

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 332.

ÅRSBOK 18 (1924) N:o 4.

HYDROGEOLOGISK  
UNDERSÖKNING AV ETT LER-  
OMRÅDE VID SKARA

AV

SIMON JOHANSSON



Med 1 tavla

*Pris 1.00 kr.*

STOCKHOLM 1926

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

252063

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 332.

ÅRSBOK 18 (1924) N:o 4.

HYDROGEOLOGISK  
UNDERSÖKNING AV ETT LER-  
OMRÅDE VID SKARA

AV

SIMON JOHANSSON



Med 1 tavla

STOCKHOLM 1926

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

252063

Sommaren 1924 företog jag på begäran av Skara stads drätselnämnd en undersökning av grundvattenförhållandena i stadens omnejd i syfte att skaffa staden rikligare tillgång på vatten. Enär undersökningen gav helt oväntade resultat, som kunna vara av allmänt intresse, har det ansetts lämpligt giva större offentlighet åt undersökningen än som kan bliva fallet med ett enskilt utlåtande till drätselnämnden.

Enligt beräkning av stadsingenjören i Skara A. Bergschöld bör staden försäkra sig om en vattentillgång, som kan giva 1,200—1,400 kbm per dygn. Den nuvarande vattentäkten ger endast cirka 525 kbm pr dygn eller ungefär 6 sek. liter. Tillgången täcker sålunda ej fullt halva behovet. Antages invånareantalet vara 6,000, erhåller varje person nu 87 liter pr dygn, vilket emellertid förefaller vara icke så litet och mera än väntat med hänsyn till den tidvis inträdande vattenbristen. Detta gör den framkomna misstanken om läckage i ledningsnätet ganska sannolik.

### Föregående utredningar.

För vattenfrågans belysning är det av intresse omnämna de förslag till vattentäkstens ordnande, som tid efter annan framkommit och de åtgärder som vidtagits. Redan av dessa framgår det nämligen att härstädes oväntade förhållanden göra sig gällande, vilka icke ha passat ihop med den föreställning, man gjort sig om en grundvattenström, som antagits gå fram i grus och sand under de mäktiga lerlagren inom det föreslagna området omedelbart norr om staden.

I huvudsaklig överensstämmelse med prof. J. G. Richerts förslag anlades 1898 det nuvarande pumpverket med en samlingsbrunn strax intill pumpverket. Genom uppmätning av grundvattenytans läge i ett stort antal borrhål och inläggning av nivåkurvor för densamma konstaterades, att en bred grundvattenström går fram över området med riktning i huvudsak mot sydväst. (Se fig. 1.) Denna grundvattenström skulle enligt förslaget utnyttjas på så sätt, att i sänkan närmast norr om pumpstationen skulle anläggas en serie brunnar i riktning tvärs över den konstaterade grundvattenströmmen (n:r 1—8 å fig. 1), och från dessa skulle vattnet tryckas upp till samlingsbrunnen vid pumpverket (P. 1). I framtiden vid större vattenbehov skulle en liknande serie brunnar förläggas i sänkan cirka 400 m längre mot norr. Emellertid kom detta förslag aldrig till fullständigt utförande. Redan vid anläggning av pumpverket och den nämnda samlingsbrunnen intill blev man alldeles översvämmad med

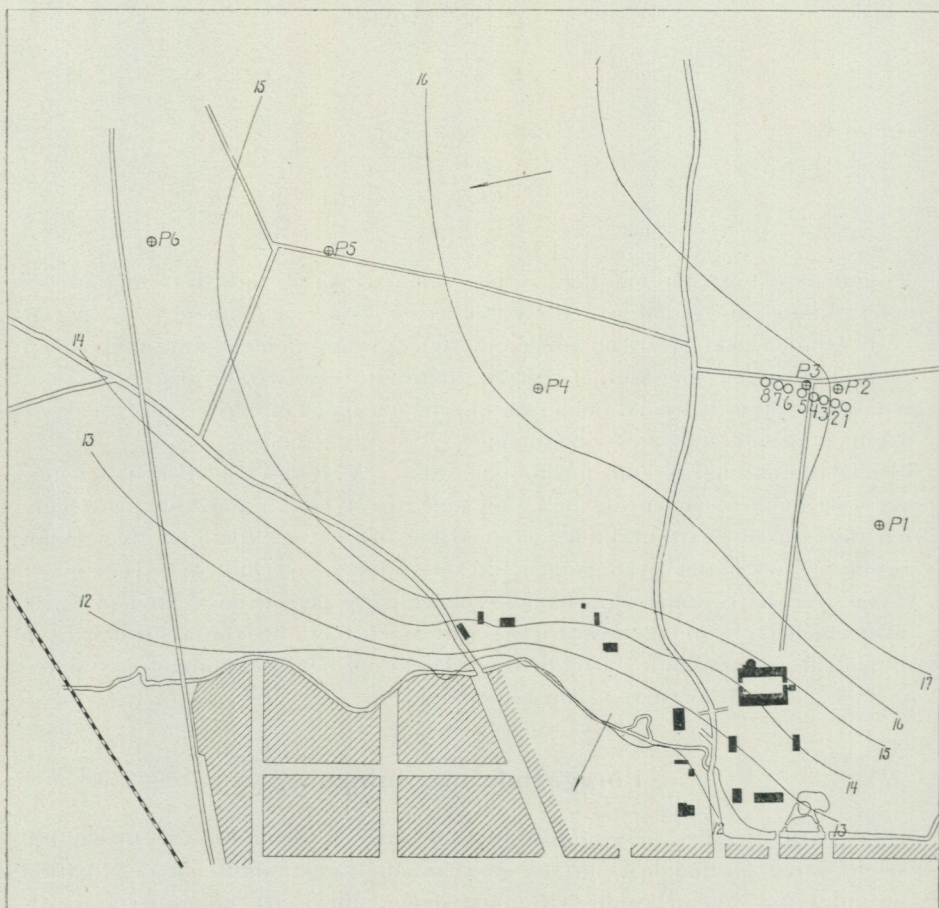


Fig. 1. Nivåkurvor för grundvattenytan före anläggningen av det nuvarande vattenverket.  
Efter Richert.

vatten. Samlingsbrunnen gav ensam 4 à 5 sekundliter, och detta var tillräckligt för stadens dåvarande behov. Man trodde, som naturligt var, att man nu påträffat en rikt givande källäder, och arbetena på fullföljandet av det Richertska förslaget avstannade. Det gick till en tid, ända till år 1911, men då började »källadern» sina, och en kännbar vattenbrist gjorde sig gällande. År 1911 var dessutom ett torrt år. För att för tillfället avhjälpa bristen anlades en provisorisk brunn (P. 2) längst ned i den nämnda sänkan strax norr om pumpverket. Året efter anmodades Vattenbyggnadsbyrån att utarbeta detaljerat förslag till utvidgning av vattentäkten för staden.

Den nyanlagda provisoriska brunnen i dalgången ökade faktiskt vattentillgången och avhjälpte bristen. Detta var ju så mycket mer märkvärdigt, som den nyanlagda brunnen ligger nära rakt i norr från den först anlagda samlingsbrunnen vid pumpverket, och med den konstaterade sydvästliga riktningen på grundvattenströmmen ligga dessa båda brunnar alltså nära nog

i grundvattenströmmens riktning. Man borde därför strängt taget icke erhållit något större vattentillskott vid pumpning i den nya brunnen. Dessutom hade man icke märkt, att den långvariga pumpningen i samlingsbrunnen, som under många år försett staden med vatten, haft något märkbart inflytande på grundvattenståndet i dalgången. På grundval härav kom man, som helt naturligt är, till den uppfattningen, att i dalgången går en särskild grundvattenström, som icke utnyttjats. Redan i Richerts första utlåtande ingick förslaget om upptagande av en serie brunnar i nämnda dalgång, förbundna med varandra medelst hävertledning, och Vattenbyggnadsbyrån hade nu så mycket större skäl att yrka på, att denna del av förslaget kom till utförande.

Emellertid hjälpte man sig fram med tillhjälp av den provisoriska brunnen, som till en början gav 4 à 5 sek. liter vatten. Brunnen utfördes på så sätt, att ett hål upptogs i marken med jordborr, varefter en trätrumma nedsattes. Lagerföljden var enligt uppgift, uppifrån räknat, 6 m lera, 1.8 m blandad sand och lera och 1.0 m sand och stenar.

Först 1914 tog man itu med iordningställandet av den nämnda brunns-serien, men vid nedläggandet av hävertledningen, som skulle förbinda brun-narna med varandra, gjorde man den iakttagelsen, att grundvattenståndet nu sjunkit med mera än 5 m och att därför det ursprungliga förslaget icke kunde fullföljas utan modifikationer. Vattenbyggnadsbyrån underrättades härom, och en närmare undersökning av grundvattenytans läge i dalgången företogs. Man fann, att sänkningen sannolikt orsakats av pumpningen i den provisoriska brunnen P. 2, att omkring brunnen hade en sänkningsträtt utbildats, varvid grundvattenståndet i den bredvidliggande brunns-serien sänkts i medeltal 5.6 m under vattenståndet vid den första undersökningen 1898, och att vattenytans lutning blivit omkastad. 1898 stod nämligen vattenytan i brunns-seriens östligaste brunn n:r 1 0.3 m högre än i den västliga brunnen n:r 7, men nu (1914) hade en omkastning skett, vattenytan i n:r 1 stod nu 0.5 m lägre än i n:r 7, en sänkningsträtt var utbildad och varje droppe grundvatten, som går fram i dalgången kommer, som utlåtandet lydde, att attraheras av den provisoriska brunnen. Det skulle därför icke tjäna mycket till att anlägga nya brunnar i dalgången.

Den iakttagna betydliga sänkningen i grundvattenståndet gav anledning till följande reflektioner. Antingen är sänkningen tillfällig, i vilket fall grundvattenståndet under en nederbördsrikare period åter skall stiga upp till det ursprungliga läget, något som förutsätter yida större variationer hos vattenståndet än som ligga inom vår erfarenhet, eller också har genom pumpningen vattenståndet sänkts successivt, vilket föreföll troligare. I sistnämnda fall måste man antaga förefintligheten av en grundvattenbassäng, som man hållit på att tömma, och en del av de 3 à 4 sek. literna vatten, man uttagit ur den provisoriska brunnen, måste då härstamma från denna grundvattenbassäng. Grundvattenströmmen, som antagits gå fram i grus och sand under leran kommande fjärran ifrån, kanske från Axvalla hed, sjunker då ned till en obetydlighet, kanske till ingenting alls. Jag skall längre fram visa, att detta antagande torde vara riktigt.

Efter detta nedslående resultat återstod intet annat än att förorda en ny utredning. Under tiden kunde man fortsätta att leva på magasinet, och för att bättre utnyttja detta borde man upptaga en ny provisorisk brunn i samma dalgång litet längre mot väster, där leran är djupare och där större sänkning av grundvattenytan är möjlig.

