

CARL-FREDRIK MÜLLERN

ARTESISKT GRUNDEVATTEN
OCH NATURGAS I
KVARNTORP, NÄRKE

SUMMARY: ARTESIAN GROUND-WATER AND NATURAL GAS
AT KVARNTORP, NÄRKE



STOCKHOLM 1974

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C NR 707

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

ÅRSBOK 68 NR 14

CARL-FREDRIK MÜLLERN

ARTESISKT GRUNDEVATTEN
OCH NATURGAS I
KVARNTORP, NÄRKE

SUMMARY: ARTESIAN GROUND-WATER AND NATURAL GAS
AT KVARNTORP, NÄRKE

STOCKHOLM 1974

ISBN 91-7158-065-4

C DAVIDSONS BOKTRYCKERI AB, VÄXJÖ 1974

INNEHÅLL

Inledning	3
Geologisk översikt	4
Grundvattenförhållanden	5
Förekomst av gas	9
Kvävgasens ursprung	11
Ädelgasernas ursprung	16
Sammanfattning	17
Summary	19
Litteratur	20

INLEDNING

I samband med de arbeten för det hydrogeologiska kartbladet Örebro SV, som brunnsarkivet vid SGU utförde sommaren 1969, påträffades några brecciastrukturer i Ytongbolagens underjordiska sandstensgruva i Kvarntorp. Sedan dess har viss kontakt hållits främst med gruvfogde B. Österman och gruvförman E. Ivarsson. Vid den fortsatta brytningen har nya strukturer påträffats, vilka närmare undersökts av P. Bengtson. En redogörelse för dessa undersökningar avses bli publicerad inom kort. Strukturerna har enligt en tolkning förorsakats av artesisikt grundvatten, som trängt fram strax efter de underkambriska sedimentens avsättning.

Vid Geologiska föreningens vårexkursion 1973, som bl. a. omfattade ett besök i sandstensgruvan, uppmärksammades författaren på att man vid brytningen påträffat en för några tiotal år sedan borrarad brunn med artesisikt grundvatten. Brunnen, som sedan länge inte varit i bruk, har borrats genom hela sedimentlagerföljden ner till urberget. Uppgifterna om den påträffade brunnen föranledde de arbeten, som här redovisas och vilka får ses som ett komplement till beskrivningen av det hydrogeologiska kartbladet Örebro SV (SGU Ag 1) samt till P. Bengtsons beskrivning av Kvarntorpsområdets hydrogeologi (SGU C 667).

Författaren riktar ett varmt tack till gruvfogde B. Österman och gruvförman E. Ivarsson, utan vilkas välvilliga stöd föreliggande undersökning ej skulle ha kunnat genomföras, samt till avdelningschef A. Danielsson, docent P. H. Lundegårdh, avdelningsdirektörerna A. Möller och R. Skoglund, geolog L. Karis och fil. kand. P. Bengtson för givande diskussioner och värdefulla synpunkter, vidare till kartograf Greta Hellström för renritning av figurer samt till förste kontorskrivare Kerstin Brodén för renskrivning av manuskript.

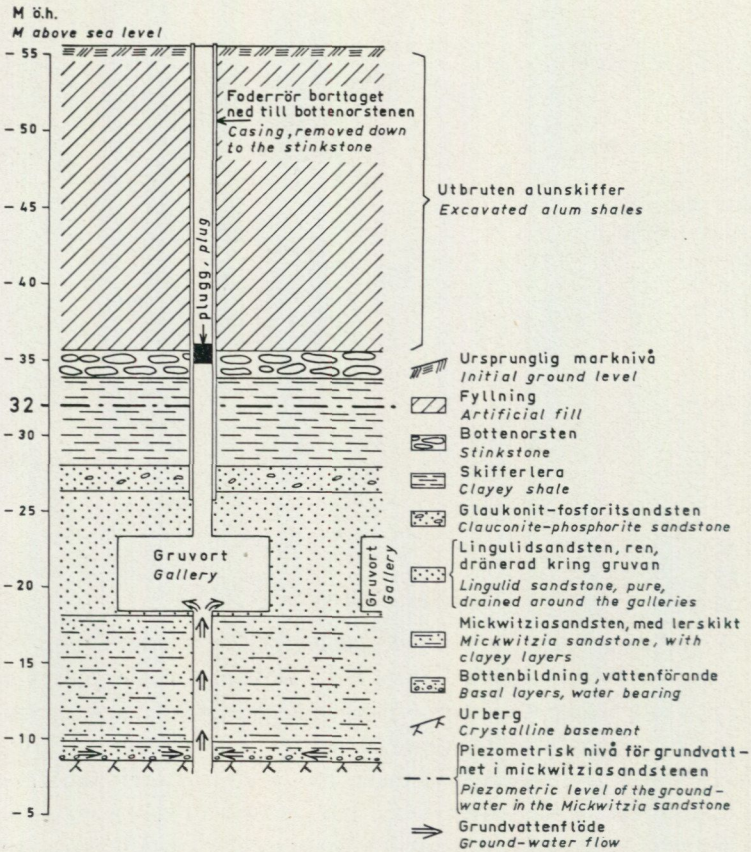


Fig. 1. Det undersökta brunnshålet i relation till stratigrafi och gruvorter.
The studied drilled well-hole in relation to stratigraphy and galleries.

GEOLOGISK ÖVERSIKT

I Ytongbolagens underjordiska sandstensgruva i Kvarntorp uttas underkambrisk lingulidsandsten. Denna, som har en mäktighet av ca 8 m, bryts med en ortbredd av 11 m och en orthöjd av 5 m mellan nivåer belägna ca 0.3 m över mickwitziasandstenen och ca 3 m under den mellankambriska glaukonit-fosforitsandstenen. Fig. 1 visar området lagerföljd. Urberget utgörs av sedimentgnejs och gnejsgranit genomslagna av pegmatit- och granitgångar, samt större sammanhängande partier av yngre granit. Urbergsytan är relativt jämn och utgör en del av det subkambriska peneplanet. Den är vanligen kaolinvittrad till några meters djup. På denna yta har de kambriska och ordoviciska sedimentbergarterna lagrats närmast planparallellt och intar nu, beroende på områdets förkastningstektonik, en svagt mot söder lutande lagerställning.

