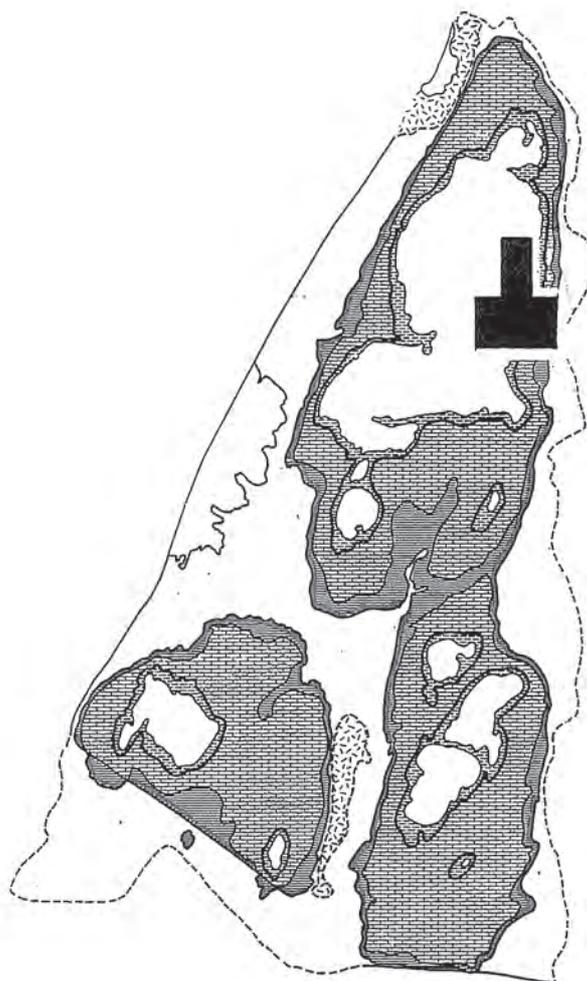




SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING



CEMENTA AB

Hydrogeologiska synpunkter
på planerad kalkstensbrytning
i Billingen vid Våmb, Skara-
borgs län.

sept 1977

HYDROGEOLOGISKA SYNPUNKTER PÅ PLANERAD KALKSTENSBRITNING
I BILLINGEN VID VÄMB, SKARABORGS LÄN

Rapport utarbetad på uppdrag av Cements AB

Rapporten har sammanställts vid kvartär- och hydro-
geologiska byrån av Leif Carlsson och Anders Carlstedt
under ledning av avd dir Åke Hörnsten.

September 1977

INNEHALLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	I
1 Inledning	1
2 Undersökningsområde	2
3 Utförda undersökningar	3
4 Geologiska förhållanden	6
4.1 Berggrunden	6
4.2 Tektonik	6
4.3 Jordlagren	7
4.3.1 Jordarter	7
4.3.2 Jorddjup	8
5 Hydrometeorologi och hydrologi	9
5.1 Hydrometeorologi	9
5.1.1 Nederbörd	9
5.1.2 Temperatur	10
5.1.3 Snötäckets varaktighet och tjocklek	10
5.1.4 Avdunstning	10
5.2 Hydrologiska förhållanden	10
5.2.1 Våmsbäckens avrinningsområde	10
5.2.2 Kalkbrotten	11
5.2.3 Vattenföringsmätningar i Våmsbäcken	11
6 Hydrogeologi	14
6.1 Allmänt	14
6.2 Jordlagren	14
6.3 Berggrunden	15
6.3.1 Grundvattennivåer	18
6.3.2 Grundvattenströmning	19
6.4 Hydrauliska förhållanden	19
6.4.1 Provpumpningar	19
6.4.2 Andra beräkningar	25
6.4.3 Modellstudier	26
7 Översiktlig grundvattenbalans	29
8 Kalkstensbrytningens inverkan på grundvattenförhållandena	30
8.1 Nuvarande kalkbrottets inverkan på grundvattenförhållandena	31

8.1.1	Grundvattensänkning	31
8.1.2	Inläckande vattenmängder	33
8.2	Den planerade kalkstensbrytningens inverkan på grundvattenförhållandena	33
8.2.1	Grundvattensänkning	33
8.2.2	Inläckande vattenmängder	35
8.2.3	Kvalitativ påverkan	35
8.3	Inverkan på grundvattenförhållandena i sandstensakviferen av vattentäkter i denna	35
9	Återställningsarbetenas inverkan på de hydrogeologiska förhållandena	37
9.1	Fyllnadsmassor	37
9.2	Täktsjö	37
9.2.1	Vattenbalans	37
9.2.2	Kalkstensakviferen	38
9.2.3	Sandstensakviferen	39
9.3	Kvalitativ påverkan	39
	Referenser	40

Figurer

Fig 2	Undersökningsområdets läge	2
Fig 4.1 a	Geologisk karta över Billingen - Falbygden	4
Fig 4.1 b	Stratigrafisk och geologisk indelning av den sedimentära lagerföljden	5
Fig 4.3.1	Kornstorleksfördelning i 5 st jordprov från Våmb	8
Fig 5.2.3 a	Månadsmedelvattenföringen i Våmbsbäcken 1975-07-01--1977-07-31	12
Fig 5.2.3 b	Vattenföringens varaktighet i Våmbsbäcken 1975-07-01--1977-07-31	13
Fig 6.2	Sambandet mellan marknivå och grundvattennivå i grävda brunnar	15
Fig 6.3	Geologisk och hydrogeologisk indelning av den sedimentära lagerföljden	16
Fig 6.4.1 a	Stegprov-pumpning av borrhål 2	21
Fig 6.4.1 b	Utvärdering av faktorn C för inströmningsförlusten till borrhål 2	21
Fig 6.4.1 c	Registrerade grundvattenståndsfluktuationer i brunn T4 under korttidsprov-pumpning 2 och med störningar orsakade av intermittenta vattenuttag ur brunn T2, Port Arthur ..	23
Fig 6.4.1 d	Sambanden mellan avsänkning och tid registrerade i brunn T4, T5 och T6 samt borrhål 2 vid korttidsprov-pumpning av brunn T3	24
Fig 6.4.3	Inläckande vattenmängder från kalkstenen till norra delen av kalkstensbrottet vid olika värden på grundvattenbildning och transmissivitet	28
Fig 8	Sambandet mellan storleken av den strukturella inhomogeniteten och storleken av ett ingrepp i ett bergmassiv vid antagande av inhomogent respektive kvasihomogent medium (efter Rats och Chernyashov 1968). N = log-normalfördelning, M = maxwellfördelning, A=normalfördelning	30
Fig 8.1.1 a	Sambandet mellan kalkstens transmissivitet och av kalkstensbrottet påverkat område för olika värden på grundvattenbildning, kalkstensbrottets höjd och lutning hos den naturliga grundvattenytan i kalkstenen	31

Fig 8.1.1 b Sambandet mellan kalkstenens transmissivitet och av kalkbrottet påverkat område för olika värden på lutningen hos den naturliga grundvattenytan i kalkstenen. Grundvattenbildningen antas vara 60 mm/år och kalkstensbrottets höjd 45 m 32

Bilagor

- Bil 1 Jordarts- och jorrdjupskarta över Våmb
- Bil 2 Våmbsbäckens avrinningsområde
- Bil 3 Vattenföringen i Våmbsbäcken
- Bil 4 Registerkarta över borrade brunnar
- Bil 5 Grundvattenavsänkning i kalkstensakviferen
- Bil 6 Grundvattennivå i kalkstensakviferen före och efter tåktsjöns tillkomst

SAMMANFATTNING

Sedan 1920-talet har kalksten brutits i Våmb för bl a cementtillverkning. Den för brytning aktuella kalkstenen, ca 50 m mäktig, är av ordovicisk ålder och ligger ungefär mitt i Billingen - Falbygdens sedimentära lagerföljd, totalt ca 150 m tjock.

Den sedimentära lagerföljden kan ur hydrogeologisk synpunkt indelas i ett antal akviferer och akvikluder.

Akviferer med relativt god permeabilitet, 10^{-7} - $5 \cdot 10^{-5}$ m/s, är sandstenen, kalkstenen och lerskiffern medan alunskiffern och bentoniten är akvikluder med mycket låg permeabilitet, 10^{-10} - $5 \cdot 10^{-11}$ m/s.

Mellan dessa hydrogeologiska enheter råder en naturlig balans i vattenomsättningen. Denna balans har påverkats av den pågående brytningen och en utvidgad kalkstensbrytning innebär en ytterligare störning på grundvattensystemet.

Den hittillsvarande kalkstensbrytningen har medfört att grundvattennivån i kalkstensakviferen sänkts på ett avstånd av 200 - 500 m från brottet. Grundvattennivån i den underliggande sandstensakviferen bedöms inte ha blivit påverkad av kalkstensbrytningen. Till kalkbrottet läcker f n in ca $7 \cdot 10^{-6}$ m³/s och meter brottvägg.

Det fram till år 2000 planerade uttaget av kalksten beräknas få direkt analoga följder som det hittillsvarande. För kalkstensakviferen betyder detta att grundvattennivån avsänks 200 - 500 m från brottet. Grundvattennivån i sandstensakviferen påverkas inte heller i detta fall, trots att ytterligare 1.5 km² kalkstensakvifer borttagits, varigenom grundvattenbildningen till sandstensakviferen minskat med ytterligare 0.1 - 0.2 l/s. I lerskifferakviferen kan en ytterst begränsad avsänkning påräknas. Denna sträcker sig några 10-tal meter ut från kalkbrottet. Någon på-

verkan på vattenförhållandena i och ovanpå diabasen kan inte förutses. Till kalkbrottet inläckande vattenmängder vid olika tidpunkter har beräknats med utgångspunkt från den nuvarande, uppmätta. Därvid erhålls:

Alt 1: I, II och III	12 - 16 l/s
Alt 2: III	13 - 18 l/s

De inom kalkbrottsområdet rådande geologiska och hydrogeologiska förhållandena innebär, att risken för förorenning av sandstensakviferens grundvatten p g a kalkstensbrytningen måste bedömas som mycket liten.

Någon påverkan av vattenkvaliteten i kalkstens- eller lerskifferakviferen p g a kalkstensbrytning kan inte förutses.

Genom tillkomsten av en ca 0.2 km² stor täktsjö i delar av det utbrutna kalkbrottet, kommer grundvattennivån att höjas ca 10 m i kalkstensakviferen. Täcktsjöns yta avses bli belägen på +170 m ö h. Beräknad vattenbalans visar att det är möjligt att hålla en täktsjö av den angivna storleksordningen.

1 INLEDNING

Inför den ansökan om fortsatt koncession till kalkstensbrytning i Våmb som skall inlämnas till koncessionsnämnden för miljöskydd ålades AB Gullhögens Bruk, numera Cementa AB, att låta genomföra bl a en utredning över kalkstensbrytningens inverkan på de hydrogeologiska förhållandena.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) erhöi därvid uppdraget att utarbeta ett program, beställninsskrivelse daterad 1974-09-19, för en sådan undersökning. SGU överlämnade 1974-12-16 "Program för hydrogeologisk undersökning med kostnadskalkyl för kartläggning av grundvattenförhållandena i Våmbtrakten samt för bedömning av hur planerad täktverksamhet inverkar på dessa". De i programmet upptagna undersökningsmomenten syftar till att dokumentera och analysera de hydrogeologiska förhållandena. Med detta som utgångspunkt görs en prognos över dels hur en utvidgad kalkstensbrytning dels hur en återställning enligt givna brytnings- och återställningsplaner inverkar på de hydrogeologiska förhållandena. Brytnings- och återställningsplaner har utarbetats vid landskapsarkitektfirman Söderblom & Palm AB, Spånga.

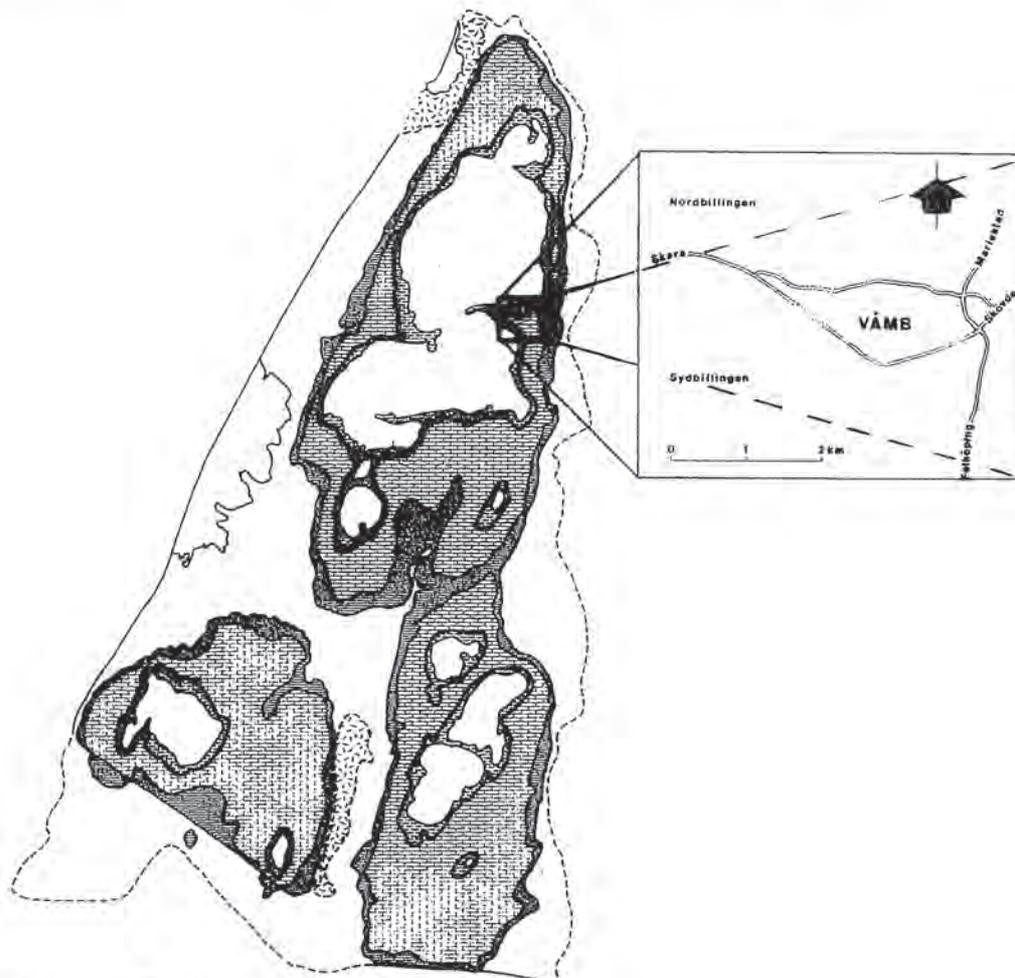
För närvarande bryts kalksten i två stycken dagbrott. Det södra brottet är beläget söder om landsvägen mellan Skövde och Skara och det norra norr om samma väg, se bil 1.

Fram till år 1984 avses brytning ske i båda dessa brott. Efter 1984 flyttas hela produktionen till norra brottet. För brytningen i norra brottet föreligger två alternativa brytningsplaner. Yttergränserna för de olika etapperna enligt alternativ 1 och för alternativ 2:III framgår av bil 1. Storleken av brytningsområdet i de olika etapperna är 1:I 0.37 km², 1:II 0.44 km² och 1:III 0.55 km². Alternativ 2:III har en areal av 0.65 km². Etapp I omfattar tiden fram till och med 1987, etapp II 1988 - 1994 och etapp III 1994 - 2001.