I Skara uppgav man dock icke helt förhoppningarna, som knutits till lerområdet norr om staden. Trots att Vattenbyggnadsbyrån i sitt sista utlåtande uttryckligen framhållit, att grunden måste anses föga vattengenomsläppande, då vid provisoriska brunnen P. 2 en sänkningsträtt på minst 100 meters radie utbildats, trodde man fortfarande på förekomsten av grundvattenådror inom området. Med stort arbete upptogs 100-tals borrhål i den djupa och svårborrade leran under ledning av dåvarande stadsingenjören Billwall, och ett stort antal vattenståndsror nedsattes för observationer av grundvattenståndet för att därav sedan möjligen få fram några deciderade strömdrag. Genom borrhörningarna sökte man även fastställa berggrundens bottenkonfiguration under förhoppning om, att i berggrundens sänkor den eftersökta grundvattenströmmen skulle påträffas. Resultatet motsvarade dock icke förväntningarna. Genom provpumpningar i några borrhål belägna långt mot väster, mellan Tvetavägen och gamla Kinnekullebanan i den nämnda sänkans fortsättning, konstaterades emellertid ganska riklig vattentillgång, och i ett av borrhålen P. 4, där sedermera en pump blivit nedsatt, erhöles särskilt rikligt med vatten, ända till 1.42 sek. liter på varje meters sänkning av vattenytan i borrhålet. Frågan var endast om vid pumpning här ett verkligt tillskott i vattenmängd komme att erhållas, eller om icke till äventyrs samma grundvattenström framgår här, som man redan pumpar ur vid provisoriska brunnen P. 2 och där »icke en droppe slipper förbi». Billwall för sin del var optimistisk, han kunde ju peka på en redan vunnit erfarenhet. Det var ju uppenbart, att man tvärtemot tidigare grundvattenströmsteorier erhållit en väsentlig ökning i vattentillgången, sedan man tagit brunnen P. 2 i bruk. Varför då icke sammalunda i detta fall? Emellertid var det nog under stora betänkligheter man tog den nya brunnen i bruk, det skedde först 1922, och då endast under perioder, då verklig nöd rådde.

Året förut hade en ny provisorisk brunn P. 3 upptagits ett stycke väster om P. 2, där leran är särskilt djup och där grus och sand förekomma under leran. För närvarande tages den huvudsakliga vattenkvantiteten från denna brunn. Under tiden har brunnen P. 2 blivit mindre givande än vid starten. Magasinet härstädes håller tydligen på att tömmas.

Det skall omnämnas, att man även försökt hämta vatten ur själva berggrunden. Strax intill vattentornet i södra delen av staden har ett borrhål neddrivits till 60 meters djup i berget. Det härigenom vunna vattentillskottet är dock skäligen betydelseöst, det belöper sig icke till mera än cirka  $\frac{1}{4}$  sek. liter.

Det för förståelsen av grundvattenproblemet härstädes mest betydelsefulla erfarenhetsrön man under tiden gjort är, att vid begynnande pumpning i ett nytt borrhål vattentillgången i början är riklig för att sedan så småningom

avtaga. Om vattnet tages ur en grundvattenström, så skulle vattentillgången vara något så när konstant under årens lopp, men enär detta ej visat sig vara fallet, tvingas man till samma antagande som Vattenbyggnadsbyrån redan gjort, nämligen att vattnet åtminstone till största delen tages ur ett grundvattenmagasin. Men, frågar man sig, var finnes då detta magasin? Den sänkningsträtt, som uppstår i grundvattenytan runt kring ett pumphål, talar för att magasinet ligger i själva leran, men då förutsätter detta å andra sidan, att leran därstädes är av den säregna beskaffenheten, att den med synnerlig stor lätthet släpper fram vatten. Man vet ju, att i en lerterräng är leran i de översta 2 å 3 meterna genom uttorkning tämligen fast och sprickig. I denna s. k. torrskorpa kan vatten mer eller mindre lätt passera beroende på sprickigheten, men därunder kommer en tät och blöt lera, som är praktiskt sett ogenomtränglig för vatten. I en så utbildad leravlagring är det omöjligt förutsätta ett grundvattenmagasin, som med sådan lätthet som det härvarande låter tömma sig på sitt innehåll.

### Topografiska och geologiska förhållanden.

Innan jag närmare ingår på hithörande hydrologiska problem, skall jag något omnämna de topografiska och kvartärgeologiska data i trakten, vilka kunna vara av intresse för föreliggande fråga. Området är beläget vid mynningen av den flacka dalgång, som järnvägen Skara—Axvall följer. Denna dalgång genombryter den här låga höjdsträckning, som går i nordostlig riktning väster om Hornborgasjön och vidare mot nordost begränsande Valle härads ås- och sjösystem. Ifrågavarande höjdsträckning utgör ostlig gräns för den stora och jämna västgötska lerslätten, som härifrån faller i jämn lutning nedåt Vänern.

Det ifrågavarande Skara-området ligger i östra kanten av denna lerslätt och ansluter sig norrut till den mäktiga höjdrygg, som under namn av Skarabergsåsen framgår över Planteringen, Västorp och Järnsyssla och vidare mot öster förlorar sig i åsterrängen norr om Sandstugan (se geologiska kartbladet »Skara»). Denna höjdrygg, som anses utgöra en av de mellansvenska ändmoränvallarna, är dock ganska oregelbundet förlöpande. I dess östra del är den på ett par ställen genombruten och vid Järnsyssla grenar den sig, bildande två av en längsgående sänka skilda ryggar. I närheten av Planteringen förena sig ryggarna i en jämn och relativt högt liggande, utbredd lerplatå med mäktiga lerlager. Från Skarabergsåsen sluttar området ned mot bäcken Dofsan, dock icke i en jämn sluttning, ty tvenne dalsänkor framgå över lerfältet i nära ost—västlig riktning. I västra delen av fältet utplanas topografien, och här, vid gamla Kinnekullebanan, gå de båda dalsänkorna ihop. Beträffande de närmare detaljerna i områdets topografi hänvisas till nivåkartan, tabl. 1, där även den ytliga vattendelaren är inlagd. Nivåkartans höjdsiffror angiva höjden över domkyrkotrappan i Skara.

I den nordligaste av de nämnda dalförena framrinner ett litet vattendrag,

som kommer från sänkan mellan ändmoränåsens höga grenryggar mellan Planteringen och Järnsyssla. Den ytliga vattenföringen i den sydliga sänkan är avsevärt mindre. Endast tillfälligtvis framflyter här något ytvatten. Enligt utsago rinner numera, sedan brunnarna i denna dalgång tagits i bruk, mindre vatten än förut. Efter sammanflödet av de båda vattendragen i närheten av Karstorp har dock framrinningen tidtals varit nog kraftig för att utbilda en markerad ravindal i lersedimenten. (Se kartan, tavl. 1.) Väster om Karstorp utmynnar denna ravin i Dofsans dalgång. Området avbördar sålunda sitt ytvatten rakt västerut under det att grundvattnet, vilket redan Richert i sitt utlåtande påvisat (se fig. 1), går mot SV och oberoende av den ytliga vattendelaren i områdets södra del. Redan detta förhållande är rätt enastående och förutsätter en ovanligt genomsläpplig grund.

Hela den flacka dalgång, till vilken vårt specialområde hör, avvattnas av Dofsan, som upprinner i gränstrakterna till Axvalla hed, där den i tvenne armar omsluter grusdeltat i söder och väster. Endast undantagsvis har nämnda bäck under sitt lopp förmått genomskära den mäktiga leran, nämligen nedanför Victoriasjön vid Domprostgården, där berggrunden på ett ställe blivit framroderad.

Tack vare de talrika borrhningar, som företagits på området, känner man ganska noga lerlagrets beskaffenhet och mäktighet. Bottnens beskaffenhet har dock tyvärr icke gått att så noga utröna. Vid spolningsförfarandet, som tidigare använts, är det ju icke så lätt att av det uppspolade bottengruset avgöra om morängrus eller grus av annat slag föreligger; för att bedöma den frågan riktigt erfordras nog stor erfarenhet. Likaså torde det hava varit omöjligt avgöra i vissa fall, då borren stött mot sten, om verkligen en lös sten förelegat eller om berggrunden påträffats. Vid mina borrhningar har skopborr använts för leran och för undersökning av botten en skruvborr. Lösa grusavlagringar ha därvid lätt kunnat urskiljas från morän, men där botten är stenig har det varit svårt avgöra dess karaktär. Så vitt jag kunnat döma föreligger dock på botten utbredda klapperstenslager. På någon enstaka punkt kunde det lyckas att med skruven komma igenom klapperstenslagret och ned i underliggande löst grus. En sådan punkt är nummer 411 (se tavl. 1).<sup>1</sup>

Genom borrhningarna har jag sökt i första hand konstatera, om någon grusås framgår inom området under leran. En sådan grusavlagring har genom Richerts borrhningar konstaterats under höjdryggen strax norr om de provisoriska brunnarna P. 2 och P. 3, och det gällde nu att följa dess sträckning. Det visade sig emellertid, att denna grusås inskränker sig till en isolerad gruslins liggande i nordostlig—sydvästlig riktning. Mot sydväst slutar den vid brunnen P. 3, och mot nordost kan den följas ett par hundra meter på andra sidan järnvägslinjen. Ser man på det geologiska bladet Skara, befinnas även isälvsavlagringarna rakt norr härom såsom vid Malmslund, vilka eventuellt tillhöra samma isälv, ligga som spridda förekomster med ost—västlig riktning. Man har sålunda icke att räkna med förekomsten av en sammanhängande ås.

En geologiskt intressant företeelse är den starka och utbredda ström-

<sup>1</sup> De av mig upptagna borrhålen hava erhållit nummer på 400-talet.

erosion på botten, som här förekommit och varom klapperstenslagret vittnar, och förmodligen kan den isolerade gruskullen betraktas som en erosionsrest av en ursprungligen mera sammanhängande ås. Detta förhållande synes antyda, att isälvsvattnet, sedan det lämnat istunneln och mynnat i havet utanför, kan framgå i en samlad ström efter havsbotten och än avlagra, än erodera, en iakttagelse som redan de Geer gjort vid sina studier över isälvsavlagringarna vid Dals Ed.

Den överliggande leran är i medeltal c:a 10 m mäktig och av en mycket likartad sammansättning över hela området; den är oväntat nog i regel av en mjälig mellanleretyp med små variationer dels till en styv lera, dels till en lättare mjälig mellanlera. Nedanstående tabell upptager sammansättningen hos några lerprov härifrån. Man finner av tabellen att korngruppen slam (partiklar mindre än 0.002 mm i diameter) ingår i två av proven till mer än 50 % och att hos alla tre proven ett minimum i partikelfrekvensen i korngruppen 0.006—0.002 mm förekommer. Med hänsyn till att leran är föga styv, som nämnts av mellanleretyp, ligga sannolikt en stor del av partiklarna tillhörande slamgruppen nära den övre gränsen, och hade denna grupp blivit ytterligare uppdelad, så skulle analysen då hava visat tvenne maxima i partikelfrekvens. En sådan kornfördelning är typisk för varviga leror, med sina växlande mjäliga och leriga skikt.

Tab. 1. *Lerans mekaniska sammansättning.*

	K o r n s t o r l e k						
	2.0—0.6	0.6—0.2	0.2—0.06	0.06—0.02	0.02—0.006	0.006—0.002	< 0.002
	%	%	%	%	%	%	%
P. 3. 9.5 m . . . . .	0.2	0.5	7.9	17.4	12.7	2.7	58.6
N:o 444 1.6 » . . . . .	0.1	0.2	27.2	25.1	13.2	2.8	31.4
N:o 444 4.5 » . . . . .	0.1	0.1	1.5	13.7	14.2	2.9	67.5

Analytiker K. Sjöberg.

Leran är en glacial varvig lera. Varvigheten är dock mycket otydlig och har endast undantagsvis kunnat spåras; endast nära botten kan leran innehålla skikt av mo.

