

Tillverkning och hantering av bentonit- block

**VBB
ASEA
ASEA-ATOM
Gränges Mineralprocesser
Juni 1978**

TILLVERKNING OCH HANTERING AV
BENTONITBLOCK

VBB

ASEA

ASEA-ATOM

GRÄNGES MINERALPROCESSER

Juni 1978

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

FABRICATION AND HANDLING OF BENTONITE BLOCKS FOR THE FINAL REPOSITORY

Summary

In accordance with the project for the final storage of spent nuclear fuel, the waste will be encapsulated into copper canisters, which will be deposited in a final repository located in rock 500 m below ground level. The repository consists of a system of horizontal storage and access tunnels, connected to vertical shafts from ground level. The canisters will be placed in vertical holes in the bottoms of the tunnels, where the copper cylinders will be surrounded by blocks of highly compacted bentonite. When the blocks are saturated with water and expansion is essentially retained as in the actual case, a very high swelling pressure will arise. The bentonite will be extremely impermeable and thus it will form a barrier against transport of corrosive matters to the canister.

The blocks are fabricated by means of cold isostatic pressing of bentonite powder, using high pressure equipment of a type, which is commonly used for the fabrication of hard metal, insulators, graphite blocks, refractory materials and other ceramics, etc. The base material in the form of powder is enclosed in flexible forms, which are introduced into pressure vessels where the forms are surrounded by oil or water. By means of a pumping system the liquid is subjected to very high pressures acting uniformly over the forms. Thus the powder is compacted into rigid bodies with a bulk density of about 2.2 t/m^3 for "air dry" bentonite, which might be compared with a specific density of about 2.7 t/m^3 .

The plant for the fabrication of bentonite blocks should preferably be located at the site for the incapsulation plant above the final repository. The blocks will be transported by a lift from ground level to the repository, where they will be loaded on a special truck equipped with a crane. The truck can take a complete set of blocks to one deposition hole, where the placing is performed using the crane. The placing of a canister is preceded by piling up bentonite blocks to a level just below the canister lid position, after which the slot around the blocks is filled with bentonite powder. The rest of the blocks are mounted after filling bentonite powder into the inner slot around the canister as well.

Finally the storage tunnels will be sealed by filling them with a mixture of sand and bentonite, as described in ref. [2] and [3]. Preferably, the sealing of a tunnel should be carried out a short time after its depo-

sitioning holes have been filled up. Until the sealing of the tunnel, ground water is drained through a system of bore holes, for which reason there is only a slight risk of early water uptake and swelling of the bentonite. During a possible delay, however, the vertical displacements of the bentonite blocks should be measured. If any significant swelling should be observed, additional drainage holes can be drilled around the actual deposition hole or the fill can be supported by temporary struts or permanent columns of piled granite blocks against the roof of the tunnel.

When, following the sealing of the storage, the bentonite is gradually saturated with ground water, swelling takes place until the swelling pressure of the bentonite fill in the holes is balanced by the reaction from the compressed sand-bentonite fill in the tunnel and by the friction forces at the rock surfaces. According to estimates, taking into account the initial voids in slots and joints between blocks as well as the time-dependent deformation of the tunnel fill above the hole, the final density of the bentonite blocks will amount to about 2.1 t/m^3 . This means that the bentonite bodies below the canisters will maintain sufficient bearing capacity and that the permeability of the material around the canisters will remain extremely low [1].

TILLVERKNING OCH HANTERING AV
BENTONITBLOCK I SLUTFÖRVARET

Innehåll

1. Förutsättningar
2. Tillverkning
3. Transportvägar och transportmetoder
4. Placering av bentonitblock i deponeringshål
5. Åtgärder efter fyllning av deponeringshålen

Fig 1 - 7

Bilagor

- A. Tillverkning av bentonitblock
(U Odebo, ASEA)
- B. Sammanställning av data från diverse undersökningar av bentonit
(L Hydén, ASEA-ATOM)
- C. Värmebehandling samt fuktning av bentonit
(J Svensson, G Brask, GRÄNGES MINERAL-PROCESSER)
- D. Rapport från laboratorieundersökning av pressad bentonit
(H Fagerström, Å Nilsson, VBB)
- E. Rapport från kompletterande laboratorieundersökning av pressad bentonit
(A Heiner, Å Nilsson, VBB)
- F. PM angående packning av tunnelfyllning
(A Heiner, Å Nilsson, VBB)

1. Förutsättningar

Vid direktdeponering av utbränt, icke upparbetat kärnbränsle avses bränslestavarna bli inkapslade i cylindriska kopparkapslar, som slutdeponeras i berg 500 m under markytan. Slutförvaret består av ett system av horisontella tunnlar, förbundna med en ovanjordsanläggning för inkapsling m m via vertikala hisschakt (se Figur 1). Kapslarna placeras i deponeringshål borrade i förvaringstunnlarnas golv (se Figur 2).

Kapslarna isoleras från deponeringshållets bergväggar av förtillverkade block av högkompakterad ren bentonit. Blocken tillverkas genom kall isostatisk pressning av bentonitpulver, vilket resulterar i hög densitet (skrymdensitet ca 2,2 t/m³ vid ca 10 % vattenhalt). Om blocken vattenmättas vid förhindrad expansion, erhålls ett mycket högt svälltryck och en extremt låg permeabilitet. Även vid en expansion av den storleksordning som är möjlig i deponeringshålen blir permeabiliteten mycket låg och bentonitisoleringen utgör en barriär, som effektivt motverkar vattentillströmning och tillförsel av ämnen, som skulle kunna befrämja korrosion av kopparkapseln. På grund av det höga svälltrycket tätas alla spalter mellan blocken liksom eventuella sprickor i de omgivande bergväggarna. [1].

2. Tillverkning

Bentonitblocken framställs genom kompaktering av "lufttorrt" bentonitpulver. Standardkvaliteten MX-80 Volclay (Wyoming-bentonit) har befunnits utgöra lämpligt utgångsmaterial. Materialet bör ha ca 10 procents vattenhalt vid pressningen.

Kompakteringen utförs genom kall isostatisk pressning av bentonitpulvret, med användande av högtryckspresser av en typ som länge använts för tillverkning av hård-

metall, isolatorämnen, grafitblock, ugnsinfodringar och andra keramiska kroppar. Kompressibla former innehållande utgångsmaterialet i pulverform, placeras i tryckkärl, där formarna omges av olja eller vatten, som trycksätts med hjälp av högtryckspumpar. Pulvret komprimeras till fasta kroppar med avsevärt ökad densitet.

Tillvägagångssättet vid tillverkning av bentonitblock beskrivs utförligt i Bilaga A. Med hjälp av Aseas Quintus-pressar kompakteras bentonitpulvret i en cylindrisk tryckkammare, med höjden 4,5 m och diametern 2,1 m. Lämpligt arbetstryck är ca 100 MPa, varvid bentonitblocken får skrymdensiteten ca 2,2 t/m³, vilket kan jämföras med utgångsmaterialets specifika vikt 2,7 t/m³. Tillverkningskapaciteten för en enda press har beräknats till 3 000 block per år, vilket är 50 procent mer än det antal block som erfordras för deponering av ca 200 bränslekapslar per år.

Provningar av bentonit av den aktuella typen har utförts dels i laboratorieskala, dels i större skala med hjälp av högtrycksutrustning av den aktuella typen (se Bilaga B). I det senare fallet pressades bl a några cylindriska kroppar med diametern 0,3 m och höjden ca 1,5 m. (Se Figur 7.) Provkropparna har undersökts vad beträffar densitet, svällningsegenskaper, hållfasthet, m m. Undersökningarna beskrivs i Bilagorna B, D och E. Resultaten från undersökningarna har legat till grund för bedömning av bentonitblockens hanterbarhet, som behandlas i denna rapport, samt bentonitisolerings slutliga funktion, som behandlas i ref [1].

Eftersom råmaterialets sulfidhalt kan vara större än vad som är önskvärt med hänsyn till inverkan på koppar-kapslarnas korrosion, förutsätts att materialet skall kunna värmebehandlas för reduktion av sulfidinnehållet. Försök med värmebehandling har gjorts av Gränges Mineralprocesser i Stråssa. Försöken beskrivs i Bilaga C,

varjämte resultaten behandlas i Bilaga B. Av resultaten framgår att sulfidhalten kan sänkas till acceptabel nivå genom värmebehandling, utan att bentonitens egenskaper förändras i någon väsentlig utsträckning. I samband med försöken prövades också med framgång metoder att efter torkningen fukta bentonitpulvret till ca 10 procents vattenhalt.

Såväl värmebehandlingen av råmaterialet som pressningen av bentoniten utförs i en fabrik, som lämpligen förläggs i anslutning till inkapslingsstationen ovanför slutförvaret. Annan förläggningsplats kan också ifrågakomma, eftersom transport och lagring av blocken icke innebär några större problem.

3. Transportvägar och transportsätt

Från ovanjordsanläggningen forslas blocken till slutförvaret med en materialtransporthiss, som är placerad i anläggningens huvudtransportschakt. Under de skeden då bergtransporthissen icke är fullt utnyttjad för uttransport av bergmassor eller för nedtransport av sand och bentonit för försegling av tunnlar, kan även denna hiss utnyttjas för nedtransport av bentonitblock.

Inlastning i hissen liksom urlastning utförs med hjälp av gaffeltruck eller liknande utrustning. Blocken skall vara försedda med transportemballage som förhindrar kantstötning och ändring av fukthalten. Hållfasthetsprovningar har visat att blockens tryckhållfasthet blir ca 8 - 9 MPa och draghållfastheten omkring 10 procent därav. Materialet kan därför betraktas som relativt robust, ur hanteringssynpunkt närmast jämförbart med de starkaste lättbetongtyperna eller med mycket "mager" betong. Erfarenheterna visar emellertid att det kan uppkomma fina ytliga sprickor på blocken till följd av spänningsomlagringar och möjligen viss uttorkning. För att eliminera risken för hanteringsproblem

förorsakade av sådana sprickanvisningar, kan blocken försees med en transportförstärkning i form av "tunnband" eller dylikt, som avlägsnas före eller efter blockens montering i deponeringshålen. Från hissen lastas blocken direkt på en specialbyggd vagn, som rymmer en full uppsättning block för ett deponeringshål. Transportvagnen förflyttas till deponeringsstället med hjälp av ett tillhörande dragfordon.

Tunneltransporten och samordningen med kapseltransporten åskådliggörs på Figur 3.

4. Placering av bentonitblock i deponeringshål

Som normal rutin avses montering av bentonitblock i ett deponeringshål utföras i omedelbar anslutning till kapselmontaget, se Figur 4. Från transportvagnen, som är försedd med en utkragad telferbalk, firas blocken ned i det väl rengjorda och länsade deponeringshålet och staplas på varandra, tills bentonitinklädnaden når upp till något under den lägsta nivå, till vilken hanteringsdonet för kapseln måste sänkas. Bentonittransportvagnen körs sedan undan, varefter kapseln körs fram och monteras med hjälp av en speciell transportbil, utrustad för strålskärmad hantering. (Hanteringen av kapseln beskrivs i ref [4].) Slutligen körs bentonittransportvagnen åter fram till deponeringshålet, och de återstående blocken monteras omkring och ovanpå kapselns övre del. Denna operation kan eventuellt utföras i anslutning till montage av de nedre blocken i ett angränsande deponeringshål, så som visats på Figur 4.

På det översta blocket placeras ett kopparbleck, som täcker deponeringshålets sektion med god anslutning till hålväggen, och som motverkar inträngning av syre och andra korrosionsbefrämjande ämnen från tunneln. Ovanför locket fylls deponeringshålet med en blandning

av sand och bentonit, som packas väl med vibratorplatta. Denna operation kan utföras i samband med förseglingen av tunnlarna.

Bentonitblocken hanteras med hjälp av ett speciellt lyftok, Figur 5, som kopplas i transportvagnens telferkrok. Lyftoket har 4 lyftstänger med upplagsbrickor ①. Stängerna sänks ned i avlånga hål i bentonitblocken ② och vrids ett kvarts varv med hjälp av ett vred ③ med låsspår och muttrar som fastdrages.

Till lyftoket hör också en demonterbar styrring ④, som används vid montage av de annulära blocken, så att dessa kan staplas på varandra med god precision. Det styrande kravet är att spalten mellan kopparkapseln och blocken icke skall bli mindre än ca 20 mm utom i botten, där det nedre blocket utformas med något konisk inre vägg, så att kapseln styrs in koncentriskt med blocket. Spaltens genomsnittliga vidd skall vara omkring 30 mm. Den yttre spaltens genomsnittliga vidd skall vara högst 50 mm.

5. Fyllning av spalter

Innan blocken monteras avjämnas deponeringshålets botten med bentonitpulver. Avjämnningen horisonteras noga.

Den yttre spalten fylls med granulerat bentonitpulver efter hand som blocken monteras. Packningen utförs med lätt vibratorutrustning, som hanteras manuellt. Man kan på detta sätt uppnå en relativt hög packningsgrad motsvarande en skrymdensitet på omkring $1,8 \text{ t/m}^3$ för vattenmättat material.

Sedan kapseln ställts på plats fylls den inre spalten också med bentonitpulver. Härvid används ett speciellt fyllningsverktyg (se Figur 6). Detta består av koniska och cylindriska plåtelement så utformade att bentonit-

pulvret, som tillförs vid verktygets övre rand, fördelas mellan en inre och en yttre mantel med hjälp av en roterande konisk skärm, varefter pulvret får falla fritt ned i spalten. Verktygets nedre del förs ned omkring kapselns lock, varefter kapselns vertikalläge justeras med hjälp av tre domkrafter så att spaltvidden blir tillräcklig runt hela omkretsen.

Försök har visat att man genom att låta bentonitpulver falla fritt i en liknande spalt uppnår en packningsgrad, som ger en skrymdensitet omkring $1,65 \text{ t/m}^3$ vid vattenmättnad (se Bilaga D). Eftersom den yttre fyllningens densitet blir ca $1,8 \text{ t/m}^3$, kan man räkna med en genomsnittlig densitet i spaltfyllnaderna på ca $1,75 \text{ t/m}^3$ vid vattenmättnad och oförändrad volym.

När blocken vattenmätts, sker emellertid en svällning. Hålrummen mellan blocken utfylls helt och bentonitpulverfyllningarna komprimeras. Bentonitblockens volymökning leder till ca 5 procents minskning av blockens ursprungliga densitet. Denna reduceras ytterligare något när bentonitfyllningen i deponeringshålet på lång sikt expanderar uppåt genom att tunnelfyllningen komprimeras. Den resulterande densiteten blir $2,05 - 2,1 \text{ t/m}^3$, vilket innebär att fyllningen bibehåller tillräcklig bärförmåga och vattentäthet. (Se Bilaga F och ref [1].)

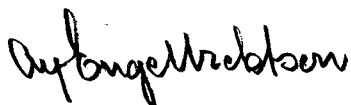
6. Åtgärder efter fyllning av deponeringshålen

Fyllningen av ett deponeringshål avslutas med att hålet täcks med ett lock, som skall utgöra ett skydd mot inläckande vatten och föroreningar från tunneln. Locket avlägsnas innan tunneln förseglas genom fyllning med sand-bentonitblandning, ref [2] och [3].

