

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER C NR 702

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

ÅRSBOK 68 NR 9

---

JAN POUSETTE

FORTSATTA GRUNDVATTENUNDER-  
SÖKNINGAR PÅ ÖLAND

FURTHER GROUNDWATER STUDIES  
ON ÖLAND



STOCKHOLM 1974

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER C NR 702

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

ÅRSBOK 68 NR 9

---

JAN POUSETTE

FORTSÄTTA GRUNDVATTENUNDER-  
SÖKNINGAR PÅ ÖLAND

FURTHER GROUNDWATER STUDIES  
ON ÖLAND



STOCKHOLM 1974

ISBN 91-7158-054-9

Kartorna är ur sekretessynpunkt godkända för spridning. Rikets allmänna kartverk 1974-03-04.

## INNEHÅLL

Abstract .....	5
Inledning .....	7
1. Allmänna grundvattenförhållanden på Öland .....	8
1.1. Vatten i berggrunden .....	10
1.1.1. Geologisk översikt .....	10
1.1.2. Grundvattenbildning och grundvattentransport i berggrundens sprickzoner .....	11
1.2. Vatten i de kvartära avlagringarna .....	14
2. Aktuella undersökningsområden .....	17
2.1. Allmänt .....	17
2.2. Lokaler på södra Öland .....	19
2.2.1. Mysinge — Bengtstorp — Rösslösa alvar .....	19
2.2.2. Kastlösa — Lunda .....	20
2.2.3. Alby — Triberga .....	20
2.3. Lokaler på mittlandet .....	21
2.3.1. Gråborg .....	21
2.3.2. Algutsum .....	21
2.3.3. Ismantorp .....	22
2.3.4. Rörsberg .....	22
3. Förundersökningar .....	23
3.1. Använd metodik .....	23
3.2. Resultat av mätningarna .....	23
3.2.1. Mysinge — Bengtstorp — Rösslösa alvar .....	23
3.2.2. Kastlösa — Lunda .....	28
3.2.3. Alby — Triberga .....	32
3.2.4. Gråborg .....	34

3.2.5. Algutsrum .....	37
3.2.6. Ismantorp .....	38
3.2.7. Rörsberg .....	40
4. Borrning av undersökningshål .....	45
4.1. Allmänt .....	45
4.2. Lagerföljdsbeskrivningar .....	46
4.2.1. Rösslösa alvar .....	46
4.2.2. Lunda .....	47
4.2.3. Triberga .....	48
4.2.4. Gråborg .....	48
4.2.5. Algutsrum .....	49
4.2.6. Ismantorp .....	50
4.2.7. Rörsberg .....	50
5. Provpumpningar .....	52
5.1. Materielbeskrivning .....	52
5.2. Pumpningsmetodik .....	53
5.3. Beräkningsförfarande .....	54
5.4. Resultat av de kortvariga pumpningarna .....	58
5.5. Långtidspumpning .....	60
5.6. Synpunkter på erhållna resultat .....	60
5.6.1. Vattenkapaciteter .....	60
5.6.2. Transmissivitet .....	62
5.6.3. Effektiv porositet .....	63
6. Vattenkvalitet .....	65
7. Sammanfattning och rekommendationer .....	69
8. Litteratur .....	71

## ABSTRACT

The investigations presented in this paper were carried out as a continuation to those in 1971 in the southern part of Öland. Then it was established, that the transmissivity (T) of the surface layers of the bedrock in the investigated areas varies between  $10^{-4}$  and  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s and that the effective porosity (S) was 0.6—1 % in tectonically influenced areas whereas it was between 0.2 and 0.5 % in other structure zones. Based on these results, the total storage of fresh groundwater within the upper 15 metres of the waterbearing bedrock of Öland was estimated at a minimum of 15 to 20 million cubic metres.

In 1972, the Geological Survey of Sweden got the opportunity of applying the results of the previous investigations on practical circumstances. Additional water was needed at three places in southern Öland, and the Survey was asked to take part in the search for suitable well sites. By the help of the seismic refraction and the electrical resistivity methods three test holes were sited in areas with promising hydrogeological features. Two of the three holes could not be drilled to intended depths with the equipment used because of great amounts of "bedrock sand" flowing into the holes. One of them has later on been cleared and deepened.

Values of T and S vary to some degree from those found in 1971, the main difference being the greater width in the results in 1972. The results emphasize the impression that the amount of stored groundwater in the bedrock of Öland is at least in the order of 15—20 million cubic metres and that fairly good capacities can be counted upon by the use of well galleries or well groups.

Long term pumping tests have recently been started in the test holes, but it is still too early to tell anything about the size of the reservoirs into which the holes are drilled.

The Survey also carried out continued research work, this time in the middle, soil-covered parts of Öland. It was found that the geophysical methods used on bare bedrock could also be used in soil-covered areas. Test holes were drilled in four structure zones, but only two were successful. In one case, the drilling method made it impossible to extract water from the water-bearing soil layers, in another, field interpretation of the geophysical results was incorrect which caused a wrong siting of the test hole. In the two areas where short pumping tests

were performed, the values of T were found to be close to what had been found in southern Öland whereas the S-values were higher as an average.

The quality of the water varies from place to place. Two holes in the south showed no remarks at all as to quality. The third was clearly influenced by fertilizers. This hole is one of those that could not be drilled to intended depth, and it has not yet been deepened. Water quality is expected to improve when this is done. Water samples from the holes in Middle Öland show somewhat high contents of iron and also traces of fertilizers. The results of the analyses show again the great importance of proper protecting areas for wells and waterworks in Öland, where the bedrock structures make contamination of the groundwater very easy.

## INLEDNING

De arbeten som ligger till grund för föreliggande uppsats utgör en fortsättning på de undersökningar som inleddes på Öland år 1971 och som redovisats i SGU C 675. Verket fick genom en beställning från Mörbylånga kommun möjlighet att direkt applicera vunna erfarenheter på nya områden inom Ölands Stora alvar och anslog dessutom egna medel för en uppföljning av metodutvecklingen, denna gång rörande jordtäckt berggrund på Ölands mittland.

Uppgifterna inom Mörbylånga kommun bestod i att söka ett tillskott av grundvatten till vattenverket i Resmo, att förstärka vattentillgången i Kastlösa samt att söka lokalisera en ny vattentäkt för Alby — Triberga. Arbetet inleddes med en okulärbesiktning av tänkbara områden, åtföljd av geofysiska undersökningar. Med ledning av resultaten från dessa ansattes därefter provborrhål på tre platser. Provpumpning under kort tid avslutade fältarbetena.

På mellersta Öland utvaldes vid en preliminär rekognoscering sex försöksområden. Fyra av dessa blev föremål för geofysiska undersökningar med åtföljande provhålsborrning. Även här företogs kortvariga propvpumpningar.

I fältarbetena, som ägde rum under våren och sommaren 1972, deltog från SGU förutom författaren geolog Birgitta Båveryd, geofysiker Christer Josefsson, assistent Gunnar Ekman och tekniker Leif Särnblad. Behjälpliga vid arbetena var även Mats Lagmansson, Ewy Josefsson och Mats Hirvelä. Borrningarna utfördes av brunnsborrarna Knut Johansson, Herman Olsson och Ivar Svensson, samtliga Rälla, Borgholm. Ölands Ytong AB var behjälpligt vid borring av mindre observationshål på Stora alvaret. Mörbylånga, f. d. Torslunda och Borgholms kommuner bidrog välvilligt med fastighetsägareförteckningar, transporter, lån av materiel och elkraft. Tolkningen av de geofysiska mätresultaten har vid SGU utförts av förste statsgeofysiker Josef Zuber i samråd med författaren. Reproduktionsarbetena rörande figurmaterialet i uppsatsen har ombesörjts av förste ritare A-C Sjöberg, SGU. För renskrivning av manus svarade kansliskrivare Kerstin Brodén och kontorist Gunilla Jurgelius, SGU. Med avdelningsdirektör Åke Möller och geolog Per Engqvist, SGU, har diskussioner beträffande uppsatsens innehåll och slutliga utformning förts. Av speciellt stort värde har förste statsgeolog Jan De Geers, SGU, omsorgsfulla slutgranskning av manus varit.

Till samtliga ovannämnda vill författaren framföra sitt varma tack.

## 1. ALLMÄNNA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN PÅ ÖLAND

Öland har en yta av 1 344 kvadratkilometer, till största delen täckt av lerig morän eller moränlera samt svalljordarter, främst mo och sand, som omlagrats under inverkan av äldre hav och sjöar. På den södra delen förekommer ett område utan eller med mycket tunt jordtäckte, Stora alvaret. Smärre alvarområden är även inströdda i det jordtäckta området på resten av ön. Den nederbörd som årligen faller, i söder ca 450 mm, i norr ca 530 mm, evapotranspirerar till större delen, dvs. avdunstar från markytan och de övre marklagren samt från växtligheten, medan mindre mängder avrinner som ytvatten eller infiltrerar och bildar grundvatten. Den teoretiskt beräknade potentiella evapotranspirationen, dvs. den som skulle kunna ske om vatten ständigt funnes tillgängligt för avdunstning, är 350 mm/år. Ytavrinningen har likaledes teoretiskt beräknats till 120—150 mm/år. Som framgår av ovanstående kan de teoretiska värdena ej användas för praktiska vattenbalansräkningar, då en stor del av Öland då skulle uppvisa ett deficit i vattenbalansen, även helt bortsett från infiltrationen.

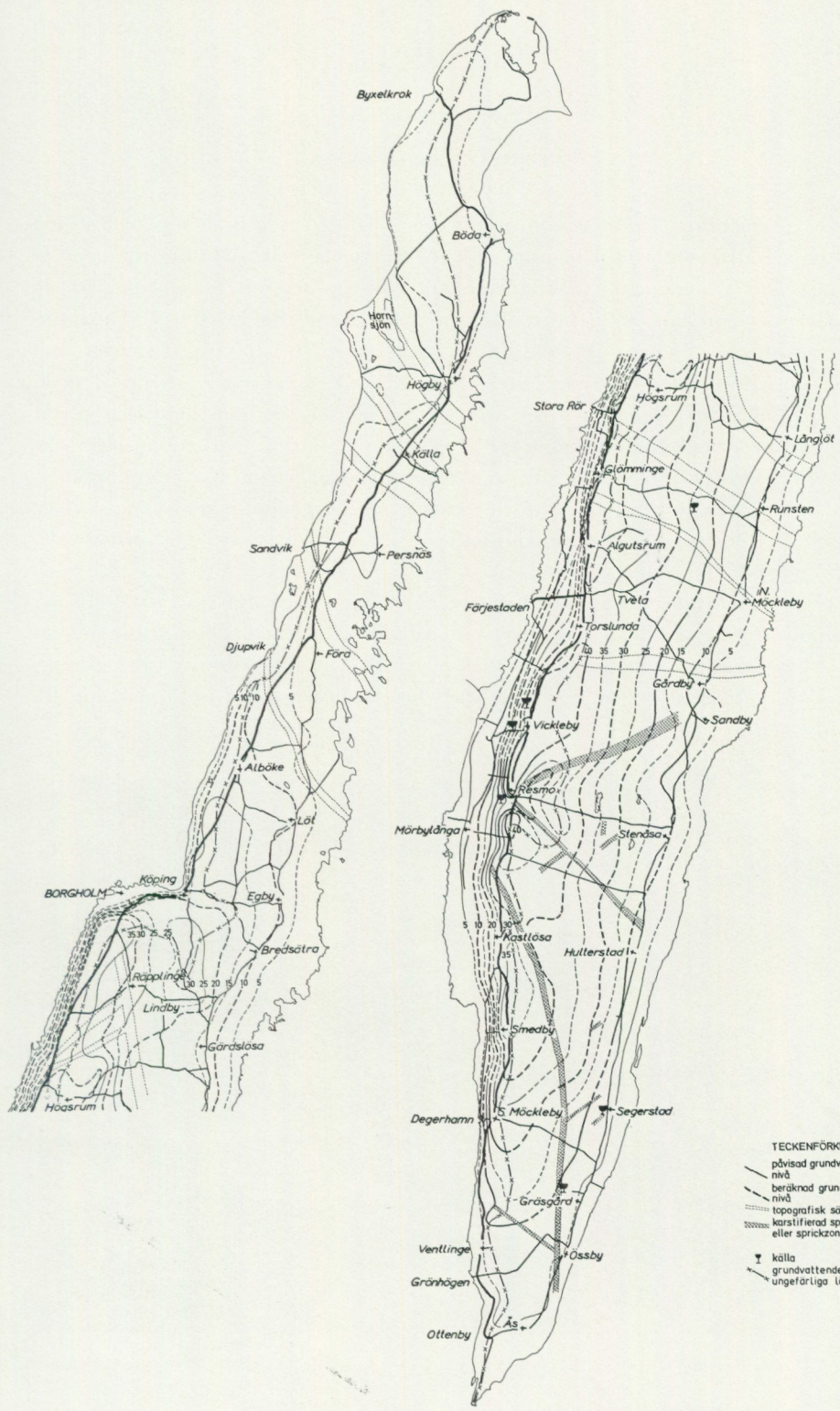
Den totalt magasinerade vattenmängden i Ölands berggrund har av författaren tidigare, från olika utgångspunkter, beräknats till minst mellan 15 och 20 miljoner kubikmeter. Jordlagrens totala vatteninnehåll är hittills inte känt eller beräknat. De stora ytvattenflödena vår och höst anses åtminstone till en del kunna förklaras med att grundvattenmagasinen då är bräddfulla och att ytterligare infiltration ej kan ske.

Grundvattendelaren är på södra och mellersta Öland belägen strax öster om den s. k. västra landborgen, dvs. där den branta slutningen från Kalmarsund övergår i en så gott som plan markyta som sakta sänker sig mot öster. I trakten av Sandvik böjer vattendelaren av in mot öns mittlinje för att vid Högby befinna sig på öns östra sida. Norr därom återtar vattendelaren sitt läge vid öns mittlinje, se fig. 1.

---

Fig. 1. Grundvattenytans och grundvattendelarens ungefärliga lägen samt berggrundsstrukturer.

*Approximate static groundwater level, groundwater divide and bedrock structures.*