Vid borringen påträffades ett stovuxet exemplar av en mussla, *Macoma calcaria*, som antyder huru förhållandena varit vid lerans avsättning. Musslan fordrar nämligen relativt salt eller kallt vatten. Iskanten har då icke stått långt borta. Mindre stenar stöter man ovanligt ofta på vid borringar i leran, och av dessa äro en stor del kalkstenar och skifferbitar eller fragment av orstensbollar. Här i dalgången har tydligen varit ett stråk för isberg, som kommande från baltiska issjöns avloppsrännor i Broddetorpstrakten, dragit fram här, och från dessa hava infrusna stenar droppat ned och inbäddats i slammet.

Delvis på grund av denna isbergsdrift får man antaga, att en strömning, om än svag, förekommit här i havet under tiden för lerans avsättning, och denna strömning har då antagligen kommit österifrån och följt dalgången. Det finnes ett par andra skäl, som också tala härför, nämligen lerans kalkhalt och lerans sammansättning.

Vattnet, som pumpas härifrån, innehåller en avsevärd kalkhalt, och detta gav mig anledning undersöka leran i några borrhål i avseende på kalkinnehåll. I tabellen anföres resultatet. Kalkförekomsten är endast undersökt genom att iakttaga, huruvida leran fräser för syra. Ingen fräsning har i tabellen be-tecknats med o och ett till tre plustecken ange olika stark fräsning. För att härav något så när kunna uppskatta kalkinnehållet har i ett prov från P. 5, som fräser mycket starkt, kalken direkt bestämts och befunnits utgöra 2.8 % kolsyrad kalk.

Tab. 2. *Lerans kalkinnehåll.*

P. 3		P. 5		N:o 444	
Djup i meter	Fräsning för syra	Djup i meter	Fräsning för syra	Djup i meter	Fräsning för syra
1.5	o	1.5	o	1.6	o
2.5	+	2.5	++	2.4	o
3.5	++	3.5	+++	3.5	++
4.5	o	4.5	++	4.5	+++
5.5	+	5.5	++		
6.5	o	6.5	+++		
7.5	o	7.5	+		
8.5	o	8.5	o		
9.5	o	9.5	+		

Prov har tyvärr icke tagits ända ned till botten.

Man kan av tabellerna konstatera, att i de djupare lagren kalkhalten är mindre. Dessa lager hava företrädesvis uppbyggts av slam från en lokal isälv, som icke fört kalkhaltigt material. Först när iskanten ryckt längre bort och slamtillförseln från isälvarna minskats, har det kalkhaltiga slammet från silur-området kunnat göra sig mera gällande. Förhållandet talar onekligen för en strömning i havet från öster.

Det tredje skälet för strömteorien grundar sig på lerans mjälīga sammansättning. Hadé leran, avsatt sig i ett stillastående hav, borde den haft större lerhalt. Som den nu är, liknar den det fjordsediment, som avsatt sig i de norr-ländska fjorddalarna, där en svag strömning hos vattnet ut mot havet förefunnits.

Denna diskussion av strömmar i ett hav för mer än 10,000 år sedan kan synas endast äga teoretiskt intresse, men som vi längre fram skola se, spelar förhållandet en viss roll vid diskussionen om vattenledningsvattnets nuvarande

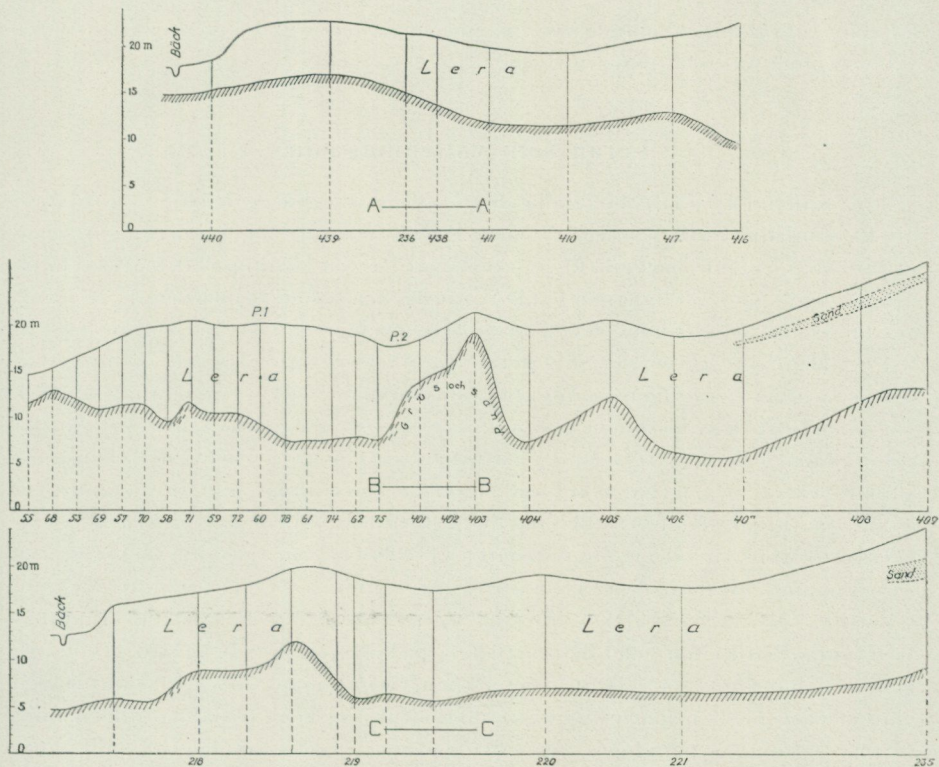


Fig. 2. Profiler gående i nära N-S:lig riktning över området visande lerans mäktighet.

salthalt. Här skall endast framhållas, att dessa strömmar till en viss grad utsötat det salta hav, vari sedimentationen ägde rum.

Över så gott som hela området går beskrivna lertyn ända upp i dagytan; endast i västra delen ligger vid Tvetavägen ett litet område, där lera överlagras av ett tunt molager, likaså har vid borringarna konstaterats ett ganska ytligt liggande dm-mäktigt molager, överlagrat av glacial lera, på höjdslutningen söder om Planteringen. Detta lilla molager spelar lokalt för grundvattenförhållandena en viss roll, så till vida att nederbördsvattnet har svårt att genomtränga denna av osorterat material bestående moavlagring, varför vattnet framrinner över detta skikt följande detsamma, och där molagret längre nedåt slutningen kommer upp i ytan, blir också marken därstädes vattensjuk.

Geologiskt sett är detta molager av högsta intresse. Det är samma bildning som moavlagringen vid Tvetavägen, och högst sannolikt äger det genetisk samhörighet med de rikt utbredda sandavlagringarna väster ut på Västgötaslätten. Här är dock icke platsen att ingå på deras tolkning.

För att ytterligare belysa förhållandena skall här några profiler medtagas grundade på egna och förutvarande borringar i huvudsak för att visa lerans mäktighet inom området. Längre fram skall en annan geologisk faktor be-

handlas, utan vilken enligt min mening inga nämnvärda vattenkvantiteter skulle kunnat uttagas härifrån.

### Leran som vattenmagasin.

Jag skall nu närmare behandla denna leras säregna egenskaper, som stå i direkt samband med dess vattenföring. Redan vid de första borringarna jag utförde här, kunde jag iakttaga, att leran har en ovanlig hårdhet även på djupet ända ned till botten, vilket gjorde den ytterst svårborrad. Normalt är annars, att leran under det hårda torrskorpelagret är så lös, att den nästan flyter. Den iakttagelse över Skaralerans hårdhet, som gjordes vid borringarna, har senare verifierats genom direkta bestämningar. Detta har kunnat ske tack vare den s. k. kon-metoden, som utarbetats av Statens järnvägars geotekniska kommission i syfte att bedöma naturliga lerlagers bärighet. Metoden är så allmänt känd, att jag här icke skall beskriva densamma. För provtagning av leran i naturligt, oomrört tillstånd har använts ett utmärkt fungerande s. k. kolvborr, konstruerat av byråingenjör J. Olsson, förutvarande sekreteraren i ovannämnda kommission och numera föreståndare för den nyinrättade geotekniska avdelningen vid Statens järnvägar. Härigenom har det blivit möjligt bestämma hårdheten eller hållfastheten på lerlager, som icke äro åtkomliga genom schaktning, och hållfastheten kan bestämmas både på oomrört och omrört prov med sin naturliga vattenhalt. Liksom hos kolloidala ämnen i allmänhet förefinnes nämligen även hos lerorna en stor skillnad i hållfasthet mellan omrörda och oomrörda prov. Lerorna hava den egenskapen, att de med tiden stabilisera sig eller hårdna, utan att någon vattenförlust behöver ifrågakomma.

Proven för dessa bestämningar äro tagna från 3 st. borrhål. En serie strax intill den provisoriska brunnen P. 3, en annan intill borrhål P. 5 i västra delen av fältet,<sup>1</sup> och den tredje serien härrör från borrhål 444 beläget i sydvästra delen av fältet utom räckhåll för närmaste pump. Provserierna äro desamma som använts för kalkhaltsbedömningen, för vilken tidigare redogjorts.

Utom hållfasthetstalen för proven i oomrört och omrört tillstånd upptager tabell 3 vattenhalten beräknad i procent av torkat prov och dessutom det s. k. finlekstalet, eller den vattenhalt leran beräknas hava vid hållfasthetstalet 10. För likartade leror står detta tal något så när i proportionalitet med partiklarnas finlek, och av siffrorna kan man bedöma, hur pass likartad leran är.

Dessa direkta bestämningar av hållfastheten bekräfta den uppfattning jag redan vid borringarna fick, nämligen att här föreligger en onormalt hård lera. Hela det mäktiga lerlagret kan betraktas som en enda torrskorpa. På så stort djup som 7.5 m i serien från P. 3 samt 4.5 och 9.5 m i P. 5 erhöles samma och större hållfasthetstal än i ytlagret på 1.5 m. Till skillnad från en normal torrskorpebildning, där hållfasthetstalen raskt avtaga uppifrån och nedåt, före-

<sup>1</sup> Detta borrhål har förut av stadsingenjör Billwall provpumpats. Enligt uppgift pumpades här medelst en elektriskt driven pump natt och dag under en veckas tid, varför avsevärda vattenkvantiteter tagits härifrån.

Tab. 3. *Vattenhalt och hållfasthetstal.*

Profilpunkt	Djup i meter	Vattenhalt i procent	Hållfasthetstal		Finlekstal
			oomrört prov	omrört prov	
P. 3	1.5	27.8	1,040	—	—
»	2.5	29.3	895	30.0	36.6
»	3.5	42.3	760	19.0	49.0
»	4.5	50.0	563	29.5	64.0
»	5.5	47.6	563	23.5	66.2
»	6.5	42.5	895	39.0	57.0
»	7.5	46.5	1,040	30.0	59.7
»	8.5	39.1	825	12.5	45.2
»	9.5	40.3	760	31.0	53.0
P. 5	1.5	30.6	1,165	—	—
»	2.5	29.9	960	—	—
»	3.5	25.4	1,040	—	—
»	4.5	31.6	1,495	64.0	42.0
»	5.5	35.6	463	—	—
»	6.5	42.7	605	—	—
»	7.5	49.0	960	—	—
»	8.5	44.2	523	—	—
»	9.5	43.5	1,265	24.5	53.5
444	1.6	33.5	1,165	—	—
444	2.4	31.2	523	25.0	37.0
444	3.5	41.6	299	21.0	48.3
444	4.5	48.8	825	19.5	56.5

ligger i de meddelade profilerna ingen sådan tendens, och följaktligen måste en annan faktor än uttorkning från ytan här varit verksam.

