanns variabel (-)

r - avstånd från uttagsbrunn till obs-rör (m)

S - magasinskoefficient (-)

t - tid (s)

Om u är litet kan Theis' ekvation skrivas på följande sätt:

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} (\ln (1/u) - 0,5772) \quad (3)$$

Theis' metod

Theis' metod är dubbellogaritmisk. En logaritmering av ekvationerna (1) och (2) ger:

$$\log(s) = \log\left(\frac{Q}{4 \pi T}\right) + \log(W(u)) \quad (4)$$

$$\log(t) = \log\left(\frac{r^2 S}{4 T}\right) + \log(1/u) \quad (5)$$

Eftersom $\log(Q/4\pi T)$ och $\log(r^2 S/4T)$ är konstanter innebär detta att $\log(s)$ är en funktion av $\log(t)$ liksom $\log(W(u))$ är en funktion av $\log(1/u)$. Om dessa båda funktioner ritas upp i ett dubbellogaritmiskt diagram erhålls en datakurva ($\log(s)$ som funktion av $\log(t)$) och en typkurva ($\log(W(u))$ som funktion av $\log(1/u)$). Vid utvärderingen av Theis' metod passas datakurvan mot typkurvan och en passningspunkt bestäms, varvid samhörande värden på s_m , t_m , $W(u)_m$ och $(1/u)_m$ avläses. För att sedan beräkna transmissiviteten och magasinskoefficienten utnyttjas följande formler:

$$T = \frac{Q}{4 \pi s_m} W(u)_m \quad (6)$$

$$S = \frac{4 T t_m u_m}{r^2} \quad (7)$$

Jacob's metod

Jacob's metod är semilogaritmisk. Logaritmering av ekvation (3) ger:

$$s = \frac{0,183 Q}{T} \log \left(\frac{2,25 T t}{r^2 S} \right) \quad (8)$$

Ekvationen visar att avsänkningsen (s) är en linjär funktion av logaritmen för tiden ($\log t$). Avsänkingsdata plottas i ett lin-log diagram, varefter en linje med bästa passning till dessa data utritas. Linjens skärning med tidsaxeln betecknas t_0 och skillnaden i avsänkningsen per tidsdekad betecknas Δs .

För att beräkna transmissiviteten och magasinskoefficienten sätts avsänkningsen i ekvation (8) till noll och följande formler erhålls:

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta s} \quad (9)$$

$$S = \frac{2,25 T t_0}{r^2} \quad (10)$$

Utvärdering av hydrauliska gränser

Förekomsten av hydrauliska gränser kan utvärderas med avsänkingskurvor i ett lin-log diagram. Avståndet till en hydraulisk gräns kan relateras till den tidpunkt (t_i) där

gränsen ger en påverkan på avsänkning (Follin 1983), (fig 14).

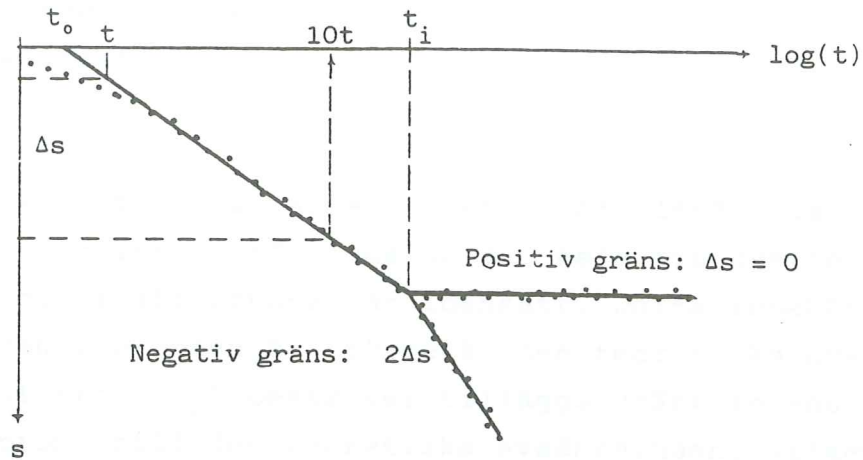


Fig 14. Utvärdering av hydrauliska gränser, t_i , där den hydrauliska gränsen ger sig tillkänna (från Follin 1983).

En positiv hydraulisk gräns innebär att avsänkning avstannar ($\Delta s = 0$). Förekommer en negativ hydraulisk gräns medför det att avsänkning blir dubbelt så stor ($2\Delta s$). Fler negativa hydrauliska gränser ger sedan ytterligare större avsänkingshastighet.

Transmissivitetsbestämning med hjälp av avsänkningsmätning i uttagsbrunnen

Carlsson och Gustafsson (1984) har beskrivit att ett teoretiskt värde på transmissiviteten kan utvärderas med hjälp av brunnens specifika kapacitet (Q/s_w) och följande formel:

$$T = \frac{Q}{s_w} \frac{\ln\left(\frac{R}{r_w}\right) + \xi}{2\pi} \quad (11)$$

- Q - pumpkapacitet (m^3/s)
 s - avsänkning i brunnen (m)
 R_0 - influensradie (m)
 r - brunnens radie (m)
 ξ - skinfaktor (-)

I praktiken är nästan alla brunnar ofullständiga, d v s brunnen står inte i förbindelse med hela grundvattenmagasinet, och/eller att brunnen är igensatt. Detta innebär att avsänkningen i brunnen är större än den teoretiska avsänkningen. Skinfaktorn (ξ) beskriver tilläggsavsänkningens storlek i relation till den teoretiska avsänkningen, vilket medför att skinfaktorn, för en brunn i ett poröst medium är >0 .

Influensradien för en brunn överskrider normalt 200 meter (Carlsson och Gustafsson 1984). Funktionen $\ln R_0/r$ ($R_0 = 200$ m, $r = 0,2$ m) minsta tänkbara värde är följaktligen lika med sju. Transmissiviteten kan då uppskattas till:

$$T \geq \frac{Q}{s_w} \frac{7 + 0}{2 \pi} = 1,1 \frac{Q}{s_w} \quad (12)$$

Utvärdering av återhämtningsdata

För injektion av vatten i brunnen gäller samma samband som vid pumpning av vatten ur brunnen, men med den skillnaden att avsänkningen (s) istället blir en höjning (s'') (Carlsson och Gustafsson 1984), se nedanstående figur.

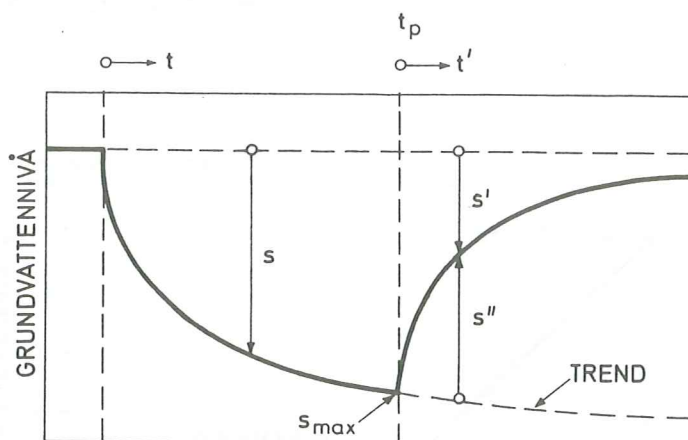


Fig 15. Grundvattennivån i provpumpningsbrunnen före och efter pumpstopp (från Carlsson och Gustafsson 1984).

Efter pumpstopp kvarstår en residualavsänkning (s'). Denna residuala avsänkning kan uttryckas med utgångspunkt från ekvation (3) enligt följande:

$$s' = \frac{Q}{4 \pi T} \ln\left(\frac{t + t'_{\text{P}}}{t'}\right) \quad (13)$$

- s' - residualavsänkning (m)
- Q - pumpkapacitet (m^3/s)
- T - transmissivitet (m^2/s)
- t - tid till pumpstopp (s)
- t'_{P} - tid efter pumpstopp (s)

I ett semilogaritmiskt diagram kan s' plottas mot $(t + t'_{\text{P}})/t'$ varvid en rät linje bildas i diagrammet (fig 16).

Enligt Carlsson och Gustafsson går $(t + t'_{\text{P}})/t'$ mot 1 då tiden går mot oändligheten. För ett oändligt grundvattenmagasin är s^* (fig 16) lika med noll. Om grundvattnen trenden

stiger ovan ursprunglig vattennivå (som fallet är i fig 16) tyder detta på ett läckage till grundvattenmagasinet. I ett begränsat magasin kommer grundvattennivån däremot inte upp i samma höjd som den ursprungliga grundvattennivån.