Förseglingen kan ske efter hand som deponeringsarbetena avslutas i de enskilda tunnlarne eller i större etapper. I det senare fallet fortsätter man att dränera de borrhål som omger deponeringshålen. Om grundvattentillströmningen till något enstaka deponeringshål trots dränagesystemet skulle bli så stor att bentoniten i spalterna och kanske också själva locken hinner börja svälla, kan man motverka svällningen genom att borra fler dräneringshål. Det temporära locket över varje deponeringshål kan också tätas väl mot bergväggarna och stämpas mot tunneltaket. Tätningen utförs lämpligen genom cementinjektering av en gummislang placerad kring locket. Behovet av dylika åtgärder bedöms genom kontinuerlig kontroll av lockets eventuella nivåändring. Stämpkrafterna kan kontrolleras genom t ex tillfällig överföring av lasten på ett domkraftsystem. Om krafterna tenderar att bli obekvämt stora, kan avlastning ske genom att man tillåter en begränsad expansion hos fyllningen. Maximalt tillåten expansion bestäms med hänsyn till sambanden mellan bentonitens densitet och materialets bärförmåga och vattentäthet. En eventuell uppkommen expansion hos fyllnadsmaterialet i deponeringshålet kan kompenseras genom att man minskar ovanförliggande tunnelfyllnings kompressibilitet, t ex genom att bygga in pelare av staplade granitblock i fyllningen ovanför hålet. Med hänsyn till dränagesystemet och kraven på speciellt tätt berg omkring hålen bedöms behovet av dylika åtgärder bli begränsat till ett fåtal deponeringshål.

Stockholm 1978-05-08

VBB VATTENBYGGNADSBYRÅN



Alf Engelbrektson

Referenser

1. R Pusch: Highly compacted Na bentonite as buffer substance. KBS Teknisk Rapport 74 (1978)
2. H Fagerström, B Lundahl: Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts. KBS Teknisk Rapport 37 (1977)
3. A Finné, A Engelbrektson: Utformning av berg-rumsanläggningar. KBS Teknisk Rapport 38 (1977)
4. A Engelbrektson: Hantering av kapslar med använt bränsle i slutförvaret. KBS Teknisk Rapport 83

SLUTFÖRVAR

500 M

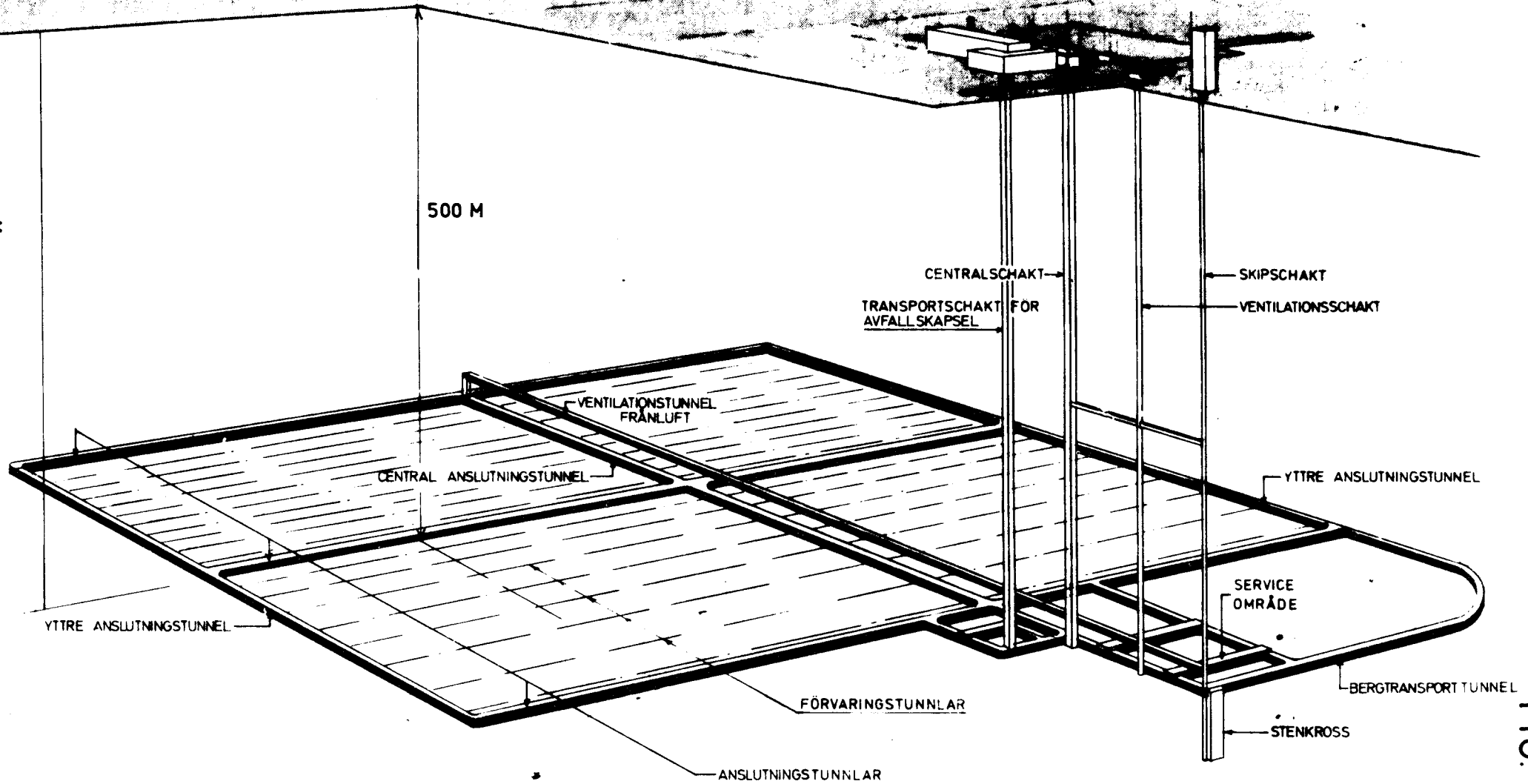
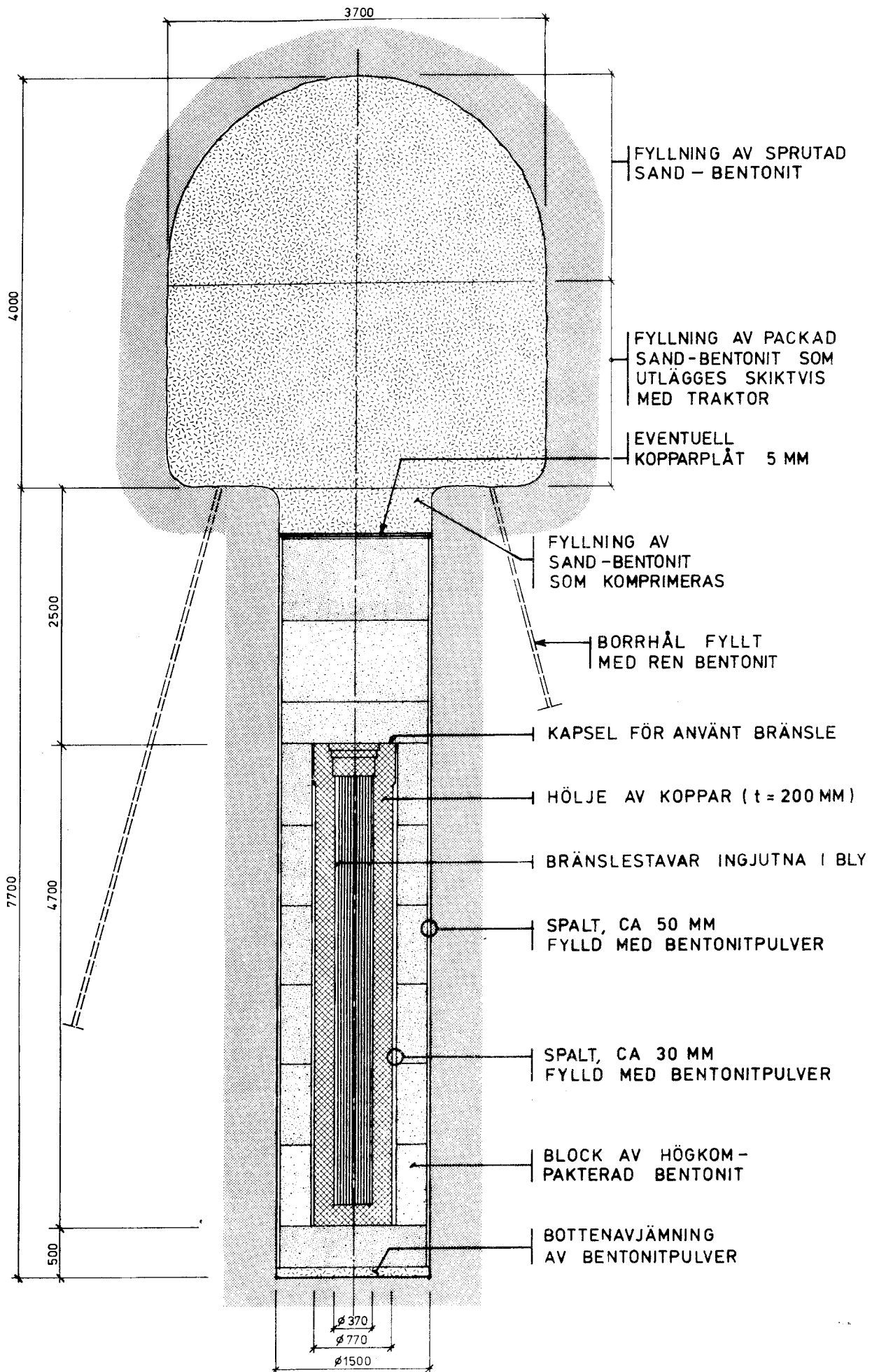


FIG. 1

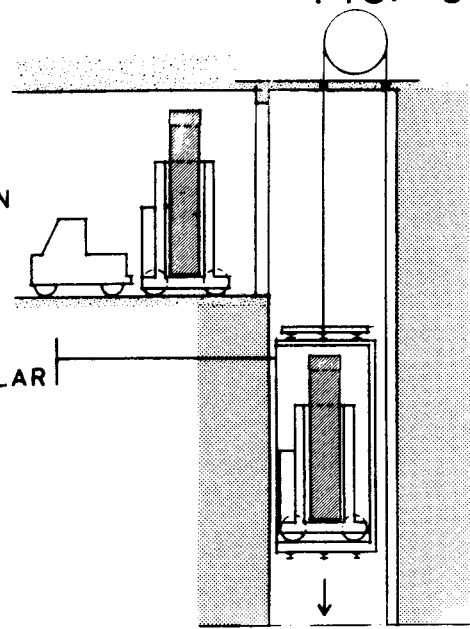
FIG. 2



DEPONERINGSHÅL

(A) FRÅN → INKAPSLINGSSTATION

TRANSPORTSCHAFT FÖR AVFALLSKAPSLAR



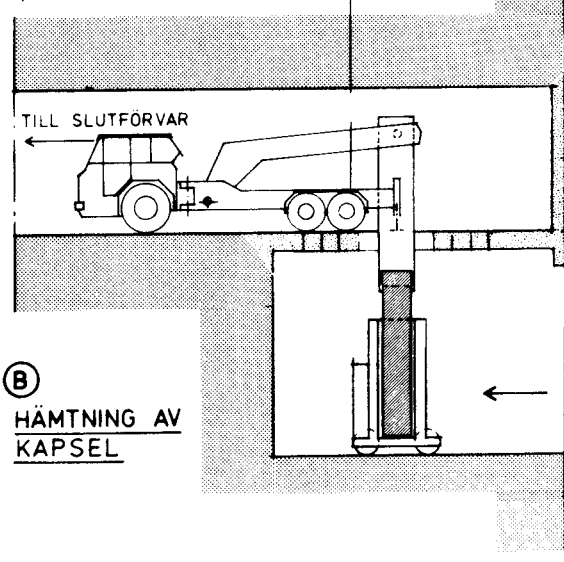
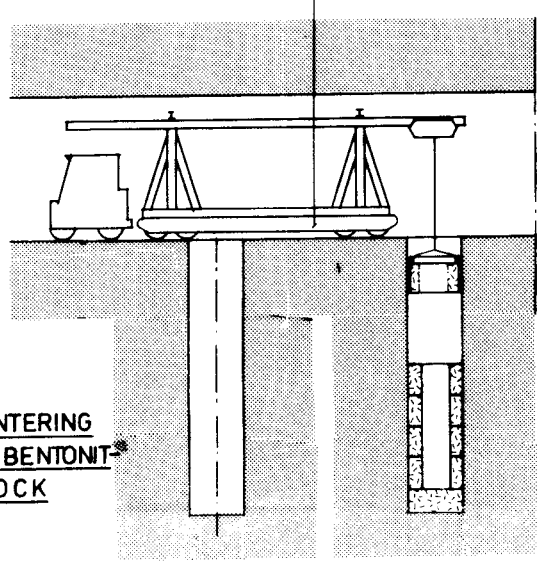
TRANSPORTVAGN FÖR BENTONITBLOCK

TRANSPORTVAGN FÖR AVFALLSKAPSEL

TILL SLUTFÖRVAR

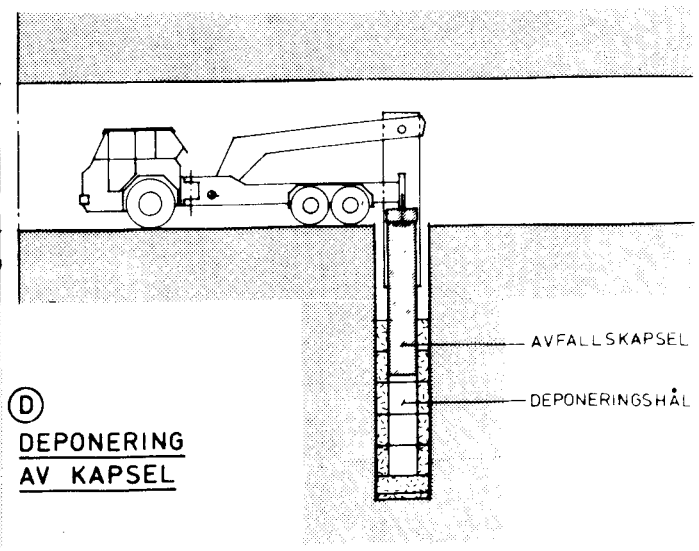
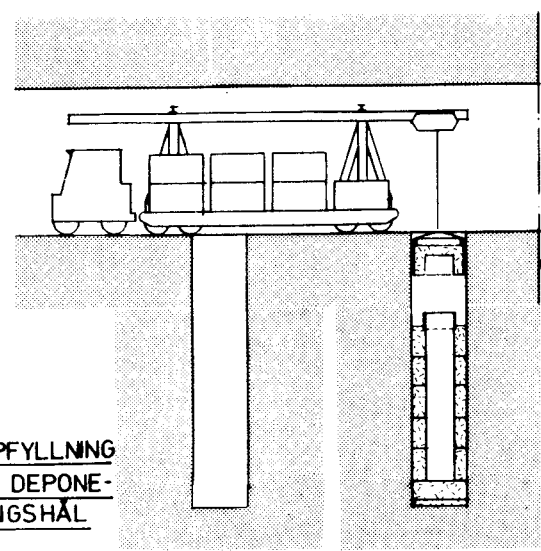
(C) MONTERING AV BENTONIT-BLOCK