- TECKENFÖRKLARING**
- påvisad grundvattennivå
  - - - - - beräknad grundvattennivå
  - ..... topografisk sänka
  - ~~~~~ karstifierad spricka eller sprickzon
  - ▼ källa
  - ⋄ grundvattendelarens ungefärliga läge

0 5 10 km

## 1.1. VATTEN I BERGGRUNDEN

## 1.1.1. GEOLOGISK ÖVERSIKT

De sedimentära bergarter som uppbygger Ölands berggrund avsattes ovanpå urberget under kambrisk och ordovicisk tid för mellan 600 och 450 miljoner år sedan. Den sammanlagda mäktigheten är störst utefter öns östra sida, där en tjocklek på mer än 250 m fastställts genom borrhning. På västsidan är mäktigheterna mindre, mellan 100 och 150 m. Berglagren stupar generellt svagt mot öster och sydöst. De äldsta sedimenten utgörs av *underkambrisk mosten* med sandsten och lerskiffer. Därövan följer de s. k. *ölandicuslagren*, som mestadels består av lerskiffer, samt *paradoxissimuslager*, bestående av skiffer med mostenslager. De yngsta kambriska lagren utgörs av *alunskiffer* med inlagringar av bituminös kalksten, s. k. orsten. Övergången till de *ordoviciska* berglagren sker i alunskiffern ovanför orstenslagren. Ovanför alunskiffern utgörs berggrunden av *ortocerkalksten*.

Underkambriums mäktighet torde vara maximalt ca 100 m, att döma av resultaten från borrhningar vid Segerstad på sydöstra Öland. Ölandicuslagren är här 44 m mäktiga och paradoxissimuslagren 63 m. Alunskifferns tjocklek är i genomsnitt ca 20 m på södra Öland med lokala variationer från 3 och upp till

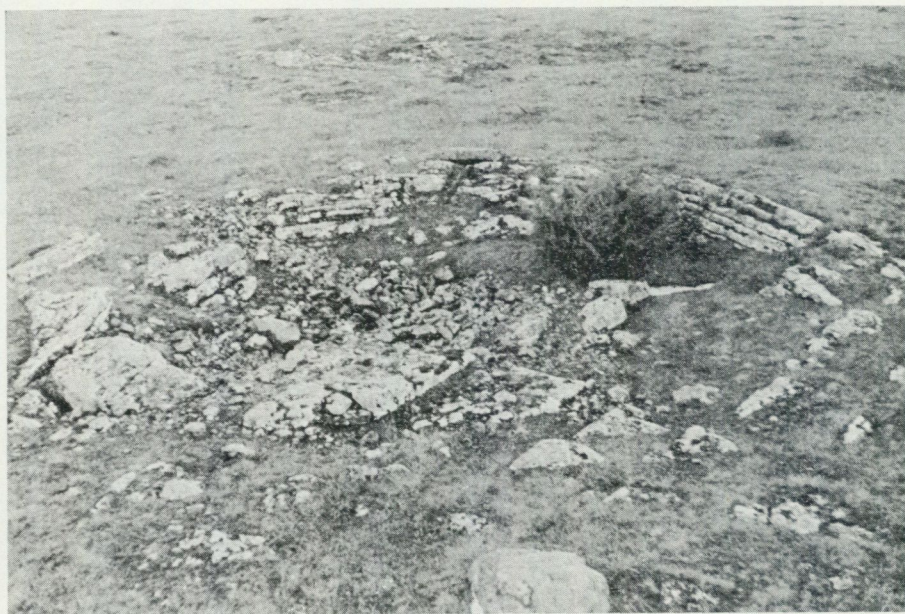


Fig. 2. Domformig struktur, delvis eroderad. Rösslösa alvar, S. Bårby. Foto Jan Pousette 1971.

*Dome-shaped structure, partly eroded. Rösslösa Alvar, S. Bårby.*

32 m. Mot norr tunnar den successivt ut för att helt försvinna, åtminstone utefter västsidan av ön, ungefär i höjd med Horns udde, ca 40 km norr om Borgholm.

Alunskiffers lokala mäktighetsvariationer på södra Öland beror i många fall på gravitationstektonisk inverkan. Den plastiska bergarten har utefter vissa stråk, p. g. a. sin lägre specifika vikt gentemot den överlagrande kalkstenens, ansamlats och flutit upp i kalken (Stephansson 1971). Kalkstenen, som är mindre plastisk, har därvid böjts och bräckts upp, vilket resulterat i uppkomsten av låga antiklinaler eller bergåsar i för övrigt plana områden. Dessa bergåsar kan vara av betydande längd, vilket kan exemplifieras av den s. k. Storåsen, som från Södra Bårby sträcker sig i en svag båge mot sydsydöst och söder mot Össby, en sträcka av över 25 km (se fig. 1). Dess bredd är i genomsnitt ca 300 m. Mindre åsar, s. k. "svinryggar", förekommer också på Stora alvaret. De har en bredd av någon eller några meter och en maximal längd av ca 2 km. Andra resultat av uppflytningen av alunskiffer utgör de i kalkbergytan förekommande domerna. Här har skiffen flutit upp punktvis utefter vissa stråk, se fig. 2.

Ortocerkalkstenen, som utgör berggrundsytan på större delen av ön, har i väster en mäktighet av någon eller några meter. Berglagren stupar brantare mot sydöst än markytan, eller med ca  $0.3^\circ$  mot  $0.2^\circ$ , varför kalkens mäktighet på öns östra sida vanligen är 30—40 m. Av det nyssnämnda följer även att de yngsta avlagringarna är att söka vid Ölands östkust.

### 1.1.2. GRUNDTVATTENBILDNING OCH GRUNDTVATTENTRANSPORT

#### I BERGGRUNDENS SPRICKZONER

Det enda lager i berggrunden på Öland som i sig självt är vattenförande i praktisk mening är den underkambriska mostenen. Då samtliga på ön kända brunnar, som är nedförda i denna bergart, med några enstaka undantag lämnar salt vatten synes bergarten vara utan större betydelse ur grundvattensynpunkt annat än mycket lokalt. Övriga sedimentbergarter är i praktisk mening täta och mellanlagras dessutom ofta av okonsoliderade lager av lera. Detta medför att endast ringa mängder vatten kan transporteras i lagren som sådana. Infiltration och transport av vatten är därför så gott som helt bundna till den i berggrunden förekommande sprickigheten.

Sprickorna i Ölands berggrund kan uppdelas i två huvudgrupper. Den ena, som återfinns över hela ön och som syns varhelst berggrunden är blottad, innehåller frakturer tillhörande i huvudsak tre riktningssystem, ett nordöst-sydvästligt, ett vinkelrätt mot detta och ett nord-sydligt. Rang- eller frekvensordningen är den nyss uppräknade. För ögat är systemen väl synliga, speciellt på det kala alvaret, genom att den där sparsamt förekommande vegetationen av gräs och örter är helt bunden till sprickorna, se fig. 3 och 4. Den andra huvudgruppen återfinns i an-



Fig. 3. Spricksystem på Stora alvaret. Foto Jan Pousette 1971.  
*The main joint systems of the Great Alvar.*



Fig. 4. Berggrundssprickor i stenbrott på Stora alvaret. Foto Jan Pousette 1971.  
*Joints in the bedrock, quarry in the Great Alvar.*

slutning till de ovan nämnda bergåsarna och "svinryggarna". Sprickriktningarna är också här mestadels att hänföra till de tre nämnda huvudsystemen, vilket möjligen kan indikera att brottsanvisningarna fanns redan innan gravitationstektoniken började göra sig gällande. Sannolikt är det då denna sekundära påverkan som gjort att både frekvens och storlek hos sprickorna nu är större i och invid bergåsarna och -ryggarna än i deras omgivning.

Sprickornas bredd varierar inom båda grupperna från någon millimeter till flera decimeter. Detta gör att områden eller stråk med hög frekvens av stora sprickor medger omfattande infiltration och goda transportmöjligheter för grundvattnet. Det maximala djupet av de större sprickorna är tills vidare okänt, men skilda uppgifter tyder på att de endast i undantagsfall sträcker sig längre ned än 20—30 m under markytan. Sedan SGU mera systematiskt börjat utforska de områden som påverkats av gravitationstektonik har det visat sig att sprickigheten eller uppkrossningen i samband med denna tektonik sannolikt går djupare än vad som tidigare hållits för troligt. Detta berörs nedan under avsnittet om borring.

Småsprickor förekommer genom större delen av sedimentlagerföljden, vilket bl. a. har till följd att det råder tämligen god grundvattenkommunikation mellan de olika bergarterna, speciellt mellan paradoxissimus-, alunskiffer- och ortocerkalklagren. Någon större transport av vatten i grundvattenytans allmänna lutningsriktning mot sydöst förekommer inte att döma av det över allt höga naturliga grundvattenståndet, vanligen någon enstaka meter under markytan. Vattenytans ringa lutning är givetvis en av orsakerna till detta.

Sedan sprickorna anlades har de förstörats, dels mekaniskt genom frostsprängning, dels kemiskt genom karstifieringsprocesser. De senare, som innebär att kalciumkarbonat löses ut av nedsipprande nederbördsvatten, kan få till följd att underjordiska kanaler bildas. Ibland utbildas grottor i dräneringssystemen. Om taket på en sådan grotta störtar in bildas s. k. doliner. Sådana är på Öland kända bl. a. från Resmo och Södra Bårby. De största har en diameter av något tiotal meter. Småformer av karst är synliga över hela alvaret i form av ovala utvidgningar av befintliga sprickor. De kan också förekomma som isolerade slukhål och som förbindelsekanaler mellan sprickor.

Då flera av Ölands större grundvattentäkter i berggrund är belägna inom den nederbördsfattiga södra delen av ön torde en tämligen avsevärd infiltration äga rum i de ovan beskrivna sprickorna och spricksystemen. Att alvaret, speciellt vår och höst, uppvisar både en ymnig förekomst av ytvattensamlingar och strida bäckar som för bort nederbördsvattnet beror enligt författarens uppfattning på att grundvattenmagasinen då är fyllda till brädden, varför ytterligare infiltration ej kan ske.

Med ledning av data från tidigare företagna renspumpningar och provpumpningar har försiktigtvis beräknats att det ur Ölands uppskattningsvis 3 200 bergborrhade brunnar skulle gå att utvinna mellan 15 och 20 miljoner kubikmeter vatten per år. Den totala grundvattenmängden bör vara avsevärt större, då det

kan förmodas att brunnarna inte är placerade så att de kan tillgodogöra sig allt det vatten som lagras i berggrunden.

Resultat från SGU:s undersökningar år 1971 tyder på att 20 miljoner kubikmeter är en mycket försiktig bedömning av den vattenmängd som rimligen kan lagras i öns berggrund. Av de då framkomna värdena på sprickvolym, varav de lägsta använts för mängdberäkningarna, framgår att sprickorna upptar i genomsnitt ca 0.2 % av berggrunden. Vid magasinsberäkningarna har försiktigtvis endast halva öns yta medtagits för att en säker marginal skulle erhållas. Vidare har det vattenförande lagrets tjocklek satts till 15 m. Om den beräknade vattenmängden skulle omsättas varje år fordras att 30 mm nederbörd årligen infiltrerar och bildar grundvatten, fortfarande med endast halva öns yta som beräkningsgrund. Detta innebär en infiltrationskoefficient av 0.07 om årsnederbörden för hela ön sätts så lågt som till 450 mm. Så låga koefficienter är mycket ovanliga i vårt land.

Det kan i sammanhanget påpekas, att nyligen utförda undersökningar på Gotland visar att man i den siluriska kalkstenen på File Hajdar kan räkna med sprickvolym av storleksordningen 0.06—0.47 %. I den omkringliggande lagrade kalkstenen är de betydligt större (Nordberg — Fagerlind 1973). Det på olika sätt och i olika sammanhang insamlade materialet i fråga om grundvattenparametrar från skilda områden med sedimentbergarter i Sverige börjar nu bli så stort och överensstämmer så väl med det nu redovisade att de för Öland funna sprickvolymvärdena bör kunna anses som rimliga.

## 1.2. VATTEN I DE KVARTÄRA AVLAGRINGARNA

Ölands jordarter består som ovan antytts dels av lerig morän eller moränlera, dels av lerfattig morän och dels av strandbildningar (svalljordarter). Primära isälvsavlagringar förekommer relativt sparsamt. Omlagrade sådana ingår förmodligen i vissa strandbildningar. Organogena jordarter uppträder fläckvis på ön men spelar numera en relativt underordnad roll ur grundvattensynpunkt. Före de stora utdikningarna som ägde rum speciellt under 1930- och 1940-talen hade de viss betydelse genom att de medgav långa uppehållstider för nederbördsvattnet, som då under längre tid av året än nu kunde infiltrera i omgivande minerogena jordarter och i berggrunden.

Den osvallade moränen har i regel ogynnsamma hydrologiska egenskaper på grund av sitt lerinnehåll. Inte desto mindre är flertalet av de grävda brunnarna på Öland nedförda i denna jordart och synes ha lämnat tillräckliga vattenmängder för husbehov. Den ökande vattenförbrukningen har dock medfört att brunnarna numera sinar i stor omfattning sommartid. Detta till trots förekommer rikt givande vattentäkter i moränområden. Som exempel kan nämnas Tvetatäkten, som förser Färjestadens tätort med vatten. Förhållandevis god hydraulisk

kommunikation synes som regel råda mellan moränen och berggrunden på Öland, och detta är sannolikt en orsak till att så stora uttag som 11 l/s har kunnat göras i Tveta. Möjligen kan ännu större uttag göras. F. n. (febr. -74) pågår en provpumpning med kapaciteten 40 l/s. Jordlagren vilar här på en starkt uppkrossad och vittrad kalkberggrund, och tillrinningsområdet för vattentäkten och därmed kontaktytan mellan jord och berg är förmodligen stora. En kompensation för moränens dåliga vattenförande egenskaper erhålles därför. Sinande grävda brunnar har med framgång fördjupats ett stycke ned i berggrunden på många håll på ön.

Omlagrad morän och strandbildningar har i huvudsak samma hydrauliska egenskaper som isälvsmaterial, dvs. nederbörd infiltrerar lätt, de har stor lagringskapacitet och vatten kan lätt transporteras i dem. Dessvärre saknar många av de öländska områdena med grovkorniga jordarter invallningar i form av tätande jordlager på sidorna, varför vattnet i t. ex. den västra landborgen, en kraftig strandvall som sträcker sig utefter den västra klinten från södra udden till Borgholm, läcker ut åt sidorna. Senare års undersökningar har dock visat att man i gynnsamma fall kan erhålla förhållandevis stora kapaciteter i dessa avlagringar. Bland samhällen som i dag får sin vattenförsörjning från omlagrad morän och strandbildningar kan nämnas Sandvik (1 l/s), Löttorp (20 — 30 l/s sommartid, 5 — 6 l/s vintertid) och Byxelkrok (3 l/s). Siffrorna inom parentes avser provpumpade eller på pumpningsresultat beräknat uttagbara vattenmängder. Även de omlagrade och sorterade jordarterna står i god hydraulisk förbindelse med den underliggande berggrunden vilket tydligt framkom vid SGU:s pumpningsförsök vid Rørsberg, ca 2 km öster om Stora Rör. Efter öländska förhållanden mycket goda kapaciteter har här uppmätts även vid tidigare provpumpningar. Rørsbergsborrhålen är nedförda genom ca 5 m sand och mellan 14 och 17 m i berg. Vid SGU:s pumpningsförsök sjönk grundvattennivån, som från början låg uppe i sanden, till en nivå flera meter ned i berggrunden. Detta var även fallet i observationsborran, som låg 10 m ifrån det pumpade borrhålet, medan ingenting märktes i vattenverkets brunnar, ca 100 m därifrån. Ett kraftigt läckage förekommer alltså från sanden ned till berggrunden. Sandlagren närmast pumpplatsen blev helt dränerade under den tid pumpningen pågick. Vid provpumpningar i vattenverkets brunnar har kapaciteter på upp emot 5 l/s använts. Därvid har grundvattnet i de pumpade brunnarna sjunkit till i nivå med pumparnas vattenintag, dvs. ca 20 m under markytan. Observationsbrunnar på ca 100 m avstånd har därvid inte reagerat, vilket betyder att större vattenkapacitet går att utvinna och att brunnarnas konstruktion är vad som nu främst begränsar uttagens storlek. Vid de långvarigaste pumpningarna användes kapaciteten 2 l/s, varvid vattenståndet i den pumpade brunnen omgående sjönk 30 cm men sedan inte mera. Ingen reaktion kunde förmärkas i omkringliggande observationsbrunnar, inte ens i den närmaste, endast 10 — 12 m från pumpplatsen.

Den rikast givande vattentäkten på Öland är belägen i det s. k. Solbergafältet vid Borgholm. Detta består av isälvs-material, svallad morän och strandbildningar och sammanhänger med det söder därom belägna Lindbyfältet. Huruvida isälvs-material finns under strandbildningarna eller om dessa består av omlagrade isälvs-sediment är ännu inte helt klarlagt. Området utmärks under alla omständigheter av goda infiltrationsförhållanden, och magasineringkapaciteten för grundvatten är likaså god. Vid provpumpningar av den nya s. k. Ljungbergatäkten inom området kunde ända upp till 30 l/s uttas. Genom förstärkning av infiltrationen på konstgjord väg genom att en bäck leds in över grovkorniga sediment ökas vattentillgången, och det har beräknats att man under kortare tid på sommaren kan ta upp emot 70 l/s ur fältet. Medelkapaciteten sommartid beräknas bli ca 40 l/s och vintertid ca 20 l/s. I dessa beräkningar ingår inte något tillskott från det angränsande Lindbyfältet (Sydsvenska ingenjörbyrå, SIB, 1969).

Ytterligare tre mera säkert belagda områden med isälvs-material finns på Öland. I norr sträcker sig den s. k. Bödaåsen från Böda mot nordväst till ett område ca 3 km sydväst om Byxelkrok. Topografiskt markeras den av sex flacka kullar med mellanliggande jämnare markområden. Det har beräknats att man ur denna ås skulle kunna göra ett kontinuerligt uttag av 3 — 5 l/s. Genom omfördelning av vattenuttaget skulle under kortare tid på sommaren kunna pumpas 10 — 15 l/s (SIB, 1966-06-15).

På öns västkust, mellan Högsrum och Glömminge, är det s. k. Rällafältet beläget. Det kan uppdelas i två underområden, ett större och mäktigare nedanför landborgskanten och ett mindre och tunnare öster om denna. I det senare området är den ovan nämnda Rørsbergstäkten belägen.

Det beräknade totala vattenuttaget i hela fältet är 4 — 5 l/s (SIB, 1964). Beräkningarna stöder sig bl. a. på det uppmätta flödet i en bäck som får sitt vatten från ett antal källor i fältets västligaste del. Enligt författarens mening kan mera vatten utvinnas vid pumpning i området än det som av egen kraft läcker ur jordlagren. Det förekommer dessutom uppgifter från ortsbefolkningen om att flödet från en enda källa väster om Rälla Tall skulle vara av storleksordningen 5 — 6 l/s året om. Denna uppgift återstår dock att bekräfta. Vidare kan man misstänka att det sker en viss återinfiltration av bäckvattnet, varför den uppmätta avbördningen är lägre än det totala läckaget.