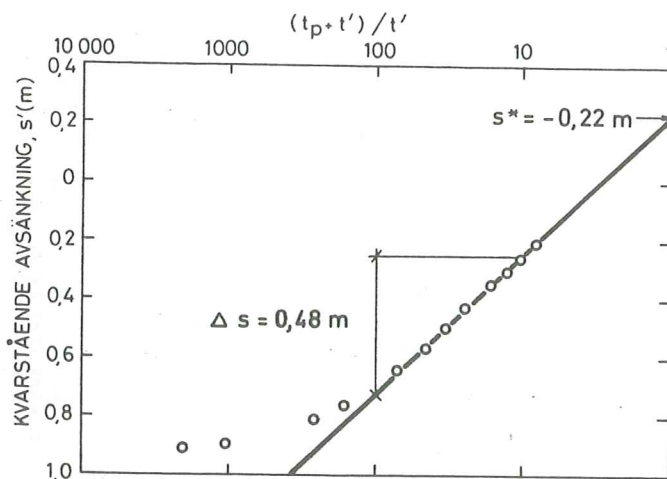


Fig 16. Analys av återhämtningsdata. (från Carlsson och Gustafsson 1984).

5.4.2 UTVÄRDERING AV PROVPUMPNINGEN UR B1

Utvärderingen av provpumpningen ur B1 försvårades dels av att pumpens kapacitet var låg (2 l/s), vilket medförde att endast en liten avsänkning bildades, dels av att pumpens kapacitet sjönk efter hand (fig 17). Utvärderingen är utförd inom intervallet då kapaciteten var 1,7 l/s. Avsänkningen är plottad mot tiden i log-log diagram (fig 18) respektive lin-log diagram (fig 19).

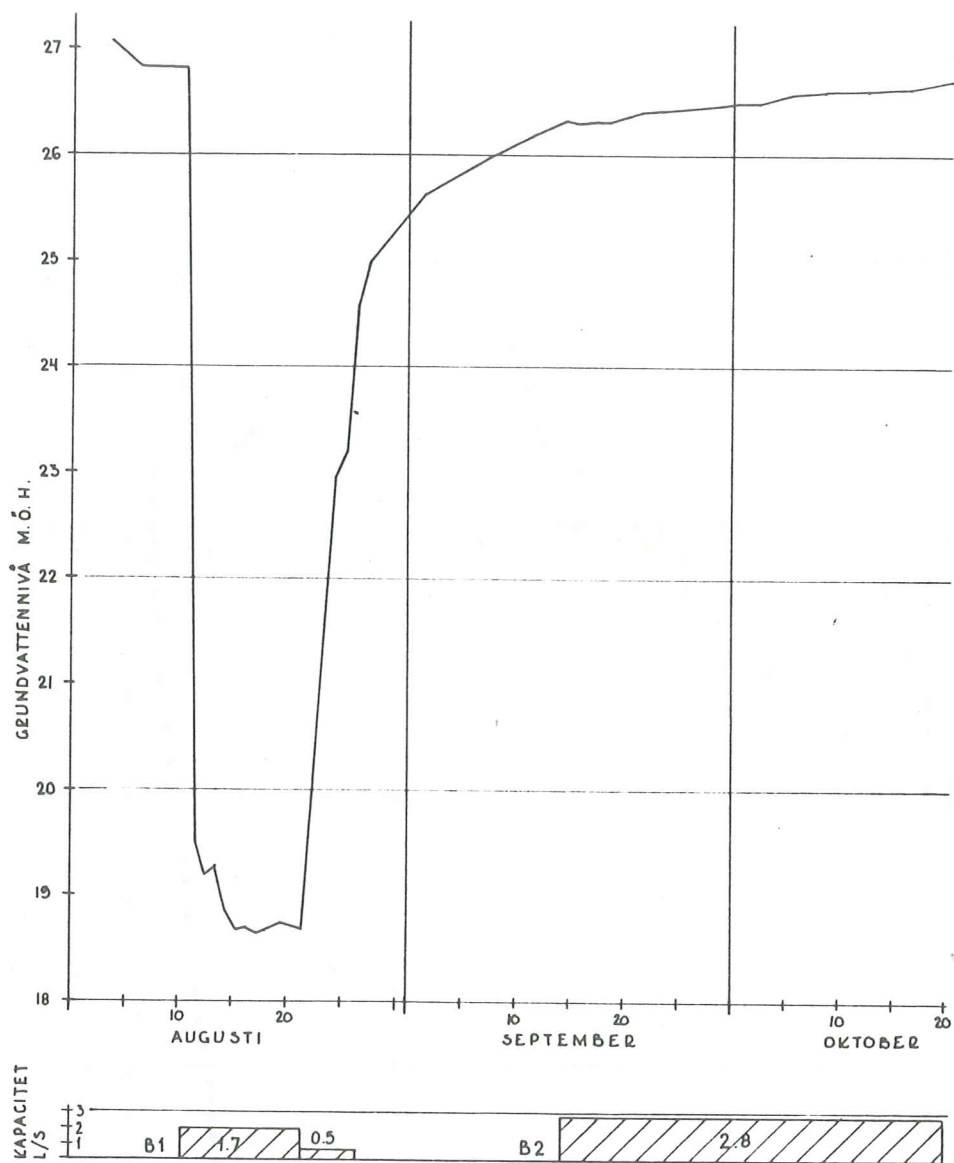


Fig 17. Vattennivå i brunn B1 under provpumpning ur B1 och B2.

Theis' metod

Utvärderingen har utförts i observationsbrunnarna B3 och B5 (fig 18).

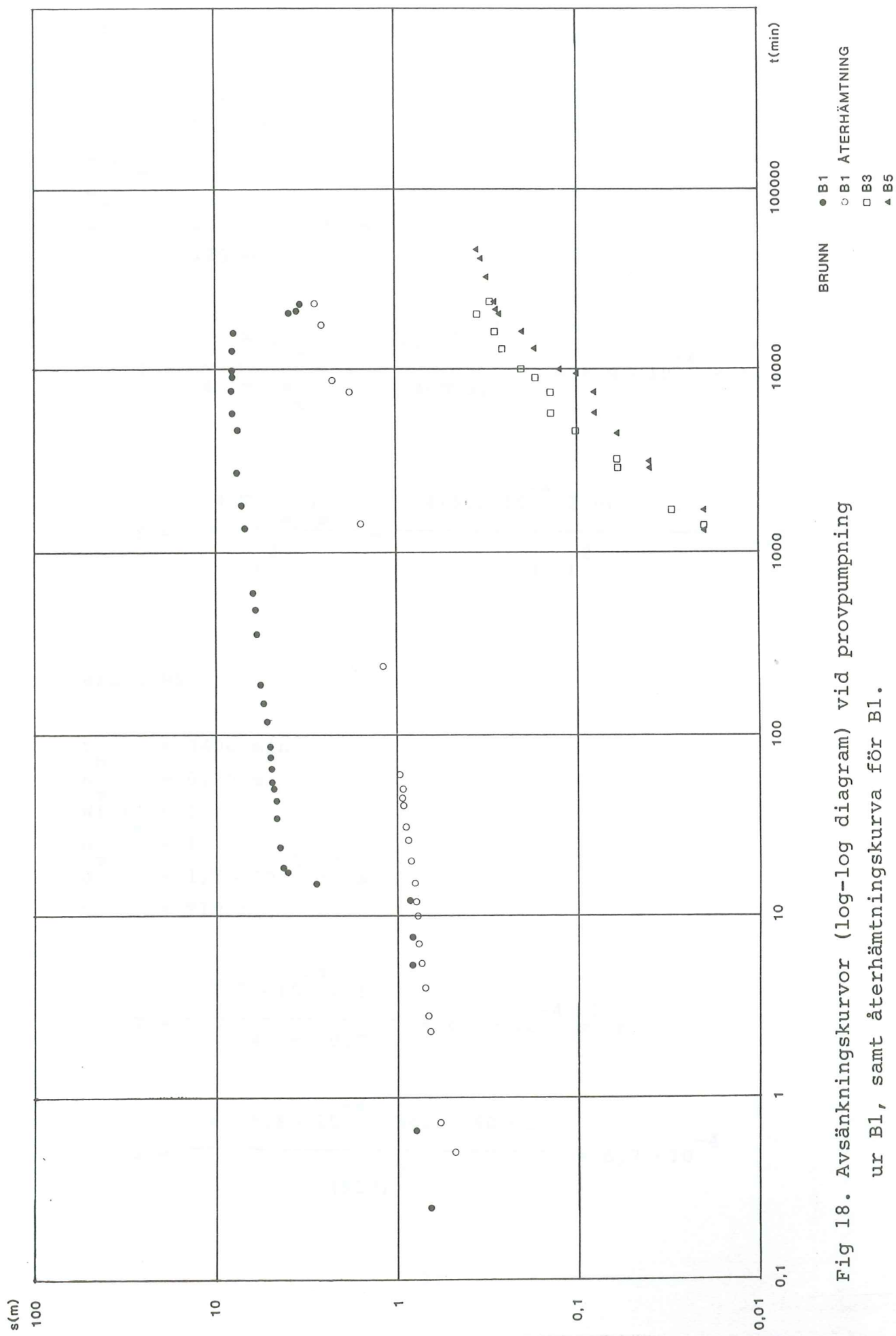


Fig 18. Avsänkingskurvor (log-log diagram) vid provpumpning ur B1, samt återhämtningskurva för B1.

