

Skifferbrytning för oljeutvinning på Kinnekulle

BERGSINGENJÖR SVEN V BERGH, STOCKHOLM

DK 622.354.1

Kinnekulles alunskiffer kan i brytningshänseende indelas i fyra områden, dagbrottsområdena längs bergets östra, norra och västra sidor samt det underjordiska brytningsområdet. Fig. 1 visar en karta över såväl de olika bergarterna på Kinnekulle, mängden av skiffer lämpad för oljeutvinning som ock obrutna områden, stenbrott och järnvägar med koncession. De östra och norra dagbrottsområdena äro för närvarande de ur oljeutvinnings synpunkt enda aktuella fyndigheterna. Det västra dagbrottsområdet, som visserligen omfattar betydande arealer, har dock mindre betydelse på grund av att skiffern här är oljefattigare, samt att förekomsten av inlagrad orsten är större än i östra området.

Så länge relativt oljerik skiffer kvarstår obruten i dagbrotten, finnes ingen anledning att tillgripa underjordsbrytning. För den händelse dylik brytning framdeles måste tillgripas, bör denna lämpligen förläggas till de östra delarna av skifferområdena. Underjordsbrytning av skiffer har tidigare förekommit vid Hunneberg, se fig. 2—4.

Alunskifferlagret inom Kinnekulle bildar i stort sett en konkordant lagerserie. Med hjälp av vid den geologiska undersökningen utförda brytningsnomogram och avvägningar ha tillgångarna av skiffer med olika olje- och orstenshalt beräknats för de östra och norra dagbrottsområdenas olika delar. Borrhålen och brottprofilerna visa, att de oljerikaste och orstensfattigaste lagren äro belägna omedelbart ovanpå "tjocka berget", (orstensbank med olenus gibbosus m.fl.) emellan detta och orstensbanken med peltura minor. För hela Kinnekulle gäller om detta lager, som såväl här som i Närke och Östergötland är det viktigaste ur oljesynpunkt, att mäktigheten är mindre än manshöjd väster om en linje oljeverket—Råbäcks gård och större än 3 m nordost om en

linje Törnsäter—Hällekis (se fig. 1). Oljehalten i dessa olika lager är tämligen genomgående 6,2—6,4 % i de östra och norra delarna men blir lägre i söder och väster. Orstenshalten är låg, 10—15 %. Denna skiffer har ungefär samma oljehalt som skiffern vid Kvarntorp i Närke.

Ovanpå detta lager följer ett 4—7 m mäktigt oljefattigare lager med stora mängder orsten inlagrad. Mäktigheten är minst i norr och störst i söder. Oljehalten synes vara bäst i trakten av Haggården, där också orstenshalten är minst.

Under tjocka berget, som är omkring eller något över 1 m mäktigt, följer ungefär 5 m skiffer med litet orsten. Då oljehalten i denna skiffer är lägre än i de övre lagren, brytes den f.n. icke.

Omfattningen av dagbrottsfyndigheterna ovan tjocka berget längs Kinnekulles östra sida från Sântorp till Väsätter (Kärrtomten) framgår av tabell 1, som upprättats av geolog Josef Eklund.

Stora delar av områdena med högvärdig skiffer äro belägna invid men på samma gång utanför de nuvarande kalkstensbrotten och äro på grund av sin låga kalkstenshalt föga begärliga för kalkbruken. Vid brytningen av den rika skiffern kommer den kvarlämnade orstenen senare att kunna komma till största nytta vid kalkstensbränning.

Såsom brytvärda tillgångar av alunskiffer ovan tjocka berget på Kinnekulle kunna anges:

dagbrottstillgångar med i genomsnitt 4 ¹ / ₂ % olja	34 Mt
dagbrottstillgångar med i genomsnitt 5 ¹ / ₂ % olja	12 Mt
underjordstillgångar med i genomsnitt 6,0— 6,5 % olja	60—70 Mt
Summa ca	110 Mt
med i genomsnitt 6 Mt olja	

Tabell 1.