Under normala förhållanden är lerans naturliga konsistens under torrskorpan, enligt benäget meddelande av ingenjör J. Olsson, som haft tillfälle undersöka leror på ett flertal ställen i olika delar av landet, i regel mellan hållfasthetstalen 20—60 för oomrörda prov och vanligen under 100. Någon gång har ett hållfasthetstal upp till 200 erhållits och endast undantagsvis upp till 300. I härvarande provserier erhöles hållfasthetstal i vissa lager uppgående till över 1,000. Motsvarande tal för fullständigt omrörda prov äro normalt omkring 5, mera sällan över 10, någon gång över 20 och endast undantagsvis upp till 40.

Av relationen mellan hållfasthetstal och vattenhalt för fullständigt omrörda prov, vilken åskådliggöres av nedanstående kurvor, hänförande sig till 4 st. lerprov härifrån, framgår att vattenhalten vid hållfasthetstalet 5 ligger i medeltal vid 60 procent. Om man då antager, att härvarande lerlager en gång haft denna sannolika hållfasthet och motsvarande vattenhalt, så har leran på något sätt förlorat i medeltal 21 % vatten, när den nu existerande vatten-

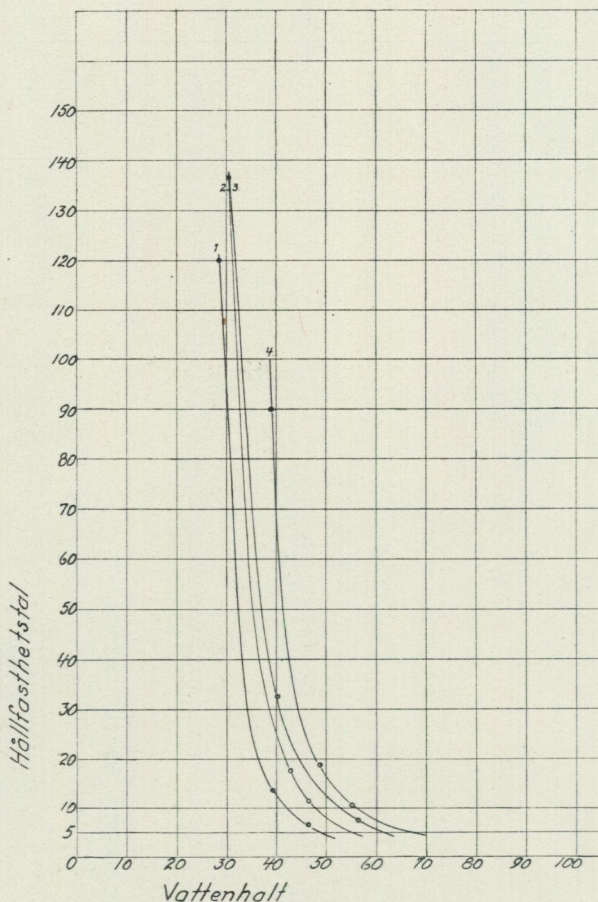


Fig. 3. Relationen mellan vattenhalt och hållfasthet.

Kurva 1. Lera fr. P. 5, 4,5 m under ytan.  
 » 2. » » P. 3, 3,5 » » »  
 » 3. » » P. 3, 9,5 » » »  
 » 4. » » P. 444, 4,5 » » »

halten hos de 4 proven i medeltal ej uppgår till mera än 41 %. Även om denna siffra är högst approximativ, kan man dock icke fränkomma en försiggången avvattning av lerlagren, och denna avvattning har ägt rum före den nu i gång varande pumpningen, eftersom leran utanför pumparnas räckhåll har samma hårda konsistens.

En vattenförlust hos leran förutsätter i sin tur, att det förlorade vattnet på något sätt kommit ur leran, denna måste med andra ord vara genomsläpplig för vatten.

Man har kunnat konstatera, att lera genom pressning, åstadkommen av överliggande lagers tryck, så småningom avger vatten. Med vattenförlusten följer nödvändigtvis en minskning i volymen med motsvarande belopp. Vid denna krympningsprocess uppstå spänningar, som till slut bliva så höga att

hållfasthetsgränsen överskrides, och leran spricker. Sådana sprickor äro vanliga i torrskorpan, där vattenförlusten åstadkommits genom uttorkning, men måste även förekomma inom djupare lager, om vattenutpressning ägt rum.

Förutsättningen för att denna utpressningsprocess skall kunna försiggå är, dels att det utpressade vattnet skall kunna bortgå genom en genomsläpplig grund under leran, dels att leran i sig själv är genomsläpplig för vatten. Vid en mycket blöt lera, där alltså de särskilda kornen ligga relativt långt från varandra, kan vattnet röra sig mellan kornen, men i och med vattenförlusten minskas partikelavståndet och därmed genomsläppligheten. Ett jämviktsläge mellan tryck och lerans vattenhalt inställer sig så småningom. I normala fall har denna vattenutpressning gått så långt, att leran under torrskorpan, som förut nämnts, erhållit i sitt nuvarande tillstånd ett hållfasthetstal liggande mellan 20—60 för oomrörda prov. Motsvarande tal för ifrågavarande Skaralera uppgår till tusentalet och däröver, den har med andra ord haft en betydligt större vattenförlust än som under normala betingelser vore att vänta.

Det vore av stort kvartärgeologiskt intresse att fastställa anledningen till denna abnorma fasthet hos leran, och jag skall här något diskutera de tänkbara orsakerna.

Den direkta uttorkningen från ytan kan utan vidare lämnas åsido, ty intet klimat huru torrt som helst torde kunna åstadkomma en dylik över 10 m djup torrskorpa utan någon tendens till tilltagande vattenhalt eller avtagande fasthet mot djupet. Återstår då endast att söka anledningen i utpressningen.

Vid en vattenutpressning orsakad genom själva lerlagrens tyngd drives utpressningen längst i de understa lagren, på vilka den mäktigaste leran vilar och på vilken alltså det högsta trycket verkar. Ju högre upp man kommer, ju mera minskas trycket och därmed den utpressade vattenkvantiteten. Det kan nämnas, att G. Ekström och H. Flodkvist i ett samtidigt härmed utkommande arbete<sup>1</sup> närmare redogjort för lerans fasthet på olika nivåer i en lerprofil. I nämnda arbete anföres en normalprofil i lera, som visar en proportionellt mot djupet tilltagande hållfasthet hos lerlagren under torrskorpan eller i den s. k. såpleran. Men icke heller detta fall täcker de faktiska förhållandena i Skaratrakten, ty lika litet som där förefinnes en tendens till avtagande hållfasthet mot djupet, lika litet kan motsatsen sägas vara fallet. Lerlagren hava för övrigt icke den mäktighet, att ett tillräckligt tryck för en så långt driven vattenutpressning kan åstadkommas, helst som exempelvis i dalgångarna det i sprickorna stående grundvattnet når nära upp till dagytan och delvis upphäver lerlagrens tryck.

Andra tänkbara orsaker till en långt driven utpressning är inlandsisens tryck vid en eventuell isframryckning över tidigare avsatt lera eller också att mäktiga nu borteroderade sedimentmassor en gång vilat på lerlagren härstädes. Utan att ingå på en närmare diskussion av sådana möjligheter som de sistnämnda, vilka komma att av mig behandlas i annat sammanhang, vill jag här blott framhålla, att området för sprickighet går i ett några km brett bälte från

<sup>1</sup> Hydrologiska undersökningar av åkerjord inom Örebro län. S. G. U. Ser. C. N:o 334.

Lundsbrunn i N till trakten av Larv i S och ansluter i O till den förr omnämnda moränsträckningen, ävensom att enligt min åsikt här sedermera bortförda sedimentmassor utpressat leran.

För förekomsten av sprickor finnes det ofrånkomligt bevis i den våldsamma hastighet, varmed vattnet strömmar till i brunnar eller borrhål vid pumpning. Redan är omtalat, huru man vid anläggningen av brunnarna blev alldeles översvämmad med vatten, och detta redan innan man grävt eller borrar igenom lerlagret, alltså innan en eventuell ström i eventuellt genomsläppligt bottenlager kunnat inverka.

Vid borringarna har i regel vattenståndet i borrhålet antecknats och huru detta ändrat sig under pågående borring. Jag skall häröver anföra ett belysande fall, som kan sägas vara typiskt för området, hämtat ur anteckningarna över borringen av borrhål n:r 410, beläget i den sydliga dalsänkan och öster om nya Kinnekullebanan. Vattnet påträffades i borrhålet redan 1 m under markytan; vid fortsatt borring sjönk vattenytan till c:a 2.6 m under marken, där det en tid höll sig konstant. Då borrhålet drivits ned c:a 4 m, steg vattnet så småningom upp till 2 m under ytan, och efter ytterligare en halv meters fördjupning av borrhålet hade vattnet nått upp till 1 m under ytan. På 7.8 m påträffades botten bestående av sten och grus, och vattnet hade nu stigit upp till 0.8 m under marken. Vattenytans sänkning i början beror naturligtvis på, att tillrinningen icke hållit jämna steg med fördjupningen av borrhålet; först på omkring 4 meters djup påträffas mera vattengenomsläppliga eller mera sprickiga lager, och vattnet stiger hastigt. För den som haft tillfälle att på andra håll företaga borringar i lera och sett huru föga vattenledande den är på djupet, måste den stora genomsläppligheten här te sig som en märkvärdighet.

För erhållande av kvantitativa mått på tillrinningshastigheten provpumpades en del borrhål. Borrhålen nådde visserligen genom leran till underlaget, varför det icke är uteslutet att vatten från detsamma tillkommit, emellertid måste man av grunder som redan anförts antaga en föga genomsläpplig grund, varför om icke allt, så åtminstone allra största delen av vattnet härstammar från leran. Jag skall här meddela resultaten av provpumpningarna. I tabellerna, sid. 29, återfinnas de fullständiga protokollen häröver.

*Borrhål N:o 410.* Lagerföljd: Lera till 7.8 m, därunder sten och grus.

Grundvattenytan före pumpningen . . .	0.75 m	under markytan.
» sänktes till . . . . .	2.95 »	» »
	sänkningen 2.20 m	

Pumpens kapacitet vid slutet 1.47 sek. liter.

Pumpningens varaktighet 6 t 45 min.

*Borrhål N:o 411.* Lagerföljd: Lera till 8.2 m, därunder sten och grovt grus.

Grundvattenytan före pumpningen . . .	1.93 m	under markytan.
» sänktes till . . . . .	3.48 »	» »
	sänkningen 1.55 m	

Pumpens kapacitet vid slutet 1.36 sek. liter.

Pumpningens varaktighet 5 t 45 min.

*Borrhål N:o 430.* Lagerföljd: Lera till 7.5 m, sand till 8.9 m, därunder grov sand eller grus till obekant djup.

Grundvattenytan före pumpningen . . . 3.40 m under markytan.

» sänktes till . . . . . 4.87 » » »

sänkningen 1.47 m

Pumpens kapacitet vid slutet 1.15 sek. liter.

Pumpningens varaktighet 7 t 5 min.

*Borrhål N:o 428.* Lagerföljd: Lera till 10.6 m, därunder 0.3 m lera och fin sand. Botten består av sten och grus.

Grundvattenståndet före pumpningen . . . 3.46 m under markytan.

» sänktes till . . . . . 4.91 » » »

sänkningen 1.45 m

Pumpens kapacitet vid slutet 1.37 sek. liter.

Pumpningens varaktighet 4 t 30 min.

*Borrhål N:o 429.* Lagerföljd: Lera till 10.0 m. Botten består av klapperstenar.

Grundvattenståndet före pumpningen 3.2 m under markytan.

Borrhålet länsdumpades efter några minuter.