Vid Degerhamn på sydvästra Öland pågår undersökningar av två eller möjligen flera stråk av isälvs-material som är täckta av morän. Karteringen av området har i skrivande stund nått upp till i höjd med Kastlösa och avses fortsätta, varför det ännu inte kan sägas hur långt norrut de glaciälviala avlagringarna sträcker sig. Pumpningsförsök är planlagda men har ännu inte kommit till utförande. Enligt SGU:s beräkningar bör ca 10 l/s kunna utvinnas ur det sydliga, 2.5 km långa stråket, inberäknat tillskott genom läckage från berggrunden i öster.

## 2. AKTUELLA UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN

### 2.1. ALLMÄNT

De områden som kunde komma ifråga för undersökningar på södra Öland var redan från början begränsade genom att de lämpligen borde ligga i närheten av befintliga eller planerade vattenverk. Riktlinjerna var att dels undersöka jordlagren omedelbart nedanför den västra landborgen där redan tidigare några tämligen rikt givande vattentäkter anlagts eller planerats (Resmo källa, Vickleby källa,

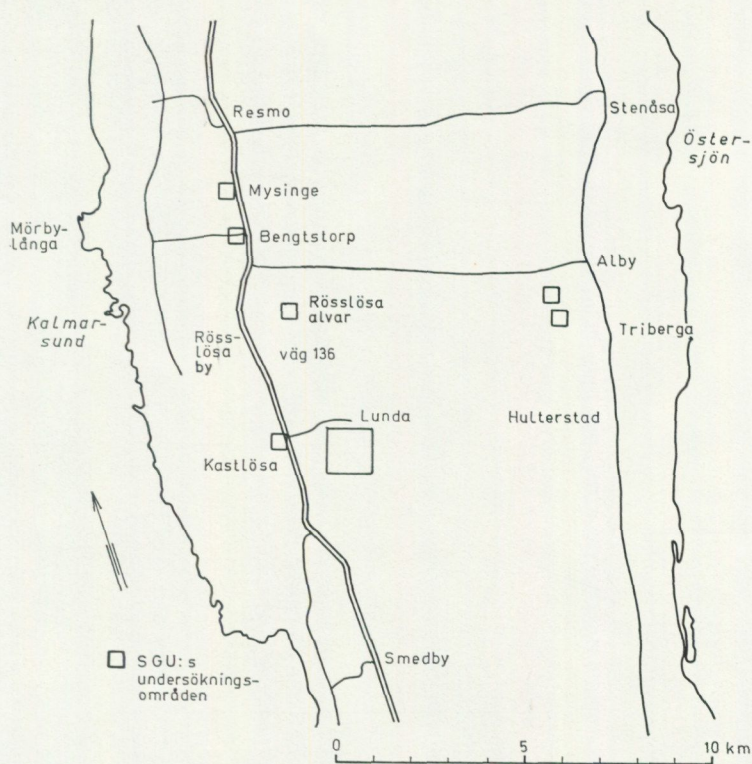


Fig. 5. Undersökningsområden på södra Öland.  
*Investigation areas in southern Öland.*

Svartkällan vid Lorensark), dels att på alvaret uppsöka och undersöka gravitationstektoniskt påverkade områden. Efter genomgång av data från SGU:s brunn- och borrharkiv samt okulärbesiktningar utvaldes ett antal områden för vidare undersökningar med geofysiska metoder, se fig. 5. Med ledning av resultaten från dessa utsågs tre platser där borrhning ansågs vara befogad. Tillvägagångssätt vid och resultat av de nämnda undersökningarna behandlas mera ingående nedan. På fig. 5 saknas de i uppsatsen nämnda orterna Södra Bårby, ca 4 km söder om Resmo, och Gösslunda, ca 3 km väster om Alby.

På mittlandet stod valet mera fritt vad beträffar undersökningsområden. Avsikten var att principiellt pröva den för kalt berg framtagna metodiken på jordtäckt berggrund, dvs. att söka konstatera svaghetszoner i berggrunden under ett mer eller mindre mäktigt jordtäckte. Borgholms kommun anmälde intresse för ytterligare undersökningar vid den redan etablerade Rørsbergstakten, och då detta sammanföll med SGU:s intentioner beslöts att ett försöksområde skulle förläggas hit. Undersökningsområdenas läge på mittlandet framgår av fig. 6.

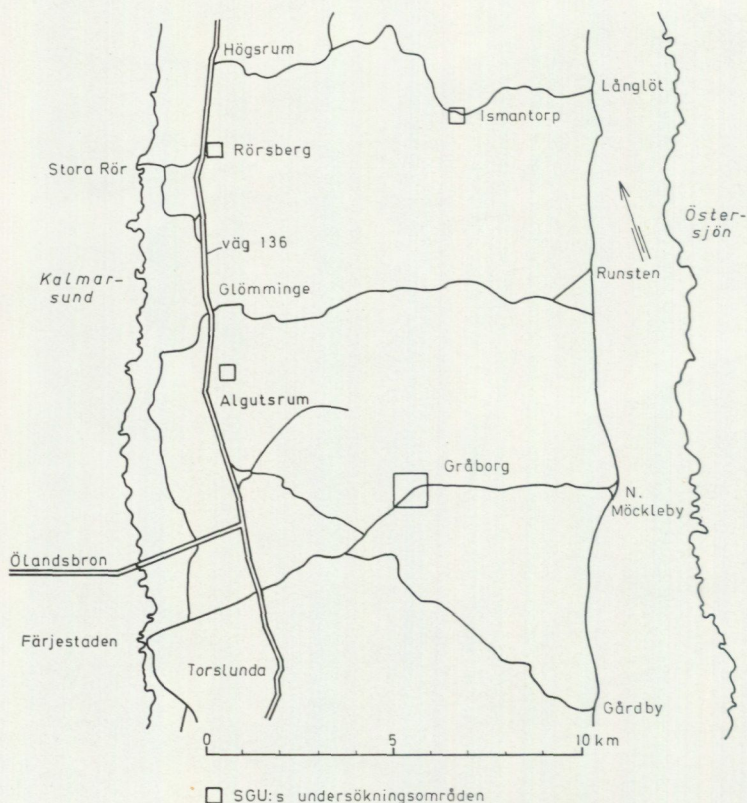


Fig. 6. Undersökningsområden på Ölands mittland.  
*Investigation areas in middle Öland.*

Förutom de nedan beskrivna områdena ingick ytterligare två inom f. d. Torslunda kommun i den ursprungliga planläggningen av arbetet, men brist på tid och medel gjorde att inga undersökningar kom till stånd. Ett av dessa områden är beläget öster om Ryd, fyra km östnordöst om Glömminge by. Här har inrapporterats förekomsten av källor i anslutning till utdickningskanalerna, och avsikten var att undersöka om de är tektoniskt betingade och om någon lämplig borrhållplats för utvinning av berggrundens grundvatten kunde lokaliseras. Det andra området är beläget vid Österskog inom Borgholms kommun, ca fem km öster om Glömminge. Här har enligt uppgift provpumpning ägt rum i en bergborrad brunn med upp till 10 l/s. Avsikten var att söka identifiera och lokalisera de vattenförande berggrundsstråken samt att bestämma transmissivitet och porositet, analogt med försöken i Ismantorp, se nedan.

## 2.2. LOKALER PÅ SÖDRA ÖLAND

### 2.2.1. MYSINGE — BENGTSTORP — RÖSSLÖSA ALVAR

För att söka vatten som tillskott till de mängder som uttas vid vattenverket i Resmo koncentrerades undersökningarna till området söder och sydöst om Resmo. Mörbylånga kommun har i egen regi utfört två schaktbrunnar söder om byn, nämligen i Gyngge, knappt en km norr om Mysinge hög, och nedanför Mysinge hög. I avsikt att undvika dubbelarbete undantogs därför sträckan Resmo — Mysinge hög från prospekteringsområdet, trots att flera intressanta indikationer på gynnsamma grundvattenförhållanden föreligger. För de geofysiska undersökningarna utvaldes slutligen en sträcka omedelbart söder om Mysinge hög ned mot den nordligaste gården i Mysinge by. Markförhållandena var likartade även i sträckans fortsättning mot söder, men föroreningsriskerna bedömdes här vara så stora att eventuellt förekommande grundvatten sannolikt skulle vara av mindre lämplig beskaffenhet. Försöksprofilen sträcker sig i sin hela längd över vattensjuk mark, och förutom kommunens brunn i områdets norra del finns ett vattentag i den södra. Några provpumpningsresultat har ej stått att erhålla. Terrängens sankta beskaffenhet antogs bero på att vatten från alvaret i sprickor i berggrunden strömmar mot väster och bildar en källfront nedanför alvarbranten. Geofysiska undersökningar förväntades lämna besked om jorddjup och jordlagrens beskaffenhet och därmed om möjligheten att t. ex. genom anläggandet av ett brunnsgalleri utvinna grundvatten.

Vid Bengtstorp, ca 1 km söder om Mysinge, finns en källa som enligt ägaren tidvis lämnar stora vattenmängder. För att förbättra åkrarna väster och söder om källan har han låtit lägga två stycken 100 mm ledningar från källan mot sydväst för att dränera överskottsvatten till ett öppet dike ca 150 m bort. Under-

sökningar i området förväntades lämna samma typ av information som vid Mysinge, inbegripet förekomst av en eventuell väldefinierad strömningszon för grundvatten till källan.

Ett tredje undersökningsområde förlades till Storåsen på Rösslösa alvar, ca 1 600 m sydöst om vägkorset vid Södra Bårby. Detta område har redan tidigare av SGU bedömts som mycket intressant ur grundvattensynpunkt p. g. a. det stora antal domformiga uppdrivningar som här förekommer. Domernas bildningssätt och områdets relativt stora areella omfattning låter förmoda att berggrunden har gynnsam effektiv porositet och att alltså stora vattenmängder kan ligga magasinerade här.

### 2.2.2. KASTLÖSA — LUNDA

Trots att uppgifter föreligger inom SGU:s brunns- och borrharkiv om att flera brunnar inom Kastlösa samhälle vid prov- eller rensumpningar lämnat 90 l vatten per minut eller mera ansågs det inte lämpligt att förlägga någon prospektering till själva tätbebyggelsen. Skälen var framför allt farhågor beträffande vattenkvaliteten, brist på utrymme för de geofysiska undersökningarna och närheten till den redan befintliga kommunala vattentäkten, vars brunnar kunde förväntas komma att ligga inom influensområdet för en ny brunn i samhället. I stället riktades intresset mot området omedelbart norr om bebyggelsen och väster om landsvägen. Landborgen är här inte topografiskt framträdande på samma sätt som längre norr- och söderut, utan de lösa avlagringarna övergår mer eller mindre omärkligt i alvarets kalkbergyta öster om samhället. Geofysiska undersökningar väntades även här ge upplysning om jorddjup och materialsammansättning och även om eventuella avvikelser från det normala i den underliggande berggrunden.

I Lunda by, ca 2 km öster om Kastlösa, finns två bergbörade brunnar som provpumpats efter borrning med en kapacitet av 90 l/min utan att avsänkning skedde. Detta i kombination med byns läge på Storåsens västsluttning gör området mycket intressant ur grundvattensynpunkt, då berggrunden till följd av gravitationstektoniken borde vara kraftigt uppsprucken och vattenrik. Två undersökningsområden förlades därför hit, ett på odlad mark omedelbart söder om byn och ett på alvaret ca 1 500 m sydsydväst därom. Avsikten var att söka fastställa eventuellt förekommande avgränsade strömningszoner för grundvattnet.

### 2.2.3. ALBY — TRIBERGA

I samhällenas omedelbara närhet kunde inga synliga tecken på berggrundsstrukturer iakttas. Sökandet koncentrerades därför till den stora bergrygg som

från alvarets mitt sträcker sig över Gösslunda ned mot Triberga. Intressanta ytformer konstaterades norr om Gösslunda men bedömdes ligga alltför långt bort från samhällena. Området vid Rörkällan, ca 2 km nordväst om Alby, bör dock ihågkommas för eventuell framtida prospektering. På och i omedelbar anslutning till bergryggen utvaldes två mindre strukturer som bedömdes vara av intresse. En är belägen vid Nybygget, ca 1 400 m västsydväst om Alby. Här stupar bergslagen ovanligt kraftigt mot nordöst, dvs. vinkelrätt mot den allmänna riktningen på ön. Detta togs som tecken på en tektonisk störning med åtföljande sprickbildningar i berggrunden. Den andra strukturen utgörs av en "svinrygg", vars riktning skär snett över den större bergryggens längdsträckning. Även här borde alltså sprickigheten och därmed vatteninnehållet i berggrunden vara relativt stora.

## 2.3. LOKALER PÅ MITTLANDET

### 2.3.1. GRÅBORG

Vid Gråborg mellan Norra Möckleby och Färjestaden inom f. d. Torslunda kommun förekommer relativt mäktiga jordlager, som att döma av gamla schaktningar i området består av sand och grus. Vid landsvägen finns dessutom ett vattenhål för kreatur vilket inte sinar ens under svåra torrperioder. Även det material som lagts upp runt hålet vid grävningsarbetena består av sand, sten och grus. Undersökningar i detta område förväntas dels ge upplysningar om de lösa avlagringarnas mäktighet och sammansättning, dels ge information om huruvida några anomalier i den underliggande berggrunden föreligger. Det har konstaterats på skilda håll på Öland att topografiskt framträdande åsliknande bildningar av lösa jordarter ibland avlagrats på eller invid sprickor eller ryggar i berggrunden.

### 2.3.2. ALGUTSRUM

Mellan Algutsrum och Glömminge i f. d. Torslunda kommun finns ett äldre litet stenbrott där en kraftig spricka, fylld med lösa jordarter, rapporterats. En liten brunn, ca 1 m i diameter, som förser stenhuggeriet med vatten, är nedförd i sprickan till ett djup av ca 2 m under markytan. Enligt uppgift från ägaren till brottet hade man vid brunnsgrävningen ännu inte nått fast berg då grävningen avslutades. Vid själva brottet är sprickan inte längre synlig på grund av utbrytning och återfyllning. För att söka utröna om den har någon fortsättning åt öster, där berggrunden är täckt av jord, och hur bred och djup den i så fall är, beslöts att en geofysisk undersökning skulle utföras. Om denna gav lämpliga indikationer

avsågs borrning och provpumpning komma till stånd. Tanken bakom planeringen var, att om sprickan är stor och fylld med relativt grova sediment så borde den också innehålla utvinnbart grundvatten.

### 2.3.3. ISMANTORP

En annan känd grundvattenförekomst är belägen i och invid Ismantorps by inom Borgholms kommun. Undersökningar här förväntades ge information om varför vattentillgången är så god samt data för beräkningar av vattenmagasinets transmissivitet och porositet. De senare begreppen förklaras nedan, s. 53.

### 2.3.4. RÖRSBERG

Vid Rørsbergs vattentäkt, belägen öster om alvarbranten, ca 250 m nordöst om korsningen mellan Stora Rørs hamnväg och väg 136, har två ur vattenförsörjningssynpunkt lyckade borrhål utförts. Borgholms kommun framförde önskemål om ytterligare undersökningar här, och då detta sammanföll med SGU:s intressen stakades två profiler för geofysiska undersökningar vid vattenverket. Vattentäkten är belägen i den södra delen av det s. k. Rällafältet, en ackumulation av huvudsakligen sand och grus som sträcker sig på ömse sidor av alvarbranten i stort sett från Högsrum i norr till Glömminge i söder, se fig. 6. Runt det område som består av isälvsavlagringar ligger ett bälte av svallsediment. Vattenverkets två brunnar är nedförda genom de lösa avlagringarna i berg till ett djup av ca 22 m under markytan och beräknas kunna ge ca 5 l/s vardera, vilket är anmärkningsvärt bra efter öländska förhållanden. Syftet med SGU:s undersökning var att söka klarlägga om här föreligger någon distinkt avgränsad vattenförande zon och vilka hydrologiska egenskaper denna i så fall har.

### 3. FÖRUNDERSÖKNINGAR

#### 3.1. ANVÄND METODIK

För att säkrare kunna bedöma eller verifiera en genom okulärbesiktning utvald plats för provborrning är geofysiska undersökningsmetoder ofta till stor hjälp. På Öland har för de aktuella arbetena utnyttjats två, nämligen den seismiska refraktionsmetoden och elektrisk motståndsmätning. Seismikens användbarhet bygger på ljudvågornas olika hastigheter i olika medier, i detta fall olika jord- och bergarter. Täta lager främjar vågornas hastighet medan porösa, vars håligheter när de är belägna under grundvattenytan är fyllda med vatten, dämpar hastigheten. Ljudvågorna alstras genom att man låter sprängladdningar detonera i jord- eller berglager. Vågor kan också genereras genom slag med hammare. Ljudet uppfångas i s. k. geofoner, och genom att mäta tiden från alstringsögonblicket till dess ljudet träffar en geofon och om man känner avståndet mellan den punkt där ljudet uppstår och geofonen kan gånghastigheten beräknas. Vid elektrisk motståndsmätning mäts markens skenbara resistivitet gentemot elektriska strömmar. Dessa passerar lättare porösa, vattenmättade lager än täta och torra. Motståndets storlek i de porösa lagren är helt beroende på innehållet av porvatten och dettas ledningsförmåga. Förskiffrade och sprickiga bergarter och grovkorniga jordarter som har stort vatteninnehåll har därför genomgående en betydligt lägre resistivitet än täta berg- och jordarter.

#### 3.2. RESULTAT AV MÄTNINGARNA

En sammanfattning av erhållna resultat redovisas i tabell 1, s. 42—43. Nedan redogörs mera ingående för resultaten i de enskilda försöksområdena.

##### 3.2.1. MYSINGE — BENGTSTORP — RÖSSLÖSA ALVAR

De olika delområdenas belägenhet visas i fig. 5. Den undersökta profilen vid Mysinge är belägen nedanför alvarbranten, som nära ansluter sig till väg 136, se fig. 7. De geofysiska mätningarna på denna plats indikerade ett jordtäckte av

6—8 m mäktighet, se fig. 8. Detta består i sin övre del av en moig-sandig jordart, som i större delen av det område varöver profilen löper vilar på sand. Grundvattenytan låg högt, ca en m eller mindre under markytan. I den norra delen av området tunnar sandlagren ut och det övre jordlagret ligger här på vad som tolkats som lerig morän eller moränlera. Moränen återfinns även under sanden i profilens södra del. Samma låga gånghastighet för ljudvågorna som i moränlera brukar också förekomma i starkt vittrad kalksten och skiffer, varför någon gräns mellan morän och vittrat berg inte kan bestämmas utan sonderande borrhning.

Fig. 7. Undersökningsområdet vid Mysinge.  
*Investigation area at Mysinge.*

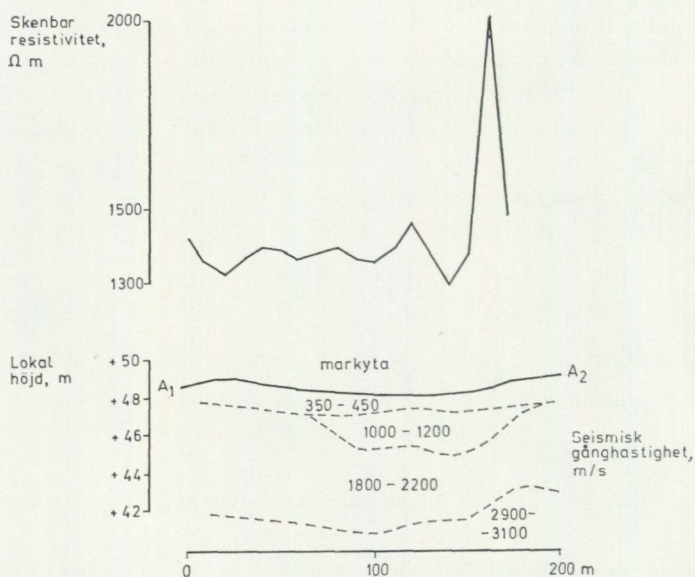
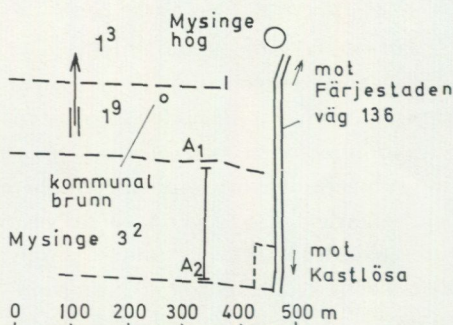


Fig. 8. Resultat av geofysiska undersökningar vid Mysinge.  
*Results from geophysical investigations at Mysinge.*

Den fastare berggrundsytans höjdläge varierar med ca 2.5 m amplitud inom det undersökta området. Ljudhastigheten överensstämmer med den som är vanlig i sedimentära bergarter bildade av lera eller mo.

En möjlig utväg att söka avlocka detta område större vattenmängder per tidsenhet än vad den kommunala brunnen ca 150 m nordväst om profilens norra ände nu lämnar synes vara att fördjupa denna genom grävning eller nedsättning av silrör samt att låta den ingå i en pumpgrupp tillsammans med en eller två nya, 6—8 m djupa brunnar. Dessa bör vara belägna inom intervallet 90—160 m på profilen, där det indikerade sandlagret är mäktigast. Jordlagrens för övrigt dåliga genomsläppighet för vatten medför att inströmning av grundvatten till de enstaka brunnarna sker endast långsamt. Att anlägga flera brunnar innebär att den sammanlagda inströmningsytan förstoras. Dessutom kommer större delar av grundvattenmagasinet under influens av pumpning, vilket skapar bättre tillströmningsmöjligheter till området för omgivande grundvatten.

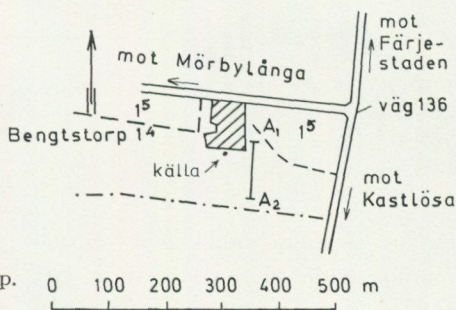


Fig. 9. Undersökningsområdet vid Bengtstorp.  
Investigation area at Bengtstorp.

Även undersökningsområdet vid Bengtstorp är beläget nedanför alvarbranten. Läget av den profil utefter vilken mätningar skedde visas i fig. 9. Som framgår av fig. 10, vilken redovisar resultaten av de geofysiska undersökningarna, är det översta jordtäcket, som består av en löst lagrad moig-sandig jordart, ca 1 m mäktig. Därunder följer ett ca 3—4 m tjockt lager med en seismisk gånghastighet av 1 100—1 400 m/s, vilket är vanligt i sand och mo under grundvattenytan. Den därunder uppmätta hastigheten, 2 000—2 200 m/s, antyder förekomsten av moränlera eller vittrad skiffer, som i så fall sannolikt tillhör paradoxissimuslagren. Leran eller skiffern är 5—6 m mäktigt. Den fasta berggrundsytan är belägen ca 10—11 m under markytan. Den uppmätta gånghastigheten, 3 200—3 500 m/s, tyder på att berggrundens översta delar här består av paradoxissimuslager (skiffer—mosten).