Den sedimentära bergartsserien inleds med en ställvis konglomeratisk, sandig till grusig bottenbildning, vars mäktighet i området är omkring 1 m. Bottenbildningen inräknas i den underkambriska mickwitziasandstenen, som fortsättningsvis uppåt utgörs av lerbandad mosten och s. k. kråksten: klumpvis lerblandad mosten. Denna bergart är uppbyggd av några centimeter till några decimeter tjocka, omväxlande moiga och leriga skikt. Mickwitziasandstensens mäktighet är 9—10 m.

Över mickwitziasandstenen följer den ca 8 m mäktiga, likaledes till underkambrium räknade lingulidsandstenen. Denna bergart är en mycket ren och homogen mosten med ca 96 % SiO_2 . Den är delvis mycket tjockbankad med upp till 1 m mäktiga bankar. Mycket tunna, leriga skikt förekommer främst i den övre delen, och dessa når en maximal mäktighet av någon centimeter.

Lagerserien fortsätter med mellankambrisk, ca 1.5 m mäktig, glaukonit- och fosforithaltig sandsten. Den mellankambriska lagerserien fortsätter med skifferlera, som är omkring 6 m. Detta sediment, vars kornstorlek huvudsakligen motsvarar ler och mjåla (L. Karis och E. Magnusson 1973), har relativt låg konsolideringsgrad. Det är därför starkt plastiskt med svag benägenhet till sprickbildning. (Skifferlera är en i Närke lokalt använd term för en bergart, som betecknas lersten.)

Över skifferleran följer mellan- och överkambrisk alunskiffer med orsten i form av linser och i vissa fall bankar. Alunskiffersens mäktighet är i Kvarntorps-trakten 17—19 m.

Den sedimentära bergartsserien avslutas av ordovicisk kalksten, som i detta område har en maximal mäktighet av ca 20 m. Förlöftningen i kalkstenen är distinkt utbildad med kraftiga genomgående sprickor.

På den aktuella platsen är alunskiffern dock utbruten sånär som på det understa orstensrika, ca 2 m mäktiga partiet, den s. k. bottenorstenen. Kalkstenen har här varit borteroderad.

GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN

Grundvattnet i Kvarntorpsområdet uppträder huvudsakligen i två akviferer: dels en övre, obunden, med fri grundvattenyta, och dels en undre, bunden eller artesisisk, vars grundvattenyta inte är fri utan begränsas uppåt av ett tätande lager. Den övre akviferen är belägen i moränen och når vanligen ner genom kalkstenen och en bit ner i den relativt täta alunskiffern. Grundvattenytan i denna akvifer ligger i allmänhet någon eller några meter under markytan och följer således topografien. Den undre akviferen är belägen i sandstenen. I de områden där sandstenen täcks av yngre sedimentbergarter begränsas sandstensakviferens grundvattenyta uppåt av den för vatten svårgenomträngliga skifferleran. Grundvattnet står där under övertryck. Tryckytan, den piezometriska ytan, ligger således ovanför akviferens övre gräns, d. v. s. gränsen sandsten—skifferlera. (Se pl. 3, Bengtson 1971.)

Under pågående brytning av lingulidsandstenen påträffades våren 1973 en för flera årtionden sedan borrarad brunn. Brunnen har borrhålet vid Ulfstorps gamla skola. Uppgifter från brunnsborrningen har inte varit tillgängliga. Brunnen är emellertid nedförd någon eller några meter i urberget. Övre delen av brunnen var inklädd med foderrör, sannolikt ned till sandstenen. Vid utbrytningen av alunskiffer har foderröret kapats och pluggats i höjd med bottenorstenen. Den påträffade brunnen har således passerat tvärs igenom den på detta ställe nu utbrutna sandstenen och kan nu iakttas som ett borrhål med 90 mm diameter i gruvortens tak och sula (golv).

Från brunnsborrhålet i ortens tak droppade vatten i mycket begränsad omfattning. Från brunnshållet i sulan kom däremot ett betydande vattenflöde. En vecka efter det att brunnen påträffats uppmättes vattenflödet till ca 1 800 l/h.

Vid utsträngningen av sandstenen kring brunnshållet rasade en del sprängsten ner i hålet. Detta rensades därför med tryckluft. Vid tryckluftsblåsningen följde fragment av lingulidsandsten med upp men också fragment av mickwitziasandsten och gnejsgranit, de senare uppenbarligen rester från tiden för brunnsborrningen. Fragmenten av urberg visar att brunnen borrhålet genom hela den sedimentära lagerserien. Vid lodning av brunnshållet uppmättes också ett djup av 10 m. (Jfr fig. 1.)

Den eller de nivåer, från vilka vattnet i brunnen härrör, fastställdes genom nedsänkning av en s. k. manschett, en kraftig, 0.5 m lång gummiblåsa, som pumpades upp med tryckluft, varvid brunnshållet kunde avstängas på önskvärd nivå. Manschetten placerades först 1 m över brunns botten, d. v. s. ungefär vid bottenbildningens överkant och knappt 1 m över urbergsgränsen. Då manschetten pumpades upp avtog det artesiska vattenflödet så gott som helt. Det visade sig således, att huvuddelen av vattenflödet härrörde från mickwitziasandstenens bottenbildning vid gränsen mot urberget.

Sedan det konstaterats varifrån vattenflödet kom, göts ett 1 m långt galvaniserat tvåtumsrör fast i brunnshållet i ortens sula. Vid gjutningen användes ett snabbhärdande plastcement, som efter en dryg timme hårdnat så pass väl att inget vatten sipprade upp mellan rör och berg när rörets överända tillslöts. För att fastställa det piezometriska trycket i mickwitziasandstenens grundvatten monterades en manometer i det fastgjutna röret. Vattenflödet stängdes av och tryckökningen avlästes som funktion av tiden. Fig. 2 visar tryckstegringen, avläst på manometern och omräknad till meter vattenpelare, d. v. s. den nivå över gruvortens sula, som vattnet skulle stiga till i ett på samma sätt fastgjutet, tillräckligt långt rör. Fig. 2 visar att tryckstegringen kom mycket snabbt. Efter 1 min. motsvarade trycket en vattennivå av 6.5 m, efter 20 min. drygt 9 m (kurva A). Den infällda bilden (kurva B) visar att trycket efter 4 dygn stabiliserats på en nivå motsvarande 13.5 m över ortens sula, d. v. s. 32 m ö. h. Av fig. 1 framgår att denna nivå ligger i övre delen av den mellankambriska skifferleran. I den underliggande mickwitziasandstenen förekom således ett artesiskt grundvatten.

