

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SERIE C NR 721

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

ÅRSBOK 70 NR 3

ÅKE MÖLLER, PER ENGQVIST OCH
CARL-FREDRIK MÜLLERN

HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN
INOM NÄRKESSLÄTTENS
SEDIMENTÄRA BERGGRUND

MED FYRA PLANSCHER



STOCKHOLM 1976

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SERIE C NR 721

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

ÅRSBOK 70 NR 3

ÅKE MÖLLER, PER ENGQVIST OCH
CARL-FREDRIK MÜLLERN

HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN
INOM NÄRKESLÄTTENS
SEDIMENTÄRA BERGGRUND

MED FYRA PLANSCHER

STOCKHOLM 1976

ISBN 91-7158-098-0

Textkartorna är ur sekretessynpunkt godkända för spridning.
Statens lantmäteriverk 1976-05-14.

C DAVIDSONS BOKTRYCKERI AB, VÄXJÖ 1976

INNEHÅLL

1. Abstract	4
2. Inledning	4
2.1. Uppläggning och syfte med redogörelsen	4
2.2. Brunnsnummersystem	5
2.3. Tidigare utförda geologiska och hydrogeologiska arbeten	5
3. Berggrundens byggnad	6
3.1. Urberg	6
3.2. Subkambrisk vittringszon	7
3.3. Kambro-ordoviciska sedimentbergarter	8
3.3.1. Underkambrisk sandsten	8
3.3.2. Mellankambrisk glaukonit-fosforitsandsten och lersten	14
3.3.3. Överkambrisk alunskiffer	14
3.3.4. Ordovicisk kalksten	15
3.4. Tektoniska förhållanden	16
3.4.1. Förkastningar	16
3.4.2. Berggrundens sprickighet	18
4. Kapaciteten i brunnar i olika bergarter	22
4.1. Permeabilitet	22
4.2. Storleken och fördelningen av kapaciteten hos brunnar i olika bergarter	24
4.2.1. Kalkstensbrunnar	24
4.2.2. Skifferbrunnar	24
4.2.3. Sandstensbrunnar	24
4.2.4. Urbergsbrunnar	28
4.3. Kapacitetsvariationer mellan olika geografiska områden	29
5. Grundvattennivåer, tryckytor och strömningsriktningar	29
5.1. Allmänt	29
5.2. Kvarntorpsområdet	30
5.3. Garphyttan (Latorpsplatån)	30
5.4. Asker — Sköllersta	32
5.5. Kräcklinge — Fjugesta — Hackvad	33
5.6. Övriga områden	33
6. Grundvattnets kvalitet	33
6.1. Allmänt	33
6.2. Grundvattnets temperatur	35
6.3. Faktorer som påverkar grundvattnets sammansättning och kvalitet ..	37
6.3.1. Nederbördens kemiska sammansättning	37
6.3.2. Biologisk aktivitet	38
6.3.3. Jord- och bergarternas betydelse	38
6.3.4. Grundvattnets ålder	39
6.3.5. Grundvattenytans läge och fluktuationer	39
6.3.6. Olika faktorer som påverkar grundvattnets fluoridhalt	40
6.3.7. Fossilt salt vatten	42
6.3.8. Mänsklig påverkan	43
6.4. Sammanfattning	44
7. Litteratur	46
Brunnsförteckning (tabell 5)	47

1. ABSTRACT

The groundwater occurrence and availability in the Cambrian-Ordovician sedimentary rocks within the county of Närke in central Sweden is presented.

The geological material on which the report is based is mainly from the petrological maps SGU Af 101 — 104 and the hydrological data are from the records of the Section of Well Records at the Geological Survey. Calculations of such parameters as specific capacity and permeability are based nearly entirely on data given by the well drillers.

The main aquifer is the Cambrian sandstone. The permeability varies between approximately $1 \cdot 10^{-6}$ to $2 \cdot 10^{-9}$ m/s depending on the fractured structure of the sandstone. No particular pattern in areal variation in well yield has been found, this probably due to the fractured nature of the rock.

Very few wells are drilled only in limestone or in the shale formations as the yield here normally is very low. The presence of hydrocarbons in the alum shales also prevents the use of groundwater from this formation.

2. INLEDNING

Av

Åke Möller

2.1. UPPLÄGGNING OCH SYFTE MED REDOGÖRELSEN

Vid Sveriges geologiska undersökning (SGU) startades 1966 ett brunn- och borrararkiv med huvudsaklig uppgift att genom insamling och bearbetning av data från jord- och bergborrningar, främst brunnborrningar, öka insikten om grundvattnets uppträdande i vårt land. Bland de försöksområden som utvaldes för denna verksamhet var Örebro län på grund av förekomsten här av relativt stora områden med ur grundvattensynpunkt intressant sedimentär berggrund.

Syftet med föreliggande arbete är att med hjälp av uppgifter från brunnborrningar och i egen regi bedrivna fältstudier samt med hjälp av befintliga berggrundskartor, rapporter från hydrogeologiska undersökningar gjorda av ingenjörfirmor o. d. klarlägga grundvattnets förekomst och uppträdande i de sedimentära bergarterna i Närke. I samband härmed har gjorts försök att bestämma bl. a. de olika bergarternas vattentransporterande förmåga, d. v. s. permeabiliteten, samt hur mycket vatten som brunnar av olika djup och i olika bergarter kan förväntas lämna. Tyvärr medger inte det insamlade materialet beräkningar av den totala vattenomsättningen då säkra värden på t. ex. porositet saknas.

Grundvattnets kemiska och fysikaliska egenskaper behandlas också. De här lämnade sammanställningarna och resultaten är baserade på vattenanalyser som utförts för bedömning av vattnets tjänlighet som konsumtionsvatten.

Arbetet har utförts som ett lagarbete där de olika författarna svarar för sin del. Redigerings- och sammanställningsarbetet har gjorts av Ake Möller.

2.2. BRUNNSNUMMERSYSTEM

De redovisade brunnsnumren på såväl registerkartan (pl. 2) som i text och tabeller är löpande för vart och ett av de topografiska kartblad som ingår i det här beskrivna området. Inom varje topografiskt bladområde betecknas brunnarna med ett prefix, som anger det topografiska kartbladet. Den löpande nummer-serien börjar i varje kartblads sydvästra hörn och följer den ekonomiska kartans indelning från söder mot norr. Sålunda får en brunn inom det topografiska kartbladet Örebro SV beteckningen t. ex. 10 F SV:5. På registerkartan redovisas dock bara det löpande numret. På vilket topografiskt kartblad brunnen är belägen, framgår av det på registerkartan inlagda rutnätet.

2.3. TIDIGARE UTFÖRDA GEOLOGISKA OCH HYDROGEOLOGISKA ARBETEN

Ett av de mer omfattande arbeten, vilket legat till grund för i första hand den geologiska översiktskartan, är det stora arbetet av Josef Eklund från 1961, "Kumlabygden", del 1.

En annan viktig utredning som legat till grund för kännedomen om de sedimentära bergarternas utbredning är B. Dahlmans skifferundersökningar (SGU:s arkiv). Det är framför allt genom dessa som utbredningen av de ovanpå den kambriska sandstenen belägna skiffer- och kalkstensformationerna blivit närmare kända.

Kvarntorpsområdets hydrogeologiska förhållanden redovisas av P. Bengtson (Bengtson 1971). I denna belyses bl. a. effekten av den stenindustriella verksamheten vid Hynneberg och Hällabrottet på grundvattnet i den kambriska sandstenen.

I anslutning till brunnsarkivets verksamhet har inom Närkeområdet utarbetats de första hydrogeologiska kartbladen i landet i skala 1:50 000. De hittills utgivna fyra bladen inom detta område är Örebro SV, NO, NV samt SO (SGU Ag 1, 2, 3 och 5). I de till dessa kartblad hörande beskrivningarna redogörs för grundvattnets förekomst i både berggrund och jordlager. En stor del av materialet i dessa beskrivningar har använts till den här redovisade översikten. Kartorna i den hydrogeologiska serien täcker emellertid ej hela det sedimentära berggrundsområdet och ger ej heller en så klar och överskådlig bild av den hydrogeologiska

situationen som skulle vara önskvärt. Den här redovisade översikten kompletterar och sammanställer således tidigare arbeten.

Ytterligare material som använts till detta arbete är geologiska kartblad i serierna Af (berggrunden) samt Aa och Ae (jordarter och berggrund). Utöver dessa kartpublikationer refereras till annan speciallitteratur, se litteraturlistan, kap. 7.

För förståelse av hydrogeologiska termer etc. hänvisas till de ordlistor, begreppsförklaringar m. m. som finns i beskrivningarna till de hydrogeologiska kartbladen i serie Ag. Vidare hänvisas till den år 1970 av Tekniska nomenklaturcentralen utgivna Vattenordlista 2 samt till läroböcker i ämnet.

3. BERGGRUNDENS BYGGNAD

Av

Carl-Fredrik Müllern

3.1. URBERG

Bergarterna inom det område som omfattas av föreliggande arbete kan indelas i två större grupper: prekambrisk bergarter, vanligen kallade urberg, samt tidigt paleozoiska sedimentbergarter av kambrisk och ordovicisk ålder.

Helt kortfattat kan urbergets bergarter inom och intill det område där Närkes kambro-ordoviciska sedimentbergarter förekommer beskrivas på följande sätt. De äldsta bergarterna, ca 2 000 miljoner år gamla, utgörs av omvandlade ytbergarter av vulkaniskt och sedimentärt ursprung. Dessa uppträder nu i form av mer eller mindre förgnejsade och ådergnejsomvandlade leptiter och glimmerskiffrar med på några ställen inlagrade kristallina kalkstensstråk.

Yngre än dessa bergarter är en serie omvandlade djupbergarter bestående av grönstenar och gnejsgranit. Kronologiskt sett följer sedan de yngre graniterna, vilka vanligen är helt massformiga till skillnad från de äldre, skiktade, förskiffrade och förgnejsade bergarterna. Till de yngre graniterna hör även de gångar och ådror av pegmatit och granit, vilka på många ställen genomsätter den äldre berggrunden. Yngst av de prekambrisk bergarterna är jotnisk diabas, ca 1 200 miljoner år, som uppträder i form av gångar, vanligen med öst—västlig strykning och brant stupning. Detaljerade redogörelser för dessa bergarter lämnas av P. H. Lundegårdh i beskrivningarna till berggrundskartbladen Örebro SV (SGU Af 101), Örebro NV (SGU Af 102) och Örebro SO (SGU Af 104), samt av R. Gorbatshev i beskrivningen till berggrundskartbladet Örebro NO (SGU Af 103).

De kambro-ordoviciska sedimentbergarterna i Närke (se pl. 1) är nedsänkta

längs i stort sett nord—sydliga och öst—västliga förkastningar och förekommer nu inom ett triangelformat område med sidorna ca 40, 50 resp. 60 km långa. I väster begränsas det av Kilsbergen, vars berggrund längs förkastningen huvudsakligen utgörs av mer eller mindre gnejsomvandlade leptiter samt av yngre granit. I norr begränsas området från Kilsbergen till de västra delarna av Örebro av leptitgnejs; därifrån och till Äsön av yngre granit av grovkristallin Örebro-typ; samt från Äsön längs Mellanfjärdens och Hjälmarens norra stränder av leptit med inlagrade större kalkstensstråk. Norr om ön Valen gränsar de kambro-ordoviciska sedimentbergarterna mot finkornig yngre granit med pegmatitiska partier. I söder slutligen gränsar de mot gnejsgraniter samt sedimentgnejs och gnejsomvandlade leptiter.

I de fönster av urberg, där urberget genom erosion av de ursprungligen överlagrande sedimentbergarterna kommit i dagen, utgörs detta av samma bergartstyper som ovan omtalats. Berggrunden utgörs i området norr om Kumla och söder om Örebro av massformig yngre granit med vanligen brant stupande öst—västliga stråk av gnejsgranit, sedimentgnejs och mer eller mindre förgnejsade leptiter samt smärre stråk av diabas, grönsten och kristallin kalksten. I området söder om Mellanfjärden utgörs urberget huvudsakligen av gnejsgranit. Söder om en öst—västlig linje i höjd med Kumla dominerar urberget av likaledes öst—västliga stråk av förgnejsad leptit, sedimentgnejs och gnejsgranit.

Underlaget för de sedimentära bergarterna är inte närmare känt. Fördelningen av de prekambrika bergarterna i underlaget torde emellertid motsvara fördelningen i omgivande urbergsterräng och i urbergsfönstren. Detta finns belagt genom flera kärnbörningar, och framgår relativt väl av ovan angivna berggrundskartor.

3.2. SUBKAMBRISK VITTRINGSZON

De kambriska sedimenten är avlagrade på en relativt jämn urbergsyta, det subkambriska peneplanet, vilket är den tämligen plana berggrundsyta, som vittring och erosion utbildat fram till kambrisk tid. Utanför de områden som fortfarande täcks av de kambro-ordoviciska bergarterna är peneplanet mer eller mindre deformerat av spricktektonik och förnyad vittring och erosion. Under sedimentbergarterna är det emellertid bevarat. Den subkambriska vittringen avtar gradvis nedåt för att i allmänhet upphöra på några meters djup, i vissa fall kanske 5—6 m. Vittringen är mest djupgående i sprickor och sprickzoner. Vittringsprodukterna är främst lermineralen kaolinit och klorit. Det är möjligt att dessa lermaterial har satt igen tidigare eventuellt öppna sprickor i urbergets övre delar, vilket 'medfört nedsatt vattenföring. Hur vanlig denna "tätning" är saknas dock ännu tillräckligt med information om. Det har emellertid vid brunnsbörningar visat sig att det just vid gränsen mellan sandsten och urberg vanligen förekommer en vattenförande zon. Då den understa delen av sandstenen, som ju är direkt lagrad på urbergets vittringsyta, är relativt grovkornig och har en förhållandevis

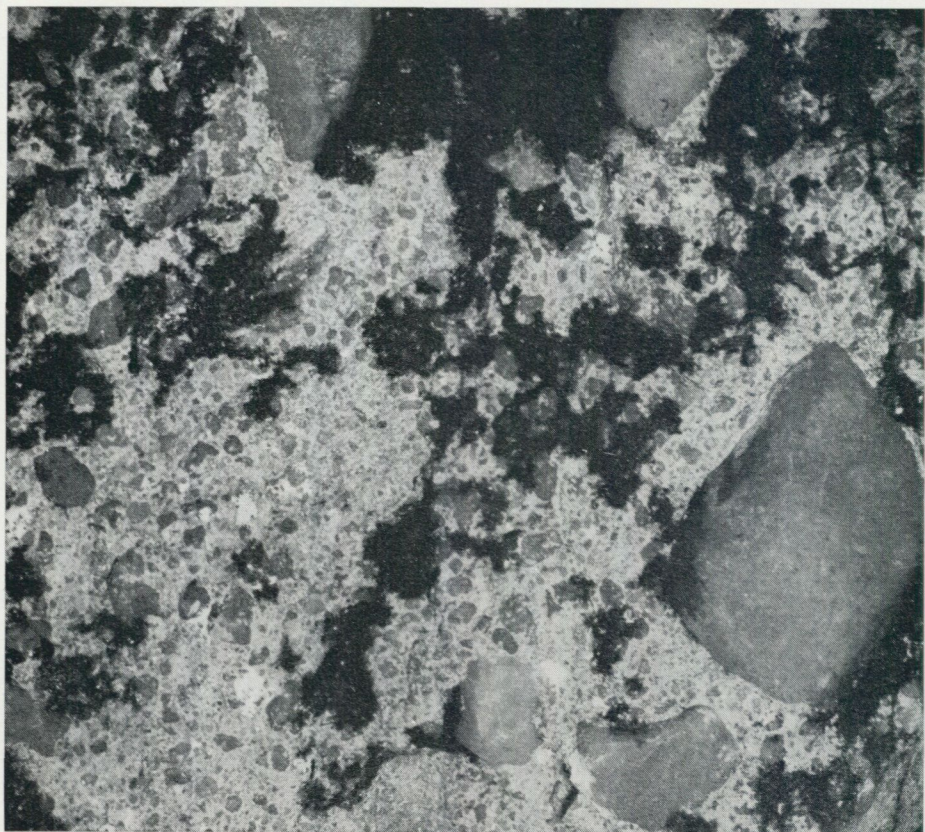


Fig. 1. Block av det underkambriska bottenkonglomeratet. Såväl de större som de mindre bollarna består av mycket ren kvarts. De mörka partierna är i hålrum utfällda järn- och manganföreningar. Utfällningen har sannolikt skett i fast berg. Naturlig storlek. Foto C.-F. Müllern.

Boulder of the lower Cambrian basal conglomerate. Both large and small clasts consist of very pure quartz. Dark areas are iron and manganese compounds precipitated in cavities. The process occurred in solid rock. Natural size.

hög permeabilitet — ibland utbildad som konglomerat med upp till 5 cm stora bollar av kvarts (se fig. 1 och kap. 4.1.) — är det sannolikt att merparten av det uttagna grundvattnet vanligen kommer från denna zon och ej från sprickor i urberget.

3.3. KAMBRO-ORDOVICISKA SEDIMENTBERGARTER

3.3.1. UNDERKAMBRISK SANDSTEN

Föreliggande geologiska sammanställningskarta (pl. 1) har, jämfört med tidigare kartor över berggrunden, kompletterats med en differentiering av den underkambriska sandstenen i mickwitziasandsten och lingulidsandsten. De på kartan angivna gränslinjerna mellan dessa bergarter är, liksom gränslinjerna för övriga

sedimentbergarter, inte skarpa utan representerar en successiv övergång. Sålunda kan mindre erosionsrester av exempelvis lingulidsandsten förekomma i områden, som på kartan markerats som mickwitziasandsten. På samma sätt kan fönster av mickwitziasandsten uppträda i områden som markerats som lingulidsandsten.

En förenklad bild av den kambro-ordoviciska lagerföljden framgår av en borrprofil från Yxhult, fig. 2. Den underkambriska sandstensserien indelas sålunda i två avdelningar: den undre, mickwitziasandstenen, och den övre, lingulidsandstenen.

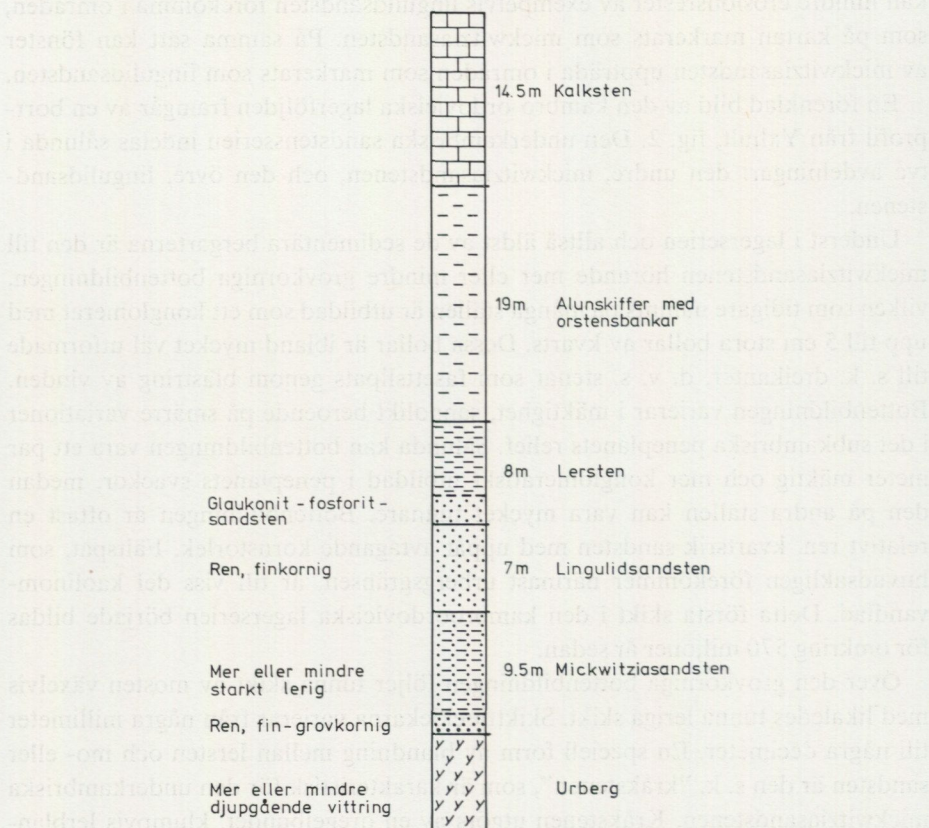
Underst i lagerserien och alltså äldst av de sedimentära bergarterna är den till mickwitziasandstenen hörande mer eller mindre grovkorniga bottenbildningen, vilken som tidigare nämnts på många ställen är utbildad som ett konglomerat med upp till 5 cm stora bollar av kvarts. Dessa bollar är ibland mycket väl utformade till s. k. dreikanter, d. v. s. stenar som fasett-slipats genom blästring av vinden. Bottenbildningen varierar i mäktighet, sannolikt beroende på smärre variationer i det subkambriska peneplanets relief. Sålunda kan bottenbildningen vara ett par meter mäktig och mer konglomeratiskt utbildad i peneplanets svackor, medan den på andra ställen kan vara mycket tunnare. Bottenbildningen är oftast en relativt ren, kvartsrik sandsten med uppåt avtagande kornstorlek. Fältspat, som huvudsakligen förekommer närmast urbergsgränsen, är till viss del kaolinomvandlad. Detta första skikt i den kambroordoviciska lagerserien började bildas för omkring 570 miljoner år sedan.

Över den grovkorniga bottenbildningen följer tunna skikt av mosten växelvis med likaledes tunna leriga skikt. Skikttjocklekarna varierar från några millimeter till några decimeter. En speciell form av blandning mellan lersten och mo- eller sandsten är den s. k. "kråkstenen", som är karakteristisk för den underkambriska mickwitziasandstenen. Kråkstenen utgörs av en oregelbundet, klumpvis lerblandad mosten rik på strukturer försakade dels av mekanisk påverkan av vågrörelser (ripple marks) och omflyttningar av material beroende på skillnader i de olika skiktens plasticitet och specifika vikt (load casts), dels av bottenlevande organismers grävande aktivitet (bioturbation).

Mickwitziasandstenens vattenförande förmåga är mycket liten i vertikalled då de leriga skikten, vilka vanligen är dåligt konsoliderade och plastiska, dels har mycket låg permeabilitet i sig själva och dels verkar självtätande mot sprickbildning. Den vattenförande förmågan kan däremot vara betydande i horisontalled, särskilt i bottenbildningen och i de mer sandiga skikten högre upp i mickwitziasandstenen.

Mickwitziasandstenens mäktighet varierar inom Närkeslätten så att den är större i öster och söder än i väster och norr. Så är den 12 m vid Torpängen 3.5 km sydost om Lännäs, 11 m vid Bernstorp 2.5 km sydväst om Asker, 10 m vid Yxhult intill Hällabrottet, 9 m vid Svenbron 3 km norr om Kräcklinge och 7—8 m i Latorpsplatån. Vid Bresätter 4 km söder om Hällabrottet är mickwitziasandstenen 11 m och vid Rynninge 3.5 km norr om St. Mellösa är den 9 m.