Några definierade strömningsstråk kunde ej påverkas. Den skenbara resistiviteten avtar kontinuerligt mot norr, vilket möjligen antyder att den befintliga källan

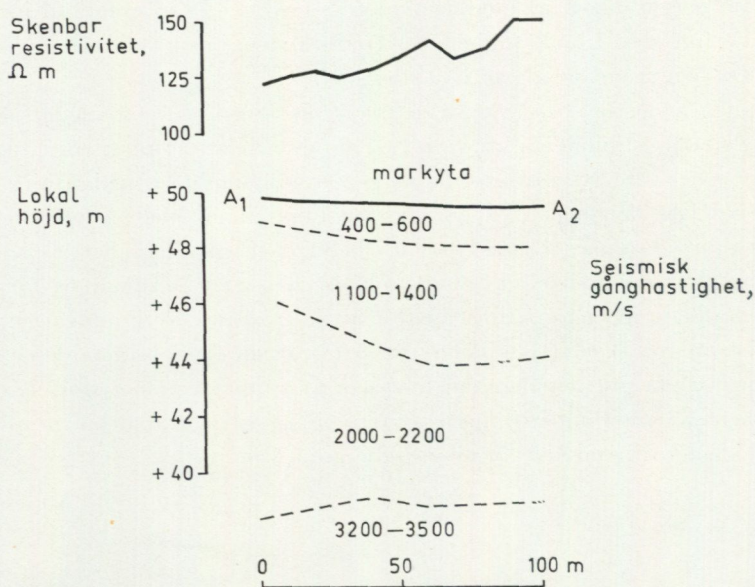


Fig. 10. Resultat av geofysiska undersökningar vid Bengtstorp.  
Results from geophysical investigations at Bengtstorp.

får sitt vatten huvudsakligen från nordöst. Om ytterligare undersökningar i detta område skulle komma till stånd bör sådana inledas med en provpumpning av källan. Skulle man då nå ett gynnsamt resultat anordnas lämpligen en eller flera sänkbrunnar eller nedsätts silror vid källan och söder om denna. Drivning av rör förutses kunna ske till nivån 11 — 12 m under markytan, vilket ger goda avsänkingsmöjligheter.

På Rösslösa alvar utfördes geofysiska mätningar utefter två profiler omedelbart öster om Storåsens krön. Försöksarean utgör den nordvästra delen av ett förmodligen flera kvadratkilometer stort område med domformiga uppdrivningar, sannolikt åstadkomna till följd av gravitationstektoniska fenomen. Profilernas lägen framgår av fig. 11 och undersökningsresultaten av fig. 12. Berggrundsytan, som här går i dagen, består av kalksten, och då det är känt att den seismiska gånghastigheten i kristallint och ostört kalkberg är ca 5 000 m/s framgår att det undersökta området i sin helhet är mer eller mindre påverkat av störningar. Som fig. 12 visar avtar både gånghastigheten och den skenbara resistiviteten mot söder och väster, vilket indikerar ökad uppkrossningsgrad och ökat vatteninnehåll i berggrunden in mot Storåsens krön. Sannolikt ligger alunskiffern dessutom närmare markytan vid bergryggens centrala delar än vid sidorna till följd av förloppet vid gravitationens inverkan på berglagren.

Fig. 11.  
Undersökningsområdet på Rösslösa alvar.  
Investigation area on the Rösslösa Alvar.

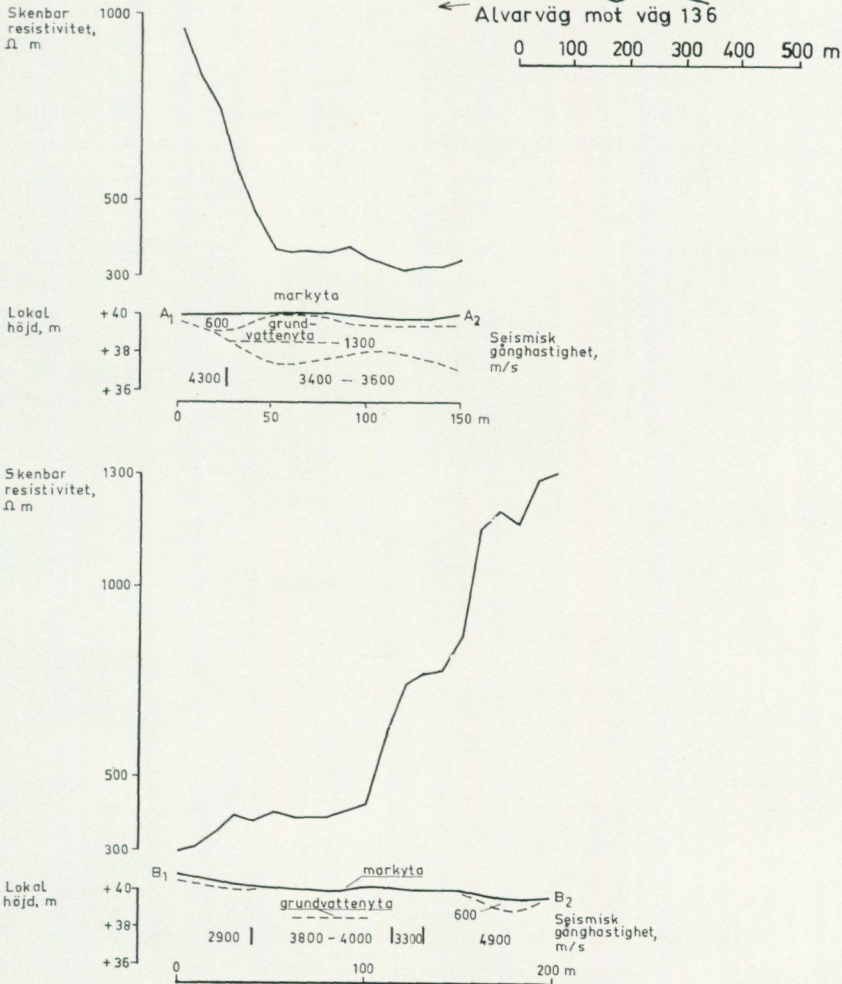
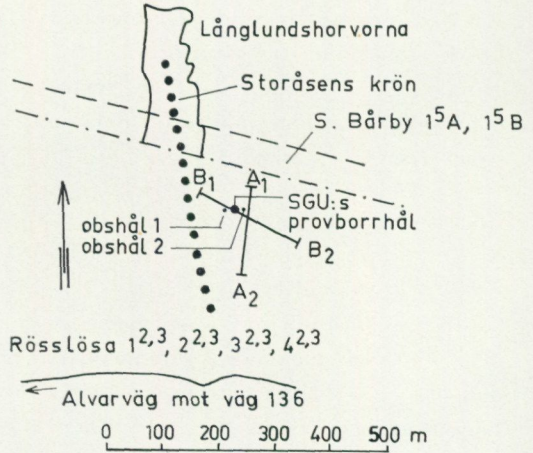


Fig. 12. Resultat av geofysiska undersökningar på Rösslösa alvar.  
Results from geophysical investigations on the Rösslösa Alvar.

Med ledning av undersökningsresultat och okulärbesiktning beslöts att ett provborrhål skulle ansättas i profilen  $B_1 - B_2$ , 80 m från dess ändpunkt  $B_1$ . Berggrunden är här tydligt påverkad i ytan, även om detta ej framgår av figurerna, och borrhningen förväntades bl. a. lämna besked om hur djupt denna störning sträcker sig.

### 3.2.2. KASTLÖSA — LUNDA

På fig. 13, 15 och 17 visas lägena av de tre delområden som blev föremål för detaljundersökningar. Profilen omedelbart norr om Kastlösa by stakades nedanför den här ej så markant framträdande alvarbranten, analogt med områdena vid Bengtstorp och Mysinge, se fig. 5. De geofysiska mätningarna visade förekomsten av relativt mäktiga lager med låg seismisk gånghastighet, se fig. 14. Närmast markytan består dessa av en plan, ca 5 m tjock ackumulation av sand, mo och möjligen grus, varunder vidtar ett skikt som av den seismiska hastigheten att döma utgörs av moränlera eller grus. Grundvattenytan torde ligga 4 — 5 m under markytan. Vittrad eller uppkrossad skiffer medför dock ungefär samma hastighet för ljudvågor som moränlera och grus under grundvattenytan, varför någon bestämd övergång mellan jord och den underliggande skiffern ej kan konstateras. Den

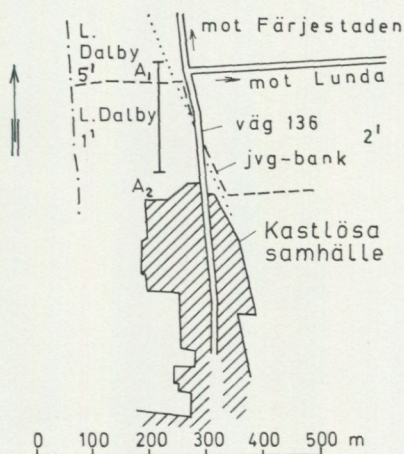


Fig. 13. Undersökningsområdet vid Kastlösa.  
*Investigation area at Kastlösa.*

sammanlagda mäktigheten av låghastighetslagren från markytan till fast berg är störst i söder, ca 20 m, medan den i norr är ca 10 m. Den förmodade förekomsten av moränlera i de undre jordlagren medför att vattentransporten här torde ske relativt långsamt. Någon kompletterande borrhning för verifiering av

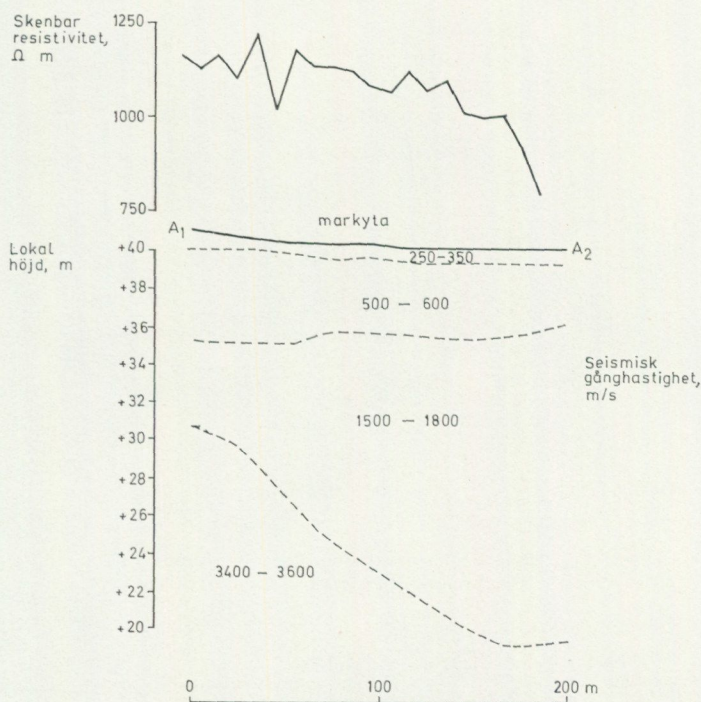


Fig. 14. Resultat av geofysiska undersökningar vid Kastlösa.  
Results from geophysical investigations at Kastlösa.

resultaten från de geofysiska undersökningarna utfördes dock ej. Utsikterna att i dessa jordlager kunna anlägga en brunn med hygglig kapacitet bedöms vara ganska goda.

Gånghastigheterna i de undre lagren, 3 400 — 3 600 m/s, antyder förekomsten av mera opåverkad berggrund. Sannolikt rör det sig om paradoxissimuslager och -mosten.

Vid Lunda by (profil  $A_1$  —  $A_2$ , fig. 15) indikerade de geofysiska mätningarna ett ca 1 m tjockt jordtäckte, vilket verifierats av lantbrukarna i byn. Berglagret därunder uppvisade seismiska gånghastigheter varierande mellan 1 700 och 2 200 m/s, vilket är vanligt i vittrad skiffer, se fig. 16. Lagret är ca 5 m mäktigt i profilens västra del och ca 8 m i den östra. Den ökande tjockleken upp emot Storåsens krön är helt i linje med teorierna om alunskiffers ansamling och uppflytning under de i terrängen synliga bergåsarna, se s. 11. Under de vittrade skifferlagren är de seismiska hastigheterna 2 800 — 4 000 m/s, vilket enligt den efterföljande borrhningen representerar skikt med tätare alunskiffer med orsten samt paradoxissimuslager.

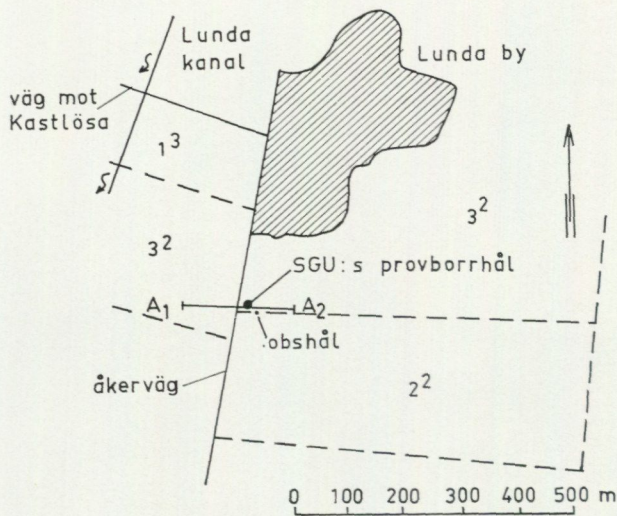


Fig. 15. Undersökningsområdet vid Lunda by.  
Investigation area at Lunda village.

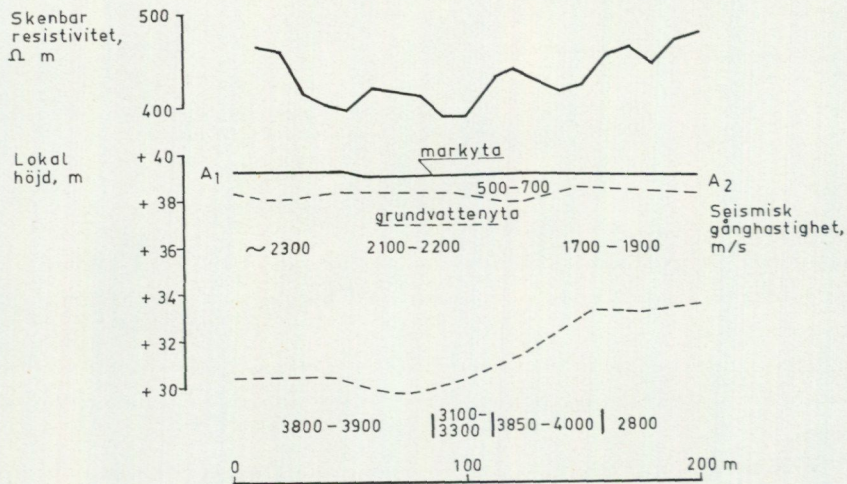


Fig. 16. Resultat av geofysiska undersökningar vid Lunda by.  
Results from geophysical investigations at Lunda village.

Av praktiska orsaker och på grundval av erhållna mätresultat bestämdes att en provborrning skulle ansättas 110 m från profilens ändpunkt  $A_1$ , dvs. ca 10 m öster om den nord — sydliga körvägen söder om byn.

Profil  $B_1 - B_2$  lades över en "biås" till Storåsen söder om Lunda by, se fig. 17. Här har gravitationstektoniken varit av mindre omfattning än vid huvudåsen.

Fig. 17.  
Undersökningsområdet på Lunda alvar.  
Investigation area on the Lunda Alvar.

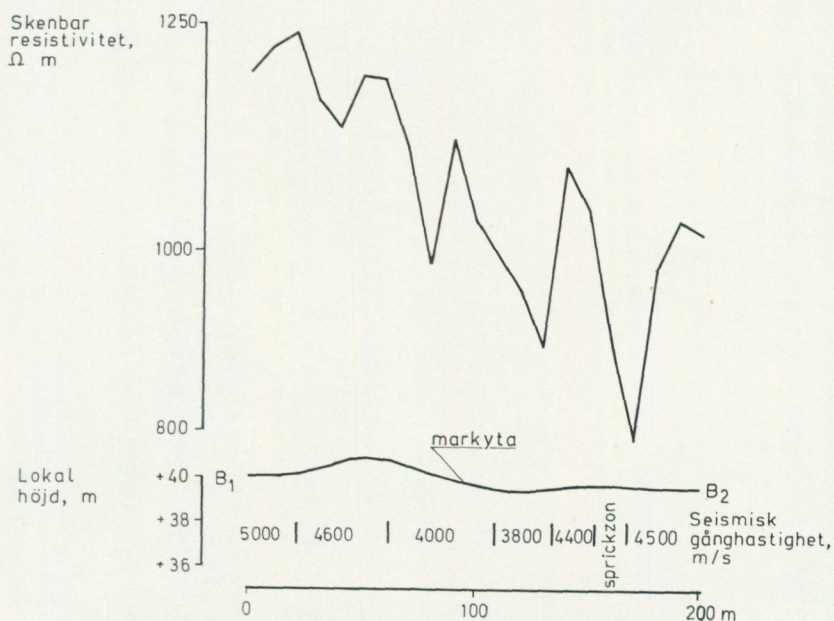
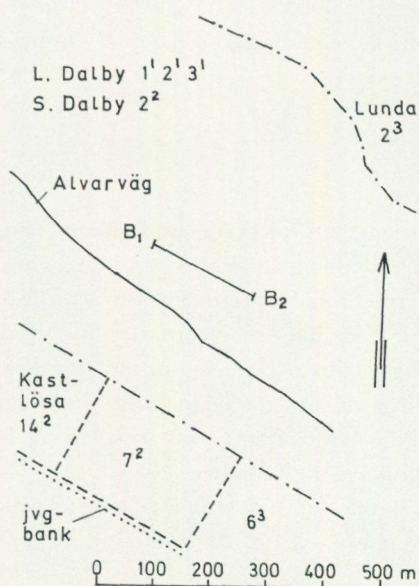


Fig. 18. Resultat av geofysiska undersökningar på Lunda alvar.  
Results from geophysical investigations on the Lunda Alvar.

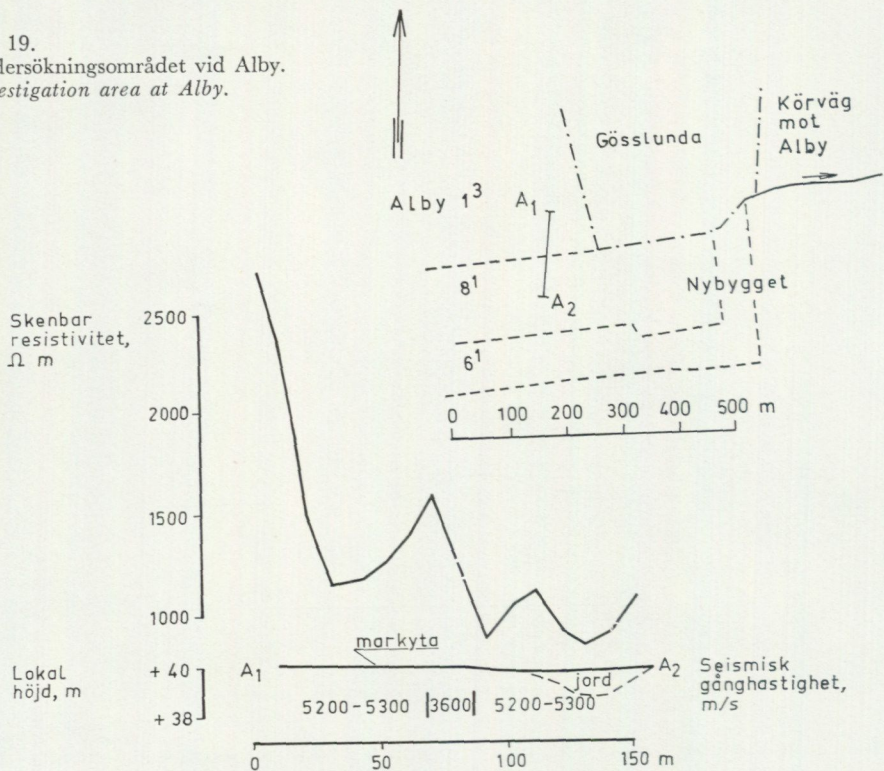
Hög gånghastighet, ca 5 000 m/s, uppmättes vid de seismiska mätningarna. Denna hastighet är representativ för relativt opåverkad ordovicisk kalksten. Två markanta låghastighetszoner kunde dock indikeras, 25 respektive 15 m breda,

se fig. 18. Dessa störningar framträder också tydligt i resultaten från de geoelektriska mätningarna. Undersökningskostnadernas ram medgav inte någon provborrning i dessa sprickstråk.

### 3.2.3. ALBY — TRIBERGA

Inom detta område undersöktes berggrunden utefter två profiler, vars lägen framgår av fig. 5. Profil  $A_1 - A_2$  vid Alby, se fig. 19, sträcker sig mellan två vattenhål som sprängts upp för att tillgodose betesdjurens vattenbehov. Den övertvärs i ett mindre avsnitt ett område där de ytliga kalkstenslagren stupar osedvanligt brant och dessutom mot nordöst, dvs. vinkelrätt mot den allmänna stupningsriktningen på Öland. Profilen ligger på den nordöstra sidan av den stora, flackt välvda bergås som sträcker sig från Gösselfunda mot Triberga. Den höga seismiska gånghastigheten, 5 200 — 5 300 m/s, visar att den ytliga berggrunden här är relativt opåverkad av den tektonik som sannolikt medverkat till bildandet av bergåsen, se fig. 20. Som framgår av figuren uppträder dock en låghastighets-

Fig. 19.  
Undersökningsområdet vid Alby.  
Investigation area at Alby.



Skenbar resistivitet,  $\Omega$  m

2500

2000

1500

1000

Lokal höjd, m

+ 40

+ 38

$A_1$

markyta

$A_2$

Seismisk gånghastighet, m/s

5200-5300 | 3600 | 5200-5300

0 50 100 150 m

Fig. 20. Resultat av geofysiska undersökningar vid Alby.  
Results from geophysical investigations at Alby.

zon i avsnittet 70 — 87 m från profilens ändpunkt  $A_1$  (3 600 m/s). Detta avsnitt sammanfaller väl med det ovan nämnda, för ögat synliga, där lagerstupningen är påfallande. Någon provborrning kom inte till utförande i detta område.

Vid Triberga lades profil  $B_1$  —  $B_2$  tvärs över en mindre s. k. "svinrygg", ett takåsförmigt veck i berggrundsytan som antyder att en störning i berggrunden föreligger, se fig. 21. De geofysiska mätningarna verifierade detta. Den seismiska gånghastigheten visade sig nämligen inom en 15 m bred zon vid ryggen vara 3 900 — 4 200 m/s, medan den i omgivningen var 5 500 — 5 700 m/s, se fig. 22.

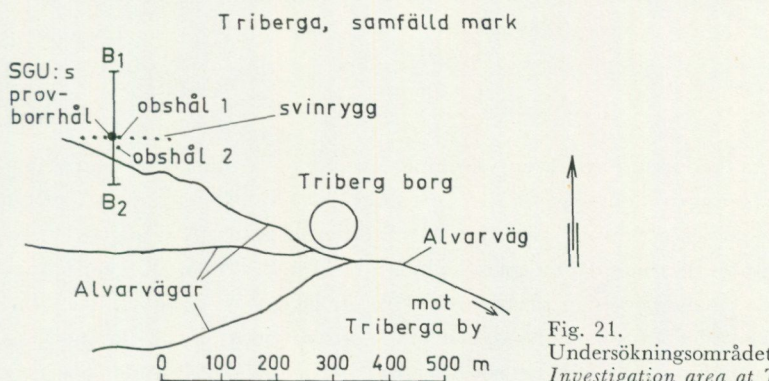


Fig. 21. Undersökningsområdet vid Triberga. Investigation area at Triberga.

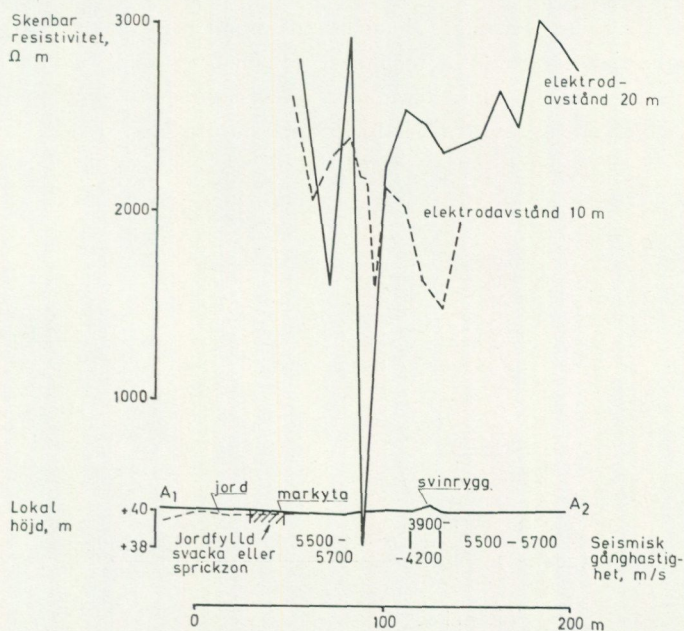


Fig. 22. Resultat av geofysiska undersökningar vid Triberga.  $A_1$ — $A_2$  skall vara  $B_1$ — $B_2$ . Results from geophysical investigations at Triberga.

Geoelektriska undersökningar visade låga resistivitetsvärden inom samma zon och dessutom i ytterligare ett avsnitt av profilen. Då det senare inte kom till synes vid de seismiska mätningarna kan det antas att den här eventuellt förekommande sprickzonen har en oansenlig bredd.

Ytterligare en geoelektrisk undersökningsmetod, s. k. "electrical drilling", prövades vid svinryggen. Därvid konstaterades bl. a. att ett gränsskikt, förmodligen mellan sandiga och leriga sediment i paradoxissimuslagren, förekommer på ett djup av ca 36 m under markytan. På grundval av tidigare lovande resultat av undersökningsborrningar i svinryggar beslöts att en provborrning skulle göras i den här dokumenterade, 125 m från profilens ändpunkt  $B_1$ .

### 3.2.4. GRÅBORG

För att söka bedöma jordlagrens sammansättning och mäktighet samt den underliggande berggrundens egenskaper utfördes geofysiska mätningar utefter tre profiler, vars lägen framgår av fig. 23. Profilerna  $A_1—A_2$  och  $B_1—B_2$  sträcker sig från ryggrönet av en grus- och sandackumulation ned över dennas avplanande sida i sydväst medan profilen  $C_1—C_2$  är lagd tvärs över samma krön.

I samtliga profiler konstaterades överst ett 1—2 m tjockt jordlager med låg gånghastighet för ljudvågor, vilket torde vara det i skärningar i området observerade grusiga-sandiga ytmaterial, se fig. 24. Under denna grovkorniga jordart konstaterades i ryggens centralare delar ett maximalt 6 m mäktigt skikt med en seismisk gånghastighet varierande mellan 1 700 och 2 000 m/s. Sådana värden är vanliga i lerig morän och moränlera, men också i grus och sand under grundvattenytan och i kraftigt vittrad kalksten och alunskiffer. Under detta skikt

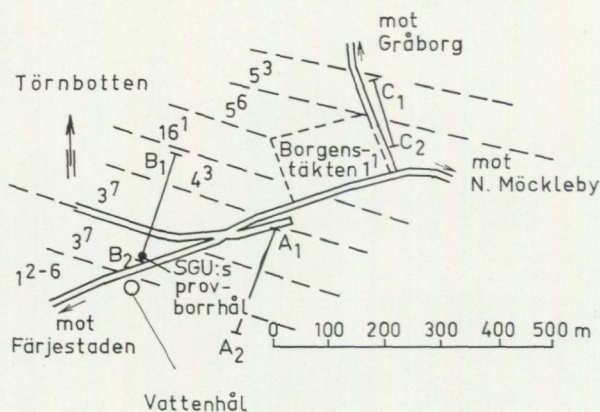


Fig. 23. Undersökningsområdet vid Gråborg.  
Investigation area at Gråborg.

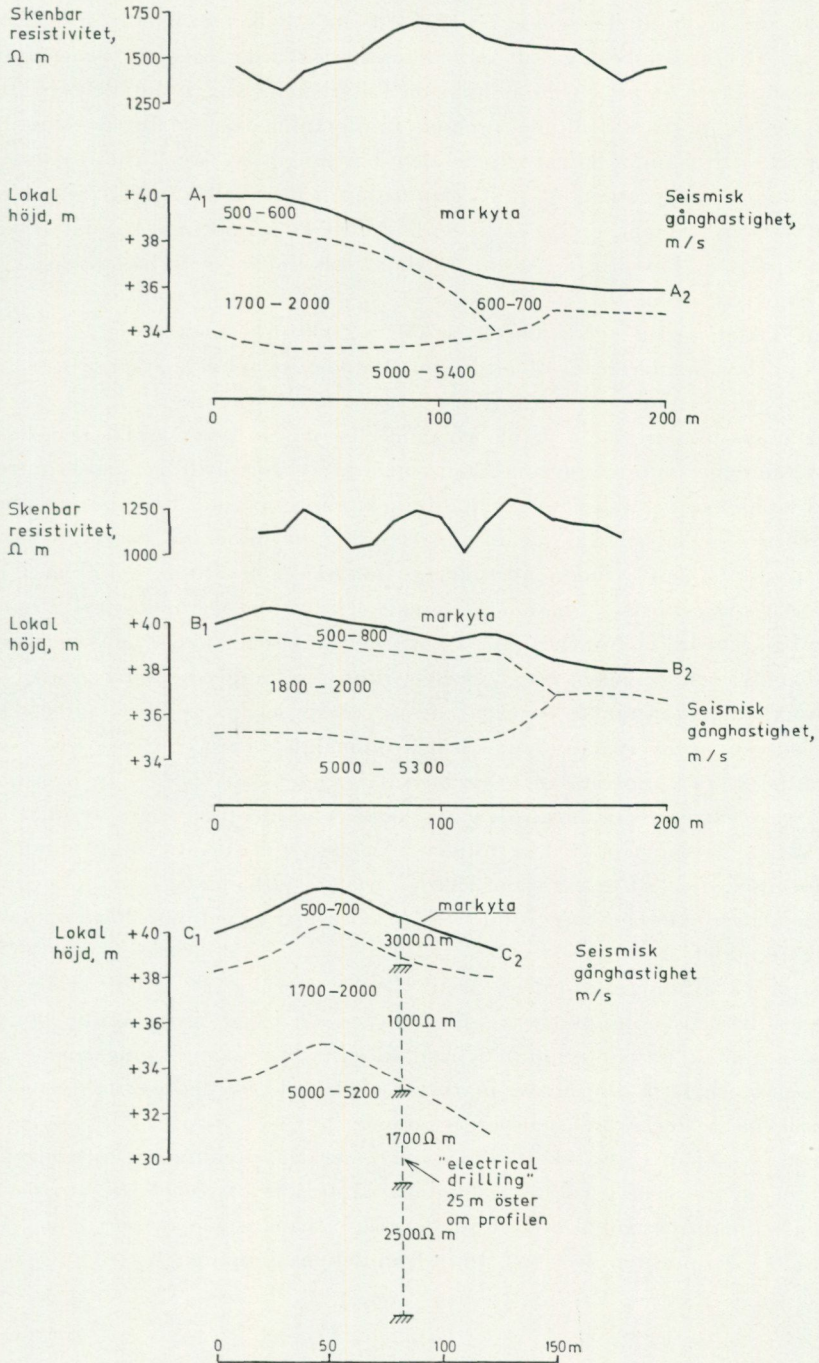


Fig. 24. Resultat av geofysiska undersökningar vid Gråborg.  
Results from geophysical investigations at Gråborg.

konstaterades överallt hastigheter över 5 000 m/s, vilket indikerar sprickfattigt kalkberg. Det är att beklaga att den definitiva utvärderingen av de geofysiska mättningsresultaten kom att göras först då fältarbetena var avslutade och att de skiljer sig så markant från de preliminära tolkningarna. Hade de slutgiltiga resultaten varit kända tidigare hade den borrhning som kom att ansättas vid ändpunkten  $B_2$  på profilen  $B_1 - B_2$  fått anstå till förmån för en borrhning längre mot norr. Som framgår av fig. 24 hade då flera viktiga spörsmål kunnat besvaras genom analys av borrhprover. Några tänkbara tolkningar av förhållandena i området redovisas nedan.

Om skiktet med gånghastigheten 1 700 — 2 000 m/s består av *in situ* vittrad berggrund har denna en för öländska förhållanden ovanligt markerad topografi, vilket antyder tektoniska förändringar i berggrunden.

Består skiktet däremot av grus och sand eller morän synes jordarterna ha avlagrats i en depression i berggrundsytan, vilket är av stort hydrogeologiskt intresse. Denna sänka kan i så fall vara gravitationstektoniskt orsakad. Från början underliggande skiffer kan tänkas ha ansamlats mot norr under en bergrygg som är den i profil  $C_1 - C_2$  indikerade. Berggrundsytan i avsnitt 0 — 150 m i profilerna  $A_1 - A_2$  och  $B_1 - B_2$  har då sjunkit och fått det läge som visas i figuren.

Sänkan kan också från början ha varit en antiklinal, skapad genom gravitationstektonik, och av vilken rester återstår i form av bergytevecket i profil  $C_1 - C_2$ . Antiklinalen kan tänkas ha varit vittrad och sprucken i de övre lagren. Dessa kunde då genom inverkan av landis och strömmande vatten eroderas och så småningom resultera i uppkomsten av en liten dal.

De geoelektriska mätningarna gav i detta område inte några resultat som underlättade tolkningen av lagerföljden. Av vad som hittills framkommit kan den slutsatsen dras att de centrala delarna av grus- och sandackumulationen och den där under befintliga berggrunden är av stort intresse och bör ihåggkommas för ytterligare undersökningar.

”Electrical drilling” utfördes i profil  $C_1 - C_2$ , se fig. 24 nederst. Därvid indikerades flera diskontinuitetsytor, vilkas nivåer står i god överensstämmelse med dem som kan utläsas ur resultaten från de seismiska undersökningarna. Skiktet mellan ca 6 och 12 m djup under markytan torde indikera det översta, förmodade uppspruckna skiktet av kalkstensberggrunden.

Trots avsaknaden av säkra indikationer vid den preliminära tolkningen av resultaten av de geofysiska undersökningarna beslöts att området närmast det tidigare nämnda vattenhållet skulle undersökas närmare genom borrhning. Sådan ansattes också i profilen  $B_1 - B_2$ , 10 m från dennas ändpunkt  $B_2$ .

## 3.2.5. ALGUTSRUM

Läget av den profil utefter vilken geofysiska mätningar i detta område utfördes framgår av fig. 6 och fig. 25. Profilens mittpunkt valdes så att den skulle sammanfalla med de centrala delarna av den förmodade förlängningen av den under punkt 2.3.2. beskrivna berggrundssprickan. Staklinjen drogs vinkelrätt mot den antagna sprickbildningen. Som synes av fig. 26 är markytan på platsen relativt kuperad, vilket till största delen beror på kalkstensbrytning, dock ej i profilens centrala delar. Ett jordtäckte av 0.4—1 m mäktighet över större delen av linjesträckningen uppvisar en seismisk gånghastighet av 300—400 m/s.

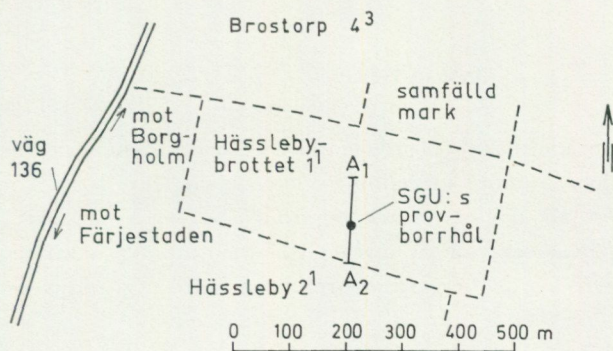


Fig. 25. Undersökningsområdet vid Algutsrum.  
Investigation area at Algutsrum.

Algutsrums  
samhälle  
↓

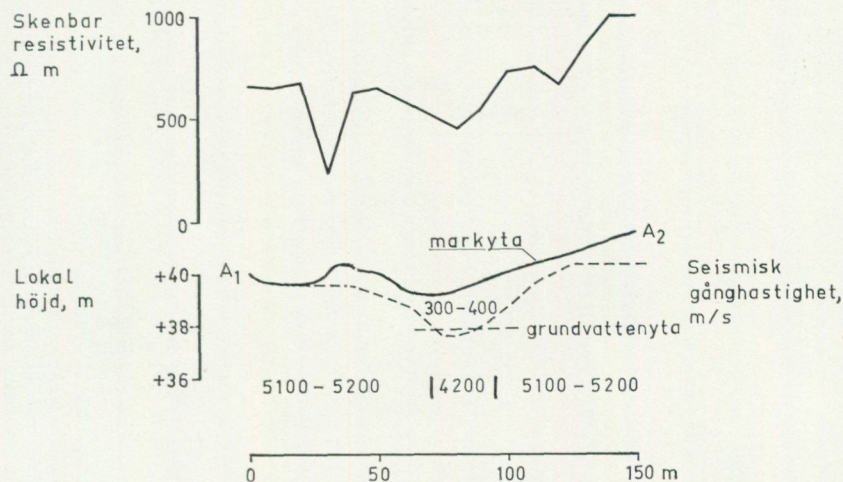


Fig. 26. Resultat av geofysiska undersökningar vid Algutsrum.  
Results from geophysical investigations at Algutsrum.

Hastigheten i den underliggande berggrunden är 5 100 — 5 200 m/s utom i det centrala avsnittet, där 4 200 m/s uppmättes. Den högre hastigheten indikerar att kalkberget är föga påverkat av tektonik. Det låga resistivitetvärdet vid punkten  $A_1 + 30$  m är sannolikt förorsakat av en enstaka mindre spricka i berggrunden. Den framträdde inte vid de seismiska mätningarna. Med ledning av okulärbesiktningen på platsen samt av de låga resistivitets- och gånghastighetsvärdena i profilens mitt beslöts att borrning skulle ansättas på en punkt 80 m från profilens ändpunkt  $A_1$ . Seismiken avslöjade här förutom störningar i berggrunden också en depression i berggrundsytan, vilket ytterligare underbyggde beslutet om borrning i denna punkt. Borrningen kom för övrigt att lämna överraskande resultat, se nedan.

### 3.2.6. ISMANTORP

I detta undersökningsområde måste vid utläggandet av undersökningsprofiler stor hänsyn tas till bebyggelse, odling, luftledningarna och vägar. Profilerna kom därför ej att få de från början avsedda sträckningarna och längderna. Det är känt att vattentillgången i byns centrum är mycket god men att den avtar mot öster och väster. Riktningen av de berggrundsstrukturer i vilka grundvatten-

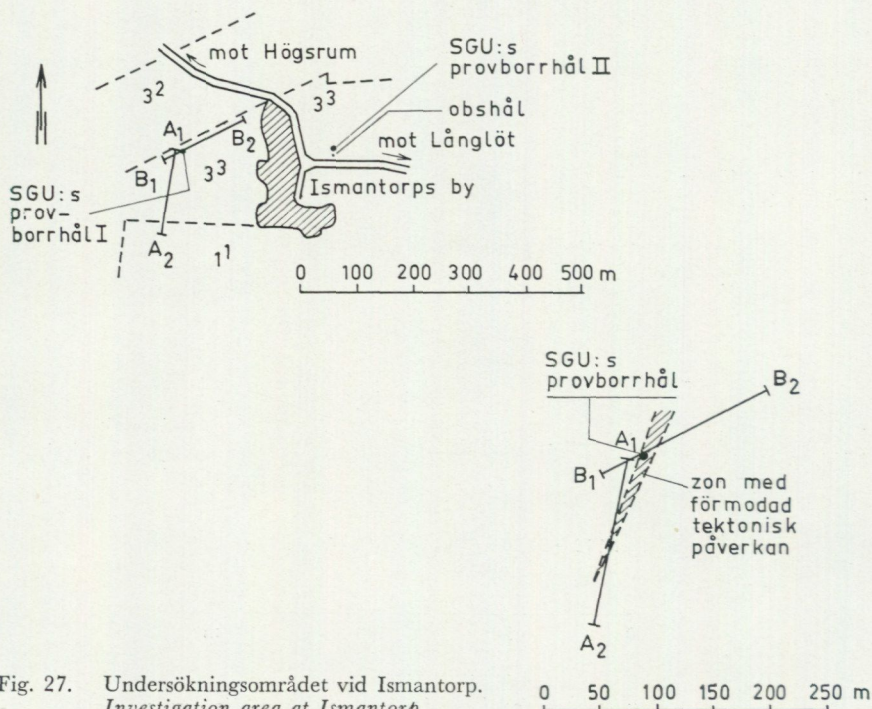


Fig. 27. Undersökningsområdet vid Ismantorp.  
Investigation area at Ismantorp.

transporten i området sker var inte känd, och för att söka bestämma denna riktning avsågs att två profiler skulle läggas så att de dels skar varandra och dels var belägna så nära bebyggelsen som möjligt. Detta kunde göras endast på byns västra sida och ganska långt från det ursprungligen tilltänkta området. Profilernas lägen framgår av fig. 6 och fig. 27.

Som visas av fig. 28 är markytan i det närmaste plan utefter profil  $A_1 - A_2$ , dvs. i nord-sydlig riktning, medan den i profil  $B_1 - B_2$  stupar relativt brant mot nordöst (se fig. 28), alltså vinkelrätt mot den allmänna stupningsriktningen på ön. Jordarten i området är moränlera eller lerig morän. Den låga seismiska gånghastigheten här indikerar att grundvattenytan ligger under jordlagrets underyta, alltså nere i berggrunden. Den senare uppvisar över lag höga gånghastigheter

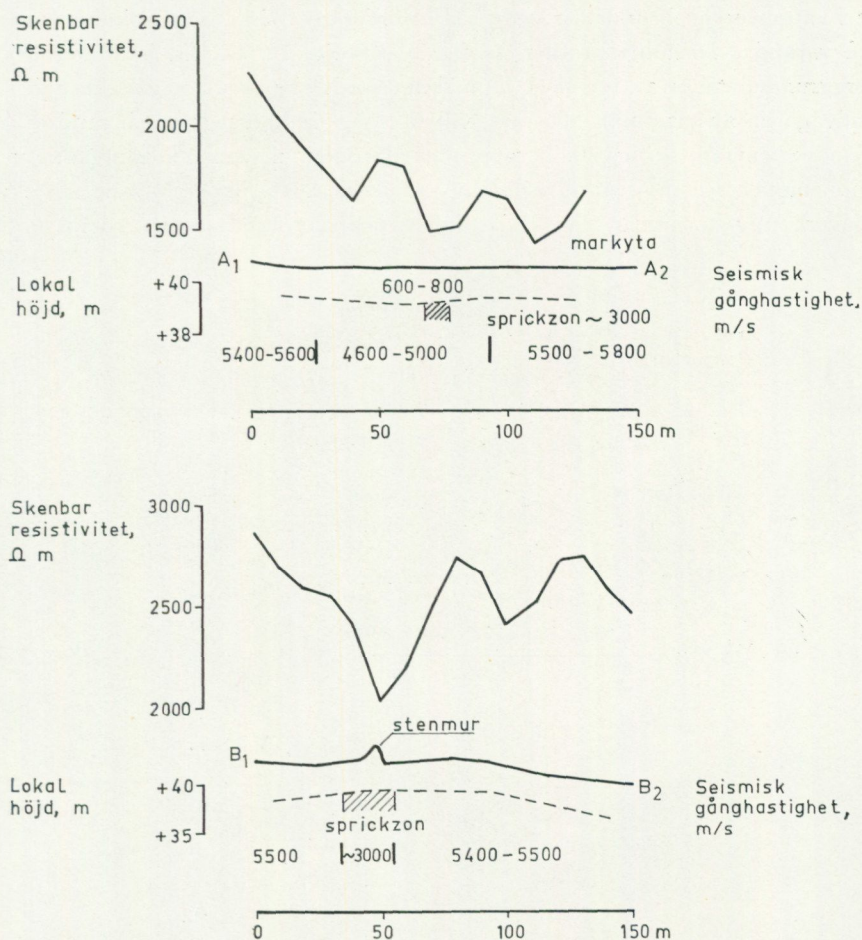


Fig. 28. Resultat av geofysiska undersökningar vid Ismantorp.  