2 UNDERSÖKNINGSOMRÅDE

Det område, som i föreliggande rapport närmare studerats med avseende på geologiska, hydrologiska och hydrogeologiska förhållanden utgörs av den östra delen av den dalgång, Våmb-sänkan, som skiljer Nordbillingen från Sydbillingen. Det är beläget omedelbart väster om Skövde, fig 2.

Områdets läge, som framgår av fig 2, berör de topografiska kartbladen (8D Skara NE och SE) samt de ekonomiska kartbladen (8D Skara, 4g Skultorp respektive 5g Våmb). Undersökningsområdet är geologiskt karterat i skala 1:50 000 (SGU Aa 121).



Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning.
Statens lantmäteriverk 1977-09-15.

Fig 2 Undersökningsområdets läge.

3 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

SGU har på uppdrag av AB Atomenergi och Projekt Ranstad -75 tidigare genomfört och presenterat hydrogeologiska undersökningar inom Billingen - Falbygden (bl a juli 1974, mars 1977). Arbetsinsatserna var därvid i huvudsak koncentrerade till Ranstadsområdet, men ett omfattande material från hela regionen insamlades och bearbetades.

Denna utvidgning var nödvändig för att inhämta kunskaper om de regionala hydrogeologiska förhållandena för att därigenom kunna tolka resultaten på en mera lokal nivå. Dessa tidigare och delvis parallellt utförda undersökningar utgör en väsentlig del i det samlade bedömningsunderlag som ligger till grund för denna rapport.

De speciella arbetsinsatser som genomförts inom ramen för föreliggande rapport har omfattat dels genomgång och utvärdering av äldre hydrogeologiska och tekniska rapporter, dels insamling av nya data genom fältarbeten.

Fältarbetena har följt det av SGU uppgjorda och tidigare redovisade programmet. Sålunda har en kartering av jordarterna inom undersökningsområdet utförts liksom sprickartering i kalkstensbrotten. Vidare har grävda och djupborrade brunnar och källor inventerats. För vattenståndsobservationer och provpumpningar har tre brunnar borrats. Lägena för dessa brunnar bestämdes delvis med hjälp av seismiska mätningar. Dessa mätningar har också gett värdefull information om jordmättighet och bergbyggnad. Under 1976 borrades ytterligare 5 st borrhål från kalkstensspallen i "norra brottet". Avsikten med dessa borrhål var att observera grundvattenytans nivå nära kalkstensspallens kant.

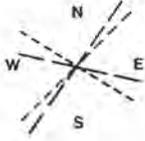
I Våmsbäcken mäts vattenföringen kontinuerligt sedan juli 1975. Mätningarna sker med självregistrerande instrument i en speciell mätbäck belägen där nya Simsjövägen korsar Våmsbäcken. Tillsynen av mätinstrument har utförts av personal vid Cementa AB.

GEOLOGISK KARTA ÖVER BILLINGEN— FALBYGDEN

Sammanställning av sprickmätningar

Dominerande sprickriktning i:

- — — — — Överordovicisk lerskiffer
- — — — — Underordovicisk kalksten
- - - - - Överkambrisk alunskiffer
- · · · · Underkambrisk sandsten



- Diabas
- Lerskiffer
- Bentonit
- Kalksten
- Alunskiffer
- Sandsten
- Gnejs
- Förkastning, nedsänkning i pilarnas riktning
- Dito, osäker

0 2 4 km



Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning.
Statens lantmäteriverk 1977-09-15.

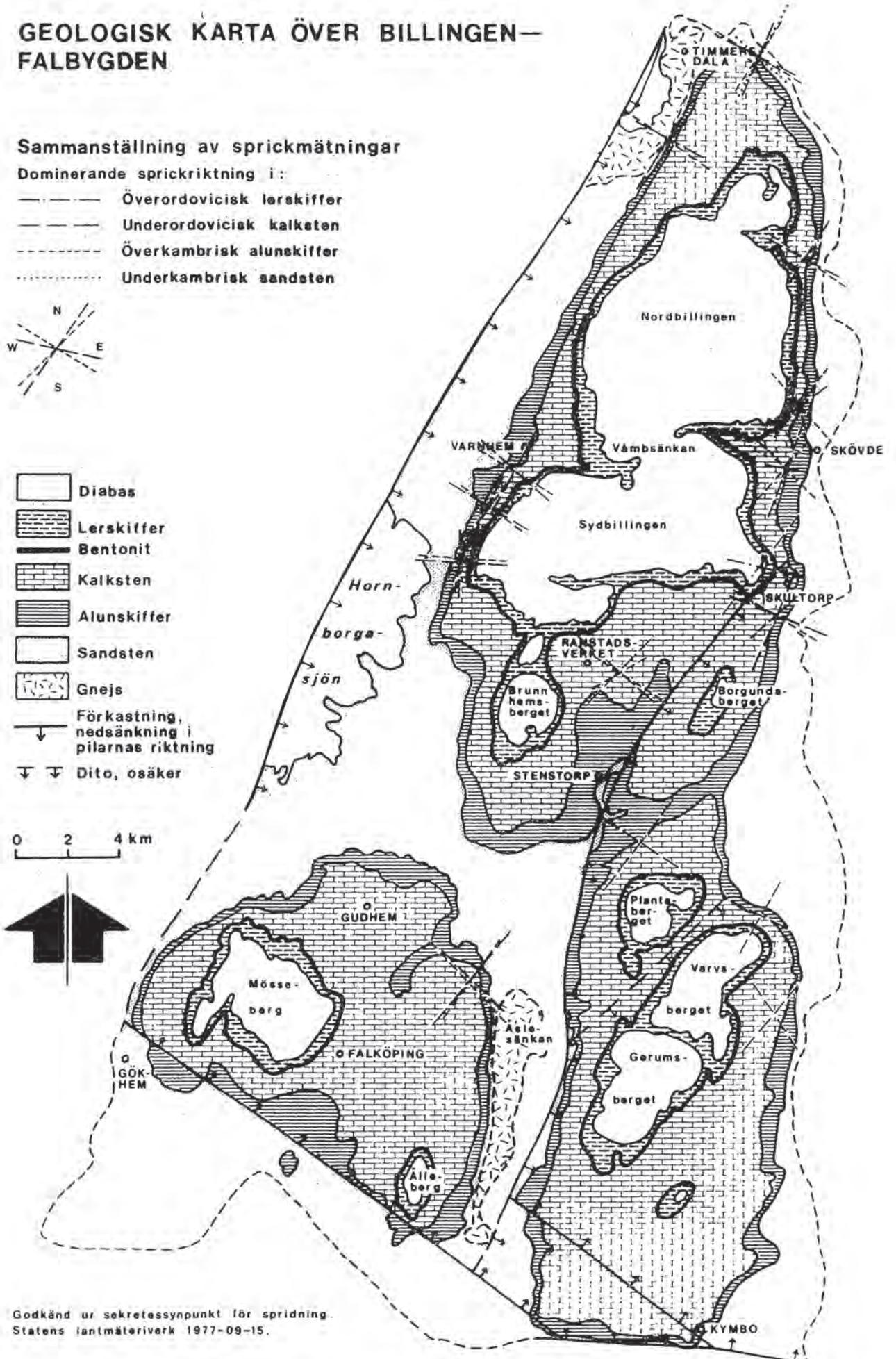


Fig 4.1a Geologisk karta över Billingen - Falbygden

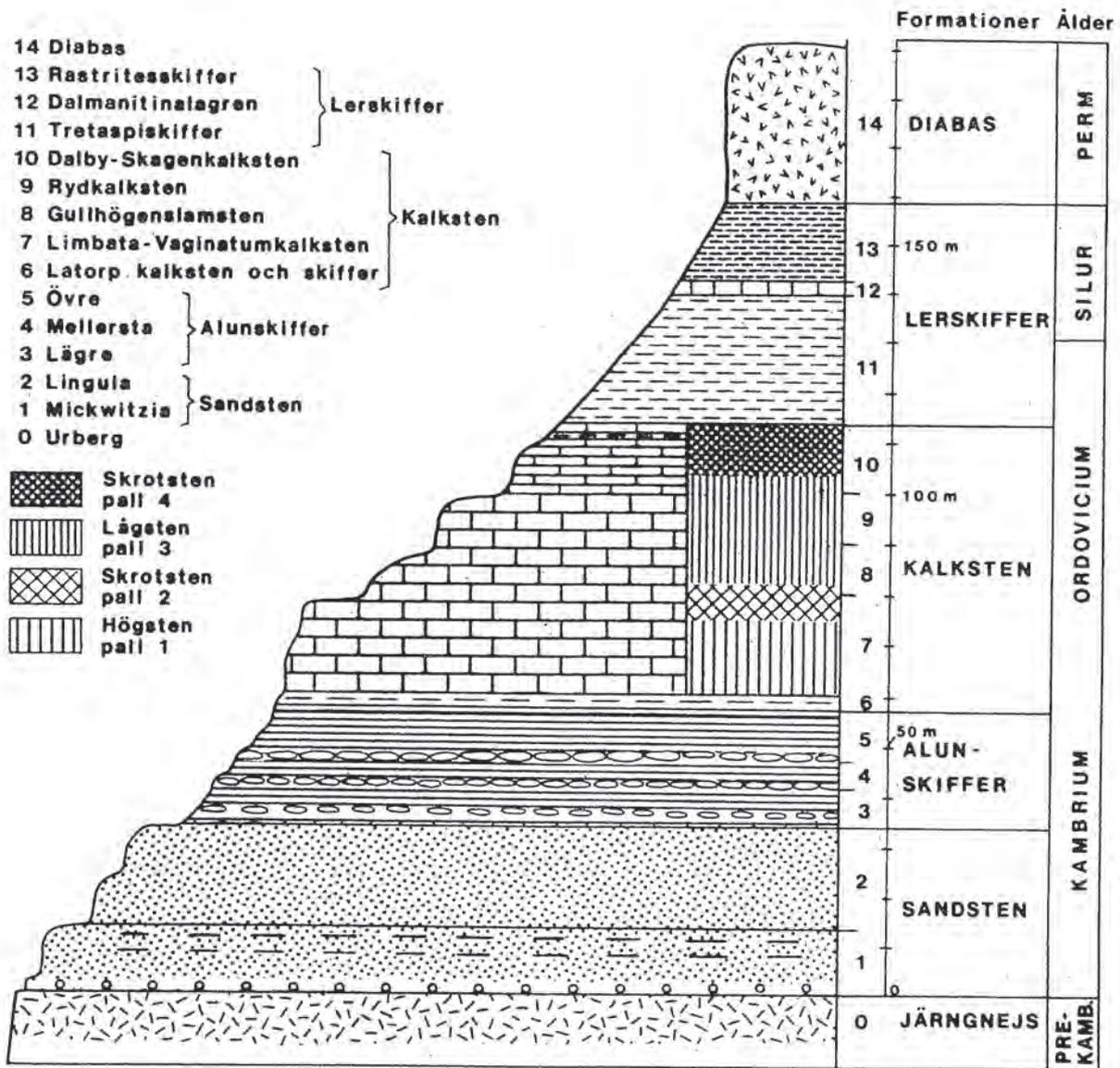


Fig. 4.1b Stratigrafisk och geologisk indelning av den sedimentära lagerföljden

4 GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

4.1 Berggrunden

Billingen - Falbygdens berggrund består av sedimentära bergarter såsom sandstenar, kalkstenar och skifferar, fig 4.1 a. Dessa bergarter är sinsemellan planparallellt lagrade på varandra. Denna lagerserie, som är av kambrosilurisk ålder, ligger på det betydligt äldre urberget och lutar i genomsnitt 3 o/oo mot nordnordväst. Inom stora områden överlagras de sedimentära bergarterna av diabas. Diabasen är en vulkanisk bergart och den är av yngre datum än de sedimentära bergarterna.

Den sedimentära lagerserien är mycket enhetligt uppbyggd och den sammanlagda tjockleken uppgår till ca 150 m. Diabasens tjocklek kan uppgå till ca 50 m som mest. Den totala mäktigheten från diabasplatån ner till urberget kan således uppgå till ca 200 m.

Tack vare att diabasen är motståndskraftig mot erosion har den skyddat de underliggande och relativt sett lätteroderade bergarterna. Detta förhållande har verksamt bidragit till Billingen - Falbygdens topografiska utformning.

Den sedimentära lagerserien har beskrivits utförligt av A H Westergårdh (1928) och av G Armands (1967). I fig 4.1 b visas hur lagerföljden indelas stratigrafiskt och geologiskt grafiskt samt vilken del av lagerföljden som är intressant för cementframställningen.

Vid de borrhningar, som utförts inom ramen för föreliggande undersökning, har inte några från den allmänna bilden avvikande resultat erhållits.

4.2 Tektonik

Sedimentbergartsområdet har utsatts för rörelser (tektoniserats) efter det att bergarterna avsattes. Utförda sprick-

riktningsmätningar visar, att området i sin helhet domineras av två huvudsprickriktningar som är tämligen riktningskonstanta, en i nordväst-sydost och en i nordnordost-sydsydväst till nordost-sydväst, se fig 4.1 a.

Dessutom förekommer sprickzonsanvisningar i öst-västlig riktning, t ex Våmsänkan mellan Varnhem och Skövde. Sprickmätningarna har också visat att sprickigheten är i det närmaste vertikal. Gjorda observationer, bl a genom kärnborrhningar, antyder att sprickzoner, som är tydligt utbildade i diabasen, kan ha en mer eller mindre väl markerad fortsättning genom hela lagerföljden (SGU, 1974).

Någon sprickzon i kalkstenen, som skulle kunna sammanbindas med den ovan nämnda öst-västliga sprickriktningen, har inte påträffats i Cementas kalkbrott, vilket i stort sett skär vinkelrätt mot denna riktning tvärs över hela Våmsänkan. Ej heller har några anmärkningsvärda variationer i nivån för gränsytan mellan kalksten och alunskiffer noterats. Endast en mindre överskjutning, 1 - 5 dm, förorsakad av ett från sydväst och nordost riktat tryck, har påträffats i södra brottet.

4.3 Jordlagren

4.3.1 Jordarter

En översiktlig kartläggning av jordarterna inom Våmsänkan har genomförts. Förekommande jordarter samt utbredningen av dessa framgår av jordartskartan, bil 1. Området täcks huvudsakligen av morän men mindre områden med andra jordarter förekommer. Den inom kartområdet förekommande moränen är huvudsakligen av sandig-siltig typ. För att exemplifiera detta har 5 st jordprov analyserats. Kornstorleksfördelningen framgår av fig 4.3.1. Provtagningspunkterna är angivna på bil 1.

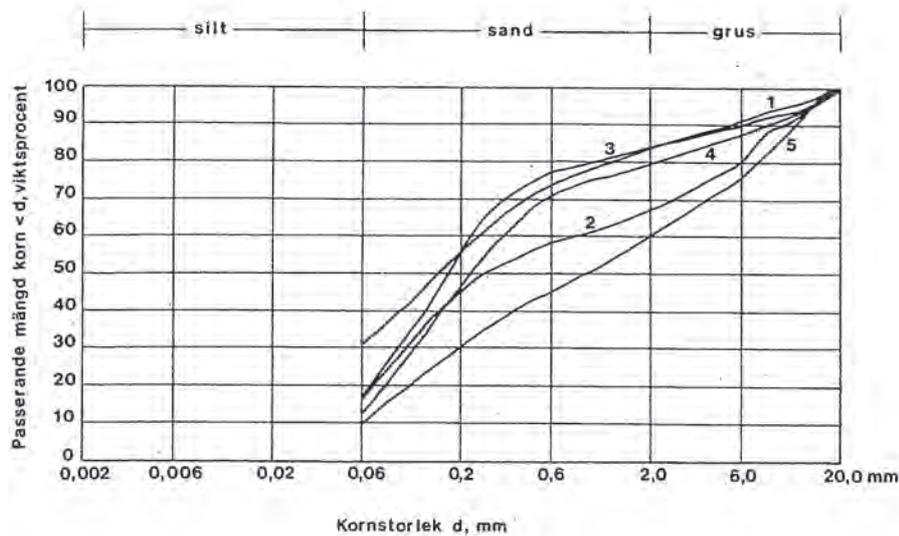


Fig 4.3.1 Kornstorleksfördelning i 5 st jordprov från Våmb.