(B) HÄMTNING AV KAPSEL

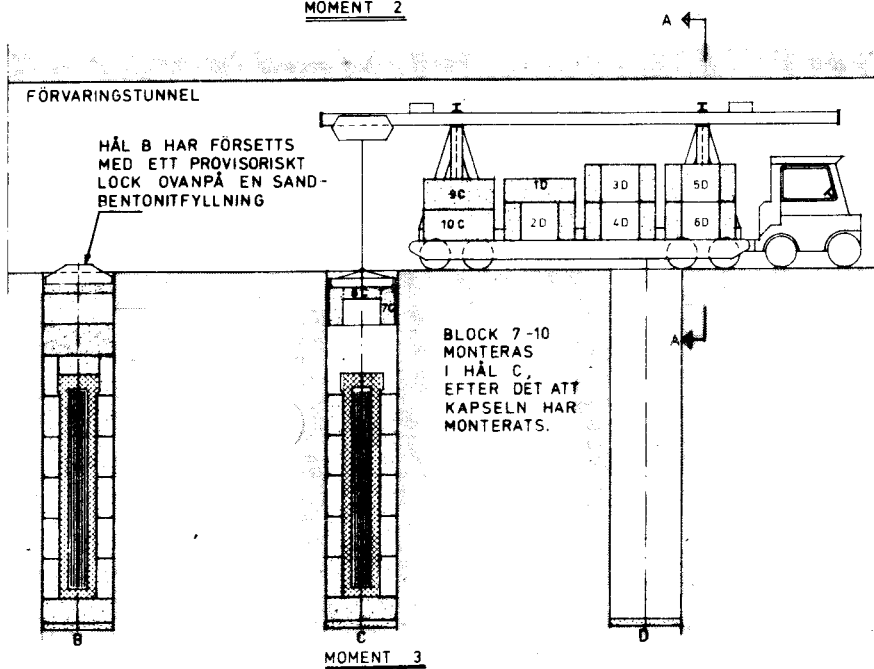
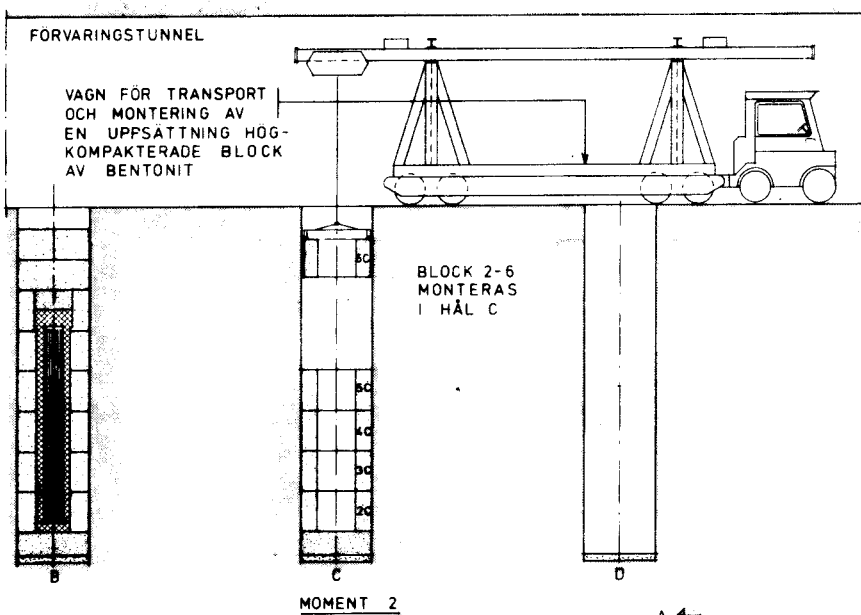
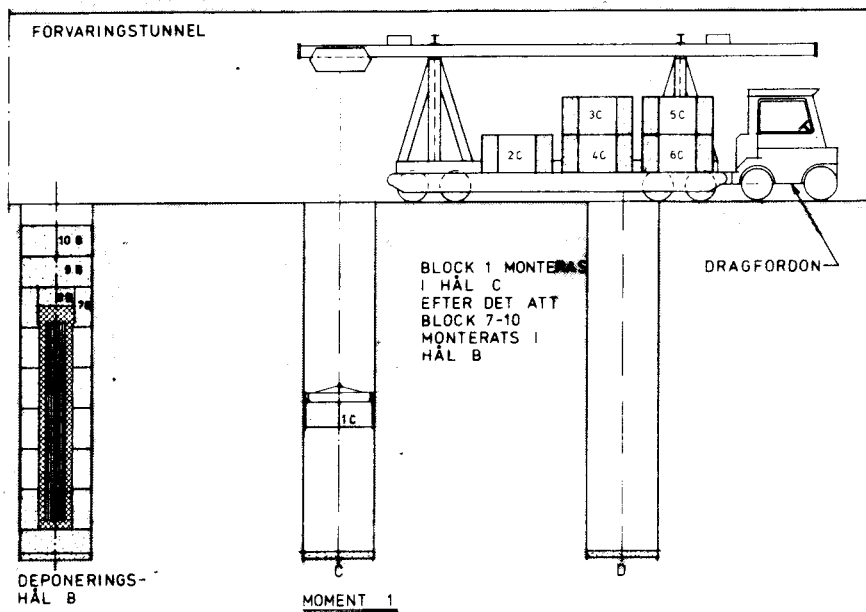


(E) UPPFYLLNING AV DEPONERINGSHÅL

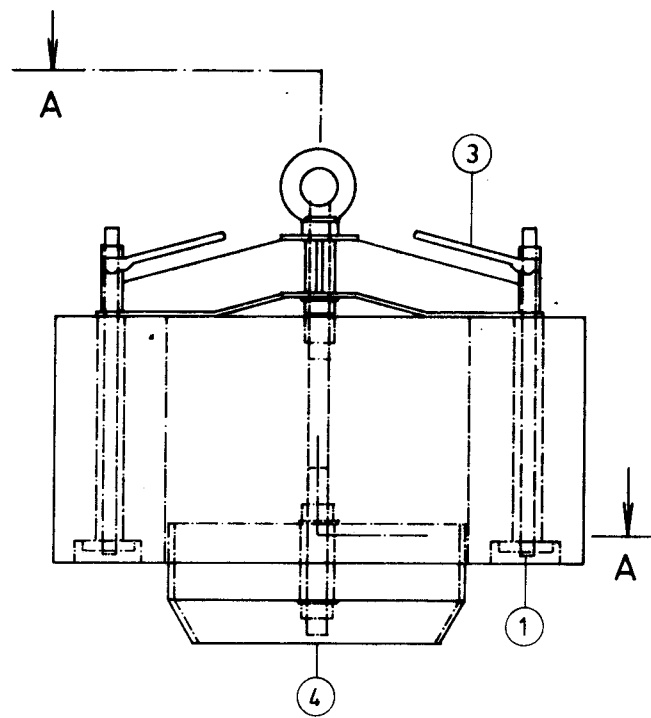
(D) DEPONERING AV KAPSEL



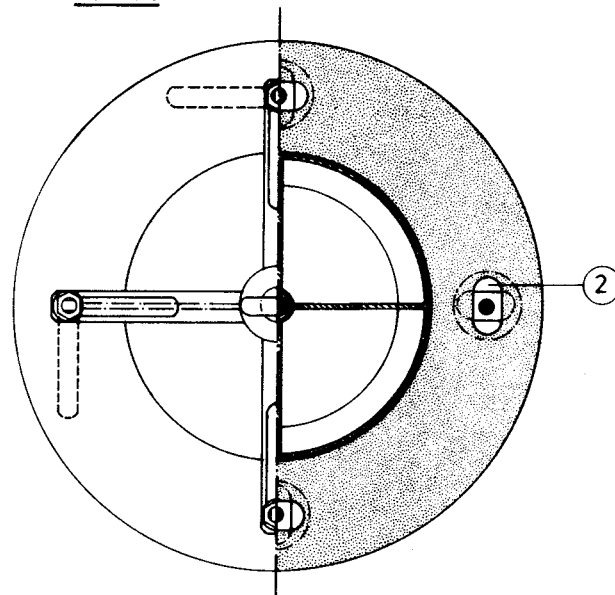
KAPSELTRANSPORT FRÅN INKAPSLINGSSTATION TILL DEPONERINGSHÅL



MONTAGE AV KOMPakterade BENTONIT-BLOCK I DEPONERINGSHÅLEN

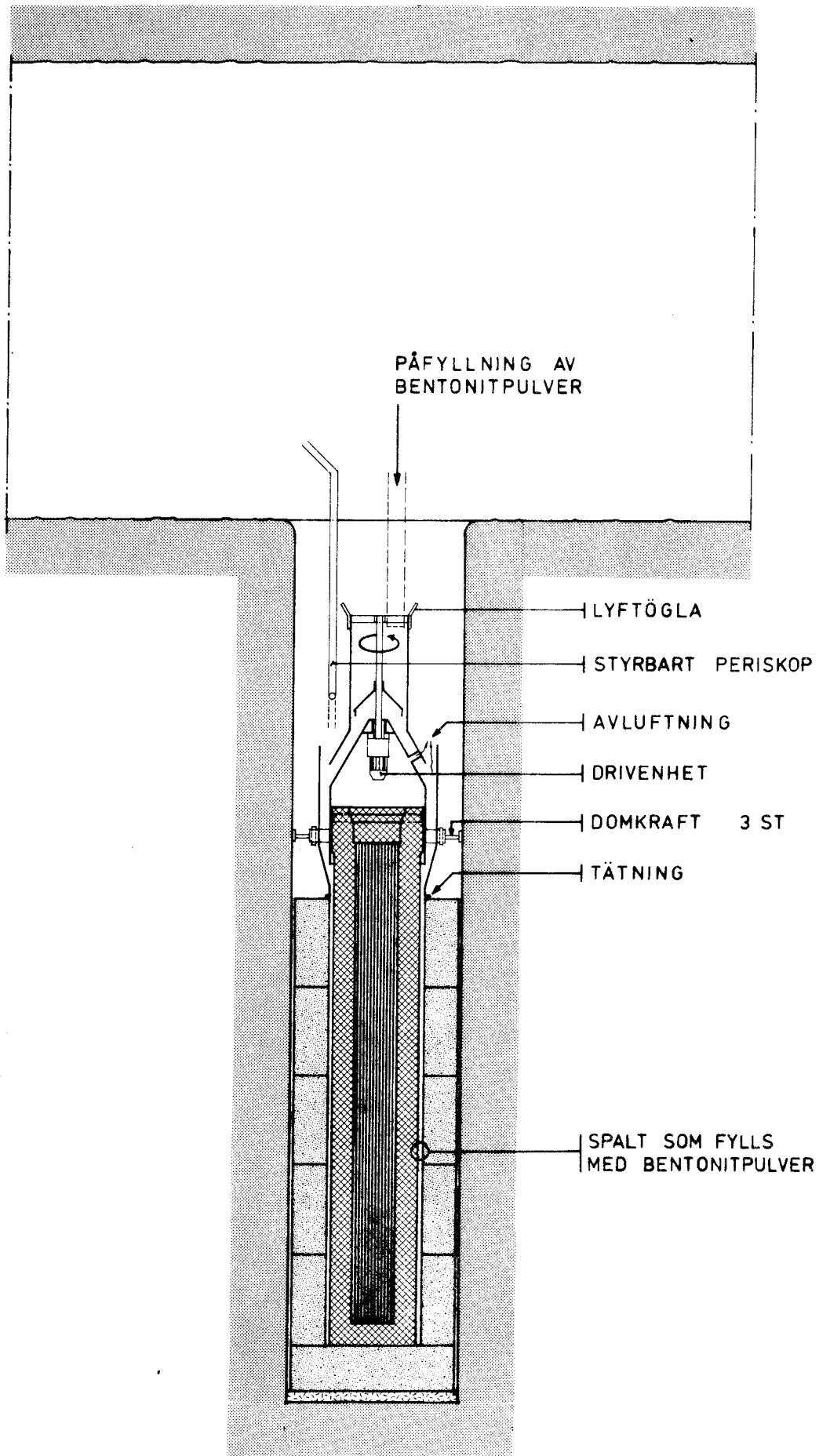


A - A

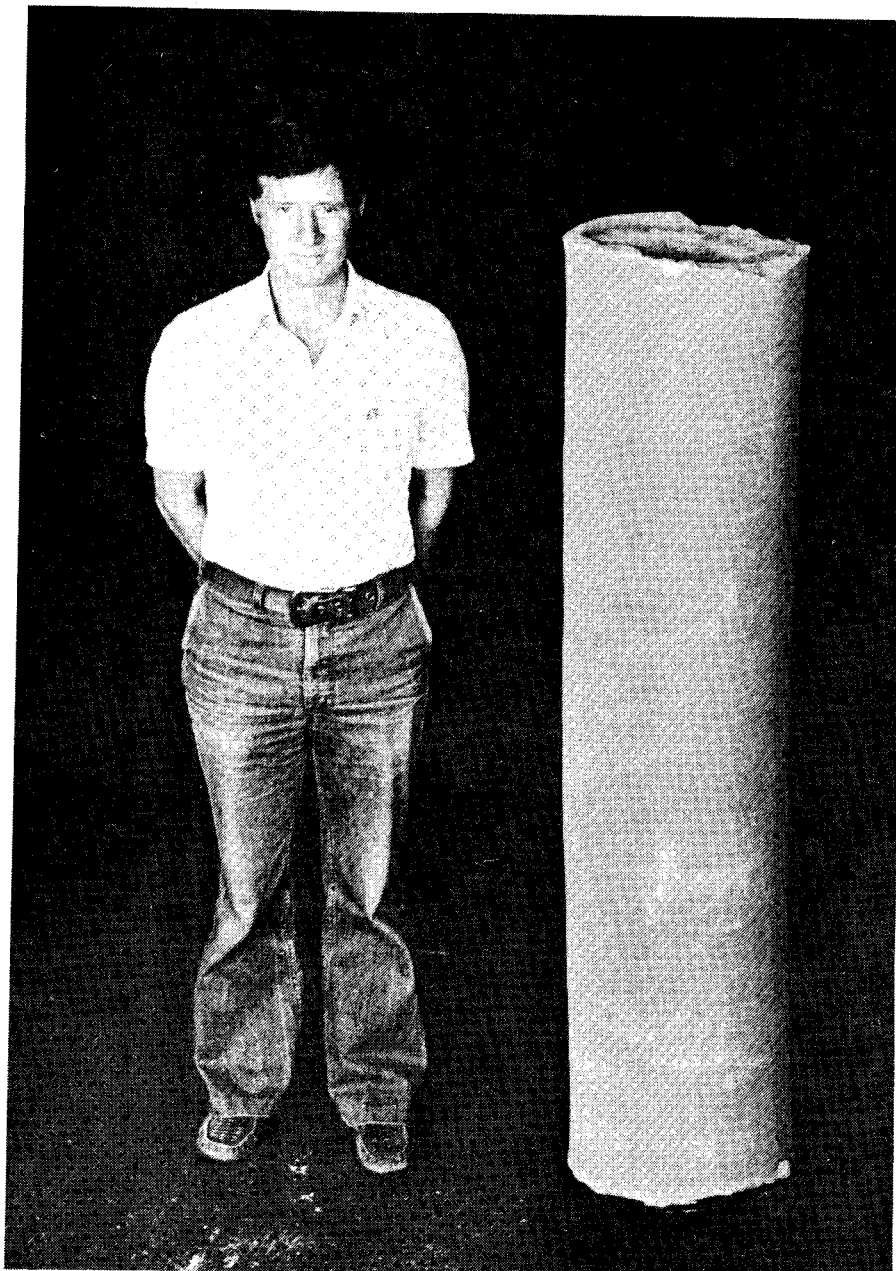


LYFTOK FÖR BENTONITBLOCK

LYFTOK FÖR KOMPakterade BENTONITBLOCK



VERKTYG FÖR FYLLNING AV BENTONITPULVER
I SPALT MELLAN BENTONITBLOCK OCH
KOPPARKAPSEL



Block av högkompakterad bentonit.
(Blocket har skadats något vid uttagning av provbitar.)