Brunn B3

$$\begin{aligned}t_m &= 2300 \text{ min} \\s_m &= 0,20 \text{ m} \\W(u)_m &= 1 \\u_m &= 1 \\Q_m &= 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \\r &= 375 \text{ m}\end{aligned}$$

$$T = \frac{Q W(u)_m}{4 \pi s_m} = \frac{1,7 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot \pi \cdot 0,2} = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = \frac{4 T t_m u_m}{r^2} = \frac{4 \cdot 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot 2300 \cdot 60 \cdot 1}{(375)^2} = 2,7 \cdot 10^{-3}$$

Brunn B5

$$\begin{aligned}t_m &= 3400 \text{ min} \\s_m &= 0,20 \text{ m} \\W(u)_m &= 1 \\u_m &= 1 \\Q_m &= 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \\r &= 910 \text{ m}\end{aligned}$$

$$T = \frac{1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{4 \cdot \pi \cdot 0,2} = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = \frac{4 \cdot 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot 3400 \cdot 60 \cdot 1}{(910)^2} = 6,7 \cdot 10^{-4}$$

Jacob's metod

Utvärderingen har skett i observationsbrunnarna B3 och B5 (fig 19).

Brunn B3

Kurvans lutning i lin-log diagrammet är osäker, vilket medför att t_0 inte exakt kan bestämmas.

$$t_0 \text{ minsta värde} = 3000 \text{ min}$$

$$t_0 \text{ största värde} = 4000 \text{ min}$$

$$r = 375 \text{ m}$$

$$\Delta s = 0,44 \text{ m}$$

$$Q = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta s} = \frac{0,183 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}}{0,44} = 7,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S_{\min} = \frac{2,25 T t_0}{r^2} = \frac{2,25 \cdot 7,1 \cdot 10^{-4} \cdot 3000 \cdot 60}{(375)^2} = 2,0 \cdot 10^{-3}$$

$$S_{\max} = \frac{2,25 \cdot 7,1 \cdot 10^{-4} \cdot 4000 \cdot 60}{(375)^2} = 2,7 \cdot 10^{-3}$$

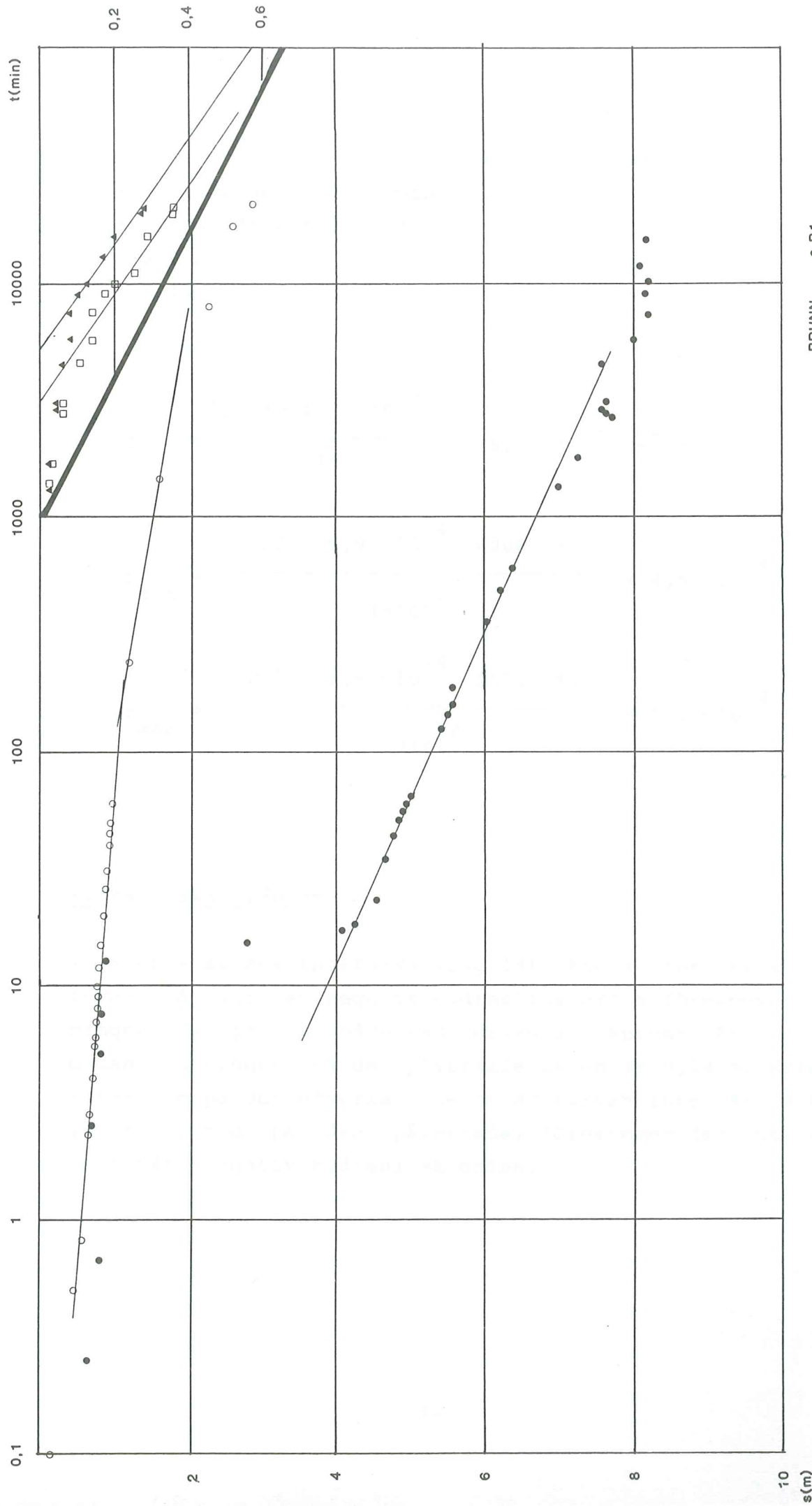


Fig 19. Avsänkningskurvor (lin-log diagram) vid provpumpning ur B1, samt återhämtningskurva för B1. Observera olika avsänkningsskalor för B1 och B3, B5.

Brunn B5

$$t_{\text{minsta värde}} = 4000 \text{ min}$$

$$t_{\text{största värde}} = 5500 \text{ min}$$

$$r = 910 \text{ m}$$

$$\Delta s = 0,45 \text{ m}$$

$$Q = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = \frac{0,183 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}}{0,45} = 6,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S_{\text{min}} = \frac{2,25 \cdot 6,9 \cdot 10^{-4} \cdot 4000 \cdot 60}{(910)^2} = 4,5 \cdot 10^{-4}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{2,25 \cdot 6,9 \cdot 10^{-4} \cdot 5500 \cdot 60}{(910)^2} = 6,2 \cdot 10^{-4}$$

Hydrauliska gränser

I Jacob's avsnkningskurva (fig 19) finns det tecken som tyder på att en negativ hydraulisk gräns förekommer. Lutningen (Δs) på den opåverkade delen av kurvan är 0,09 m, medan lutningen på den påverkade delen är 0,14 m. Eftersom lutningen på den påverkade delen av kurvan inte är dubbelt så stor som på den opåverkade, förekommer det inte någon helt tät, negativ hydraulisk gräns.

Transmissivitetsbestämning med hjälp av avsänkningen i uttagsbrunnen

$$Q = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$s_w = 8,18 \text{ m}$$

$$T \geq 1,1 \frac{Q}{s_w} = 1,1 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} / 8,18 = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Sammanfattning av provpumpningsresultat

- Provpumpningen medförde en avsänkning i B3 på 0,32 m och i B5 på 0,29 m. Detta visar att ett hydrauliskt samband råder i grundvattenmagasinet som brunnarna B1, B3 och B5 står i kontakt med.
- Transmissiviteten i det pumpade grundvattenmagasinet är ca $7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.
- Det provpumpade grundvattenmagasinet är inte homogent eftersom magasinskoefficienten varierar vid B3 (10^{-3}) och B5 (10^{-4}).
- Några täta hydrauliska gränser kan inte påvisas i B1's avsänkings- eller återhämtningskurvor.
- Något tecken på läckage syns inte i avsänkingskurvorna. Avsänkningen i uttagsbrunnen var dock liten, vilket gör ett eventuellt läckage svårupptäckt. Även pumptiden var kort men då det pumpade magasinet är slutet bör påverkan av magasinet skett snabbt.
- Beroende på pumpproblem går återhämtningen inte att utvärdera.