*Brunn N:o 227.* Lagerföljd: Lera till 13.8 m. Därunder 0.1 m lera med sandskikt. Botten består av sten. (Morän.)

Grundvattenståndet före pumpningen 2.70 m under markytan.

Efter 30 minuters pumpning hade vattenståndet sjunkit till 9.00 m under markytan, och pumpen kunde ej längre lyfta vattnet till erforderlig höjd.

*Brunn P. 5.* Lagerföljd: Lera till 13.8 m. I botten större sten eller berg.

Grundvattenståndet före pumpningen . . . 2.12 m under markytan.

» sänktes till . . . . . 6.07 » » »

sänkningen 3.95 m

Pumpens kapacitet vid slutet 1.05 sek. liter.

Pumpningens varaktighet 3 t 15 min.

*Brunn P. 6.* Lagerföljd: Lera till 11.5 m. Bottenens beskaffenhet obekant.

Grundvattenståndet före pumpningen . . . 0.54 m under markytan.

» sänktes till . . . . . 3.87 » » »

sänkningen 3.33 m

Pumpens kapacitet vid slutet 1.00 sek. liter.

Pumpningens varaktighet 3 t 15 min.

Provpumpningen har givit bästa resultat för borrhålen belägna i östra delen av fältet. Hos dessa har för varje meters sänkning av vattenståndet vid pumpningen erhållits omkring 1 sek. liter, under det att de två i västra delen av fältet belägna brunnarna P. 5 och P. 6 endast givit omkring  $\frac{1}{3}$  sek. liter för samma

sänkning. Brunnen N:o 227 i norra dalsänkan och likaså borrhål N:o 429 gävo en obetydlighet. Man får naturligtvis icke vänta sig, att leran överallt är i samma grad söndersprucken och vattenledande. Vissa områden kunna ju vara mera och andra mindre påverkade av den faktor, som åstadkommit sprickigheten.

Jag skall anföra ett annat ojävigt bevis för att det vatten, som nu tages från området, härstammar åtminstone till övervägande delen ursprungligen från i leran inneslutet vatten. Beviset skall hämtas från vattenledningstvattnets innehåll av lösta ämnen. Genom dr G. Nannes har jag erhållit nedanstående vid Skara kemiska station utförda analyser på vattenledningstvattnet.

Tab. 4. *Analysen av Skara vattenledningstvatten.*

	Avd. återstod	Glödgningsförlust	Syre-förbr.	Kalk CaO	Mag-nesia MgO	Järn-oxid Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Klor Cl	Svavel-syra SO <sub>3</sub>	Am-mo-niak	Sal-peter-syra	Sal-peter-syrlig-het
M i l l i g r a m p e r l i t e r											
År 1901 . .	299.4	54.0	2.6	87.0	17.9	0.27	15.9	9.8	Reakt.	o	o
» 1910 . .	425.0	28.3	1.4	101.2	25.7	0.32	72.0	8.5	»	o	o
» 1915 . .	398.2	98.6	1.7	104.6	26.5	0.88	49.0	28.9	»	o	o
» 1921 d. 7/3 fr. P.4	433.0	96.6	1.7	116.5	33.4	—	—	61.3	o	o	o
» 1921 d. 10/5 fr. P.4	431.7	114.5	2.5	120.7	35.1	—	—	58.5	o	o	o
» 1921 . .	381.3	107.8	0.7	109.6	27.7	—	—	40.9	o	o	o

Om vi först undersöka kalkhalten, så visa analystabellens siffror en avsevärd kalkhalt, vilket för invånarna i Skara stad icke är någon överraskning. Som förut påvisats innehålla vissa lerlager härifrån tämligen mycket kolsyrad kalk, och om man antager, att vattnet härstammar ur leran, så är dess höga kalkhalt lätt förståelig.

Ett fullt bindande bevis ligger dock i vattnets klorhalt. Av tabellen synes att år 1910 kunde ända till 72 milligram klor pr liter påvisas i dricksvattnet. Tyvärr är icke klorbestämning utförd på tabellens tre sista prov, men från dr F. Svenonius har jag mottagit ett meddelande, att han år 1922 funnit Skaravattnet hålla 63 mgr klor och 2 år senare, i november 1924, 77 mgr pr liter. Ännu en senare undersökning på skaravattnets klorhalt, nämligen från den 15 januari 1925, är utförd på Centralanstaltens kemiska avdelning och befanns tvenne prov av vattnet, det ena hämtat från bergsbrunnen intill vattentornet och det andra från brunn P. 2, innehålla respektive 265.0 och 13.7 mgr Cl pr liter. Om vi lämna åsido vattnet från bergsbrunnen med dess oerhörda klorhalt, som är en historia för sig, och endast fästa oss vid analysen från brunn P. 2 tillhörande vårt område, se vi att salthalten nu är lägre än de föregående analyserna utvisa. Detta får dock icke fattas som bevis för att salthalten nu är stadd i sjunkande, utan orsaken ligger helt säkert däri, att på grund av den neder-

bördsrika sommaren och hösten föregående år grundvattenståndet stigit genom magasinering av ytvatten, och det är huvudsakligen detta mindre salta vatten, som nu tages i anspråk.

Bortser man från sådana mera tillfälliga minskningar i dricksvattnets salt-halt och räknar med, att skaravattnet normalt håller omkring 60 mgr klor pr liter, befinnes detta, omräknat i koksaltmängd pr år, motsvara omkring 25 ton koksalt, som tages ur lerbrunnarna.

Varifrån härstammar denna avsevärda saltmängd? I första hand kan man tänka på tillförsel av klor ovanifrån med nederbörden och genom fältens gödsling med stallgödsel och kalialter. Jag har i denna sak tillfrågat professor Hj. von Feilitzen, som benäget meddelat följande. »Genom en normal gödsling med stallgödsel och kalialter under en 7-årig cirkulation tillföres jorden i runt tal 25 kg klor årligen pr hektar. Beträffande nederbörden tillföres jorden enligt långvariga undersökningar vid Rothamsted i medeltal 15.8 kg klor pr år och hektar.» Även om man skulle räkna med att staden nu tager vatten från ett 100 hektar stort område, erhålles icke tillnärmelsevis den klormängd, som beräknats enligt analyserna av Skaravattnet. Man har icke heller funnit något dräneringsvatten så klorhaltigt som Skara vattenledningsvatten. Vid Rothamsted erhöles i dräneringsvattnet från konstgödselat område 23.9 mgr klor pr liter mot här omkring 60, och vid den undersökning von Feilitzen företagit över dräneringsvattnets klorhalt från olika delar av landet vid omkring mitten av januari månad innevarande år, befanns klorhalten i regel vara omkring 10 mgr pr liter.

För att erhålla en föreställning om dräneringsvattnets innehåll av klor från olika delar av landet skall jag med tillstånd av professor von Feilitzen i nedanstående tabell meddela analysresultatet å de samtidigt tagna vattenproven. Proven äro tagna ur täckta diken, och vattnet är sålunda icke uppblandat med ytvatten, utan alltsamman har sipprat genom det ytliga jordlagret:

Tab. 5. Klorhalt i dräneringsvatten den 15/1 1925.

Provets härkomst	Jordart	Gödsling per har 1924	Säde 1924	Cl i mg pr liter
Hagestad, Våring, Skaraborgs l. nr 1	m. styv lera	75 kg Chilesalp. 1923: halvträda, 20 ton stallg. 200 kg sup. f.	höstvete	8.6
nr 2	» » »	75 kg Chilesalp. 1923: halvträda, gödsling som nr 1	»	9.3
Klagstorp, Skövde, Skaraborgs l. nr 1	sandjord	24 ton stallg., 150 kg sup. f. (Halv- träda)	grönfoder	6.6
nr 2	mjällera	100 kg Chilesalp.	vete	6.6
Brätte-Haga, Älvsborgs l.	mellanlera	—	—	7.1
Bollerup, Kristianstads l. nr 1	»	Heltra, 20 ton stallg., 200 kg sup. f., 50 kg Chilesalp.	råg	16.3

Provets härkomst	Jordart	Gödsling per har 1924	Säde 1924	Cl i mgr pr liter
Bollerup, Kristianstads l. nr 2	sandblandad mulljord	200 kg 18 % sup.f., 100 kg kali	1:a årets lu- zernvall	10.0
Framnäs, Åkarp, Malmöhus l. Skifte II	lättlera	100 kg Norgesalp. 1923: 16 ton stallg., 100 kg 40 % ka- lis., 150 kg 20 % sup.f.	vete	31.4
Skifte V	»	8,000 kg urin, 36 ton stallg.	korn	65.6
Tomta, Ransta, Västmanl. l. nr 1	mulljord	ingen gödsling	1:a årets vall	2.1
D:o d:o nr 2	»	30 ton göds., 200 kg Chilesalp.	rovor	4.1
D:o d:o nr 3	styv lerjord	120 hl pudrett	vete	8.3
Vassbo, Ornäs, Kopparb. l. nr 1	lerjord	1923: 40 ton stallg., 1924: 100 kg Chile- s. pr har	råg	3.5
D:o d:o nr 2	»	1923: 500 kg kalk- kväve pr har. 1924: ingen gödsling	3:e årets vall	11.1
D:o d:o nr 3	torvjord	15 ton stallg.	träda	9.0
Nordvik, Nyadal, Västernorr. l. nr 1	lättlera	30 ton stallg., 200 kg sup.f.	korn	1.4
D:o d:o nr 2	sandjord	1923: på träda 30 ton stallg., 2 ton krita, 200 kg sup.f.	höstråg	9.0
Degerfors, Vindeln, Västerb. l.	moränjord	stallg.	—	6.2
<i>Lysimetervatten från Experimentalfältet.</i>				
1—16 jan. 1925.				
Lysimeter nr 52	lerjord	300 kg sup.f., 200 kg 40 % kalis., 120 kg Leunasalp.	rajgräs	14.2
D:o nr 57	»	D:o d:o	»	13.5
D:o nr 64	mjåla	300 kg sup.f., 300 kg 40 % kalis., 180 kg Leunasalp.	»	23.9
D:o nr 69	»	D:o d:o	»	25.8

Som man finner av tabellen är det endast från de starkt uringödslade fälten från Framnäs i Malmöhus län, där dräneringsvattnet har en klorhalt jämförlig med Skaravattnet. Med säkerhet kan man dock påstå, att en så stark gödsling icke förekommer inom Skaraområdet, varför här det nedsippande vattnet måste hava betydligt mindre salthalt, och då så är förhållandet kan icke kloten i skaravattnet härstamma från ytan.

Med den uppfattning, jag erhållit angående Skaravattnets natur såsom härstammande från leran, var det naturligt att söka efter klorkällan i själva leran.

Av den hemförda lerprovserien från borrhål strax intill brunnen P. 5 togs av varje prov 100 gr lufttorkad lera. (Av 3 st endast 50 gr.) Denna utlakades med 600 ccm klorfritt vatten, och i vattenextraktet bestämdes mängden klor. Bestämningen har utförts av dr A. Bygdén. Beräknas ur dessa siffror och ur motsvarande vattenhalter hos proven i naturfuktigt tillstånd klorhalten hos det i leran inneslutna vattnet vid provtagningen, erhållas de klormängder i mgr pr liter, som äro upptagna i tabell 6 sista kolumnen. Man finner, att det i leran inneslutna vattnet har ungefär samma klorhalt som vattenledningsvattnet, och detta förhållande anger tydligt nog, varifrån vattenledningsvattnet tages. Man har alla skäl antaga, att detta klorhaltiga vatten är just det vatten, vari leran avsattes för cirka 10,000 år sedan, det är en synnerligen gammal årgång, som nu kommer till användning. För att vara gammalt havsvatten, är ju salthalten minimal, endast omkring 0.01 %, men förmodligen var ej havet vidare salt här utanför iskanten i detta instängda läge, och dessutom kan ju möjligen en del av saltet hava bortgått genom diffusion.