Bilaga A

till KBS TEKNISK
RAPPORT 84

Till	Från FAQA	Datum 78-03-09	Reg.	Blad 1
Utfärdare, ifn-nr U Odebo, 5753 / <i>U</i>				

Tillverkning av Bentonitblock
Kallisostatisk pressning av Bentonit

BAKGRUND

Kallisostatisk pressning har sedan årtionden använts inom industrin för i första hand följande tillämpningar:

- Pressning av hårdmetallpulver till "grönkroppar" som bearbetas och sintras till hårdmetall.
- Pressning av keramik. I huvudsak mindre detaljer såsom "refractories" för ugnsinfordring, munstycken för kontinuerlig gjutning, men även långa rör av t ex Al_2O_3 .
- Pressning av isolatorämnen. Denna tillämpning finns i Sverige (IFÖ AB) och här pressas relativt stora block.
- Pressning av grafit. Här pressas både cylindriska kroppar och parallelepipediska block av avsevärda dimensioner ($\varnothing 800 \times 2000$ mm).

ASEA har levererat pressar för samtliga av dessa tillämpningar och har dessutom byggt pressar som i axialkraft är större än de i bilaga 1 och 2 beskrivna anläggningarna.

Vad beträffar de verktyg som kommer att användas för pressning av Bentonitblock, måste även dessa betraktas som känd teknik. Liknande verktyg används för pressning av t ex isolatorer och grafit. Chargeringsutrustning och materialhanteringsutrustning är ävenledes dessa av beprövad konstruktion.

PRESSANLÄGGNING

Pressanläggningen kommer att bestå av en press med följande tekniska data:

Innerdiameter, tryckkammare	2100 mm
Innerhöjd, tryckkammare	4500 mm
Max. tryck	100 MPa
Axialkraft	35 000 ton

Denna press kan köras ca 1400 cykler per år vid en-skiftsdrift. Antalet cykler per år för att tillverka de erforderliga kropparna för ca 200 deponeringshål är ca 850, vilket betyder att anläggningen har ca 50 % överkapacitet.

Layout

Anläggningen kan se ut som layout FAQ 3644, FAQA/UO (Bilaga 1). Fyllda pressverktyg kommer in i presshallen på en rullbana. En chargerkorg placeras vid rullbanans ände och pressverktyget kan flyttas över till chargerkorgen. Chargerkorgen har två våningar och två kroppar pressas varje cykel.

Till	Från	Datum	Reg.	Sida
	FAQA	78-03-09		2
	Utfärdare, tfn-nr			Forts-sida
	U Odebo, 5753			

Presscykeln består i huvudsak av följande operationer:

1. Chargering med travers
2. Stängning av press
3. Förfyllning och avluftning av press
4. Tryckuppgång till 100 MPa
5. Dekompression
6. Nivåsänkning
7. Öppning av press
8. Dechargering

Chargerkorgar flyttas till en annan rullbana och pressverktygen rullas ut ur presshallen för "stripping" och vidare bearbetning av Bentonitblocken.

Sammanfattning

Vi anser att pressning av Bentonit inte innebär några speciella problem i jämförelse med pressning av t ex stora ämnen av keramiskt pulver för elektriska stödisolatorer som idag tillverkas hos IFÖ AB.

Provpressningar av Bentonitpulver har utförts hos IFÖ med gott resultat. ASEA ATOM innehar dokumentation från resultatet av dessa provpressningar. Vi tror att isostatisk pressning för tillverkning av Bentonitblock inte skall medföra några processtekniska problem och det råder således inget tvivel om isostatisk pressnings lämplighet som produktionsmetod.

Till	Från FAQA	Datum 78-03-09	Reg.	Blad 1
Utförare, ifn-nr U Odebo, 5753				

Tillverkning av Bentonitblock
Kallisostatisk pressning av Bentonit

Material; Bentonit (65-85 % av 40-160 Sieve, < 10 % finare än 200 Sieve)

Fylltäthet; 1,2 kg/dm³

Sluttäthet; 2,2 kg/dm³ vid 100 MPa presstryck

Krympning; ~ 1.8:1

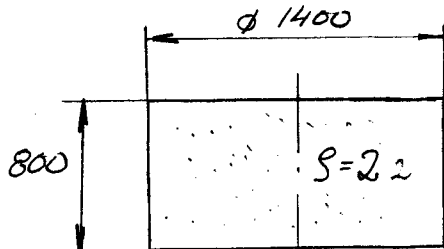
Krympning linjärt; $A_{slut} = A \sqrt[3]{\frac{1,2}{2,2}}$; $A = \frac{A_{slut}}{0,8}$

Noggrannhet vid pressning; ca ± 3 %

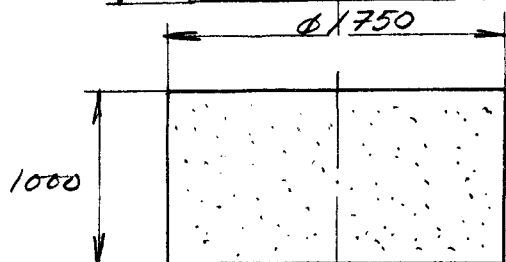
ASEA

Till	Från	Datum	Reg.	Blad
	FAQA	78-03-09		2
Utförare, tfn-nr U Odebo, 5753				

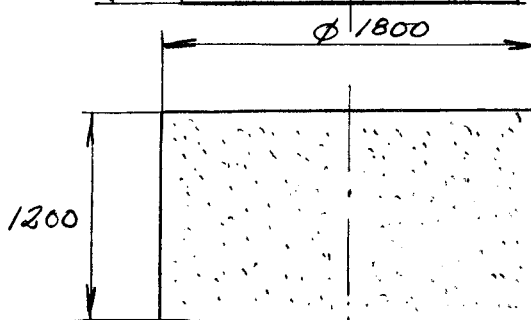
Cylindriskt block



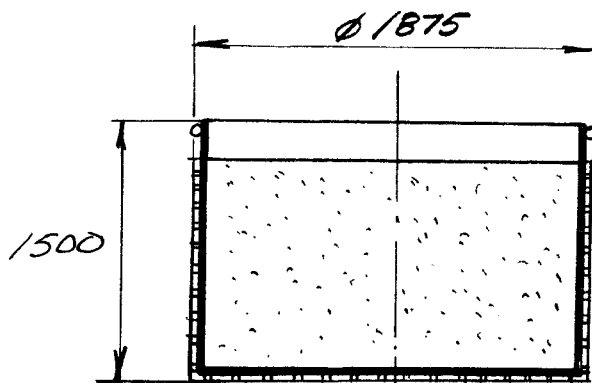
Färdigt block



Opressat block
(pulvervolym)



Opressat block inklusive
arbetsmän
nödv. pga olikformig
krympning samt änd-
effekter.



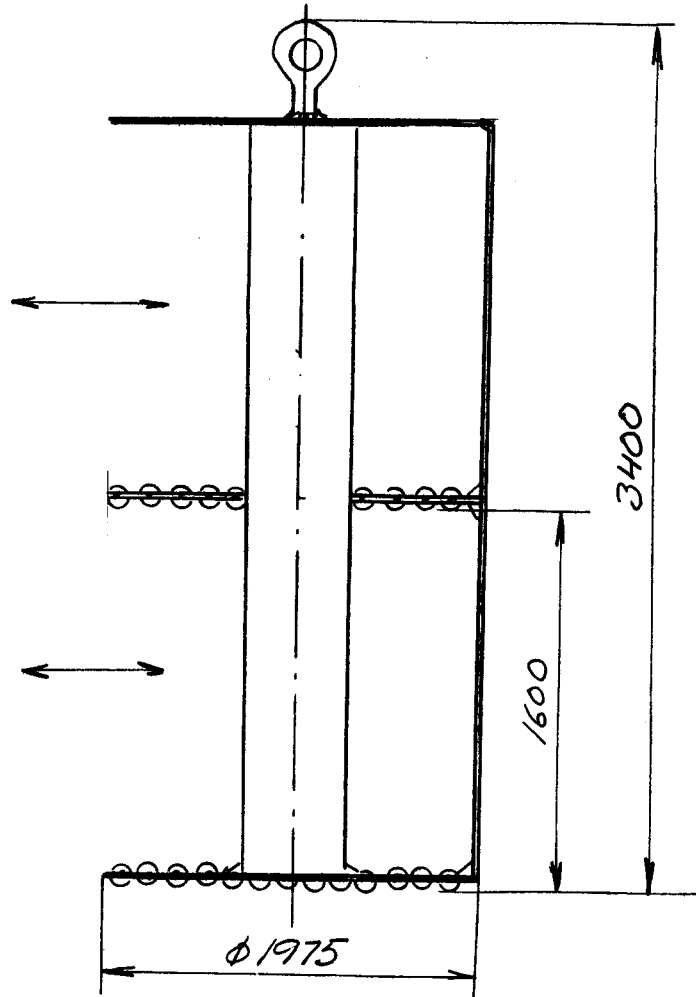
Opressat block
inklusive pressverktyg

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

ASEA

Till	Från	Datum	Reg.	Blad
	FAQA	78-03-09		3
Utförare, tfn-nr				
U Odebo, 5373				

Chargerkorg

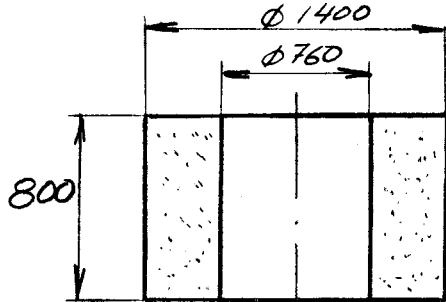


Pressverktygen fylls direkt från materialfickor. För att öka fylletätheten kan vibrering tillämpas. Efter förslutning rullas verktygen till en station för lastning av chargerkorgen som sedan lyftes ned i kallisostatpressen med hjälp av en travers.

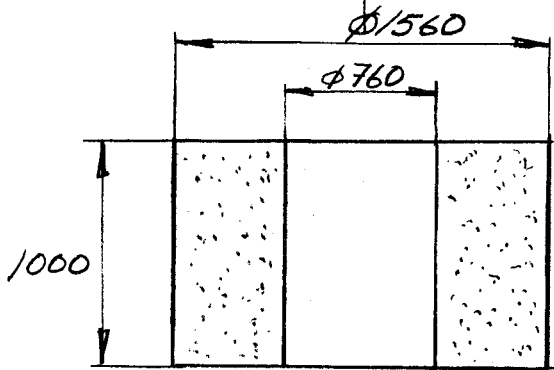
ASEA

Till	Från	Datum	Reg.	Blad
	FAQA	78-03-09		4
Utförare, ffn-nr				
U Odebo, 5373				

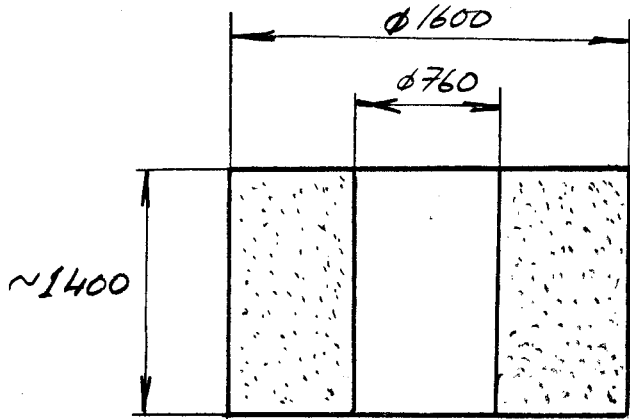
Cylindriskt block med hål för avfallskapsel



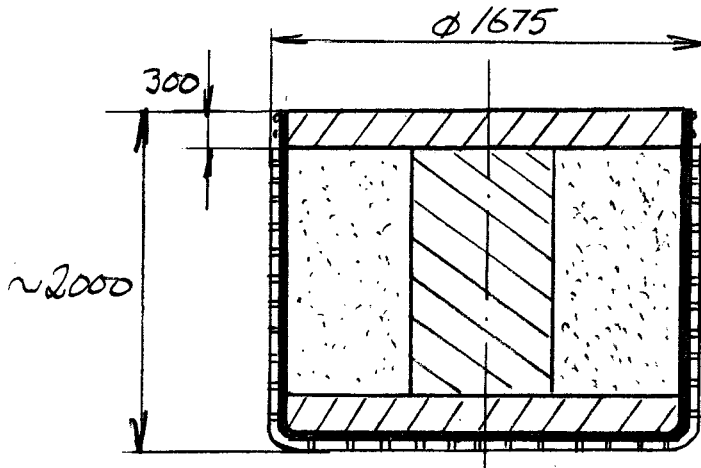
Färdigt block; $\rho = 2,2 \text{ t/m}^3$



Opressat block; $\rho = 1,2 \text{ t/m}^3$



Opressat block inklusive arbetsmån nödvändig pga olikformig krympning samt ändeffekter



Opressat block inklusive pressverktyg

Vikt ca 4 ton

ASEA

Till	Från	Datum	Reg.	Blad
	FAQA	78-03-09		5
Utförare, ifn-nr				
U Odebo, 5373				

Chargekorg Chargekorgens utförande likt det för cylindriskt block men totalhöjden blir ca 4400 mm

Dimensionering av press

Vad beträffar pressens diameter är det cylindriska blocket dimensionerande och vad beträffar höjden är verktyget för blocket med hål dimensionerande.

En lämplig press kan ha följande data:

Kammardiameter;	2100 mm
Kammarhöjd;	4500 mm
Max tryck;	100 MPa
Axelkraft;	35000 ton

Produktivitet

Följande siffror är realistiska för en press av denna storlek;

Cykeltid	1 h
Arbetsdagar per år;	230
Utnyttjningsfaktor för press;	0,8
Antal cykler per år;	$0,8 \times 230 \times 8 = 1472$
Antal cylindriska block; ca	$200 \times 3 = 600$
Antal block med hål; ca	$200 \times 6 = 1200$
Antal utfyllnadsblock	ca 200

Av cylindriska block och block med hål pressas 2 st per cykel.
Av utfyllnadsblocket pressas 6 st per cykel.

Detta betyder $300 + 600 + 34 = 934$ cykler per år

Detta betyder att anläggningen får en överkapacitet på drygt 50 %.

ASEA

QUINTUS COLD ISOSTATIC PRESSING SYSTEM. REMOTELY OPERATED

FAQ 36445

Department Year Week
FAQD 77 16

This document is based on licence drawing No. Sheet

Design checked by

Accepted for prod. by

Drawing checked by

Drawn by

European projection

indicates R₀ in μ m

K.O.

1
2
Cont

DATE 78-01-31

OUR REF. FAQA/U.O.