Results from geophysical investigations at Ismantorp.

för ljudvågorna, 4 600 — 5 800 m/s, vilket tyder på förekomsten av kalkberg, relativt ostört av tektonisk eller annan påverkan. För en mindre sträcka i vardera profilen noterades dock hastigheter omkring 3 000 m/s, och som fig. 27 och 28 visar kan man här tänka sig förekomsten av en smal sprickzon i sydväst-nordöstlig riktning. Resultaten av de geoelektriska mätningarna pekar i samma riktning. Med ledning av vad som framkom vid de geofysiska mätningarna och med hänsyn till terrängförhållandena beslöts att borrning skulle ansättas vid en punkt på profil B<sub>1</sub>—B<sub>2</sub>, 40 m från dennas ändpunkt B<sub>1</sub>.

### 3.2.7. RÖRSBERG

För att söka bestämma riktningen på det förmodade tektoniskt påverkade stråk vari vattenverkets brunnar är nedförda utfördes geofysiska undersökningar utefter två varandra korsande profiler, se fig. 6 och fig. 29. Därvid konstaterades att berggrunden täcks av ett ca 4 m mäktigt jordtäckte med en gånghastighet för ljudvågorna av maximalt 900 m/s, vilket ansågs indikera grus och sand ovanför grundvattenytan, se fig. 30. Berggrunden därunder medger en gånghastighet av upp emot 4 500 m/s, alltså ej så höga värden att kalkberget kan anses vara opåverkat av störningar. Två låghastighetszoner konstaterades i vardera profilen,

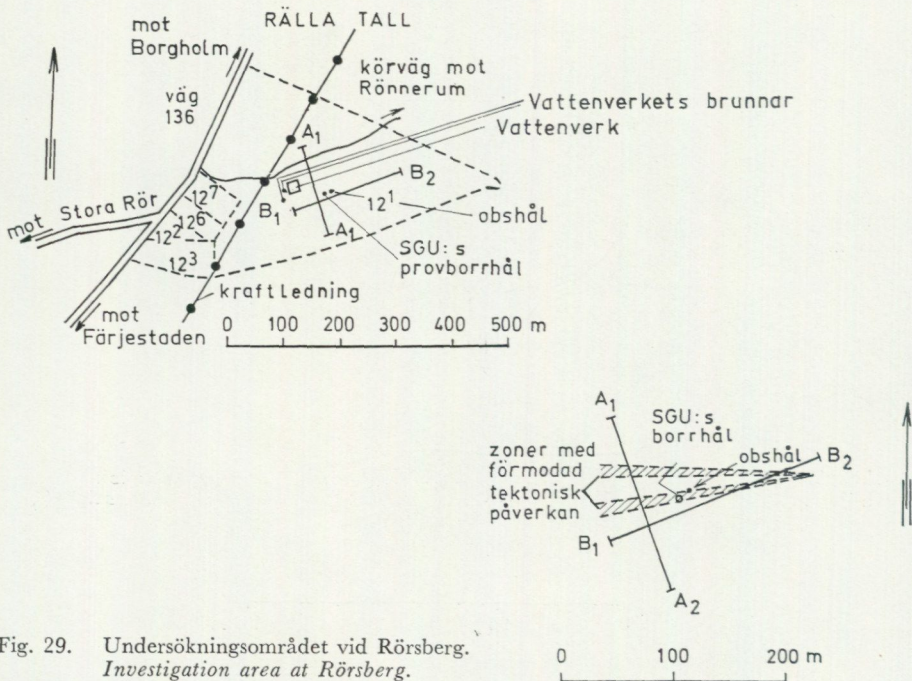


Fig. 29. Undersökningsområdet vid Rørsberg.  
Investigation area at Rørsberg.

och detta anses antyda förekomsten av åtminstone två mera påtagligt tektoniskt påverkade stråk inom det område som täcks av profilerna, se fig. 29. De punktvis höga resistivitetsvärden som konstaterades i båda profilerna anses bero på lokala avvikelser i jord och berggrund. De torde vara av ringa utsträckning areellt, då de inte indikerades vid de seismiska mätningarna. Som framgår av fig. 30 stupar

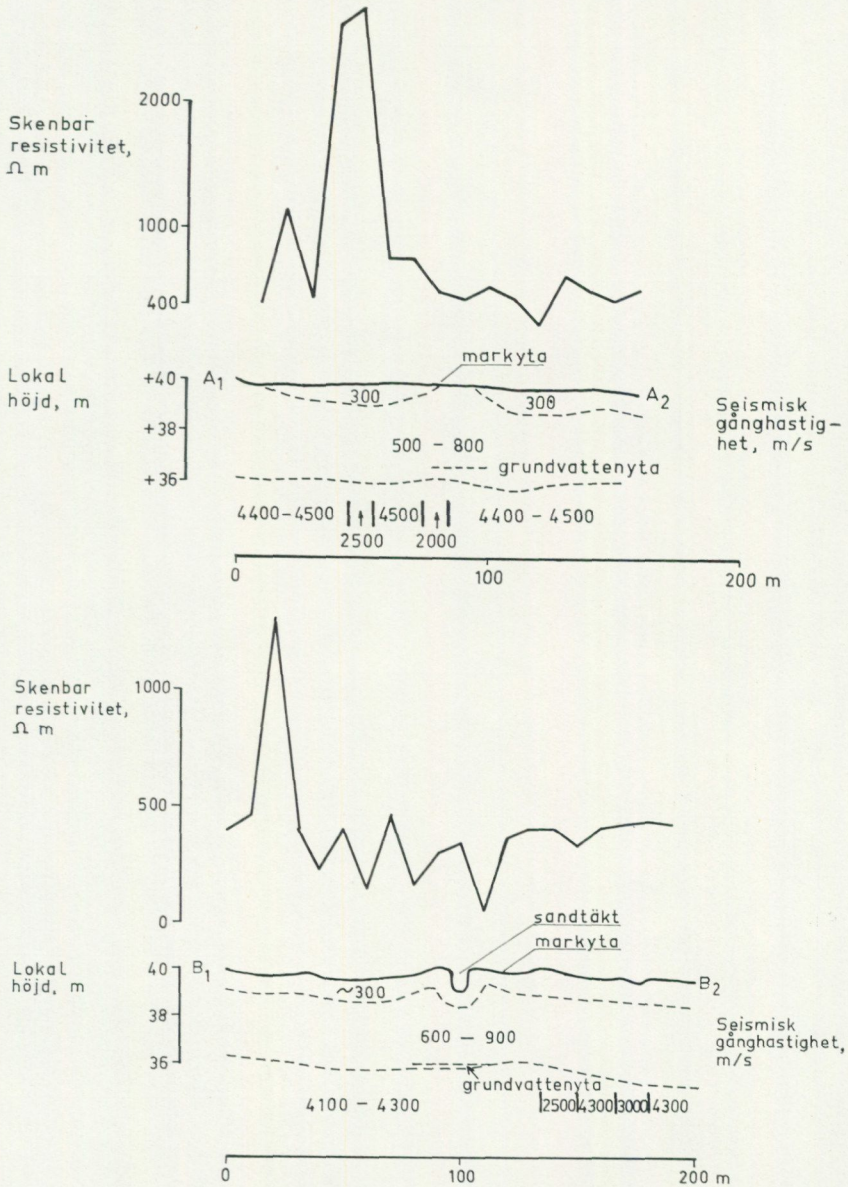


Fig. 30. Resultat av geofysiska undersökningar vid Rörberg.  
Results from geophysical investigations at Rörberg.

TABELL 1. Sammanställning av resultaten från de seismiska undersökningarna på Öland 1972.

(Gvy = grundvattenytan, Gr = grus, MI = moränlera, Ms = mellansand, Sa = sand, Ask = alunskiffer, Gks = glaukonitkalksten, Kst = kalksten, Par = paradoxissimuskiffer och -mosten. Tveksamhet vid tolkningen av resultaten är markerad med frågetecken.)

Lokal	Seismisk gånghastighet, m/s					Gvy m under markytan	Lagerföljd enligt tolkningen av de seismiska mätningarna	Lagerföljd enligt borrhningar
	Jord		Berg					
			Vittrat		Fast			
	Över gvy	Under gvy	Över gvy	Under gvy				
Mysinge	350-450	1000-1200 1800-2200?		1800-2200?	2900-3100	1	0-1 m: mo - Sa 1-3 m: Sa i en del av profilen 1-7 m: MI och/eller vittrad Ask - Par 7-? m: Par, relativt porös, måttligt vittrad	
Bengtstorp	400-600	1100-1400 2000-2200?		2000-2200?	3200-3500	1	0-1 m: mo - Sa 1-4 m: Sa - mo 4-10 m: MI och/eller vittrad Ask - Par 10-? m: Par, relativt porös, måttligt vittrad	
Rösslösa alvar	600		1300	2900-4000	4300-4900	1.5	0-3 m: Kst, vittrad 3-? m: Kst - Ask - Par, lagergränser ej angivna	0-7 m: Kst, grå 7-8 m: Gks, grågrön 8-12 m: Ask med orsten 12-? m: Par, lös, lättborrad Berggrundsytan fläckvis täckt av vittringsjord
Kastlösa	250-350 500-600	1500-1800?		1500-1800?	3400-3600	4-5	0-1 m: Sa 1-5 m: mo - Sa - Gr (?) 5-(9-20) m: MI eller Gr och/eller vittrad Ask - Par (9-20)-? m: Par, porös, måttligt vittrad	

Lunda by	500-700		1700- -2200?	1700-2200?	2800?- -4000	2	0-1 m: MI 1-(5-9) m: vittrad Kst - Ask (5-9)-? m: Ask - Par, mestadels opåverkad	0-1 m: MI 1-2 m: Kst, vittrad 2-9 m: Ask 9-15 m: Ask med orsten 15-? m: Par
Lunda alvar				3800	4000-5000	1	0-? m: tät Kst genomsatt av sprickor och sprick- zoner med lägre gånghastighet	
Alby				3600	5000-5300	0.5	0-? m: tät Kst med sprickzon med lägre gånghastighet	
Triberga				3900-4200	5500-5700	1.5	0-? m: tät Kst med sprickzon	0-11 m: Kst, starkt uppsprucken 0-4 m (sprickzon) 11-19 m: Ask 19-? m: Par
Gråborg	500-800	1700-2000?		1700-2000?	5000-5400	1-2	0-2 m: Gr - (Sa) - Morän 2-(3-6) m: Gr - Sa eller MI eller vittrad Kst - Ask (3-6)-? m: Fast Kst - Ask - Par	0-2 m: Morän 2-15 m: Kst, om- växlande lös - fast 15-16 m: Gks 16-? m: Ask med orsten <i>Anm.</i> Borrningen ansatt i utkanten av undersöknings- området.
Algutsrum	300-400	ingen in- dikation! (Ms i smal sprickzon)		4200	5100-5200	1.5	0-? m: fast Kst med sprickzon	0-6 m: Ms 6-7 m: Gks, lös 7-7.5 m: Ask 7.5-? m: Par
Ismantorp	600-800			3000	4600-5500	1	0-1 m: MI 1-? m: fast Kst med sprickzon	0-1 m: MI 1-? m Kst, lättborrad
Rörsberg	300 500-900	900?		2000-3000	4100-4500	3-4	0-4 m: Gr - Sa 4-? m: Kst - Ask - Par tämligen fast med sprickor	0-3.5 m: Ms - Gr 3.5-8.5 m: Kst, lös 8.5-9.5 m: Ask 9.5-? m: Par, lös

berggrundsytan dels mot sydöst, vilket är den huvudsakliga stupningsriktningen på Öland, men också mot nordöst, vilket ytterligare förstärker intrycket av att berggrunden i detta område är påverkad av tektonik och därför bör ha tämligen goda vattenförande egenskaper.

Med ledning av resultaten från de geofysiska undersökningarna och med hänsyn tagen till lokala förhållanden beslöts att en provborrning skulle ansättas 10 m nordnordväst om en punkt på profilen  $B_1 - B_2$ , 60 m från dennas ändpunkt  $B_1$ . Till detta återkommes nedan under punkt 4.2.7.

## 4. BORRNING AV UNDERSÖKNINGSHÅL

### 4.1. ALLMÄNT

Samtliga de undersökningsborror i vilka pumpförsök avsågs ske borrades med en diameter av 200 mm. Arbetet utfördes med användning av linstötmaskiner. Som riktvärde för borrhålsdjupen sattes 15 m, då grundvattenytan generellt ligger så nära markytan på Öland att en för pumpningsförsöken tillräcklig avsänkning trots de ringa djupen bedömdes kunna erhållas. Dessutom torde, såsom ovan angetts, djupet av de större vattenförande sprickorna i Ölands berggrund, med undantag av sådana i de stora, gravitationstektoniskt påverkade bergryggarna, endast sporadiskt nå större djup än 20 — 30 m under markytan. Borrning till större djup medför därför relativt sällan ökande vattentillgång. Alunskifferlagret är erfarenhetsmässigt tämligen rikt vattenförande, men speciellt där det återfinns på större djup förorsakar förekomsten av s. k. orsten ofta en kraftig kvalitetsförsämring hos grundvattnet. Grunda borrhål är alltså att föredra även av denna orsak.

Med kännedom om de lokala förhållandena planerades dock redan på förhand vissa avsteg från det angivna riktvärdet. Sålunda avsågs att i Lunda borra igenom alunskiffern och ned i paradoxissimuslagren därunder till ett djup av ca 26 m under markytan. Till denna nivå är nämligen två brunnar i byn nedförda med mycket gott resultat vad beträffar vattenkapacitet och -kvalitet. Vid Rørsberg synes likartade förhållanden råda. Vattenverkets brunnar är här, såsom ovan angetts, nedförda till ett djup av 22 m under markytan och SGU:s undersökningsborrning planerades bli lika djup. I Ismantorp har flera rikt givande bergborrade brunnar nedförts till endast 10 m djup, och även provborrningen avsågs få detta djup för att undersökningar skulle kunna ske av berggrundens vattenförande egenskaper ovanför denna nivå. Vid Gråborg var tillrinningen av grundvatten efter 15 m blygsam, och i hopp om att erhålla större kapaciteter beslöts att borringen här skulle fortsättas till 18 m.

På de tre lokaler på södra Öland där borringar kom till stånd utfördes observationshål med hjälp av en mindre, tryckluftsdreven bergborrmaskin. Dessa hål har diametern 35 mm och djup varierande mellan 10 och 14 m. I Lunda kom två hål till utförande varav det ena tyvärr inte kunde användas vid provpumpningen då det rasat igen strax under markytan. På Rösslösa alvar utfördes och användes två observationshål och vid Triberga likaledes två hål.

På mittlandet, där berggrunden i undersökningsområdena är jordtäckt, utfördes även observationshålen med linstötmaskin. De har diametern 110 mm och är försedda med foderrör ned till och ett stycke ned i berggrunden. Då denna typ av borring är relativt dyrbar i förhållande till de medel som avsatts för undersökningsprogrammet avstods från observationshål vid Gråborg, där redan rens-pumpningen efter borringen av det större hålet gav vid handen att provpumpning inte skulle tillföra programmet några större informationsmängder. Som ovan angetts kom borrhålet dessutom att få en mindre lämplig placering på grund av den preliminära, felaktiga tolkningen av resultaten från de geofysiska mätningarna. Vid Algutsrum erhöles också endast blygsamma kapaciteter vid rens-pumpningen, beroende på att borrhålets metod i detta försöksområde var olämplig. Ett stort tillflöde av grundvatten måste utestängas med foderrör för att borrhålet inte skulle rasa igen. Då denna borring ur vattensynpunkt måste betraktas som mindre lyckad avstods från observationshålsborring även här. Förhoppningsvis finns möjligheter att återkomma hit i annat sammanhang, då framkomna geologiska data visar en mycket ovanlig och lovande situation i jordlagren. Detta redovisas mera ingående nedan. Det är även angeläget att göra ett nytt borrhålsförsök vid Gråborg på basis av de korrekta geofysikresultaten.

På grund av att relativt svaga indikationer på sprickzoner framkom vid förundersökningarna i Ismantorp beslöts att ett första borrhålsförsök skulle göras med diametern 110 mm. Om detta blev lyckat skulle en andra borring ske med diametern 200 mm för senare utförande av provpumpningar. Vid rens-pumpning i det smalare borrhålet uppmättes en kapacitet av 0.7 l/s. Jämfört med vad som konstaterats i gårdsbrunnarna i byn är detta tämligen litet, varför borrhåls-utrustningen flyttades närmare bebyggelsen och en ny borring ansattes utan geofysiskt underlag. Här blev resultaten avsevärt bättre, och ett tredje borrhål utfördes i anslutning till det andra för användning vid provpumpningsförsöken.

I Rørsberg blev 200 mm-borringen lyckad och här utfördes också ett 110 mm-hål för observationer.

## 4.2. LAGERFÖLJDSBESKRIVNINGAR

Nedan beskrivs de provborrhål med 200 mm diameter som utfördes i de olika försöksområdena. Dessutom lämnas förslag till åtgärder vid en eventuell utbyggnad av borrhålen till vattentäkter.

### 4.2.1. RÖSSLÖSA ALVAR

Borrplatsens läge framgår av fig. 11. Vid borring av det stora undersökningshålet konstaterades följande lagerföljd, mätt från markytan:

- 0 — 7 m grå ortocerkalksten, starkt uppsprucken ned till 5 m under markytan
- 7 — 8 m grågrön glaukonitkalksten
- 8 — 12 m alunskiffer med orsten
- 12 — 15 m grå paradoxissimuslager bestående av skiffer, lera och mosten. Lagren var mycket lösa och lättborrade.

Anmärkningsvärt är alunskifferlagrets relativt ringa tjocklek. Ett genomsnitt av de mäktigheter som konstaterats vid tidigare borrhningar öster och väster om den nu aktuella borrhplatsen antyder att tjockleken borde ha varit ca 10 m. Avvikelsen torde bero på att skiffer genom gravitationstektonisk påverkan ansamlats under Storåsens krön och att en motsvarande uttunning av lagermäktigheten skett vid borrhplatsen öster därom och förmodligen även väster om bergryggen.

De lösa paradoxissimuslagren talar för att en eventuell framtida produktionsbrunn med fördel kan drivas djupare än undersökninghållet, särskilt med tanke på alunskiffers ytliga läge och ringa mäktighet. Någon kvalitetsförsämring hos grundvattnet med ökat borrhdjup är därför inte att förvänta. Några svårigheter vid borrhningen förelåg ej.

#### 4.2.2. LUNDA

Borrhplatsens läge redovisas i fig. 15. Som ovan angetts var avsikten att här borra ett undersökninghål till nivån ca 26 m under markytan. Av nedan angiven orsak kunde dock detta ej komma till utförande utan borrhningen måste avslutas redan vid 15 m borrhdjup. Lagerföljd:

- 0 — 1 m moränlera
- 1 — 2 m gulgrå, vittrad ortocerkalksten
- 2 — 9 m alunskiffer
- 9 — 15 m alunskiffer med och utan orsten, varvtals, mäktighet ca 0.5 m/varv. Vid 15 m övergång till paradoxissimuslager

Som synes är alunskiffern relativt mäktig och dessutom ligger dess överyta endast 1 m under berggrundsytan. Båda dessa förhållanden kan tillskrivas gravitationstektoniska orsaker.

Vid nivån 9 m under markytan inträdde påtagliga svårigheter att med den använda borrhmetoden fortsätta borrhningen. Detta berodde på att "bergsand", dvs. finfördelat berggrundsmaterial, började rasa in från borrhålets vägg. Dessa problem ökade med ökat borrhdjup, varför försöken att tränga vidare uppgavs vid nivån 15 m under markytan. Trots ihärdig slamtömning under flera timmars tid fortsatte löst material att föras in i borrhålet med det inströmmande vattnet. Då

brunnsborrharen lämnade platsen fanns fortfarande ca 2 m slam på hålets botten, alltså upp till nivån 13 m under markytan. Senare har i Mörbylånga kommuns regi en rensning av borrhålet företagits med hjälp av tryckluft, men inte heller denna metod gav fullt tillfredsställande resultat. Sprickigheten och vittringen i alunskifferlagren synes alltså vara avsevärd. Ett sätt att dels reducera inrasningen av finkornigt material utan att stänga ut grundvattnet i dessa lager, dels att få möjligheter att fortsätta borrhningen till avsett djup för att nå de grundvattenförande lager som från början avsågs, är att förse borrhålet med ett perforerat foderrör mellan nivåerna 9 och 15 m under markytan. Möjligen är det nödvändigt med ett tätt foderrör på grund av dålig vattenkvalitet i de övre lagren, se nedan. Ett kontinuerligt grundvattenuttag av storleksordningen 2—3 l/s med måttlig avsänkning synes i alla händelser därvid vara möjlig. Några kvalitetsproblem torde inte uppstå på grund av förekomsten av orsten eftersom alunskiffen redan är genomborrade utan att svavelväteföreningar kunde konstateras och då vatten från paradoxissimuslagren på Öland vanligen är av mycket god kvalitet. Se vidare nedan under avsnittet "Vattenkvalitet".

#### 4.2.3. TRIBERGA

Fig. 21 visar läget av undersökningsborrningen på denna plats. Avsett borrhdjup var 15 m, men även här uppstod svårigheter vid borrhningen genom att vittringsmaterial i stora mängder med det inströmmande vattnet fördes in i borrhålet. Arbetena avslutades därför efter 10 m borrhning. Det genomborrade berglagret bestod i sin helhet av grå ortocerkalk som var starkt uppkrossad ned till nivån 4 m under markytan. Därunder var berget hårt med bitvis lösare lager. Mörbylånga kommun har här nyligen låtit fördjupa borrhålet med en annan typ av borrhrustning, och hålet är nu 22 m djupt. Inklusive uppgifterna från det ursprungliga hålet konstaterades därvid följande lagerföljd:

- 0—11 m grå ortocerkalksten, starkt uppkrossad 0—4 m, rikt vattenförande
- 11—19 m alunskiffer
- 19—22 m paradoxissimuslager, rikt vattenförande (4.5—5 l/s vid rens-pumpning efter borrhning)

#### 4.2.4. GRÅBORG

Borrhplatsens läge framgår av fig. 23. Avsikten var att borra 15 m, men då borrhålet dels måste tätas vid övergången mellan jord och berg, varvid de kvartära lagrens grundvatten utestängdes, och dels inte gav några nämnvärda vatten-

mängder ur berggrunden vid uppnådda 15 m beslöts att borrhningen skulle fortsättas. Därvid påträffades alunskiffer med orsten, vilket medförde smakförsämring på vattnet, och borrhningen avbröts vid uppnådda 18 m under markytan. Följande lagerföljd konstaterades:

0	—	2	m	sandig-moig morän med inslag av lerig morän
2	—	6	m	röd ortocerkalksten, tämligen lättborrad
6	—	7.5	m	grå ortocerkalksten, lättborrad
7.5	—	9.5	m	röd ortocerkalksten, fastare än ovan
9.5	—	15	m	grå ortocerkalksten, tämligen fast
15	—	16	m	grön glaukonitkalksten, lättborrad
16	—	18	m	alunskiffer med orsten

Då borrhningen inte lämnade de resultat som förväntats beträffande vattenkapacitet och -kvalitet bestämdes att undersökningarna på denna plats skulle avbrytas. Området bör dock, såsom tidigare påpekats, ifrågakomma för eventuella ytterligare undersökningar.

#### 4.2.5. ALGUTSRUM

Platsen för borrhning i detta område framgår av fig. 25. Även här tillstötte komplikationer vid borrhningsarbetena, men avsett borrhdjup, 15 m, nåddes så småningom. Lagerföljden har följande utseende enligt borrharen:

0	—	5	m	rödbrun mellansand
5	—	6	m	mörkbrun mellansand
6	—	7	m	grön glaukonitkalksten, mycket lös
7	—	7.5	m	alunskiffer
7.5	—	15	m	grå paradoxissimuslager