YXHULTS BERGARTER



Schematiserat efter J.Eklund 1959

Fig. 2. Borrprofil från Yxhult.

Profile of drill-core from Yxhult: 14.5 m limestone, 19 m alum shales with stinkstone, 8 m claystone with basal glauconite-phosphorite sandstone, 7 m pure fine-grained Lingulid sandstone, 9.5 m more or less clayey Mickwitzia sandstone with pure fine- to coarse-grained basal sandstone. Core ending in weathered Precambrian crystalline rock.

Lingulidsandstenen, som utgör den övre delen av den underkambriska sandstensserien, är en mycket homogen och ren grovmosten (kornstorleken 0.06—0.2 mm) med omkring 96 % SiO_2 . Den är vit, gråvit eller gulvit till färgen, där den grå färgen kommer från ett mycket svagt inslag av lerpartiklar och den gula färgen från oxiderad svavelkis, som i vissa fall gör sandstenen svagt rostfärgad. Lingulidsandstenen är mer tjockbankad än mickwitziasandstenen. Vissa sandstensbankar är mer än 1 m mäktiga, medan de fåtaliga leriga skikten i denna bergart är mycket tunna, maximalt någon centimeter.

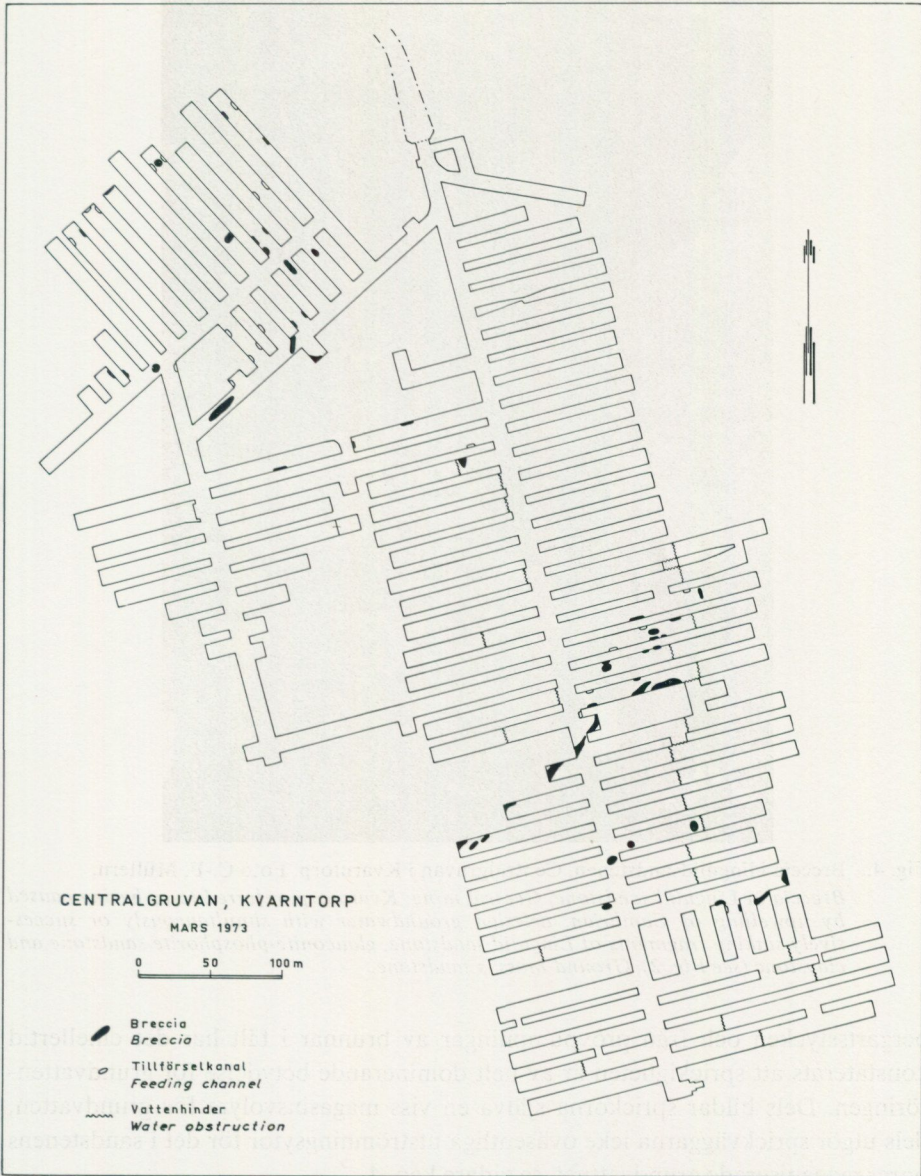


Fig. 3. Förekomster av breccia i lingulidsandstenen. Centralgruvan, Kvarntorp.
Occurrences of breccia-structures in Lingulid sandstone. Central mine, Kvarntorp.

Lingulidsandstenens vattenförande förmåga är relativt god, både i horisontal-
 led och i vertikalled, då de sparsamt förekommande leriga skikten sannolikt är
 för tunna för att erbjuda något allvarligt hinder för vertikal grundvattentransport.
 Vid jämförelse mellan permeabilitetsvärden erhållna från i laboratorium provade

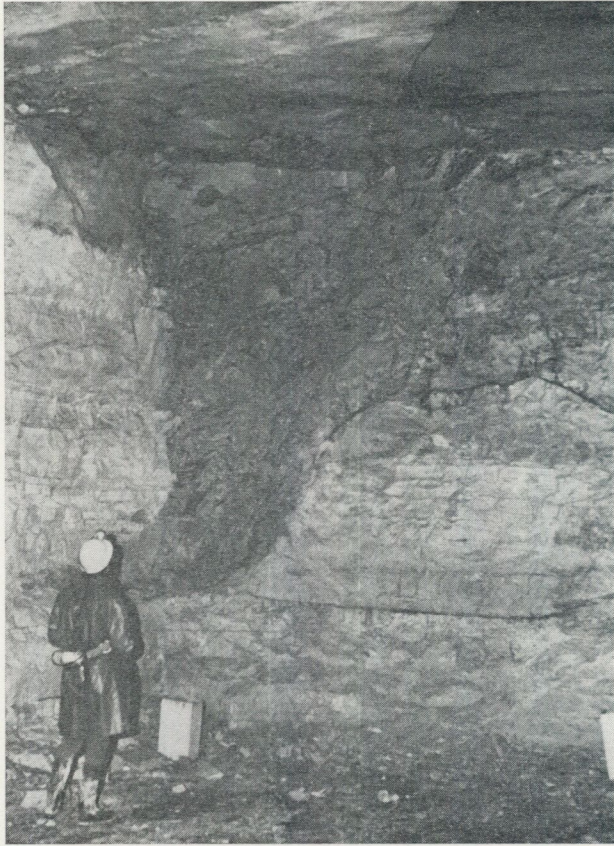


Fig. 4. Breccia i lingulidsandstenen, Centralgruvan i Kvarntorp. Foto C.-F. Müllern.

Breccia in Lingulid sandstone, Central mine, Kvarntorp, referred to as being caused by upwelling of Cambrian, artesian groundwater with simultaneously or successively sinking fragments of Lingulid sandstone, glauconite-phosphorite sandstone and claystone (see Fig. 2). Ground-mass is sandstone.

bergartsstycken och från propvpumpningar av brunnar i fält har det emellertid konstaterats att sprickigheten är av helt dominerande betydelse för grundvattenföringen. Dels bildar sprickorna själva en viss magasinvolym för grundvatten, dels utgör sprickväggarna icke oväsentliga utströmningsytor för det i sandstens porer maganiserade grundvattnet, se vidare kap. 4.

Lingulidsandstens mäktighet är relativt konstant i hela Närke, dock något tunnare i öster än i väster. 3.5 km sydost om Lännäs är den 6 m, i området Asker — Hällabrottet är den 7—8 m och i Latorpsplatån 8—9 m. Den sammanlagda sandstensmäktigheten varierar således mellan 15—17 m vid Latorpsplatån, 16 m vid Rynninge, 18 m i området Lännäs — Hällabrottet och ca 19 m vid Bresätter.

I Ytongbolagens underjordiska sandstensbrott i Kvarntorp har ett flertal brecciastrukturer påträffats. Sandstenen bryts mellan nivåerna ca 3 m under glauko-



Fig. 5. Kontakt mellan breccia och lingulidsandsten. Kontaktytan är slipad och avjämnad av strömningarna i blandningen av artesisikt vatten, sand och bergartsfragment. Centralgruvan, Kvarntorp.

Contact between breccia and horizontally layered Lingulid sandstone. The contact surface is polished by movements of artesian water, sand and rock fragments probably in Middle Cambrian time. Central mine, Kvarntorp.

nit-fosforitsandstenen och till ett par decimeter över mickwitziasandstenen, fig. 2 och 3. Fig. 4 och 5 visar utseendet av en sådan breccia. De karakteristiska dragen hos dessa strukturer är följande. De är ofta cirkulärt eller elliptiskt trattformade, bredare upptill (några få till ett tiotal meter breda) brant stående och vanligen hastigt avsmalnande nedåt. Där övergår de i många fall till vindlande, flackt lig-gande, och några decimeter breda kanaler. I breccian har brottstycken av lingu-lidsandsten, glaukonit-fosforitsandsten och lersten påträffats. Till skillnad från

sidoberget utgörs matrix av ej horisontalt skiktad sandsten. Sandmatrix är tydligt strömskiktad, företrädesvis i kanalerna, där brottstyckena är betydligt mindre, i vissa fall rundade och färre än i den egentliga breccian. Konsolideringsgraden är densamma som i sidoberget. Förkastningar, sprickor eller annan tektonik förekommer inte i anslutning till strukturerna, vilka tolkats som bildningar förorsakade av artesiskt grundvatten i mellankambrisk eller närliggande tid. Det är mycket sannolikt att liknande breccior förekommer på flera ställen i Närke (jfr L. Karis 1972, s. 177). Strukturerna beskrivs närmare av Müllern (1974).

3.3.2. MELLANKAMBRISK GLAUKONIT-FOSFORITSANDSTEN OCH LERSTEN

Till den mellankambriska lagererien räknas det över lingulidsandstenen följande lagret av kalkrik glaukonit-fosforitsandsten, fig. 2. Detta lagrets mäktighet varierar vanligen mellan 1 och 3 m. Vid Rynninge är det dock endast 0.4 m. Glaukoniten ger lagret en kraftigt mörkgrön färg, kraftigast i dess övre delar. Fosforiten, som är brun till färgen, förekommer dels som 1 à 2 mm stora ooliter, dels som decimeterstora bollar eller knölar och dels som diffust avgränsade partier av fosforitrik sandsten. Glaukonit-fosforitsandstenen bildar en relativt skarp gräns mot lingulidsandstenen. Vid brunnborrning kommer därför vanligen en ganska skarp och plötslig förändring i borrhaxets färg från mörkgrön till vitaktig vid passage av bergartsgränsen. Lerstenen som överlagrar glaukonit-sandstenen, kan karakteriseras som en grönaktig slamsten eller lersten. Hög plasticitet med ringa eller ingen tendens till sprickbildning samt mycket låg permeabilitet gör bergarten i det närmaste ogenomsläpplig för vatten. Lerstenen innehåller bl. a. lermineralet montmorillonit, vilket vid kontakt med vatten sväller och ger bergarten ökad volym, samtidigt som hållfastheten går förlorad. I kontakt med luft och vatten faller denna bergart därför snabbt sönder till en mjuk lerig massa. Av denna anledning är det nödvändigt att vid brunnborrning genom lerstenen ned i sandstenen förse brunnen med ett foderrör, som når ned i sandstenen. I lerstenen förekommer enstaka någon centimeter tunna, sandiga skikt samt lika tunna linser av ljus kalksten.

Den mellankambriska lerstenen inklusive glaukonit-fosforitsandstenen uppvisar relativt stora mäktighetsvariationer mellan olika områden i Närke. I Kvarntorpsområdet är den endast 7—8 m, vid Rynninge 9 m, vid Bresätter 12 m, vid Bernstorp 16 m och i norra delen av Latorpslatån så mycket som 19 m.

3.3.3. ÖVERKAMBRISK ALUNSKIFFER

Alunskifferns undre partier bildades i mellankambrisk tid men huvuddelen av denna bergart tillhör överkambrium. Alunskiffern är en brunaktig till gråsvart tätt skiktad lerskiffer. På flera nivåer innehåller den konkretioner av kalksten—
—orsten i form av linser och i vissa fall mer eller mindre sammanhängande ban-

kar. Orstenen består till ungefär 3/4 av kalcit och 1/4 av alunskiffersubstans. Detta medför att orsten, till skillnad från annan kalksten, vid exempelvis hammarslag avger en karakteristisk lukt. Storleken på orstenarna varierar från mycket små till meterstora. En av de mer ihållande orstensbankarna är den 1.5—2 m mäktiga s. k. bottenorstenen, eller stora orstensbanken, som uppträder någon meter ovanför gränsen till lerstenen.

Alunskiffern innehåller ungefär 20 % organiska kolväteföreningar (kerogen) och 12 % svavelkis, FeS_2 . Resten utgörs huvudsakligen av muskovit och kvarts. Dessa ämnen utlöses till viss del av det grundvatten som förekommer i bergarten. Detta ger ofta mycket dålig smak och lukt åt grundvattnet i alunskiffern. Av denna anledning är det därför i många fall nödvändigt att brunnar, som borrar genom alunskiffer, förses med foderrör.

Alunskiffern är mäktigast i trakten av Hällabrottet, där den är 19 m. Mäktigheten avtar sedan successivt mot öster och är strax söder om Kvarntorp 17 m, vid Bernstorp 16 m och vid Tångsätter, 4 km SSV om Odensbacken, 15 m. Vid Bresätter är den 17.5 m och i Latorpsplatån varierar den mellan 12 och 15.5 m.

3.3.4. ORDOVICISK KALKSTEN

Den ordoviciska ortoceratitkalkstenen är den yngsta bergarten i den kambro-ordoviciska lagerserien i Närke. Den bildades för mellan 500 och 450 miljoner år sedan. Ortoceratitkalkstenen inleds med ett grönt, några decimeter mäktigt, delvis något sandigt, glaukonitrikt och fosforitförande kalkstenslager. Den överliggande kalkstensserien indelas i tre avdelningar. Den understa, planilimbata-kalkstenen, är en 3—4 m mäktig ljus, svagt grönaktig, tunnbankad kalksten med ett flertal tunna leriga skikt. Över denna kalksten följer den mer tjockbankade och med få lerskikt försedda, rödbruna och gråbruna limbatakalkstenen, vars mäktighet uppgår till ca 11 m. Den översta avdelningen, asaphuskalkstenen, utgörs åter av en tunnbankad kalksten, grå till färgen och med kalkstensbankarna åtskilda av tunna lerskikt. Denna bergart finns bevarad endast i området vid Kvarntorp och Hällabrottet samt i Latorpsplatån. Den största sammanlagda mäktigheten av ordovicisk kalksten i Närke har påträffats ett par kilometer öster om Garphyttan, där den uppgår till närmare 30 m.

Brunnar i kalksten kan ibland vara rikligt givande, men vattnet är vanligen mycket hårt och utsätts i områden med tunt jordtäckte lätt för föroreningar.

Mer detaljerade beskrivningar av de sedimentära bergarterna lämnas av E. Fromm i beskrivningen till berggrundskartbladet Örebro SV (SGU Af 101) och av L. Karis och E. Magnusson i beskrivningarna till berggrundsgeologiska kartbladen Örebro NV (SGU Af 102) och Örebro SO (SGU Af 104).

3.4. TEKTONISKA FÖRHÅLLANDEN

3.4.1. FÖRKASTNINGAR

De mest markanta tektoniska dragen vid Närkeslätten är de stora gränsförkastningarna, i väster mot Kilsbergen, i sydväst mot Tiveden och i sydost mot Tylöskogen. Mellan dessa förkastningar har berggrunden sänkts och detta välkända förhållande har bidragit till att de i Närke kvarvarande resterna av de tidigare mer utbredda kambro-ordoviciska sedimentbergarterna fortfarande finns bevarade. Flera mindre förkastningar, vilka löper mer eller mindre parallellt med gränsförkastningarna, förekommer på flera ställen inom Närkeslätten. Dessa förkastningar är bildade senare än sedimentbergarterna. De är alltså postordoviciska, sannolikt permiska.

Genom förkastningarna har berggrunden delats upp i flera stora block, vilka tippat något mot söder. Detta framgår av profil B — B¹, infälld i berggrundskartan, pl. 1, och av på samma karta markerade nivåkurvor för urbergsytan. På så sätt lutar nu urbergsytan och de på denna närmast planparallellt lagrade sedimentbergarterna svagt mot söder. Lutningsbeloppet varierar men rör sig om storleksordningen 5 — 10 promille. Denna blockteknik innebär att de största mäktigheterna av Närkes kambro-ordoviciska sedimentbergarter har bevarats intill de öst—västliga förkastningarna i söder och den nordnordöstliga Kilsbergsförkastningen i väster. Inom de olika berggrundsblocken avgränsas således sedimentbergarterna i söder och väster av förkastningar, och i norr och öster av erosionsgränser. Erosionen har förorsakat en successiv uttunning norrut respektive österut av dessa bergarter så som framgår av profilerna A — A¹ och B — B¹ på berggrundskartan. Ett undantag från denna regel är den östra av de två nord—sydliga förkastningarna vid Mellanfjärden.

Förkastningarna har på flera håll i Närke visat sig bestå av mer än ett steg eller språng. Detta har bl. a. framgått av seismiska mätningar i kombination med uppgifter från borrhningar vid Åkerby ca 5 km söder om Sköllersta. En detaljkarta, fig. 6, och en profil, fig. 7, visar områdets geologiska byggnad. Förkastningszonen utgörs av två parallella förkastningar med en mellanliggande urberghylla ca 20 m högre än urbergsytan i norr. Urbergsytan i söder ligger ytterligare 30 m högre. Förkastningszonens totala språnghöjd är alltså ca 50 m, fördelad på två steg. Urberghyllans bredd är ca 100 m. Som framgår av den mycket plana markytan i profilen, fig. 7, kan förkastningen inte spåras i topografin.

På grund av sedimentbergarternas olika plastiska egenskaper är det sannolikt att dessa har reagerat på sinsemellan olika sätt vid förkastningsrörelserna i urberget. Förkastningarna kan därför utgöra relativt komplext uppbyggda strukturer. I urberget är det säkerligen fråga om rena förkastningar. I de sedimentära bergarterna däremot kan dessa vara uppbyggda av en kombination av flexurer (ensidiga nedböjningar utan avslitning) och förkastningar. På så sätt kan exempelvis sandstenslagren helt ha slitits av och bildat förkastningar medan däremot

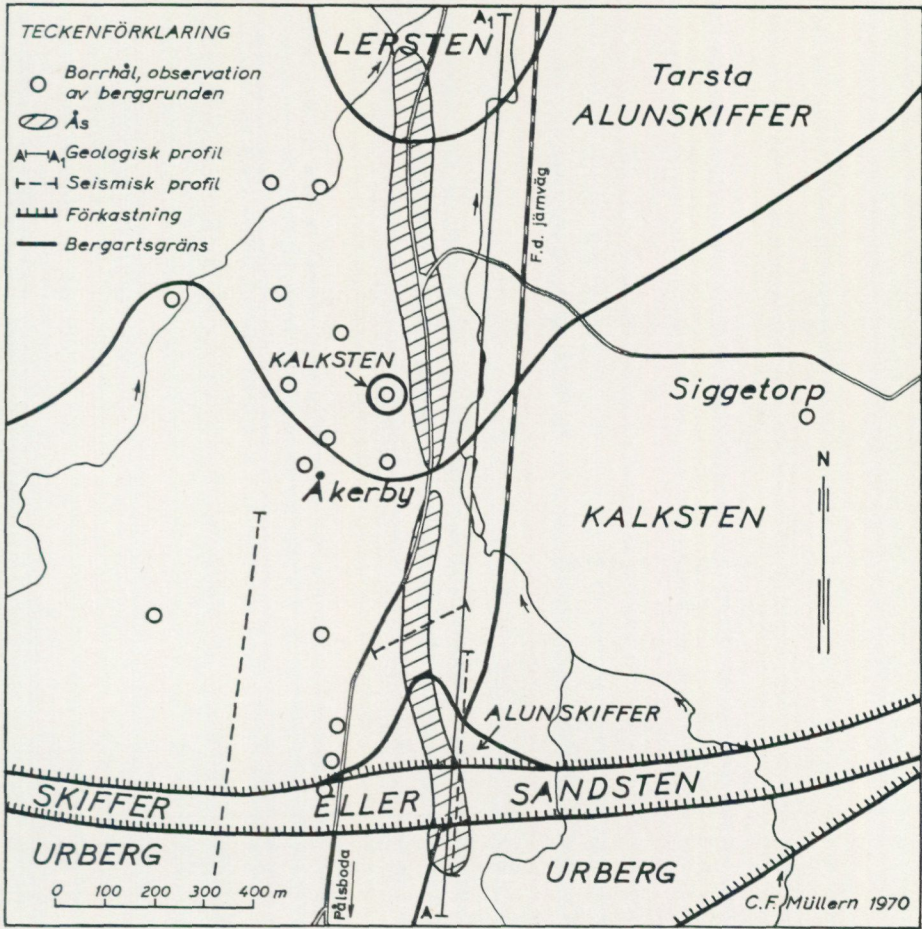


Fig. 6. Karta över berggrunden och läget av seismiska profiler vid Åkerby, 5 km söder om Sköllersta.

Map of the bedrock and the location of seismic profiles at Åkerby, 5 km south of Sköllersta.

de mer plastiska bergarterna, i första hand lerstenen och alunskiffern, har böjts ned utan eller bara delvis med avslitning och bildar flexurer. Vid flera kärnboringar intill förcastningarna har man också kunnat iakttaga nedböjda alunskifferlager.