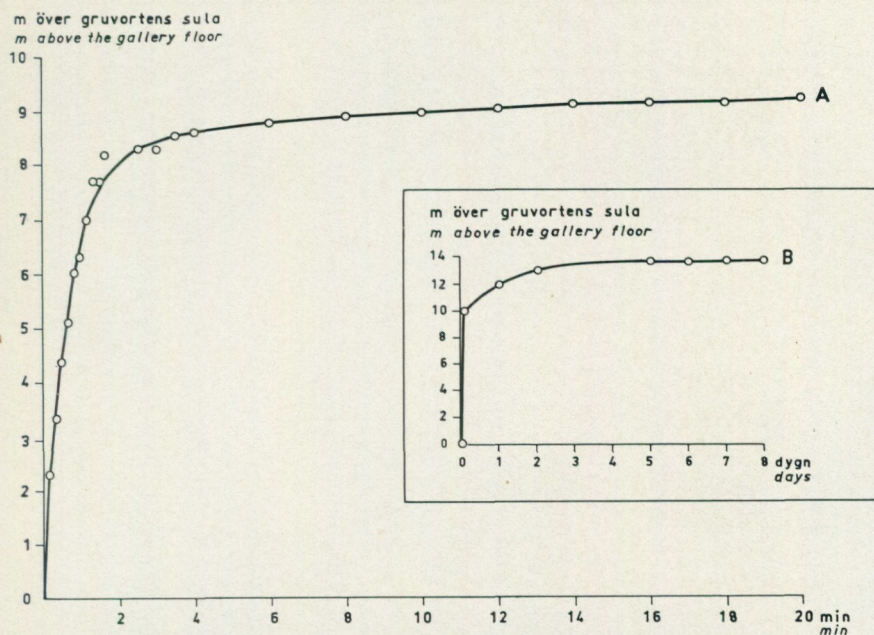


Fig. 2. Tryckstegringen uppmätt med manometer och omräknad till m vattenpelare som funktion av tiden vid avstängning av det artesiska vattenflödet.

Rise in pressure, measured with a manometer and recalculated as meters of water, as a function of time when cutting off the artesian groundwater flow.

Vid jämförelse mellan den grundvattennivå, som P. Bengtson uppmätt i de omkringliggande sandstensbrunnarna sommaren 1969, och den vid detta tillfälle uppmätta piezometriska trycknivå i mickwitziasandstenen under sandstensgruvan visar det sig att dessa nivåer mycket nära sammanfaller med varandra. (Se fig. 3 och fig. 1.) Detta pekar på att den dränering av lingulidsandstenen, som sker i samband med brytningen, inte märkbart har påverkat grundvattenförhållandena i mickwitziasandstenen. De i mickwitziasandstenen rikligt förekommande leriga skikten är följaktligen mycket täta och utgör ett effektivt hinder för vertikal grundvattentransport. (Förhållandet understryks av att ett antal pumpgropar nedsänkts ett par meter i mickwitziasandstenen utan att denna så att säga punkterats.)

De i mickwitziasandstenen rådande grundvattenförhållandena innebär att ett nedifrån riktat övertryck av ca 1.4 kp/cm² verkar på sandstensgruvans sula, vilket innebär en viss tendens till upptryckning av sulan. Denna tendens torde kunna göra sig gällande ned till någon eller några meter under sulan, där bergets hållfasthet inte överskrider av vattentrycket i kombination med de dragspänningar, som alltid verkar kring ett på detta sätt utformat berggrum. Då emellertid mickwitziasandstenen på grund av de leriga skikten kan anses bestå av ett flertal

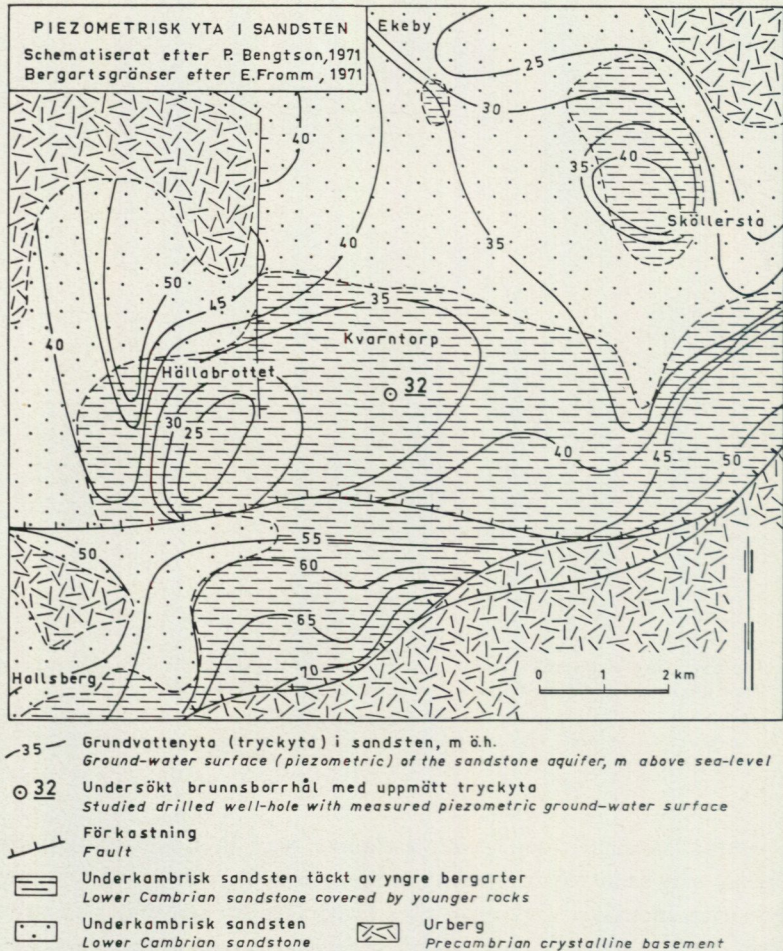


Fig. 3. Berggrundskarta över Kvarntorpsområdet med piezometrisk yta för grundvattnet i sandstenen uppmätt 1969.