	Avstånd från oljeverket km	Pallar med över 5 % olja				Pallar med under 5 % olja			
		har	Skiffer Mt	Olja %	Orsten Mt	har	Skiffer Mt	Olja %	Orsten Mt
Såntorp—Per-Månsgården	0,0	Inräknat i Brattefors				120	15,0	4,3	12,0
Brattefors	1,2	2,8	0,16	5,3	0,09	31	4,0	4,3	2,5
Kleva prästgård	1,2	Inräknat i Ödbogården				33	4,5	4,6	2,7
Ödbogården	1,8	18,3	1,36	5,3	0,78	7	1,0	4,7	0,5
Haggården, s.	2,6	10,7	0,80	5,4	0,43	19	2,5	4,8	1,4
Haggården—Sörgården	4	10,3	0,81	5,6	0,36	28	4,1	4,9	2,0
Törnsäter	5	13,0	1,46	5,2	0,69	—	—	—	—
Kärrotten	6	16,2	1,62	5,5	0,74	—	—	—	—

Brytas underjordstillgångarna med i genomsnitt 5 % olja kan i stället för 60—70 Mt utvinnas ca 150—160 Mt. I sådant fall skulle på Kinnekulle kunna utvinnas ca 10 Mt olja.

En första mera omfattande geologisk utredning över skifferorstenområdet vid Flottans Skifferoljeverk utfördes 1924 av professor K A Grönwall, Lund. År 1930 publicerade professor Bror Holmberg i IVA:s Handlingar nr 101 resultaten

av de provtagningar, som han utfört tillsammans med statsgeolog A Westergård och författaren i Kinne-Kleva i maj 1927. Härigenom erhöles för första gången säkra hållpunkter på oljehaltens fördelning i olika lager.

Den på författarens initiativ år 1941 igångsatta, mera ingående och allsidiga utredningen av Kinnekulles alunskiffertillgångar, som företagits i samarbete med Sveriges Geologiska Undersökning, har även berört det av marinen ägda området. Bl.a. har sålunda en sammanhängande profil genom hela alunskifferlagret erhållits genom kärnbörning vid rödstensklevens fot inom området, fig. 5, varigenom upprättande av bifogade brytningsnomogram, fig. 6, möjliggjorts. I anslutning till skifferutvinningen för oljeverket ha även en mängd djupstötborrningar under angivande av genomborrad bergart (skiffern ger mörkt bormjöl, orstenen ljus) vid skilda tillfällen företagits, varigenom en uppskattning av skiffertillgångarna inom det aktuella brytningsområdet närliggande fält kunnat erhållas. Inom marinen område har det visat sig, att lagerserien ligger orubbad, om man bortser från den generella mycket flacka VNV-stupningen samt förekomsten av en klyftspricka på högst 1 m bredd och fylld med sand och nedrasade ovanliggande bergarter, vilken från nya oljeverkets brott kunnat följas 1,5 km i riktning ONO.

Provbrytning av den under tjocka berget belägna skiffern har skett, men skiffern visade sig olämplig för oljeframställning. Mäktigheten av den ovan tjocka berget liggande skiffern är beroende av huru mycket som denuderats. Den är minst i slutningen närmast oljeverket och ökar in emot dagbrottsområdets norra gräns vid rödstenskleven. Brytningen har börjat i den rikaste delen av området, där övertäckning av fattig skiffer varit minst. Allt efter som brytningen fortskridit i riktning mot rödstenskleven har oljehalten sjunkit något. Sedan 6 m pallhöjd uppnåtts, har oljehalten i den brutna skiffern emellertid hållit sig konstant och utgör f.n. omkring 4,5 %.

Brytningen av skiffer och orsten vid Flottans Skifferoljeverk försiggår som bekant i öppet dagbrott. Endast den del av lagerserien, som ligger ovan tjocka berget, tas ut; den har en mäktighet av 8—11,5 m. Brytningen sker i en pall på en bergfront av ca 600 m. Skiffer och orsten uppluckras genom skjutning, och det frigjorda ber-