Det är sannolikt att sandstenen och urberget är uppkrossade i anslutning till förcastningarna. Eftersom sedimentbergarterna, och då närmast den i sig själv vattenförande sandstenen, lutar ned mot de öst—västliga förcastningszonerna och eftersom dessa har stor utsträckning i sidled, bör det i sådana krosszoner ha skapats goda förutsättningar för större grundvattenmagasin. Det finns därför anledning att antaga att borrade brunnar placerade i sådana tektoniska zoner

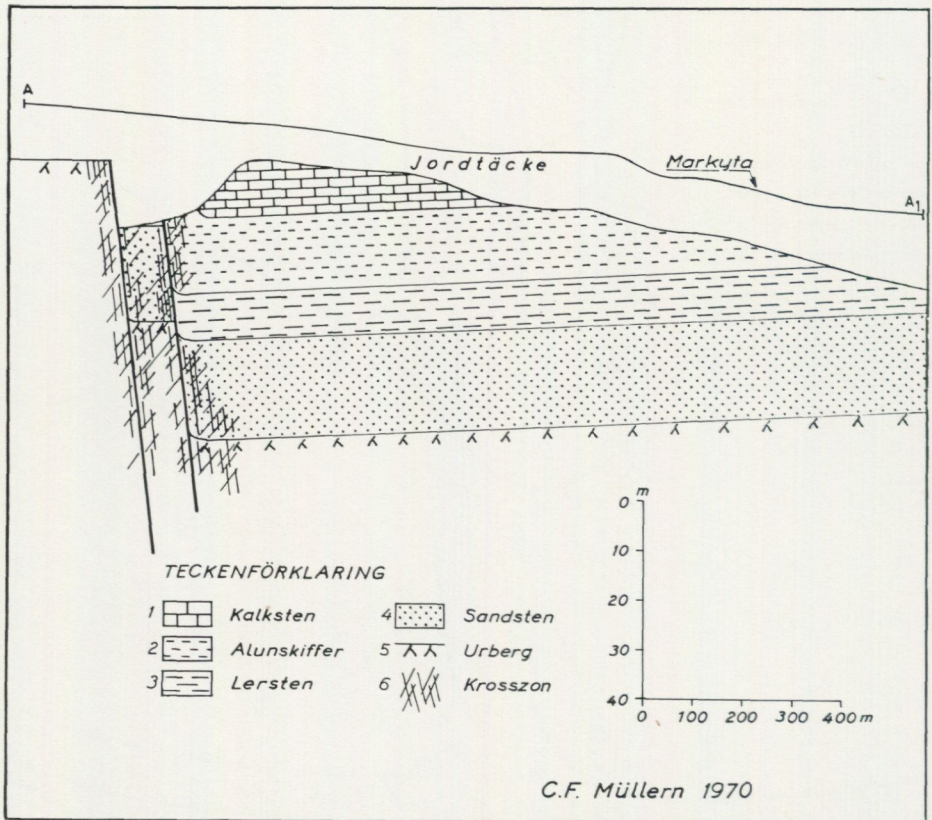


Fig. 7. Geologisk profil genom en del av förkastningszonen vid Åkerby, konstruerad enligt seismiska mätningar och borrhålsobservationer, fig. 6.

Geological profile through the fault planes at the southern border of the Palaeozoic basin at Åkerby, 5 km south of Sköllersta (Fig. 6).

skall kunna ge relativt stora vattenmängder. Av pl. 3 framgår att vissa brunnar i eller intill förkastningszonerna har givit mycket vatten medan andra har givit föga. Några säkra belägg för vilka av dessa brunnar som verkligen har träffat en förkastningszon och vilka som inte har gjort det finns emellertid inte.

3.4.2. BERGGRUNDENS SPRICKIGHET

Grundvattenföringen i Närkes sedimentbergarter är nästan helt beroende av förekomsten av öppna sprickor, i vilka grundvattnet kan magasineras och röra sig, då porositeten och permeabiliteten i sprickfritt berg är mycket låg.

Riktningen av spricksystemen i de sedimentära bergarterna har uppmätts i olika stenbrott. Lingulidsandstensens sprickriktningar har uppmätts i Ytongbolagens underjordiska sandstensbrott i Kvarntorp. Mickwitziasandstenen finns

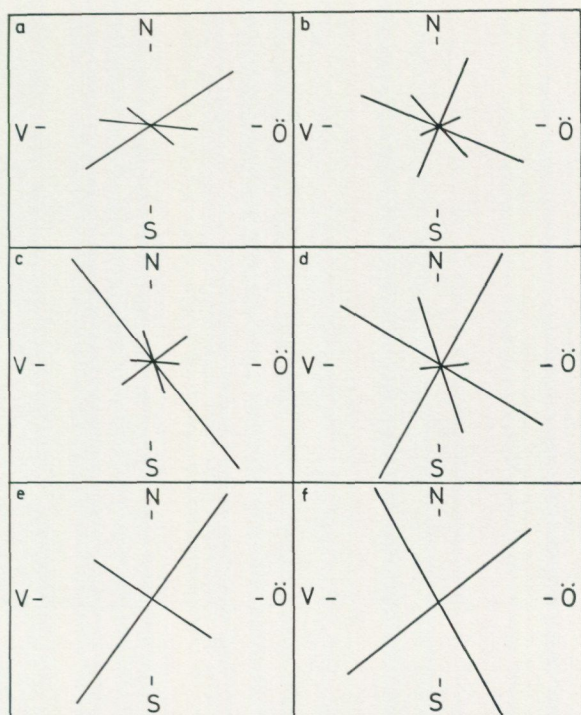


Fig. 8. Den vertikala sprickighetens huvudriktningar i olika bergarter. Längdskillnader anger den relativa frekvensen.

a. sandsten, Kvarntorp; b. alunskiffer, Kvarntorp; c. kalksten, Kvarntorp; d. kalksten, Primo, 3 km sydöst om Asker; e. kalksten, Lanna; f. kalksten, Latorp och Olofstorp.

Main directions of vertical joints in different rock types. Length difference indicates relative frequency.

a. sandstone, Kvarntorp; b. alum shales, Kvarntorp; c. limestone, Kvarntorp; d. limestone, Primo, 3 km southeast of Asker; e. limestone, Lanna; f. limestone, Latorp and Olofstorp.

däremot inte på något ställe tillgänglig för mer omfattande sprickmätningar. Sprickorna i lingulidsandstenen visar tre tydliga riktningsexima, varav det kraftigaste representeras av sprickor orienterade i SV — NO, fig. 8 a. Sprickobservationerna visar att sprickigheten i lingulidsandstenen domineras av vertikala sprickor.

Erstenen är inte tillgänglig för sprickmätningar. Det är dessutom tveksamt om öppna sprickor över huvudtaget utbildas och kvarstår i denna bergart då den, som tidigare nämnts, har mycket utpräglad plastiska egenskaper med tendens till självtätning.

Sprickriktningarna i alunskiffern har uppmätts i fyra olika skifferbrott i Kvarntorpsområdet. Tre olika riktningsexima uppträder: SSV — NNO, VNV — OSO och NV — SO (fig. 8 b). En jämförelse med sprickriktningarna i övriga



Fig. 9. Vattenförande kontaktzon mellan lingulid- och mickwitziasandsten i det numera vattenfyllda sandstensbrottet vid Älvesta. Foto P. Thorslund.

Water-bearing contact zone between Mickwitzia (below) and Lingulid (above) sandstone in the now waterfilled quarry at Älvesta.

bergarter i Närke, (omfattande även urberget), antyder att sprickigheten i alunskiffern är förskjutet, d. v. s. roterad drygt 25° motsols. Vertikala sprickor är helt dominerande.

Sprickriktningarna i den ordoviciska kalkstenen har uppmätts i sju stycken kalkstensbrott i Kvarntorp (8c), i stenbrottet Primo sydost om Asker (8d), vid Lanna (8e) samt vid Latorp och Olofstorp (8f). De tre sistnämnda lokalerna är belägna på Latorpsplatån. De mest markerade sprickriktningarna är orienterade i SV — NO och NV — SO. Både i Kvarntorps kalksten och i den vid Primo förekommer en relativt väl markerad sprickriktning i NNV — SSO. I Primo förekommer dessutom en svagt markerad sprickriktning i ungefär O — V. Sprickmönstret är mycket likartat i samtliga elva kalkstensbrott. Sprickobservationerna i kalkstenen har visat, att vertikala sprickor dominerar också i denna bergart.

Utöver de vertikala eller mycket brant stående sprickorna förekommer i betydande omfattning även horisontella sprickor i kalksten, alunskiffer och sandsten. Sprickorna uppträder företrädesvis längs skiktgränserna, vilka i allmänhet representerar svaghetszoner. Dessa sprickor är ofta vattenförande och fungerar som förbindelser mellan de vertikala sprickorna, genom vilka den huvudsakliga infiltrationen av nederbördsvatten sker. Fig. 9 visar hur ett kraftigt vattenflöde bryter

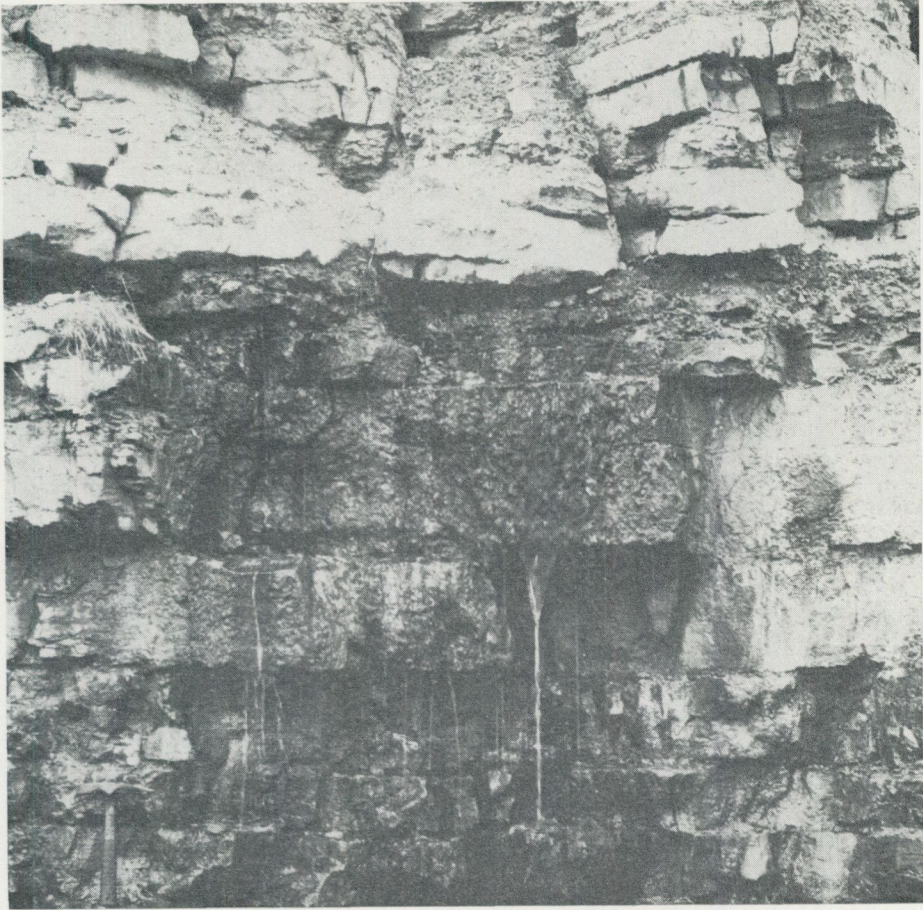


Fig. 10. Vattenförande kontaktzon mellan planilimbata- och limbatakalksten, Hällabrottet.
Foto C.-F. Müllern.

Water bearing contact zone between Planilimbata (below) and Limbata (above) limestone at Hällabrottet.

fram ur horisontella sprickor. Här är det den undre delen av lingulidsandstenen, som spruckit upp i kontaktzonen mot mickwitziasandstenen. Fig. 10 visar hur ett mindre vattenflöde uppträder i gränsen mellan planilimbata- och limbatakalksten i stenbrottet vid Hällabrottet. Flödet är måttligt i enskilda punkter, men uppträder generellt längs hela gränsen i stenbrottet.

4. KAPACITETEN I BRUNNAR I OLIKA BERGARTER

Av

Åke Möller

4.1. PERMEABILITET

Att kunna bedöma eller beräkna hur mycket vatten en brunn kan komma att lämna är av stort intresse. För att kunna göra detta krävs, förutom kännedom om de vattenförande lagrens utbredning, mäktighet o. s. v. även kunskap om dessa lagars permeabilitet eller vattentransporterande förmåga. Permeabiliteten hos en akvifer kan bestämmas genom prover från borrhämnor eller genom provpumpningar. Permeabilitetsbestämningar av borrhämnor ger vanligen lägre värden än provpumpningar beroende på att inverkan av sprickorna försummas vid detta förfarande. Detta vanligen lägre värde brukar kallas den primära permeabiliteten till skillnad från den faktiska eller verkliga, vilken kallas den sekundära permeabiliteten.

Vid provpumpningar mäter man via observationsrör eller brunnar hur grundvattenytan under en viss tid avsänks vid en viss konstant kapacitet. Ju fler observationspunkter som används, desto bättre och säkrare resultat erhålles. Tyvärr kan man av praktiska eller ekonomiska skäl sällan använda detta undersökningsförfarande och endast uppgifter om avsänkning i själva brunnen vid en viss kapacitet har kunnat erhållas. Med dessa data kan den s. k. specifika kapaciteten bestämmas och med kännedom om det vattenförande lagrets mäktighet kan permeabiliteten därefter beräknas (Jetel 1968). Av totalt över 600 inventerade brunnar har specifika kapaciteten kunnat beräknas för cirka 70 sandstensbrunnar. Tyvärr saknas motsvarande data praktiskt taget helt från kalkstens- eller skifferlagren och motsvarande beräkningar har därför ej varit möjliga att göra för dessa bergarter.

Enligt Jetel kan permeabiliteten bestämmas enligt följande:

Z är ett uttryck för permeabiliteten, k, och definieras:

$$Z = \log \left(10^6 \cdot \frac{q}{M} \right)$$

där q = specifika kapaciteten i liter per sekund per meter avsänkning

M = akviferens tjocklek i meter. Om brunnen ej är borrhämnad genom hela akviferen insättes längden på den aktiva delen av brunnen.

Sambandet mellan Z och k kan uttryckas på följande sätt:

$$k = 10^{Z-C} \log \left(\log \frac{R}{r} \right)$$

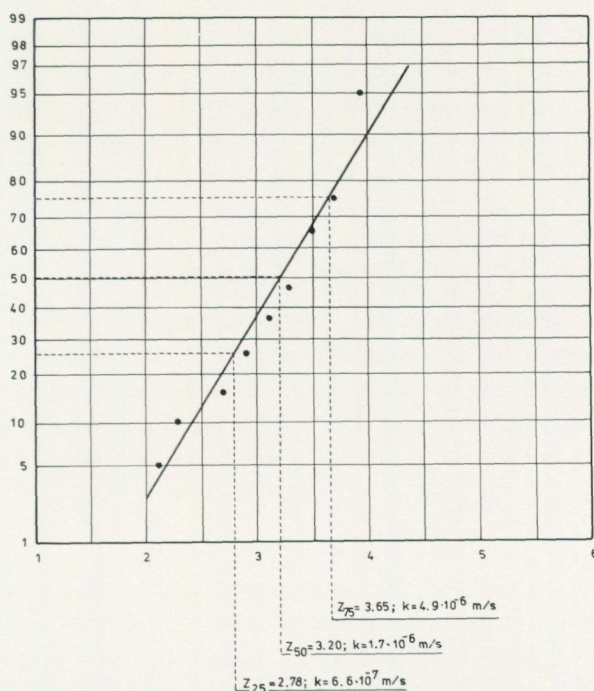


Fig. 11. Fördelning av Z-värden vid permeabilitetsbestämning av sandstenen i Närke.
Distribution of Z values for permeability determination of the Närke sandstone.

där R = avsänkningstrattens radie, meter

r = brunnens radie, meter

C = en konstant vars storlek beror på använda måttenheter, i detta fall är

$C = 9.436$ när k uttrycks i meter per sekund (m/s).

För de aktuella sandstensbrunnarna har Z bestämts och hur dessa värden varierar har undersökts genom en frekvensanalys, fig. 11. På medianvärdet samt för 25 resp. 75 % av antalet Z -värden har permeabiliteten bestämts. Följande värden erhöles:

$$k_{25} = 6.6 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} \quad (\text{undre kvartil})$$

$$k_{50} = 1.7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \quad (\text{medianvärde})$$

$$k_{75} = 4.9 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \quad (\text{övre kvartil})$$

För att undersöka hur mycket den enligt ovan bestämda sekundära (verkliga) permeabiliteten skiljer sig från den primära gjordes vid SGU:s jordartslaboratorium permeabilitetsbestämningar på en borrhärla i sandsten från N. Mossby. Följande värden erhöles:

Mickwitziasandsten, sandig $k = 0.8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

„ , moig $k = 0.07 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

„ , lerig $k = 1.7 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

Jämför man det högsta av dessa, $k = 0.8 \cdot 10^{-6}$ m/s, med medianvärdet, bestämt enligt specifika kapacitetsmetoden, $k_{50} = 1.7 \cdot 10^{-6}$ m/s, framgår att medianvärdet är cirka 2 gånger större. Jämförs de andra värdena på mickwitziasandstenen med medianpermeabiliteten är dessa 24 resp. 1 000 gånger mindre.

4.2. STORLEKEN OCH FÖRDELNINGEN AV KAPACITETEN HOS BRUNNAR I OLIKA BERGARTER

Storleken och fördelningen av kapaciteten hos brunnar i olika bergarter har undersökts och presenteras nedan. Baserat på bl. a. specifika kapaciteten per meter penetrerad akvifer har även beräknats hur mycket vatten som teoretiskt kan erhållas ur sandstensbrunnar. Här redovisade jämförelser, resultat o. d. gäller brunnar med en diameter av 100 — 110 mm, vilket är den helt dominerande storleken.

4.2.1. KALKSTENSBRUNNAR

Kapacitetsvariationerna är mycket stora beroende på bergartens oregelbundna sprickighet. Saknas sprickor blir brunnen helt torr. Endast tre brunnar med säkra kapacitetsuppgifter finns, nämligen med 1.1, 0.2 och 0.004 1/s. Avsänkningens storlek är ej känd.

4.2.2. SKIFFERBRUNNAR

Brunnar borrade i berggrund enbart bestående av alunskiffer och lersten, ev. jordlager ej medräknade, har ej påträffats. Vid borring genom skiffer brukar dock alltid något vatten erhållas, vanligen ett par liter i minuten. I enstaka fall har större vattenmängder erhållits. På grund av förekomsten av svavelväte är detta vatten vanligen både illaluktande och illasmakande och kan ej användas.

4.2.3. SANDSTENSBRUNNAR

Man kan indela sandstensbrunnarna i dels sådana där sandstenen överlagras av andra bergarter (skiffer eller skiffer plus kalksten), dels sådana med sandstenen enbart täckt av jordlager. Uppdelningen har sin betydelse främst i bedömningen av perkolationen till den vattenförande sandstenen. Skifferlagret kan nämligen med starka skäl antas vara så tätt, att någon omfattande påfyllning av grundvattenmagasinet i sandstenen genom nedträngande nederbördsvatten knappast kan ske (annat än lokalt via vertikala sprickor).

En annan fråga av intresse, som motiverar en ytterligare uppdelning, är hur mycket mera vattenförande en brunn blir om den passerar genom sandstenen och vittringszonen och går vidare ned i det underliggande urberget, se även kap. 3.2 och 3.3.1. Utgående från ovannämnda frågeställningar gjordes följande uppdelning av brunnar:

<i>Brunnstyp</i>	<i>Karakteristik</i>
BA	Sandstensbrunnar som når högst 5 m ner i urberget. Sandstenen överlagras av andra sedimentbergarter (skiffer, kalksten).
BB	Sandstensbrunnar som når högst 5 m ner i urberget. Sandstenen överlagras enbart av jordlager.
BC	Sandstensbrunnar som når mer än 5 m ner i urberget. Sandstenen överlagras av andra sedimentbergarter (skiffer, kalksten).
BD	Sandstensbrunnar som når mer än 5 m ner i urberget. Sandstenen överlagras enbart av jordlager.

Vidare har grupperna BA och BB samt BC och BD sammanslagits till två nya grupper och kapacitetsfördelningen för dessa undersökts. Detta gjordes för att en bättre jämförelse skulle kunna göras mellan brunnar som når djupt ner i urberget med sådana brunnar som enbart penetrerar sandstenen eller når högst 5 m ner i urberget.

På fig. 12 redovisas fördelningen av kapaciteterna hos de olika grupperna. Typ BA visar relativt stor spridning och en ganska hög andel brunnar med stor kapacitet, cirka 40 %, lämnar mer än 1.6 l/s. Typ BB visar en jämn fördelning vilket indikerar att sannolikheten för låg eller hög kapacitet är nästan lika stor. Troligen beror den relativt låga procentuella andelen brunnar med högre kapacitet i gruppen BB till stor del på att sandstensens mäktighet inom denna grupp ofta är mindre än föregående grupp. Typ BC och BD avviker från de föregående framför allt genom att andelen brunnar med låg kapacitet är relativt stor. Detta kan förklaras av att man ju inte borrar djupt ned i urberget om tillräckligt med vatten erhållits högre upp.

Av de sammanslagna grupperna, BA + BB och BC + BD, framgår att borrning djupare än 5 m i urberget knappast medför någon betydande ökning i vattentillgången. Man skulle t. ex. ha ca 5 % större möjlighet att få mer än 2 l/s i ena fallet jämfört med det andra. Medianvärdena från de olika grupperna fördelar sig enligt följande:

<i>Typ</i>	<i>Medianvärde</i>
BA	1.35 l/s
BB	1.15 „
BC	0.65 „
BD	1.14 „
BA+BB	1.20 „
BC+BD	1.00 „

Då de flesta sandstensbrunnar tillhör brunnstyperna BA+BB kan dessas frekvensfördelning sägas vara typisk för förhållandena i sin helhet i Närke.

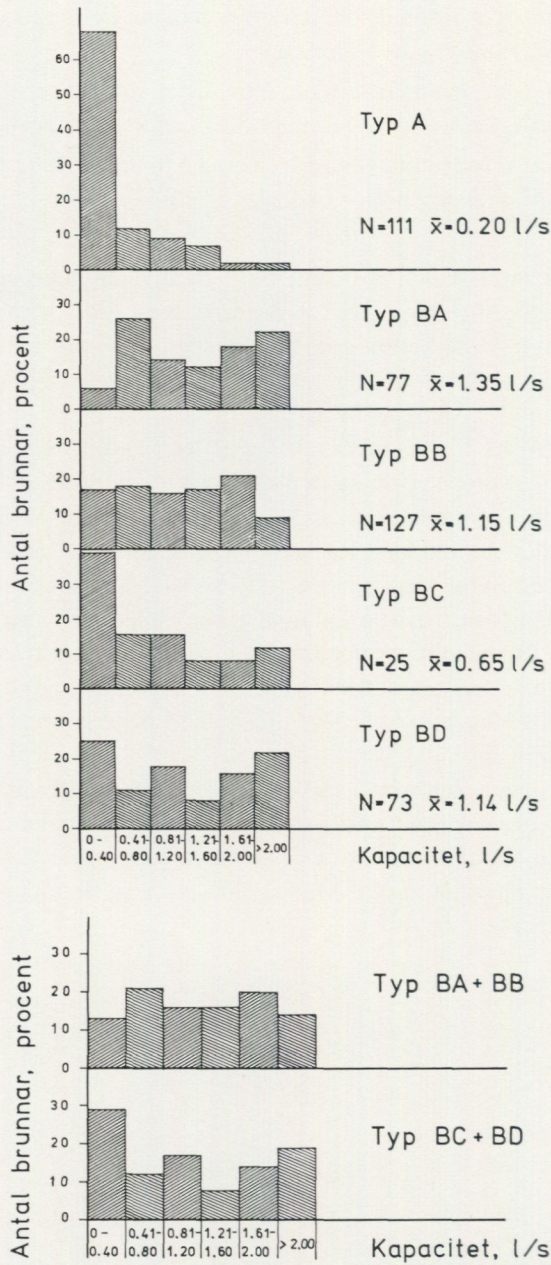


Fig. 12. Kapacitetshistogram för olika typer av sandstensbrunnar samt urberg.
Capacity histogram for various types of wells in sandstone and Precambrian bedrock.