Map of the bedrock in the Kvarntorps area, with piezometric ground-water surface of the sandstone aquifer surveyed 1969.

horisontella vattentäta skott och då grundvattnets huvudflöde uppträder vid gränsen till urberget 9 m längre ner, torde någon risk för enbart genom upptryckning plötsligt inträffade, kraftiga vattenflöden ej föreligga.

Som tidigare nämnts självrann brunnen efter en vecka med 1 800 l/h. Detta kan sägas motsvara en veckas propumpning med 13.5 m avsänkning. Brunnsens specifika kapacitet är således 130 l/h/m avsänkning, och den maximala kapaciteten vid ytterligare 9 m avsänkning skulle vara omkring 3 000 l/h. Beräkningen är delvis förenklad, och siffran får betraktas som ett ungefärligt riktvärde.

Prov på grundvattnet från brunnen analyserades. Resultatet framgår av nedanstående tabell I.

TABELL I.

Analys av vatten från mickwitziasandstenen, sandstensgruvan, Kvarntorp
Chemical analysis of ground-water from the Mickwitzia sandstone, Kvarntorp

Datum		73-05-09
Färg	Pt mg/l	7
Grumlighet	ZP-enheter	3 500
Specifik ledningsförmåga	μS	1 550
pH		7.8
Permanganatförbrukning	KMnO_4 mg/l	21
Kalcium	Ca „	115
Magnesium	Mg „	22
Totalhårdhet	Ca „	152
Järn	Fe „	3.3
Mangan	Mn „	0.43
Bikarbonat	HCO_3 „	133
Klorid	Cl „	59
Sulfat	SO_4 „	600
Nitrit	NO_2 „	0.03
Nitrat	NO_3 „	0.18
Ammonium	NH_4 „	1.52

Analysen visar att vattnet är av dålig kvalitet. Det kan knappast obehandlat användas som t. ex. dricksvatten. Det är mycket hårt och har allt för höga halter av sulfat, järn och mangan, där rekommenderade maximihalter ligger på respektive 200, 0.4 och 0.1 mg/l.

FÖREKOMST AV GAS

Samtidigt med grundvattenflödet ur brunnshålet i gruvortens golv bubblade genom vattnet en relativt svag gasström. Denna kunde uppskattas till storleksordningen mindre än 1 l/min. Vid ovan nämnda arbeten med manschett förändrades gasströmmen väsentligt. Då manschetten placerades 1 m ovanför urbergsgränsen avstannade som nämnts vattenflödet men gasflödet tilltog. Detta ökade till en kraftig och jämn ström under de ca 5 min. som manschettförsöket varade. Vid försöket stod vattennivån kvar i höjd med gruvortens sula. Dessa förhållanden pekar på att åtminstone en del av gasförekomsten är belägen ovanför bottenbildningen.

Gasen provtogs och transporterades i ett slutet kärl, hela tiden i jämvikt med det grundvatten, som den *in situ* varit i jämvikt med. Den analyserades vid AGA på Lidingö, varvid följande resultat erhöles. Analysvärdet är korrigerat med hänsyn till vattenångans partialtryck.

N ₂	96.7	vol.-%
Ar	2.1	„
CH ₄	0.97	„
He	0.27	„
O ₂	0.02	„
H ₂	<0.0005	„
Summa	100.06	vol.-%

Vad som är mest påfallande i analysen är de höga halterna av kvävgas, helium och argon. I tabell II kan denna analys jämföras med tidigare utförda analyser på naturgas från kambrosilurisk berggrund i Sverige.

TABELL II.

Analys av naturgas från svenska kambrosilurumråden
Analyses of natural gas from Cambro-Silurian areas in Sweden

	N ₂	CO ₂	CO	O ₂	CH ₄	Övriga H ₂ kol- väten	Ar	He
Öland								
1 Bläsinge	29.8	0.0	0.0	—	69.0	0.7	0.5	—
2 Sandvik	23.4	0.2	1.1	—	74.3	0.5	0.0	0.39
3 Lundegård	—	—	—	—	—	—	—	0.4
4 Solliden 1	11.8	0.0	0.0	—	82.4	0.0	4.9	0.0
5 Borgehage 1	—	—	—	—	—	—	—	1.37
6 Getstaåsen 2	47.7	2.5	0.0	—	46.3	0.0	1.8	0.52
7 „ 8	—	—	—	—	—	—	—	0.27
8 Mossberga	—	—	—	—	—	—	—	0.037
9 Byxelkrok	22.5	—	—	5.5	70.4	1.6	—	—
Östergötland								
10 Vadstena	5.6	0.1	0.2	—	93.0	0.2	—	0.00047
11 Bonderlunda	10.4	0.6	0.4	—	87.2	0.5	—	0.0078
12 Broby	14.5	0.0	0.0	—	78.6	6.9	—	—
13 „	19.1	0.0	0.0	—	69.6	11.3	—	—
14 Bårstad	23.1	0.0	0.0	0.8	76.1	0.0	0.0	0*)
15 Granlund	40.5	0.1	0.0	0.7	58.4	0.0	0.0	0*)
16 Tornby	28.8	0.1	0.0	0.4	70.7	0.0	0.0	0*)
Närke								
17 Kvarntorp	96.7	0	—	0.02	0.97	—	<0.0005	2.1

*) Enligt analyserna är dessa ”i det närmaste fria från He”

Analyserna 1—8 och 10—13 har hämtats från O. Meier (föredrag i Geologiska Föreningen i Stockholm 7 mars 1935), analyserna 14—16 från A. H. Westergård (1940) och analys 9 från J. Pousette (muntligt meddelande).

KVÄVGASENS URSPRUNG

Kvävgasen kan tänkas utgöra en rest av luft instängd i anslutning till sedimentationen. Om syret förbrukades till oxidation av i första hand oorganiska beståndsdelar, skulle luftens sammansättning förändras på följande sätt, under förutsättning att den dåtida atmosfären hade liknande sammansättning som i våra dagar, vilket är osäkert (R. W. Fairbridge 1967).