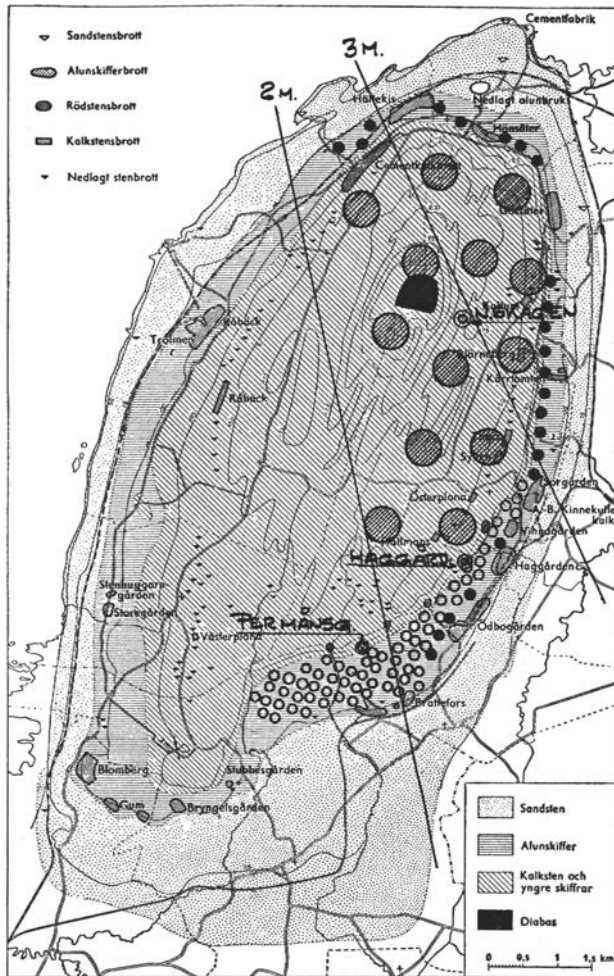


Fig. 1. Karta upprättad av geologerna J Eklund och P Thorslund i Sveriges Geologiska Undersökning. Dagbrottsfyndigheter lika med eller bättre än Flottans Skifferoljeverks: ○ 0,5 Mt skiffer < 5 % olja. ● 0,5 Mt skiffer > 5 % olja. Underjordsfyndigheter: ⊗ 5 Mt skiffer > 6 % olja. 3 m — Mäktighetskurva för skiffer > 6 % olja.



Fig. 2. Bergparti på Hunneberg, nedtill bestående av alunskiffer med inlagrad orsten och över denna diabas. På mitten av bilden syns en av ingångarna till underjordiska rum; därnedanför en fälttugn för tillverkning av bränd kalk med skiffer och orsten från underjordsbrytningen. Takhöjden i bergrummen är 3,6 m. Bilden ger även en föreställning om mäktigheten av överhängande berg.

get lastas med grävmaskiner, se fig. 7. Vid lastningen avskiljas de största orstensblocken och läggs åt sidan; det övriga berget lägges i lokdrivna decauvillevagnar om 2 m³ rymd. De avskilda orstensblocken lastas numera även med grävmaskin mot att tidigare ha lastats med elektriskt drivna lastkranar, "tuppkrantar". Orstensblocken uppläggas på plana sidotippande decauvillevagnar, se fig. 8. Jordtäckningen över skiffer-orstensberget, som i medeltal uppgår till 1,2 m, tas ävenledes bort med grävmaskin, som lastar jorden i bilar. Skiffrens sp. vikt är 2,22 och orstens är 2,62.

Under 1942 ha brutits, skrättats och krossats följande kvantiteter:

	Gräv- maskins- lastning berg t	Kran- lastning sten t	Skräd- ning sten t	Finkross- ning skiffer t
Januari	37 848	7 401	10 302	27 622
Februari	29 951	8 163	10 360	19 591
Mars	32 089	7 926	11 349	21 030
April	29 783	5 425	8 303	21 480
Maj	36 094	4 904	10 030	26 064
Juni	42 566	4 218	11 464	31 102
Juli	50 807	5 594	13 300	37 507
Augusti	49 512	6 763	12 733	36 779
September	45 882	8 012	11 598	34 284
Oktober	42 202	6 768	11 372	31 177
November	46 208	5 090	13 836	32 372
December	50 802	5 373	16 054	34 748
	493 744	75 637	140 107	353 756

Sammanlagt har sålunda brutits 569 500 t berg, varav erhållits 62 % finkrossad skiffer, 24,5 % på plockband och 13,5 % av grävmaskin utskrädd orsten. Ungefär en sjättedel av orstenen utgöres av högvärdig sten med 53 % CaO,

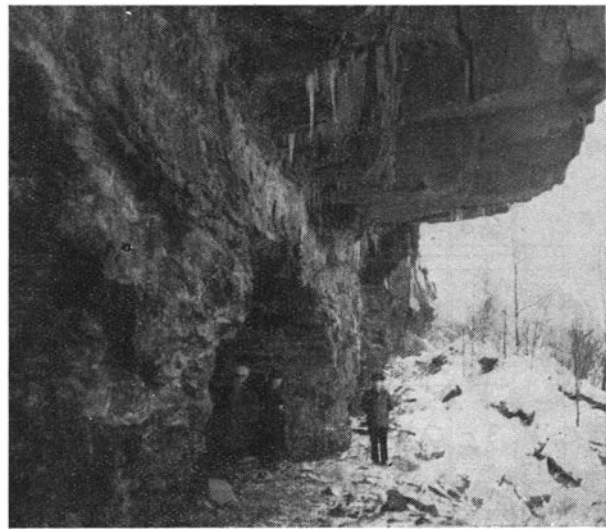


Fig. 3. Sidovy av ingångarna till de underjordiska rummen, med överhängande berg framför och ovan ingångarna.