4.3.2 Jorddjup

Jordtäcket tjocklek varierar avsevärt inom undersökningsområdet. På grundval av de uppgifter om jordmättigheten som erhållits genom brunnsinventeringen, utförda borrhningar, seismiska mätningar m m har den sammanställning, vilken redovisas i bil 1 kunnat göras. Största jordmättigheten återfinns på Våmsänkans norra sluttningar mot Nordbillingen samt i den stora kulle som ligger centralt inom området. I denna överstiger jorddjupet 20 m. Även mot väster tilltar jorddjupet och uppgår till ca 20 m. Tunnast är jordtäcket inom områdets östra delar nära det nuvarande kalkbrottet. Jorddjupet varierar där mellan någon eller några meter och överstiger sällan 5 m.

5 HYDROMETEOROLOGI OCH HYDROLOGI

5.1 Hydrometeorologi

5.1.1 Nederbörd

Uppgifter om nederbördsförhållandena har erhållits från SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut), som har två stycken mätstationer i närheten av undersökningsområdet. En av dem, Åsaborg, är belägen uppe på Billingeplatån ca 3 km norr om Våmbsänkan medan den andra, Skövde, är belägen nere i staden vid brandstationen.

För 30-årsperioden 1931 - 1960 har årsmedelnederbörden vid Åsaborg varit 694 mm och vid Skövde 686 mm. För perioden 1931 - 1975 har årsmedelnederbörden vid Skövde varit 671 mm. Således är nederbörds- mängderna något högre uppe på platån än nere i Skövde. För under- sökningsområdet torde ett genomsnittligt värde på nederbördens storlek kunna sättas till 680 mm. Under normalår faller de största nederbördsmängderna under månaderna juli - oktober medan mars är den nederbördsfattigaste månaden. Stora avvikelser från detta mönster kan förekomma under enskilda år som framgår av tabellen nedan.

Tabell 5.1 Månadsmedelnederbörden 1975 - juni 1977 samt för perioden 1931 - 1976 i Skövde.

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	S:a
1975	92	3	18	32	37	21	32	28	122	25	33	34	477
1976	31	9	25	28	46	20	48	13	60	61	56	122	595
1977	112	42	90	78	57	22							
1931 - 1976	51	39	35	41	49	51	75	76	69	70	66	49	671

5.1.2 Temperatur

Från meteorologiska stationen i Skövde föreligger temperaturmätningar. För perioden 1931 - 1975 (45 år) har en medeltemperatur av $+6,4^{\circ}\text{C}$ uppmätts.

5.1.3 Snötäckets varaktighet och tjocklek

Snötäckets varaktighet är för Billingen enligt Ångström (Sveriges klimat, 1946) 80 - 100 dagar per år. För perioden 1931 - 1960 har en varaktighet för snötäcket till i medeltal 92 dagar uppmätts i Skövde. Snötäckets mäktighet har i medeltal varit 38 cm under perioden 1931 - 1960.

5.1.4 Avdunstning

Med utgångspunkt från årsmedeltemperaturen har den totala årsavdunstningen beräknats till 407 mm enligt formeln (Tamms formel)

$$E = 221.5 + 29 \times T \text{ där}$$

E = den totala avdunstningen i mm

T = årsmedeltemperaturen i $^{\circ}\text{C}$

5.2 Hydrologiska förhållanden

5.2.1 Våmsbäckens avrinningsområde

Undersökningsområdet är huvudsakligen beläget inom Våmsbäckens avrinningsområde, bil 2. Arealen är ca 19 km^2 , räknad vid korsningen mellan Skaravägen och nya Simsjövägen.

Våmsbäcken rinner från W till E i botten på Våmsänkan. Från diabasplatåerna N och S om denna rinner ett flertal mindre bäckar.

Inom avrinningsområdet finns två stycken mindre sjöar, Hållsdammen och Skarsjön. Arealen av dessa är 0.11 km^2 respektive 0.03 km^2 . Sjöarealens andel av hela avrinningsområdet är 0.7 %. Torvmarksandelen inom Våmsbäckens avrinningsområde har uppskattats till ca 3.6 km^2 eller 18 % av arealen.

5.2.2 Kalkbrotten

Ytvattentillrinningen till kalkbrotten norr om Skaravägen sker från ett begränsat område strax W om brotten. Mot norr avskärmas brotten från ytvattentillrinning av den nyanlagda Brandstorpsvägen. Dräneringen av området norr om denna väg sker via kulvert till Övre Mörkebäcken. Till södra brottet sker likaledes ytvattentillrinningen från en zon strax W om brottet. Till de olika brotten inläckande yt- och grundvatten leds via diken till uppsamlingsbassänger, varifrån det pumpas till Våmsbäcken.

5.2.3 Vattenföringsmätningar i Våmsbäcken

För att kännedom om avrinningsförhållandena inom undersökningsområdet skall erhållas har en station för mätning av vattenföringen inrättats i Våmsbäcken, bil 2. Registrering av vattenföringen sker kontinuerligt med en självregistrerande pegel.

Mätstationen har varit i funktion sedan juli 1975. I bil 3 redovisas uppmätta vatten- och nederbörds mängder under tiden 1975-07-01--1977-07-31. I fig 5.2.3 a redovisas månadsmedelvattenföringen i Våmsbäcken för samma period beräknad från de gjorda mätningarna.

De redovisade resultaten visar att variationerna i vattenföringen är mycket stora. Efter ett nederbördstillfälle ökar vattenföringen snabbt för att sedan åter snabbt avta.

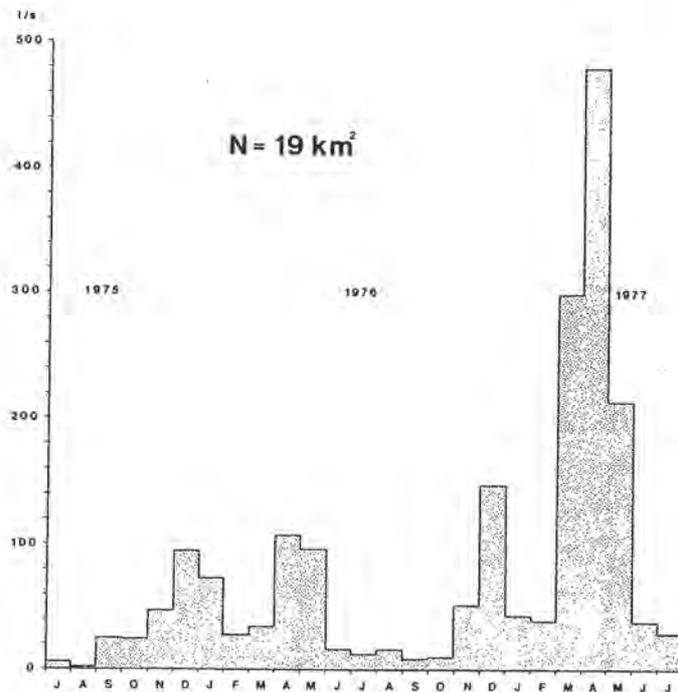


Fig 5.2.3 a Månadsmedelvattenföringen i Våmsbäcken 1975-07-01--1977-07-31.

Varaktigheten av olika vattenföringar framgår av fig 5.2.3 b. Denna kurva har konstruerats med utgångspunkt från de uppmätta vattenmängderna. Den använda mätserien är för kort för att några säkra slutsatser skall kunna dragas. Emellertid ger de erhållna resultaten en uppfattning om storleksordningen av de karakteristiska vattenföringarna redovisade i tabell 5.2.3.

Tabell 5.2.3 Karakteristiska vattenföringar i Våmsbäcken
1975-07-01--1977-07-31.

Varaktighet, %	95	75	50	25	5
Vattenföring, l/s	5	18	37	80	300
Vattenföring, l/s · km ²	0.26	0.95	1.9	4.2	15

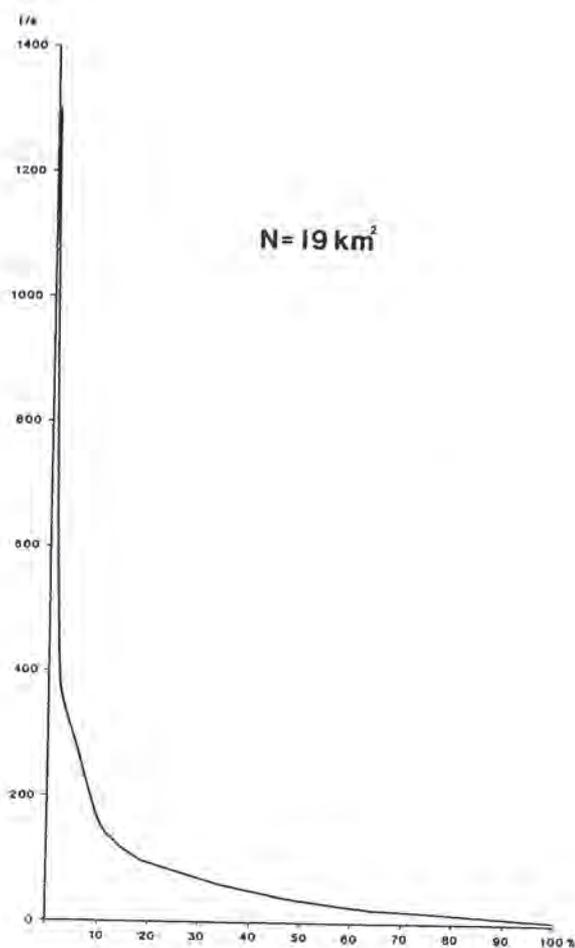


Fig 5.2.3 b Vattenföringens varaktighet i Våmsbäcken
1975-07-01--1977-07-31.

6 HYDROGEOLOGI

6.1 Allmänt

Geologiska avlagringar kan från hydrogeologisk synpunkt indelas i akviferer och akvikluder. Härvid har avlagringarnas genomsläpplighet, permeabilitet, varit bestämmande vid indelningen. En avlagring med god genomsläpplighet kallas akvifer, medan en avlagring med dålig genomsläpplighet kallas akviklud. Exempel på akviferer är sand- och grusavlagringar, porösa eller sprickrika bergarter såsom sandsten, kalksten och vissa skiffrar. Till akvikluderna hänförs bland jordarterna t ex lera, silt och vissa moräntyper, och bland bergarterna t ex sprickfattiga eller fin-korniga bergarter såsom vissa graniter, grönstenar och skifferleror.

En mellanställning mellan de båda ovannämnda intar de s k akvitarderna. Exempel på akvitarder är morän och i allmänhet också det svenska urberget.

Inom Billingen - Falbygden och undersökningsområdet förekommande geologiska enheter kan med utgångspunkt från ovanstående definitioner uppdelas på ett antal hydrogeologiska enheter.

6.2 Jordlagren

Inom undersökningsområdet spelar grundvattnet i jordlagren en viktig roll, eftersom huvuddelen av fastigheterna hämtar sitt vatten ur grävda brunnar. Emellertid är de vattenmängder som kan utvinnas ur dessa brunnar relativt sett små. Detta beror på att den grundvattenförande jordarten huvudsakligen utgörs av morän, vilken har låg permeabilitet, 10^{-7} - 10^{-9} m/s. Ur hydrogeologisk synpunkt kan således jordlagren benämnas akvitard. Grundvattennivån i undersökningsområdets brunnar har mätts vid ett tillfälle under oktober månad 1974. Därvid befanns denna ligga på i medeltal 3.4 m under markytan. I moränområden följer grundvattenytan tämligen väl markytans nivå.

Detta förhållande åskådliggörs i fig 6.2. Grundvattnet i jordlagren strömmar i stort sett vinkelrätt mot terrängens nivålinjer.

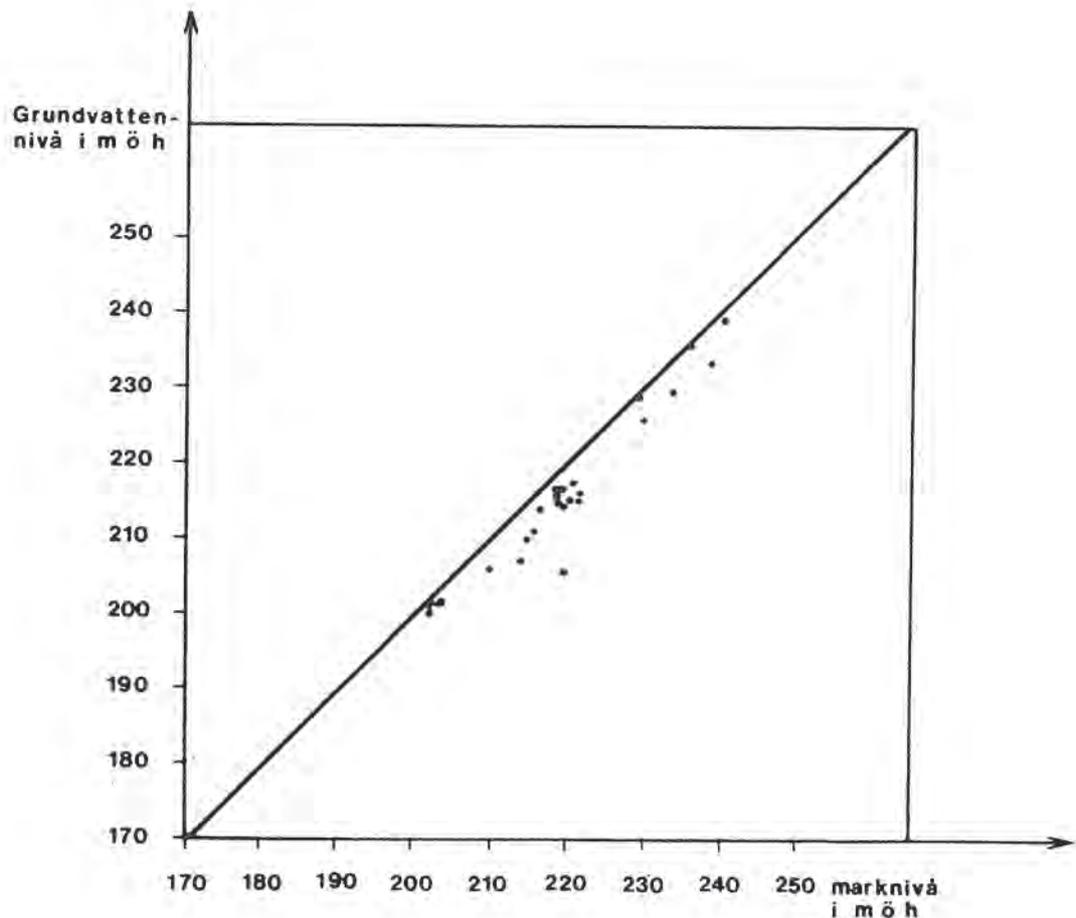


Fig 6.2 Sambandet mellan marknivå och grundvattennivå i grävda brunnar.