Vanlig luft		Luft om syret borttas	
N ₂	78 %	98.8	%
O ₂	21		„
Ar	0.93	1.18	„
He	0.0005	0.0006	„

På så sätt skulle kvävgashalten komma i nivå med den i gasen från Kvarntorp. I denna uppträder sedan ett tillskott av ca 1 % metan, en fördubbling av argonhalten och en mycket kraftig förhöjning av heliumhalten, 450 gånger.

Det är emellertid inte troligt att några större mängder luft kunnat instängas vid sedimentationen. Det förefaller också osannolikt att luft fått tillträde till dessa sedimen efter sedimentationen, eftersom de på flera håll i Närke fortfarande innehåller metangas. Grundvattennivån har därför sannolikt aldrig sänkts under sedimentens nivå, enär dessa i så fall skulle ha utluftats i viss utsträckning. Några fullständiga analyser från de nu nämnda gasförekomsterna har tyvärr ej kunnat uppbibras.

Mer troligt är kanske att kvävgasen har organiskt ursprung. Den kan vara en nedbrytningsprodukt av aminoföreningarna i det organiska material av kambrisk ålder, som inneslöts i sedimenten. Om detta är fallet, frågar man sig vart kolet i det organiska materialet tagit vägen. De underkambriska sandstenarna i Närke visar inga spår av olja, och den analyserade gasen innehåller knappt 1 % kolväte, metan. En möjlighet är att den nuvarande sammansättningen av gasblandningen inte är den ursprungliga. Genom att metan löser sig dubbelt så mycket i vatten som kvävgas, kan blandningen ha utarmats respektive anrikats på dessa gaser. De högre kolväteföreningarna etan, propan o. s. v. löser sig ännu lättare. (Se tabell III.)

TABELL III.

Löslighet av vissa gaser i vatten (20°C, 1 bar)
Solubility of certain gases in water (20°C, 1 bar)

C ₂ H ₆	4.72 %
Ar	3.36 „
CH ₄	3.31 „
N ₂	1.57 „
He	0.88 „

En förutsättning för en lösningsprocess är att det vatten, med vilket gasen står i jämvikt — porvattnet i sedimentet, grundvattnet — successivt har bytts ut så att gasmättat vatten förts bort och omättat vatten tillförts. På så sätt skulle gas-

blandningens proportioner gradvis ha förskjutits mot en allt kvävgasrikare blandning samtidigt som gasmängden totalt minskat. Den höga argonhalten tyder på att denna kvävgasanrikning skett på ett tidigt stadium, eftersom argon löser sig t. o. m. något mer i vatten än vad metan gör. Efter ett inledande skede närmast efter sedimentationen, med omsättning av grundvattnet och nedbrytning av det organiska materialet, har omsättningen upphört. Sedan grundvattnet stagnerat har argon successivt anrikats.

I lingulidsandstenen uppträder ett flertal brecciastrukturer, vilka kan tolkas som belägg för grundvattenströmningar, sannolikt i mellankambrisk tid. Fig. 4, 5 och 6 visar utseendet av sådana strukturer. De är ofta cirkulärt eller elliptiskt trattformade, bredare upptill, några få till ett tiotal meter, brant stående och



Fig. 4. Trattformad breccia i sandstensgruvan i Kvarntorp.
Funnel-shaped breccia in the sandstone mine at Kvarntorp.

vanligen hastigt avsmalnande nedåt. Där övergår de i många fall till långa, vindlande, flackt liggande, några decimeter breda kanaler (fig. 7). I breccian har brottstycken av lingulidsandsten, glaukonit-fosforitsandsten och skifferlera påträffats. Till skillnad från sidoberget utgörs breccians matrix av ej horisontal-skiktad sandsten. Denna är i stället tydligt strömskiktad, företrädesvis i kanalerna, där brottstyckena är betydligt färre och mindre än i den egentliga breccian och dessutom i flera fall rundade. Konsolideringsgraden är densamma som i sidoberget. Förkastningar, sprickor eller annan tektonik förekommer inte i anslutning till strukturerna. Beträffande strukturen på fig. 6 har det medelst borrning uppåt (fig. 8) och användning av borrhålskikare kunnat konstateras, att



Fig. 5. Detalj av fig. 4. Breccian består av nedrasade brottstycken av lingulidsandsten, glaukonitfosforitsandsten och skifferlera i en helt konsoliderad, sandig mellanmassa.

Detail of Fig. 4. The breccia is composed of fragments of Lingulid sandstone, glauconitephosphorite sandstone and clayey shale in a consolidated, sandy matrix.

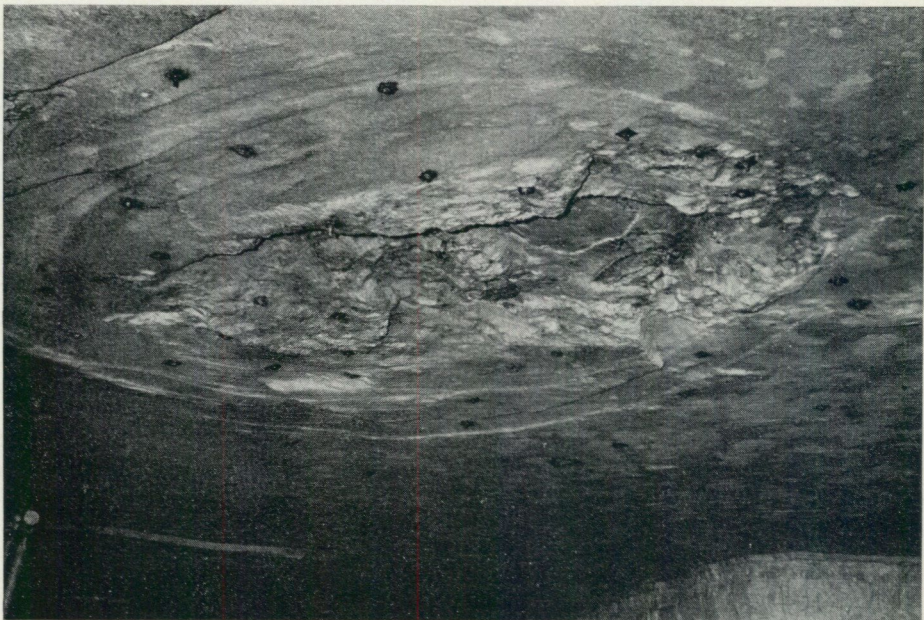


Fig. 6. Det ovala utgåendet i gruvans tak av en bortbruten trattformig breccia. Diameter ca 5 m.