Tab. 6. *Klorhalt i lerans vattenextrakt.*

Provets läge och djup m	Extraherad mängd lera g	Av extraktet till analys cc	Funnet Cl mg	Cl per 100 g lera mg	Lerans naturliga vattenhalt %	Ber. Cl i lervattnet mg/l
P. 5 1.5 . . . . .	50	500.0	0.619	1.485	30.6	48.5
2.5 . . . . .	100	480.0	0.866	1.083	29.9	36.2
3.5 . . . . .	50	500.0	0.495	2.188	25.4	46.8
4.5 . . . . .	50	500.0	2.078	4.988	31.6	157.8
5.5 . . . . .	100	474.0	1.880	2.380	35.6	67.0
6.5 . . . . .	100	463.5	1.583	2.049	42.7	48.0
7.5 . . . . .	100	468.0	1.336	1.713	49.0	35.0
8.5 . . . . .	100	442.0	2.301	3.124	44.2	70.7
P. 3 9.5 . . . . .	100	500.0	2.152	2.582	40.3	64.1

Det är av viss vikt, att få frågan om anledningen till sprickigheten besvarad, ty först då kan man avgöra huru generell företeelsen är. Jag har förut framhållit, att anledningen sannolikt är att söka i tryck av sedimentmassor, som numera äro borteroderade. Den blöta och plastiska leran har i det tillstånd den befanns efter sedimentationen i havet blivit utsatt för någon påverkan, och jag kan icke tänka mig någon mera sannolik orsak än den nu nämnda.

Det är förut visat, att en blöt, plastisk lera vid överbelastning icke flyter ut som en viskös vätska utan förhåller sig som en fast kropp. I lermassan uppstår ett spricksystem, och i vissa fall ställa sig sprickorna diagonalt mot det verkande trycket. Omstående figur visar ett typiskt fall vid tryckning av lera. Fotografien är hämtad ur en icke publicerad försöksserie över lerors hållfasthet, som på Sveriges geologiska undersökning utfördes av numera avlidne

kaptén Nils Westerberg. En lerkub bestående av plastisk lera har belastats på översidan, och kubén har, som synes av figuren, spruckit efter diagonalplanet, och de båda halvorna förskjutits i förhållande till varandra.

Även om leran är så blöt, att kubén nätt och jämt håller formen, erhålles samma diagonalspricka. Av intresse skulle vara att få avgjort, huruvida icke sådana diagonalsprickor förekomma i Skaraleran. Då lermassan på sådant sätt blivit genomsatt av sprickor, kan ju vatten från angränsande lermassa pressas ut i sprickorna och genom dem bortledas.

Senare har jag haft tillfälle att med egna ögon iakttaga sprickorna i Skaraleran. Några meter söder om brunn P. 3 grävdes en grop till 6 m:s

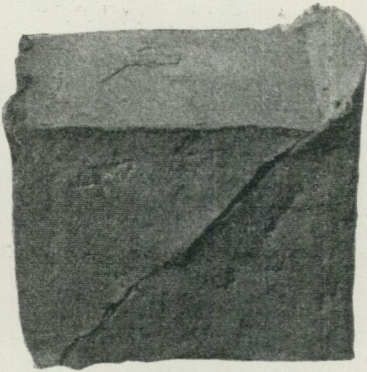


Fig. 4. Genom tryck åstadkommen diagonalspricka i plastisk lera.

djup, vari lerväggarna studerades. Väggarna voro genomsatta av talrika glidytor i alla möjliga riktningar, efter vilka små förskjutningar ägt rum. Förskjutningarnas storlek rörde sig vanligen om belopp under en centimeter, någon gång kunde språnghöjder på 2—3 cm iakttagas. Vid lerstyckenas förskjutningar i förhållande till varandra hade det inträffat, att centimetervida öppningar här och var uppstått. I regel lågo dock styckena tätt till varandra, utan möjlighet för vatten att rinna fram efter glidsprickorna. De öppna vattenförande sprickorna voro mera sparsamt förekommande och stodo i regel nästan vertikalt. De voro belagda med en

rosthinna, och så djupt ned som till 4 à 5 m påträffades i dem rester av växtrötter. Sprickytorna voro sällan fullt plana, i regel visade de en något skålig yta. De skikt, där leran är styvare och ur vilka alltså mera vatten kunnat utpressas, voro mera sönderspruckna än de mjåliga lerskikten. Man fick intryck av, att leran varit utsatt för stark pressning, i sin förklyftning liknade den lera, som överskridits av inlandsisen. Någon hopskjutning eller veckning av lerskikten kunde däremot icke iakttagas.

### Huru området bör utnyttjas.

Sedan man nu fått frågan angående grundvattnets natur klarlagd, återstår att diskutera möjligheten för Skara stad att härifrån framdeles hämta sitt dricksvatten. Av magasinet återstår en hel del. Hittilldags är blott en mindre del av det undersökta fältet länsmpat, och åtskilliga år torde åtgå, innan områdets grundvattentillgångar äro länsade. Till belysande av processens fortskridande medtagas de båda skisserna sid. 24 och 25, angivande grundvattenytans läge vid tvenne tillfällen. Fig. 5 anger läget den 10 maj 1915 och fig. 6, sex månader senare, den 12 november samma år. Där förut grundvattenytan föll med jämnt fall mot sydväst (jfr. fig. 1), har nu en väldig tratt

Tab. 7. Genomrinningen i lerjord.

År och försöksväxt	M å n a d	Nederbörd i mm	G e n o m r i n n i n g	
			i mm nederbörd	i % av nederbörden
1923 Havre	Maj	46.6	0	0
	Juni	51.2	0.1	0.2
	Juli	39.4	0	0
	Augusti	151.2	1.0	0.6
	September	93.5	69.6	74.4
	Oktober	66.4	84.4	127.1
	November	54.2	44.3	81.7
	December	51.2	62.8	122.7
1924	Januari	32.7	4.1	13.0
	Februari	51.4	2.0	4.0
	Mars	56.1	0.5	0.9
	April	64.4	269.3	418.2
Rajgräs	Maj	66.5	33.7	50.7
	Juni	40.7	10.3	25.3
	Juli	41.1	3.0	7.3
	Augusti	60.2	0.6	1.0
	September	86.6	55.8	64.4
	Oktober	30.5	15.8	51.8
	November	20.2	30.0	148.5
	December	36.1	41.5	114.9
Summa 1923	Maj—december	553.7	262.2	47.4
Summa 1924	Januari—december	586.5	466.6	79.6
Summa 1923—1924	Maj 1923—april 1924	75.83	538.1	71.0

utbildats omkring pumpbrunnarna, och jämför man de båda skisserna, kan man konstatera, huru tratten ytterligare utbrett sig efter ett halvårs pumpning. I senare fallet har tratten en radie, som kan uppskattas till minst 200 à 300 m.

En viktigare källa, som måste medtagas i beräkningarna över vattentillgången, är nederbörden på platsen, och då magasinet egentligen bör anses som en reservtillgång, är detta den enda tillgång man har att räkna med. Det gäller då att avgöra, huru stor del av nederbörden, som tränger ned i jorden och övergår till grundvatten. Denna nedrinningsprocent är naturligtvis högst variabel och beroende på en hel del faktorer, nederbördsmängd, jordens genomsläpplighet, vegetation, läge o. s. v., varför endast ett mycket approximativt värde härpå kan erhållas. I avvaktan på resultat från pågående undersökningar i denna sak skall jag endast anföra i tabell 7 ett utdrag ur professor von Feilitzens pågående lysimeterförsök vid Experimentalfältet, som han med känt tillmötesgående haft vänligheten ställa till förfogande. Siff-



Fig. 5. Grundvattenytans läge den 10/5 1915.

rorna äro medeltal för 4 lysimetrar, fyllda med lerjord till 1.2 m:s mäktighet.

Av den årliga nederbörden har sålunda ända till omkring 70 % befunnits rinna genom ett 1.2 m mäktigt lerlager. Utan vidare kan man icke lägga denna siffra till grund för en beräkning; man må besinna, att vid lysimeterförsöken icke förekommer någon ytlig avrinning, och denna kan ju, som känt är, vara avsevärd, särskilt på våren under tjällossningen. Om man räknar efter gammalt mönster, att  $\frac{1}{3}$  av nederbörden avrinne ytligt, återstår då cirka 40 %, som samlas till grundvattnet. I betraktande av att lera är en mycket genomsläpplig jordart, nota bene i den sprickiga zonen, torde icke siffran vara för hög. Inom ifrågasvarande lerbält hava även de ytliga lagren en relativt stor genomsläpplighet; härpå tyder den hastiga stigningen av grundvattenytan efter neder-

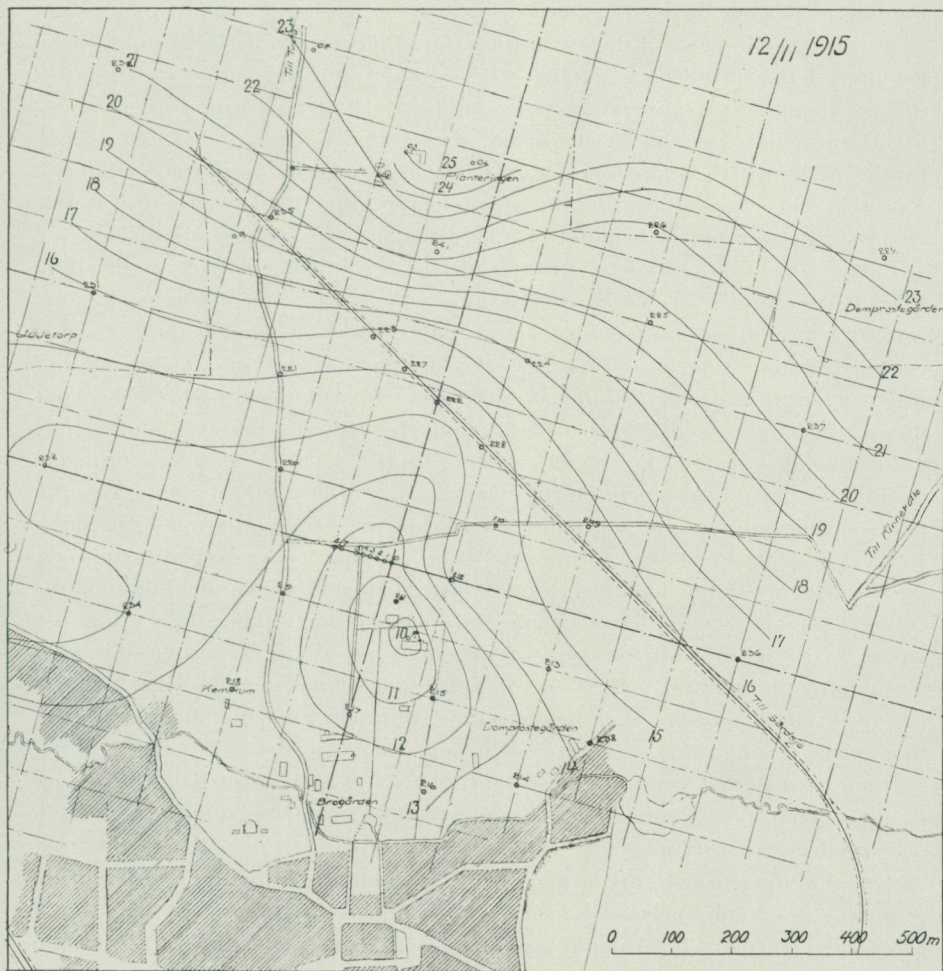


Fig. 6. Grundvattenytans läge den 12/11 1915.

bördsperioder man iakttagit, en stigning som på vissa ställen uppgår till över 4 m. Genomsläppligheten torde dock ej vara fullt så stor i ytlagren som i lagren därunder att döma av den ökade tillrinningen i borrhålen, som mestadels iaktogs, då borrhningen nått till några meters djup.