5.4.3 UTVÄRDERING AV PROVPUMPNINGEN UR B2

Pumpkapaciteten vid provpumpningen ur B2 var 2,75 l/s. Efter några dygn nådde vattennivån i brunnen ner till pumpens in- tag, vilket medförde att pumpkapaciteten minskade till att motsvara, med avseende på brunns och pumpens kapaciteter, grundvattenmagasinets tillrinningsförmåga (fig 20).

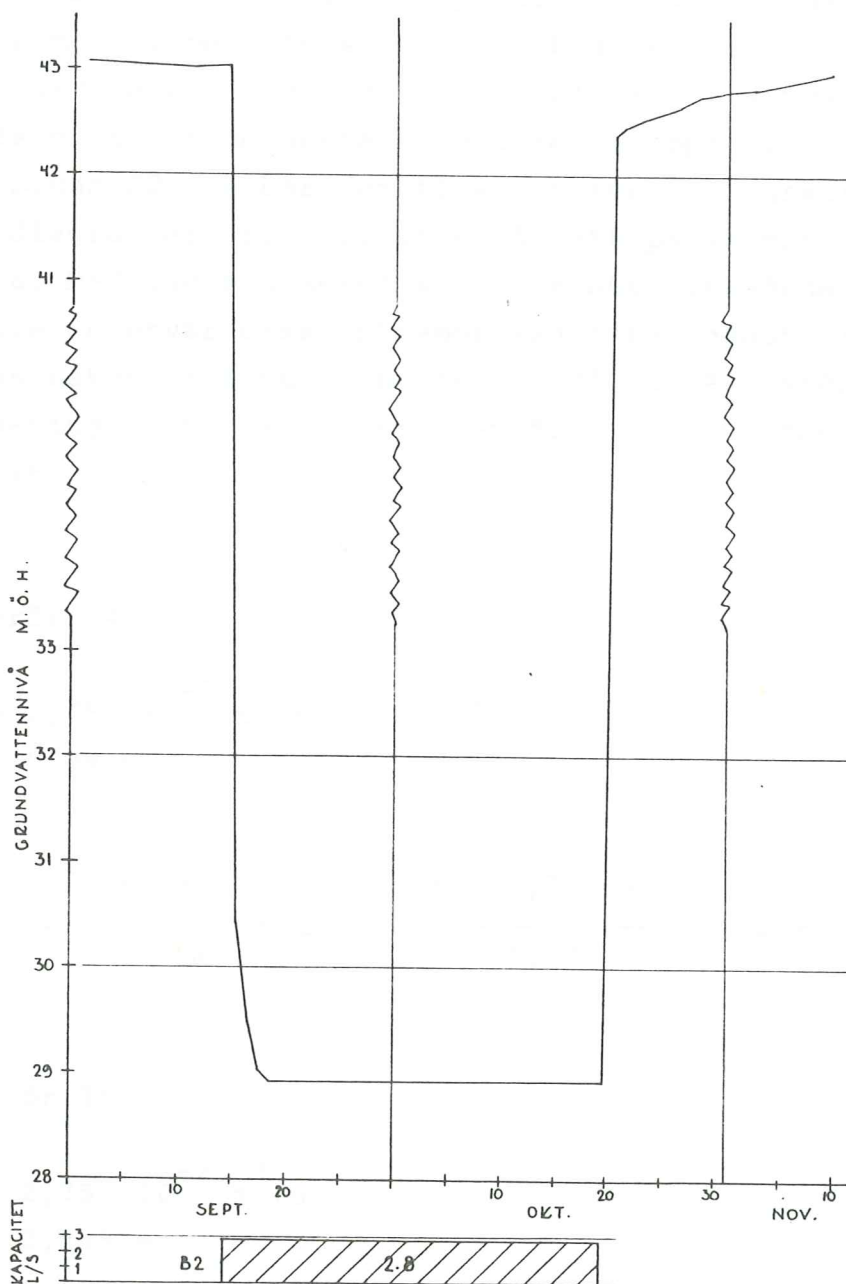


Fig 20. Vattennivå i brunn B2 under provpumpning ur samma brunn.

En påverkan av provpumpningen kunde spåras i obs-rör 13, 14, 15 och 18 (fig 12) dock tyder avsänkingsförloppet (fig 21 och fig 22) på att dessa obs-rör inte står i direkt kontakt med det provpumpade magasinet.

Theis' och Jacob's metoder

Ett krav som skall vara uppfyllt för att kunna utvärdera en provpumpning med Theis' och Jacob's metoder är att den pumpade akviferen och obs-rören skall stå i samma grundvattenmagasin. Eftersom detta krav inte är uppfyllt vid pumpningen av brunn B2 innebär det bl a att avsänkingskurvorna i log-log diagrammet (fig 21) inte går att passa mot Theis' typkurva. Med Jacob's metod kan dock ett riktvärde på transmissiviteten utvärderas. Däremot kan inte något riktvärde på magasinskoefficienten beräknas då u är större än 0,01. Beräkning av transmissiviteten är gjord av obs-rör 14, 15 och 18.

Obs-rör 14

$$Q = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta s = 0,09 \text{ m}$$

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta s} = \frac{0,183 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3}}{0,09} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Obs-rör 15

$$Q = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta s = 0,335 \text{ m}$$

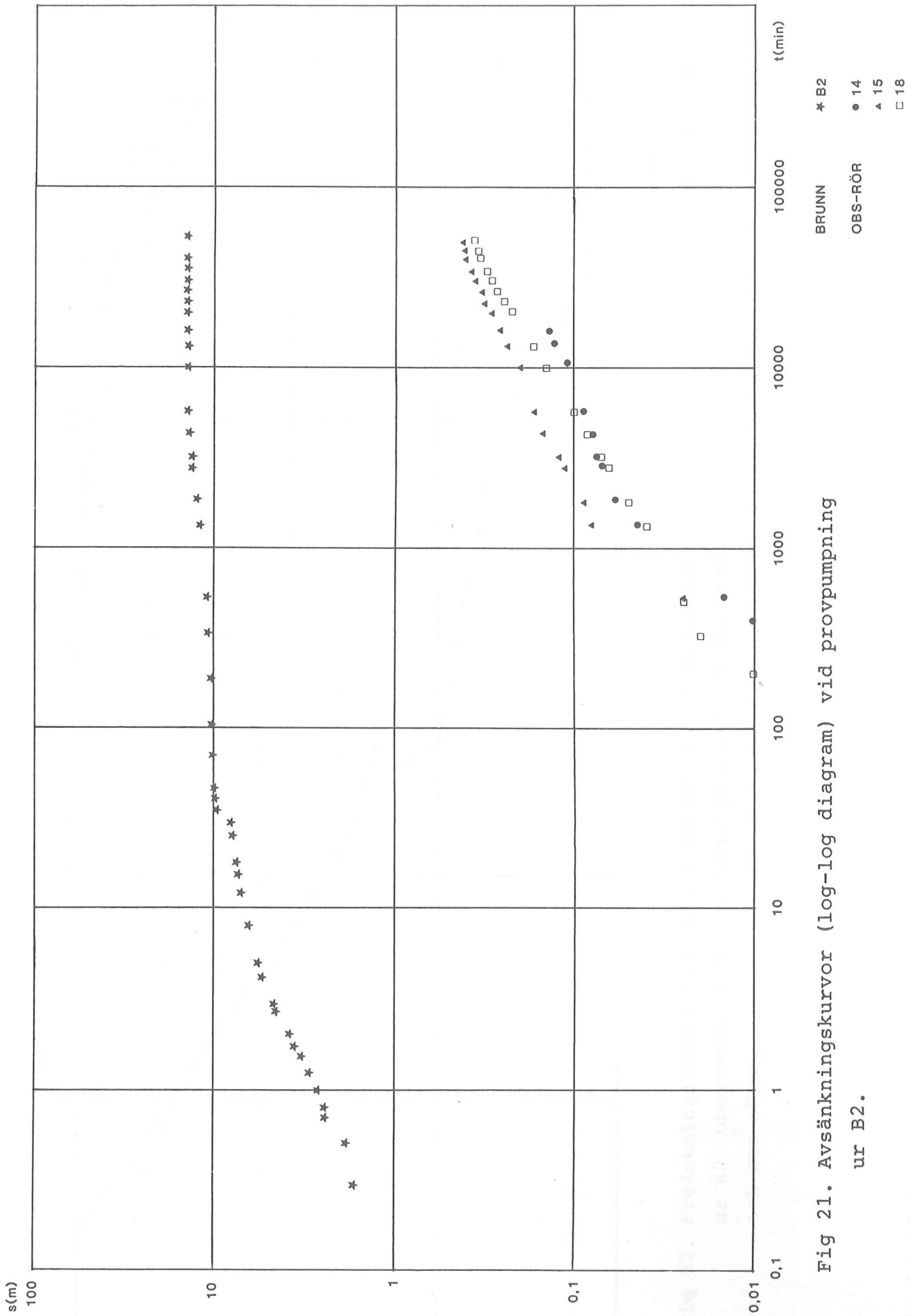


Fig 21. Avsänkingskurvor (log-log diagram) vid provpumpning ur B2.