The oval upward extension in the roof of the mine of an excavated funnel-shaped breccia. Diameter about 5 m.

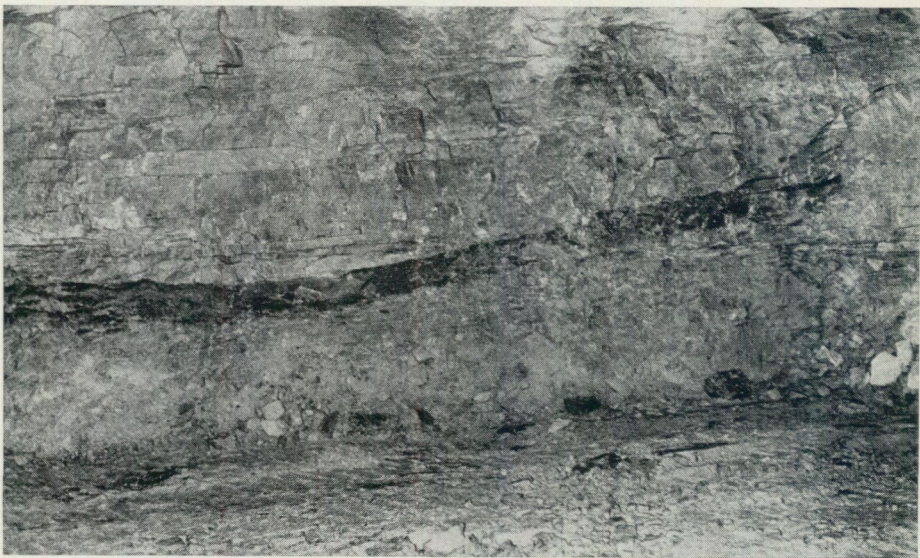


Fig. 7. En i detta snitt ca 10 m lång och 3 dm grov tillförselkanal till en breccia. De skär över de horisontella bankarna i sandstenen och består av helt konsoliderad, strömskiktad, något oren sand.

A feeding-channel, in this cross section about 10 m long and 3 dm thick. It cuts across the horizontal sandstone layers and consists of quite consolidated, current-bedded, somewhat impure sand.



Fig. 8. Undersökningsborrning i strukturen på fig. 6.
Exploratory boring in the structure of Fig. 6.

breccian fortsätter ytterligare minst 3.5 m, d. v. s. åtminstone till 0.5 m under skifferleran.

Den tolkning som, med nuvarande kännedom om de beskrivna strukturerna, tycks vara mest sannolik, ligger i linje med L. Karis och E. Magnussons (1972) framställning i beskrivningen till berggrundskartan Örebro NV, SGU Af 102. (Jfr även L. Karis och E. Magnusson 1973.) Strukturerna har bildats av artesiskt grundvattenflöde i sandstenen. Detta har skett vid en tidpunkt då sandstenen var täckt av ett tätande lager, skifferlera, samtidigt som den var i det närmaste, men i vissa delar inte fullständigt konsoliderad. Denna tidpunkt ligger sannolikt i mellankambrium eller något senare. De brantstående, trattformade brecciorna är genombrottsställen, och de mot brecciorna gradvis tilltagande kanalerna är tillförelsgångar för grundvattnet, som synes ha kommit stötvis under en relativt lång tidsperiod. Brottstyckena har sjunkit ner mot strömmen eller när denna avstannat. Själva strömmen i kanaler och breccior har utgjort en blandning av lös sand och vatten, där sanden sannolikt endast i ringa omfattning förts bort av strömmen.

Det finns således starka belägg för vattentransport, vilket innebär vattenutbyte i sedimentet vid en tidpunkt, som kan förklara både hög kvävgashalt, låg metanhalt och hög argonhalt.

ADELGASERNAS URSPRUNG

Förekomsten av helium i naturgas är betingad av den radioaktiva sönderdelningen av uran och torium. Vid denna sönderdelning uppstår alfastrålning, vilken utgörs av heliumatomkärnor, He^{2+} . Då dessa förlorar sin laddning övergår de till neutrala heliumatomer, He, vilka på lämpliga ställen i naturen successivt kan anrikas till förekomster av heliumgas. Ett sådant lämpligt ställe är den underkambriska sandstenen.

I en intern rapport för SGU har G. Åkerblom (1973) redogjort för bl. a. uran- och toriumhalterna i graniter och pegmatiter med onormalt hög radioaktivitet inom kartbladet 11 F Lindesberg. De graniter, som undersökts, är två typer av yngre, eller serorogen, granit, dels jämnkornig Malingsbogranit, dels ojämnkornig Fellingsbrogranit med stora kalifältspatögon. Dessa bergarter har lokalt visat sig innehålla ca 400 ppm U och 300 ppm Th. De typer av yngre granit, som förekommer i Kvarntorpstrakten, är åldersmässigt och genetiskt mycket närstående (P. H. Lundegårdh, 1971). De kan därför också tänkas ha lokalt höga uran- och toriumhalter.

Det kan kanske inte helt uteslutas att helium härrör från den uranförande alunskiffern. I denna är uranhalten i de uranrikaste lagren genomsnittligt ca 300 ppm (J. Eklund, 1961). Toriumhalten är däremot betydligt lägre och torde vara av storleksordningen <10 ppm. Med hänsyn till att den samlade massan av yngre granit under den kambriska sandstenen har förutsättning att vara vida större än massan av den uranförande alunskiffern ett stycke ovanför sandstenen,

är det emellertid troligare, att helium ursprungligen kommer från det underliggande urberget. Det förefaller också mer sannolikt, att heliumgas från det radioaktiva sönderfallet av uran i alunskiffern snarare skulle passera uppåt genom sprickor i den överliggande kalkstenen än nedåt genom den mycket täta skifferleran.