Då nu den årliga nederbörden i Skara uppgår till i medeltal 596 mm, beräknad ur tioårsperioden 1911—1920, och då cirka 40 % därav beräknas bilda grundvatten, så erhålles enbart ur nederbörden pr km<sup>2</sup> ända till 8 sek. liter eller 690 kbm vatten pr dygn, vilket ungefär motsvarar förbrukningen.

Onekligen föreligger dock fara för att de vattenledande sprickorna med tiden skola slammas igen. Visserligen hava de stått öppna ända sedan istiden, och detta skulle man tycka vara en god garanti för deras permanens, men förhållandena bliva vid pumpningen något annorlunda, i det att vattnet

kommer i rörelse, då lerslam medfört från ytlagren kan avsätta sig i sprickorna och täppa till dessa. Emellertid torde faran härför icke vara så stor. Redan i de övre lerlagren filtreras vattnet. Lerslammet avsätter sig i sprickorna och utfylla dem så småningom, men nya uppstå i stället på grund av ytlagrens uttorkning eller frysning. Det vatten, som kommer djupare ned, blir sålunda tämligen slamfritt, åtminstone har jag icke hört någon klagan på lerslam hos Skaravattnet, ehuru efter nederbördsperioder det uppumpade vattnet till stor del eller så gott som helt och hållet en tid framåt utgöres av nederbördsvattnet.

Bästa sättet för områdets utnyttjande ger sig nu omedelbart ur den förebrogta utredningen. Grundvattenströmmen, som går efter markens allmänna lutning från nordost mot sydväst, bör avskäras i södra delen av området genom en rad brunnar, som bäst förläggas efter den sydliga dalsänkan, där redan de provisoriska brunnarna äro anlagda. Antalet utökas endast, så att hela frontlinjen från landsvägen i öster och till gamla Kinnekullebanan i väster så noggrant bevakas, att icke något vatten slipper förbi. Ett avstånd mellan brunnarna på 3 å 400 meter torde härför vara tillräckligt att döma av sänkningstrattens nuvarande utbredning kring de nu i bruk varande brunnarna. Vid val av plats för de nya brunnarna torde de redan propumpade punkterna i östra delen av fältet, nämligen N:o 430 och 410 med fördel kunna ifrågakomma, endast längst i öster vid landsvägen uppsökes ett nytt pumpställe. Längst i väster synes lera vara mindre genomsläpplig att döma av propumpningar i brunnarna P. 5 och P. 6. Skulle dock icke något mera givande hål här i närheten påträffas, så böra även dessa anlitas. Vardera giva ju enligt propumpningen något mera än 2 sek. liter, och detta är en icke föraktlig kvantitet.

Innan platsen för en ny brunn definitivt fastställs, bör borrhålet först propumpas, enär det kan hända, att man lokalt påträffar en mindre sprickfylld och mindre genomsläpplig lera. Sedan hålet godkänts, inklädes det på vanligt sätt med betongrör och med grusfyllnad i botten och kring röret. Varje brunn pumpas särskilt för sig, man kan då lättare anpassa pumpningen efter vattentillgången på platsen. Denna utökning av brunnarnas antal bör så fort som möjligt företagas för att tillvarata det vatten, som annars till ingen nytta skulle rinna bort, och för att spara på magasinet.

En olägenhet av hygienisk art vidlåder dock området, vilken här bör påpekas. Givetvis är det vatten, som från ytan söker sig ned i sprickorna icke så väl filtrerat som i sand framrinnande vatten, och det är tänkbart, att sjukdomsalstrande bakterier kunna medfölja från den med allehanda gödselmedel gödslade åkermarken. I betraktande av att Skara stads invånare dock under ett flertal år druckit vatten från lerområdet ifråga, utan att mig veterligt någon allmän epidemi utbrutit, synes faran icke vara så stor. Emellertid bör fullt betryggande åtgärder för vattnets vidare rening genom filtrering i finsandfilter vidtagas, om icke det redan nu förefintliga filtret kan anses vara tillräckligt effektivt, vilket man bör förvissa sig om genom undersökning av dricksvattnets bakteriehalt under de mera kritiska perioderna efter riklig nederbörd, då ned-sippande ytvatten utgör kanske största delen av den uppumpade vattenkvantiteten.

En sådan anordning som den nu planerade, för utnyttjandet av denna leras säregna hydrologiska egenskaper, kan göras, synes det mig, för relativt ringa kostnad och bör under alla omständigheter komma till utförande. Även om mot förmodan området en gång blir odugligt genom igenslamning, så dröjer detta så länge, att de billiga anläggningskostnaderna väl kunna försvaras.

Skulle en igenslamning av sprickorna en gång i framtiden inträffa och därmed vattentillgången avtaga, får man vända sig åt annat håll efter vatten. Möjligheten för erhållande av vatten torde föreligga inom grusområdet nordost om Brunnsbo. En preliminär undersökning jag därför utförde, visade åtminstone på ett ställe riklig vattentillgång. Men att nu vända sig till detta område och av hygieniska skäl slopa det nu anlåtade, synes icke vara god ekonomi, ty det förefaller mig, som om kostnaden för en eventuell finsandfilteranläggning icke på långa vägar kan uppgå till kostnaden för en halvmillång rörledning till Brunnsboområdet. Och då nu naturen på ett så säreget sätt gynnat Skara stad, att den just i dess närmaste omnejd gjort leran genomsläpplig, bör man ju så vitt som möjligt följa naturens fingervisning.

---

## Upptagna borrhöfler.

Borrhål N:o	Lerans mäktighet	Bottens beskaffenhet	A n m ä r k n i n g a r
401	4.6	Sand 0.5 m +	Vatten på 5.5 m
402	4.5	Grus 1.8 m +	Sand 4.0—4.2 m
403	2.4	Grus 1.6 m +	Gruset är lerigt
404	11.0 +	—	Macoma calcaria på 8.8 m
405	8.4	Sand 0.1 m	Under sanden sten och grus (morän?)
406	12.7	Berg?	—
407	13.9	Morän	Leran föga genomsläpplig
408	12.0	Morän	Sandlager från 1.2—2.5 m
409	14.0	Sten	» » 1.1—1.5 m
410	7.8	Sten och grus	—
411	8.2	Grus 0.6 m	Därunder sten
412	6.0	Sten och grus 0.1 m +	—
413	11.7	Berg?	—
414	6.5	Klappersten 0.6 m +	—
415	7.0	Sten	—
416	12.5	Sten	—
417	8.1	Sten l. berg	—
418	4.8	Sten och grus 0.1 m +	
419	6.8	Sten och grus 0.2 m +	Stenarna skarpkantiga
420	8.7	Sten och sand 0.1 m +	
421	7.4	Sten	
422	2.8	Grus 1.0 m +	Gruset är lerigt
423	8.7	Sand 1.3 m +	
424	5.1	Klappersten 0.2 m +	
425	5.5	» och grus	Intet vatten i borrhålet
426	6.4	Sten och grus 0.2 m +	
427	7.3	Sand 0.9 m	Sten i botten
428	10.9	Morän?	
429	10.0	Klappersten	
430	7.5	Sand och grus 1.4 m +	
431	9.5	Sand 1.0 m	Berg i botten
Vid P. 2	9.0	Sand och grus 0.8 m +	
433	9.8	Mo 0.3 m	Berg i botten
434	8.5	Sand 3.5 m +	
Vid P. 3	11.0	Sand och grus 2.8 m +	
» P. 4	9.0	Sand 0.1 m	Sten och grus (morän?) i botten
» P. 1	11.6	Sten och grus 0.1 m +	
438	7.0	Sten	
439	6.0	Lerig sand 0.1 m	Morän i botten
440	3.6	Morän 0.3 m +	
441	12.2	Berg	
442	12.9	Sten	
443	12.8	»	
444	6.3	Sand 0.1 m	Sten i botten
Vid P. 5	13.8	Sten l. berg	

## Protokoll över pumpningsförsök.

Brunn n:r 430.

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.	Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
3.40	1.30	8.30	4.63		1.30
4.76		8.35	4.80		1.35
5.25		8.45	4.77		1.40
5.05		8.50	4.83		1.45
4.84		8.55	4.79		1.50
5.05		9.00	4.69		1.55
5.00		9.05	4.80		2.00
4.94		9.10	4.89		2.05
5.02		9.15	4.86		2.10
4.94		9.20	4.82		2.15
4.92		9.25	4.78		2.20
4.83		9.30	4.78		2.25
3.63		10.05	4.77		2.30
4.51		10.10	4.87		2.35
			4.82		2.40
3.59	1.30	10.45	4.78	1.40	2.45
4.73		10.50	4.74		2.50
4.82		10.55	4.84		2.55
4.92		11.00	4.85		3.00
4.74		11.05	4.87		3.05
4.96		11.10	4.87		3.10
4.95		11.15	4.86		3.15
4.91		11.20	4.82		3.20
4.99		11.25	4.78		3.25
4.96		11.30	4.82	1.30	3.30
4.95		11.35	4.88		3.35
5.10		11.40	4.88		3.40
5.02	1.43	11.45	4.90		3.45
5.02		11.55	4.84		3.50
	Uppehåll		4.77		3.55
3.65		1.15	4.75		4.00
4.46		1.20	4.87		4.05
4.58		1.25	4.93		4.10

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
4.89		4.15
4.79		4.20
4.83		4.25
4.87		4.30
4.85		4.35
4.83		4.40
4.83		4.45
4.87	1.15	4.50
4.87		4.55

*Brunn n:r 411.*

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
1.93		9.45
3.78	1.50	9.55
3.76		10.00
3.57		10.05
3.60		10.10
3.72		10.15
3.65		10.25
3.53		10.30
3.49		10.35
3.47		10.40
3.67		10.45
3.56		10.50
3.71		10.55
3.65		11.00
3.56	1.36	11.05
3.63		11.15
3.56		11.20
3.65		11.25
3.73		11.30
3.77		11.35
3.87		11.40
3.92		11.50
	Uppehåll	
1.95		1.15
3.11	1.40	1.20

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
3.11		1.25
3.12		1.30
3.29		1.35
3.35	1.33	1.40
3.42		1.45
3.35		1.50
3.25		1.55
3.27		2.00
3.40		2.05
3.40		2.10
3.47		2.15
3.42		2.20
3.31		2.25
3.30		2.30
3.45		2.35
3.53		2.40
3.50	1.43	2.45
3.36		2.55
3.32		3.00
3.51		3.05
3.38		3.10
3.43	1.25	3.15
3.42		3.20
3.30		3.25
3.32		3.30
3.42		3.35
3.47		3.40
3.50		3.45
3.31		3.55
3.29	1.40	4.00
3.38		4.05
3.37		4.10
3.45		4.15
3.37		4.20
3.35		4.25
3.34		4.30
3.57	1.36	4.35
3.54		4.40
3.53		4.45
3.60		4.50
3.48		4.55