0,7 % MgO, 0,4 % S, 2,2 % SiO₂ (dvs. 4 % skifferaska). Glödgningsförlusten är 42 %, och bitumeninnehållet motsvarar 88 kcal/kg orsten eller ungefär 10 % av bränsleåtgången i kalkugn. Den brända kalken kan beräknas innehålla 92 % CaO, 1 % MgO samt 4 % SiO₂, vilket senare binder 7 % CaO (+ MgO) som disilikat. Halten fri CaO i fullständigt bränd kalk kan därför beräknas till 86 %. Svavlet kan binda högst 0,7 % CaO men torde till stor del gå bort med rökgaserna vid bränningen. Den brända kalken är avsedd att användas som industrikalk. Övriga fem sjättedelar av orstenen utgöres av en medelgod sten med 49 % CaO, 0,8 % MgO, 1,1 % S, 0,8 % K₂O, 0,3 % P₂O₅ och 39 % glödgningsförlust och med bitumenen motsvarande 220 kcal/kg kalksten (25 % av bränsleåtgången i en kalkugn). Denna kalksten kan lämpligen användas som råmaterial vid tillverkning av jordbrukskalk (bränd eller som kalkstensmjöl), klinkertillverkning eller ock annat tekniskt bruk.



Fig. 4. Underjordiska rum, som utbrutits genom pelarbrytning (3,8 × 3,8 m pelare). Pelaravståndet är 6,0 m i brytningsriktning och 7,5 m vinkelrätt mot brytningsriktningen. Såsom sprängämne har använts bergkrut.