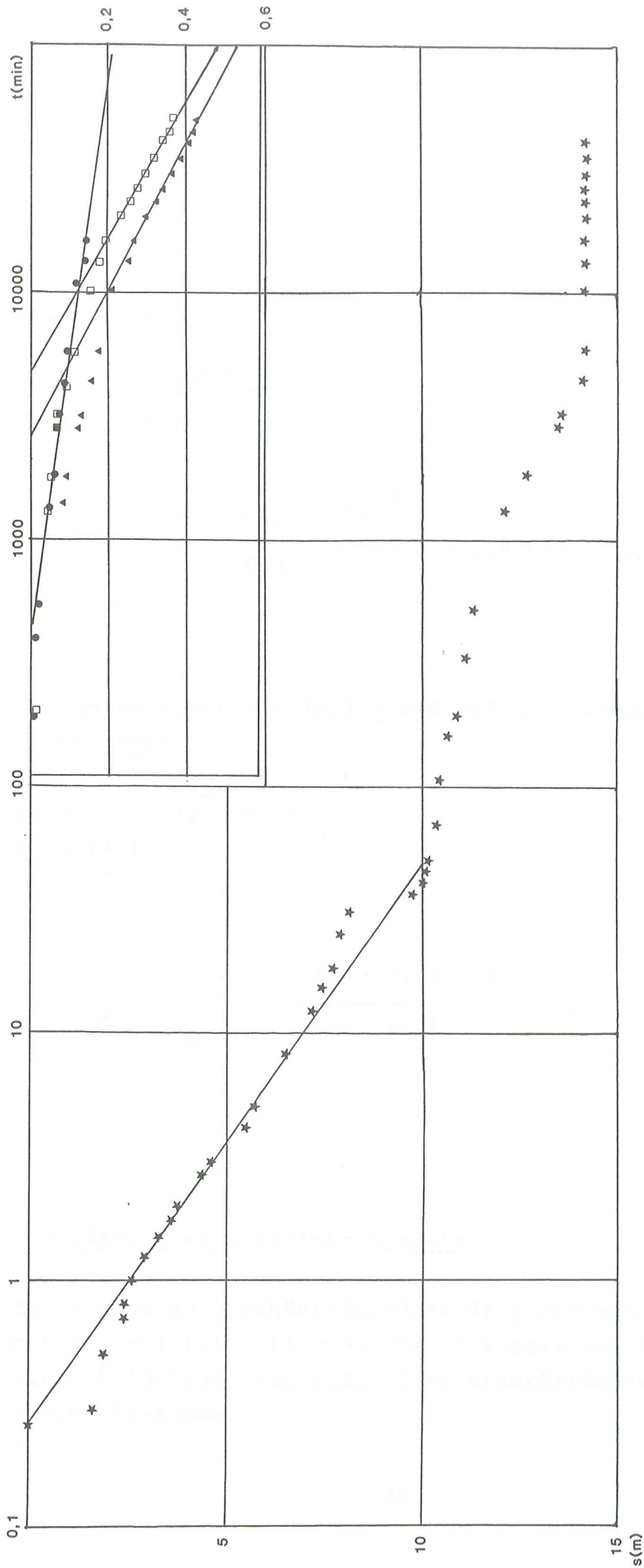


Fig 22. Avsänkningskurvor (lin-log diagram) vid provpumpning ur B2. Observera olika avsänkningsskalor för brunnen och obs-rören.

$$T = \frac{0,183 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3}}{0,335} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Obs-rör 18

$$Q = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta s = 0,365 \text{ m}$$

$$T = \frac{0,183 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3}}{0,365} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Transmissivitetsbestämning med hjälp av avsänkningen i uttagsbrunnen

$$Q = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$s_w = 14,1 \text{ m}$$

$$T \geq \frac{1,1 Q}{s_w} = \frac{1,1 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3}}{14,1} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Utvärdering av återhämtningsdata

En analys av återhämtningsdata är gjord genom att plotta s' mot $(t + t')/t'$ (fig 23). Då s^* ligger mellan 0 och $-0,12$ kan ett läckage ovanifrån eller underifrån det pumpade magasinets förekomma.

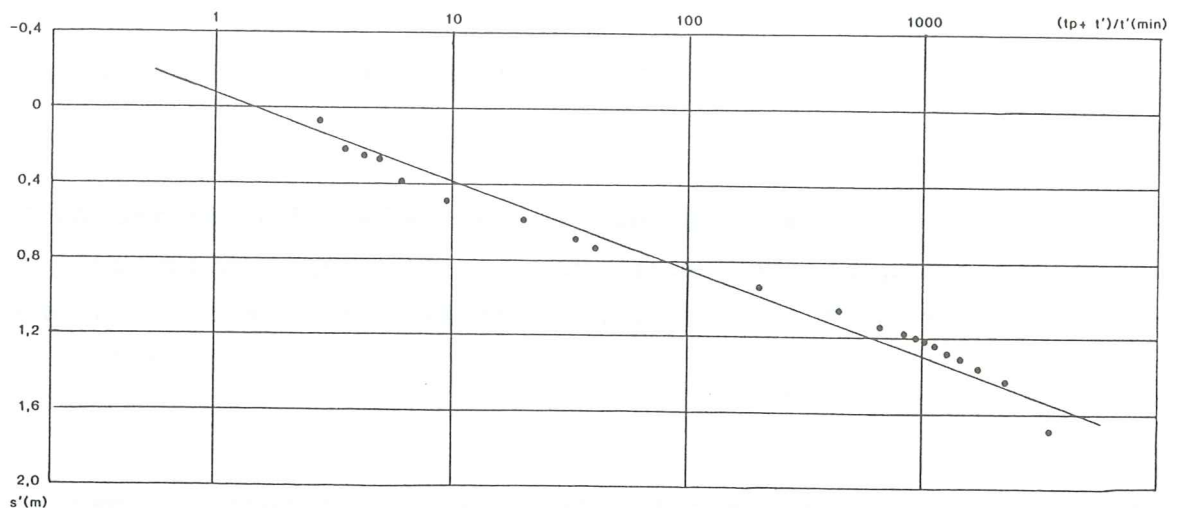


Fig 23. Analys av återhämtningsdata ur B2.

Sammanfattning av provpumpningsresultat

- Något hydrauliskt samband mellan det propvpumpade grundvattenmagasinet och magasinerna som står i kontakt med brunnarna B1, B3, B5 och B6 föreligger inte. Sannolikt förekommer inte heller något samband mellan det pumpade grundvattenmagasinet och magasinet som står i kontakt med brunn B4. Avsänkningen av grundvattenytan i B4 var 0,13 m men denna avsänkning kan bero av en allmän sjunkande trend.
- Avsänkingskurvorna för obs-rören 13, 14, 15 och 18 visar att de inte står i direkt kontakt med det pumpade magasinet. Avsänkingsförloppet visar snarare på ett läckage från det översta vittrade grundvattenmagasinet till det pumpade grundvattenmagasinet.
- Transmissiviteten ligger mellan 10^{-3} och 10^{-4} $\frac{m^2}{s}$ i obs-rören 13, 14, 15 och 18, men $T \geq 2,1 \cdot 10^{-4}$ $\frac{m^2}{s}$ i B2.
- Magasinskoefficienten går inte att utvärdera.
- Återhämtningsförloppet kan tyda på läckage.

5.4.4 UTVÄRDERING AV PROVPUMPNINGEN UR BRUNN 12

Utvärdering med Theis' respektive Jacob's metoder av kontrollprovpumpningen ur 12 är inte möjlig p g a den korta pumptiden samt att avsänkningen i brunn B4 var så liten (0,045 m).

Transmissivitetsbestämning med hjälp av avsänkningen i uttagsbrunnen

$$Q = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$s_w = 4,2 \text{ m}$$

$$T \geq \frac{1,1 Q}{s_w} = \frac{1,1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{4,2} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Sammanfattning av provpumpningsresultat

- Ett hydrauliskt samband råder mellan det pumpade magasinet (brunn 12, 15 m djup) och magasinet som förser brunn B4 (10 m djup). Däremot påverkades inte brunn B3 (40 m djup).
- Transmissiviteten i grundvattenmagasinet är större än $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

5.5 FYSIKALISK-KEMISKA ANALYSER

I beskrivningen till hydrogeologiska kartan, Helsingborg SV (Gustafsson 1986) redovisas normalvärden på fysikalisk-kemiska analysparametrar. Dessa normalvärden har jämförts med analysvärden för de grundvattenprover som togs i samband med provpumpningarna (tabell 2 och tabell 3). Det första provet som togs från brunn B6 (1986.08.08) har ej tagits med i denna redovisning då det inte anses vara representativt.