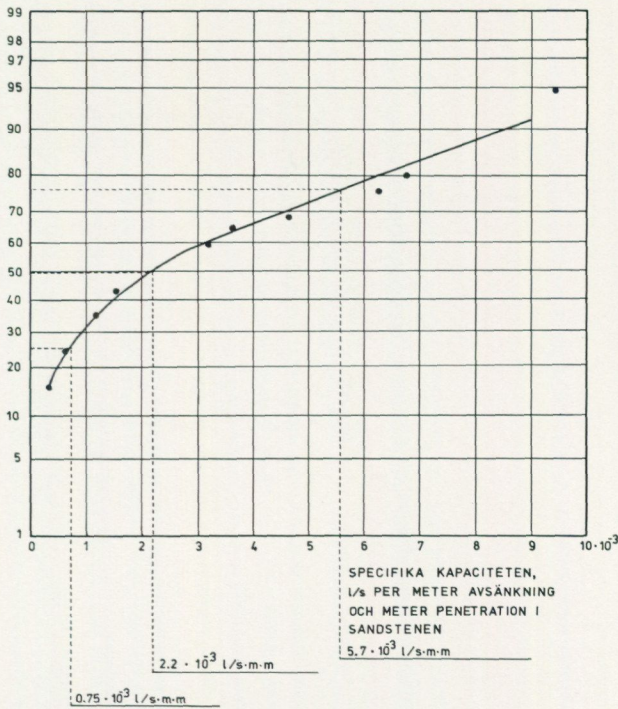


Fig. 13. Specifika kapaciteten per meter penetration i sandstensakviferen.
Specific capacity per metre penetration in the sandstone aquifer.

För att ytterligare belysa hur kapaciteten varierar i sandstenen undersöktes den specifika kapacitetens beroende av borrhjupet, d. v. s. värdet på den specifika kapaciteten dividerad med det antal meter som brunnen var borrhjupad i sandstenen. Endast brunnar tillhöriga typ BB användes. Resultatet redovisas i fig. 13. Medianvärdet blev $2.2 \cdot 10^{-3}$ l/s per meter avsänkning per meter borrhjup (i sandstenen), d. v. s. för en brunn som borrhjupas 1 meter djupt i sandstenen och i vilken man avsänker vattenytan 1 meter blir kapaciteten i 50 % av fallen 0.0026 l/s eller ca 9.4 timliter. Borrhjupas brunnen 1 meter djupare eller avsänkes vattenytan i brunnen ytterligare 1 meter fördubblas kapaciteten o. s. v.

I fig. 14, redovisas hur kapaciteten hos ca 50 % av alla brunnar varierar vid ett antaget brunnsdjup (i sandstenen) av 15 m och en avsänkning av vattenytan på a) 10 m, b) 20 m och c) 30 m. Av figuren framgår att vid en avsänkning av 10 m kan man vänta sig kapaciteter mellan 27 och 205 timliter och vid 30 m avsänkning mellan 81 och 615 timliter. (Det förutsattes att grundvattenytan i brunnen ej avsänkes under sandstenens överyta under pumpningen.)

Det har visat sig att vattentillrinningen ibland ökar markant, när man under borrhjupsarbete når den mer grovkorniga sandstenen närmast över urberget, se även kap. 3.2. och 3.3.1. Det är emellertid oklart hur ofta denna ökning verk-

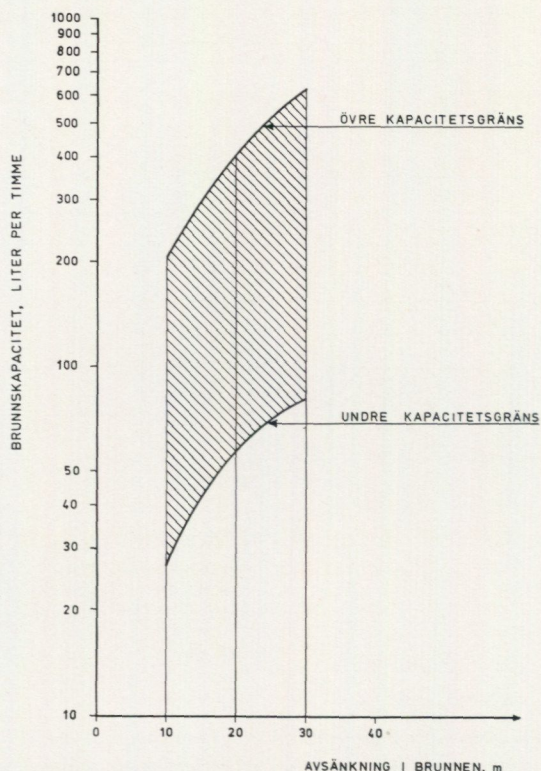


Fig. 14. Teoretisk kapacitet hos en brunn borrhad 15 m i sandsten och vid en avsänkning av grundvattenytan i brunnen med a) 10 m, b) 20 m och c) 30 m.

Theoretical capacity for a 15 m deep sandstone well with a drawdown of a) 10 m, b) 20 m och c) 30 m.

Igen sker. Ur befintligt material har detta förhållande ej kunnat påvisas statistiskt beroende på ofullständiga och oklara brunnsborrningsuppgifter. Som regel kan dock rekommenderas att brunnar borrhad ned i urberget någon eller några meter. Som tidigare påvisats i detta kapitel ger det vanligen ej bättre resultat att borra djupare i urberget.

4.2.4. URBERGSBRUNNAR

I fig. 12, typ A, redovisas kapacitetens fördelning av urbergsbrunnar. Av figuren framgår att i 68 % av brunnarna är kapaciteten lägre än 0.4 l/s och att antalet med mer än 2 l/s är endast 2 %. Många urbergsbrunnar lokaliserar emellertid till platser som ur hydrogeologisk synpunkt är olämpliga. Detta kan påverka statistiken.

4.3. KAPACITETSVARIATIONER MELLAN OLIKA GEOGRAFISKA OMRÅDEN

På pl. 3 redovisas kapaciteten hos de inventerade brunnarna. Någon entydig bild ger inte kartan, brunnar med såväl höga som låga kapaciteter påträffas nära varandra inom hela kartbladsområdet (frånsett naturligtvis inom de rena urbergsområdena där låga kapaciteter dominerar). Förklaringen till detta är att grundvattnet helt rör sig i sprickor och att dessa är ojämnt fördelade. Vidare kan en viss överrepresentation av brunnar med låg kapacitet förekomma av den anledningen att om behovet av vatten är lågt så har borrningen avbrutits när behovskravet var uppfyllt. En sådan brunn är ej representativ för den totala vattentillgången på den aktuella platsen.

5. GRUNDVATTENNIVÅER, TRYCKYTOR OCH STRÖMNINGSRIKTNINGAR

Av

Åke Möller

5.1. ALLMÄNT

Inom sedimentbergartsområdena i Närke påträffas ofta flera grundvattenytor på en och samma plats, vilket bl. a. ger sig till känna genom att grundvattenytorna inställer sig på skilda nivåer under genomborrning av en lagerföljd. Detta gäller framför allt inom områden, där hela den sedimentära lagerföljden finns bevarad. Ibland även inom områden, där sandstenen överlagras av enbart lersten, lera eller morän. Förhållandet hänger samman med dessa lagars mycket låga permeabilitet i jämförelse med sandstenens och att vattenströmningen i vertikalled därför är mycket låg. Grundvattnet i en formation med relativt hög permeabilitet, vilken överlagras av en jord- eller bergart med avsevärt lägre permeabilitet, påverkas inom ett sådant område därför mycket långsamt av förändringar i nederbörden etc. Omvänt gäller att uttag ur en dylik artesisk akvifer normalt påverkar den överliggande formationens grundvatten mycket litet.

Grundvattnet rör sig normalt från högre till lägre områden. Känner man till grundvattenytans nivå i ett antal punkter inom ett visst område kan grundvattnets strömningsriktning bestämmas. En brant lutande grundvattenyta indikerar vanligen att formationen har låg permeabilitet och att omsättningen är liten.

I det följande redovisas grundvattenytorna och grundvattnets strömningsförhållanden i några av de geologiskt mer enhetliga områdena inom Närkeslätts sedimentära berggrund.

5.2. KVARNTORPSOMRÅDET

Inom Kvarntorpsområdet har konstaterats (Bengtson 1971) att två skilda grundvattennivåer förekommer. Den övre representerar grundvattenytan i jordlagren, framför allt i morän och lera; den undre är den artesiska tryckytan representerad av grundvattnet i sandstenen. Den övre grundvattenytan ligger i allmänhet mellan 1 m och 2 m under markytan och följer vanligen terrängen. Den undre ytan, som vanligen ligger på ett större djup under markytan, har ett helt annat utseende vilket framgår av fig. 15. Nivålinjerna på denna karta är baserade på mätningar i juli 1969 i ca 60 sandstensbrunnar. Brunnarna är försedda med foderrör ned till sandstenen för att utestänga vatten från ovanliggande lager. Som komplement har använts uppgifter från ca 30 brunnar, där grundvattennivåerna uppmätts i samband med borrningen.

Som framgår av fig. 15 är en markant sänkningsträtt utbildad (eller rättare sagt en minskning av det piezometriska trycket) runt Hällabrottet — Hynneberg — Kvarntorp. Denna lokala sänkning måste bero på uttag av grundvatten från de olika stenbrotten inom området.

Det har inte gått att erhålla några exakta värden på de vattenmängder, som uttagits eller för närvarande uttas från de olika stenbrotten. Från Ytongbolagets underjordiska sandstensbrott i Kvarntorp har mängden uppskattats till ca 25 l/s (1969).

Innan dräneringen av sandstensformationen i Kvarntorpsområdet hade påbörjats, förekom ett antal källor speciellt i sandstenens norra randområden. Till exempel fanns i området 1—3 km öster om Ekeby ett antal flödande källor, som nu har slutat rinna. I några grävda diken kan dock fortfarande konstateras grundvattenläckage i storleksordningen ett par liter per sekund. Det tidigare flödet var troligen avsevärt större. På samma sätt sker grundvattenläckage i en del diken i bl. a. lågområdet ca 3 km väster om Ekeby.

5.3. GARPHYTTAN (LATORPSPLATÅN)

Latorpsplatån är ett av de större områden där en relativt fullständig lagerserie föreligger. I fig. 16 visas grundvattenytorna i ett antal borrade brunnar i vilka grundvattenytan kan antagas vara representativ. På grundval av dessa vattennivåer samt med hänsyn till topografi, geologi, infiltrationsområden etc. har grundvattenytans tryckyta i sandstenen uppskattats.

Nivån på denna är emellertid långt ifrån säker då antalet brunnar är litet. Generellt kan dock sägas att huvudtillförseln av grundvatten i sandstenen sker via infiltration i urbergsområdet omedelbart väster om sedimentbergartsområdet. Därifrån strömmar det mot öster och sydost.

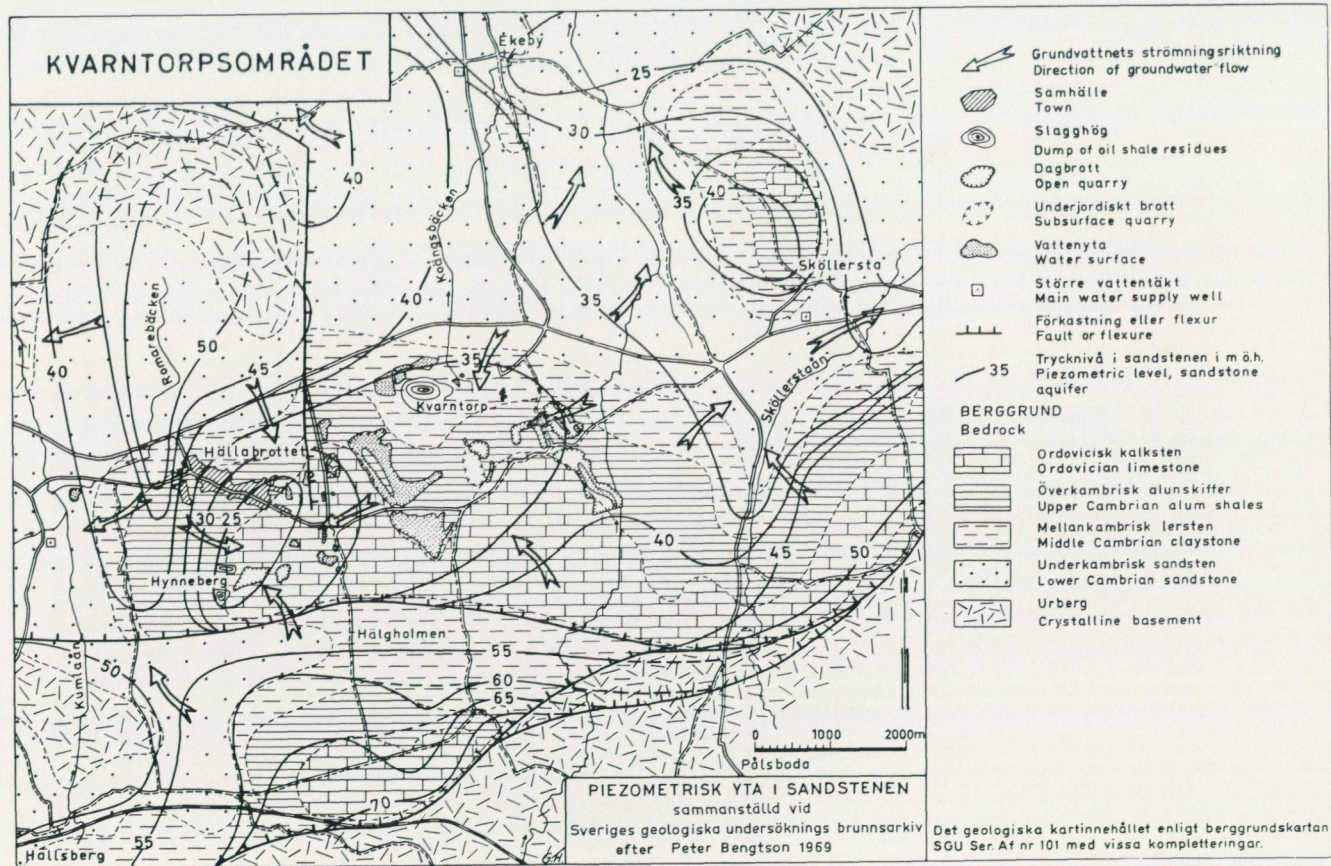


Fig. 15. Piezometrisk yta i sandstenen inom Kvarntorpsområdet.
Piezometric level in the sandstone aquifer, Kvarntorp area.

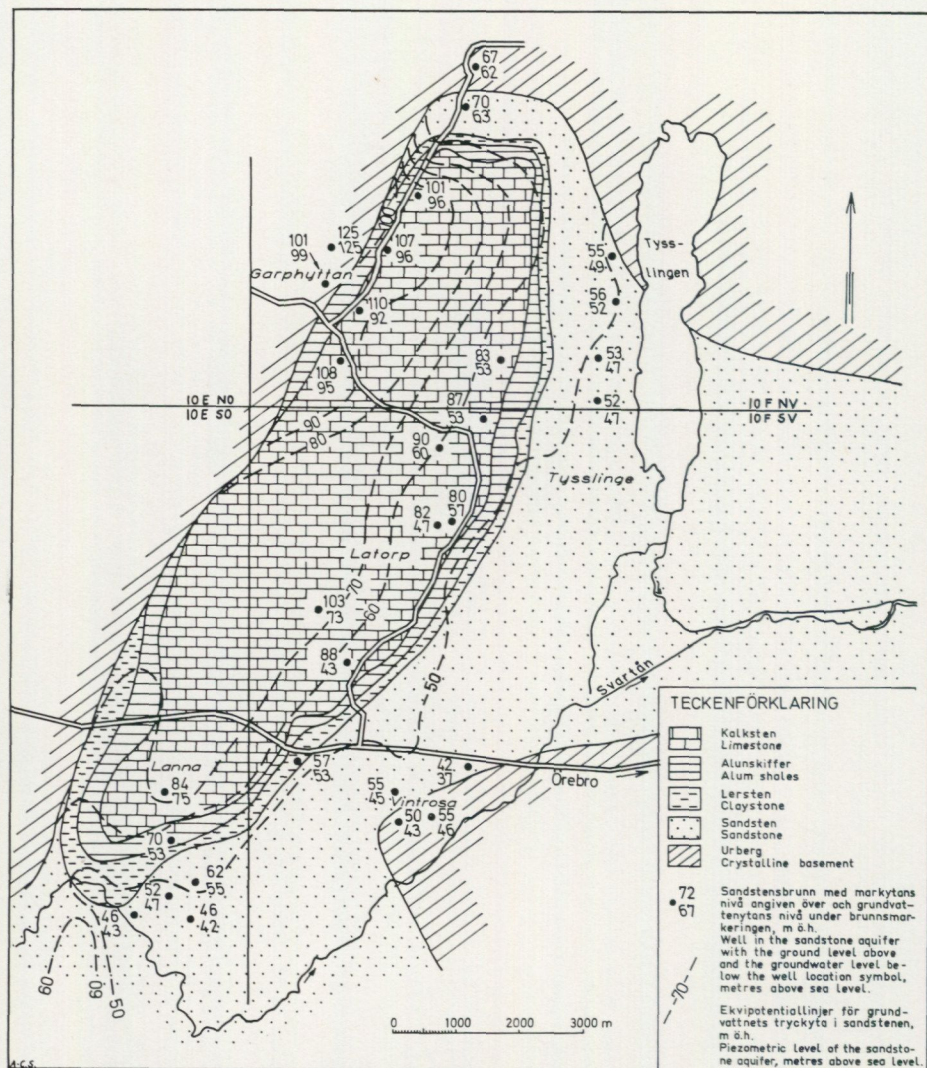


Fig. 16. Piezometrisk yta i sandstenen inom Latorpsplatån.
Piezometric level in the sandstone aquifer, Latorp area.

5.4. ASKER — SKÖLLERSTA

Artesiska förhållanden råder inom stora delar av sandstensformationen öster om Sköllersta, speciellt inom områden där sandstenen överlagras av lersten. I området runt Kvismare kanal och norr därom orsakas de artesiska förhållandena av kvartära leror. Omsättningen av grundvattnet är mycket liten vilket avspeglas i de oftast höga järnhalterna i sandstenvattnet. Vattenkvaliteten är något bättre i södra delen av sandstensområdet längs förkastningen vilket beror på att sandstensakviferen här har sitt huvudsakliga infiltrationsområde.

5.5. KRÄCKLINGE — FJUGESTA — HACKVAD

Det dräneringsstråk, till vilket det mesta av grundvattnet inom det aktuella området rör sig, är Täljeån med biflöden. Någon större omsättning av grundvattnet är det av topografiska skäl emellertid inte fråga om. Det mesta av sandstensvattnet är att betrakta som stagnant, vilket normalt medför höga järn- och manganhalter.

Artesiska förhållanden råder i allmänhet inom lerområdena, varvid omgivande vanligen topografiskt högre belägen moränmark tjänstgör som infiltrationsområde. Då emellertid större uttag för närvarande inte sker annat än på enstaka platser, är omsättningen av grundvattnet liten.

5.6. ÖVRIGA OMRÅDEN

Att klarlägga grundvattnets rörelse i sandstenen utanför de områden som redan nämnts är ej möjligt på grund av det alltför ringa antalet brunnar. För att detta skulle kunna ske och en detaljerad strömningsbild upprättas, erfordras ungefär en brunn per kvadratkilometer. Hur det i varje enskilt mindre område ser ut måste därför klarläggas genom en detaljerad lokal undersökning.

6. GRUNDTVATNETS KVALITET

Av

Per Engqvist

6.1. ALLMÄNT

Av avgörande betydelse för bedömningen av möjligheterna att utnyttja en vattentillgång är vattnets kvalitet. För att i detta avseende kunna belysa grundvattnets egenskaper i Närkes sedimentära berggrund har cirka 300 mer eller mindre fullständiga fysikalisk-kemiska vattenanalyser från ett hundratal brunnar granskats. För jämförelse har även ett mindre antal brunnar borrade i urberg medtagits. Huvuddelen av vattenproven har insamlats och analyserats av SGU. Analysresultat har även välvilligt ställts till förfogande av hälsovårdsnämnder i berörda kommuner samt av konsulterande ingenjörsfirmor.

Grundvattnet har på samma sätt som i beskrivningen till hydrogeologiska kartbladet Örebro SV, SGU Ag 1, indelats i följande sex skilda vattentyper med hänsyn till brunnarnas geologiska miljö: I vatten i morän, II vatten i isälvsavlagringar, III vatten i sandsten täckt av lersten, IV vatten i sandsten ej täckt av lersten, V vatten i urberg samt VI salt vatten med kloridhalt överstigande 300 mg/l Cl. Typ I och II behandlas ej i detta sammanhang.