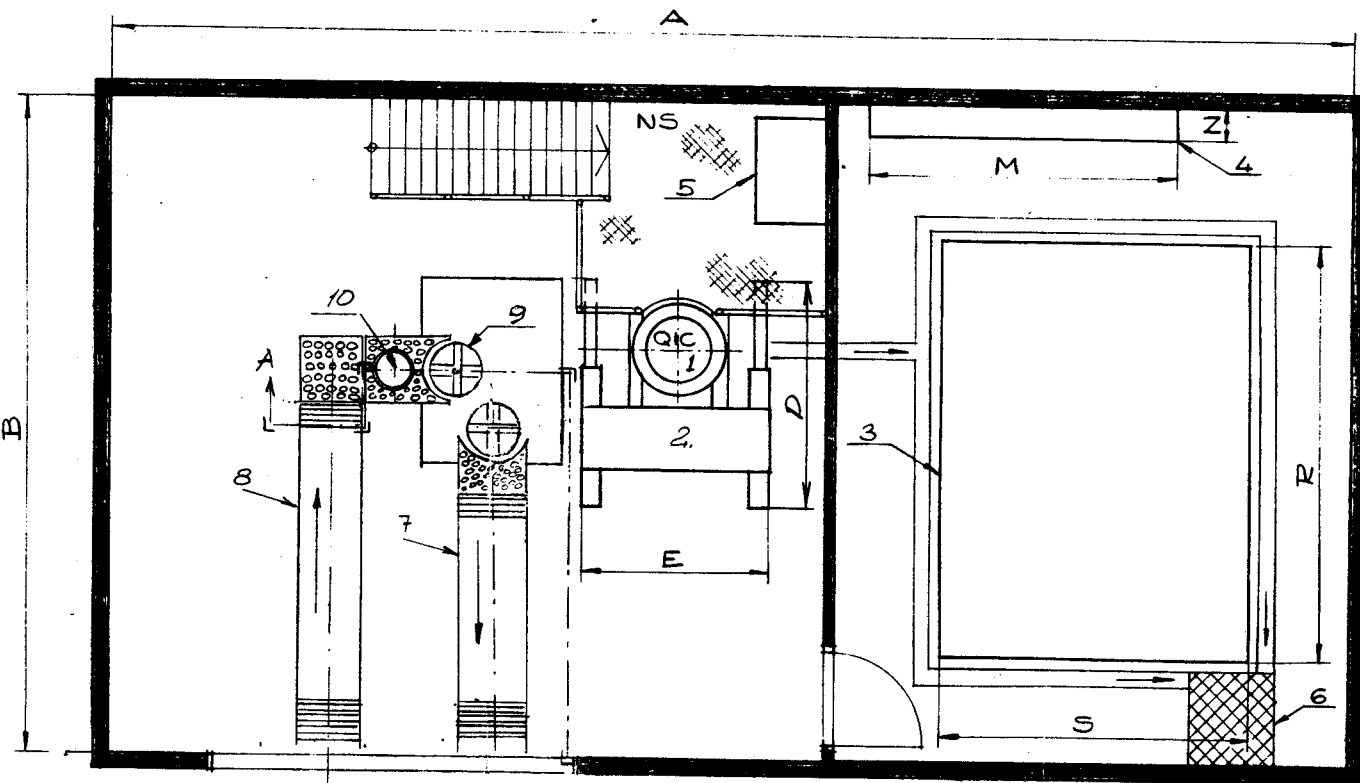
1. QUINTUS PRESSURE VESSEL.
2. QUINTUS FRAME.
3. HYDRAULIC SYSTEM.
4. ELECTRICAL CUBICLE.
5. CONTROL DESK.
6. DRAIN
7. CONVAYOR
8. - " -
9. CHARGING BASKET
10. POWDER-FILLED PRESSING TOOL

DIMENSIONS: [mm]

A = 1800	M = 8000
B = 9000	N = 600
D = 4750	R = 4000
E = 4200	S = 3000
	Z = 600

NS=NOT SUPPLIED BY ASEA

This document must not be copied without permission from ASEA. The contents thereof must not be transferred to third parties for any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA



För att minska erforderlig lyft-höjd kan pressen monteras i en grop i golvet.

No.	Revision	Year Wk	Dept	Appd

ASEA

QUINTUS COLD ISOSTATIC
PRESSING SYSTEM
REMOTELY OPERATED

FAQ 36445

Department Year Week
FAQD 77 16

This document is based on licence drawing No. Sheet
2

Design checked by

Accepted for prod. by

Drawing checked by

Drawn by
K.O.

European projection



✓ indicates R₀ in μm

Cont.

—

DATE

OUR REF.

DIMENSIONS:

C = 12450

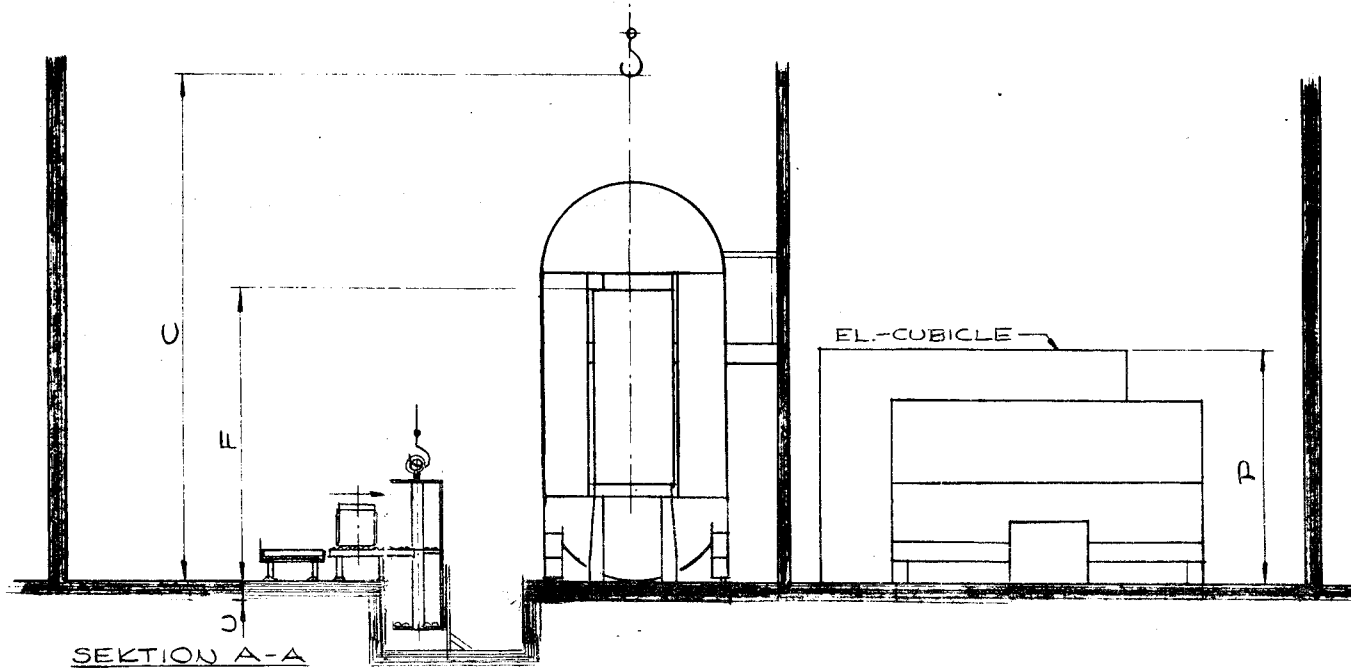
F = 7750

G = —

P = 2250

U = —

This document must not be copied without our written permission, and the contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA



SEKTION A-A

No.	Revision	Year Wk	Depr	Appd

ASEA

Pamphlet AQ 20-102 E Edition 1 QUINTUS[®] cold isostatic presses for industry

A cold isostatic press consists basically of a pressure vessel designed for high forces.

QUINTUS cold isostatic presses are available for standard pressures up to 630 MPa. Pressing is performed by inserting the material to be compacted in the pressure vessel of the press after which a liquid pressure medium (oil, water) at room temperature is pumped in and exerts pressure on the material. Billets and components pressed from powder in this manner are of even texture and high density, irrespective of how complex their shape may be.

Cemented carbides, ceramics, graphite, ferrites and refractory materials are examples of materials whose quality can be greatly improved as a result of cold isostatic pressing in QUINTUS presses.



(F 94602)

Pressing principle

Isostatic pressing is a method usually employed when pressing powders. The powder material is enclosed, placed in the pressure vessel of the press, and subjected to a uniform high pressure. In cold isostatic pressing the pressure is created by pumping a fluid pressure medium into the press. The pressing process is carried out at room temperature.

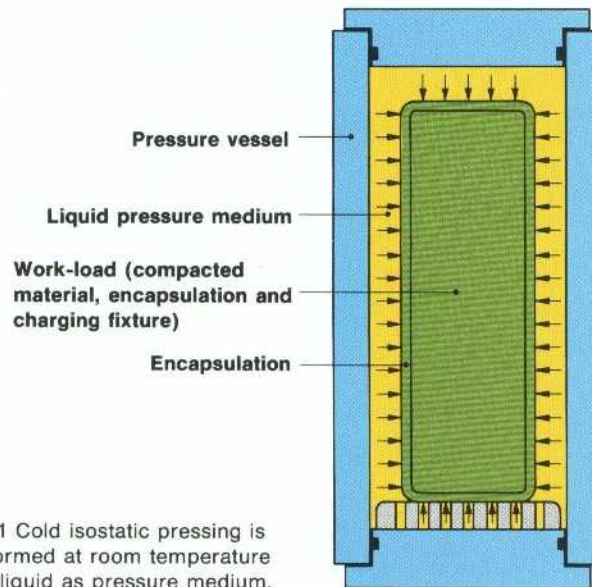


Fig. 1 Cold isostatic pressing is performed at room temperature with liquid as pressure medium.

The material to be compacted is enclosed in a flexible form and introduced into a liquid pressure medium. The medium is then put under pressure. This pressure acts uniformly over the entire area of the form. Thus the material is compacted into a product which is a scale-down of the flexible form. The dimensions of the product are dependent on the compressibility of the material and the magnitude of the pressure applied.

Fig. 2 Powder is pressed to complex shapes of homogenous density by isostatic pressing. (F 94151)



Applications

With cold isostatic pressing high and uniform density is achieved, large pieces can be produced, preforms of intricate shapes can be made at lower tooling costs, and expensive material is saved.

Cold isostatic pressing is a method mainly intended for the densification of powder parts which owing to their shape or size cannot be conveniently produced by conventional methods. Pressing is performed at room temperature or at slightly elevated temperature (warm

isostatic pressing) and with a liquid as pressure medium. This method is generally used to give a powder part a high and uniform density and a green strength high enough to permit handling and/or machining prior to a sintering or hot isostatic pressing operation.



Fig. 3 Cold isostatic pressing is often used to achieve higher density in powder filling capsules prior to hot isostatic pressing. (F 94988)

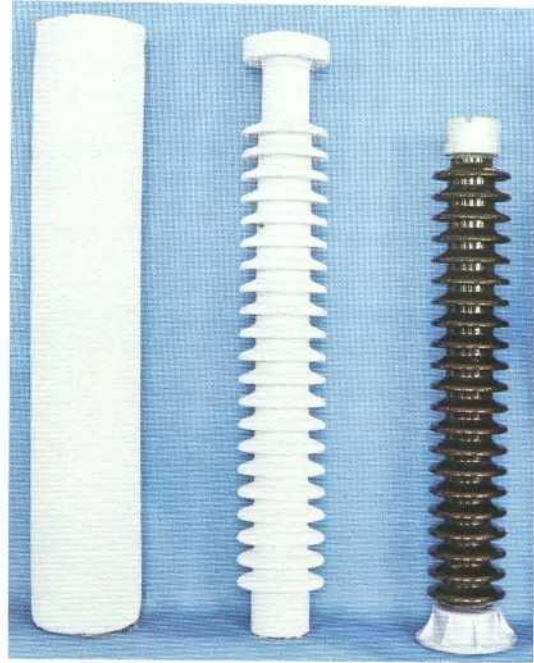


Fig. 5 Insulators made from cold isostatically pressed powder. The isostatic pressing technique offers a greater production yield, a higher degree of mechanisation and a shorter throughput time since the insulator drying time is reduced by 75 % compared with conventional production methods.

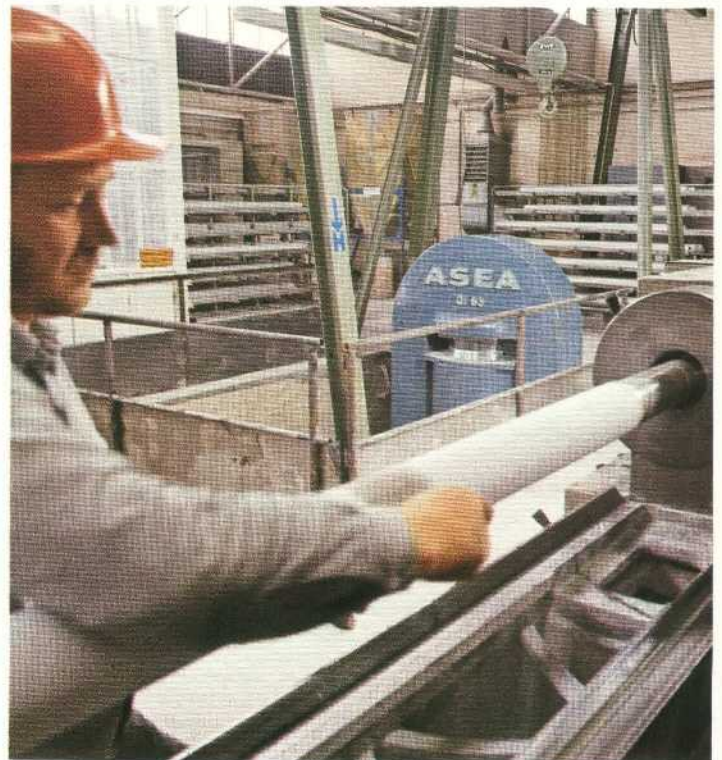


Fig. 4 Thin walled tubes of aluminium oxide can be turned for calibration immediately after cold isostatic pressing. (F 88001)

Working conditions

Pressurised isostatic presses contain large amounts of energy. Should this energy be suddenly released, for instance due to a pressure vessel failure, the outcome will be similar to an explosion.

Reliable and safe operation

For production purposes, cold isostatic pressing is generally performed at pressures of 200-400 MPa. This range does not represent a strict limit. The pressure is contained by a pressure vessel, the isostatic press. ASEA uses the latest techniques in the design and manufacture of isostatic presses, to ensure efficient, reliable and safe operation. Nevertheless, the company has obviously had to reflect on and analyse the outcome of any pressure vessel failure, and take all possible precautions and steps to provide a safe working environment for press operators.

Energy contained

As the pressure medium is compressible, a large amount of energy is stored in a press when it is under pressure. With gas as a pressure medium, this is a well known fact; with liquids, it has inclined to escape attention. The energy contained can be calculated provided the compressibility of the pressure medium is known. The energy content in a water pressurised vessel is illustrated in Fig. 6. As can be seen, the stored energy in most isostatic presses is considerable. If the vessel is constructed or installed in such a way that a failure causes a sudden release of energy, the result will resemble an explosion. In view of this, the energy content in isostatic presses may be better understood if it is expressed as an equivalent weight of explosive (TNT), where 1 kg explosive = 4.78 million J (1 lb explosive = 1.54 million ft lbf).

W = energy
 V = volume
 p = pressure
 TNT = explosive (Trinitroloene)

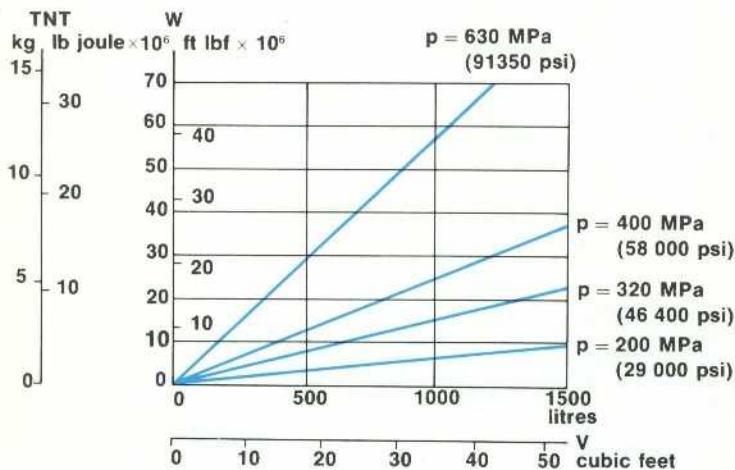


Fig. 6. The amount of energy contained in water pressurised isostatic presses may be large, a fact which has attracted little attention.