6.3 Berggrunden

Till skillnad från jordlagren kan berggrunden utifrån de vattengenomsläppande egenskaperna indelas i tämligen vidsträckta hydrogeologiska enheter, fig 6.3.

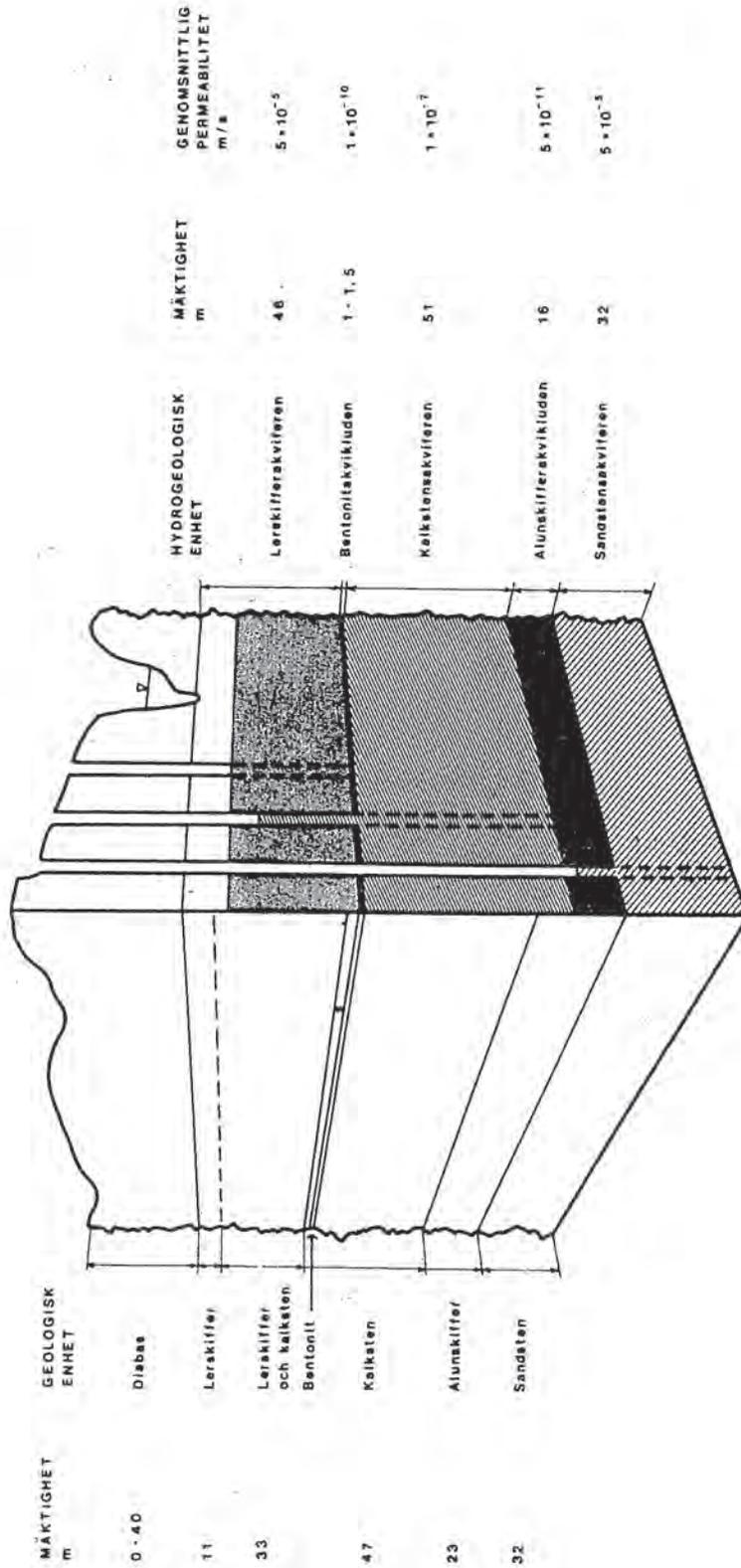


Fig 6.3 Geologisk och hydrogeologisk indelning av den sedimentära lagerföljden

Inom den sedimentära lagerserien har vissa bergartsled med högre permeabilitet än andra kunnat urskiljas. Dessa har bedömts utgöra akviferer och består i första hand av

- silurisk och ordovicisk lerskiffer (lerskifferakviferen)
- ordovicisk kalksten (kalkstensakviferen)
- kambrisk sandsten (sandstensakviferen).

Dessa bergarter åtskiljs av lager med låg eller mycket låg vattengenomsläpplighet. Således skiljer ett ca 1 - 1.5 m mäktigt lager av bentonit inom den översta delen av den ordoviciska kalkstenen lerskiffern från kalkstenen. Kalkstenen åtskiljs från sandstenen av alunskiffern, se fig 6.3. Samspelet mellan vatten i de olika akvifererna är beroende av de åtskiljande lagrens permeabilitet.

I diabasens vertikala spricksystem transporteras infiltrerat nederbördsvatten till den underliggande lerskiffern. Någon egentlig grundvattenförekomst har inte kunnat fastställas i diabasen. Endast då infiltrationsförhållandena är sådana, att diabasens spricksystem inte förmår transportera undan infiltrerat vatten (vid snösmältning, kraftiga regn o dyl) bildas sk tillfälligt grundvatten. Det är denna typ av grundvatten som kan påträffas vid borrning i diabasen. Under perioder med låg infiltration dräneras emellertid diabasens spricksystem till den underliggande lerskiffern och det tillfälliga grundvattnet försvinner. Sambandet mellan genomtransporterad vattenmängd och infiltrationsförhållande har undersökts i befintliga bergrum i Billingen. Därvid har konstaterats att totalt sett mycket litet vatten läcker genom diabasen. I samband med regnperioder och snösmältning sker dock en markant ökning. Någon påverkan av vegetationen ovanför bergrummen, förorsakad av att diabasen dräneras till bergrummen, har inte kunnat urskiljas trots att bergrummen i vissa fall funnits i några tiotal år.

I Våmsänkans centrala delar saknas diabasen och lerskifferakviferen och där är kalkstensakviferen den översta hydrogeologiska enheten i berggrunden.

Gnejsen som underlagrar sandstenen intar ur hydrogeologisk synpunkt en mellanställning mellan dessa akviferer och akvikluder och benämns en akvitard.

6.3.1 Grundvattennivåer

Vid borrning från diabasen genom hela lagerföljden ner till gnejsen kommer vattennivån i borrhålen vanligen att sänkas i tre steg, jfr fig 6.3. Grundvatten påträffas generellt först i lerskiffern, vars grundvattennivå i allmänhet är belägen 5 - 10 m under diabasen. I några fall har lerskifferns grundvattenyta konstaterats ligga mindre än 5 m upp i diabasen. I de fall tillfälligt grundvatten påträffats i diabasen har vattennivån uppmätts till 1 - 10 m under markytan.

Efter fortsatt borrning genom bentoniten och kalkstenen till alunskiffern inställer sig en ny vattennivå i borrhålet. Nivån representerar kalkstens grundvattennivå. Denna är i allmänhet belägen 5 - 10 m lägre än lerskifferns, d v s 20 - 25 m ovanför bentoniten. I randzonerna är dock avståndet mellan lerskifferakviferens och kalkstensakviferens grundvattennivå större. När borrningen drivits vidare genom alunskiffern och sandstenen sjunker vattennivån ytterligare och en ny grundvattenyta erhålls. Denna är vanligtvis belägen i alunskiffern.

Inom undersökningsområdet ligger grundvattennivån, se bil 4, i kalkstensakviferen på ca +190 m ö h ca 500 m W om kalkbrotten (brunn nr 1) och på ca +213 m ö h ytterligare 2 km mot väster (brunn nr 12).

I sandstensakviferen har grundvattennivån under kalkbrottet uppmätts till ca +142 m ö h. Några uppgifter om grundvattennivån i lerskifferakviferen i anslutning till Våmsänkan föreligger ej.

6.3.2 Grundvattenströmning

I kalkstens- och lerskifferakviferen strömmar grundvattnet från de centrala delarna av höjdområden ut mot kanterna och lägre belägna områden. Ett naturligt utflöde av grundvatten sker ovanför bentonit- respektive alunskifferakvikluden. Utflödet av grundvatten är huvudsakligen ett diffust läckage, men mer eller mindre väldefinierade källor förekommer, speciellt inom de områden av sluttningszonerna där jordlagrens tjocklek är ringa. Exempel härpå är Bergsätters källor, belägna vid nivån för bentonitakvikluden. Flödet från Bergsätters källor har mätts under tiden 1954 - oktober 1959, samt 1972 - 1973. Under den första perioden var avbördningen i medeltal ca 14 l/s och under den senare ca 3 l/s. Några uppgifter från och med 1974 har inte kunnat erhållas eftersom mätinstrumenten inte har fungerat tillfredsställande enligt uppgift från gatukontoret, Skövde kommun.

En grundvattenrörelse sker också vertikalt från lerskifferakviferen genom bentonitakvikluden samt vidare genom kalkstensakviferen och alunskifferakvikluden till sandstensakviferen. Storleken av denna vertikala transport bestäms bl a av grundvattenbildningen, permeabilitetsförhållandena i lerskiffer- och kalkstensakvifererna, permeabiliteten i bentonit- och alunskifferakvikluderna samt de relativa tryckförhållandena mellan de olika akvifererna.

6.4 Hydrauliska förhållanden

6.4.1 Provpumpningar

För att kunna göra bedömningar om påverkan av grundvattenförhållandena vid nuvarande och fortsatt kalkstensbrytning fordras kännedom om akviferernas geohydrologiska parametrar, d v s transmissivitet och magasinskoefficient, samt om de randvillkor som tillsammans med parametrarna bestämmer grundvattensituationen. Som ett hjälpmedel härvidlag har provpumpning utnyttjats.

I kalkstensakviferen har borrhålen 1, 2 och 3, se bil 4, stegprov-pumpats. Två korttidsprovpumpningar har utförts vid brunn T3 i sandstensakviferen. Dessutom har avsänkings- och återhämtnings-förloppet hos brunn T2, Port Arthur, följts under en pumpsekvens.

Stegprovpumpningar i kalkstensakviferen

Från stegprovpumpningar av borrhålen 1, 2 och 3 har de i tabell 6.4.1 a angivna värdena på kalkstenens transmissivitet och faktor för inströmningsförlusten till respektive borrhål erhållits.

Tabell 6.4.1 a Data på borrhål i kalkstenen i vilka stegprovpumpningar genomförts och erhållna värden på transmissivitet och permeabilitet hos kalkstenen samt värdet av faktorn C för inströmningsförlust.

Borrhål	Diameter mm	Borrdjup m	Transmissivitet m^2/s	Permeabilitet m/s	C $\frac{s^2}{m^5}$	Marknivå m ö h
1	150	67,5	$4 - 9 \cdot 10^{-7}$	$6 - 14 \cdot 10^{-9}$	$4,8 \cdot 10^7$	204
2	150	54,5	$1 - 2 \cdot 10^{-6}$	$20 - 40 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^8$	206
3	150	74,2	$3 - 7 \cdot 10^{-7}$	$6 - 14 \cdot 10^{-9}$	-	213

I fig 6.4.1 a och b redovisas resultat av stegprovpumpningarna av borrhål 2 samt utvärdering av inströmningsförlusten C till samma borrhål.

I jämförelse med transmissivitetsvärden som beräknats från bl a brunnsdataprotokoll och stegprovpumpningar på andra platser inom Billingen är de i tabell 6.4.1 a redovisade värdena låga. Under avsnitt 6.4.2 redovisas beräkningar av transmissiviteten med utgångspunkt bl a från värden på inläckande vattenmängder till kalkbrottet. Därvid har högre värden på transmissiviteten erhållits. Detta innebär att de ovan redovisade borrhålen är borrade i relativt sprickfri kalksten och de erhållna transmissivitetsvärdena representerar en tät kalksten där för grundvattenförhållanden viktiga sprickor saknas.

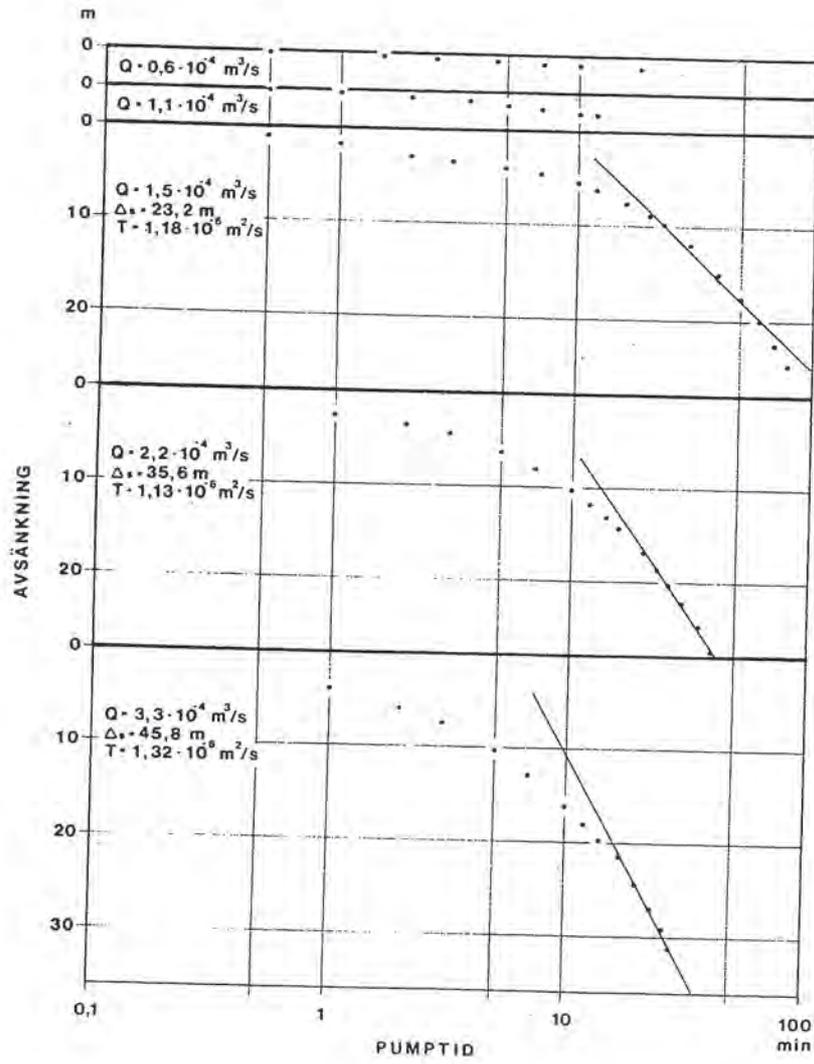


Fig 6.4.1 a Stegprovpumpning av borrhål 2.

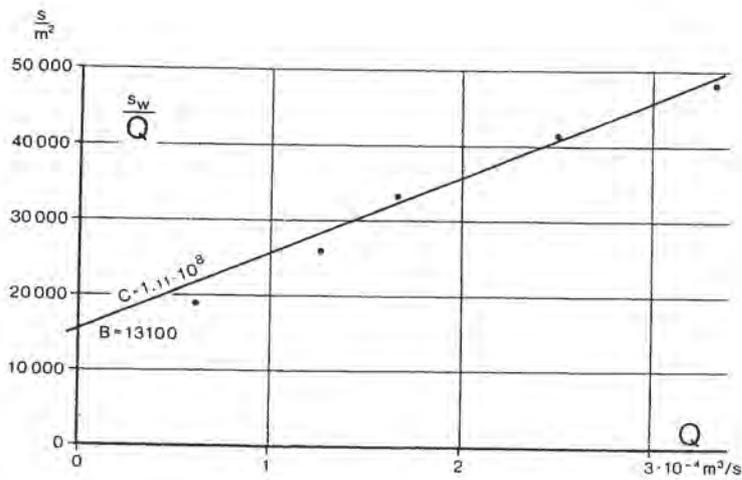


Fig 6.4.1 b Utvärdering av faktorn C för inströmningsförlusten till borrhål 2.