Ett överraskande resultat av borrhningen var det stora jorddjupet, särskilt med tanke på att berggrunden endast några få meter från borrhålet går i dagen. Tydligt hade borrhningen ansatts mitt i den förmodade breda berggrundsspricka som alltså dels verifierades, dels konstaterades vara oväntat djup. Med beklagande måste även här konstateras att den använda borrhmetoden inte lämpade sig för de avsedda fortsatta undersökningarna. Det var författarens tanke att anordna ett perforerat foderrör genom sandlagren och en otät skarv mellan rör och berggrundsytta för att på så sätt kunna göra beräkningar beträffande de sammantagna hydrogeologiska egenskaperna hos både berggrunden och jordlagren. Den använda borrhmetoden fordrar dessvärre att en tät skarv utförs mellan foderrörets underkant och berggrunden, och perforerade foderrör stod dessutom inte att anskaffa

vid undersökningstillfället. Den vattenkapacitet som sedermera uppmättes, 0.3 — 0.4 l/s, avser därför till större delen endast vatten från nivåer under berggrundytan och bedömdes därjämte vara så liten att den inte rättfärdigade vidare undersökningar. Förhoppningsvis ges framtida möjligheter att vidare utforska de hydrogeologiska egenskaperna i sandlagren i området. Grundvattnenytan ligger sommartid så högt som endast ca 1 m under markytan. Möjligheter föreligger alltså till en avsänkning av vattenytan med 5 — 6 m.

Det föreligger muntliga uppgifter, bl. a. från ortsbefolkningen, om att sprickan kan följas åtminstone 1 — 2 km mot öster eller östnordöst, alltså i riktning mot Ryd och Österskog, där goda vattenförekomster tidigare säges ha påvisats, se s. 19. En dokumentation av dessa uppgifter måste anses synnerligen angelägen vid en eventuell framtida fortsatt grundvattenprospektering.

#### 4.2.6. ISMANTORP

Fig. 27 visar de olika borrhplatserna inom detta område. Då det på geofysiska indikationer placerade borrhålet vid en preliminär pumpning visade sig ha en jämförelsevis blygsam kapacitet (0.7 l/s) beslöts att en ny borrhning skulle anläggas närmare byn. Lagerföljden var densamma i såväl det första som de två övriga hålen (undersökningsborra samt observationshål):

- 0 — 1.3 m lerig morän — moränlera
- 1.3 — 6.8 m röd ortocerkalksten, rikt vattenförande på nivån 6 m under markytan
- 6.8 — 10.3 m grå ortocerkalksten, lättborrad

Borrhningen skulle sannolikt ha kunnat drivas djupare med ytterligare vattentillskott som följd, men då avsikten var att undersöka de ytliga berglagrens vattenförande egenskaper avstods från detta. Några svårigheter vid borrhningen förelåg ej.

#### 4.2.7. RÖRSBERG

Borrhplatsens läge framgår av fig. 29. Här var avsikten att i en punkt utvald med ledning av de geofysiska undersökningsresultaten driva ett borrhål till samma nivå som vattenverkets brunnar, dvs. 22 m under markytan. Med ledning av fig. 29 framgår också att de senare torde vara nedförda i samma struktur som SGU:s undersökningsborra. Grundvattnet i de kvartära avlagringarna och berggrundens mycket uppspruckna yta måste även här avstängas från direkt kontakt med borrhålet genom anbringandet av ett foderrör som förhindrade att hålet rasade igen.

Enligt brunnborrarens bedömning utslöts på detta sätt ett vattentillskott på flera sekundliter. Det mesta av denna kapacitet torde ändock komma borrhålet till godo vid pumpning genom att vatten transporteras till detta i ytliga berggrundsprickor. En idealisk anordning på denna plats vore ett silrör vid övergången mellan jord och berg. Som framgår av redogörelsen för provpumpningarna nedan uppvisar borrhålet även i sitt nuvarande skick en icke föraktlig vattenkapacitet, som sannolikt till större delen är betingad av förhållandena ett stycke ned i berggrunden. Lagerföljd:

- 0 — 3.5 m gulbrun mellansand, vid 3.5 m övergående i grus och sten.  
(Borringen ansatt i sandtäkt; genomsnittligt jorddjup ca 4 m.)
- 3.5 — 8.5 m röd ortocerkalksten, mellan 3.5 och 4.5 m mycket uppsprucken, rikt vattenförande, flödet avstängt med foderrör
- 8.5 — 9.5 m alunskiffer
- 9.5 — 22 m paradoxissimuslager, huvudsakligen mo- och något sandsten, vissa inslag av lera. Kontinuerliga vatteninslag

Några svårigheter vid borringen förelåg enligt uppgift ej.

## 5. PROVPUMPNINGAR

### 5.1. MATERIELBESKRIVNING

Såsom tidigare antytts sker i samband med borrhingsarbetena en kortvarig s. k. rensumpning med en kolvump som monteras på bormaskinen. Denna pump har vanligen en kapacitet av maximalt 1.3 — 1.4 l/s. Avsikten med pumpningen är dels att med det i borrhålet inströmmande vattnets hjälp bortföra finmaterial som bildats vid borrhningen, dels att få ett första begrepp om hur mycket vatten borrhålet kan förväntas ge per tidsenhet vid en längre pumpning.

De egentliga kortvariga provpumpningarna utfördes där så var lämpligt med hjälp av en dränkbar elektrisk djupbrunnspump som har den fördelen att den kan uppfordra vatten från stora djup. En nackdel med denna utrustning, framför allt i ett försöksskede då inga installationer gjorts för kontinuerlig drift, är att tillgång till elektrisk kraft kan vålla problem. Den kan i gynnsamma fall erhållas genom uttag från befintligt elnät men måste oftast genereras med hjälp av ett transportabelt elverk, som kräver tämligen omfattande tillsyn. Vid SGU:s undersökningar användes denna pumputrustning på Rösslösa alvar och vid Rörberg.

På övriga pumpplatser skedde undersökningarna med hjälp av en bensinmotor driven självvakuerande centrifugalpump. Dess begränsning ligger främst i uppfordringshöjden för vatten, vilken är maximalt ca 8 m. Denna typ av pump lämpar sig inte för långvariga kontinuerliga uttag av grundvatten men är mycket praktisk för den typ av provpumpning som avsågs komma till stånd i samband med undersökningarna på Öland.

Det uppumpade vattnet bortleddes i brandslangar så långt ifrån pumpplatserna att det åtminstone under den tid respektive försök pågick inte borde ha möjlighet att hinna perkolera ned i det grundvattenmagasin från vilket vattnet hämtades. Dessa avstånd varierade mellan ca 250 och ca 20 m (närbeläget dike). Beroende på lokala faktorer kom pumpningstiderna att variera mellan 2 och 5 dygn. Under denna tid nåddes fortfarighet, dvs. jämvikt mellan bortpumpade och inströmmande vattenmängder, i Ismantorp och Rörberg, medan på övriga platser icke-jämviktstillstånd rådde även när pumpningarna avbröts. Med den metodik som användes vid försöken är dock detta senare av underordnad betydelse.

## 5.2. PUMPNINGSMETODIK

Avsikten med de kortvariga provpumpningarna var dels att söka erhålla ett begrepp om lämplig storleksordning beträffande kapacitet vid eventuellt framtida längre provpumpning och utnyttjande av provborrhålen som vattentäkter, dels att bestämma transmissiviteter och magasinskoefficienter i de olika försöksområdena. Transmissiviteten  $T$  kan beskrivas som den vattenmängd som per tidsenhet strömmar igenom ett 1 m brett vertikalt tvärsnitt av de vattenförande lagren vid en hydraulisk gradient av 100 %. Enheten kan lämpligen uttryckas som  $m^3/m/s$  eller, förkortat,  $m^2/s$ .

Magasinskoefficienten  $S$  kan definieras som den vattenmängd som en artesisisk grundvattenreservoar avger eller upptar i en vertikal pelare genom hela det vattenförande lagret och med tvärsnittsytan  $1 m^2$  vid en sänkning eller höjning av grundvattenytan med 1 m. Enheten blir då  $m^3/m^2/m$ , dvs. den är dimensionslös. Under icke-artesiska förhållanden, vilket innebär att reservoaren har en fri grundvattenyta och alltså icke täcks av tätande berg- eller jordlager, är  $S$  den vattenmängd som ett vattenförande lager efter full vattenmättnad vid fri dränering avger per volymenhet. Magasinskoefficienten betecknas i detta fall som lagrets vattenavgivningstal eller effektiva porositet och uttrycks i procent. Enklare uttryckt är  $S$  alltså den ungefärliga andel av ett vattenförande lagrets volym som består av grundvatten, vilket kan utvinnas genom pumpning. Med kännedom om ytberggrundens utseende på Öland och med tanke på de ringa borrhålsdjupen kan man utgå ifrån att artesisiska förhållanden icke råder i de områden dit SGU:s undersökningar förlades. En viss tveksamhet kan råda beträffande Rørsberg.

Förfarandet vid pumpningarna är enkelt. De tillgår så att grundvattenytans nivå i borrhålen mäts med vissa tidsintervaller från det ögonblick då respektive pumpning igångsattes. Med kännedom om den ursprungliga grundvattennivån erhålles då värden på avsänkningen i borrhålen vartefter pumpningen fortgår. Genom att en logaritmisk tidsskala används vid de efterföljande beräkningarna är det viktigt att mätningarna sker med täta intervaller i provpumpningens inledningsskede.

Vid Ismantorp fanns möjlighet att dessutom utföra en annan typ av pumpningsförsök, nämligen pumpning med stegvis avsänkning. Denna tillgår så att man efter att ha använt ett inledande, ganska litet vattenuttag, stegvis ökar kapaciteten vartefter fortfarighetstillstånd inträtt vid de lägre kapaciteterna. En förutsättning för ett sådant försök är att fortfarighetstillstånd inträder inom rimlig tid efter det en viss kapacitet börjat utnyttjas, och detta var fallet i Ismantorp. Genom att i ett diagram avsätta de olika kapaciteterna och de avsänkingsvärden vid fortfarighet som erhöles vid respektive kapacitet kan man genom extrapolering få ett begrepp om den optimala kapacitet som ett borrhål eller en brunn med hänsyn till motsvarande förutsedd avsänkning kan väntas uppvisa. Detta har

betydelse bl. a. vid val av pumptyp vid konstruerande av en vattentäkt. Fig. 31 visar resultatet från försöket i Ismantorp. Av figuren framgår att man vid t. ex. 5 m avsänkning bör kunna utvinna ca 5 l/s ur detta borrhål.

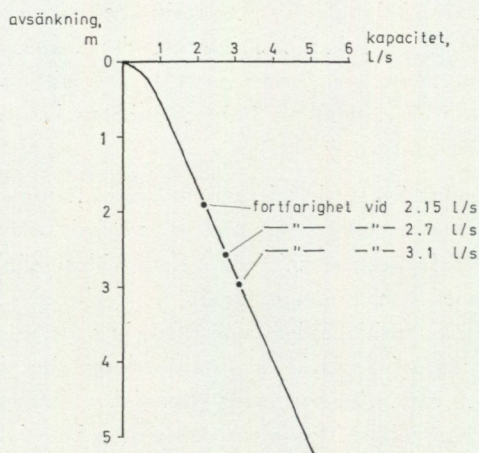


Fig. 31. Pumpning med stegvis avsänkning vid Ismantorp.  
*Step-drawdown test at Ismantorp.*

### 5.3. BERÄKNINGSFÖRFARANDE

Vattenrörelser i marklagren följer fysikaliska lagar och det är därför möjligt att matematiskt uttrycka hydrologiska förlopp. Teorierna bakom och användandet av den mängd formler och beräkningssätt som i dag står till buds vid olika typer av grundvattenberäkningar är oftast mycket komplicerade. För praktiskt bruk används därför grafiska metoder för sådana beräkningar. För att formlerna och deras grafiska motsvarigheter skall gälla fordras att en mängd villkor skall vara uppfyllda, t. ex. att det borrhål ur vilket vatten pumpas skall ha en oändligt liten diameter och att de grundvattenförande marklagren skall vara homogena och isotropa. Vidare ställs vissa krav på observationshållets avstånd från det pumpade borrhålet och pumpningstidens längd m. m. Samtliga dessa villkor existerar aldrig under naturliga förhållanden, men det har visat sig att man med god tillförlitlighet ändå kan använda beräkningsförfarandena för praktiskt bruk. Framst gäller detta i sorterade jordarter, men även i berg har goda resultat er nåtts med användning av samma formler och beräkningsgrunder, kanske framför allt i England. För vidare studier av denna speciella del av den hydrogeologiska vetenskapen hänvisas till facklitteratur i ämnet (t. ex. Andersen — Haman

1970, Carlsson 1973, Kruseman — de Ridder 1970, Prickett 1965, Todd 1959, Walton 1962).

Den i det nu aktuella undersökningsprogrammet använda metodiken för beräkning av T och S bygger på förloppet av grundvattenytans avsänkning under icke-jämviktsstadiet, dvs. tidsrymden mellan det ögonblick då provpumpningen startades och det då bortpumpade vattenmängder från och tillförda till borrhålet är lika stora per tidsenhet. Vid pumpningens start bortföres mera vatten än den mängd som tillföres, och grundvattenytan i det pumpade borrhålet och dess omgivning sjunker. Ju längre bort från borrhålet en viss observationspunkt befinner sig, desto mindre är avsänkningen. Grundvattenytan får alltså formen av en tratt runt uttagsplatsen. Allt eftersom trattens lutning ökar accelereras det strömmande vattnets hastighet och därmed den i borrhålet inströmmande vattenmängden per tidsenhet tills den ovan beskrivna jämvikten inträder. Detta kallas fortfarighets-tillstånd. I finkorniga eller sprickfattiga vattenreservoarer hinner inte allt vatten med vid grundvattenytans allmänna avsänkning. En viss nedsilning eller ett visst läckage från de ofullständigt dränerade lagren äger därför rum. Detta kallas fördröjd vattenavgivning. Då sådan var för handen i försöksområdena på Öland användes en bland flera varianter av det grafiska beräkningsförfarandet och som tar hänsyn till den fördröjda vattenavgivningen (Prickett 1965). En semilogaritmisk metod (enligt Jacob i t. ex. Todd 1959), som med framgång använts i England, kunde tyvärr inte appliceras på de data som framkom vid undersökningarna på Öland.

T- och S-värdena framräknas på följande sätt:

De uppmätta tid-avsänkningsvärdena för varje enskilt observationshål avsätts på ett dubbellogaritmiskt papper och en linje dras genom punkterna. Därvid erhålls en s. k. datakurva. På ett annat, genomskinligt logaritmpapper uppritas ett antal olika typkurvor för olika läckageförhållanden. Här ingår även vissa faktorer som tillsammans brukar kallas "borrningsfunktionen" och som är beroende av avståndet från det pumpade borrhålet till observationshålet, S, T och pumpningstiden. Papperet med typkurvorna skjuts sedan över datakurvan tills den typkurva bestämts som bäst sammanfaller med eller "matchar" datakurvan. De båda papperens x- och y-axlar skall därvid hållas parallella. Inpassningen påbörjas i datakurvans tidiga del. Då bästa möjliga överensstämmelse föreligger utväljs en valfri gemensam skärningspunkt för papperens x- och y-axlar, en s. k. matchpunkt. Denna punkts koordinater på båda papperen bestäms, och en ny matchning med användande av samma typkurva görs på datakurvans senare del. Den därvid valda matchpunkten ger i regel ett säkrare underlag för beräkning av T och S än den tidigare, då bl. a. momentana tryckförändringar i grundvattenreservoaren vid pumpningens igångsättande kan få denna att reagera som under artesiska förhållanden. För bedömningar av vattenförande lagars egenskaper används därför oftast enbart värden baserade på data från den senare matchpunkten.

Följande formler används vid beräkningarna:

$$T = \frac{7.95 \times 10^{-2} \times Q}{s} \times W(u_{ay}, r/D), m^2/s$$

$$S = \frac{240 \times T \times t}{r^2} \times \frac{1}{u_{ay}} \times 10^2, \%$$

där

$Q$  = vattenkapaciteten i  $m^3/s$

$W(u_{ay})$  = "borrningsfunktionen" för grundvattenreservoarer med fri vattenyta

$r/D$  = värden för typkurvor för den del av datakurvan som är påverkad av fördröjd vattenavgivning

$s$  = avsänkning i meter vid respektive matchpunkt

$t$  = tiden i minuter (vid matchpunkten) sedan pumpningen startade

$\frac{1}{u_a}$  = abskissan för den tidiga matchpunkten på typkurvan

$\frac{1}{u_y}$  = abskissan för den sena matchpunkten på typkurvan

$r$  = avståndet från det pumpade borrhålet till observationshålet i meter

Som exempel på det beskrivna förfaringssättet visas beräkningarna av  $T$  och  $S$  vid Lunda i fig. 32.

Där så lät sig göra gjordes även beräkningar av  $T$  och  $S$  med hjälp av data från återhämtningsperioden efter pumpning. Denna process kan betraktas som en omvänd provpumpning, och beräkningsförfarandet är i princip det samma som vid pumpning. Då det händer att de använda pumparnas kapaciteter minskar något vartefter uppfodringshöjden för vattnet ökar kan det vara en fördel med återhämtningsberäkningar, då man där endast behöver använda värdet på den senast uppmätta kapaciteten, förutsatt att denna fått råda under en någorlunda lång tid före pumpningens avbrytande. Visserligen finns metoder att kompensera för olika  $Q$ -värden under en provpumpning, men återhämtningsmetoden är betydligt enklare.

Utöver ovan nämnda villkor för formlernas giltighet måste vissa kompensationskrav ställas för att erhållna resultat skall gälla. Om avsänkning eller återhämtningen i ett borrhål under ett pumpnings- eller återhämtningsförsök är stor

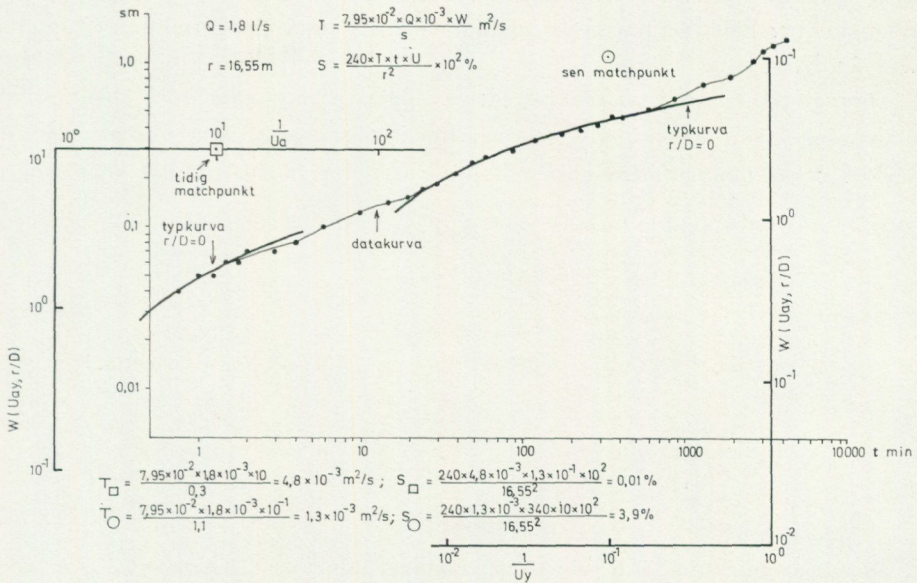


Fig. 32. Exempel på grafisk beräkning av transmissiviteten T och effektiva porositeten S med hjälp av typkurva och datakurva. Tid-avsänkingsmätningar i observationshål vid Lunda.  
*Example of graphical calculation of transmissivity T and effective porosity S, based on type-curve and data-curve. Time-drawdown measurements in observation hole at Lunda.*

jämfört med det vattenförande lagrets totala mäktighet bör korrektion göras för ändringar i vattenmäktigheten. Då dessa lagars tjocklek i genomsnitt beräknas vara ca 15 m och avsänkningen i observationshålen inte i något fall var så stor som 5 m bedömdes ingen korrektion behöva göras. I det pumpade borrhålet i Rörsberg är däremot avsänkningen betydande jämfört med det beräknade värdet på det vattenförande lagrets mäktighet. Användandet av icke korrigerade värden på avsänkningen i pumpningens senare skede medför i ett sådant fall ett för lågt värde på T. Rätt värde på s erhålls genom användning av följande formel:

$$s_m = s - \frac{s^2}{2 \times m}$$

där

$s_m$  = korrigerat avsänkingsvärde

s = den uppmätta avsänkningen

m = det vattenförande lagrets ursprungliga mäktighet

Liknande korrektion skall göras vid återhämtning. Då T-värdet för det pumpade borrhålet beräknats på tidiga avsänkingsdata har korrektion ej ansetts nödvändig.

För att få kontroll på om rätt del av datakurvans senare del använts vid matchningen kan den tidpunkt  $t_{wt}$ , varefter inpassning bör ske, beräknas. Det är således också möjligt att avgöra om provpumpningen pågått tillräckligt länge.

Därvid används följande formler:

$$\alpha = \frac{(r/D)^2 \times \frac{1}{u_y}}{4 t} \text{ min}$$

$$t_{wt} = \frac{\alpha t_{wt}}{\alpha} \text{ min}$$

där

$\alpha$  = index för fördröjd vattenavgivning, min

$t_{wt}$  = fördröjd tid, min.

Värdet på  $\alpha t_{wt}$  kan erhållas ur en typkurva konstruerad av N. S. Boulton. Kurvan visar förhållandet mellan  $\alpha t_{wt}$  och  $r/D$ .

Fältberäkningar visade att de aktuella pumpningarna borde ha pågått under längre tid än vad som blev praktiskt möjligt. De på data före  $t_{wt}$  beräknade värdena på T och S anses trots detta vara godtagbara. De genom extrapolering beräknade värdena efter  $t_{wt}$  skiljer sig nämligen ytterst litet från dem som grundar sig på faktiska data.

#### 5.4. RESULTAT AV DE KORTVARIGA PUMPNINGARNA

I tabell 2 redovisas en sammanställning av de resultat som framkom med ledning av data från provpumpningar i de olika försöksområdena. För varje mätobjekt anges också den maximala avsänkningen respektive återhämtningen, avståndet från det borrhål vari pumpning skedde samt använd vattenkapacitet. Såväl tidiga som sena värden på T och S är angivna. Enligt ovan bör de tidiga värdena bedömas med viss försiktighet.

Av tidigare nämnda orsaker skedde inga pumpningsförsök vid Gråborg och Algutsrum. För fullständighetens skull kan nämnas att det enligt brunnsborrharnas uppgifter vid rensning av borrhålen uppmätts 4 — 5 l/min vid Gråborg och 20 — 25 l/min vid Algutsrum.

TABELL 2. Beräkningar och uppgifter från kortvariga provpumpningar på Öland

Undersökningsområde och mätobjekt	Tx 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s, tidig	Tx 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s, sen	S % tidig	S % sen	Maximal avsänkn./ återh., m	Avst. fr. pumpad borra, m	Q l/s	Anm.
<i>Rösslösa alvar</i>								
Pumpat borrhål	1.9	3.2	—	—	2.95	—	2.3	
	2.7	2.7	—	—	2.95	—	1.2	Återhämtning
Obshål 1	—	2.3	—	20	1.55	8.30	2.0	Orolig tidig fas
	3.5	3.2	0.2	3.6	1.55	8.30	1.2	Återhämtning
Obshål 2	—	2.2	—	22.4	1.60	8.40	2.0	Orolig tidig fas
	—	2.8	—	0.3	1.60	8.40	1.2	Återhämtning
<i>Lunda</i>								
Pumpat borrhål	1.6	—	—	—	4.40	—	1.8	
	—	0.6	—	—	4.40	—	1.8	
	—	0.8	—	—	4.40	—	1.8	Återhämtning, fyra matchningar
	—	1.3	—	—	4.40	—	1.8	
	—	3.3	—	—	4.40	—	1.8	
Obshål	29	13	0.1	3.9	1.35	16.55	1.8	} Två matchningar
	48	—	0.05	—	1.35	16.55	1.8	
	0.9	0.9	0.2	8.9	1.35	16.55	0.75	} Återhämtning, två matchningar
	32	—	0.5	—	1.35	16.55	0.75	
<i>Triberga</i>								
Pumpat borrhål	6.5	—	—	—	2.90	—	2.7	
Obshål 1	11	2.4	4.9	0.11	2.90	6.55	2.7	Inget läckage. Gränsförhållanden indikerade
Obshål 2	—	6.3	—	0.4	2.70	20.30	2.7	
<i>Ismantorp</i>								
Pumpat borrhål	4.0	3.8	—	—	2.00	—	2.5	} Två matchningar
	13	14	—	—	2.00	—	2.5	
	6.5	11	—	—	2.00	—	3.1	Återhämtning
Obshål	2.5	2.7	0.04	7.1	1.90	10.00	2.5	} Två matchningar
	3.1	4.3	0.04	7.2	1.90	10.00	2.5	
	5.9	12	0.03	0.9	1.90	10.00	3.1	} Återhämtning, två matchningar
	—	3.5	—	6.7	1.90	10.00	3.1	
<i>Rörsberg</i>								
Pumpat borrhål	1.3	0.8	—	—	10.00	—	2.8	
	—	1.0	—	—	10.00	—	2.8	Återhämtning
Obshål	1.5	2.3	1.3	2.1	3.55	10.20	2.8	
	—	2.5	—	1.7	3.55	10.20	2.8	Återhämtning

## 5.5. LÅNGTIDSPUMPNING

De tre provborrhålen på södra Öland utfördes såsom inledningsvis antydde med tanke på en förstärkning av befintliga vattentillgångar. I Triberga-fallet var det dock fråga om upptagandet av en ny vattentäkt. Det var även avsikten att långtidsprovpumpna borrhålen i kommunens regi. Så har också skett i Lunda och vid Triberga.

I Lunda erhöles efter en tid fortfarighet vid en kapacitet av ca 0.5 l/s. Det skall än en gång påpekas att detta borrhål inte är färdigställt.

Vid Triberga företogs en längre provpumpning under hösten 1972. Den använda kapaciteten var ca 2 l/s. Under det inledande skedet förekom ingen av-sänkning, men efter ca en vecka inträdde ett skede med mer eller mindre konti-nuerlig sänkning av grundvattenytan. Efter 25 dygn var den totala avsänkningen ca 5 m, men strax därefter inträdde ett nytt fortfarighetstillstånd som varade under resterande pumpningstid. Pumpningen avslutades enligt uppgift efter 30 dygn.

På senvintern 1973 fördjupades borrhålet som tidigare nämnts från 10 till 22 m under markytan och en ny provpumpning igångsattes i september månad.

## 5.6. SYNPUNKTER PÅ ERHÅLLNA RESULTAT

### 5.6.1. VATTENKAPACITETER

Vid studiet av kapacitetsvärdena i tabell 2 bör ihågkommas att dessa värden inte är jämförbara med vad som är vanligt för vattentäkter på många andra håll i Sverige. Ingen bergborrad brunn på Öland ger vid kontinuerligt uttag mer än 10 l/s, och 1 l/s brukar betraktas som tämligen tillfredsställande, även när det gäller relativt stora anläggningar. SGU:s förhoppning är att kunna anvisa platser där kapaciteter av storleksordningen 5 l/s kan uttas, antingen i ett enstaka borrhål eller i en pumpgrupp.

Tabellens Q-värden bör inte studeras separat utan skall sättas in i sitt sammanhang vad beträffar T, S samt avsänkings- och fortfarighetsförhållanden. Fortfarighet vid de kortvariga pumpningarna inträffade som ovan angetts vid Rørsberg och Ismantorp. Vid Rørsberg fanns vid undersökningstillfället ingen möjlighet att göra något försök med stegvis avsänkning, men med tanke på att avsänkningen vid kapaciteten 2.8 l/s var 10 m torde vid 15—18 m avsänkning en kapacitet av ca 4 l/s vara att påräkna. Med ledning av avsänkningen i observationshålet och då likartade förhållanden konstaterats i vattenverkets brunnar synes det sannolikt att det är de enskilda brunnarnas konstruktion som begränsar uttags-

möjligheterna. Om större vattenuttag önskas får dessa spridas på flera borrhål. En i annat sammanhang (underhandsförfrågan till SGU från Borgholms kommun) utförd bedömning av hela Rällafältets potentiella grundvatteninnehåll, inklusive den underliggande berggrundens, ger vid handen att ett sammanlagt uttag av mellan 20 och 30 l/s borde ligga inom möjligheternas gräns.

Som fig. 31 visar torde i borrhålet i Ismantorp ett uttag av ca 5 l/s kunna göras vid en avsänkning av grundvattenytan i borrhålet av 5 m. En längre provpumpning kan ge svar på frågan om storleken av det vattenmagasin vari borrhålet är nedfört och därmed om det är möjligt att parallellt använda ytterligare något borrhål i området för att på så sätt utvinna mera vatten. Av de utförda kortvariga pumpningsförsöken att döma synes goda strömningsförhållanden för grundvattnet råda, men i motsats till Rørsberg kan intet ytterligare vinnas genom upptagandet av nya borrhål i direkt anslutning till det nu utförda.

I övriga försöksområden nåddes ej fortfarighet under den tid försöken pågick. Det är därför vanskligt att bedöma vilka kapaciteter som kan komma i fråga vid längre kontinuerliga vattenuttag, men att döma av uppgifterna från Mörbylånga kommun synes det ofullbordade borrhålet i Lunda kunna lämna ca 0.5 l/s under sådana förhållanden. En jämförelse mellan avsänkningarna i det pumpade borrhålet och i observationshålet vid den kortvariga pumpningen ger vid handen att borrhålet i sitt nuvarande skick inte medger maximalt vattenuttag. Om så skulle vara fallet borde skillnaden i avsänkning mellan de båda hålen vara mindre. Det finns metoder att förbättra uttagsmöjligheterna i sådana borrhål, men i det föreliggande fallet bör hålet först och främst fördjupas till avsett djup, ca 26 m.

Uppgifterna från kommunen tyder vidare på, att det likaledes ej färdigställda borrhålet vid Triberga under längre tid kan lämna upp emot 2 l/s. Sedan borrhålet nu fördjupats till 22 m synes det rimligt att förmoda att en ännu högre kapacitet kan påräknas.

På Rösslösa alvar kunde med den tillgängliga utrustningen avsänkning ske med endast ca 3 m i det pumpade borrhålet och 1.5 — 1.6 m i observationshålen under den tid försöket pågick. Med ledning av framkomna T- och S-värden förefaller det inte osannolikt att man vid en längre provpumpning och med större avsänkning skulle kunna räkna med en kapacitet vid fortfarighet av 2 — 3 l/s. Ett eventuellt utbyggnad av en vattentäkt i området torde komma att erfordra att flera brunnar med ett inbördes avstånd av något eller några hundratals meter anordnas i form av en pumpgrupp. En långvarig provpumpning av det nu befintliga borrhålet är ett första steg vid en sådan utbyggnad. Den av SGU använda kapaciteten, i genomsnitt 2 l/s, torde därvid kunna ökas något. Det skulle inte förvåna om hela det alvarområdet i vilket försöksområdet ingår kan bringas att lämna 8 — 12 l/s vid en lämplig lokalisering av ytterligare borrhål. Då alunskiffern ligger ytligt kan dessa med fördel drivas till avsevärt större djup än vad som var fallet vid SGU:s borrhål. Tidigare utförda borrhål, och även den

nu aktuella, har nämligen visat att vatten från ytliga alunskifferlager vanligen inte uppvisar den ofta förekommande dåliga kvaliteten på vatten från djupare belägna lager av denna bergart. Orsaken torde vara att de ytliga lagren under tidernas lopp utluftats, dvs. avgivit stora delar av sitt innehåll av kolväte- och svavelväteföreningar i gasform till atmosfären.

### 5.6.2. TRANSMISSIVITET

T-värdena i tabell 2, s. 59, uppvisar vid en första anblick en väsentlig spridning. Som tidigare nämnts skall de värden som framräknats på data från pumpningarnas tidigare delar bedömas med försiktighet, men även om hänsyn tas endast till de sena T-värdena synes variationerna vara stora. Detta beror på att de grundvattenförande lagren bara till viss del kan betraktas som homogena och isotropa, varför avsänkningen får ett oroligt förlopp. Man kan tänka sig att använda någon form av medeltal vid bedömningen av ett områdes transmissivitet, men då måste en gallring av extremvärden först företas. Författaren föredrar att i stället använda de lägre av de T-värden som framkommer vid matchning av data- och typkurvor vid beräkningarna som bygger på dessa matchningar.

I stort liknar de vid 1972 års undersökningar funna värdena på transmissivitet dem som erhållits vid tidigare arbeten på Öland. Samtliga framkomna värden utom ett fåtal extrema resultat återfinns inom eller mycket nära intervallet  $10^{-3}$  —  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Inom varje enskilt område ligger de sena T-värdena väl avslutna, med undantag för Ismantorp och ett extremvärde vid Lunda.

Enligt definitionen på transmissivitet innebär ett T-värde av  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s att det genom varje 1 m bred sektion av ett vattenförande lager kan strömma 0.1 l vatten per sekund vid en hydraulisk graditet av 100 %. Den naturliga gradienten hos grundvattenytan på södra Öland, från väster mot öster, är ca 0.3 %. Om förhållandena inom en sektion av 1 km längd, vinkelrät mot strömningsriktningen, och med ett T-värde av  $3.3 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s tas i betraktande blir transporten enligt ovan  $3.3 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 3 \times 10^{-3} \times 10^3 = 1$  l/s.

Grundvattendelaren följer på södra Öland i stort sträckningen av väg 136. Om man här utväljer en rektangel på  $1 \times 10$  km med sin västra, kortare sida utefter vattendelaren och den längre i sydöstlig riktning och söker beräkna infiltrationen på denna yta finner man att vid en så låg infiltrationskoefficient som 0.1 och en årsnederbörd av 450 mm en vattenmängd av  $0.1 \times 450 \times 10^{-2} \times 10^9 = 4.5 \times 10^8$  liter per år kan infiltrera, förutsatt att det finns plats i grundvattenmagasinet. Omsatt i ovan använd sort på kapacitet motsvarar detta ca 14 l/s vid ett kontinuerligt uttag. Även om T vore så stor som  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s har berggrunden alltså inte förmåga att transportera undan grundvatten i den takt som krävs för att den av infiltrationskoefficienten betingade infiltrationen skall kunna

ske. Detta tyds av författaren som en av anledningarna till den kraftiga ytvattenavrinningen vår och höst på Öland. En annan följd av detta förhållande är att grundvattenreservoarerna i Ölands berggrund varje år fylls upp till brädden. Låga transmissivitetvärden och förhållandevis stor förbrukning torde också vara åtminstone en del av förklaringen till att vissa bergborrade brunnar sinar.

Ser man på varje försöksområde för sig och gör ett allmänt, försiktigt antagande att bredden på de vattenförande lagren är 100 m och att man genom pumpning kan skapa en genomsnittlig gradient för grundvattenytan av 10 % i närheten av uttagsplatsen kan följande bedömningar göras.

På Rösslösa alvar är det lägsta beräknade T-värdet  $2.2 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Vattentransporten i en zon med nyss nämnd bredd och gradient blir då  $2.2 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 100 \times 0.1 = 2.2$  l/s. Förutsatt att den effektiva porositeten och grundvattenreservoaren är stora nog, vilket synes vara fallet, skulle alltså fem brunnar med ett inbördes avstånd av något hundratal meter behöva anläggas om en utvinning av ca 10 l/s skall kunna göras.

I Lunda är det lägsta T-värdet  $0.6 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, vilket under de givna antagandena betyder 0.6 l/s. Detta stämmer väl med de 0.5 l/s som erhöles vid kommunens långtidsprovpumpning på platsen. Vattenföringen väntas avsevärt förbättras då borrhålet färdigställts.

För Tribergas del (ofullständigt borrhål) blir den på liknande sätt framräknade kapaciteten 2.4 l/s med användande av lägsta beräknade T-värde. Även här är överensstämmelsen med resultaten från den utförda långtidsprovpumpningen god, se kap. 5.5.

Beträffande Ismantorp och Rørsberg synes de erhållna lägsta T-värdena vara för låga, bl. a. med tanke på att fortfarighetstillstånd inträdde snabbt på båda platserna vid pumpningsförsöken. Dessutom pekar försöket med stegvis avsänkning i Ismantorp mot en tänkbar kapacitet av ca 5 l/s jämfört med de på "lägsta T-värde" enligt tabell 2 grundade 2.7 l/s. I Rørsberg bör ca 4 l/s kunna uttas med tanke på erfarenheterna av vattenverkets brunnar. Tabellvärdena på T skulle här innebära en kapacitet av endast 0.8 l/s. Sannolikt är antagandena beträffande zonbredd och/eller gradient alltför snävt tilltagna vad beträffar de två sist behandlade områdena.

### 5.6.3. EFFEKTIV POROSITET

De vid 1972 års undersökningar funna värdena på porositet, eller det i sammanhanget lämpligare uttrycket sprickvolym, grundade på sena S-värden, är i genomsnitt högre än de som konstaterades vid tidigare undersökningar på Öland. I och för sig är detta inte anmärkningsvärt. Det visar endast att förhållandena kan variera från plats till plats beroende på variationer i berggrundens sprickig-

het. De bedömningar av Ölands totala grundvattentillgångar som tidigare gjorts av författaren tycks dessutom i alla händelser inte vara överdrivna. Även beträffande den effektiva porositeten kan det vara lämpligt att göra bedömningar med utgångspunkt från de lägre beräknade värdena för en och samma lokal. Vidare synes erfarenhetsmässigt de sena S-värdena från Lunda vara för stora, varför värdet 0.2 % från den tidiga matchningen använts för resonemanget nedan. Med utgångspunkt i de låga sprickvolymsvärdena fås att grundvattenreservoaren under Rösslösa alvar innehåller minst 3 l vatten per  $m^3$  berg. I Lunda blir motsvarande vattenmängd minst 2 l, vid Triberga minst 1 l, i Ismantorp minst 9 l och vid Rörsberg minst 17 l.