Karaktäristiskt för rät-liasberggrundsvattnet är att olika horisonter med olika vattenkvalite förekommer, vilket gör att normalvärdena varierar. En del avvikelser i analysresultaten förekommer. Exempelvis är konduktiviteten, vilken indikerar den totala salthalten, något förhöjd i brunn B6. Detta framgår även av det förhöjda mätvärdet för kloridhalten.

Totalhårddheten d v s halten av kalcium och magnesium varierar i de olika brunnarnas vatten från medelhårt (35 - 70 mg Ca/l) till hårt (70 - 150 mg Ca/l). Brunn B6 har däremot mycket hårt vatten (>150 mg Ca/l), vilket kan bero på att brunnen är belägen i jordlagret.

I nyanlagda brunnar är ofta järnhalten mycket hög (Gustafsson 1981). Detta kan spåras i analysresultaten, dock är brunn 28 inte nyborrad.

Sammanfattningsvis är grundvattenprovernans resultat jämförbara med normalvärdena förutom proverna från brunnarna B6 och 28, där konduktivitet, totalhårddhet, järnhalt och kloridhalt är onormalt höga, vilket tyder på en förorening.

Analysresultaten för vattnet i de djupa brunnarna (B1, B3 och B5) är i stort sett likvärdiga. Även vattnet i de grunda

	KONDUKTIV.	pH	TOTALHÅRDHET	
	mS/m		dH	mgCa/l
NORMALVÄRDE	50-100	runt 7	mjukt - hårt	
B1 (7/8)	50,1	7,4	8,5	61
B1 (28/8)	51,2	7,5	9,0	64
B2 (7/8)	45,0	7,0	12,2	87
B2 (16/9)	40,2	7,1	9,5	68
B2 (20/10)	41,6	7,0	10,9	78
B3 (7/8)	53,2	7,2	13,2	94
B4 (7/8)	33,0	6,2	7,0	50
B5 (7/8)	56,6	7,3	11,5	82
B6 (29/10)	109,0	7,2	20,6	147
B6 (2/12)	113,0	7,2	30,4	217
28 (7/8)	60,4	6,1	9,8	70

Tabell 2. Fysikalisk-kemiska analysresultat av grundvattenprover.

	Fe	Mn	Cl	SO ₄	NH ₄	NO ₂	NO ₃
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
NORMALVÄRDE	<2	<0,5	<50	<100	<0,5	<0,01	<2
B1 (7/8)	0,42	<0,05	19	9	0,40	<0,01	<2
B1 (28/8)	0,80	<0,05	18	3	0,40	<0,01	<2
B2 (7/8)	18,00	0,36	27	40	<0,01	0,02	<2
B2 (16/9)	3,00	0,24	37	36	<0,01	<0,01	<2
B2 (20/10)	1,70	0,26	32	35	<0,01	<0,01	<2
B3 (7/8)	1,10	0,07	21	13	0,40	0,01	<2
B4 (7/8)	13,00	1,70	41	57	0,10	0,05	<2
B5 (7/8)	1,20	<0,05	63	22	0,50	0,04	<2
B6 (29/10)	16,00	1,30	197	75	0,20	0,01	<2
B6 (2/12)	5,20	0,80	216	77	0,40	0,04	<2
28 (7/8)	40,00	1,60	68	139	0,50	0,06	<2

Tabell 3. Fysikalisk-kemiska analysresultat av grundvattenprover.

brunnarna (B2 och B4) är kvalitetsmässigt likvärdigt. Däremot föreligger en markant skillnad mellan analysresultaten för grundvattenproverna från de djupa brunnarna i jämförelse med proverna från B2 och B4. Detta tyder på att vattenproverna härstammar från olika grundvattenmagasin, ett djupt och ett ytligt.

5.6 TRITIUMANALYS

Tritiumhalten i grundvattenprovet från B1 innehåller $1,5 \pm 1,3$ TU, vilket motsvarar en ålder på mer än 30 år. Det låga tritiuminnehållet indikerar mycket liten eller ingen blandning av ungt grundvatten. Detta indikerar i sin tur att det inte sker läckage av någon större betydelse till B1's akvifer.

Grundvattenprovet från B2 innehåller $50,0 \pm 4,0$ TU, vilken motsvarar en ålder mellan 2 och 15 år. Den stora skillnaden i tritiuminnehållet hos de båda proverna visar att vattnet härstammar från olika grundvattenmagasin och att det inte förekommer något vattenutbyte av praktisk betydelse mellan dem.

6 SAMMANFATTNING

Eftersom berggrunden är komplext uppbyggd förekommer ett antal grundvattenmagasin åtskilda från varandra. I regel är dessa magasin förhållandevis små och svåra att avgränsa från varandra. I detta sammanhang är det därför bättre att tala

om djupt beläget respektive ytligt beläget grundvatten. Enligt nedanstående punkter kan slutsatsen dras att något hydrauliskt samband mellan djupt och ytligt beläget grundvatten inte förekommer eller är ytterst ringa.

- Olika vattennivå i de olika brunnarna (B1: 26,8 m ö h, B2: 43,2 m ö h, B3: 33,6 m ö h, B4: 42,1 m ö h, B5: 39,5 m ö h B6: 41,3 m ö h).
- Något läckage kunde inte spåras vid provpumpningen av den djupa brunnen (B1).
- Vid provpumpningen av den grunda brunnen (B2) förekom eventuellt ett litet läckage dock kunde inte någon påverkan av grundvattenmagasinet som står i kontakt med den djupa brunnen (B1) spåras.
- De fysikalisk-kemiska analysresultaten skilde sig åt mellan de djupa brunnarnas (B1, B3 och B5) vatten och de grunda brunnarnas (B2 och B4) vatten.
- En stor skillnad i tritiuminnehåll förekom mellan grundvattenproverna från brunnarna B1 respektive B2.
- De stora skillnaderna i det djupt belägna grundvattnets nivåer i brunnarna vid Filborna och Holk (flera tiotal meter, fig 24) och den låga permeabiliteten i berggrunden tyder på att det inte sker något vattenutbyte av större betydelse mellan områdena.

Sammantaget synes detta innebära att det inte föreligger någon risk för att lakvatten från det framtida avfallsupplaget i Filborna skall förorena Bjuvs kommuns vattentäkt i Holk eller de privata brunnarna vid Hjortshög och Kropp. Ändras tryckförhållandena i berggrunden, t ex genom stora vattenuttag, kan grundvattnets strömningsförhållanden dock bli annorlunda.