Korttidsprovpumpningar i sandstensakviferen

Borrhål T3, se bil 4, inom kalkbrottets område har provpumpats två gånger. Den första provpumpningen stoppades oavsiktligt genom ett elavbrott. Provpumpningen startades på nytt med kapaciteten $12.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ och pågick under 20 dygn varefter pumpningen avbröts och återhämningsförloppet följdes. Grundvattenytan observerades eller registrerades med pegel i borrhålen T4, T5 och T6 och borrhål 4 på olika avstånd från pumpbrunnen enligt tabell 6.4.1 b.

Under hela provpumpnings- och återhämningsförloppet pumpades intermittent vatten från brunnen Port Arthur (T2), varför de registrerade grundvattenståndsdigrammen uppvisar stora variationer i vattenstånd under korta tider enligt fig 6.4.1 c.

Före uppritning och utvärdering av registrerade grundvattennivåer har dessa korrigerats med hänsyn till vattenuttaget från Port Arthur. Denna korrektion har bestämts genom noggrann uppföljning av grundvattenståndsförändringarna under den tid Port Arthur var igång samt under efterföljande återhämningsperiod. Dessa noggranna observationer kan också sägas utgöra ytterligare en korttidsprovpumpning i sandstensakviferen.

Resultatet av den korrigerade korttidsprovpumpningen framgår av fig 6.4.1 d, där uppmätta grundvattenståndssänkningar uppritats som funktion av tid efter pumpstart. De uppmätta avsänkningarna visar på anisotropi i sandstens transmissivitet med den större transmissiviteten $6.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ i ungefär nordväst-sydostlig riktning och den lägsta, ca $0.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, vinkelrätt däremot. Magasinskoefficienten har beräknats till ca $1.5 \cdot 10^{-5}$.

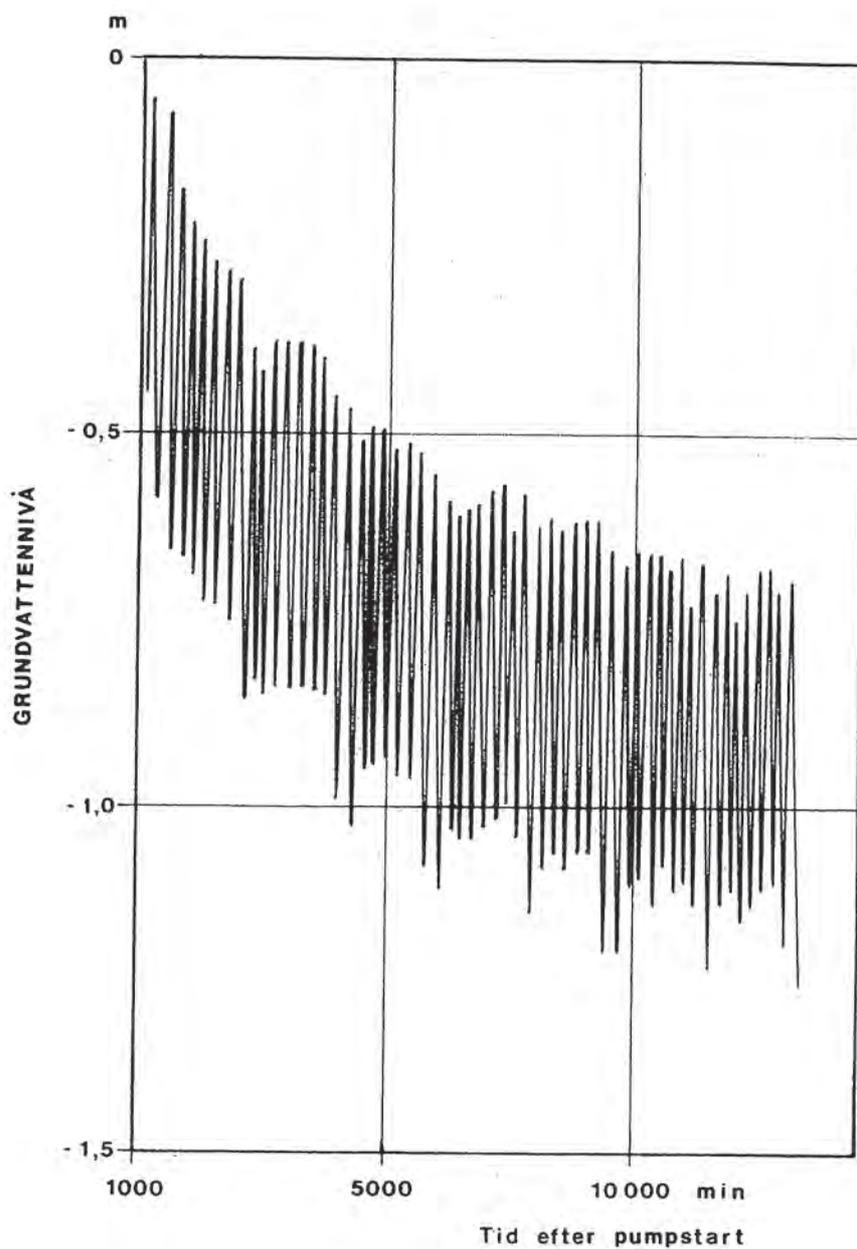


Fig 6.4.1 c Registrerade grundvattenståndsfluktuationer i brunn T6 under korttidsprovpumpning 2 och med störningar orsakade av intermittenta vattenuttag ur brunn T2, Port Arthur.

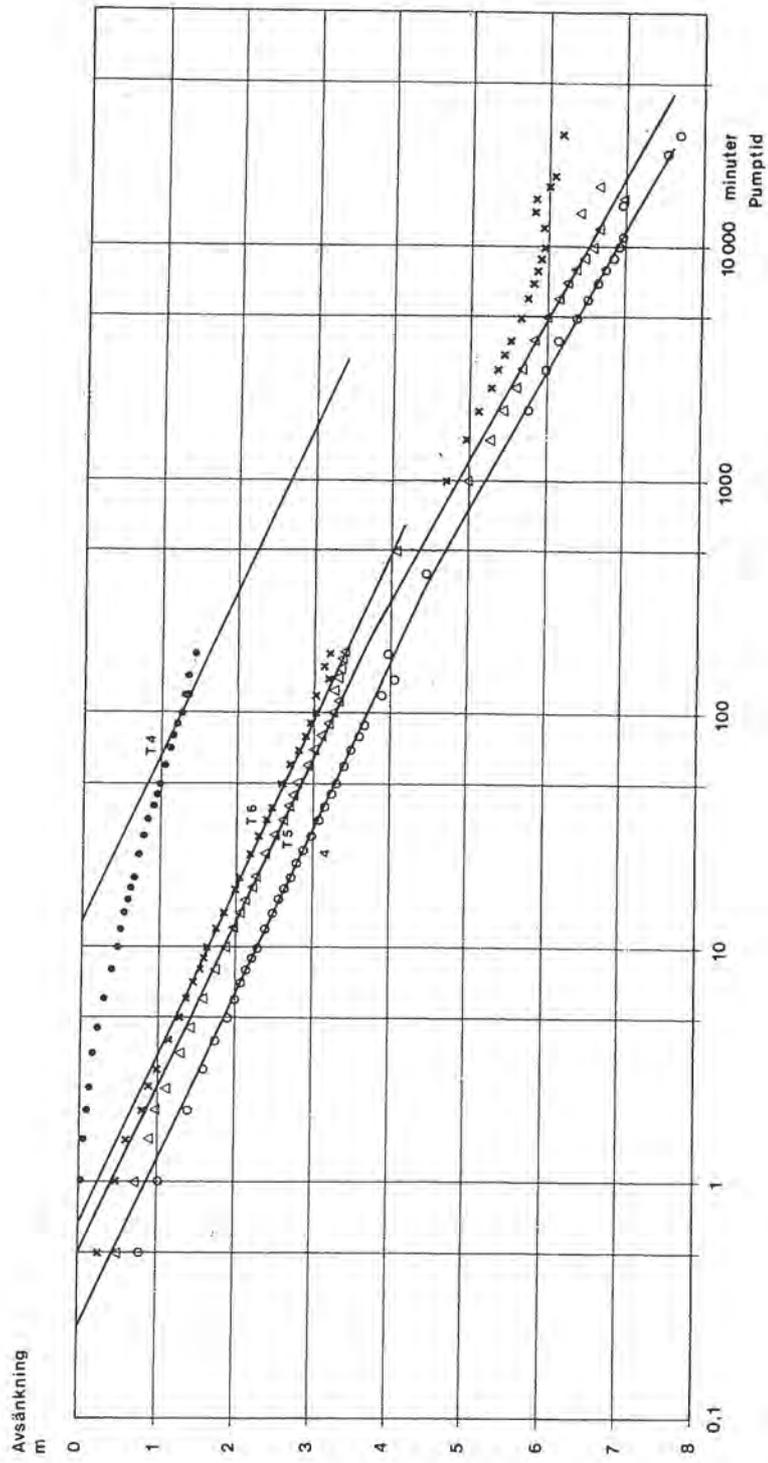


Fig 6.4.1 d Sambanden mellan avsänkning och tid registrerade i brunn T4, T5 och T6 samt borrhål 2 vid korttidsprov-pumpning av brunn T3.

Tabell 6.4.1 b Avstånd mellan provpumpad brunn T3 och borrhål 4, samt brunnarna T4, T5 och T6 samt brunnen Port Arthur och nämnda borrhål och brunnar.

Borrhål Brunn	Avstånd till T3 m	Avstånd till Port Arthur m
4	12	311
T4	242	458
T5	50	283
T6	64	262

De anisotropa förhållandena är svåra att analysera från provpumpningen av Port Arthur då samtliga observationsbrunnar vid denna pumpning ligger i stort sett åt samma håll från Port Arthur. En beräkning baserad på typkurvpassning (Theis metod) ger transmissivitetvärden mellan $2 - 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ vid de olika observationsbrunnarna. Magasinkoefficienten har i detta fall beräknats till $3 - 4 \cdot 10^{-5}$.

6.4.2 Andra beräkningar

Beräkningar av permeabilitets- och transmissivitetvärden hos kalkstensakviferen har även utförts på andra sätt.

Utvärdering av data från brunnsborrningar inom hela Billingen - Falbygden har givit en medianpermeabilitet av $1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ (transmissivitet $6.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$) för kalkstensakviferen (Carlsson och Carlstedt 1976).

Vidare har beräkningar gjorts med utgångspunkt från till norra brottet inläckande vattenmängder. Därvid har permeabiliteten beräknats till $2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ eller transmissiviteten $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Från Kinnekulle (Hällekis kalkbrott) föreligger publicerade resultat (Kinnerberg och Knutsson 1970). Dessa anger permeabiliteten till $2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ (transmissiviteten = $9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$).

SGU har tidigare (SGU 1974 och 1977) vid Ranstad bestämt kalkstenens permeabilitet till $8 \cdot 10^{-5}$ m/s, vilket motsvarar ett transmissivitetsvärde av $3 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

Kalkstenens permeabilitet varierar således inom vida gränser, vilket framgår av tabell 6.4.2.

Tabell 6.4.2 Kalkstenens permeabilitet bestämd från olika undersökningar inom Billingen och Kinnekulle.

Lokal	Permeabilitet, m/s
Våmb	$6 \cdot 10^{-9} - 2 \cdot 10^{-7}$
Norra brottet	$2 \cdot 10^{-6}$
Hällekis	$2 \cdot 10^{-5}$
Ranstad	$8 \cdot 10^{-5}$
Billingen - Falbygden	$1.5 \cdot 10^{-6}$

Provpumpningen av Cementa AB:s grundvattentäkt T3 visar, som tidigare nämnts, anisotropa egenskaper hos sandstensakviferen. Transmissiviteten är olika i olika riktningar. Medeltransmissiviteten är ca 10^{-3} m²/s. Från propvpumpningar vid Ranstadsverket har något lägre transmissivitetsvärden erhållits, ca $7 - 8 \cdot 10^{-4}$ m²/s. Ännu lägre värden har erhållits från propvpumpningar vid Gudhem, ca $4 \cdot 10^{-5}$ m²/s. Storleken av magasin-koefficienten har från dessa propvpumpningar beräknats till $1 - 8 \cdot 10^{-5}$.

6.4.3 Modellstudier

Kalkstensakviferen

För att bedöma vilket av alla erhållna permeabilitets- eller transmissivitetsvärden som bäst satisfierar uppmätta grundvattenstånd inom området väster om kalkstensbrottet har en numerisk beräkningsmodell enligt finita-elementmetoden ut-

nyttjats. Området i och omkring dagbrottet har därvid indelats i ett antal element enligt bil 6. För varje element har jämvikts-ekvationer uppställts för vattenströmningen vid stationärt tillstånd. Alla dessa ekvationer har därefter kopplats samman och lösts så att grundvattenyta och flöde vid varje kopplingspunkt mellan elementen överensstämmer.

Genom att i denna modell ansätta olika värden på kalkstens-transmissivitet och nybildningen av grundvatten till kalkstens-akviferen kan överensstämmelse erhållas mellan beräknade och observerade grundvattenstånd i borrhålen 1, 2 och 3 som framgår av tabell 6.4.3.

Tabell 6.4.3 Observerade och beräknade grundvattenstånd i borrhål 1, 2 och 3.

Borrhål	Observerad grundvattennivå m ö h	Beräknad grundvattennivå					
		Grundvattenbildning 100 mm/år			Grundvattenbildning 200 mm/år		
		10^{-5} m ² /s	$5 \cdot 10^{-5}$ m ² /s	10^{-4} m ² /s	10^{-5} m ² /s	$5 \cdot 10^{-5}$ m ² /s	10^{-4} m ² /s
1	189	255	194	187	309	205	192
2	201	267	204	196	315	213	200
3	213	263	203	195	302	210	198

I fig 6.4.3 redovisas beräknade inläckande vattenmängder från kalkstenen till norra delen av kalkstensbrottet beräknade med finit-elementmetod. Den inläckande vattenmängden till denna del av brottet har genom mätningar av avrinnande vattenmängder bedömts vara 8 - 10 l/s.

Av tabell 6.4.3 och fig 6.4.3 framgår att kalkstens-transmissivitet inom området väster om kalkstensbrottet bör vara av storleksordningen $5 \cdot 10^{-5} - 10^{-4}$ m²/s (permeabilitet $10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6}$ m/s) för att bäst uppfylla villkoren bestämda genom inläckande

vattenmängd och grundvattenstånd i borrhål 1, 2 och 3. Grundvattenbildningen är i detta fall ca 100 mm/år.