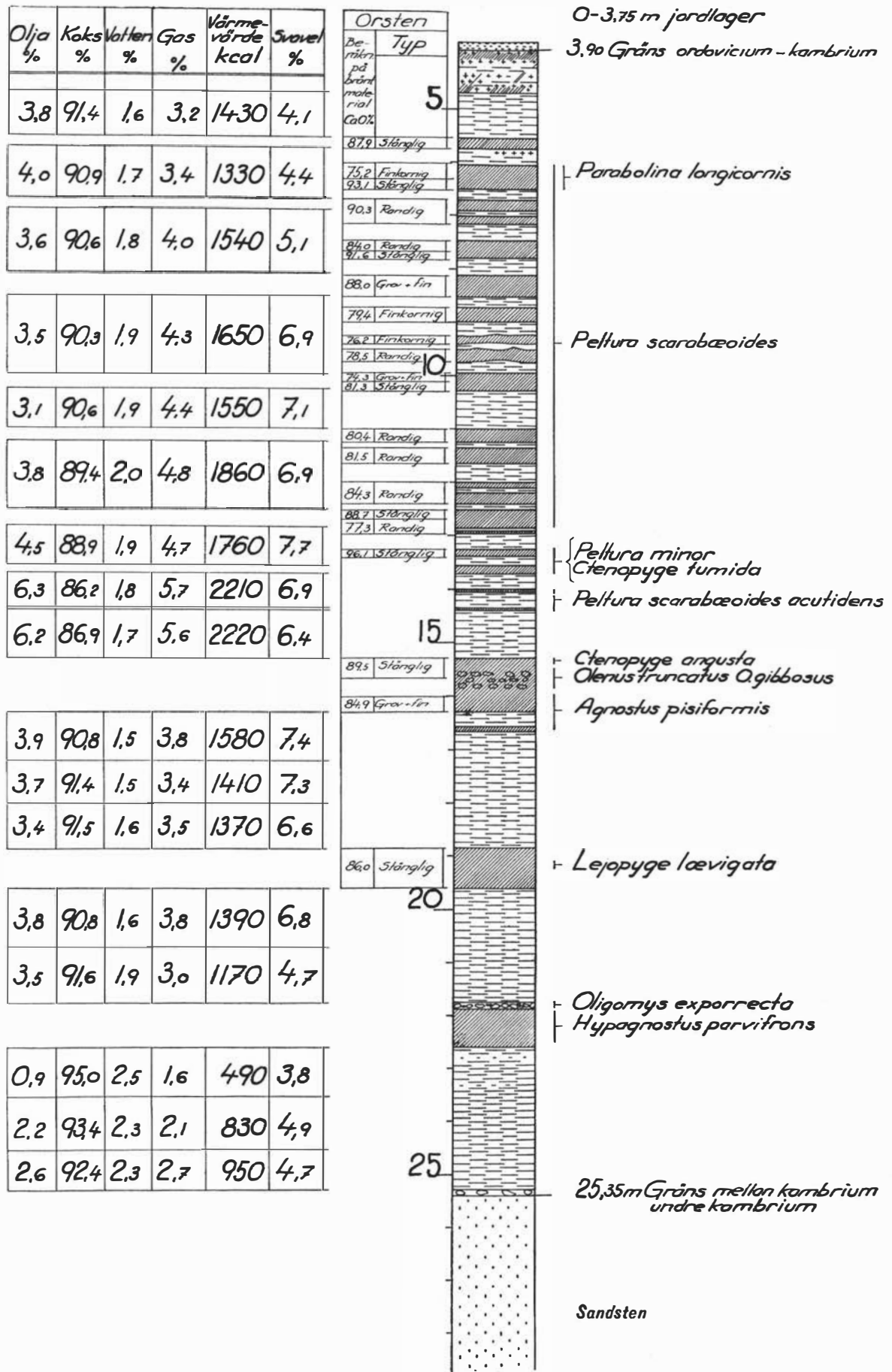


Fig. 5. Sammanhängande profil genom hela alunskifferlagret, erhållen genom kärnborrning vid rödstensklevens fot, i Kinne-Kleva, Per Månsgården.

Den maskinella utrustningen i skifferbrottet, se fig. 7—9, utgöres av fyra grävmaskiner (tre av märket P. H. 355, 255 och 255 A samt en G 650 från firma Åsbrink & Co, Malmö), tre eldrivna stenkranar för lastning av orstensblock av upp till 1,5 t vikt, fem oljedrivna diesellok (12—24 hk), 65 tippvagnar av 2 m³ rymd, vilka äro av grov konstruktion och lasta 2,4—2,8 t, 25 plana specialtippvagnar för lastning av stora orstensblock samt 115 tippvagnar på 1 m³ med förstärkt vagnkorg för transport av kalksten från skrädhuset samt för ev. handlastning, om den maskinella lastningen av en eller annan orsak icke skulle kunna bringas att fungera. De båda förstnämnda vagnstyperna äro försedda med fjädrande buffertar och ha levererats av Norbergs Mekaniska Verkstad. Den till samtliga spår använda rälsen väger 17—18 kg/m och lägges på underlag av skifferaska. Spårvidden är 600 mm. För bergborrningen användas fyra Atlas Diesel RO 65 luftdrivna bormaskiner. I en särskild byggnad är uppställd en Atlas Diesel kompressor OK 3. Samma byggnad inrymmer reparationsverkstad för vagnar och bormaskiner samt bormedja. I gruvan finnas vidare kurar för sprängämnen, belysningsanordningar, strålkastare om 1 000 W vardera, placerade på 50 m avstånd från varandra utefter brytningsfronten. Med undantag av loken äro samtliga maskiner elektriskt drivna.

Grävmaskinerna ha en skopvolym av 0,65 m³, vilken visat sig lämplig med hänsyn till bortskrädningen i brottet av större orstensblock. Effektförbrukningen hos grävmaskinerna är för tre maskiner 50 hk per maskin och för en maskin 70 hk. Samtliga maskiner äro försedda med eftersläpningsmotstånd i rotorkretsen för att kunna uppnå segdragande förmåga och samtidigt skydda maskinen för mekanisk överbelastning. Arbetet i gruvan och i krossverken bedrivs på två skift av 120 man sex dagar i veckan. Den förbrukade energimängden i gruvan per månad är 20 000 kWh och motsvarar 0,43 kWh/t brutet berg.



Fig. 7. Skifferlastning med grävmaskin.

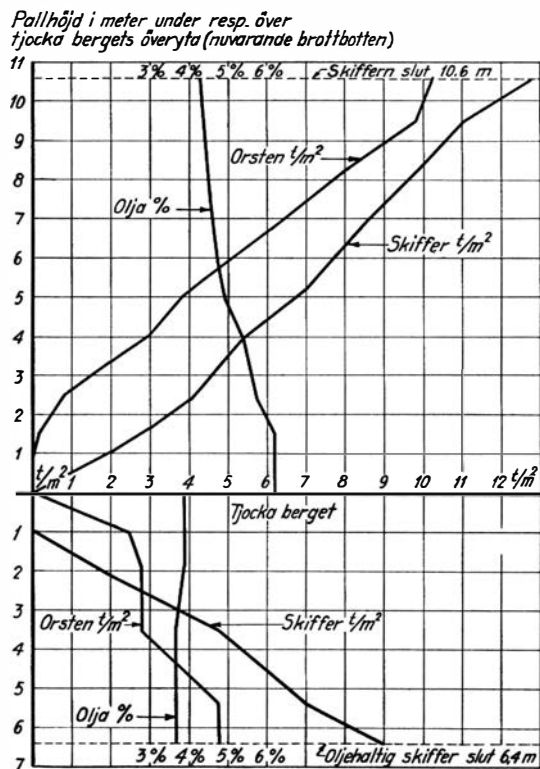


Fig. 6. Brytningsnomogram i anslutning till borrprofilen, fig. 5, Per Månggården.