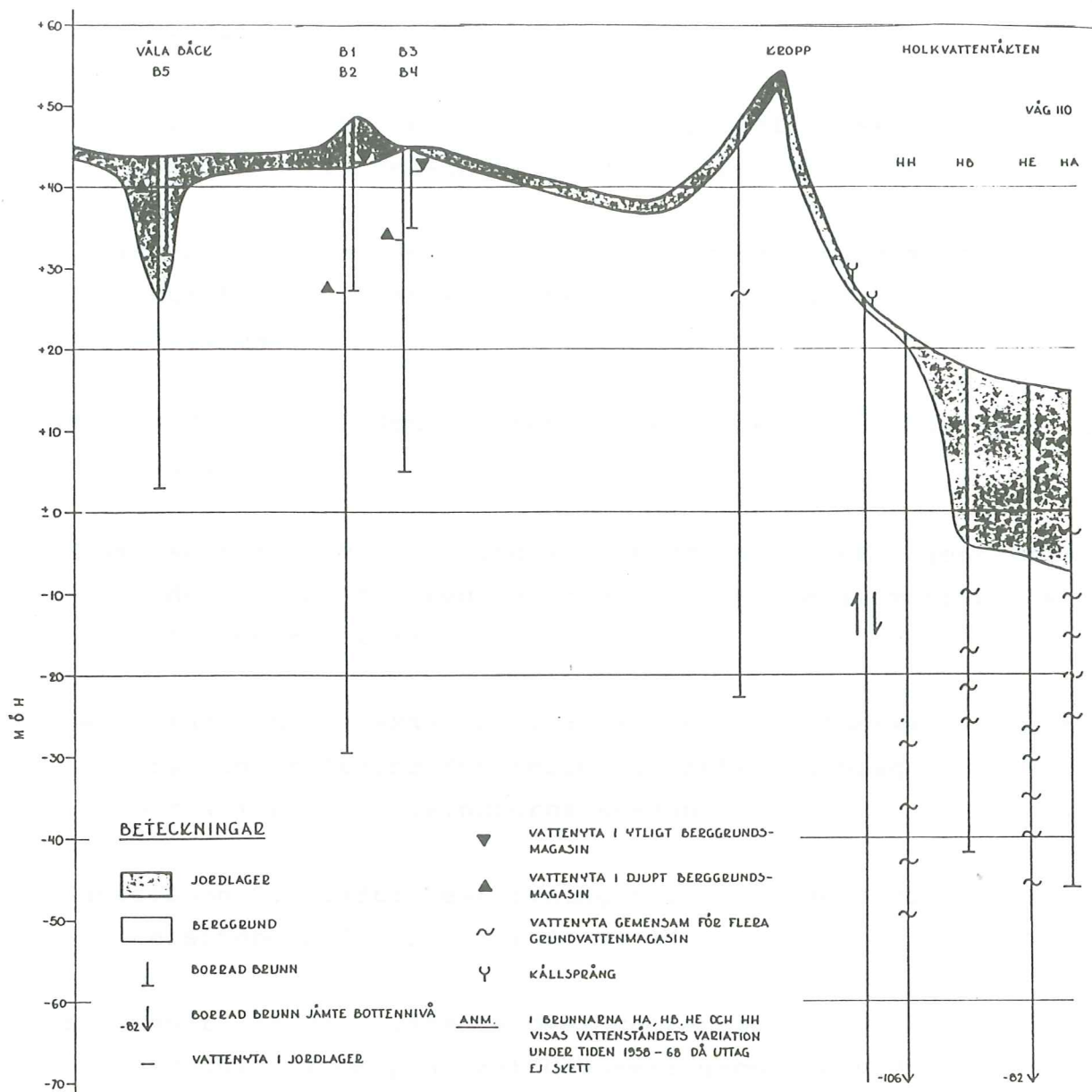


Fig 24. Mark- och berggrundsytta mellan Filborna och Holk.

I ett kontrollprogram för det framtida avfallsupplaget bör de nyetablerade brunnarna (B1 - B6) ingå. Grundvattenkvaliteten kan då kontrolleras i de olika grundvattenmagasinen, vilket innebär att en eventuell förorening kan registreras i både vertikal och horisontell utbredning.

REFERENSER

- Adrielsso n L., Mohren E., Daniel E., 1981: Beskrivning till jordartskarta Helsingborg SV. SGU Ser Ae nr 16.
- Carlsson L., Gustafsson G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. Byggforskningsrådet R41:1984.
- Follin S., 1983: Grundvattenteknik. Tekniska högskolan i Lund.
- Geokonsult AB, 1980: Geologisk - hydrogeologisk - geoteknisk undersökning för regionalt avfallsupplag inom Filborna i Helsingborgs kommun.
- Geokonsult AB, 1984: Geologisk - hydrogeologisk - geoteknisk undersökning för regionalt avfallsupplag vid Filborna (del 2) Helsingborgs kommun.
- Gustafsson O., 1986: Beskrivning till hydrogeologiska kartan Helsingborg SV. SGU Ser Ae nr 14.
- K-konsult, 1970: Utlåtande över geoteknisk - hydrogeologisk utredning inom planerat deponeringsområde vid Filborna i Hälsingborg.
- K-konsult, 1985: Nordvästra Skånes Renhållnings AB (NSR). Teknisk beskrivning. Framtida avfallsupplag.
- Knutsson G., Morfeldt C-O., 1973: Vatten i jord och berg. Ingenjör förlaget.
- VIAK AB, 1976: Helsingborgs kommun. Deponeringsplats - Filborna. Hydrogeologisk och geoteknisk utredning inom område avsett för deponering av oorganiskt kemiskt avfall.

VIAK AB, 1976: Helsingborgs kommun. Deponeringsplats - Filborna. Geohydrologisk undersökning av område avsett för utvidgning av befintlig deponeringsplats för hushållsavfall.

VBB, 1980: Teknisk beskrivning angående skyddsområde för Bjuvs kommuns vattentäkt vid Holk.

BILAGA 1

Brunnsinventering, uppgifter från SGU's brunnsarkiv.

BRUNN	BRUNNSDJUP (m)	JORDDJUP (m)	VATTENYTA (möh)	MARKYTA (möh)
34	52,0	7,5	29,53	37,5
75	51,5	6,5	39,69	42,1
179	42,0	12,3	40,30	45,1
180	45,0	9,5	42,54	45,1
182	38,5	9,0	45,76	46,9
183	37,0	14,5	46,85	49,0
184	36,5	14,0	46,94	49,7
185	47,0	13,5	46,92	49,0
186	46,0	16,5	47,50	52,1
188	41,0	15,0	46,00	48,6
189	45,0	14,5	47,41	51,3
190	46,0	2,0	47,55	48,0
191	28,0	4,0	40,03	43,1
192	26,5	11,0	45,06	49,0
218	42,0	9,0	41,66	49,2
251	59,0	6,0	28,71	39,1
284	66,0	19,5	44,22	50,1
521	42,5	5,5	37,83	41,1
522	47,0	6,5	48,04	50,5
524	41,0	6,0	46,75	48,7
540	55,0	7,5	40,56	44,8
706	46,0	14,0	44,13	48,5
715	-	-	43,87	45,6

BILAGA 2

Långtidsobserverade brunnar.

DATUM	BRUNNAR MED BRUNNSDJUP, VATTENNIVÅ (m ö h)							
	26 -	27 (4m)	28 (69m)	179 (42m)	251 (59m)	521 (42,5m)	715 -	12 (15m)
13/5	-	47,02	-	(40,30)	28,71	37,83	43,87	-
16/7	-	46,22	-	(39,60)	28,50	37,83	43,22	-
4/8	42,64	46,22	-	41,10	28,58	37,75	43,26	-
7/8	42,64	46,17	39,53	41,08	28,59	37,66	43,37	-
11/8	42,63	46,15	39,38	41,04	28,51	37,72	43,36	43,24
12/8	42,53	46,15	39,36	41,04	28,53	37,75	43,35	43,23
13/8	42,67	46,13	39,34	41,04	28,53	37,72	43,35	43,22
14/8	-	-	39,32	-	-	-	-	43,21
15/8	42,69	46,12	39,31	41,02	28,53	37,74	43,33	43,20
18/8	42,64	46,15	39,28	40,99	28,54	37,74	43,34	43,19
20/8	-	-	39,26	-	-	-	43,33	43,16
22/8	42,65	46,10	39,25	40,98	28,54	37,74	43,31	43,15
25/8	-	46,09	39,20	40,96	28,45	37,73	43,30	43,12
27/8	-	-	39,24	-	-	-	-	43,13
28/8	43,75	46,18	39,21	40,94	28,51	37,81	(41,60)	43,12
2/9	43,85	46,11	39,20	40,92	28,51	37,77	43,30	43,11
8/9	-	-	39,17	-	-	-	43,30	43,07
12/9	42,79	-	39,16	40,88	28,44	37,75	(41,55)	43,06
15/9	-	-	39,16	-	-	-	-	43,06
16/9	42,88	46,08	39,15	40,91	28,48	37,86	43,31	43,05
17/9	-	-	39,14	-	-	-	-	43,04
19/9	42,90	45,97	39,12	40,90	28,36	37,82	43,32	43,02
26/9	-	-	39,11	-	-	-	-	42,99
1/10	42,71	45,92	39,09	40,84	28,43	37,75	43,25	42,96
6/10	-	-	39,09	-	-	-	-	42,93
9/10	42,71	45,94	39,08	40,68	28,45	37,69	43,32	42,93
13/10	-	-	39,05	-	-	-	-	42,91
16/10	42,73	45,88	39,05	40,60	28,41	37,66	(42,27)	42,90
20/10	-	-	39,07	-	-	-	-	42,89
24/10	43,05	46,00	39,04	40,59	28,44	37,86	43,42	42,91
29/10	-	-	39,07	-	-	-	-	42,91
31/10	43,19	46,09	39,08	40,93	28,55	38,07	43,56	42,03
3/11	-	-	39,05	-	-	-	-	42,95
10/11	-	-	-	41,51	28,59	-	43,64	43,05

BILAGA 3

Långtidsobserverade obs-rör.