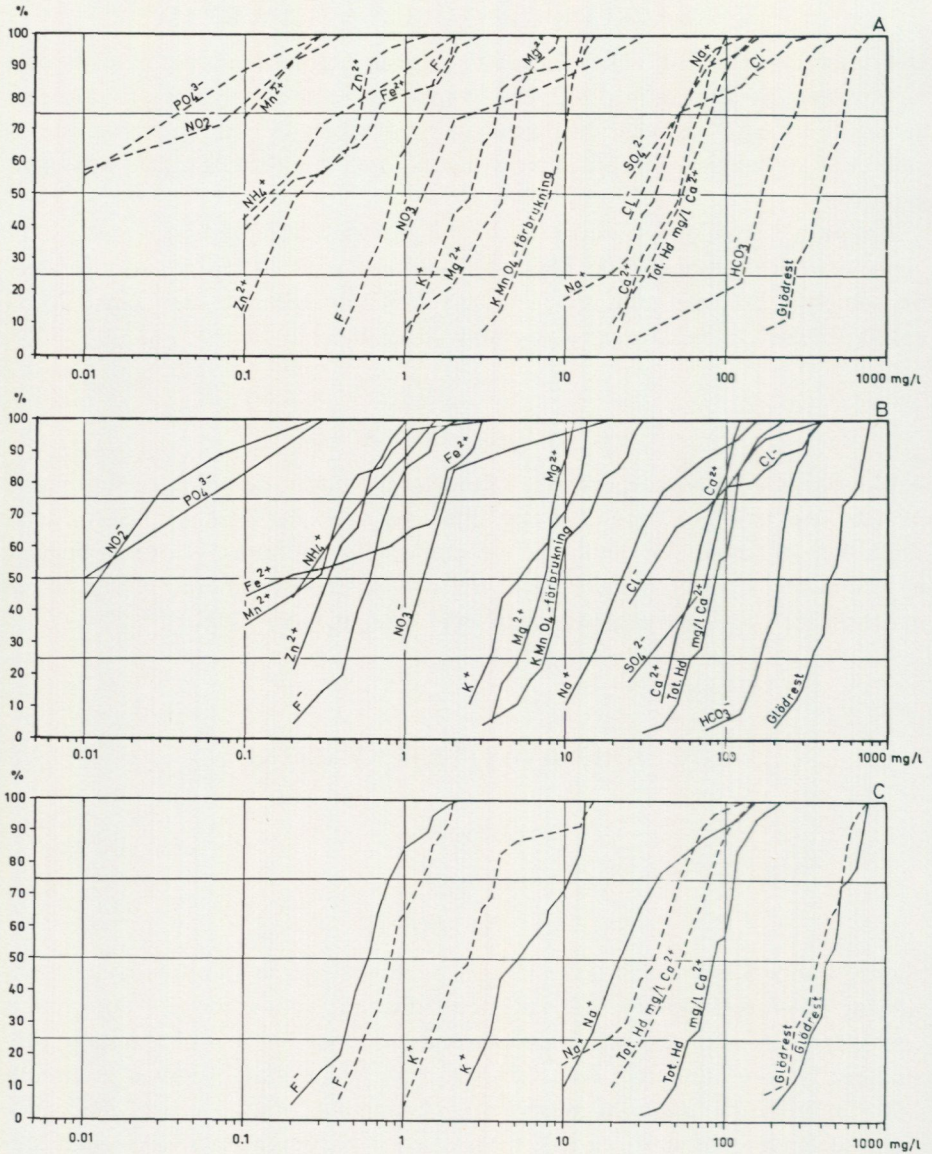


Fig. 17. Kumulativkurvor som visar frekvensfördelningen för olika ämnen i grundvatten från:

- A. brunnar i sandsten täckt av lersten (typ III), streckade linjer.
- B. brunnar i sandsten ej täckt av lersten (typ IV), heldragna linjer.
- C. både typ III (streckade linjer) och typ IV (heldragna linjer).

Cumulative curves showing the frequency distribution of various constituents in ground-water from:

- A. Cambrian sandstone covered by shale (type III), dashed lines.
- B. Cambrian sandstone not covered by shale (type IV), solid lines.
- C. Types III and IV (dashed and solid lines).

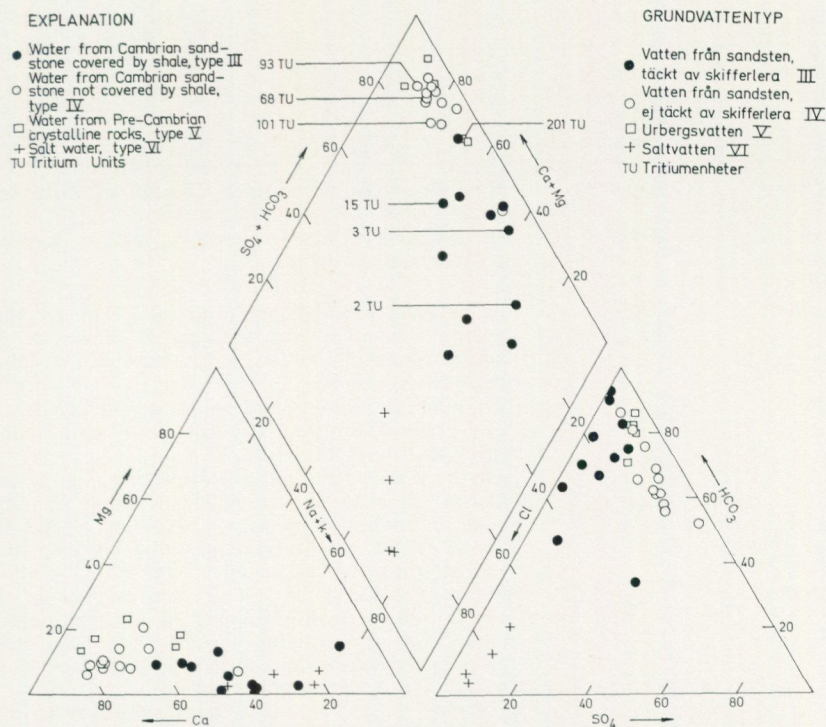


Fig. 18. Diagram över grundvattnets kemiska sammansättning och tritiumhalt (TU) i bergborrade brunnar.

Diagram illustrating the chemical composition and tritium content (TU) of ground water from drilled wells.

Pl. 4 är en översigtskarta över brunnar från vilka vattenanalyser tagits. Den visar även grundvattnets totalhårdhet i de olika brunnarna. Utöver detta redovisas ett analysresultat från varje brunn även i kumulativdiagram (fig. 17, A, B och C). För ett mindre antal analyser presenteras i ett s. k. Piperdiagram (fig. 18), den procentuella fördelningen av de viktigaste jonslagen i grundvattnet uttryckt i milliekvivalentprocent. Rekommenderade maximalhalter för några i vattnet vanligen förekommande ämnen redovisas i tabell 1.

6.2. GRUNDVATTNETS TEMPERATUR

Några närmare undersökningar av grundvattnets temperatur har ej kunnat rymmas inom den för detta arbete givna ramen, varför endast några generella synpunkter kan lämnas här. Man brukar räkna med att de dagliga temperaturförändringarna i luften kan registreras inom de översta två metrarna i marken. Månatliga förändringar kan förekomma på mellan två och fem meter. Under fem-metersnivån kan endast större årliga förändringar observeras, vanligen försvagade och tidsförskjutna.

TABELL 1

Ämne eller egenskap	Rekommenderad maximalkoncentration	Karakteristik
Färgstyrka	40 mg/l Pt	Hög färgstyrka ger vattnet ett otillfredsställande utseende och kan indikera förorening.
Permanganatförbrukning, KMnO_4	40 mg/l	Permanganatstyrkan är i regel ett mått på halten organiska ämnen i vattnet.
Ammonium NH_4	0.5 mg/l NH_4	Ammonium kan indikera förorening från exempelvis avlopp, djurstallar eller konstgödsel. Kan även förekomma normalt i vattnet och saknar då betydelse ur hygienisk synpunkt.
Glödrest		Ett mått på vattnets halt av lösa mineralsalter. Det kan bestämmas direkt eller beräknas med hjälp av specifika ledningsförmågan.
pH		Ett för vattnet onormalt pH-värde kan tyda på främmande påverkan av vattentäkten. Vatten från nyanlagda brunnar kan ha höga pH-värden. I regel fordras ny kemisk och bakteriologisk undersökning i dessa fall. pH-värdet bör ligga mellan 7 och 9.5.
Totalhårdhet	100 mg/l Ca	Beror på höga halter kalcium och magnesium. Förorsakar ökad tvålförbrukning genom att kalktvål bildas. Vid uppvärmning av hårt vatten kan olägenheter uppstå genom avsättningar i vattenvärmare, pannor, disk- och tvättmaskiner o. dyl. Följande skala för vattnets hårdhet brukar användas 0 - 15 mg/l Ca mycket mjukt 15 - 35 mg/l Ca mjukt 35 - 70 mg/l Ca medelhårt 70 - 150 mg/l Ca hårt över 150 mg/l Ca mycket hårt Hårdheten kan även anges i s. k. tyska hårdhetsgrader °dH.
Järn, Fe	0.4 mg/l Fe	Anmärkningsvärt höga halter förorsakar bruna fläckar på kläder, porslin o. d. Stora skillnader kan förekomma mellan rapporterade och verkliga koncentrationer beroende på tillskott från rör och ledningar. Koncentrationerna påverkas även av mikroorganismer. Järnhalten kan i nyanlagda brunnar vara hög.
Mangan, Mn	0.1 mg/l Mn	Samma olägenheter som vid järn.
Klorid, Cl	300 mg/l Cl	Stora mängder ger tillsammans med det natrium som finns i vattnet en salt smak.
Fluorid, F	1.5 mg/l F	Koncentrationer omkring 1 mg/l F ger skydd mot karies (tandröta). Koncentrationer över 1.5 mg/l F kan orsaka besvär såsom fläckar på tänderna.
Sulfat, SO_4	200 mg/l SO_4	Höga halter i kombination med magnesium och natrium kan verka laxerande.
Nitrat, NO_3	30 mg/l NO_3	Höga koncentrationer kan indikera föroreningar från exempelvis avlopp, djurstallar eller konstgödsel. Om nitralhalten i vattnet överstiger 50 mg/l NO_3 bör detta ej givas till barn under 1 år.
Nitrit, NO_2	0.02 mg/l NO_2	Höga koncentrationer kan indikera föroreningar från avlopp, djurstallar eller konstgödsel.
Marmoraggressiv kolsyra, CO_2		Ur halten marmoraggressiv kolsyra i förening med analysresultaten beträffande alkalitet, pH-värde och totalhårdhet kan man bedöma vattnets eventuella ledningsangripande egenskaper.

På större djup än 30 m är grundvattentemperaturen normalt helt oberoende av förändringar i lufttemperaturen. Beroende på bl. a. skillnader i berggrundens värmeledande förmåga stiger under detta djup temperaturen mot djupet med olika stora värden. En temperaturhöjning med en till två grader för var femtionde meter får anses vara normal. (Se även kapitel 8.2. i beskrivningen till det hydrogeologiska kartbladet SGU Ag 3.)

Grundvatten från sandstensbrunnar i Närke har i regel en temperatur som med en eller annan grad överstiger luftens årsmedeltemperatur, som här kan sättas till $+6^{\circ}\text{C}$. Avvikelser från normaltemperaturen kan i enstaka fall även vara en indikation på inströmning av yt- eller avloppsvatten. Under gynnsamma förhållanden kan man genom att mäta relativt små temperaturdifferenser upptäcka och lokalisera vattenförande sprickor i berggrunden, som kan vara av betydelse i samband med vattenutvinningen.

6.3. FAKTORER SOM PÅVERKAR GRUNDVATTNETS SAMMANSÄTTNING OCH KVALITET

En mängd olika faktorer samverkar till vattnets slutliga sammansättning. Några av dessa skall översiktligt behandlas här.

6.3.1. NEDERBÖRDENS KEMISKA SAMMANSÄTTNING

I tabell 2 visas exempel på koncentrationen av några i nederbörden förekommande ämnen från en provtagningsplats belägen i Norrbyås.

TABELL 2.

Koncentrationen av vissa ämnen i nederbörden från Kvarntorp 7 (Norrbyås). Uppgifterna härrör från Internationella meteorologiska institutet, IMI.

		1967	1968	1969
Sulfat	SO ₄ mg/l	4.56	4.95	4.71
Klorid	Cl „	0.83	0.59	0.90
Nitrat	NO ₃ „	1.37	1.51	1.99
Ammoniak	NH ₄ „	0.53	0.43	0.77
Natrium	Na „	0.64	0.46	0.68
Kalium	K „	0.35	0.27	0.22
Magnesium	Mg „	0.16	0.17	0.21
Kalcium	Ca „	0.95	1.15	1.18
pH		5.0	4.5	5.0

Genom avdunstningen kommer en del ämnen i nederbörden att anrikas. Även med hänsyn till detta spelar de låga koncentrationerna i nederbörden beträffande de flesta ämnen en obetydlig roll för grundvattnets sammansättning i sedimentberggrunden.

6.3.2. BIOLOGISK AKTIVITET

Den biologiska aktiviteten i de övre markskikten har avgörande betydelse för grundvattnets sammansättning och egenskaper. Somliga ämnen tas där upp av växter och djur medan andra passerar genom marken utan att nämnvärt påverkas, t. ex. klorid.

En viktig process är organismernas förbrukning av syre och produktion av koldioxid. Koldioxiden, som tillförs grundvattnet, är den viktigaste komponenten vid kemisk vittring. Kommer vatten, som tillförts koldioxid, i kontakt med lättvittrad berggrund t. ex. kalksten blir vattnet hårt.

Järn- och manganhalterna i grundvattnet påverkas i viss utsträckning av förekomsten av speciella bakterier. Dessa är redox- och pH-beroende och medverkar vid oxidationsprocessen.

6.3.3. JORD- OCH BERGARTERNAS BETYDELSE

I Närke är de sedimentära bergarterna relativt lika över stora områden och praktiskt taget horisontellt lagrade. Av den anledningen kan man förvänta sig, att grundvattnets sammansättning inom en och samma bergartstyp i stort sett skulle vara likartad. I stor utsträckning är det så, men mindre regionala olikheter förekommer dock. Sålunda har det från Asker—Kvarntorps- och Julstaområdena rapporterats, att vattnet i alunskiffern är av mindre god beskaffenhet i många brunnar. Där har olägenheter i form av dålig lukt och smak observerats. Dessutom har brunsvarta fällningar uppträtt, som mer eller mindre fullständigt förhindrat vattnets användning till tvätt. För att undvika dessa olägenheter har man varit tvungen att utföra kostsamma infordringar av brunnarna. Dessa har utförts så, att foderrören i regel har drivits ett par meter ned i sandstenen, där de cementerats fast.

Inom den nordvästra delen av sandstensområdet gjordes för Vintrosas vattenförsörjning ett antal undersökningsborrningar i avsikt att tillvarata grundvattnet i sandstenen. Därvid kläddes borrhålen med rör ned till sandstenen för att förhindra tillströmning av vatten från alunskiffern. Då vattenkapaciteten emellertid blev otillräcklig, beslöt man på försök spränga foderrören i nivå med alunskifferlagren. I ett av rören erhöll man därvid mycket vatten och av förvånansvärt bra kvalitet. Om man på grundval av denna enda iakttagelse kan våga anta att vattnet i alunskiffern generellt skulle vara bättre i de nordvästra delarna av sedimentberggrundsområdet är dock tveksamt.

Av kartan över grundvattnets totalhårdhet i brunnar i sedimentberggrund, pl. 4, framgår att ett flertal brunnar med mjukt och medelhårt vatten förekommer inom områden, där sandstenen är täckt av lersten och på många håll dessutom av kalksten. Hårt vatten förekommer företrädesvis utanför nämnda områden. Kalcium och magnesium, som ingår i kalksten, är de ämnen som gör vattnet hårt. Det kan därför förefalla besynnerligt, att vattnet är mjukast inom områden

där sandstenen är täckt av kalksten. Det kan bero på att vattnet i sandstenen ej härstammar från kalkstenen, men det kan även bero på att kalcium och magnesium byts ut mot natrium genom s. k. jonbyte. Eklund (1961) påpekar att glaukonit kan användas för att ta bort hårdhet ur vatten och att denna egenskap gör att grundvatten från porösa glaukonitlager är mjukt. Under lerstenen i Närke finns det normalt ett upp till ett par meter mäktigt lager av glaukonitsandsten. Det är sannolikt att jonbytet sker i detta lager, men detta kan även ske i olika leror.

Höga pH-värden ökar jonbyteskapaciteten. I sandstensbrunnar inom områden som täcks av lersten brukar pH-värdet ligga omkring 8. Utanför lerstensområdena är pH-värdet något lägre, i regel mellan 7 och 8. I fig. 17 C visas hur vattnet inom områden där glaukonit och lersten saknas är hårdare och natriumhalterna lägre än i områden, där sandstenen är täckt av lersten.

6.3.4. GRUNDTVATNETS ÅLDER

Av betydelse för mängden och arten av de ämnen som utlöses i grundvattnet är även kontakttidens längd och kontaktytans storlek. En uppfattning om grundvattnets ålder kan man erhålla genom att mäta vattnets tritiumhalt. Tritiumhalten, som mäts i tritiumenheter, TU, har bestämts för 6 sandstensbrunnar. Mätningarna utfördes på vattenprov, tagna under år 1967. Under förutsättning att inget vattentillskott förekommit efter det vattnet infiltrerat i marken, kan vattnets ålder approximativt bestämmas. Vid bedömningen av åldern kan följande riktvärden tjäna som underlag: 5 TU ålder minst 12 år, 2.5 TU ålder minst 25 år och 1.25 TU ålder minst 37 år. Vatten från brunnar i sandsten, som ej överlagrats av lersten gav följande tritiumvärden: 68 ± 1 TU, 93 ± 1 TU och 101 ± 4 TU.

Tritiumvärden på brunnsvatten från områden, där sandstenen är täckt med lersten är betydligt lägre, det vill säga att vattnet är äldre. Följande värden har uppmätts: 2 ± 0.4 TU, 3 ± 1 TU och 15 ± 0.2 TU.

Att grundvatten i sandsten, som är täckt av lersten är äldre än grundvatten i övrig sandsten beror säkert på infiltrations- och strömningsförhållanden. Gammalt vatten kan även förekomma i form av fossilt salt vatten.

6.3.5. GRUNDTVATTENYTANS LÄGE OCH FLUKTUATIONER

Som tidigare nämnts, kan grundvattenytans läge och fluktuationer påverka grundvattnets kvalitet. För att undersöka var grundvattenytan normalt befinner sig i förhållande till omgivande jord- och berglager har från uppgifter i SGU:s brunnarkiv, tabell 3, sammanställts. Den visar att i fråga om typ III (se 6.1), brunnar i sandsten täckt av lersten, var grundvattenytan belägen ovanför sandstens överyta i nästan samtliga fall. I 73 % av de undersökta brunnarna stod grundvattenytan någonstans inom de överlagrande skiffarna, medan den i 21 % av brunnarna var belägen någonstans inom omgivande jordlager.

TABELL 3.

Grundvattenytans läge i förhållande till omgivande jord- och bergarter i brunnar av typ III och IV, fördelning i procent

Typ III		Typ IV	
90 brunnar		181 brunnar	
Jord	21 %	Jord	84 %
Skiffer	73 %	Sandsten	15 %
Sandsten	3 %	Urberg	1 %
Urberg	3 %		

Inom typ IV, sandstensbrunnar ej täckta av lersten, som utgör 2/3 av antalet undersökta brunnar, stod grundvattenytan i 84 % av brunnarna i jordlagren, medan den i 15 % av brunnarna stod i nivå med sandstenen. Inom båda typerna förekom enstaka brunnar med grundvatten i nivå med omgivande urberg. Framför allt inom områden med lersten ligger alltså sandstenen normalt helt under grundvattenytan. Genom pumpning kan dock grundvattenytan komma att avsänkas under sandstensens överyta, företrädesvis i sandstensbrunnar utanför skifferområdena. Sandstenslagren kan då komma att luftas. Eftersom såväl alunsulfiderna som sandstenen innehåller rikligt med pyrit, FeS_2 , kan genom luftinträning tillgången på syre öka så att pyriten oxideras. Därvid bildas svavelsyra som kan verka kraftigt utlösande på olika mineral. Både sandsten och urberg kan i viss utsträckning innehålla kalk. När det sura vattnet rör sig nedåt kan det reagera med denna kalk, varvid kalciumjoner och sulfatjoner bildas. Vattnet blir då neutralt eller alkaliskt, men innehåller fortfarande avsevärda mängder järn och sulfat. Genom att svavelsyran kan lösa manganoxid, kan manganhalten i vattnet öka. Det är framför allt vid dagbrotten runt Kvarntorp, som dessa olägenheter är som störst, d. v. s. hårt vatten men höga halter av järn, mangan och sulfat. Exempel på detta visar analysresultaten från ett vattenprov från mickwitziasandstenen i sandstensgruvan i Kvarntorp, där totalhårdheten var 152 mg/l Ca, järnhalten 3.3 mg/l Fe, sulfathalten 600 mg/l SO_4 . Det har även rapporterats att grundvattnets nitrathalt, kan ha ett samband med grundvattenytans läge, på så vis att höga nitralthalter tycks uppträda vid högt grundvattenstånd. Orsakssammanhången är dock ännu ej fullt klarlagda.

6.3.6. OLIKA FAKTORER SOM PÅVERKAR GRUNDVATTNETS FLUORIDHALT

Analysresultaten av grundvattenprov tagna ur brunnar i sedimentberggrunden i Närke visar att fluoridhalt och pH-värde stiger med ökat brunnsdjup. Eftersom dricksvattnets fluoridinnehåll har rönt stor uppmärksamhet med anledning av fluoridens inverkan på människokroppen skall grundvattnets fluoridinnehåll behandlas något utförligare.

På fig. 19 visas fluoridhalterna i några brunnar i sedimentberggrunden i Närke. Indelningen har gjorts med hänsyn till fluoridens effekt på människan. Fluorid-

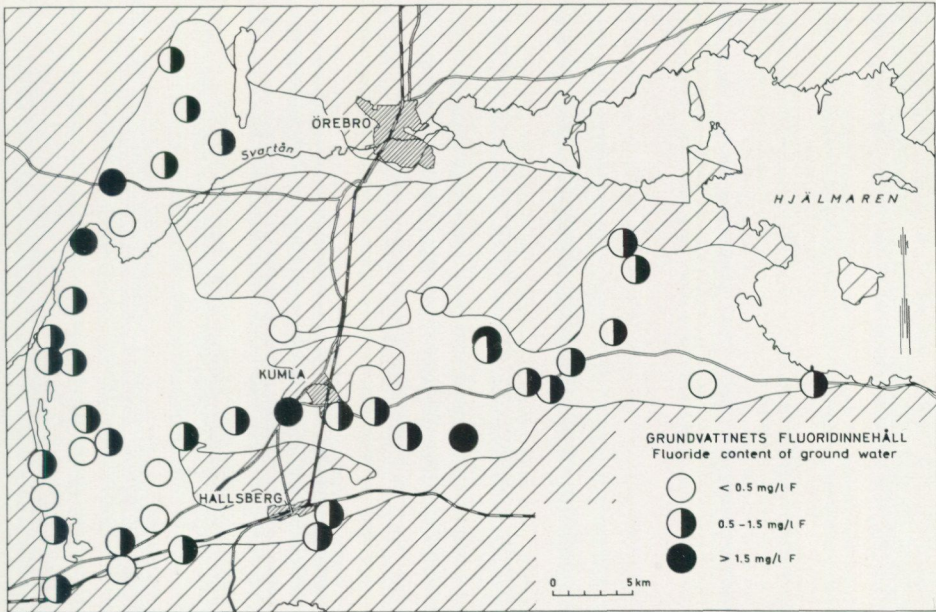


Fig. 19. Grundvattnets fluoridhalt i brunnar från Närkes sedimentberggrund.
Fluoride content of ground water from wells in sedimentary rocks in Närke.

halter mellan 0.5 mg/l F och 1.5 mg/l F i dricksvatten ökar motståndskraften mot karies. I Skandinavien torde den optimala fluoridhalten ligga nära 1.3 mg/l F. Halter under 0.5 mg/l F ger ringa skydd mot karies och halter över 1.5 mg/l F betraktas som anmärkningsvärda ur hygienisk synpunkt.