Den relativt höga argonhalten i gasblandningen är sannolikt på liknande sätt betingad av det radioaktiva sönderfallet av kaliumisotopen ^{40}K under bildning av ^{40}Ar och gammastrålning.

Båda dessa radioaktiva sönderfallsprocesser försiggår i urberget under de kambro-ordoviciska sedimenten. Under den långa tid, som förflutit sedan sedimenten bildades, har helium och argon successivt och mycket sakta vandrat uppåt och infångats av sedimentbergarternas leriga skikt, vilka bildat en skärm. De under lerskikten belägna, porösa sandstenspartierna har utgjort reservoarer för gaserna.

Vid bestämningar i laboratorium av två sandstensprover av borrhärlor erhölls följande värden på effektiv porositet och permeabilitet.

	Effektiv porositet	Permeabilitet
Sandsten (kornstorlek mo)	8.95 vol.-%	0.08 cm/h (23 md)
Sandsten (kornstorlek sand)	11.95 vol.-%	1.04 cm/h (300 md)

Med hänsyn dels till sandstens relativt låga porositet och dels det förhållandet att sandstenen långt ifrån är fylld med gas (huvuddelen av porvolymen är med största sannolikhet fylld med vatten), kan den totala gasvolymen dock ej vara särskilt stor.

SAMMANFATTNING

I Kvarntorpsområdet berggrund är urberget äldst. Det består väsentligen av sedimentgnejs och gnejsgranit genomskurna av pegmatit och granit, den förra endast i form av gångar, den senare även som större, massivbildande intrusioner. Urbergsytan ingår i det subkambriska peneplanet och är kaolinvittradt till några meters djup. På urbergsytan har de kambriska och ordoviciska sedimentbergarterna lagrats i det närmaste planparallellt. Den sedimentära bergartsserien inleds med en ställvis konglomeratisk, sandig till grusig bottenbildning tillhörande den underkambriska sandstenen, vilken indelas i en undre, lerskiktad, 9—10 m mäktig mickwitziasandsten, och en övre, renare, 8 m mäktig lingulidsandsten. Lagerserien fortsätter uppåt med 1.5 m mellankambrisk glaukonit-fosforitsandsten och 6 m skifferlera. Därefter följer 17—19 m överkambrisk alunskiffer med orsten. Yngsta bevarade sedimentbergart är underordovicisk kalksten, som i området är maximalt 20 m mäktig.

I samband med fältarbetena för det hydrogeologiska kartbladet Örebro SV

(SGU Ag 1) påträffades några brecciastrukturer i lingulidsandstenen i Ytongbolagens underjordiska sandstensgruva i Kvarntorp. Strukturerna karakteriseras av att de ofta är cirkulärt eller elliptiskt trattformade, bredare upptill, några få till ett tiotal meter, brant stående och vanligen hastigt avsmalnande nedåt. Där övergår de i många fall till långa, vindlande, flackt liggande, några decimeter breda kanaler. I breccian har brottstycken av lingulidsandsten, glaukonit-fosforit-sandsten och skifferlera påträffats. Till skillnad från sidoberget utgörs matrix av ej horisontalskiktad sandsten. Sandmatrix är tydligt strömskiktad, företrädesvis i kanalerna, där brottstyckena i jämförelse med den egentliga breccian är betydligt färre och mindre, samt i flera fall rundade. 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.

I sydöstra Skåne förekommer liknande strukturer, vilka beskrivits av M. Lindström (1967). Dessa och/eller tolkningen av dem skiljer sig emellertid på flera punkter från strukturerna i Kvarntorp.

Under pågående brytning av lingulidsandsten i sandstensgruvan påträffades våren 1973 en för flera årtionden sedan borrarad brunn. Brunnen, som borrarats genom hela lagerserien ner till urberget, självrann av artesiskt grundvatten ur brunnsborrhålet i gruvortens sula (golv) med ca 1 800 l/h i ungefär en veckas tid. Därefter tillslöts borrhålet i sulan och med en inmonterad manometer avlästes tryckstegringen omedelbart efter tillslutningen och 8 dygn framåt. Tryckstegringen kom snabbt, och efter 4 min. motsvarade den 8.5 m vattenpelare över gruvortens sula. Efter ca 4 dygn hade trycknivån stabiliserats vid 13.5 m över sulans nivå, vilket motsvarar en nivå belägen i övre delen av skifferleran. Denna nivå sammanfaller väl med de grundvattennivåmätningar, som utfördes av P. Bengtson sommaren 1969 i Kvarntorpsområdet. Detta betyder att den dränering av lingulidsandstenen, som förorsakas av sandstensbrytningen, inte påverkar grundvattnet i den underliggande mickwitziasandstenen.

Grundvattnet i den påträffade brunnen visade sig komma nästan uteslutande från bottenbildningen och kontaktzonen mot urberget. Brunnen maximala kapacitet beräknas vara omkring 3 000 l/h. Vattnet är av relativt dålig kvalitet med höga sulfat-, järn- och manganhalter.

Samtidigt med grundvattnet kom en relativt svag gasström, vilken uppskattades till mindre än 1 l/min. Gasens sammansättning var 96.7 % N₂, 2.1 % Ar, 0.97 % CH₄, 0.27 % He, 0.02 % O₂ och <0.0005 % H₂. Flera förklaringar till gasens bildning är tänkbara. Mest troligt är dock, att kvävgasen utgör en nedbrytningsprodukt av aminoföreningar i det organiska material, som inbäddades vid sandstenens sedimentation. Gasen var ursprungligen rik även på kolväteföreningar, i första hand metan, men har på grund av dessa föreningars olika löslighet i vatten så småningom utarmats på metan. Processen förutsätter att gasmättat grundvatten förs bort och nytt vatten tillförs i flera repriser. Ett

indicium på att så varit fallet utgör de påträffade brecciastrukturerna, vilka orsakats av strömmande grundvatten under huvudsakligen mellankambrisk tid.