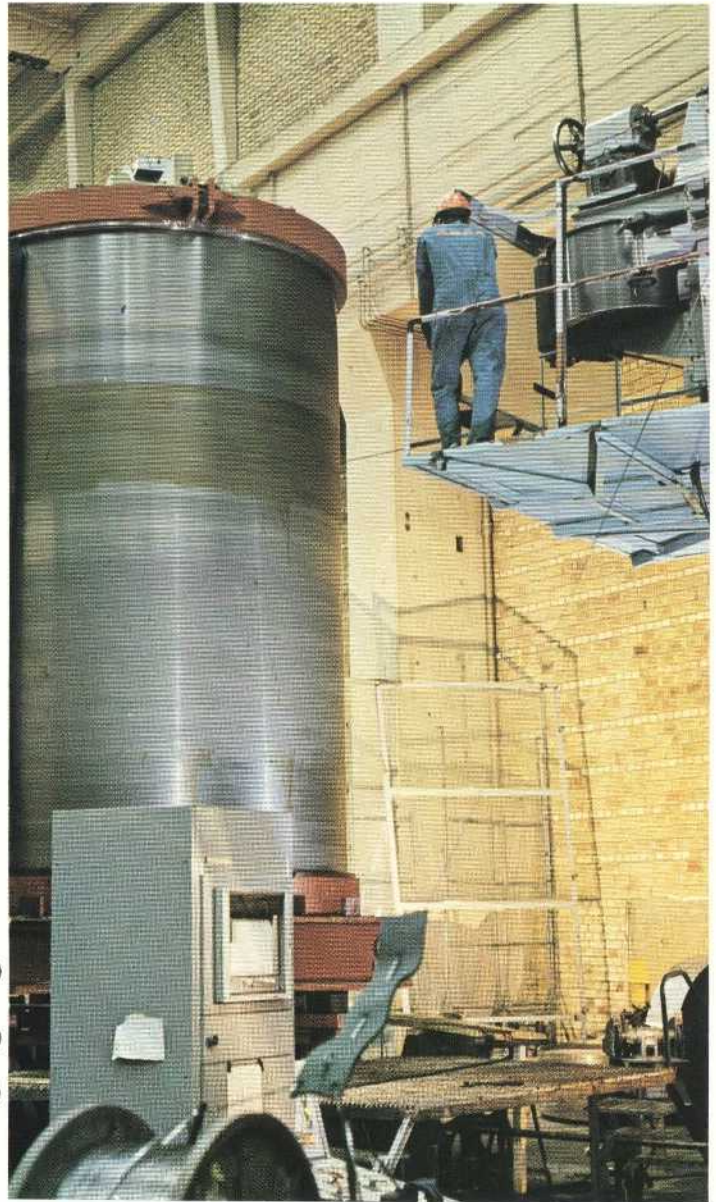


Fig. 7. The wire-wound prestressed design of pressure vessels and frames is a characteristic feature of the QUINTUS presses. Winding is carried out in specially designed machines. (F 87309)

Wire wound design – for safety

It has to be assumed that all responsible press manufacturers do what they can to design and manufacture their isostatic presses so that they will not fail. However, in order to provide satisfactory protection for the personnel working around large isostatic presses, the overriding question that must be solved in a fully satisfactory manner is: what will happen should the pressure vessel rupture.

QUINTUS isostatic presses have integral safety protection. A sudden release of the contained energy is made impossible due to their wire mantling.

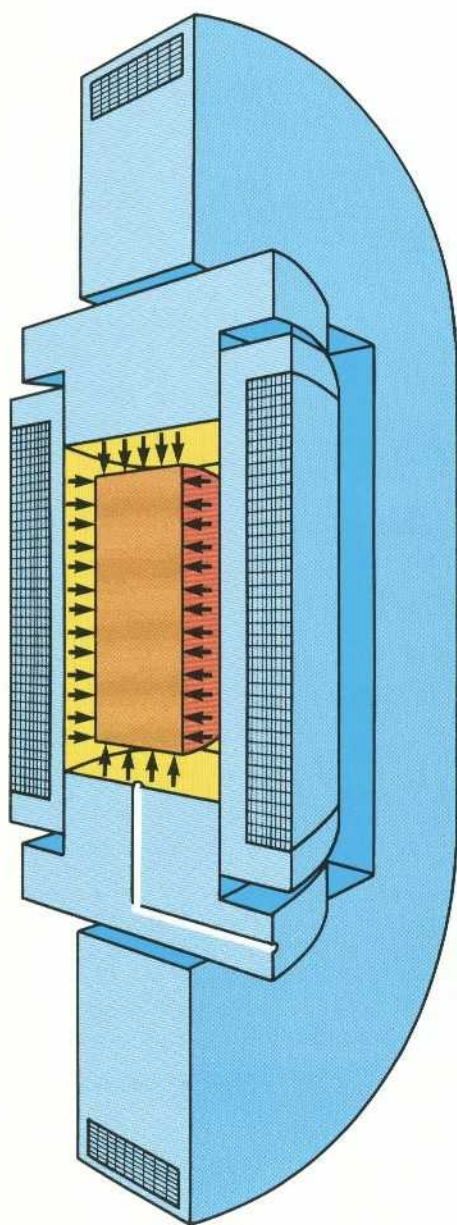


Fig. 8. In QUINTUS isostatic presses all parts of the press which are to withstand pressure are wire wound.

The wire wound design

The press consists of a cylinder with thin end closures which can slide axially. The closures are supported by an external frame. In this way, the cylinder contains only the radial forces exerted by the pressure medium, while the frame contains only the axial forces. The frame design eliminates the stress concentrations which occur in conventional presses at the points where the end closures are mechanically locked to the cylinder.

The cylinder consists of a steel core which is wound with prestressed wire. The wire mantle is made up of a large number of wire layers. Should a crack occur in the steel core, the wire mantle will safely contain any fragments. The escaping pressure medium loses its energy in the wire mantle and the formation of shock waves does not occur. The frame which takes the axial load is also wound with prestressed wire to make it free from connections which could cause stress concentrations. Wire winding is recognised as the most effective method of safely enclosing high pressures, due to its many advantages in respect of design, manufacturing and performance.

In QUINTUS isostatic presses all parts of the press which withstand pressure are wire mantled.

QUINTUS characteristics

QUINTUS isostatic presses are designed so that the press itself provides the major part of the safety protection. In case of a pressure vessel failure a sudden release of the energy contained is prevented.

To achieve this, some important characteristics have been evolved, i.e.

- The press design is simple, has good strength features, and is free from stress concentrations
- Calculating of stresses is made uncomplicated and reliable
- The reliability of the design is independent of physical size
- The manufacturing procedures are easy to check
- Examining press conditions upon periodic inspections is an easy matter.

Pressing equipment

QUINTUS cold isostatic presses are available in a large number of standard varieties. Thus almost any specific requirement can be met.

QUINTUS cold isostatic presses are available in a large number of standard sizes (see Pamphlet AQ 20-103 E). They are also available in sizes and for pressures according to individual requirements. All press versions can be delivered as separate units upon request. Normally, however, QUINTUS cold isostatic presses are supplied with suitable service systems so as to constitute complete sets of pressing equipment. The service equipment may include a high pressure pumping system, auxiliary hydraulics, an electric power and control system and charging equipment. ASEA has acquired thorough famili-

arity with the engineering of service systems, which can be specified to suit almost any requirement from the simplest hand operated unit to fully automatic systems.

As an optional extra the presses can be equipped with permanently installed flexible moulds (dry bag type) or with heating elements for pressing with a warm liquid pressure medium.

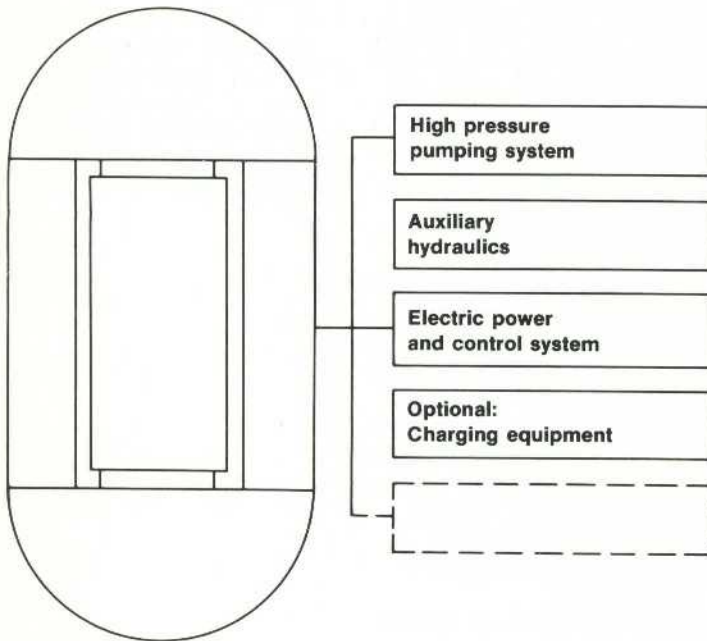
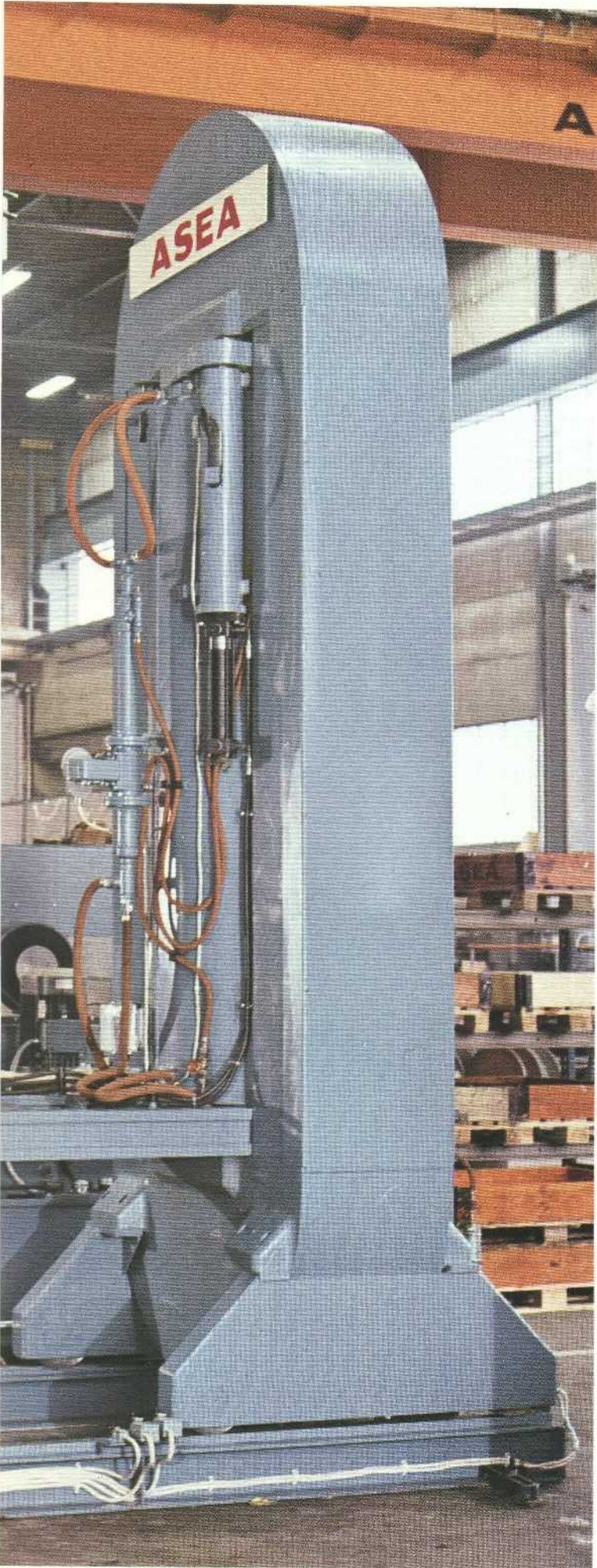


Fig. 9. QUINTUS cold isostatic presses are available as individual presses, as well as with complete auxiliary equipment.





Wire wound vessel and frame, thin end closures with long life seals, powered wheel carriage, vessel support and bottom frame are included in the standard delivery.

Extended production can be achieved with two wire wound vessels which are served by a common frame. The common frame may also be used for one cold and one hot isostatic press.

QUINTUS cold isostatic presses have as standard a wire wound pressure vessel with thin end closures supported by a wire wound frame. The material used for the manufacture of the pressure supporting parts is very strictly controlled. After winding, the wire mantles of the vessel and the frame are covered by thick sheet steel. Both end closures have long life seals which are backed up by non extrusion rings. The end closure that is opened upon charging of the vessel (normally the upper closure) is hydraulically powered. The direction of closure swing out may be specified.

The frame is mounted in a four wheel hydraulically powered carriage, which runs on rails. The vessel is vertically positioned and supported by a welded structure. The structure can, as an option, be

extended to carry two vessels, which may be served by a common frame. The vessel remains stationary during loading and unloading while the frame is moved, this arrangement providing for safe and reliable connection of the hydraulics.

The QUINTUS vessels and frames for cold isostatic pressing are as standard designed to resist fatigue, with the design criteria set so that components with 99 % certainty are intact after 300 000 cycles, assuming every cycle is made at the maximum working pressure of the press. Other design criteria are available on request.

The above-mentioned 300 000 cycles are valid for pressures up to 320 MPa.

Fig. 10. QUINTUS cold isostatic presses are also available with two wire wound vessels served by a common frame. In a special version one of these vessels may contain a furnace to form a hot isostatic press. (F 92260)

Cycling

QUINTUS cold isostatic presses are normally charged from above. ASEA can deliver suitable charging equipment along with the press. Special equipment, such as dry bag arrangements and inserts to separate the pressure medium in the vessel from the direct pumping system is also available. Cycling is available either with manual operation or various degrees of automation.

Fig. 11. When pressing, the frame is positioned over the vessel. Preparation of the next charge is usually carried out during pressurising and decompression. (F 91094)



The QUINTUS cold isostatic presses are normally charged from above, although bottom charging is optionally available. The cycle starts with moving the frame away from the vessel, and lifting and swinging the top end closure to open up the vessel. These operations are hydraulically powered. The pressure medium normally remains in the vessel between pressings, and the charge is lowered directly into it. ASEA can deliver suitable charging baskets as well as lifting equipment, inserts to be used when there are two pressure

media, and other charging equipment. The cycle is then continued by closing the top of the vessel. Manual as well as automatic fill up and venting equipment are available. After the frame has been moved over, the vessel is pressurised. The pressurising and decompression time can be selected within a wide range by the equipping the press with high pressure pumping and control systems of proper capacity and with suitable features.

Fig. 12. When loading this QUINTUS cold isostatic press the frame is moved aside, the upper end closure is lifted and swung away, and a platform for the operator is moved forward. (F 88242)



Controls

Control systems are available in many versions. Simple systems are hand operated; more advanced or large systems are pushbutton controlled. Arrangements for controlled pressure increase and decompression, pressure recording, warming of pressure medium, fault warning and other features can easily be built in by ASEA.