Berget luckras upp för skoplastningen genom sprängning av salvor om 75—80 kg sprängämne, varvid ca 670 m³ fast berg lösgöres. Borrningen utföres med luftspolning och 1" sexkant borrhål (Hellefors 66 A). För borrhål av över 2 m längd hopsmides det centrala hålet i borrhålls kranen, och ett snett hål tas upp i borrhålls sida för att ernå bättre utblåsning av borrhålls dammet. Före laddningen skjutes gryta i inre raden borrhål, varvid användes ca $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ kg dynamit per borrhål. Såsom tändhatt användes nr 6. Salvan tändes elektriskt. Per ton lösbrutet berg åtgår 55—70 g



Fig. 8. Lastning av kalkstensblock med stenkran.

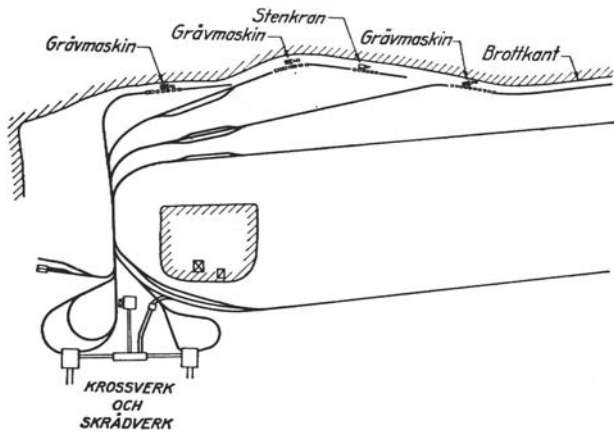
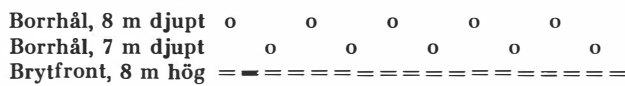


Fig. 9. Spårplan för transport av skiffer och kalksten.

sprängämne, bestående av hälften nitrolit och hälften dynamit.

Placeringen av borrhålen framgår av nedanstående principskiss.



Avståndet mellan brytfront och hålråd samt mellan hålråden är 3,0 m och mellan hålen 3,5 m.

Dräneringen verkställs med en 500 l/min centrifugalpump, som suger vattnet från en i skiffen nedsprängd pumpgrop, till vilken tvärgående dräneringsdiken leda i brottet.

Vid gruvsdriften ha följande arbetseffekter uppmätts:

ton berg per borrarad meter	19,6
ton berg per man och skift räknat på alla arbetare i gruvan (inberäknat reparatörer)	11,4
ton berg per grävmaskin och skift (2 man)	350,4
ton orsten per stenkran och skift (3 man)	44,7
ton orsten per man och skift vid handskrädning ..	26,4

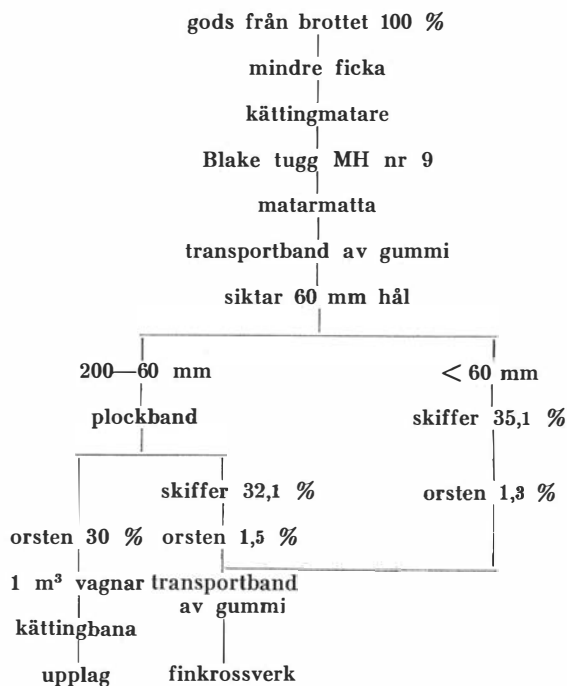


Fig. 10. Schema för grovkrossning och skrädning.