Det är känt från tidigare undersökningar i Sverige och utomlands att fluoridkoncentrationen ökar med ökat brunnsdjup och att högre halter är vanligare i mjuka vatten, som under lång tid varit i kontakt med omgivande berg. Att denna iakttagelse även är relevant för brunnarna i Närkes sedimentberggrund framgår av fig. 20. Diagrammet visar brunnsdjupet i relation till fluoridhalt och totalhärdhet. De högsta fluoridhalterna återfinns bland de djupare brunnarna med relativt mjukt vatten.

För tre av brunnarna har vattnets åldersförhållanden bestämts med hjälp av vattnets tritiuminnehåll, se tabell 4 och avsnitt 6.3.4.

Vattenproven kommer från brunnar i sandsten med överlagrande lersten. Som framgår av tabellen stiger fluoridhalten med ökad ålder. För att få full klarhet i

TABELL 4

Brunn nr	Tritiuminnehåll	Fluoridhalt
10 E SO:111	2 ± 1 TU	2.6 mg/l F
10 E SO:84	3 ± 1 TU	1.2 „
9 F NV:11	15 ± 1 TU	0.6 „

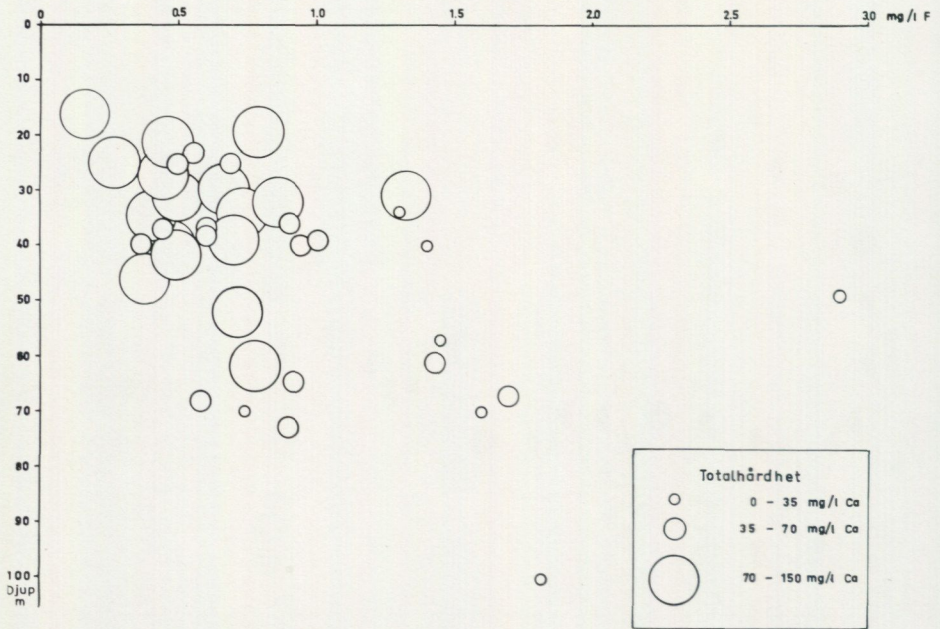


Fig. 20. Diagram visande grundvattnets totalhårdhet och fluoridhalt i relation till brunnsdjup.
Diagram showing total hardness and fluoride content of ground water in relation to the depth of wells.

frågan om fluoridhaltens eventuella beroende av grundvattnets ålder fordras emellertid mera omfattande undersökningar.

Höga fluoridhalter påträffas även i brunnar i urberget. De högsta halterna inom det här aktuella området har dock uppmätts i vattenprov tagna från brunnar inom sedimentberggrundsområdet. Sålunda har halter på 4.3 mg/l F rapporterats från f. d. Torsta skola, 4.0 mg/l F från Åbytorps vattenverk, 2.8 mg/l F från Norra Mossby vattentäkt. Resultaten från upprepade provtagningar i en och samma brunn vid olika tidpunkter har uppvisat stora variationer i fluoridhalterna. Orsakerna till detta kan eventuellt sökas i variationer i vattenuttagens storlek eller i eventuella brister i analysförfarandet.

6.3.7. FOSSILT SALT VATTEN

Med salt vatten avses i allmänhet ur hygienisk synpunkt vatten med kloridhalter över 300 mg/l Cl. Över detta värde brukar den salta smaken kunna kännas, men redan halter över 100 mg/l Cl betraktas ur teknisk synpunkt som "anmärkningsvärda".

Hela området med sedimentär berggrund i Närke har efter landisens avsmältning under någon tid varit täckt av havsvatten. Vid dessa tillfällen var "grund

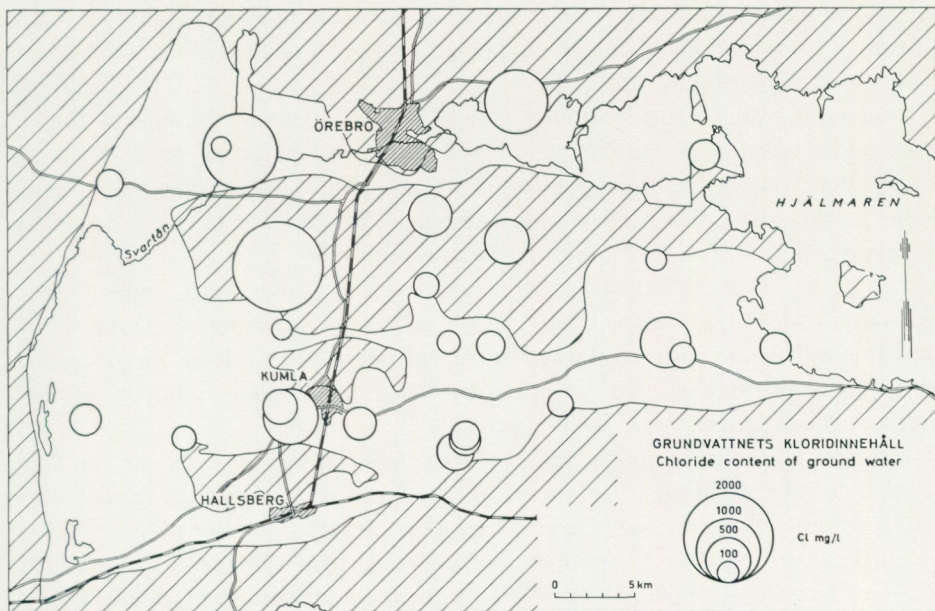


Fig. 21. Karta över brunnar med högre kloridhalt än 100 mg/l Cl.

Map showing wells with chloride content higher than 100 mg/l Cl.

vattnet" oblandat havsvatten. När landet höjde sig över havsytan förträngdes på grund av nederbörden och den naturliga grundvattenströmningen saltvattnet efter hand från de övre jord- och berglagren. Detta skedde olika snabbt och till olika djup beroende på variationer i permeabilitet och vattnets cirkulationshastighet.

Genom att grundvattnets naturliga strömning och omsättning i regel avtar med djupet samt på grund av det salta vattnets högre densitet, kan det saltvatten som en gång trängt ned i berggrunden kvarstå i vissa områden under långa tider. Av ovanstående framgår att djupet till detta vatten beror på de hydrogeologiska förhållandena och att sannolikheten att påträffa salt vatten är störst vid djupa brunnsborrningar belägna i lågområden. Kartan, fig. 21, visar var brunnar med förhöjda salthalter (mer än 100 mg/l Cl) har påträffats. Den högsta kloridhalten har rapporterats från gården Dyringe. Där innehöll grundvattnet 2.000 mg/l Cl.

6.3.8. MÄNSKLIG PÅVERKAN

Människan kan indirekt eller direkt påverka grundvattnets sammansättning. Pumpning kan t. ex. orsaka en sådan avsänkning av grundvattenytan att menlig påverkan kan ske. Detta gäller kanske framför allt vid dränering av gruvor. Vat-

tenprov visar att grundvatten från stenbrotten i Kvarntorp, Älvesta och f. d. järngruvan i Klara genom bland annat pumpning håller dålig kvalitet med höga halter av järn, mangan och sulfat.

Jordbruket kan genom spridning av gödsel och bekämpningsmedel direkt orsaka svåra skador på vattentäcker. I anslutning till lantgårdar kan läckage av pressvatten från ensilageanläggningar och gödselupplag utgöra hot mot grundvattnet. Oljetankar, läckande avloppsledningar och lakvatten från avfallsupplag är exempel på andra risker för grundvattenförorening.

I regel har rapporterade höga halter av kväve i grundvattnet kunnat föras tillbaka på någon mänsklig aktivitet. I några fall har spridning av konstgödsel under ogynnsamma väderleksförhållanden varit orsaken till dessa förhöjningar. Några naturliga av jord- och berggrund betingade höga halter av nitrat i grundvattnet har ej kunnat spåras i detta material.

Eftersom kväveföroreningar kan föreligga i olika form beroende på den förhärskande kemiska miljön, oxiderande eller reducerande, analyseras vattnet vanligtvis förutom på nitrat NO_3^- även på ammonium NH_4^+ och nitrit NO_2^- . Kvävehalterna i grundvattnet kan snabbt förändras, varför det fordras upprepade analyser framför allt höst och vår för att konstatera att vattnet ej innehåller för mycket kväve.

Fosfat fixeras snabbt i marken, varför fosfat sällan förekommer i någon nämnvärd mängd i grundvattnet, trots att fosfat ingår i flera konstgödselpreparat. Några grundvattenbrunnar med anmärkningsvärda halter av fosfat har ej påträffats.

6.4. SAMMANFATTNING

Huvudelementens fördelning framgår av fig. 17 A, B, C samt fig. 18. Beträffande katjonerna är fördelningen: $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ för såväl typ III som IV. Anjonerna ordnar sig inom typ III i följande ordning: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$. Vatten från icke lerstenstäckt sandsten, alltså typ IV, visar följande ordning: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$. Vatten från icke lerstenstäckt sandsten, inom de båda typerna, men sulfathalterna är högre inom typ IV.

Diagrammet, fig. 18, visar bl. a. hur sammansättningen skiljer sig mellan de båda typerna III och IV. Andelen kalcium och magnesium i vattnet är betydligt högre inom typ IV, än inom typ III. Inom sistnämnda typ har kalcium och magnesium i vissa fall ersatts av natrium genom jonbyte, och därigenom gjort vattnet mjukare. Den större andelen sulfat inom typ IV kan även utläsas ur diagrammet, fig. 18.

Frånsett höga järn- och manganhalter, som kan begränsa vattnets användningsmöjligheter för vissa ändamål, visar huvudparten av analyserna på att vatten från sandstensberggrunden är av acceptabel kvalitet. Olägenheterna med höga järn- och manganhalter är mest accentuerad inom typ IV. Inom denna

typ kan även vattnets totalhårdhet medföra olägenheter framför allt vid uppvärmning av vattnet i t. ex. vattenvärmare, pannor av olika slag, disk- och tvättmaskiner m. m. då avsättningar kan uppstå. För båda typerna av vatten från sandsten samt även för urbergsvatten gäller att höga fluoridhalter för enstaka brunnar kan begränsa vattnets användning som dricksvatten.

Permanganatförbrukningen, som är ett mått på vattnets halt av organisk substans, är något högre inom typ IV men är ej anmärkningsvärt hög.

Höga pH-värden och låga halter av aggressiv kolsyra medverkar till att sandstensvattnet i regel ej har ledningsangripande egenskaper.

För att till sist nämna något om glödresten, som är ett mått på vattnets totala innehåll av olika salter, utgör den intet hinder för vattnets användning utom i de fall det rör sig om brunnar där vattnet har höga natriumkloridhalter, d. v. s. salt vatten. Ett direkt samband mellan höga natriumkloridhalter och glödrester kan då härledas.

7. LITTERATUR

NGU = Norges geologiske undersøkelse

SGU = Sveriges geologiska undersökning

BENGTSON, P., 1971: Kvarntorpsområdets hydrogeologi — en översikt. — SGU C 667.

DAHLMAN, B.: Sammanställda borruppgifter. — SGU:s arkiv.

DE GEER, S., 1913: Geografisk undersökning av sjöarna Toften, Testen och Tysslingen. — SGU C 250.

DE WIEST, R., och DAVIS, S., 1967: Hydrogeology. — John Wiley & Sons, New York.

EKLUND, J., 1947: Grundens och landskapets historia i Närke före istiden. — Natur i Närke, s. 13–33. Göteborg.

— 1961: Kumlabygden. Del 1. — Kumla.

EKSTRÖM, G., och FLODQVIST, H., 1926: Hydrologiska undersökningar av åkerjord inom Örebro län. — SGU C 334.

FLODQVIST, H., 1955: Om Hjälmarens sänkning och dess följder. — Grundförbättring. Årgång 8.

GORBATSCHEV, R., 1972: Beskrivning till berggrundskartbladet Örebro NO. — SGU Af 103.

HOLMSEN, P., 1956: Oppsprekning, topografi och vannföring i massive dypbergarter. — NGU 195.

JOHNSON DIVISION, 1972: Ground Water Wells.

KESSLER, D. W., 1926: Permeability of Stone. — Nat. Bur. of Standards, Technical Paper 305, Washington.

LARSSON, I., 1959: Tektoniska förutsättningar för grundvatten i urberget. — Sv. Geogr. Årsb. 35.

LUNDEGÅRDH, P. H., och FROMM, E., 1971: Beskrivning till berggrundskartbladet Örebro SV. — SGU Af 101.

LUNDEGÅRDH, P. H., HÜBNER, H., WIKMAN, H., KARIS, L., och MAGNUSSON, E., 1972: Beskrivning till berggrundsgeologiska kartbladet Örebro NV. — SGU Af 102.

LUNDEGÅRDH, P. H., KARIS, L., och MAGNUSSON, E., 1973: Beskrivning till berggrundskartan Örebro SO. — SGU Af 104.

MAGNUSSON, E., 1970: Beskrivning till geologiska kartbladet Örebro NV. — SGU Ae 6.

MAGNUSSON, E., och GORBATSCHEV, R., 1972: Beskrivning till geologiska kartbladet Örebro NO. — SGU Ae 7.

MÜLLERN, C.-F., 1974: Artesiskt grundvatten och naturgas i Kvarntorp, Närke. — SGU C 707.

MÖLLER, Å., ENGQVIST, P., MÜLLERN, C.-F., och BENGTSON, P., 1971: Beskrivning till hydrogeologiska kartbladet Örebro SV. — SGU Ag 1.

MÖLLER, Å., JÄRNEFORS, B., ENGQVIST, P., och MÜLLERN, C.-F., 1974: Beskrivning till hydrogeologiska kartbladet Örebro NO. — SGU Ag 2.

MÖLLER, Å., ENGQVIST, P., och MÜLLERN, C.-F., 1971: Beskrivning till hydrogeologiska kartbladet Örebro NV. — SGU Ag 3.

— 1974: Beskrivning till hydrogeologiska kartbladet Örebro SO. — SGU Ag 5.

SV. DIAMANTBERGBORRNINGS AB, 1959: Brunnsborrningar.

— 1964: Brunnsborrningar.

— 1967: Brunnsborrningar.

TEKN. NOMENKLATURCENTRALEN, 1970: Vattenordlista 2. — TNC 45.

WALTON, W. C., 1970: Groundwater Resource Evaluation. — Mc Graw-Hill.

Förteckningar över utredningar och undersökningar gjorda av olika kommunala organ, ingenjörsfirmor, brunnsborrningsfirmor o. d. finns i de litteraturförteckningar som publicerats i Ag-seriens kartbladsbeskrivningar.

TABELLER

TABELL 5. Brunnsförteckning. Asterisk betecknar osäkert mäktighetsvärde.
Records of selected wells. Asterisk indicate doubtful thickness of strata.

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Marknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precamb- rian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)						Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u.my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm) Diameter (mm.)
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone	Urberg Pre- camb- rian base- ment			
10 F NV	5a	1	70	82	27	1	9	13	17	15	15	1.2		150
	5a	2	95	112		23.3		—	53.7*	—	17.5	1.0	46	150
	5a	3	45	100	85	13.8					17.5	0.3		
	5a	4	104	98	24	30.3		—	25.4	—	18.1	30	1.7	
	5a	5	123	105	10	32.5	11	—	31.5	—	20	28	1.0	
	5a	6	95	104	32	23	49					23	0.3	
	5a	7	100	135	104	31						69	0.1	100
	5a	8	40	85		1	5	13		19	1.5			
	5a	9	72	112		112	0					72	1.2	
	5a	10	36	125		123	1.5					35.5	1.3	
	5a	11	62	101.2		98.7	2.5					59.5	4.0	
	5a	12	21	100.7			9	12					1.1	
	5a	13	54	80	26	33							1.1	
	5b	14	29	53	28	10					21	15	4	7
	5b	15	24	52	31	10						11	3	1.7
	5b	16	98.7	60	44	16.5							82.1	0.1
	5b	17	116.5	44	24	20							96.5	0.3
	5b	18	86	57	50	7							79	1.0
	5b	19	84.5	51	50	0.6							83.9	0.3
	5b	20	42	41	35	6							36	0.4
	5b	21	57.5	42	32	9.5							48	
10 E SO	0i	1	27	70	45	18				7*	2	>5		
	0i	2	62	66	46	7	2*				11	42	0.3	5
	1i	3	40.6	70-75	30-35	17.7	15.3*				7.6	till urb.	1.3	6.7
	1i	4	48	65	35	8					21.5	19	0.2	8.2
	1i	5		65	37-38	8-10					20	ub		

10 E SO	li	6	30	77	56	21		9	0.2		
	li	7	68	65-70	64-69	1		67	0.1	3	110
	li	8	41.2	70	59	11.3		29.9	0.2		
	li	9	24	70-75		7		17	0.8		110
	li	10	39	75	69	6		33	0.3		
	li	11	38	75	38	12		25 ¹	1	0.7	
	li	12	59	75	37	13	13	12*	21	0.6	15
	li	13	37	80	52	28		9	0.1		
	2i	14	22	70	45			19	3	0.5	109
	2i	15	15.5	58	51	5.5		1.5	8.5	0.5	110
	2i	16	17.8	63	43			16.25	1.5	0.3	110
	2i	17	97	79.4	77.4	2		95	0.3		110
	2i	18	22	60	44	5.5	5*	6*	5.5	0.6	12
	2i	19	51	72	68	4		47	0.1		110
	0j	20	54	95	55	40		14	1.0		
	0j	21	27	65		11		16		0.4	
	0j	22	20	60	43	8		9	3	1	
	0j	23	31	60	29	9		22		1.7	
	0j	24		65	35	5-6		23	urb.		
	0j	25	38	65		15		2	20	1.0	
	0j	26	32	75	61	13.6			18.4	0.3	110
	0j	27	40	71	33	14		24	2	0.3	
	0j	28	32	73		9		23 ²		0.7	109
	0j	29	37	70		18		17	1.5		
	0j	30	47	67	55	12			35	1.1	110
	0j	31	37	65-70		1.5	8.5	27*		1.1	
	0j	32	42	70		22		20		1.2	
	0j	33	42	65	25	22		18	2	0.8	12
	0j	34	38	69	36	19		14	5	0.2	112
	0j	35	26	64		9		17		2.2	110
	0j	36	47	70	30	20		20	7	0.7	10
	0j	37	28	68		11		17		2.2	110
	0j	38	50	65	40	25			25	1.5	
	lj	39	20	62		5		15		2.5	110
	lj	40	39	65	38	18		9	12	0.7	110

¹Omfattar även viss del skiffer
Including some shale

²Omfattar lersten och sandsten
Including claystone and sandstone

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Marknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precamb- rian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)						Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u.m.y.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm) Diameter (mm)
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone	Urberg Pre- camb- rian base- ment			
10 E SO	lj	41	32.5	60	28	10.5				22	till urb.	1.7		110
	lj	42	30	60	41	19					11	0.2		110
	lj	43	32	60	30	16				14	2	0.4		110
	lj	44	30	67	43	4				20	6	0.2		110
	lj	45	22.5	65		7.5				15		1.9		110
	lj	46	32	65		16				16		1.0		110
	lj	47	24	59		9				15		1.7	2	110
	lj	48	30	75	45	12				18	till urb.	1.7		110
	lj	49	33	60	28	10				22	1	rikligt		110
	lj	50	48	72	26	9		17		20	2	0.5	16	110
	lj	51	30.5	65	35	8.5				22		2.1		110
	lj	52	35	76		18				17		2.5		110
	lj	53	45.5	71	26	24				20	1.5	0.3	20	110
	lj	54	43	71	30	21.5				20	1.5	0.5		110
	lj	55	52	75	23	29.5				22.5		1.0		150
	lj	56	26	56	33	6				17	3			110
	lj	57	39	65	30	12			5	18	4	0.3		150
	lj	58	37	65	27	10			1	8	19	till urb.	0.03	110
	lj	59	56	65	34	10.5			6.5	14	25	0.1		100
	lj	60	37	63	28	12				23	2	2.0	4.5	100
	lj	61		85										100
	lj	62	27	50										100
	lj	63	32	60	30	7				3	20	2	2.7	110
	2j	64	34.5	56	22	9.5				4.5	20	0.5	0.5	110
	2j	65	33	60	29	12					19	2	1.7	110

Borrning genom trasig alunskiffer och lersten samt sandsten

10 E SO	2j	66	22	60		4			18		1.8	7.0	110
	2j	67	41.75	55	20	12.75			23.5	5.5	0.002	9.0	110
	2j	68	24.5	50		6			18.5		>1.7	4.5	110
	2j	69	20	50		7			13		1.5	4.5	110
	2j	70	16	50		6			10		1.7	4.0	110
	2j	71	31.5	60		9.5			22		0.8	10	110
	2j	72	76.5	60	25	13		1	22	40.5	0.1	14	100
	2j	73	100	54	23	7			24.5	68.5	0.1	7.8	110
	2j	74	20	55		9			11		1.3	2.6	110
	2j	75	30	54		9			22		2.5	4.3	130
	2j	76	16	60		6	4*		10		1.5	4.3	110
	2j	77	75	70	38	28				43	0.3	22.5	100
	2j	78	45	60-65		18			18		0.6		100
	2j	79	22	60		16.5			5.5		1.1		100
	2j	80	22	52	30	5			17	urb.	1.8	5.2	110
	2j	81	24	55		10			14		1.7	8.5	110
	2j	82	26.4	57	32	7			18.2	1.2	0.6	2.4	110
	2j	83	35	55		13			22		1.8		
	2j	84	57	80	23	6	20	10	20.5		1.0		100
	2j	85	51	63	30	19			14	18	1.5	9.5	110
	2j	86	46	65	20	4	8	34			0.8	19	110
	2j	87	29	55		12			17		>1		
	2j	88	25	53.21	28.01	7.20			18	till urb.	0.4	3.8	110
	2j	89	50.5	55	27	10.5			18	22	1.0	8	110
	2j	90	22.5	53		9			13.5		1.0		110
	2j	91	40	56	40	16				24	0.2	12	110
	2j	92	28	52	24	13.5			14	0.5	1.3		
	3j	93	24	55		6.5			17.5		0.3	3.65	110
	3j	94	42	55	28	6.25			20.75	15	1.0		110
	3j	95	40	50-55	35-40	15				25	0.1		110
	3j	96	27	50-55	35	10			7	10	0.9		
	3j	97	21	46	27	19				2	0.2		110
	3j	98	21.5	45	24	18			3	0.5	0.3	5	110
	3j	99	70.7	62	13	9		16.2	23.8	21.7	0.1	9	100
	3j	100	21	46	28	11.8			6	3.2	1.0	4	108