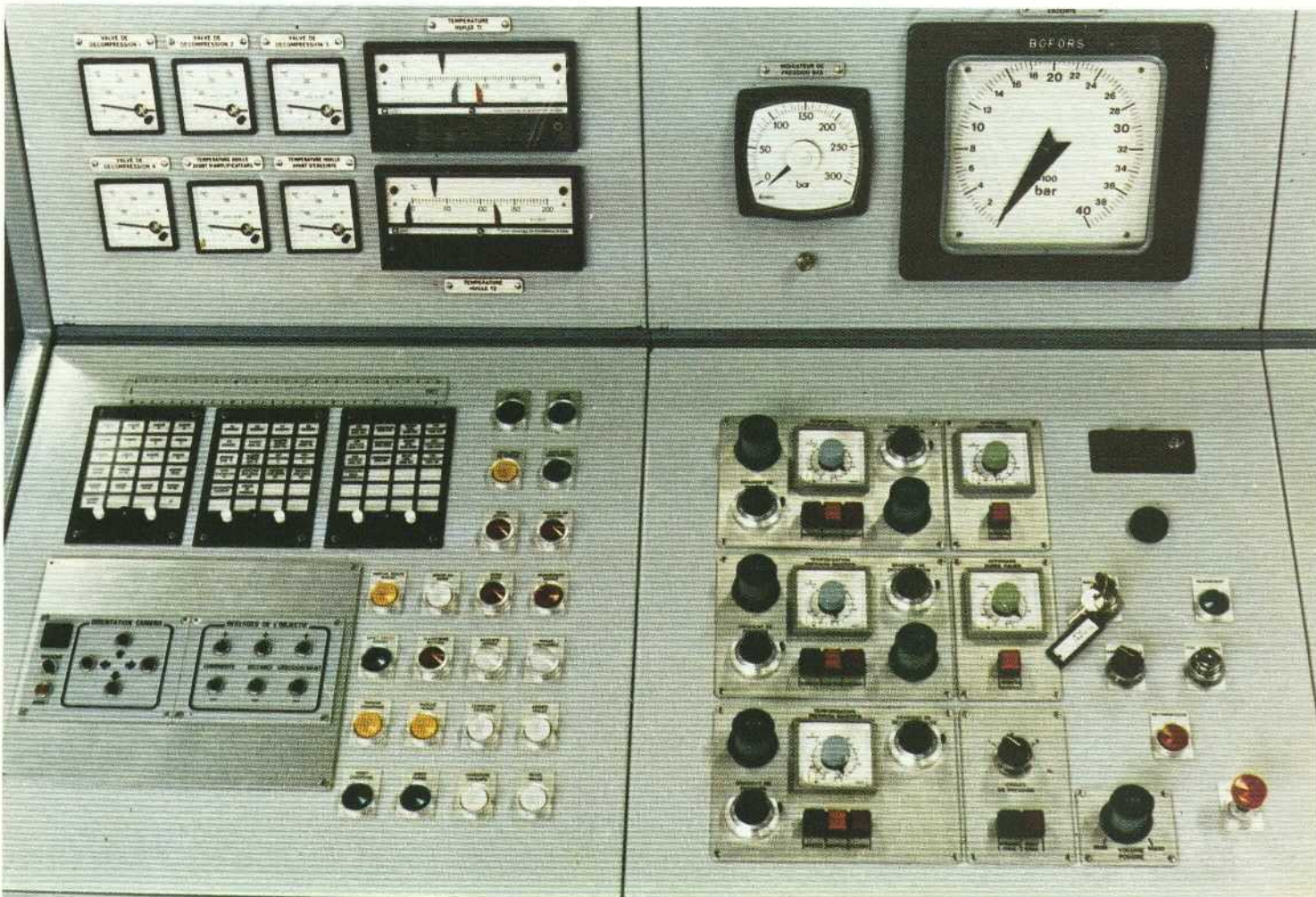
Control systems for QUINTUS cold isostatic presses are available in a number of versions, to make the presses fit easily into various premises and adapt to operating requirements. Simple systems are available as hand-operated units; more complex systems and automatic systems have pushbutton controls in an operator's desk or panel. Separate panels are available for the operation of the QUINTUS frame and vessel end closure. Pressure measuring systems with bourdon tube instruments or

electrical precision gauges can be supplied as desired. Other features available are pre-programmed pressure increase, pre-programmed decompression, pressure recorder, pressure sustain timer, pressure leakage indicators, temperature control of warmed pressure medium, temperature recorder, and a good deal more. The electric control systems, as well as electric motor and power control equipment, are as standard of ASEA design.

Fig. 13. Control systems are available in a number of arrangements. This operating desk has an electric precision pressure gauge, pressure recorder and controls for setting of pressure levels upon pressure rise and decompression. (F 88241)



Fig. 14. For special manufacturing conditions, entirely remote control with TV supervision of the press is available. (F 94488)



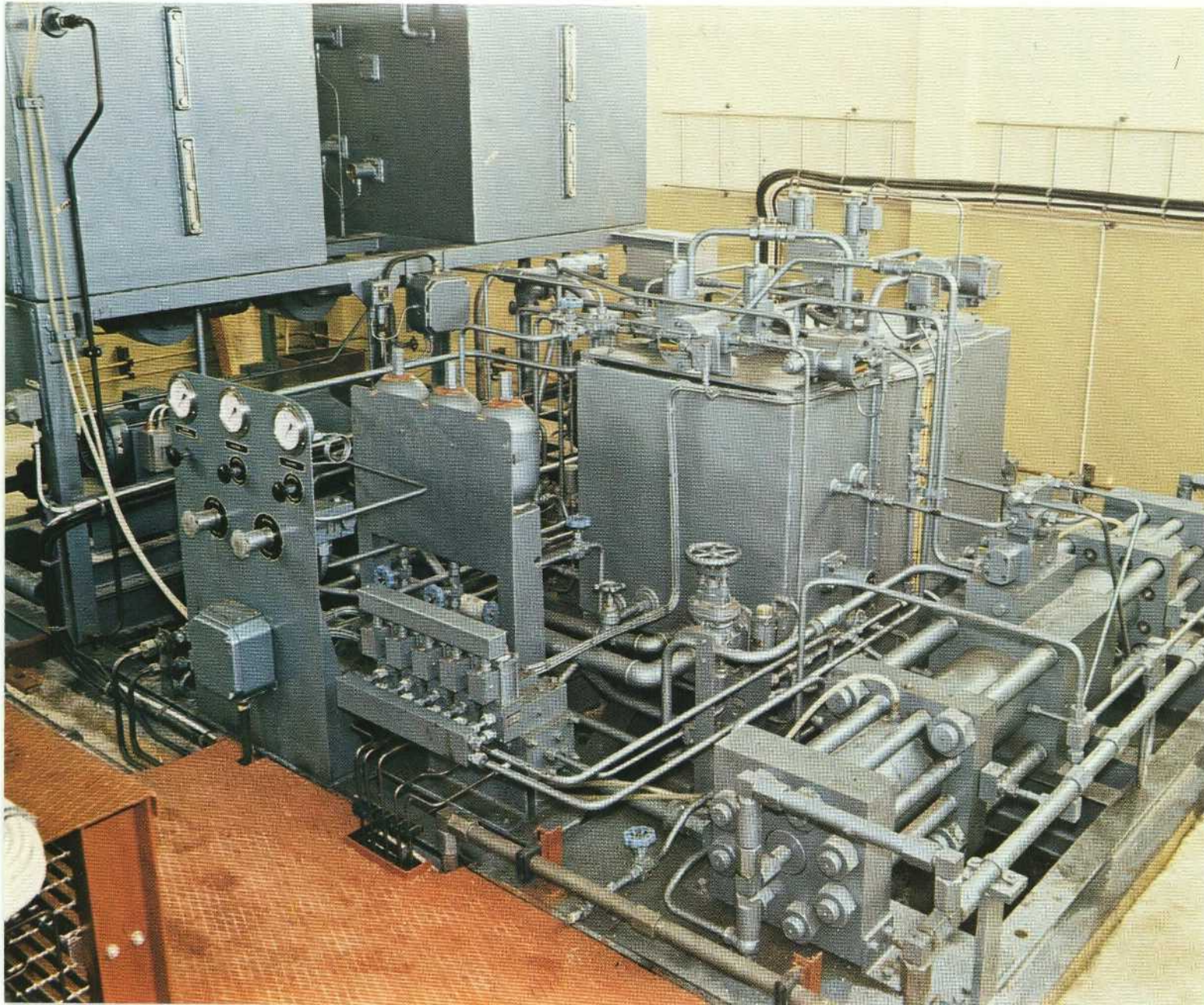
High pressure pumping system

ASEA has developed a wide range of high pressure pumping systems with optional features. These can be selected along with any QUINTUS cold isostatic press. The systems are usually arranged for water with soluble oil as the pressure medium. For pressures above 400 MPa ASEA recommends the use of oil in the pumping system.

For pressures up to 400 MPa water with soluble oil is the usual pressure medium. ASEA can deliver both QUINTUS presses and pumping systems for this. For pressures above 400 MPa ASEA recommends the use of oil in the pumping systems, as the life of pump components will be decreased by the inferior lubrication offered by a water-soluble oil mixture. ASEA has suitable presses and pumping systems for the upper pressure range too. Should the handling advantages of water be required at higher pressures, a pressure medium separation insert is available. QUINTUS cold isostatic presses can be supplied with high pressure pumping systems of almost any degree of sophistication, from simple

hand-operated units with air driven pumps to fully automatic systems with powered intensifiers. Your individual requirements will be met by ASEA engineered systems based on more than 10 years of press making and practical experience of cold isostatic presses.

Fig. 15. The QUINTUS presses can be equipped with high pressure pumping systems of varying complexity. This one is an automatic 320 MPa system with pressure intensifier for industrial production. (F 85172)



Flexible installation

The safety features of the QUINTUS isostatic presses may often be advantageously utilised to simplify installation. Where national or local codes are to be complied with, ASEA will assist with technical press information.

The safety features of QUINTUS isostatic presses can be taken advantage of in planning your floor area. A usual way to install a QUINTUS press is to place it directly on the shop floor.

The operator's work is then facilitated by the use of a platform at a suitable height from the vessel opening. Service equipment, such as hydraulics and control cubicles, can be conveniently located in a separate space. QUINTUS presses may be installed in a pit, if such an arrangement is desired, for instance to reduce press height in the shop, or to handle the

work load essentially on the floor level.

The installation and use of isostatic presses are in many countries subject to approval in accordance with national or local codes. Each delivery of QUINTUS isostatic presses includes foundation plans and lay-out proposals. In addition, ASEA will assist with any technical data for the press that may be necessary in order to obtain approval for the press and its installation.



Fig. 16. For large floor-installed presses a platform can be fitted to provide a suitable work height for the operator during charging. When the press is in operation, the platform is swung up so that the frame can be moved over the vessel. (F 87889)

Fig. 17. QUINTUS presses can be conveniently installed at two floor levels. The top of the vessel is then positioned to give a comfortable work height at the upper floor level. The hydraulic equipment can be placed at the lower floor level alongside the press. (F 88002)



QUINTUS cold isostatic presses for industry

Pressing and processing know-how

Isostatic pressing over the last 10 years has been in a state of continuous development, resulting in fresh applications and new industrial processes. ASEA has adjudged it vital that isostatic press customers be given every opportunity to acquire know-how in pressing techniques, and training in the use of isostatic presses. For this reason, ASEA set up a high pressure laboratory at the beginning of the 1960s, with the aim of developing pressing processes and equipment. In this laboratory, equipped for

both cold and hot isostatic pressing, many of ASEA's customers have been able to run test programmes of their own.

Its accumulated knowledge from press building, and extensive research on specific conditions necessitated by the press and the processes, have given ASEA a sound basis to build on using the QUINTUS concept – with the objective of consolidating the company's position as pioneers and leaders in the field of isostatic pressing.



Fig. 18. QUINTUS is the trade name of ASEA's wire-wound press. Over the years, the QUINTUS concept has been extended to include the modern high pressure technique which ASEA has developed for industrial production.

Presses and processes for cold and hot isostatic pressing are a vital part of the modern QUINTUS technique. (F 88240)

Design, data and dimensions are subject to modification without notice.

ASEA
Industrial Division
S-721 83 VÄSTERÅS, SWEDEN
Tel. +46 21 100000

Bilaga B

till KBS Teknisk
Rapport 84

Distribution KBS, T Hannerz	Från/From	Datum/Date	Reg.	Page
	T	780426		Sida 1
	Författare/Author Lennart Hydén, 6009			
	Granskad/Examined	Godkänd/Approved		

Titel/Title
Sammanställning av data från diverse undersökningar av bentonit

Sammanfattning/Abstract

Denna rapport innehåller resultat från undersökningar av bentonit avseende bl a

1. pressbarhet
2. svälltryck i kontakt med vatten
3. värmebehandlingar vid 400-500°C

Av undersökningarna framgår att den undersökta typen (Volclay MX 80) av bentonit låter sig kompakteras till täthet 2.3-2.4 g/cm vid press-tekniskt normala 1000 - 1500 kp/cm² och att pressade bentonitkroppar i kontakt med vatten ger svälltryck på 100-400 kp/cm² för tätheten mellan 2.0 och 2.4 g/cm³. Värmebehandling vid 425°C i ca 20 h sänker sulfidhalten till under 0.02 % utan att nämnvärt påverka svällnings-egenskaperna.

Rapporten innehåller dessutom, förutom kemiska analyser, resultat från ett enkelt försök att studera hastigheten av vattenframträngning i kompakterad bentonit.

Denna handling får ej utan vårt medgivande kopieras. Den får ej heller delgivats annan eller eljest obehörigt användas. Överträdelse härav be-
 träffas med straff av gällande lag. ASEA-ATOM
 This document must not be copied without our written permission, and the
 contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for
 any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA-ATOM

1. Svälltryck

1.1 Allmänt om försöken

Avsikten med mätningarna var att låta en kropp av kompakterad bentonit ta upp vatten och att mäta det uppkomna svälltrycket. Kompakteringen av bentonitpulvret utfördes i svälltryckmätningss-apparaten. Den sålunda tillverkade bentonit-kroppen utgöres av en cylindrisk skiva, vars ena ändyta ligger an mot en lastcell, medan den andra via en porös rostfri platta "anslutes" till vattenledningsvatten.

Ytterligare detaljer framgår av bilagda ritning AA EAA 828.

Den använda bentoniten utgjordes av kvaliteten MX 80 och levererades av Ahlsell & Ågren, Västerås. Fukthalten på det använda pulvret har varierat mellan 7.9 och 10.2 vikts-% (torkning vid ca 105°C). Vid beräkning av tätheten hos provkropparna användes viktsiffror som inkluderar fukten.

1.2 Pressningar av mätkroppar

De provkroppar som skulle användas för mätning av svälltrycket pressades direkt i en del av mätutrustningen; dessutom användes en cylindrisk mantel, en kolv och en enkelriktad hydraulisk domkraft. Hålltid vid pressningen var ca 5 sek. Efter några inledande försök kunde erforderligt presstryck för en viss täthet tämligen väl beräknas. Den sålunda beräknade pulvermängden + ca 5 % pressades, varefter överskottet skrapades bort. Därefter stod den renskrapade ytan i direkt kontakt med lastcellen. (Några mätningar utfördes på annat sätt: se nedan under 1.4). Provens mätyta var 19.6 cm² och höjden var 15 mm (utom vid mätningar, beskrivna under 1.4).

Uppnådda tätheter som funktion av presstrycket återges i figur 1.

1.3 Svälltrycksmätningar "utan" expansion

Apparaten monterades så att en viss förspänning råder. Denna registrerades på skrivare. Apparaten värmdes till 100 ±5°C (undantag under delar av långtidsprov; se nedan 1.5). Genom speciella luftkanaler hölls dock lastcellen under 50°C. När mättemperaturen uppnåtts, evakuerades rörledningarna och vatten med ca 5 bar anslöts till den porösa rostfria platta, som bentoniten pressats mot.