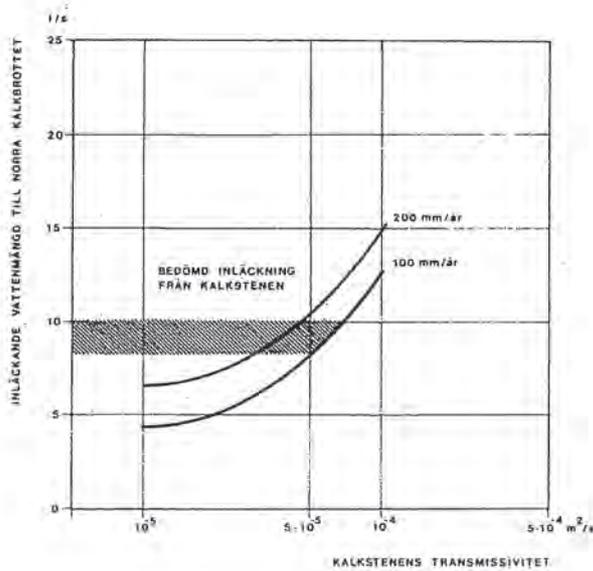


Fig 6.4.3 Inläckande vattenmängder från kalkstenen till norra delen av kalkstensbrottet vid olika värden på grundvattenbildning och transmissivitet.

7 ÖVERSIKTLIG GRUNDVATTENBALANS

Av den totala nederbördsmängden på ca 700 mm (680 mm) som i genomsnitt faller över undersökningsområdet infiltrerar endast en del i marken och bildar grundvatten.

Denna del beräknas vara ca 100 mm i genomsnitt. Resterande 600 mm bortgår dels genom avdunstning, ca 400 mm, dels som ytvattenavrinning, ca 200 mm.

Grundvattenbildningens storlek varierar beroende på de geologiska förhållandena. Största nybildningen av grundvatten till kalkstensakviferen ca 100 mm sker där jordtäcket ligger direkt på kalkstenen, d v s i Våmsänkan. Där bentonitakvikluden överlagrar kalkstensakviferen är nybildningen lägre, ca 60 mm i närheten av kalkbrottet och ca 20 mm på större avstånd från kalkbrottet.

Från kalkstensakviferen transporteras en mindre del av grundvattnet ner till sandstensakviferen. Inom kalkbrottsområdet är storleksordningen av infiltrationen ca 1 mm och längre mot väster ca 6 mm. Resterande 94 - 99 mm läcker dels ut i kalkbrotten, dels som källor eller diffust läckage vid gränzonen mellan kalkstensakviferen och alunskifferakvikluden.

8 KALKSTENSBRITNINGENS INVERKAN PÅ GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDENA

Vid de utförda beräkningarna av vilken inverkan på grundvattenförhållandena som den nuvarande och planerade kalkstensbrytningen kan förväntas få, har vissa approximationer införts. Sålunda har antagits, trots att så ej är fallet, att kalkstensakviferen är relativt homogen. Detta antagande kan göras därför att avståndet mellan förekommande sprickor är litet (1 - 5 m enligt utförda sprickmätningar) i förhållande till kalkbrottets utsträckning och genom att inte några större sprickzoner synes förekomma inom kalkbrottsområdet, jfr kap 4.2.

Betydelsen för de hydrogeologiska bedömningarna av förekommande heterogeniteter i en akvifer och storleken av ett ingrepp i denna har undersökts av Rats och Chernyashov 1968. Från denna undersökning redovisas det i fig 8 återgivna och för de aktuella förhållandena anpassade diagrammet.

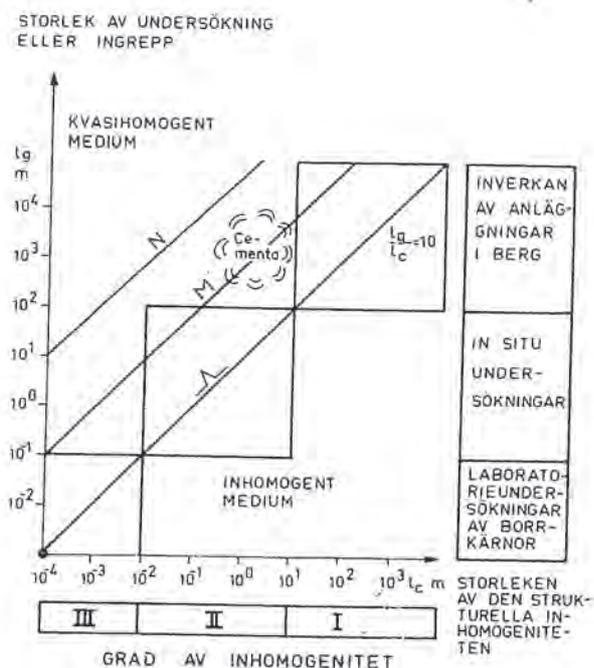


Fig 8 Sambandet mellan storleken av den strukturella inhomogeniteten och storleken av ett ingrepp i ett bergmassiv vid antagande av inhomogent respektive kvasihomogent medium (efter Rats och Chernyashov 1968). N = lognormalfördelning, M = maxwellfördelning, Λ = normalfördelning.

8.1 Nuvarande kalkbrottets inverkan på grundvattenförhållandena

8.1.1 Grundvattensänkning

Jordlagren

Den avsänkning som nuvarande kalkbrott har föranlett i jordlagren är mycket begränsad. Endast i kalkbrottets omedelbara närhet torde en avsänkning kunna spåras.

Kalkstensakviferen

Grundvattennivån i kalkstensakviferen har avsänkts in mot det nuvarande kalkbrottet. Det påverkade områdets storlek beror av kalkstensens transmissivitet, grundvattenbildningens storlek till kalkstensakviferen, grundvattenytans naturliga gradient samt kalkbrottets höjd.

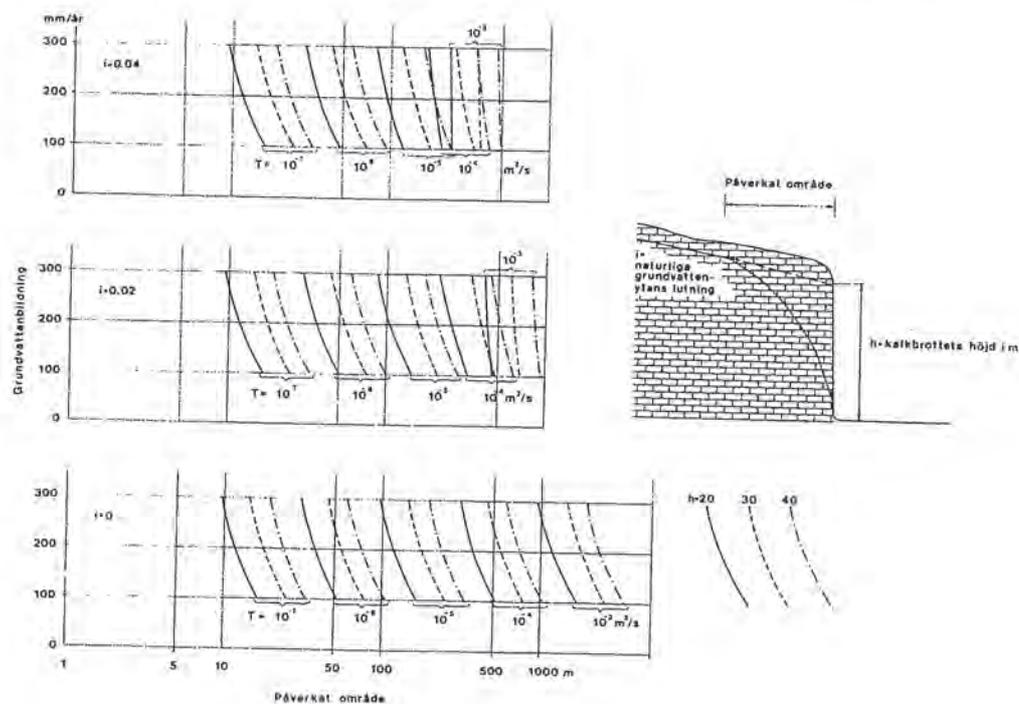


Fig 8.1.1 a Sambandet mellan kalkstensens transmissivitet och av kalkstensbrottet påverkat område för olika värden på grundvattenbildning, kalkstensbrottets höjd och lutning hos den naturliga grundvattenytan i kalkstenen.

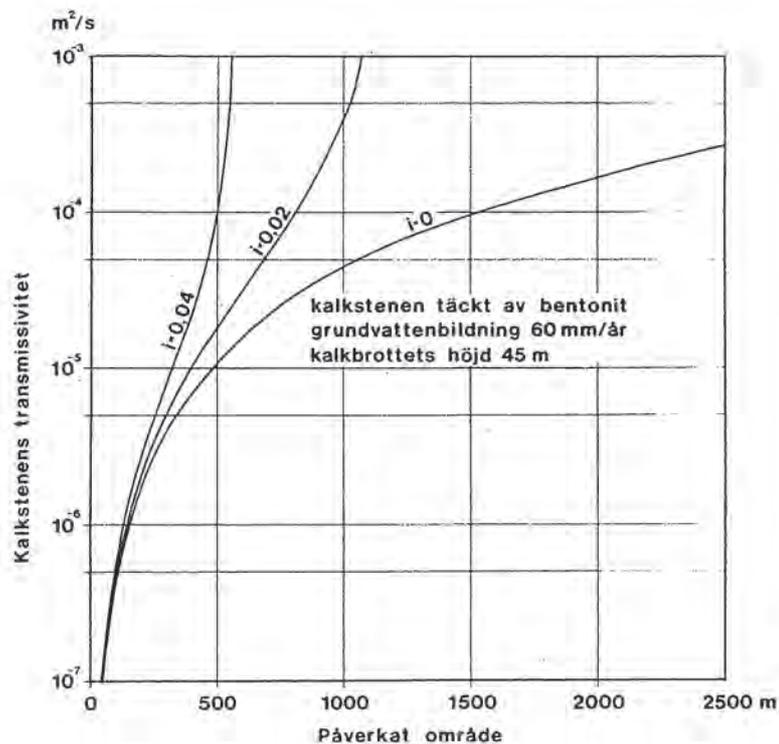


Fig 8.1.1 b Sambandet mellan kalkstenens transmissivitet och av kalkbrottet påverkat område för olika värden på lutningen hos den naturliga grundvattenytan i kalkstenen. Grundvattenbildningen antas vara 60 mm/år och kalkstensbrottets höjd 45 m.

I fig 8.1.1 a och 8.1.1 b visas i diagramform det påverkade områdets utsträckning för olika värden på dessa parametrar. Kalkstenens transmissivitet och grundvattenbildningen i området väster om nuvarande kalkstensbrott har som nämnts under avsnitt 6.3 bedömts vara ca $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ respektive 100 mm/år. Enligt fig 8.1.1 a innebär detta att kalkbrottet påverkar grundvattennivån i kalkstensakviferen inom ett avstånd av 200 - 400 m från brottet där kalkstenen överlagras av jord. Inom de delar där bentonitakvikluden finns, d v s inom västra delen av norra brottet, sker en påverkan till ca 500 m från kalkbrottet, fig 8.1.1 b.

Den zon som bedöms vara påverkad av nuvarande brytning framgår av bil 5.

Sandstensakviferen

För grundvattenförhållandena i sandstensakviferen är kalkbrottet av underordnad betydelse. Inom kalkbrottsområdet beräknas nybildningen av grundvatten till sandstensakviferen vara ca 1 mm/år. Före kalkbrottets tillkomst var grundvattenbildningen 2 - 3 mm/år.

Denna procentuellt stora minskning av grundvattenbildningen till sandstensakviferen är dock negligerbar, eftersom huvuddelen av nybildningen av sandstens grundvatten sker i andra områden, jfr avsnitt 8.3.

8.1.2 Inläckande vattenmängder

Inläckningen av grundvatten till det norra kalkbrottet har uppmätts i augusti 1975 efter en längre tids torka. Den uppmätta tillrinningen var 10 l/s eller $7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ per meter brottvägg. Av denna vattenmängd bedöms 1 - 2 l/s komma från jordlagren och resterande mängd från kalkstensakviferen. Detta innebär en inläckning utslaget per kilometer brottvägg av ca 7 l/s (jord + kalksten).

Motsvarande siffra för Ranstadsverkets dagbrott är ca 4 l/s. Höjden på detta dagbrott är dock mindre än vid Cementas kalkbrott i Våmb.

8.2 Den planerade kalkstensbrytningens inverkan på grundvattenförhållandena

8.2.1 Grundvattensänkning

Jordlagren

Som nämnts under avsnitt 8.1.1 så är området med grundvattensänkning i jordlagren till följd av kalkstensbrytningen mycket begränsat. Eftersom permeabiliteten hos förekommande jordarter är mycket låg, $10^{-7} - 10^{-9} \text{ m/s}$, så kan den bedömningen göras så att påverkansgraden p g a den utökande brytningen inte väsentligt kommer att skilja sig från den nuvarande.

Kalkstensakviferen

Inverkan av den fortsatta kalkstensbrytningen på grundvattenförhållandena i kalkstenen blir analoga med den inverkan som nuvarande kalkstensbrytning innebär. Detta innebär att kalkstensgrundvattnet kommer att avsänkas inom ett område av 200 - 400 m från kalkbrottet i de områden där ingen bentonit överlagrar kalkstenen och ca 500 m där bentonit förekommer, se bil 5. Inom denna zon kan vattenytan i brunnar borrade ner i kalkstenen avsänkas med varierande belopp beroende av bl a avståndet från kalkstensbrottet. Större vattenförande sprickzoner i berggrunden kan ge från de angivna avstånden avvikande värden.

Lerskifferakviferen

Grundvattnet i lerskifferakviferen kommer ej att påverkas av kalkstensbrottet annat än i de delar där brottväggen skär igenom bentoniten. I samband härmed kan en ytterst begränsad avsänkning, < 100 m, av lerskifferakviferens grundvatten påräknas från kalkbrottet.

Sandstensakviferen

Vid slutskedet av kalkstensbrytningens etapp 1:III har ytterligare ca 1.5 km² av kalkstensakviferen borttagits jämfört med nuläget. Detta innebär att grundvattenbildningen till sandstensakviferen minskats med ytterligare 0.1 - 0.2 l/s. Som tidigare nämnts har en minskning av grundvattenbildningen med denna storlek endast en teoretisk inverkan på sandstens grundvattenyta och kan negligeras.

Diabasakvitarden och diabasplatån

Någon inverkan på vattenförhållandena i diabasen eller uppe på diabasplatån kan inte förutses.

8.2.2 Inläckande vattenmängder

Inläckande vattenmängder till kalkbrottet enligt gällande brytningsplaner har beräknats med utgångspunkt från nuvarande, uppmätta inläckning av $7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ och m brottvägg. Under förutsättning att återfyllnad i utbrutna delar av kalkbrottet inte förändrar grundvattnets strömbild eller minskar kalkstensbrottets höjd kan följande angivna inläckande vattenmängder vid olika tidpunkter tjäna som ungefärliga riktmärken.

Alt 1: I, II och III	12 - 16 l/s
Alt 2: III	13 - 18 l/s

8.2.3 Kvalitativ påverkan

De inom kalkbrottsområdet rådande geologiska och hydrogeologiska förhållandena visar att risken för förorening av sandstensakviferens vatten p g a kalkstensbrytningen kan bedömas som mycket liten. I stället utgör borrhål ner i sandstenen, som ej är fodrade genom alunskiffern eller skyddade mot direkt ytvatteninrinning, väsentligt större fara för försämrad vattenkvalitet eller förorening av sandstenens grundvatten. Vidare måste beaktas den grundvattenbildande zon där sandstenen ej täcks av alunskiffer. Inom dessa områden är exempelvis läckande avloppsledningar en potentiell risk för försämrad kvalitet på sandstensakviferens vatten.

Någon påverkan av vattenkvaliteten i kalkstens- eller lerskifferakviferen p g a kalkstensbrytningen kan inte förutses.