Innan någonting bestämt kan sägas om reservoarernas storlek och vatteninnehåll fordras antingen långvariga provpumpningar eller ett omfattande mätprogram som innefattar grundvattenstånd, nederbörd, avdunstning och ytavrinning jämte uppgifter om vattenförbrukningen inom området. För att tills vidare erhålla ett riktvärde beträffande vad som från enbart porositetssynpunkt kan förväntas av de reservoarer varur försökspumpningarna skett kan vatteninnehållet under t. ex. varje kvadratkilometer landyta i försöksområdena hjälpligt beräknas. Om det vattenförande lagrets mäktighet såsom tidigare antas vara 15 m fås ett vatteninnehåll per  $km^2$  landyta vid Rösslösa av  $0.3 \times 10^{-12} \times 10^8 \times 150 = 4.5 \times 10^7$  l. Om denna mängd skulle omsättas varje år innebär detta en teoretisk kapacitet av minst 1.4 l/s/ $km^2$  landyta. Vid Lunda blir motsvarande värde 1 l/s/ $km^2$ , vid Triberga 0.5 l/s/ $km^2$ , vid Ismantorp minst 4.2 l/s/ $km^2$  och vid Rörsberg minst 7.8 l/s/ $km^2$ .

## 6. VATTENKVALITET

Tabellerna 3 och 4 visar en sammanställning av resultat från fysikalisk-kemiska och bakteriologiska analyser av vatten från de fem undersökningsområden där pumpningar utförts. SGU lät inte utföra några bakteriologiska analyser. Sådana undersökningar utfördes däremot av Mörbylånga kommun beträffande Lunda och Triberga.

Av tabellerna framgår att vattnet från Rösslösa alvar och Triberga ur fysikalisk-kemisk synvinkel är utan anmärkning. Bland de positiva dragen märks särskilt de för öländska förhållanden låga värdena på hårdhet samt järn och mangan. De bakteriologiska undersökningarna av vattnet från Triberga visar något höga koncentrationer av totala antalet bakterier och coliforma bakterier under det inledande skedet av den längre provpumpningen. Vid det sista provtagningstillfället var vattnet däremot utan anmärkning. Denna utveckling låter sig förklara enligt följande. Markytan består av så gott som naken berggrund men med stor sprickrikedom. Nederbördsvattnet kan därför lätt infiltrera, varvid föroreningar från markytan i form av djurspillning mer eller mindre direkt tillförs grundvattenreservoaren. Eftersom grundvattnet i ett område som detta under naturliga förhållanden kan betraktas som relativt stagnant sker en anrikning av föroreningarna. Vid pumpning, då vattnet bringas att cirkulera, sker efter hand en utspädning av föroreningarna och vattenkvaliteten förbättras. Detta synes ofta gälla även för t. ex. järn, nitrat och nitrit.

Lunda uppvisar ett synbarligen ytligt grundvatten som är förorenat genom kulturpåverkan, att döma av det enstaka vattenprov som togs där. Detta visade vid analys höga värden på hårdhet, klorid, sulfat, nitrat och nitrit. Förklaringen torde vara att borrhningen är nedförd i odlad jord som gödslas tämligen kraftigt. Dessutom är jordtäcket tunt och berggrundsytan sprickrik, vilket medför att tillräcklig filtrering av nederbördsvattnet inte hinner ske innan detta genom perkolation förenar sig med grundvattnet. När borrhålet i Lunda nedförts till avsett djup förväntas samtliga dessa olägenheter försvinna. Detta styrkes av att några anmärkningar mot kvaliteten hos det vatten i själva byn som upphämtas från nivåerna 25 — 27 m under markytan inte föreligger.

Vid Ismantorp är vattnet hårt och uppvisar även en något hög halt av nitrit. Den senare är sannolikt kulturbetingad på samma sätt som vid Lunda. Olägenheten torde försvinna vid längre tids pumpning.

TABELL 3. Resultat av fysikalisk-kemiska analyser av grundvatten från Öland 1972

	Rösslösa 7/8	Lunda 10/8	Triberga 6/8	Triberga 25/9	Ismantorp 16/8	Rörsberg 11/8
KMnO <sub>4</sub> -förbrukning	6	19	3	10	6	8
pH	7.32	6.99	7.62	7.2	7.50	7.63
NH <sub>4</sub>	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.1
Ca	45.0	108.4	41.3		72.5	81.0
Mg	11.8	27.3	11.4		34.7	3.9
Totalhårdhet, tyska grader	9.0	21.5	8.4	13.3	18.2	12.2
D:o beräknad som Ca	64	154	60	95.0	130	87
Na	3.4	24	8.2		7.0	8.0
K	2.3	43	1.6		4.3	1.9
Fe	< 0.05	< 0.07	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.42
Mn	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05
Alkalitet, ber. som HCO <sub>3</sub>	240	322	241	238	341	210
Cl	10	89	13	11	18	14
SO <sub>4</sub>	38	220	25	+	44	27
NO <sub>3</sub>	2	48	> 2	> 2	< 2	6.5
NO <sub>2</sub>	< 0.01	0.11	< 0.01	< 0.01	< 0.03	0.09
Marmoraggr. kolsyra, beräknad som CO <sub>2</sub>	7	20	< 5	12	< 5	< 5

TABELL 4. Resultat av bakteriologiska analyser av grundvatten från Öland 1972

	Lunda 30/10	Lunda 13/11	Triberga 21/9	Triberga 25/9	Triberga 2/10	Triberga 16/10
Vattentemperatur °C			12	12	11	9
Totala antalet bakterier per 1 ml vid 22°C	40	50	120	15	2	20
Totala antalet coliforma bakterier per 100 ml vid 35°C	< 2	< 2	2	5	8	< 2
Termostabila coliforma bakterier per 100 ml vid 44°C	< 2	< 2	< 2	4	8	< 2

Vad slutligen Rörsberg anbelangar konstaterades höga halter av järn och nitrit. Järnet kan härröra från borrhönsarbetet och/eller foderröret och torde avta i koncentration efter en tids pumpning. Det höga nitritvärdet är svårare att förklara. En anledning kan vara att berggrunden här är täckt av mo och sand och att infiltration kan ske tämligen lätt. Föroreningar från biologiskt avfall som blivit liggande på eller grävts ned i marken kan därför transporteras mot pumpplatsen även från relativt långt bort belägna föroreningskällor.

Av vad som ovan framgått är skyddsområdesfrågan speciellt angelägen i fråga om vattentäkter på Öland. Sprickrik berggrund utan eller med endast ett tunt jordtäckte medför att den naturliga reningen blir ineffektiv. I sandiga eller moiga sediment sker vattentransporten jämförelsevis snabbt, och den för naturlig rening av infiltrerat vatten tillgängliga tiden blir kort. Rundligt tilltagna skyddsområden runt uttagsplatserna för grundvatten i kombination med en omsorgsfull hantering av avfall är obönhörliga villkor för en god kvalitet på det öländska grundvattnet.

## 7. SAMMANFATTNING OCH REKOMMENDATIONER

De arbeten som ligger till grund för denna redovisning har utförts som en uppföljning av undersökningarna på Stora alvaret under år 1971. På södra Öland gavs möjligheter att i uppdragsform applicera vunna erfarenheter på praktiska problem. Undersökningarna på Ölands mittland syftade till att pröva den framtagna metodiken i jordtäckt berggrund.

Hydrogeologiska teorier och tidigare erfarenheter från Öland i kombination med genomgång av data i SGU:s brunn- och borrharkiv har visat sig vara av stort värde vid utväljandet av försöksområden. De geofysiska undersökningsmetoder som kommit till användning har utgjort ett viktigt stöd vid det slutliga fastställandet av lämpliga borrhplatser. Ett önskemål därvidlag är dock att möjligheter skapas att säkrare utvärdera resultaten av de geofysiska mätningarna redan i fält, t. ex. genom användandet av små, transportabla datorer.

Borrningsarbeten på senare tid har visat att goda vattenförande egenskaper hos berggrunden föreligger även på relativt stora djup, 20 — 40 m, under markytan. En förutsättning synes vara att området i fråga har utsatts för gravitationstektonisk påverkan. Har sådan skett i områden som genom inverkan av äldre, ej gravitationsbetingad tektonik redan tidigare fått en uppsprucken berggrund, ökar möjligheterna till goda vattenuttag ytterligare. Gravitationstektoniken har alltså synbarligen influerat berggrunden djupare än det tidigare funnits anledning förmoda. Alunskifferlagren har i dessa områden vanligen ett ytligt läge. Detta i förening med den tektonikbetingade stora sprickrikedomen tycks medföra att den dåliga kvalitet som vanligen vidlåder vatten från dessa lager inte föreligger. Bergarten har av nämnda orsaker förmodligen blivit urluftad och till atmosfären kunnat avge de gaser som annars skulle ha löst sig i vattnet och försämrat dettas kvalitet.

Vid arbetena på södra Öland var av naturliga skäl ett önskemål att uttagsplatser för grundvatten skulle lokaliseras så nära förbrukningsplatserna som möjligt. Detta kom att i viss mån begränsa urvalet av de områden som kunde komma ifråga. Svårigheter vid borrhningsarbetena gjorde dessutom att slutresultaten av arbetena inte blev helt rättvisande för områdenas verkliga egenskaper ur hydrogeologisk synvinkel. Icke desto mindre gav undersökningarna viktiga erfarenheter som dels kan komma till direkt praktisk nytta, dels tjäna som underlag vid en eventuellt utökad prospekteringsverksamhet.

På mittlandet visade sig den använda borrhingsmetoden vara mindre lämplig i försöksområdet vid Algutsrum. Ytterligare undersökningar i detta område skrinlades tills vidare i avvaktan på att ett nytt borrhingsförsök med användande av en annan metodik kan komma till utförande. De rent geologiska data som kunde erhållas i området var däremot av stort intresse. Vid Gråborg erhöles inte de vattenkapaciteter som förväntades, beroende på att den kvartära lagerföljden inte var den förutsedda. Dessutom förelåg svårigheter att preliminärt tolka resultaten från de geofysiska undersökningarna. Med nu föreliggande tolkningsresultat kan ett borrhål för grundvattenundersökningar utsättas med betydligt större utsikter till framgång. Vid Ismantorp och Rørsberg visar resultaten att båda dessa områden är mycket lovande från vattenförsörjningssynpunkt. De bör självklart komma i åtanke vid ett eventuellt resonemang om ianspråktagande av öländska grundvattenreserver.

De tendenser som framkom vid 1971 års undersökningar har efter de senaste arbetena på Öland ytterligare förstärkts. Undersökningensresultaten beträffande porositet och transmissivitet bestyrker de tidigare beräkningarna av grundvatteninnehållet i Öland berggrund, minst 15—20 milj m<sup>3</sup>. Berggrundens måttliga vattenförande förmåga i kombination med i sammanhanget små uttag medför att allt det nederbördsvatten som skulle kunna infiltrera och bilda grundvatten inte får plats i reservoarerna utan till stora delar måste avrinna som ytvatten eller avdunsta. Genom utplacering och utnyttjande av brunnar i hydrogeologiskt gynnsamma områden finns möjlighet att skapa utrymme för ytterligare infiltration. Nederbörds-, avdunstnings- och infiltrationsförhållanden, även om de till stor del är bristfälligt kända, inger inga farhågor för att grundvattentillgångarna skulle behöva skattas så hårt att en bristsituation skulle uppstå, även vid en avsevärt större grundvattenförbrukning än i dag.

Endast i ett fall har vatten av sådan kvalitet påträffats att det inte utan behandling bör användas för konsumtion. Detta skedde i Lunda, men här utfördes å andra sidan pumpningen i ett borrhål som inte kunnat nedföras till önskat djup.

Frågan om skyddsområdenas utsträckning liksom kontrollen inom dem är av speciellt stor betydelse när det gäller öländska vattentäkter. Detta beror på avsaknaden av eller knappheten på naturligt filtrerande jordlager.

## 8. LITTERATUR

GFF = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar  
 LUGI = Lunds universitets geografiska institution  
 SGU = Sveriges geologiska undersökning  
 SGA = Svensk geografisk årsbok  
 SMHI = Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut

- ANDERSEN, L. J. och HAMAN, Z., 1970: Nye metoder for prøvempumpning af borer og grundvandsreservoirer. — DGU, III. Raekke. Nr 38. København.
- ANDERSEN, L. J. och HAMAN, Z., 1970: Analysmetoder af prøvempumpningsdata for grundvandsprognoser. — Särtryck af Nordisk Hydrologisk Konferens, Stockholm 27—29 aug. 1970, Vol. 2, Stockholm.
- BERGSTEN, F., 1950: Contribution to Study of Evaporation in Sweden. — SMHI, meddelanden, serie D nr 3, Stockholm.
- BERGSTEN, K. E., 1955: Ölands klimat. — "Natur på Öland", Uppsala.
- v BRÖMSSÉN, U., 1968: Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt. — Metod, teknik, analys, Stockholm.
- CAIRNÉY, T., 1972: Hydrological Investigations of the Magnesian Limestone of South-East Durham, England. — Journal of Hydrology 16. Amsterdam.
- CARLSSON, L., 1973: Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av propumpningsdata. — Chalmers tekniska högskola, Inst. f. va-teknik. Publikationsserie B 73:2. Göteborg.
- Dansk vandteknisk forening, 1971: Kursus i vandforsyningsteknik XX, Åhus Universitet 19—23 april 1971. — Kursföredrag.
- HAMAN, Z. and ANDERSEN, L. J., 1970: A Contribution to the Analysis of Recovery Data for the Determination of the Hydraulic Properties of an Aquifer. — DGU, III. Raekke. Nr 37. København.
- HAMAN, Z., 1972: Kombineret afbildning af  $s$  versus  $t/r^2$  som hjælpemiddel ved undersøgelse af grundvandsreservoirer, metoder og anvendelse. — Vannet i Norden nr 4-1972. Oslo.
- HAMAN, Z., 1972: Plot of  $s$  versus  $t/r^2$  on Semilogarithmic Paper by Using a Simple Stencil. — Opublicerad.
- HESSLAND, I. och WAERN, B., 1949—1953: — Bull. Geol. Inst. Uppsala, Vol. XXXIV, pp 45—106 och 223—250, (Bödahamnskärnan). Uppsala.
- KAUFMANN, R., 1931: Die Kluftektontik des Kambrosilurs von Gotland, Öland und dem Kalmargebiet. — Geologische Rundschau Bd XXII, Stuttgart.
- KRUSEMAN, G. P. and de RIDDER, N. A., 1970: Analysis and evaluation of pumping test data. — Intern. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Bulletin 11. Wageningen.
- KÖNIGSSON, L.-K., 1968: The Holocene History of the Great Alvar of Öland. — Acta Phytogeographica Suecia 55. Uppsala.
- LUNDQVIST, G., 1955: Ölands jord och grund. — "Natur på Öland", Uppsala.
- KVARTÄRGEOLOGISKA AVDELNINGEN, UPPSALA UNIVERSITET, 1973: Forskningsrapport 41. Kvartär stratigrafi på sydvästra Öland (området Smedby—Degerhamn). — Examensarbete för påbyggnadskurs C1 i kvartärgeologi. Maj 1973.

- KVARTÄRGEOLOGISKA AVDELNINGEN, UPPSALA UNIVERSITET, 1974: Forskningsrapport 44. Kvar-  
tär stratigrafi på sydvästra Öland (området Kastlösa—Smedby). — Examensarbete för  
påbyggnadskurs C1 i kvartärgeologi. Januari 1974.
- MUNTHE, H., 1902: Beskrifning till kartbladet Kalmar. — SGU Ac 6. Stockholm.
- MUNTHE, H., 1902: Beskrifning till kartbladet Ottenby. — SGU Ac 7. Stockholm.
- MUNTHE, H. och HEDSTRÖM, H., 1904: Beskrifning till kartbladet Mönsterås med Högby. —  
SGU Ac 8. Stockholm.
- NORDBERG, L. och FAGERLIND, T., 1973: Variations of groundwater levels and calculation  
of the effective fissure porosity at File Hajdar, Gotland. — GFF, Vol. 95, pp 317 — 327.  
Stockholm.
- PALMQVIST, K., 1965: Domformiga uppdrivningar på Stora Alvaret. — SGÅ 41. Lund.
- PRICKETT, T. A., 1965: Type curve solution to aquifer tests under water-table conditions. —  
Ground Water, v. 3. No. 3. Urbana.
- POUSETTE, J. och MÖLLER, Å., 1972: Ölands hydrogeologi. En översikt. — SGU C 670.  
Stockholm.
- POUSETTE, J., 1972: Grundvattenundersökningar på Ölands Stora Alvar. — SGU C 675.  
Stockholm.
- POUSETTE, J., 1972: Grundvattenundersökningar för Mörbylånga kommun. — SGU, stencile-  
rad rapport, Dnr 41/72. Stockholm.
- POUSETTE, J. och STEPHANSSON, O., 1972: Ölands vatten. — Väg och vattenbyggaren nr 4.  
Stockholm.
- REGNÉLL, G., 1948: Ölands geologi. — "Öland", del 1. Lund.
- STEPHANSSON, O., 1971: Gravity Tectonics on Öland. — Bull. of the Geol. Inst. of the Univ.  
of Uppsala, New Series, Vol. 3. Uppsala.
- SVEDMARK, E., 1904: Beskrifning till kartbladet Oskarshamn. — SGU Ac 5. Stockholm.
- SVÉNSSON, H., 1963: Ett dolinområde på Alvaret. — SGÅ 39. Lund.
- SVÉNSSON, H., 1963: En berggrundsform på Alvaret. — SGÅ 39. Lund.
- SVÉNSSON, H.: Information om subakvatisk morfologi enligt flygbilder. — LUGI, särtryck nr  
1.
- SVÉNSSON, H. och FRISEN, R., 1964: Hällmorfologi och isrörelser inom ett alvarområde vid  
Degerhamn. — SGÅ 40. Lund.
- Sydsvenska ingenjörbyrå (SIB), 1964: Preliminärt förslag till vattenfrågans lösning för  
Öland. — Konsultrapport.
- Sydsvenska ingenjörbyrå (SIB), 1966: Principförslag till Kalmar—Nybro-regionens och  
Ölands framtida vattenförsörjning. — Konsultrapport.
- Sydsvenska ingenjörbyrå (SIB), 1966-06-15: Geohydrologisk undersökning av Bödaåsen  
och Nybyryggen. — Konsultrapport.
- Sydsvenska ingenjörbyrå (SIB), 1969: Borgholms stads vattenförsörjning. — Konsult-  
rapport.
- TAMM, OLOF F. S., 1959: Bidrag till kännedom om det superhumida klimatet i Sydväst-  
sverige. — Ymer 1959, h. 1. Stockholm.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. — TNC publikationer nr 45. Upp-  
sala.
- TODD, D. K., 1959: Ground Water Hydrology. — New York och London.
- WALLÉN, C. C., 1951: Nederbörden i Sverige, medelvärden 1901 — 1930. — SMHI, Ser. A  
Nr 4. Stockholm.
- WALTON, W. C., 1962: Selected analytical methods for well aquifer evaluation. — Illinois  
State Water Survey, Bull. 49. Urbana.
- WESTERGÅRD, A. H., 1936: Paradoxides Oelandicus Beds of Öland. — SGU C 394. Stock-  
holm.

ISBN 91-7158-054-9

PRISKLASS D

Distribution

SVENSKA REPRODUKTIONS AB

FAK, 162 10 VÄLLINGBY 1