¹Omfattar även viss del skiffer
Including some shale

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Marknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precam- brian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)						Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u. my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm.) Diameter (mm)
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone	Urberg Pre- camb- rian base- ment			
10 E SO	3j	101	33	46	18	12.7				15.3	5	1.3	3.5	110
	3j	102	25.5	50		16				9.5		2.5		109
	3j	103	30	52	26	12.3				13.75	4	1.25	5	
	3j	104	38	62	27	12.5	18.5*			3.5	3.5	0.9	7.2	110
	3j	105	35	60	30	14				16	5	0.8		
	3j	106	54	70		29.5				24.5		0.1	17	110
	3j	107	40	60	32	15.5				12.5	12	1.7		110
	3j	108	65.5	80—85	15—20	7	6.5	15	17	20		0.3		
	3j	109	124	85	78	7					117	0.02		
	3j	110	22	84		6	3	13				0.4	9	125
	3j	111	81.85	80	11		45.35 ¹			23.50	13	1.3		110
	3j	112	25	90		3	10	12				0.004		
	3j	113	63	80		3	15	15*		30*		mycket		
	3j	114	22.5	90		3	14.5	5				0.002		
	3j	115	18	85		3	15					0.2		110
	4j	116	67	75	25	17		15		17	18	0.2		110
	4j	117	64	90—95	30	3.15	22.85	10	20	7*	1	0.3		124
	4j	118	68	100		4	12	46*		16		7.5		
10 F SV	0a	1	24	70		15.5				6	2.5			
	0a	2	27.3	65	38	11.7				5.6*	10.0*	till urb.	5	110
	0a	3	33.5	66	52	14					19.5	1.5		110
	0a	4	19.5	64	54	10					9.5	0.3		
	0a	5	24.3	60	51	8.75					15.55	1.5		110
	0a	6	20.5	60	41	6				7.5*	5*	2	10.5	110
	0a	7	84	59	55	4					80	0.7		110
	0a	8	50	60	57	2.5					45	0.5	7	110
	0a	9	23	55	37	9.6					5	0.3	4	110
	0a	10	30.5	58	37.5	20.5				8.4	10	0.2		110

10 F SV	0a	11	40	56.5	26.5	14	16	10	1.7		110
	0a	12	29	55		11	18		1.7	13.3	110
	0a	13	36	55	28	16.5	10.75	8.75	1.7		110
	1a	14	33.5	52	22	24.5	5	4	1.8		110
	1a	15	33.5	60		18.7	14.8		1.9	10.6	110
	1a	16	29.5	55		18	11.5		1.7		110
	1a	17	26.6	54		5.5	21 ²		1.7		110
	1a	18	19	56		10	9		1.5	5.4	100
	1a	19	32	50	18	10	22		1.8	2.5	
	1a	20	26.5	55		12.7	11.8		1.7	9	100
	1a	21	24	55		10	14		1.3	5	110
	1a	22	40	50	25	20.5	5	14.5	1.5		110
	1a	23	35	55-60	22-27	14.5	18	2.5	1.7	4.75	110
	1a	24	24.5	55		7.5	17		1.5		110
	1a	25	30	55	27	9	19	2	1.0	8	110
	1a	26	31	60	30	10	20	1	2.0	8	110
	1a	27	50	71	24	22	5	20	3	0.1	
	1a	28	33	70						0.2	100
	1a	29	31	55		7	7			0.3	4.5
	1a	30	25	55-60	25-30	5	19.5	1	0.2		110
	1a	31	15	50		6	5		>2.2		
	2a	32	31.5	57	26.5	11	19.5	1	0.2	5	110
	2a	33	20	60		10	10		1.3		
	2a	34	17	57		11	6		1.3		
	2a	35	47	65	19	8	15	23	1		
	2a	36	36	44	35	9		27	0.3		
	2a	37	44	51	30	11	10	23	1		
	2a	38	75	57.5		12	?	?	1.4	15	
	3a	39	33	59		13	20		1.1		100
	3a	40	99	50	20	12	18	69	0.3		100
	3a	41	42	50	30	20.5		21.5	0.2	7.8	125
	3a	42	102	55	37	18.4		83.4	0.1	9.4	100
	3a	43	38	55	(30-40)	19	19		1.5	10	
	3a	44	64	40	37	3		55	0.3		110
	3a	45	35	42	37	5		30	0.08	5	110

¹Omfattar kalksten och skiffer
Including limestone and shale

²Omfattar lersten och sandsten
Including claystone and sandstone

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Märknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precamb- rian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)						Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u. my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm.) Diameter (mm)
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum- shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone	Urberg Pre- camb- rian base- ment			
10 F SV	3a	46	25	57		11.5			2	11.3		> 1.7	4	109
	3a	47	18	90		3	13	2				0.004		
	3a	48	46	67	20	3	9	9*		25*		1.1		110
	3a	49	42	90		6	9	15		12		1.0		110
	4a	50	32.2	55	24	18				13	1	0.01		125
	4a	51	64	86	22	3	8	—	31	—	22	till urb.		
	4a	52	33	50		8				4	21	1.2		100
	4a	53	31	60	31	9				20	2	0.7	12	110
	4a	54	67	88.01	26	6	7	16		18	15	0.1		150
	4a	55	70.5	85		8							28	100
	4a	56	43	90—95								0.3		
	4a	57	72.5	86.64								2.9		200
	4a	58	37	59		16	5	16		17	28*	0.5		
	4a	59	70	89.43	21	3	11	18		17	19	0.3		110
	4a	60	67	100—105		3	17.5	—	34.5	—	12	6.0		150
	4a	61	50	95—100		5	21	—	24	—		0.4	30	105
	4a	62	64	94		4					38*	0.5		110
	4a	63	53	70		9		20		8	16	1.7		101
	4a	64	53	71	18	8		20		10	15			
	4a	65	>49	70		2		10.5		20	>17	0.4	till urb.	102
	4a	66	68	81.87	22	9	7	14		13	16	0.7		150
	4a	67	70.5	85		10.5	4.5	—	32	—	23.5	2.0	28	100
	4a	68	70	90	18	2	20.5	12.5		13	20.5	2.0	29.5	200
	4a	69	59	95		2	23	14		14	6	1.9		100
	4a	70	72.5	87		6	5	16		17	28*	2.5	34	150

10 F SV	4a	71	69	80		2	13	13	17	24		1.7		100
	0b	72	18.5	60	43	7				10	1.5	1.5		110
	0b	73	36	55		10		10		16		1.0	14	110
	0b	74	40.75	55	47	4				4	32.75	0.1		110
	0b	75	33	50	45	5.4					27.6	1.7		110
	0b	76	33.5	62	52	10					23.5	0.1		110
	0b	77		60	52	10					40	0.6		108
	0b	78	25	68	54	14					11	0.3		110
	0b	79	23	60	42	9.5				8.5	5	0.3	4	110
	0b	80	47	50	46	4					43	0.7		
	0b	81	20	50	45	5					20	0.4		
	0b	82	38	55		22				16		1.0		
	1b	83	41	60	23	8		9.5	3.5*	17	3	0.8		110
	1b	84	33	45	13	14				17.5	1.5	1.5	2	
	1b	85	37	57	21	6			30 ¹		1	0.7		110
	1b	86	55	40-45	17	5				19 ²	31	0.2		110
	1b	87	38.5	58	23	4.5		8	6.5	15.5	4	1.7		110
	1b	88	40	57	21	4.5				18.5	4	1.5		110
	1b	89	73	45	25.5	19.5					53.5	2.6		110
	1b	90	73	44								1.9		110
	1b	91	40	57	21	4.5				20.3	4	1.8		110
	1b	92	45	40	18	22					23			
	1b	93	38	61	27	4		8	6	16	4	1.7		110
	1b	94	85	55	24	22				9	54	2.3	15	150
	1b	96	25	45	33	11				1	13	1.7		110
	1b	97	40	40-45	30	6				6	28	0.3		110
	1b	98	42	57.3	34	4				19	19	1.4		150
	2b	99	17.5	44		3.5				14		1.5	3.5	
	2b	100	16	40	25	4				11	1			110
	2b	101	43.5	45	32	10				3.5	30	0.01		110
	2b	102	16	47		9				7		1.5		110
	2b	103	18	45	36	8.5				0.5	9	1.3		110
	2b	104	45.8	40								0.1		100
	2b	105	65	41	31	10					55	0.2		
	2b	106	33	47	44	3					30			

¹Omfattar alunskiffer, lersten och sandsten
Including alumshales, claystone and sandstone

²Omfattar lersten och sandsten
Including claystone and sandstone

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Märknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precamb- rian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)						Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u.my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm.) Diameter (mm)
						Jord Over- burden	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum- shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone	Urberg Pre- camb- rian base- ment			
10 F SV	3b	107	79	47	44						76	0.1		110
	3b	108	40	41	40	3					38.5	0.08		110
	3b	109	56	41	36	5					51	0.1		120
	3b	110	149.5	50	48.5	1.5					148	0.03		110
	3b	111	37	46	40	6					31	1.0		109
	3b	112	37	46	40	6					31	0.7		110
	3b	113	34	48	45	3					31	1.0	6	110
	3b	114	33.6	50	44	6					27	0.2		110
	3b	115	48	46	38	8					40	0.2		110
	4b	116	14.5	45	34	4.5					6	1.8	7	110
	4b	117	50	41	21	5-6					14	0.8	2.3	110
	4b	118	50	40	24	8					8	0.8		100
	4b	119	31	45	27	13					5	12.6		110
	4b	120	43	43		10					33 ¹	0.5		110
	4b	121	23	50	27	6					17	0.8		110
	4b	122	22.5	49		6.5					16	1.5	3.35	110
	4b	123	66.5	46.5	32	15					51.5	0.2		150
	4b	124	44.4	56	26	9.4					20.6	14.4	2.1	115
	4b	125	78	41	27	13					1	64	0.2	110
	4b	126	80	45	33-35	10-12					68	0.3	1	110
	0c	127	43	71	28	25.5					17	1.0		110
	0c	128	21	49		15					6	4.3		150
	0c	129	48	66		26					22	0.5		110
	0c	130	16.5	51	34	4.5					12	1.5	4	110
	0c	131	37.8	55	23	7					25 ²	5.8		110

10 F SV	0c	132	18.5	50				11		1.0		
	0c	133	42	63	27			23		0.8	12	109
	0c	134	35	63				24	?	0.3		110
	0c	135	24.5	56	33			1		0.8		110
	0c	136	23.4	52				15.3	4*	1.5	7.6	
	0c	137	25	50-55	28-33			5		3	10.4	110
	0c	138	21	55	36			4.5		1.5	9	110
	0c	139	68.5	55-60	41-46			14		54.5		107
	0c	140	18	57	40			10		1		
	0c	141	16.5	54				10				110
	0c	142	69.9	57	46			8.8				
	0c	143	38	54	36			14.3	1.5*		5.35	110
	0c	144	15	56	53			3		20.4	12	100
	0c	145	53	70	20			15		12		109
	0c	146	68	71	47			24	10	3	17	110
										0.8		110
										44		110
	0c	147	75.5	55	41			14		61.5	8.5	110
	0c	148	30	50	46			4		26		110
	0c	149	25.3	51	26			10.7		0.1		
	0c	150	52	57	36			21	14.3	0.3	4.4	
	0c	151	17.5	53	38			14.5		31	13	100
										3		110
										1.3		
	0c	152	67	52	40			12		55		
	0c	153	79.5	51	35			16		0.2		
	0c	154	24	52				6		63.5		108
	0c	155	44.5	50	9			16.5	26.5*	2.5		110
	0c	156	42.5	44	15			25		1.5	10	150
										4	10	110
										13		
										1.9		
	0c	157	39	63	26			7		1.5	11.8	
	1c	158	86	44	18			6	30*	2		
	1c	159	78	45	19			6	20	60		
	1c	160	45	48	20			9	20	52		
	1c	161	29	43	16			6	19	17	9.9	
									21	2	6.5	110
	1c	162	38	49	22			7	20	11	11.5	110
	1c	163	34	48	22			5	21	8	6.15	150
	1c	164	26	44.53	23			5	16	5		260
	1c	165	29	45-50	27			6	14	9		110
	1c	166	70	41	24			17		1.7		
										0.1		110

¹Omfattar även sandsten

Including sandstone

²Omfattar skiffer och sandsten

Including shale and sandstone

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Märknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precamb- rian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)					Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u.my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm.) Diameter (mm)	
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone				Urberg Pre- camb- rian base- ment
10 F SV	1c	167	75	43	38	4.5					70.5	0.1	4	110
	1c	168	40	40-45	35	6					34	0.5		110
	1c	169	25.5	39	35	4					21.5	0.4		110
	1c	170	24	45	34	11					13	0.9	6.5	110
	1c	171	75	45	40	4.5					70.5	0.1	4.0	
	2c	172	52.5	41	39	1.5					51	0.1		100
	2c	173	49	36.20	-3	20				19	10	10.0		210
	2c	174	43	45	24	21					22	0.7	9.0	110
	2c	175	53	40	33	6.5					46.5	0.4		
	2c	176	40-50	40.7	37	3.5					36-46	0.2	4-5	
	2c	177	35	42	39	3					32	1.4	2.25	100
	4c	178	10	33		4					6			
	4c	179	87	40	13	7					20	60		
	4c	180	29	40	19	6					15	8	2.3	1.0
	4c	181	37.5	41	16	8.5					16	13	1.5	
	0d	182	35	67		18					17		1.7	110
	0d	183	47	75	30	23		5	12	5*	2			
	0d	184	46	70	26	7.5		17.5		19	2	0.2		110
	0d	185	36.5	65	30	14				21	1.5		13.6	
	0d	186	73	71	0	12	18	20	9	12*	2	0.7	32.5	
	0d	187	45	70								0.8		
	0d	188	67	62	-4	9	7	20	10	20	1	1.0		
	0d	189	36	34 ¹	4	0		4	8	18	6	3.3		
	0d	190	59.7	70	12	3.7	15	16.5	7.5	15	2	1.3	40.7	
	0d	191	64	70	7	0.5		47.5 ²		15	1	1.5	40	

10 F SV	0d	192	59.5	62	3	3	11.5	28	16	1	1.5	31	150
	0d	193	48	60-65		1	4	20	7	16	1.0	35	103
	0d	194	49	59	16	8.5		9.5	8	17	1.3	22.4	110
	0d	195	52	65	18	0.8		23.15	7	15.5	2.5		
	0d	196	55	60-65			13.5	17	9.5	15	1.2		103
	0d	197	58.5	60		7				36.5*	1.7	27.6	
	0d	198	73	65	8	7				50 ³	16	1.5	39.8
	1d	199	47.7	60		5	16.7			26 ⁴	2.8	20	150
	1d	200	70	65	28	4	9		8	16	33	0.2	39.5
	1d	201	24.5	50-55		13.5				11		1.7	110
	1d	202	71.5	50-55	17-22	16.5				16.5	38.5	0.3	150
	1d	203	37	45	9	11				25	2	0.5	2.7
	1d	204	40	48	28	13				7	20	0.5	9
	1d	205	58.5	45-50	20-25	16				9	33.5	1.2	110
	1d	206	29	43	15	11				16	2	0.2	
	1d	207	45.5	47	10	12			4.5	20.5	8.5	0.3	11
	2d	208	45	35	0	15				20	10	3.0	8.5
	2d	209	30.6	26	-3	18.1				10.5	2.0	8.3	3.8
	2d	210	31	35-40	5-10	10				20	1	1.2	110
	2d	211	36.6	35	10	9				16	11.6	>1	110
	2d	212	26.5	40	20	9				11	6.6	1.2	110
	2d	213	29	40	29	9				2	18	1.2	110
	2d	214	24	34	19	7				8	9	1.5	110
	2d	215	95	28	21	6					89	0.3	150
	2d	216	38	38	30	8					30		110
	2d	217	32.5	39	30	9.5					23	0.1	
	3d	218	87	37	36	1					86	0.06	
	3d	219	93	40		3						1.7	3
	3d	220	40	50	44	4					34	0.8	
	4d	221	38	30-35	0	14				20	4	0.8	110

¹Brottbotten

Bottom of quarry

²Omfattar kalksten, alunskiffer och lersten

Including limestone, alum shales and claystone

³Omfattar alunskiffer, lersten och sandsten

Including alum shales, claystone and sandstone

⁴Omfattar lersten och sandsten

Including claystone and sandstone

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Marknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precamb- rian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)						Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u.my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm) Diameter (mm)
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum- shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone	Urberg Pre- camb- rian base- ment			
10 F SV	0e	222	94	95	87	7.5					85.5	0.05	3.2	110
	0e	223	59.5	75	15	12.5		27.5		19.5			23	
	0e	224	70.5	64						17		0.3	25	75
	0e	225	60	60-65		1	13	30		16		1.3		
	0e	226	27.5	46		13.7			5	8.8		1.8	7.5	
	0e	227	60	60-65		1	14	30		15		1.3		100
	0e	228	67	60-65	0-5	1	12	27		27*		1.3		100
	0e	229	37.5	45		6.2						2.1	6	
	0e	230	60	60-65	0-5	1	13	29		17		0.3		
	0e	231	61.5	60-65	0-5	1	13	30		17.5		1.3		
	0e	232	69.5	60	5	3	6.5	17	10	27*	6	>5.6		150
	0e	233	57	59	2	2	8		30	17		1	19.3	
	1e	234	32.5	49		8		7		11.5		2.1		100
	1e	235	54.1	58	4	4		30		20		0.8	29	
	1e	236	40	52	15	7.5		15.5		14	3		13.6	
	1e	237	53.5	50	5	11.5		3	11	27*		2.4		100
	1e	238	26	40-45		8				18		0.3	10	110
	1e	239	27	35		10				17		2.5	6.75	
	1e	240	26.5	30	9	1.5				20	5	3.0	3.9	100
	1e	241	50	31	4	4.5				22.5	23	1.2	4.5	198
	1e	242	36	25-30	2	4				22	10	1.2		150
	1e	243	44	52	8	9		9.5		25.5		0.8	13.5	110
	1e	244	70	30	10	10				10	50	0.3		
	1e	245	41.5	31	4	5				22	14.5	3.1	3.2	110
	1e	246	53	45								0.2	10.8	

	1e	247	42	55	15	12.5			27.5*	2	0.4	11	110
	1e	248	49.5	60		4	7	17.5	15	6	1.2	22.5	150
	1e	249	16	55		14			2		1.2		
	1e	250	35	60	27	10			3	20	2	23.6	
	1e	251	42	30-35		12			28*	2	0.6	13	109
	3e	252	79	40	40					79	0.04		110
	3e	253	25	38	32	6				19	0.4		110
	3e	254	29	45	40	6				23	0.07		110
	3e	255	31	50	45	4				28	0.8		115
	4e	256	86	50							0.2	4	100
	4e	257	44	53							0.1	3.4	100
	4e	258	36	50							0.1	4.2	100
	4e	259	36	45							0.1		100
10 F SO	0f	1	111	88	77	11				100	0.08	4	100
	0f	2	85	95	80	15				70	0.08	4.5	110
	1f	3	58	56		10.3	2	34	12		0.5	20	103
	1f	4	65	55-60		5.5	3	16*	39*	1.5	6.0		150
	1f	5	49.5	45-50	0-5	3.5		25	21		4.2	12.5	150
	1f	6	55	54		2.5	12	16	15.5	9	1.5	17.5	103
	1f	7	53	50		1.3	11.7	35		5	1.1		100
	1f	8	26	40		16				10	0.8		100
	1f	9	27	45		7				20	1.3	2.4	110
	1f	10	50	41	-9	4		16.5	13	16	0.5	1.7	13
	1f	11	15	32		5				10		3	
	1f	12	22	30		12.5				9.5	0.07	5.3	110
	2f	13	52.5	30-35		20.5				23.5	9	0.2	110
	2f	14	29	30-35		13				16	0.9	11.5	110
	3f	15	76	30	26	4					72		110
	3f	16	42	30-35	22-27	8					34	0.6	
	4f	17	18.5	50	47	2.5				16	0.1		110
	1g	18	58.5	47.6		4	5.5	16	15	18			
	1g	19	20	31		10.5				9.5	1.5		
	1g	20	30	27		10			8	12	0.5		
	1g	21	43.5	45		8		11	15.5	9			
	1g	22	60	53.16		10		38.5*	11.5		1.0	24	100
	1g	23	57	54		16.5		13	13.5	14	1.8		100
	1g	24	51	50-55		2		40*	9		0.6		125
	1g	25	53	50-55		6		34	13		1.7		100

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Marknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precam- brian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)					Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u.my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm.) Diameter (mm)		
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum- shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone				Urberg Pre- cam- brian base- ment	
10 F SO	1g	26	64	55		17		14	13.5	18		1.0		100	
	1g	27	63	25	-11	13			4	19	27				
	2g	28	46.5	20-25	-15--20	11				29.5*	6	1.5		110	
	2g	29	42.8	25-30	-10--15	12.5				27.3*	3	3.0		110	
	2g	30	47	35	-5	20				20	7	0.4		100	
	2g	31	43	25	-5	12				18	13	2.8	3.8	110	
	2g	32	38.5	25	-5	8.5				21	9	>3.8	4.2	110	
	2g	33	30.5	25	5	5.5				15	10	0.8		100	
	2g	34	37	26	8	5				13.5	18.5	>3.0	3.7	110	
	2g	35	28	26	8	4.5				13.5	10	3.0	4	110	
	2g	36	41.5	25-30	7-12	5.5				12	24	0.3		110	
	2g	37	21	25	7.5	7				10.5	3.5	0.1		100	
	2g	38	38	30-35	7-12	16.5				6.5	15	1.9	4		
	2g	39	64	27		12					52 ¹	0.5		100	
	2g	40	50	30	15.5	14.5					35.5	0.2		110	
	2g	41	46	32		15					31*				
	3g	42	71	30	19	11					60	0.2	7	110	
	3g	43	26	30	18	4.5					ev	21.5	0.5	2.4	110
	3g	44	19	31	15	8					8	3	0.07		110
	3g	45	16	35		3					13	2.0		110	
	3g	46	21.6	40	36	4					15*	2.6		110	
	3g	47	48	35-40	45--10	8		18			19	3	1.2	12	100
	4g	48	17.5	30	27	3						14.5	0.7	5.1	
1h	49	47.5	56		5.5	7		26.5		8.5		0.8		110	
1h	50	47.5	55-60		5.6	15				27*		0.8		110	