*Brunn nr 410.*

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.	Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
0.75		8.30	3.09	1.41	11.50
2.70	1.39	8.35	3.10		11.55
2.63		8.40		Uppehåll	
2.85		8.45	0.81		1.15
3.05		8.50	2.66		1.20
2.93		8.55	2.69		1.25
3.12	1.36	9.00	2.75	1.50	1.30
3.03		9.05	2.87		1.35
2.97		9.10	2.85		1.40
2.95	1.50	9.15	2.91		1.45
3.14		9.20	2.80		1.50
3.05		9.25	2.76		1.55
3.09		9.30	2.85	1.43	2.00
2.98		9.35	2.95		2.05
2.93		9.40	3.00		2.10
2.95		9.45	2.95		2.15
3.07		9.50	2.70		2.20
3.03	1.36	9.55	2.73		2.25
2.94		10.00	2.74		2.30
2.90		10.05	2.83	1.43	2.35
2.92		10.10	2.88		2.40
2.91		10.15	2.91		2.45
3.17		10.20	2.82		2.50
3.07		10.25	2.78		3.00
3.05	1.34	10.30	2.93		3.05
2.93		10.35	2.98		3.10
2.93		10.40	3.00		3.15
2.84		10.45	2.82		3.20
2.97		10.50	2.79		3.25
2.92		10.55	2.81		3.30
3.00		11.00	2.85		3.35
2.88		11.05	2.89		3.40
2.93		11.10	2.84	1.51	3.45
2.85		11.15	2.94		3.50
3.00		11.20	2.78		3.55
3.04	1.37	11.25	2.79		4.00
3.01		11.30	2.98		4.05
2.74		11.35	2.90	1.47	4.10
2.91		11.40	3.02		4.15
2.80		11.45	3.03		4.20

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
2.80		4.25
2.80		4.30
2.95		4.35

Efter slutad pumpning steg vattnet till 1.59 m på 1 min., och efter ytterligare 15 min. till 1.10 m.

*Brunn n:r 227.*

Efter 30 min:s pumpning hade vattnet sjunkit från 2.70 till 9.00 m, varefter pumpen ej längre kunde lyfta vattnet till erforderlig höjd.

*Brunn P. 5.*

Vattenståndet bestämdes såväl i P. 5 som i ett borrhål 4 m därifrån.

Vattenstånd i		Liter pr sekund	Kl.
Borrhålet	P. 5		
2.20	2.12		
2.85	6.10	0.80	8.30
3.66	7.10		8.40
3.90	7.77		8.50
3.92	7.79	0.85	8.55
4.07	7.87		9.05
4.17	7.46		9.10
4.31	7.21		9.15
4.19	7.07		9.25
4.20	7.31		9.35
4.44	7.07		9.45
4.24	6.40		9.55
4.20	6.68		10.05
4.19	6.94		10.15
4.48	7.49	1.30	10.25
4.72	8.00		10.30
4.69	7.87		10.35
4.67	8.00		10.45
4.77	7.74		10.55
4.57	7.08		11.05
4.41	6.45		11.15
4.34	6.40		11.25
4.25	6.49		11.35
4.22	6.07		11.45

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
0.54		8.30
2.62	1.58	8.35
3.65		8.40
3.88	1.15	8.45
3.88		8.50
3.88		8.55
3.75		9.00
4.12	1.30	9.05
4.11		9.10
4.15		9.15
4.00		9.20
3.70		9.25
3.95		9.30
4.22	1.14	9.35
4.28		9.40
4.30		9.45
4.07		9.50
4.05		9.55
	Uppehåll	
0.90		10.45
2.40		10.50
3.42		10.55
3.93		11.00
4.00		11.05
3.92	1.05	11.10
3.82		11.15
3.92		11.20
3.98		11.25
4.00		11.30
3.91		11.35
3.92		11.40
3.81	1.03	11.45
4.02		11.50
4.00		11.55
3.99		12.00
3.95		12.05
3.98		12.10
3.85	1.23	12.15
4.10		12.20
4.20		12.25

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
4.10	1.00	12.30
3.99		12.35
3.96		12.40
3.87		12.45

*Brunn n:r 429*

Denna brunn läns pumpades efter några minuter.

*Brunn n:r 428.*

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
3.46		
5.38		10.35
5.12	1.29	10.40
5.00		10.45
4.83		10.50
4.79		10.55
4.92		11.00
4.95		11.05
5.00		11.10
5.00		11.15
4.88		11.20
4.84		11.25
4.98	1.26	11.30
4.97		11.35
5.00		11.40
4.97		11.45
4.91		11.50
	Uppehåll	
3.57		1.15
4.84		1.20
4.76		1.25
4.77	1.25	1.30
4.86		1.35
4.84		1.40
4.87		1.45
4.80		1.50
4.80		1.55
4.84		2.00

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
4.84		2.05
4.87	1.26	2.10
4.97		2.15
4.87		2.20
4.84		2.25
4.87		2.30
4.85		2.35
4.87		2.40
4.90		2.45
4.89		2.50
4.93	1.37	2.55
4.87		3.00
4.87		3.05
4.85		3.10
4.95		3.15
5.02		3.20
4.98		3.25
4.94		3.30
4.91		3.35
4.88		3.40
4.94		3.45
4.96		3.50
4.95		3.55
4.88		4.00
4.85		4.05
4.89		4.10
5.00		4.15
4.94		4.20
4.95		4.25
4.91		4.30

*Brunnen vid Brunnbo.*

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
Markytan		
0.75	3.50	10.30
0.95		10.35
0.85		10.40
1.08	3.00	10.45
1.12		10.55

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
0.91		11.00
1.00		11.05
1.00		11.10
1.16		11.15
1.31	3.00	11.20
1.38		11.25
1.11	2.70	11.30
	Uppehåll	
0.84	3.20	1.20
1.08		1.25
1.19		1.30

Vattenstånd	Liter pr sekund	Kl.
0.93		1.35
1.13	3.00	1.45
1.18		1.50
1.29		1.55
1.32		2.00
1.06		2.05
1.00		2.10
1.10	2.2	2.15

Efter slutad pumpning steg vattnet 1 m på 6 minuter och 10 sek. Vattnets temp. var + 7° C.

# Nivåkarta över området för Skara stads vattentäkt

Skala 1:8000

Nivåkurvorna angiva höjden över domkyrkotrappan

⊕ P1 Brunn

○ 401 Borrhål

+--+ Ytlig vattendelare

A—A Profillinje



## SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGS SENAST UTKOMNA PUBLIKATIONER ÄRO:

Ser. Aa Geologiska kartblad i skalan 1:50 000 med beskrivningar.

	Pris kr.
N:o 150 <i>Mjölby</i> av N. H. MAGNUSSON, H. MUNTHE och S. ROSÉN 1922 . . . . .	2,00
› 151 <i>Väse</i> av R. SANDEGREN, A. HÖGBOM och F. SVENONIUS 1922 . . . . .	2,00
› 152 <i>Burgsvik</i> jämte <i>Hoburgen</i> och <i>Ytterholmen</i> av H. MUNTHE 1922 . . . . .	2,00
› 153 <i>Torönsborg</i> av B. ASKLUND och R. SANDEGREN 1923 . . . . .	2,00
› 154 <i>Strålsnäs</i> av N. H. MAGNUSSON, G. EKSTRÖM och G. LUNDQVIST 1924 . . . . .	2,00
› 155 <i>Åtvidaberg</i> av R. SANDEGREN, N. SUNDIUS och G. LUNDQVIST 1924 . . . . .	2,00
› 156 <i>Ronehamn</i> av H. MUNTHE, J. E. HEDE och L. VON POST 1925 . . . . .	4,00
› 161 <i>Gotska Sandön</i> av HENR. MUNTHE 1924 . . . . .	2,00
› 163 <i>Mariestad</i> av A. H. WESTERGÅRD, A. HÖGBOM och N. WILLÉN 1925 . . . . .	4,00

Ser. C. Årsbok 17 (1923).

N:o 320 LUNDQVIST, G., Linnisk diatoméockra och dess bildningsbetingelser. 1924 . . . . .	0,50
› 321 GELJER, P., Some Swedish occurrences of bornite and chalcocite. 1924 . . . . .	1,00
› 322 HÖGBOM, A., Guldinmutningarna vid Älvsbyn. 1924 . . . . .	0,50
› 323 LUNDQVIST, G. och THOMASSON, H., Sjön Lekvattnet i Värmland. En linnologisk orientering. Med en tavla. 1924 . . . . .	1,00
› 324 GELJER, P., Eulytic iron ores in Northern Sweden. 1925 . . . . .	0,50
› 325 ASKLUND, B., Petrological studies in the neighbourhood of Stavsjö, at Kolmården. With one Plate. 1925 . . . . .	2,00
› 326 GELJER, P., Om några skiktade mangansilikatmalmer i Bergslagen. 1925 . . . . .	0,50
› 327 SUNDBERG, K., LUNDBERG, H. and EKLUND, J., Electrical prospecting in Sweden. With 8 Plates. 1925 . . . . .	5,00
› 328 HÖGBOM, A., Glacialgeologiska iakttagelser från Ångermanälvens källområde. Med 1 tavla. 1925. . . . .	0,50

Årsbok 18 (1924).

› 329 HÖGBOM, A., De geologiska förhållandena inom Stekenjokk-Remdalens malmtrakt. Med 3 tavlor. English summary. 1925 . . . . .	2,00
› 330 LUNDQVIST, G., Utvecklingshistoriska insjöstudier i Sydsverige. Med 3 tavlor. Zusammenfassung in deutscher Sprache. 1925 . . . . .	2,00
› 331 MUNTHE, H., HEDE, J. E. och VON POST, L., Gotlands geologi. En översikt. Med 9 tavlor. 1925. . . . .	3,00
› 332 JOHANSSON, S., Hydrogeologisk undersökning av ett lerområde vid Skara. Med 1 tavla. 1926 . . . . .	1,00
› 333 TAMM, O., Experimental studies on chemical processes in the formation of glacial clay. 1925 . . . . .	0,50

Ser. Ca. Avhandlingar och uppsatser i 4:o.

N:o 12 AHLMANN, H. W:SON, CALDENIUS, C. C:ZON och SANDEGREN, R., Ragundasjön. En geomorfologisk, geokronologisk, växtgeografisk undersökning. Med 9 tavlor. 1924 . . . . .	6,00
› 17 TEGENGREN, F. R., m. fl., Sveriges ädlare malmer och bergverk. Med 32 tavlor och 91 figurer i texten. 1924 . . . . .	15,00
› 18 WESTERGÅRD, A. H., Sveriges olenidskiffer. I. Utbredning och lagerföljd. II. Fauna. 1. Trilobita. Med 16 tavlor. Summary of the contents. 1922 . . . . .	8,00

Ser. D. Torvmarkskartor med beskrivningar.

N:o 32 Kartbladet Göteborg } . . . . . 3,00	N:o 42 Kartbladet Vänersborg . . . . . 3,00
› 33 › Borås } . . . . . 3,00	› 43 › Skara . . . . . 3,00
› 34 › Ulricehamn . . . . . 3,00	› 44 › Hjo . . . . . } . . . . . 3,00
› 41 › Uddevalla } . . . . . 3,00	› 45 › Linköping } . . . . . 3,00
› 51 › Fjällbacka } . . . . . 3,00	› 52 › Uppered . . . . . 3,00
› 61 › Strömstad } . . . . . 3,00	› 53 › Mariestad } . . . . . 3,00
	› 54 › Karlsborg } . . . . . 3,00

**OBS.!** Samtliga arbeten distribueras genom Generalstabens Lito-  
grafiska Anstalt, *Stockholm* 8.