DATUM	OBS-RÖR, VATTENNIVÅ (m ö h)									
	7	8	10	13	14	15	16	18	G1	G4
11/6	42,70	46,60	-	43,20	44,10	43,30	-	43,50	-	-
16/7	43,03	45,93	43,86	42,99	43,38	43,13	-	43,35	-	-
4/8	42,91	45,76	43,90	42,90	43,28	43,09	-	43,18	43,30	-
7/8	-	-	-	42,87	-	-	-	-	43,26	43,28
11/8	42,86	45,57	43,82	42,86	43,23	43,16	45,68	43,11	43,24	43,27
12/8	42,86	45,55	43,82	42,86	43,24	43,15	45,67	43,11	43,23	43,26
13/8	42,86	45,53	43,82	42,85	43,24	43,14	45,67	43,10	43,22	-
14/8	42,85	45,49	43,82	42,85	43,23	43,13	45,66	43,10	-	43,25
15/8	42,85	45,50	43,82	42,86	43,23	43,13	45,66	43,09	43,20	43,24
18/8	42,85	45,46	torr	42,90	43,22	43,13	45,64	43,09	43,21	43,24
20/8	42,85	45,40		42,92	43,21	43,11	45,63	43,07	43,20	-
22/8	42,85	45,38		42,95	43,21	43,10	45,62	43,06	43,19	43,23
25/8	42,82	45,28		42,95	43,17	43,07	45,61	43,05	43,18	43,22
28/8	42,84	45,24		42,96	43,17	43,10	45,59	43,05	43,23	43,25
2/9	-	45,20		42,92	43,17	43,10	45,57	43,07	43,22	43,25
8/9	42,82	45,07		42,89	43,16	43,07	45,54	43,04	43,21	-
12/9	42,80	45,02		42,85	43,14	43,06	45,51	43,03	43,17	43,21
15/9	42,84	45,01		42,87	43,14	43,09	45,51	43,02	43,25	-
16/9	42,84	44,99		42,79	43,08	43,01	45,51	43,00	43,22	43,28
17/9	42,83	44,96		42,77	43,07	42,98	45,50	42,97	43,21	43,26
18/9	42,83	44,95		42,75	43,06	42,94	45,50	42,96	43,21	43,25
19/9	42,82	44,93		42,73	43,05	42,92	45,49	42,94	43,19	43,24
22/9	42,83	44,99		42,71	43,03	42,89	45,48	42,90	43,21	43,26
24/9	42,83	44,95		42,68	43,01	42,85	45,47	42,86	43,19	-
26/9	42,82	44,95		42,67	43,00	42,83	45,47	42,85	43,19	-
29/9	42,82	44,94		42,65	torr	42,80	45,45	42,82	43,18	-
1/10	-	44,94		42,64		42,77	54,44	42,79	43,18	43,23
3/10	42,82	44,90		42,63		42,76	45,43	42,77	43,16	-
6/10	42,82	44,89		42,62		42,73	45,42	42,75	43,16	-
9/10	42,83	44,85		42,62		42,71	45,41	42,73	43,21	-
13/10	42,81	44,81		42,60		42,69	45,39	42,71	43,19	-
16/10	42,81	44,81		42,59		42,68	45,38	42,69	43,18	43,23
20/10	42,83	44,87		42,61		42,67	45,37	42,70	43,21	-
21/10	42,83	44,86		42,70		42,74	45,36	42,74	43,25	43,29
22/10	42,85	44,90		42,75		42,81	45,36	42,79	43,29	-
24/10	42,83	44,79		42,78		41,87	torr	42,85	43,28	43,32
27/10	42,83	44,80		42,81		42,91		42,90	43,30	-
29/10	42,85	44,95		42,87		42,99	45,88	42,96	43,40	-
31/10	42,84	45,09		42,90		43,05	46,19	43,01	43,41	43,43
3/11	42,84	45,29		42,89		43,07	46,16	43,05	43,36	-
10/11	42,95	46,07		42,99	43,32	43,33	46,84	43,18	43,46	43,49

BILAGA 4

Observationsbrunnarnas vattennivåer.

DATUM	BRUNNAR, VATTENNIVÅ (m ö h)					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
9/7	26,75	43,21	33,55	42,09	39,51	41,25
10/7	26,79	43,18	33,59	42,10	39,48	41,22
16/7	26,86	43,12	33,51	42,06	39,32	41,22
4/8	27,07	43,12	33,45	42,09	39,13	41,24
7/8	26,84	43,07	33,40	42,04	39,12	41,21
11/8	26,83	43,05	33,36	42,01	39,04	41,18
12/8	19,57	43,05	33,34	41,99	39,02	41,17
13/8	19,20	43,04	33,30	42,00	39,00	41,16
14/8	19,28	43,04	33,26	41,98	38,98	41,14
15/8	18,84	43,05	33,22	41,98	38,96	41,15
16/8	18,67	-	-	-	-	-
18/8	18,65	43,07	33,15	41,97	38,92	41,18
20/8	18,74	43,06	33,10	41,95	38,87	41,15
22/8	18,67	43,07	33,07	41,95	38,84	41,17
25/8	22,93	43,05	33,00	41,93	38,77	41,18
26/8	23,17	43,06	33,00	41,95	38,76	41,22
27/8	23,36	43,08	33,05	41,97	38,78	41,28
28/8	24,98	43,06	33,04	41,96	38,75	41,27
2/9	25,63	43,06	33,11	41,96	38,72	41,19
8/9	25,97	43,03	33,14	41,93	38,70	41,25
12/9	26,20	43,01	33,18	41,92	38,68	41,14
15/9	26,34	31,73	32,76	41,94	38,69	41,36
16/9	26,32	30,43	33,22	41,95	38,70	41,30
17/9	26,32	29,52	33,22	41,94	38,69	41,25
18/9	26,33	29,02	33,22	41,93	38,68	41,22
19/9	26,33	28,92	33,22	41,92	38,67	41,18
22/9	26,42	28,92	33,21	41,92	38,69	41,17
24/9	26,44	28,92	33,27	41,89	38,67	41,15
26/9	26,46	28,92	33,27	41,88	38,67	41,18
29/9	26,49	28,92	33,30	41,88	38,66	41,15
1/10	26,50	28,92	33,29	41,86	38,65	41,14
3/10	26,51	28,92	33,31	41,85	38,65	41,12
6/10	26,58	28,92	33,31	41,84	38,65	41,14
9/10	26,61	28,92	33,33	41,87	38,65	41,25
13/10	26,61	28,92	33,31	41,84	38,62	41,15
16/10	26,64	28,92	33,32	41,82	38,62	41,12
20/10	26,72	28,92	33,42	41,81	38,67	41,17
21/10	26,76	42,31	33,41	41,82	38,67	41,32
22/10	26,82	42,45	33,43	41,87	38,68	41,33
24/10	26,74	42,55	33,39	41,87	38,64	41,26
27/10	26,72	42,65	33,35	41,88	38,61	41,28
29/10	26,78	42,75	33,41	41,94	38,65	41,42
31/10	26,79	42,79	33,41	41,96	38,65	41,39
3/11	26,77	42,82	33,39	41,96	38,62	41,26
10/11	26,88	42,97	33,45	42,07	38,72	41,38

Tidigare publicerade arbeten i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":

1. Claeson, D., Nilsson, M.: Beskrivning av och relationer mellan karlshamnsgraniten och leukograniten i Blekinge. 1984.
2. Möller, C.: Eklogitiska bergarter i Roan, Vestranden, Norge. En mineralinventering och texturstudie. 1984.
3. Simeonov, A.: En jämförelse mellan Jorandomens tennanomala graniters och revsundgranitens (Västerbotten) mineralogiska och petrografiska karaktär. 1984.
4. Annertz, K.: En petrografisk karakteristik av en sent postorogen mafisk intrusion i östra Värmland. 1984.
5. Sandström, K.: Kartläggning av grundvattenförhållandena i ett delområde av provinsen Nord Kordofan, Sudan. 1984.
6. Gustafsson, B.-O., Ralfsson, S.: Undersökning av högsta kustlinjen på Rydsbjär vid Margreteberg i södra Halland. 1985.
7. Helldén, J., Nilsson, A.-G.: Undersökning av den baltiska moränleran vid Svalöv, NV-Skåne. 1985.
8. Persson, K.: Kobolt i pyrit från Kiruna Järnmalmgruva. 1985.
9. Ekström, J.: Stratigrafisk och faunistisk undersökning av Vitabäckslerorna i Skåne. 1985.
10. Säll, E.: *Neobeyrichia* from the Silurian of Bjärsjölagård, Scania, Sweden. 1986.
11. Markholm, C.-O.: Svagt naturgrus och bergkrossmaterial till bärlager. En laboratoriestudie. 1986.
12. Hellström, C.: Klassifikation av leptiter i malmstråket mellan Ö. Silvberg och Vallberget, Dalarna. 1986.
13. Öhman, E.: En petrografisk och mineralogisk studie av en komplex gång bestående av metadiabas och kvartskeratofyr i Kiirunavaara-gruvan. 1986.
14. Holmberg, G., Johansson, L.: Sedimentologisk undersökning av de övre glacifluviala avlagringarna i Vombsänkan, södra Skåne. 1986.
15. Thuning, B., Linderson, H.: Stratigrafi och överplöjning i Bussjösjöområdet, Ystad. 1986.
16. Bergstedt, E., Löf, A.I.: Naturvärme - teknik och geologi med en översiktlig kartläggning av tillgångarna i Kalmar län och Västerviks kommun. 1986.