Helium har bildats genom radioaktivt sönderfall av uran och torium, argon av kalium, i de genombrytande graniterna under sedimenten. Sedan den mellankambriska grundvattenströmmen upphört, har dessa gaser successivt anrikats genom vandring uppåt under efterföljande tidsrymder. Därvid har de uppfångats av sedimentbergarternas leriga skikt liksom av en skärm, en s. k. stratigrafisk fälla.

Sandstenens porositet har i två borrhänsprover bestämts till ca 10 %. Då porerna sannolikt till större delen är fyllda med vatten, kan den totala gasvolymen inte vara särskilt stor.

SUMMARY: ARTESIAN GROUND-WATER AND NATURAL GAS AT KVARNTORP, NÄRKE

At Kvarntorp, central southern Sweden, Lower Cambrian Lingulid sandstone is mined. The sandstone is used for the production of aerated concrete and sand-lime brick. The stratigraphy is shown in Fig. 1, and the bedrock map of the area in Fig. 3. The Precambrian crystalline basement is overlain by almost horizontal strata of Lower Cambrian Mickwitzia and Lingulid sandstone; Middle Cambrian clayey shale, and mainly Upper Cambrian alum shales with stinkstone. In the Kvarntorp area the Cambrian rocks are overlain by Ordovician limestone with a maximum thickness of about 20 m. At the place of the profile Fig. 1, however, the limestone has been removed by erosion. Several funnel shaped breccia structures have been observed during the mining. Some of these are shown in Figs. 4—8. The structures are interpreted to have been developed by artesian ground-water in Middle Cambrian time, when the sandstone was covered by confining, more or less unconsolidated clay, which is part of what has nowadays been called clayey shale. Channels of the type shown in Fig. 7 have transmitted the groundwater to the breccias (Figs. 4—6), which are the places of outbursts of the artesian ground-water. These outbursts have probably been going on in a pulsating way for a rather long time.

In the spring of 1973 one of the galleries came into contact with an abandoned drilled well. The well was seen as a drill hole in the floor and in the roof of the gallery (Fig. 1). From the well hole in the floor came a steady flow of ground-water, which after one week was about 1 800 l/h. The analysis of the water is shown in Table I, p. 9. The water has notably high contents of sulphate, iron and manganese. The water flow was cut off, and the rise in pressure was measured with a manometer (Fig. 2). The piezometric level of the ground-water in the Mickwitzia sandstone was found to be 13.5 m above the floor of the gallery, which corresponds to 32 m above sea level, i.e. in the upper half of the clayey shale (Fig. 1). This level is in close agreement with the piezometric levels of the sandstone aquifer in this area, which was surveyed in 1969 by P. Bengtson (1971), (Fig. 3). This shows that four years of sandstone mining has not notably affected the ground-water level thus established.

Together with the ground-water flow a rather weak flow of gas came out of the well. The gas was analysed, and its composition was 96.7 % N_2 , 2.1 % Ar, 0.97 % CH_4 , 0.27 % He, 0.02 % O_2 and <0.0005 % H_2 . In Table II, p. 10, this analysis is compared with analyses of gas from other Palaeozoic areas in Sweden. The most striking features are the exceptionally high nitrogen content, and the relatively high contents of argon and helium. The nitrogen gas is regarded as a product of de-

composed aminocompounds of the organic material which was embedded in the sandstone at the time of sedimentation. Initially the gas was rich also in hydrocarbons, mainly methane. Because the hydrocarbons are more soluble than nitrogen in water (Table III, p. 11), the former have been extracted and the latter has been enriched. This process requires that gas saturated ground-water is withdrawn, and unsaturated water is supplied in repeated sequences. The funnel shaped breccias indicate that this has been the case in Middle Cambrian time.

Helium has been formed by radioactive decay of uranium and thorium, argon by the decay of potassium in Precambrian paligenic granites under the Palaeozoic sediments. After the Middle Cambrian artesian ground-water flow had ceased, these gases have been enriched by migration upwards. They have been trapped by the clayey layers in the sandstone. The effective porosity of the sandstone is about 10 %. The total gas volume is probably quite small.

LITTERATUR

SGU = Sveriges geologiska undersökning

- BENGTSON, P., 1971: Kvarntorpsområdets hydrogeologi, en översikt. — SGU C 667.
- EKLUND, J., 1961: Kumlabygden Del I. — Kumla.
- FAIRBRIDGE, R. W., 1967: Carbonate rocks and paleoclimatology in G. V. Chillinger, H. J. Bissell and R. W. Fairbridge (Editors). Carbonate Rocks, Origin, Occurrence and Classification. — Elsevier, Amsterdam.
- KARIS, L., och MAGNUSSON, E., 1972: Paleozoisk berggrund i Beskrivning till berggrundsgelogiska kartbladet Örebro NV. — SGU Af 102.
- 1973: Paleozoisk berggrund i Beskrivning till berggrundskartan Örebro SO. — SGU Af 104.
- LEVORSEN, A. I., 1954: Geology of Petroleum. W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- LINDSTRÖM, M., 1967: "Funnel grabens" and Early Paleozoic tectonism in south Sweden. — Geol. Soc. America Bull., v. 78.
- LUNDEGÅRDH, P. H., och FROMM, E., 1971: Beskrivning till berggrundskartbladet Örebro SV. — SGU Af 101.
- MEIER, O., 1935: Förekomsten av jordgas i Ölands och Östergötlands kambrosilur och några geologiska rön därstädes. — Föredrag i Geologiska föreningen.
- MÖLLER, Å., ENGVIST, P., MÜLLERN, C. F., och BENGTSON, P., 1971: Beskrivning till hydrogeologiska kartbladet Örebro SV. — SGU Ag 1.
- WESTERGÅRD, A. H., 1940: Nya djupborrningar genom äldsta ordovicium och kambrium i Östergötland och Närke. Med kemiska analyser av G. Assarsson. — SGU C 437.
- ÅKERBLUM, G., 1973: Några graniter och pegmatiter med anomalt hög radioaktivitet, en sammanställning av analysresultat. — Intern rapport SGU, malmbyrån.

PRISKLASS C

Distribution

SVENSKA REPRODUKTIONS AB

FAK, 162 10 VÄLLINGBY 1

Växjö 1974 C Davidsons Boktryckeri AB

Printed in Sweden

ISBN 91-7158-065-4