8.3 Inverkan på grundvattenförhållandena i sandstensakviferen av vattentäkter i denna

Grundvatten uttas ur sandstensakviferen från brunn T2, Port Arthur, belägen inom kalkbrottsområdet. Denna vattentäkt levererar vatten intermittent med en kapacitet av 11.6 l/s under en pumpperiod av 80 min regelbundet återkommande 8 ggr per dygn. Uppmätningen av grundvattenytan i Port Arthur visar att denna avsänks ca 5 - 6 m under pumpningen för att helt återhämtas

under den tid pumpningen ej pågår. Överslagsmässigt kan utsträckningen av det område inom vilket grundvattenytan avsänks på grund av pumpningen skrivas

$$r = \sqrt{\frac{135 T \cdot t}{S}} \quad \text{där}$$

t = tiden i min under vilken pumpning pågår

T = transmissiviteten hos sandstenen i m²/s

S = sandstensakviferens magasinskoefficient

Under en pumptid av 90 min kommer teoretiskt ett område med radien 1 - 1.5 km från Port Arthur att påverkas. Avsänkningens storlek blir störst vid brunnen, ca 5 - 6 m, och avtar ut mot gränsen.

I anslutning till kalkbrottet ligger Skövde kommuns reservvattentäkter, också de borrhade ner i sandstenen. Ett kontinuerligt vattenuttag av 15 l/s ur vardera av de tre brunnarna under längre period kommer att påverka ett förhållandevis stort område. Med finita-elementmetoden (fem-analys) har storleken av ett sådant område, baserat på värden av grundvattenbildning, transmissivitet och magasinskoefficient som tidigare angivits, beräknats till ca 35 km². Detta område kommer i huvudsak att sträcka sig in under Billingen, men en inströmning av vatten till sandstensakviferen vid dess utgående i öster kan förutses. Således torde 25 % av till vattentäkterna tillströmmande vatten vid fullt utnyttjande komma från Billingen (0.07 % från sandstenen under kalkstensbrottet) och 75 % från området i öster, där sandstenen ej överlagras av alunskiffer utan av permeabla jordarter.

9 ÅTERSTÄLLNINGSSARBETENAS INVERKAN PÅ DE HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDENA

Återställningsarbetena omfattar huvudsakligen en utfyllnad av vissa delar av de utbrutna kalkbrotten med avrymningsmassor och skrotsten samt anläggandet av en täktsjö.

9.1 Fyllnadsmassor

Utläggandet av fyllnadsmassor i olika delar av kalkbrotten kommer i och för sig inte att medföra någon nämnvärd förändring av grundvattenförhållandena. Möjligen skulle, om massorna har tillräckligt låg permeabilitet, viss uppdämning kunna ske av in till brottet rinnande grundvatten från kalkstensakviferen och på så sätt minska det sänkta områdets areal.

9.2 Täktsjö

I och med att delar av kalkbrottet skall vattenfyllas, kommer en höjning av grundvattennivån i omgivande återfyllnadsmassor och kalkberg att ske. Täktsjöns yta avses bli belägen på nivån +170 m ö h, d v s grundvattennivån höjs med ca 10 m eftersom kalkbrottets botten ligger på nivån +158 m ö h.

9.2.1 Vattenbalans

Tillrinningsområdet till täktsjön blir 1.07 km². Tillrinnande vatten utgörs dels av grundvatten, dels av ytvatten från omgivande sluttningar. Ytvattentillrinningen beräknas bli ca 2 l/s · km² (SMHI anger ca 10 l/s · km²) och grundvattentillrinningen ca 10 l/s. Läckaget genom den damm som kommer att anläggas bedöms bli av storleksordningen 2.5 l/s. I tabell 9.2 redovisas vattenbalanser för alternativa storlekar på den blivande sjön (etapperna 1:I, 1:II och 1:III).

Tabell 9.2 Vattenbalans för blivande täktsjö i Våmb.

	1:I	1:II	1:III
Sjöareal (km ²)	0.12	0.15	0.2
Övrig areal (km ²)	0.95	0.92	0.87
Ytvattentillrinning (l/s)	1.9	1.85	1.75
Grundvattentillrinning (l/s)	10	10	10
Nederbörd på sjöytan (l/s)	2.65	3.3	4.4
Avdunstning från sjöytan (l/s)	2.9	3.6	4.8
Läckage genom damm (l/s)	2.5	2.5	2.5
Nettotillrinning (l/s)	9.15	9.05	8.85
m ³ /år x 10 ³	290	285	280

För att ytterligare öka tillrinningen till täktsjön torde det vara möjligt att leda vattnet från Bergsätters källor till sjön. Därigenom skulle ett tillskott av storleksordningen 5 l/s (ca $160 \cdot 10^3$ m³/år) erhållas. Den i tabell 9.2 redovisade vattenbalansen visar att det är fullt möjligt att hålla en täktsjö i det utbrutna norra brottet.

9.2.2 Kalkstensakviferen

Grundvattennivån i kalkstensakviferen efter täktsjöns tillkomst har beräknats med matematisk modell. Resultaten redovisas i bil 6. Som framgår av en jämförelse mellan situationen före och efter tillkomsten av täktsjön är skillnaden förhållandevis liten.

9.2.3 Sandstensakviferen

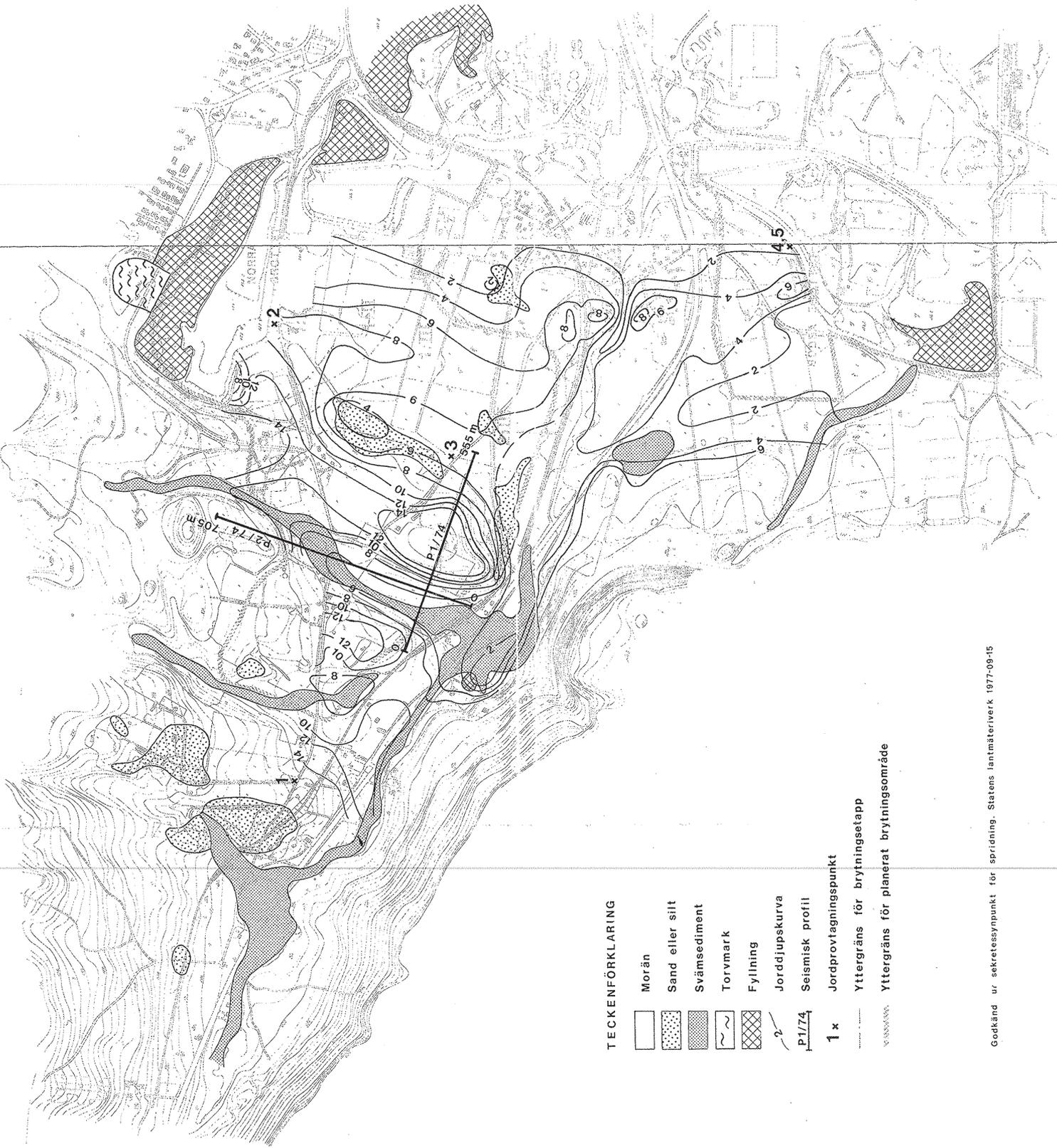
Tillkomsten av täktsjön efter avslutad brytning innebär att grundvattenbildningen till sandstensakviferen ökar i jämförelse med förhållandena för täktsjöns tillkomst. Vid en sjöyta av ca 0.2 km² på en nivå av +170 m ö h kommer ca 0.01 l/s att tillföras sandstensakviferen från täktsjön.

9.3 Kvalitativ påverkan

Någon påverkan på vattenkvaliteten i de olika grundvattenförande lagren förorsakad av återfyllnadsmassorna eller tillkomsten av täktsjön kan inte förutses.

REFERENSER

- CARLSSON, L. OCH CARLSTÉDT, A., 1977: Estimation of Transmissivity and Permeability in Swedish Bedrock. *Nordic Hydrology*, 8.
- KINNERBERG, H. OCH KNUTSSON, G., 1970: Undersökning av de hydrogeologiska förhållandena omkring AB Cementas kalkstensbrott i Hällekis. *Nordisk hydrologisk konferens*, Stockholm, 1970.
- RATS, M.V. OCH CHERNYASHOV, S.N., 1968: Statistical Aspects of the Problem of the Permeability of the jointy Rocks. *Proc. AIHS-Unesco Symposium*. Oct. 1965. Dubrovnik.
- SGU, 1974: Hydrogeologiska synpunkter på planerad brytning av uranskiffer i dagbrott och gruva vid Ranstad och av kalksten vid Rådene, Skaraborgs län. Rapport utarbetad på uppdrag av AB Atomenergi.
- SGU, 1977: Hydrogeologiska synpunkter på planerad uranutvinning i Billingen vid Ranstad, Skaraborgs län. Rapport utarbetad på uppdrag av Projekt Ranstad -75.
- ÅNGSTRÖM, A., 1946: Sveriges klimat.



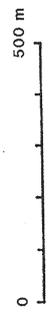
TECKENFÖRKLARING

-  Morän
-  Sand eller silt
-  Svåmsediment
-  Torvmark
-  Fyllning
-  Jorddjupskurva
-  Seismisk profil
-  1 x Jordprovtagningspunkt
-  Yttergräns för bryningsetapp
-  Yttergräns för planerat bryningsområde