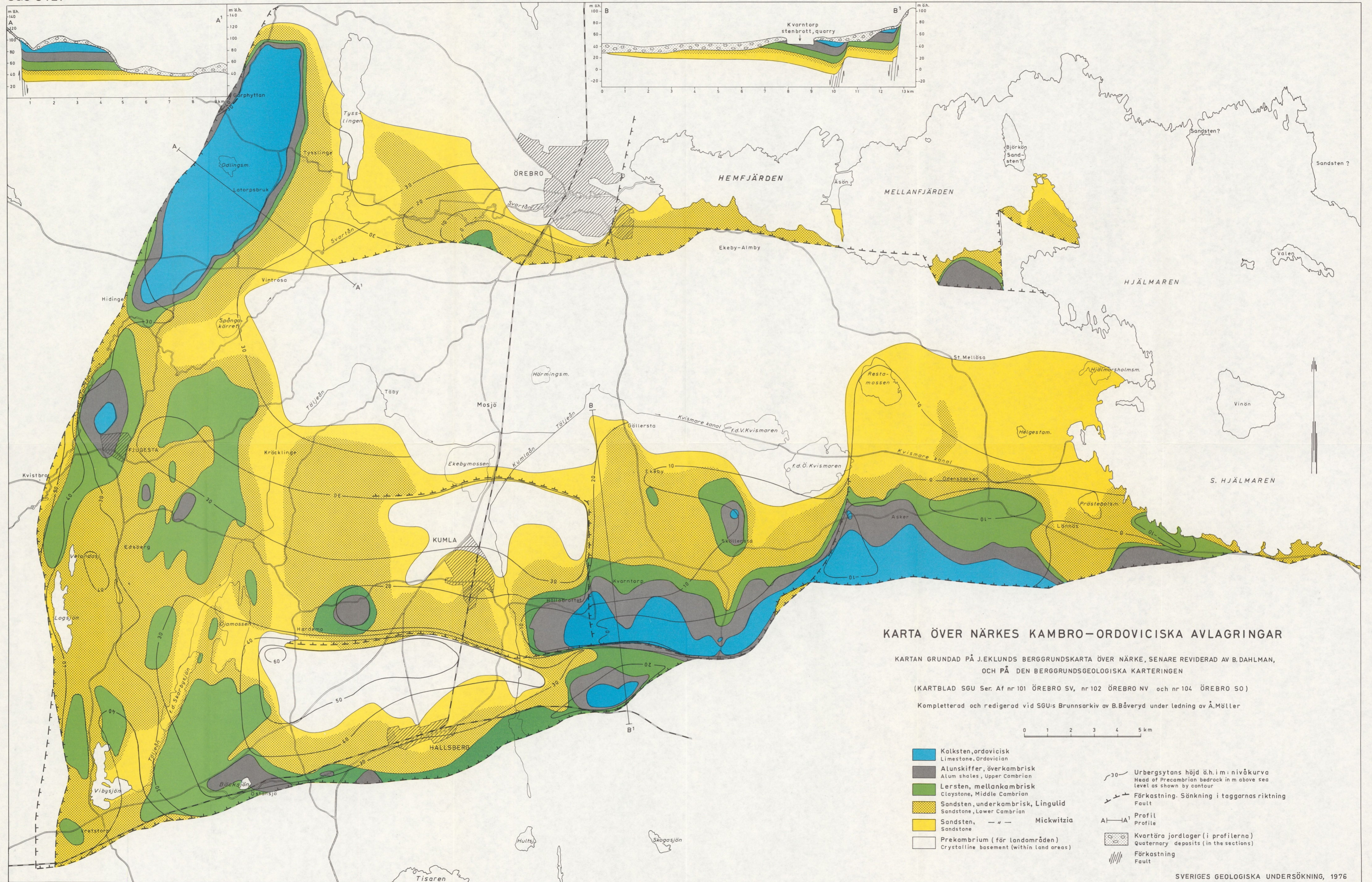
¹Omfattar sandsten och urberg
Including sandstone and Precambrian basement

10 F SO	1h	51	55	55-60		0.7	6.25	43*	5	0.8				
	1h	52	46	55-60		20	13	4	4	0.8				
	1h	53	25	35		5		20		1.7		125		
	1h	54	38	31		17			18 ¹	1.5	5	110		
	1h	55	27.5	25	3	10.5			11.5	ngn m 5.5	>2.5	1.5	110	
	2h	56	56	24	18	6				50		4		
	3h	57	82	25	17	8				74				
	4h	58	93	25	5	18			2	73	0.01			
	4h	59	24	25	3	11-12			9-10	2-4	10		250	
	li	60	35.5	36	0	14			21.5		2.4	7	110	
	lj	61	28	30		14.6			13 ¹		0.3			
	lj	62	45	35-40	35	3.1				41.9	0.3		110	
	9 E NO	8i	1	36.5	88	68	20				16.5	0.6	1.4	
		9i	2	83	72	57	15				68	0.3		
9i		3	36	72	36	16		2	18	0.3	1.3			
9i		4	23	65-70		6.5			16.5		1.3		110	
9i		5	30	67		15			15		0.7			
9i		6	40	65	64	1				39	0.1			
9i		7		68	57	11				?				
9i		8	44	66	52	14				30	0			
9i		9	32	70		6			26 ¹		1			
9i		10	32	70		8			24 ¹					
9j		11	60	73.2	41	16			16	28	2.8			
9j		12	26	80		4			22		0.8		110	
9j		13	29	75	51	5.5			18.5	5	2.0		109	
9j		14	40	80		14			12	14	0.7		110	
9j		15	90	68	40	5.5			1.5	21	62	0.3	110	
9j		16	57	80	25	24			10	21	2	1.2		
9j		17	38.5	65-70	35	10.9				21	5.5	1.7	6	110
9j		18	41	60-65	19-24	19.7				21.3		0.8	5.2	110
9j	19	31	64	34	4			1*	5	20	1			
9j	20	60	80		35			8*		17	1.0			

¹Omfattar lersten och sandsten
Including claystone and sandstone

Fortsättning

Topogr. kartbl. Topo- graphic map No.	Ekonom. kartbl. Econo- mic map No.	Brunn nr Well No.	Brunnsdjup (m) Depth of well (m)	Marknivå (m ö. h.) Altitude of ground surface (above mean sea level)	Urbergsnivå (m ö. h.) Altitude of surface of the Precam- brian base- ment (above mean sea level)	Lagerföljd (m) Lithology (m)					Kapa- citet (l/s) Yield (l/s)	Gv-nivå (m u.my.) Ground- water level below the ground surface (m)	Diameter (mm.) Diameter (mm)	
						Jord Over- bur- den	Kalk- sten Lime- stone	Alun- skiffer Alum- shales	Ler- sten Clay- stone	Sand- sten Sand- stone				Urberg Pre- cam- brian base- ment
9 F NV	9j	21	66	68	28	17			3	20	26	0.1		
	9j	22	58.5	80	21	36.5				22		0.3	110	
	9j	23	40	67	27	20				20		0.2		
	9j	24	42	70	33	12			5	20	5	1.7		
	9a	1	48	145	140	4					44	0.2	5.5	110
	9a	2	50	90	78	11.5					38.5	0.8	7	
	9a	3	64	94.5	37.5	10	9		22	16	7	6.4		
	9a	4	45	70	50	20					25	1.0		110
	9a	5	25	70	70	7				18		0.4	3.5	
	9a	6	24.5	65	60	5					19.5	0.5		110
	9b	7	22	45-50		14					8	4.0		250
	9b	8	21	45-50		15					6	8.8		250
	9b	9	41	85	45	3		31		6*	1	0.08		110
	9c	10	37	65	30	5			22	8*	2	0.3		110
	9c	11	32	55	24	6-7	5-6*	5-6	14	1	2.0			150
	9c	12	36	55	21	8.7	5.5*		19	2	1.0			110
	9c	13	44	60	27	6			7	20	11	0.1		110
	9c	14	22.5	55	35	2.5			17.5	2.5	1.1			110
	9c	15	16	50-55	42-47				7	8	1.0			110
	9c	16	34	50	28				21	12	1.7			110

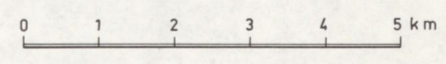


KARTA ÖVER NÄRKES KAMBRO-ORDOVICISKA AVLAGRINGAR

KARTAN GRUNDAD PÅ JEKLUNDS BERGGRUNDSKARTA ÖVER NÄRKE, SENARE REVIDERAD AV B. DAHLMAN, OCH PÅ DEN BERGGRUNDSGEOLOGISKA KARTERINGEN

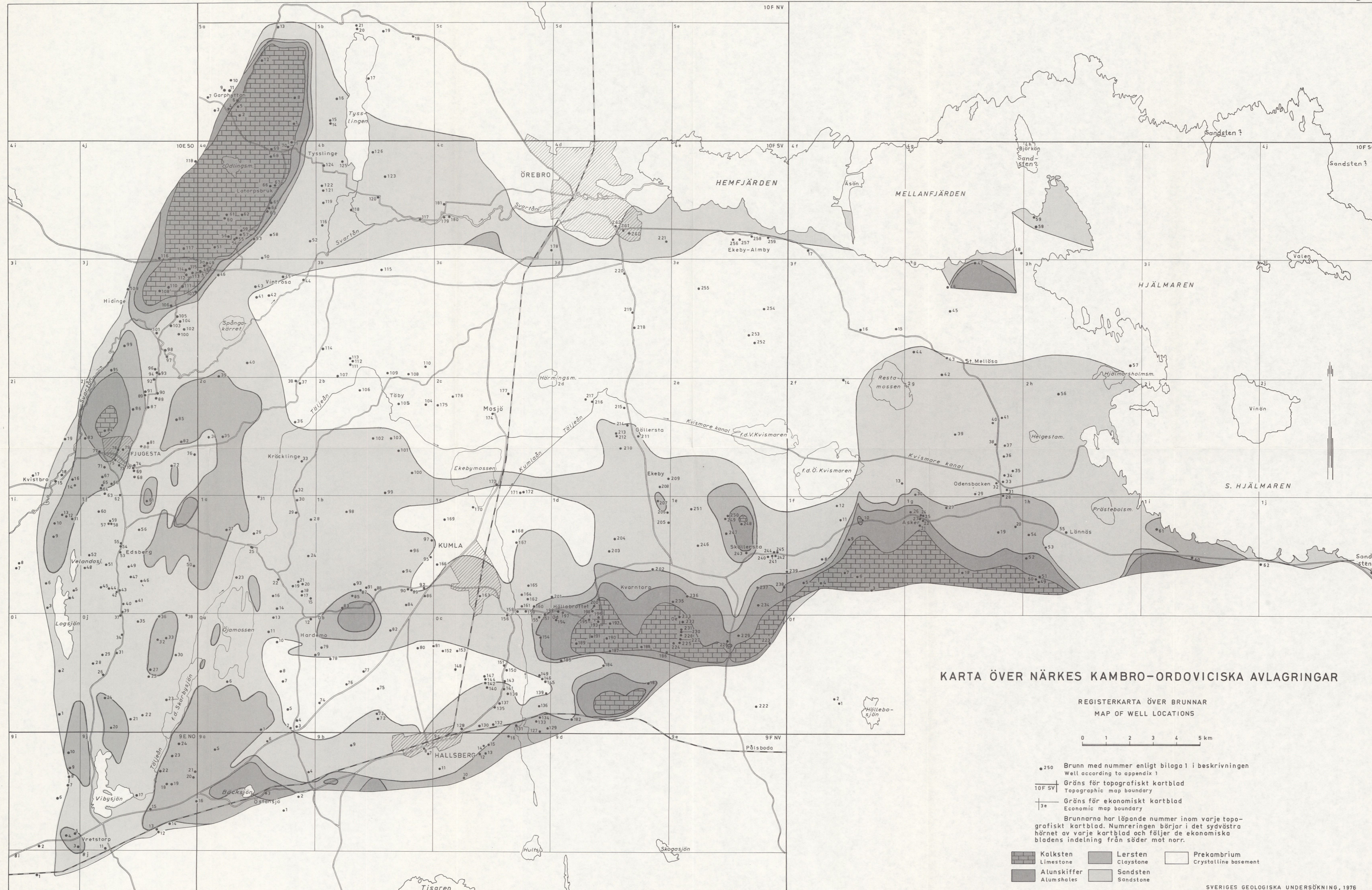
(KARTBLAD SGU Ser. Af nr 101 ÖREBRO SV, nr 102 ÖREBRO NV och nr 104 ÖREBRO SO)

Kompletterad och redigerad vid SGU:s Brunnarkiv av B. Böveryd under ledning av Å. Möller



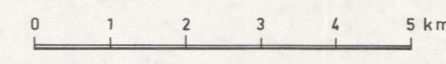
- Kalksten, ordovicisk
Limestone, Ordovician
- Alunskiffer, överkambrisk
Alum shales, Upper Cambrian
- Lersten, mellankambrisk
Claystone, Middle Cambrian
- Sandsten, underkambrisk, Lingulid
Sandstone, Lower Cambrian
- Sandsten, Mickwitzia
Sandstone
- Prekambrium (för landråden)
Crystalline basement (within land areas)
- Urbergsytans höjd ö.h.m. nivåkurva
Head of Precambrian bedrock in m above sea level as shown by contour
- Förkastning. Sänkning i taggarnas riktning
Fault
- Profil
Profile
- Kvarterära jordlager (i profilerna)
Quaternary deposits (in the sections)
- Förkastning
Fault

Printed in Sweden. Davidsens, Växjö. Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Statens lantmäteriverk, 1976-05-19.



KARTA ÖVER NÄRKES KAMBRO-ORDOVICISKA AVLAGRINGAR

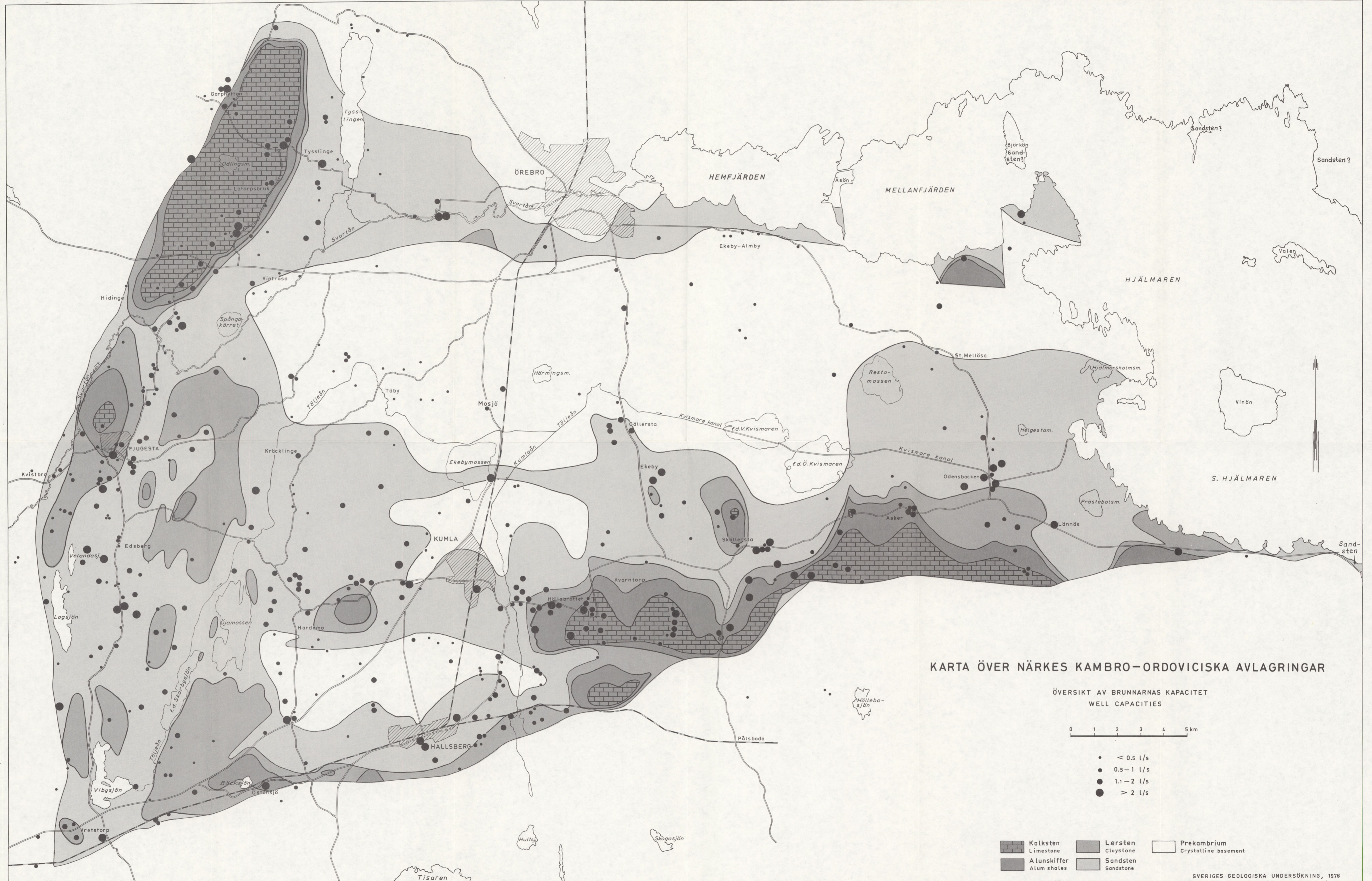
REGISTERKARTA ÖVER BRUNNAR
MAP OF WELL LOCATIONS

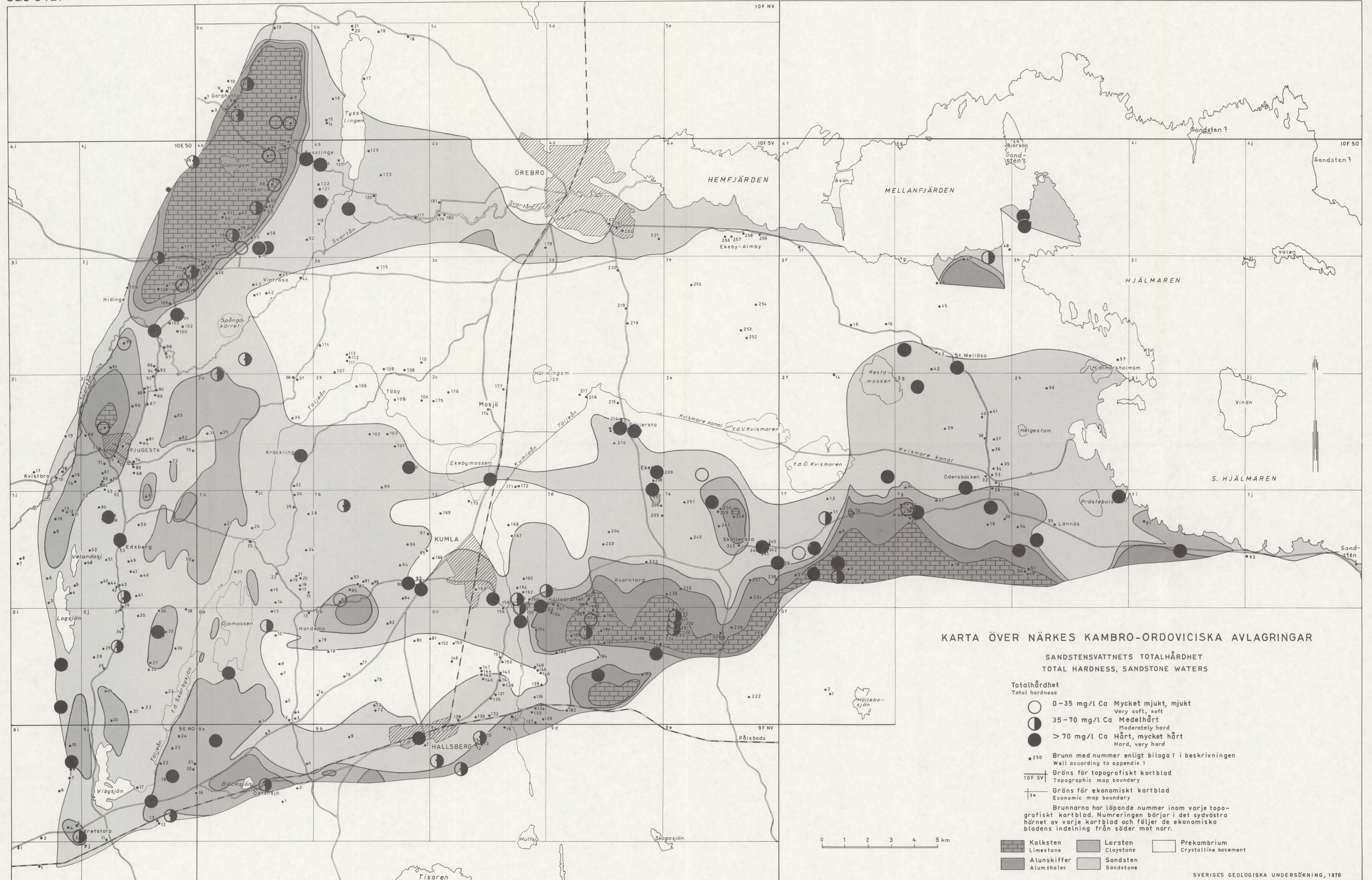


- 250 Brunn med nummer enligt bilaga 1 i beskrivningen
Well according to appendix 1
- 10F SV Gräns för topografiskt kartblad
Topographic map boundary
- 3e Gräns för ekonomiskt kartblad
Economic map boundary

Brunnarna har läpande nummer inom varje topografiskt kartblad. Numreringen börjar i det sydvästra hörnet av varje kartblad och följer de ekonomiska bladens indelning från söder mot norr.

Kalksten	Lersten	Precambrium
Alunskiffer	Sandsten	Crystalline basement





KARTA ÖVER NÄRKES KAMBRO-ORDOVICISKA AVLAGRINGAR

SANDSTENSVATTNETS TOTALHÅRDHET
TOTAL HARDNESS, SANDSTONE WATERS

- Totalhårdhet
Total hardness
- 0-35 mg/l Ca Mycket mjukt, mjukt
Very soft, soft
 - ◐ 35-70 mg/l Ca Medelhårt
Moderately hard
 - > 70 mg/l Ca Hårt, mycket hårt
Hard, very hard

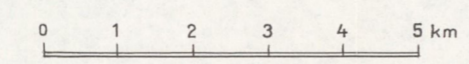
● 250 Brunn med nummer enligt bilaga 1 i beskrivningen
Well according to appendix 1

10F SV | Gröns för topografiskt kartblad
Topographic map boundary

3e | Gröns för ekonomiskt kartblad
Economic map boundary

Brunnarna har löpande nummer inom varje topografiskt kartblad. Numreringen börjar i det sydvästra hörnet av varje kartblad och följer de ekonomiska bladens indelning från söder mot norr.

- ▨ Kalksten Limestone
- ▨ Alunskiffer Alumshales
- ▨ Lersten Claystone
- ▨ Sandsten Sandstone
- Prekambrium Crystalline basement



PRISKLASS G

Distribueras genom
LiberKartor
162 89 VÄLLINGBY

Växjö 1976 C Davidsons Boktryckeri AB
Printed in Sweden

ISBN 91-7158-098-0