Grovkrossning och skrädning utföres enligt fig. 10. Efter krossning och skrädning håller skiffen, som ingår i finkrossverket, ca 11,8 % orsten. Denna orstenshalt kommer än ytterligare att ökas i den skiffer, som skall destilleras, enär ca 15 % stybb, som praktiskt taget består av ren skiffer, måste avskiljas från den finkrossade skiffen.

Finkrossverken, som arbeta enligt fig. 11, består av fyra parallella serier av valskrossverk, i vilka skiffen nedkrossas till < 28 mm styckstorlek. Krossverken ha levererats av Ingenjörfirman Edw. Larsson & Co., Stockholm. Följande exempel på siktanalys på finkrossad skiffer kan ges:

Kornstorlek mm	Viktprocent	
	Västra verket vikt-%	Östra verket vikt-%
> 28	0,9	1,5
28—25	10,9	14,0
25—22	9,8	11,5
22—15	27,7	23,4
15— 8	24,0	20,5
8— 5	9,0	8,7
5— 2	7,7	7,9
< 2	10,0	12,5
	100,0	100,0

Omkostnaderna för skiffer- och orstensbrytningen, i vilka icke äro inräknade kraftkostnaderna (verket är självförsörjande med avseende på kraft) samt ränta och avskrivning på maskinerna, framgå av nedanstående sammanställning på driftkostnadernas bruttovärden:

	Omkostnader juli—dec. 1942 kr.	Medeltal per månad kr.	Därav beräknat för	
			skiffer kr.	orsten kr.
Jordavrymning ..	72 000	12 000	7 676	4 324
Brytning	59 905	9 984	6 386	3 598
Maskinlastning ..	75 689	12 615	8 069	4 546
Kranlastning ¹ ...	43 056	7 176	—	7 176
Gruvtransport ...	83 472	13 912	8 899	5 013
Kalkstenstipp ...	9 313	1 552	—	1 552
Grovkross	23 303	3 884	2 484	1 400
Skrädhus	63 763	10 627	6 798	3 829
Kättingbana	6 340	1 057	—	1 057
Del av gemensamma kostnader ..	56 137	9 356	5 985	3 371
S:a kronor	492 978	82 163	46 297	35 866
Finkrossar	45 822	7 637	7 637	—
Del av gemensamma kostnader ..	4 135	689	689	—
S:a kronor	542 935	90 489	54 623	35 866

¹ Enligt tidigare använd metod.

Under tiden juli—december bröts 206 905 t skiffer och 116 559 t orsten eller i genomsnitt per månad 34 500 t skiffer och 19 400 t orsten. Brytningskostnaderna enligt ovanstående bli sålunda:

för skiffer exkl. finkrossning	1,34 kr/t
för orsten färdig på upplag	1,85 kr/t
kostnaden för finkrossning uppgår till	0,24 kr/t