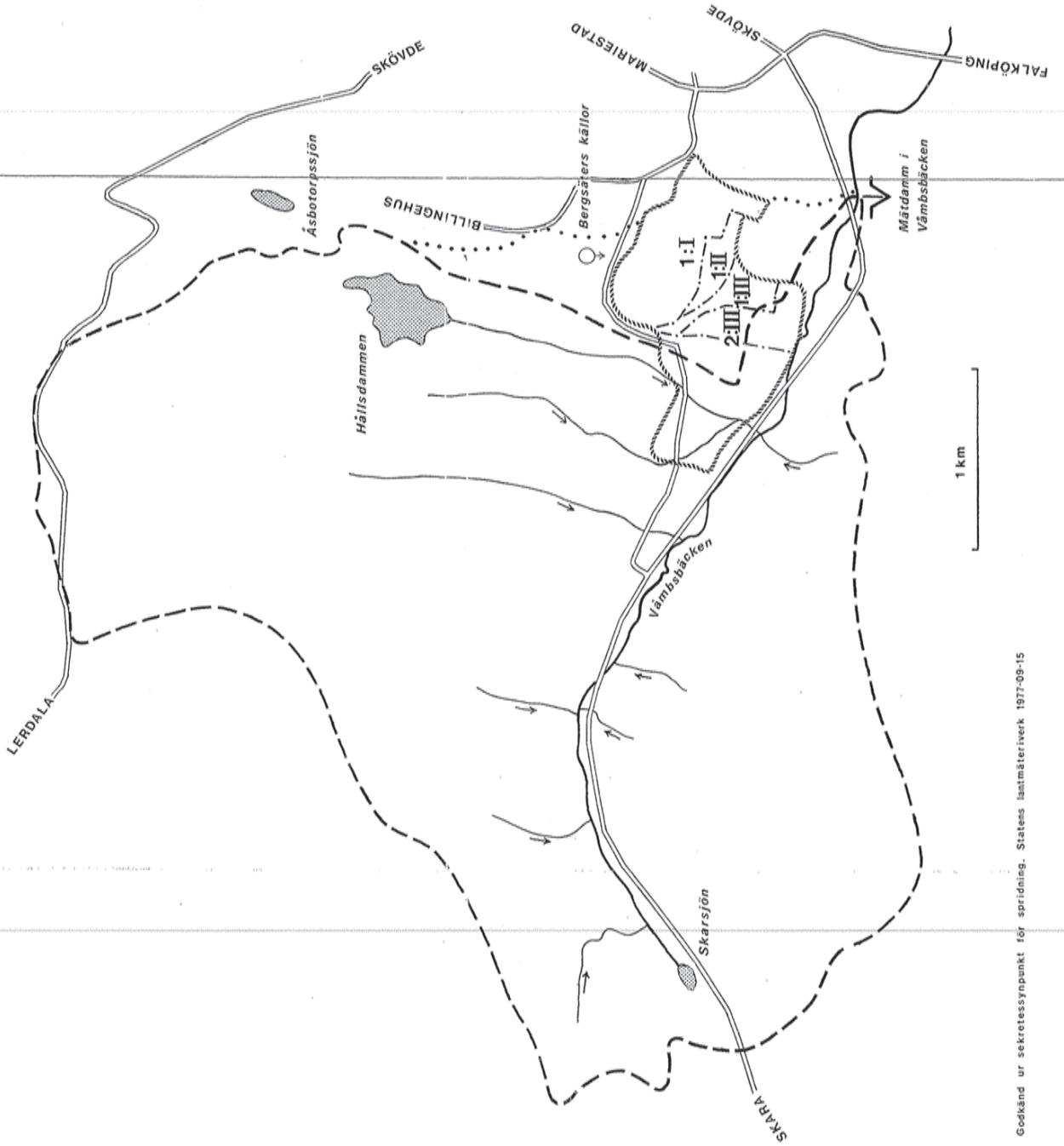
1 x Jordprovtagningspunkt

Yttergräns för bryningsetapp

Yttergräns för planerat bryningsområde



CEMENTA AB, SKÖVDE
 JORDARTS- OCH JORDDJUPS-
 KARTA ÖVER VÅMB
 SGU 1977-09-30
 UPPDRAG 542033-6

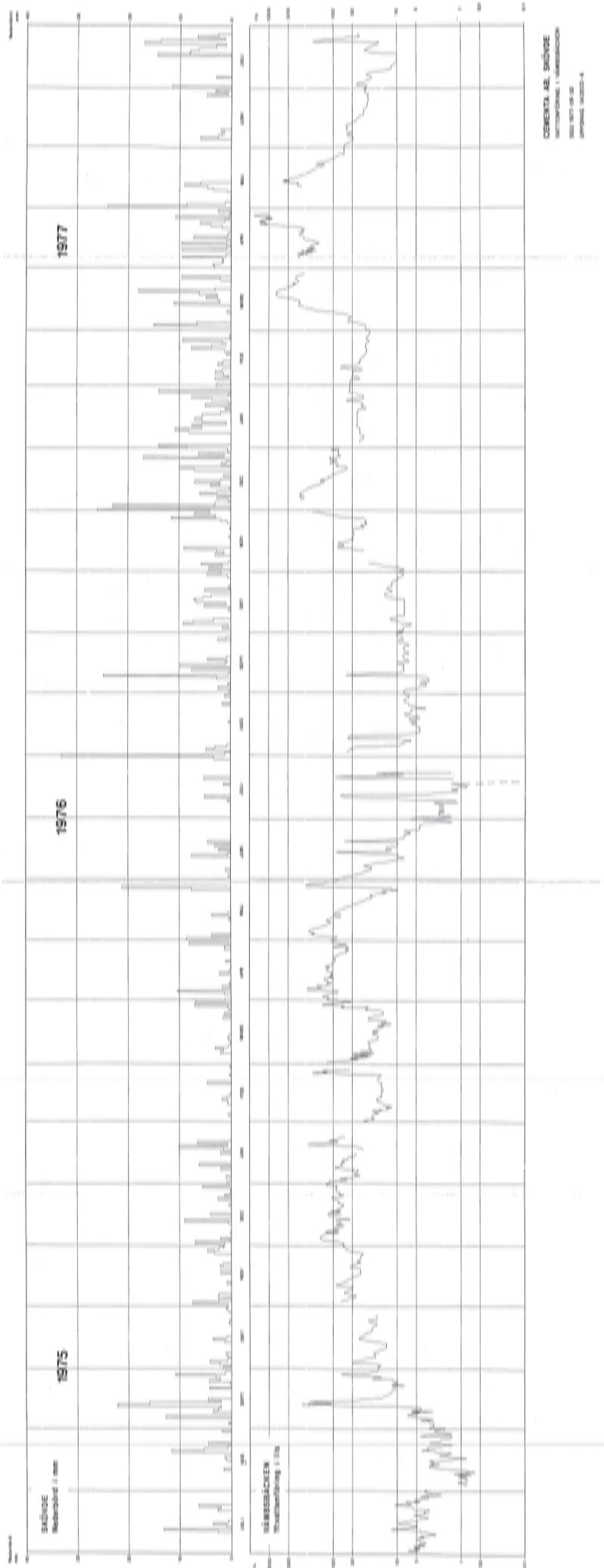


CEMENTA AB, SKÖVDE

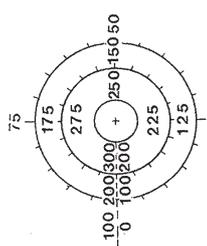
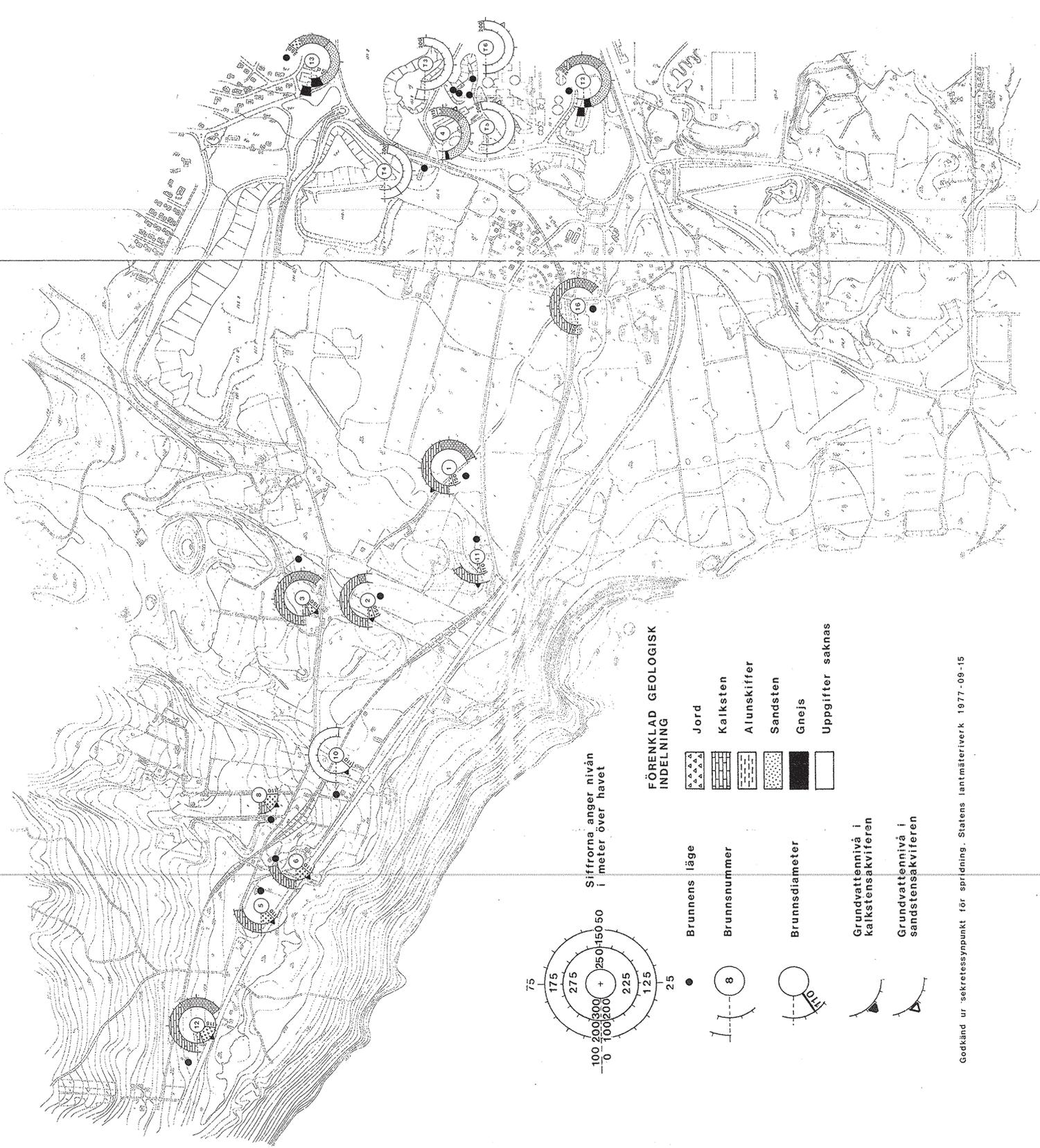
VÅMSBÄCKENS AVRINNINGSGOMRÅDE

SGU 1977-09-30

UPPDRAG 542033-6



COBENTA AB, SÖDVE
 ÅKERÖGÅRDEN 1, ÅKERÖGÅRD
 S-141 83-2
 ÖRNÄS 1975-4



FÖRENKLAD GEOLOGISK INDELNING

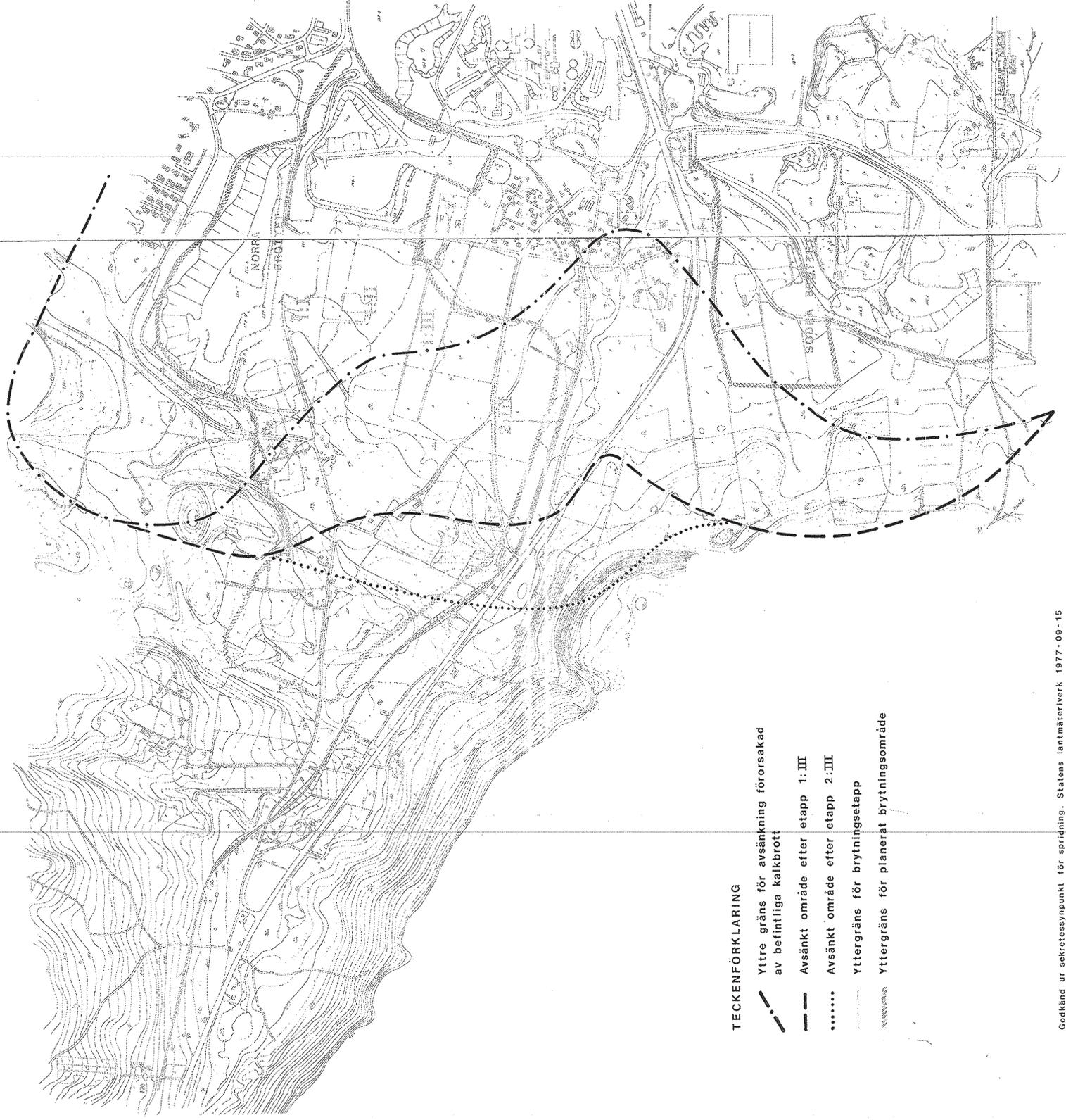
- Jord
- Kalksten
- Alunskiffer
- Sandsten
- Gnejs
- Uppgifter saknas

- Brunns läge
- Brunnsnummer
- Brunnsdiameter
- Grundvattennivå i kalkstensakviferen
- Grundvattennivå i sandstensakviferen



CEMENTA AB, SKÖVDE
 REGISTERKARTA ÖVER BORRADE
 BRUNNAR
 SGU 1977-09-30
 UPPDRAG 542033-6

Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Statens lantmäterverk 1977-09-15



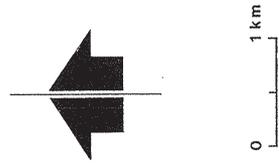
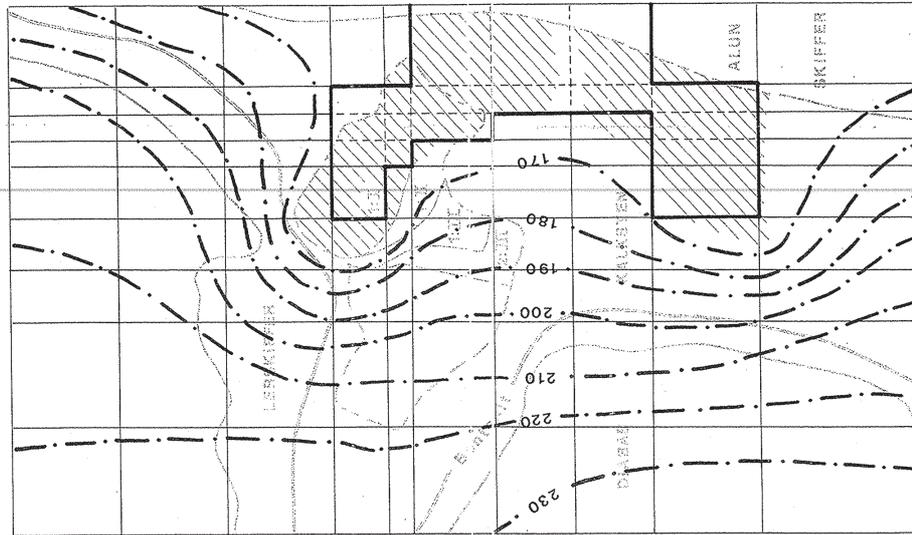
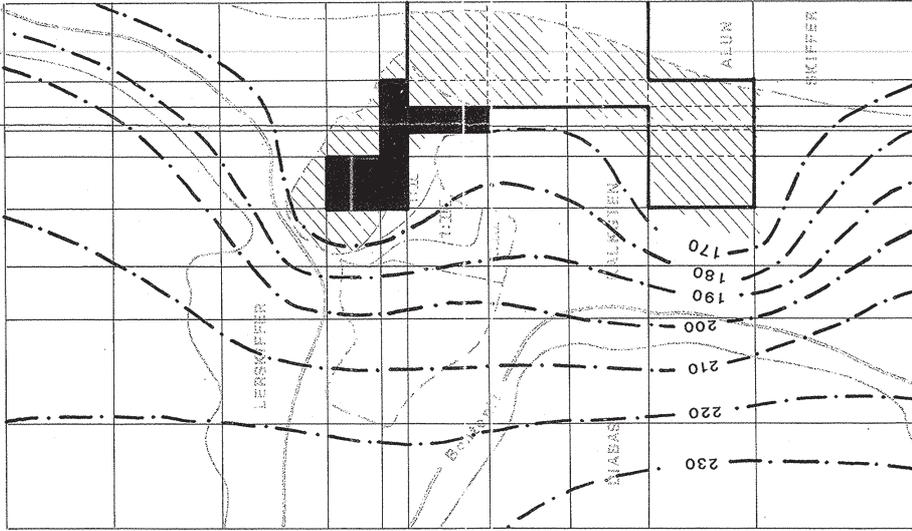
TECKENFÖRKLARING

-  Yttre gräns för avsänkning försorskad av befintliga kalkbrott
-  Avsänkt område efter etapp 1: III
-  Avsänkt område efter etapp 2: III
-  Yttergräns för brytningsetapp
-  Yttergräns för planerat brytningsområde



0 500 m

CEMENTA AB, SKÖVDE
GRUNDVATTENAVSÄNKNING I
KALKSTENSAKVIFEREN
SGU 1977-09-30
UPPDRAG 542033-6



TECKENFÖRKLARING

-  Befintliga brytningsområden
-  Planerad brytningssetapp
-  Yttergräns för planerat brytningsområde
-  Elementindelning för FEM - analys
-  Elementgräns för kalkbrott resp. täktsjö
-  Grundvattennivå i kalkstens akviferen bestämd med FEM - analys. Nivån angiven i m ö h
-  Täktsjön

CEMENTA AB, SKÖVDE
 GRUNDVATTENNIVÅ I KALKSTENS-
 AKVIFEREN FÖRE OCH EFTER
 TÄKTSJÖNS TILLKOMST
 SGU 1977-09-30
 UPPDRAG 542033-6