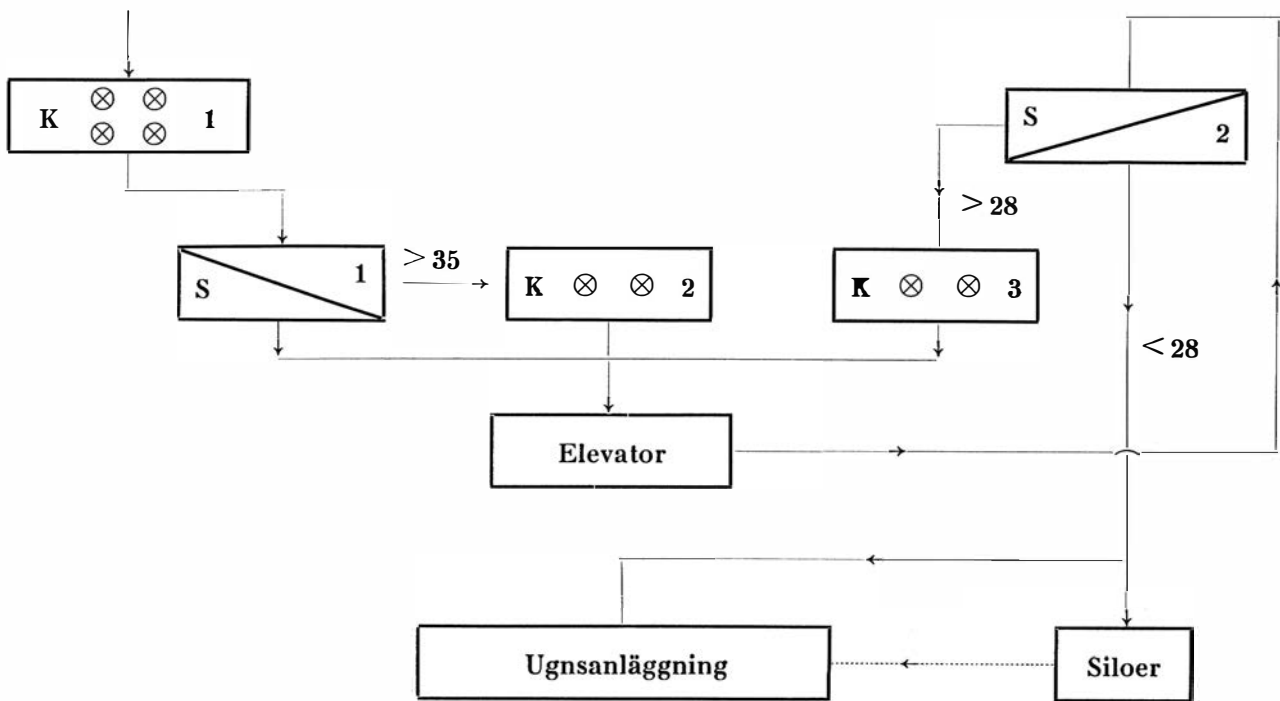


Fig. 11. Schema för finkrossverkens arbetssätt. K = krossar (vals-krossar med tandade manganstålvalsar). S = siktar (skaksiktar enligt parallellkretsprincipen).

Vid gruvdriftens uppläggning ha överingenjör Bror Anderson och bergsingenjör P Norrman medverkat. Allt efter det arbetet i gruvan fortskridit, ha ingående tidsstudieundersökningar av särskilt tillkallad expert, civilingenjör Sten Tiberg, företags, varigenom förbättringar och förenklingar av driften kunnat vidtas.

Då det på grund av tidsläget ej varit möjligt att till alla delar anskaffa den lämpligaste maskinella utrustningen, har ännu ej den eftersträfvade högsta effektiviteten kunnat uppnås. För avbaningen har anlåtats entreprenör. Kranlastningen har ersatts med maskinlastning, varigenom kostnaderna för skiffer och orsten än ytterligare nedbringats.

En avsevärd förenkling torde kunna ernås genom att utföra en förskrädning av skiffern genom tippning över lämpligt anordnade galler. Då orsten är grovstyckigare och ej så spröd som skiffern, kan man vänta att få praktiskt taget ren orsten kvar på gallret. Utförda försök med galler (lutning 1: 3,3, galleravstånd 190 mm) ha även bekräftat detta, i det ca 60 % av orsten och nästan ingen skiffer stannade på gallret. Försöket visade följande riktlinjer för lämplig gallerkonstruktion: släppning på gallerstängerna 1: 200, galleravstånd 190 till 175 mm, gallerlutningen 1: 2,5 (ca 22°).

Genom att utöka fältugnsbränningen från ca

120 000 hl till 240 000 hl bränd jordbrukskalk per år, varvid för bränningen utnyttjas de övre kalkstensrika och något oljefattigare skifferlagren, kan en betydande del underliggande rik skiffer, relativt orstensfri, erhållas för oljetillverkningen. Sammalunda kan en del oljerik skiffer vinnas genom en analog omläggning av driften vid närliggande kalkbruk.

Så länge ej orsten utnyttjas och oljepriset är högt, bör man söka förlägga brytningen till så oljerika och orstensfattiga delar av det tidigare omnämnda östra dagbrottsområdet som möjligt. Transporterna från dessa fyndigheter böra lämpligen kunna ske med linbana.

Möjligheterna att utnyttja kalkstenen ha undersökts. Det som f.n. ligger närmast till hands är framställning av industri- och jordbrukskalk, vilken senare framställs genom fältugnsbränning eller malning av kalkstensmjöl.

Professor E Hägglund har på cellulosaindustriens centrallaboratorium låtit utföra vissa undersökningar på den bästa kalkstenen från brottet i Kinne-Kleva för framställning av bränd kalk för sulfatindustrien. Vid försöken erhöles en bränd kalk, som var ljus, släcktes väl med vatten och sedimenterade lätt vid kausticering. Försök komma nu att anställas i teknisk skala och prov med sådan bränd kalk att utföras vid sulfatfabrik.