Under upptagningen av vatten utbildade ett tryck, som efter 30-50 h nådde jämvikt. Mätningen pågick i allmänhet ytterligare 1 dygn och värdena upptogs på skrivare.

Resultaten av prov med MX 80 i leveranstillstånd har samlats i figur 2.

Ingen korrektion har gjorts för att lastcellen tar upp en viss lägesändring; vid fullt utslag utgör den nämligen endast 0.2 mm (vid 10 ton).

Genom torkning vid $\sim 105^{\circ}$ uppmättes den totala halten fukt i några av de bentonitkroppar, som använts för svälltrycksmätningar. Fukthalten varierade mellan 14 och 21 vikts-%.

1.4 Svälltrycksmätning med expansion

Bentonit (MX 80 i leveranstillstånd) pressades till tätheten 2.35. Därefter svarvades 1.7 mm bort av mätkroppens ursprungliga 15.0 mm höjd. Härigenom minskade tätheten till 2.08 vid materialets fulla utfyllnad av tillgänglig volym.

Enligt tidigare mätningar svarar tätheten 2.35 mot 400 kp/cm² och 2.08 mot 110 kp/cm². Det uppmätta svälltrycket var 66 kp/cm².

Vid ytterligare ett försök pressades till tätheten 1.88, varefter bentonitkroppen svarvades från h = 15.0 mm till h = 13.5 mm, motsvarande tätheten 1.69 vid full utfyllnad. Som väntat vid denna låga täthet kunde inget svälltryck registreras i vår apparat, d v s det understiger 50 kp/cm².

1.5 Långtidsmätning av svälltrycket

Bentonit av typ MX 80 (i leveranstillstånd) valdes för en långtidsstudie av svällningstrycket. Materialet höll 9 % fukt och pressades till $\rho = 2.06$. Temperaturen höjdes till ca 100^o och den 20 januari 1978 kopplades yatten in. Efter 2₂ dygn avlästes 2.9 ton, d v s 150 kg/cm² (arean = 19.6 cm²).

Efter totalt 80 dygn var trycket 160 kg/cm²; detta värde hade nåtts redan efter 6 dygn.

Under detta prov har temperaturen ändrats flera gånger t ex till 35 och 70^o. Efter en viss tid (alltid under 12 h) har trycket återgått till tidigare nivå.

Den apparat, som användes för svälltrycksmätningar, ger inget avläsbart värde under 1 ton, motsvarande 50 kg/cm^2 (tätheten på bentoniten understiger då 2.0). I avsikt att kontrollera om material med låg täthet efter lång tid skulle uppvisa avläsbara tryck gjordes en mätning med bentonit av tätheten 1.67. Ingen tryckökning observerades efter 10 dygn, varefter försöket avbröts.

2. Pressning av bentonitpulver

I tidigare avsnitt har redovisats pressning av MX 80-pulver i samband med mätning av svälltryck vid vattenupptagning. Figur 1 till denna TR innehåller några resultat från ett annat pressförsök.

Vid IFÖ Electric AB i Bromölla har bentonit MX 80 i leveranstillstånd pressats till cylindrar $\varnothing 100 \text{ mm}$ och L 300 mm. Härvid används en isostatisk pressteknik, varvid pulvret fylls i en gummiform, som i ett tryckkärl pressas ihop medelst vatten under tryck. De tätheter, som därvid erhöles, har ritats in i figur 1.

Med samma pressteknik har några större kroppar framställt. Härvid pressades med 1000 kp/cm^2 och färdigdimensionerna var $\varnothing 300 \text{ mm}$ och L 1.5 m. En sådan kropp undersöktes av VBB, se deras rapport, daterad 1978-04-03.

3. Värmebehandling av MX 80

Bentonitpulver MX 80 behandlades vid förhöjd temperatur bl a för att sänka halten sulfid, som i leveranstillstånd varierat mellan 0.10-0.13 % S (3 analyser).

Laboratorieprov i luft vid 425°C gav S-halter från sulfider enligt nedan:

6 timmar:	0.09; 0.08 %
15 " :	0.012; 0.018 %
70 " :	0.015; 0.013 %

Värmebehandling i större skala har utförts av Gränges Mineralprocesser i Stråssa. Behandlingen skedde vid $425 \pm 15^\circ\text{C}$ i luft och det i ett ca 4 cm tjockt skikt utbredda pulvret krattades var 15:e minut. Detaljer återfinnes i bilaga. Analyserna av S från sulfider gav följande resultat:

Behandlingstid, h	S i sulfider, %
4	0.050; 0.038
6	0.032; 0.038
8	0.026; 0.032
12	0.022; 0.024
16	0.022; 0.025
18	0.017; 0.025
20	0.017; 0.017

Analysmetoden är hämtad ur "Analyse der Metalle" Bd II-2 "Betriebsanalyse" s. 1168 utg. 1961 på Springer Verlag. Metoden går i korthet till enligt följande:

Provet (i vatten) tillförs Cr- och Zn-pulver och koncentrerad HCl. Pyriten reduceras då och H₂S bildas (med CO₂ ss drivgas) förs över till en kolv med Cd-acetat. Där bildas CdS, varav mängden bestäms på "vanligt sätt" (jod + tiosulfat).

MX 80-pulver, som värmebehandlats på olika sätt, undersöktes beträffande svälltryck.

Värmebehandling	Provkroppens täthet g/cm ³	Uppmätt svälltryck, kp/cm ²
500°, 3 h	1.96	40
500°, 2 h	2.17	85
500°, 2 h	2.16	180
425°, 15 h	(2.12-) 2.16	200

Vid jämförelse med tidigare redovisade mätningar på obehandlad bentonit MX 80 (tidigare leverans) finner man att behandling vid 500° ger svälltryck som är lika eller lägre medan provet efter 15 h vid 425° visar ett högre svälltryck än ursprungsmaterialet. En förklaring till avvikelserna torde vara svårigheterna att homogent efterfukta den värmda bentoniten, vilket leder till osäkerheter i täthetsvärdena.

Slutsatsen av dessa mätningar är att svälltrycket inte påverkas av en behandling 15 h vid 425°, medan 2-3 h vid 500° något sänker svälltrycket.

Denna handling får ej utan vårt medgivande kopieras. Den får ej heller delgivas annan eller eljest obehörigen användas. Översättelse härav beivras med stöd av gällande lag. ASEA-ATOM
 This document must not be copied without our written permission, and its contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Contamination will be prosecuted. ASEA-ATOM

Värmebehandlingens inverkan på halten Fe^{2+} och Fe^{3+} undersöktes.

	Fe^{2+}	Fe^{3+}	ΣFe
MX 80 i lev. tillstånd	0.69 %	2.08 %	2.77 %
MX 80, 500° i 2 h	0.12 %	2.61 %	2.72 %
MX 80, 425° i 20 h	0.12 %	2.43 %	2.55 %

4. Vattnets framträngningshastighet i kompakterad bentonit

Undersökningen avsåg att studera hur fort vatten tas upp i kompakterad bentonit. Mätutrustningen består av ett antal rostfria stålringar, separerade med isolerande teflonringar. Ringarna hålls ihop av ett antal utanpåliggande bultar. Dessa ringar bildar en cylinder med lock av stål i ena gaveln och med andra gaveln bestående av en porös rostfri platta. Utrymmet på "utsidan" av denna porösa stålplatta anslöts till vatten (200 $\mu S/cm$). Cylindern fylldes etappvis med MX 80-pulver, som pressades till en täthet av ungefär 2.07 g/cm³. Sedan vattnet kopplats på och via den porösa plattan börjat tränga in i bentoniten mättes det elektriska motståndet mellan alla par av närliggande stålringar. Utgångsvärdet varierade mellan 0.5 och 0.6 k Ω .

Efter 19 dygn hade motståndet gått ner till hälften på ett avstånd av ca 6 cm från den porösa plattan. Efter ungefär 70 dygn hade vattnet trängt fram så långt, att motståndet halverats på ett avstånd av 14 cm från "vattenkällan".

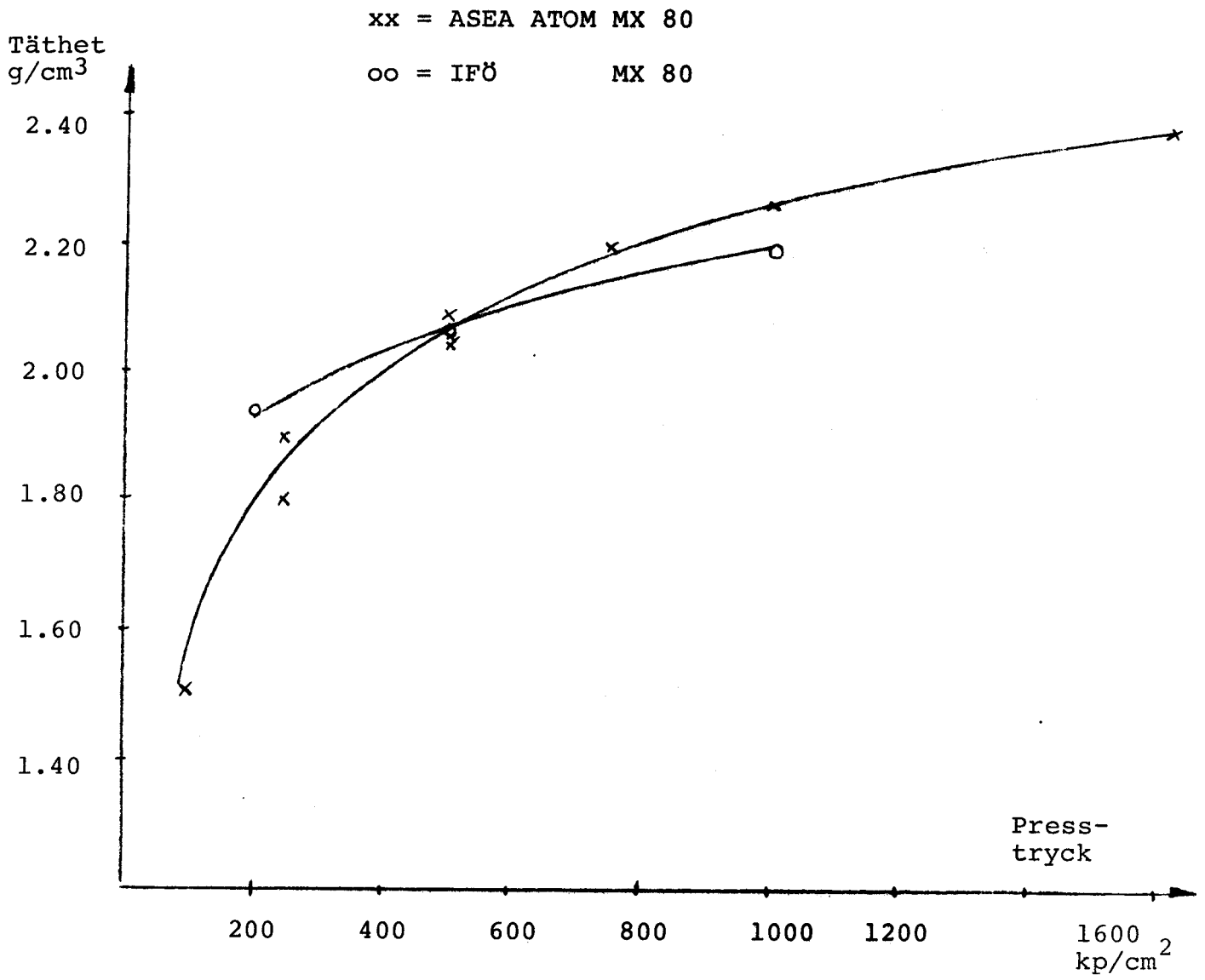
any unauthorized purpose. Contravenion will be prosecuted. ASEA-ATOM

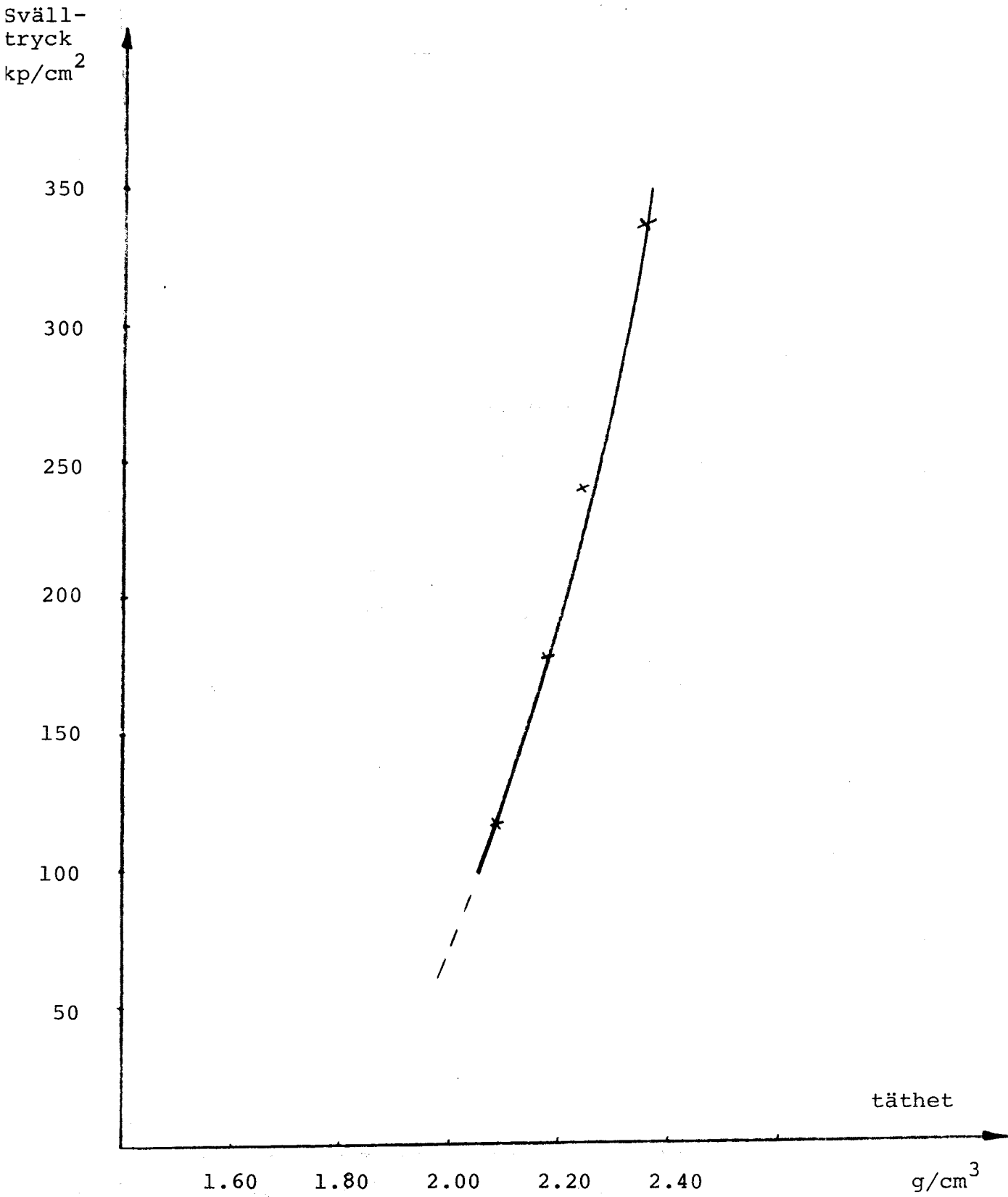
BI. 2024 75-05 100 000 OFFSET-PUNKTEN AB

5. Kemisk analys bentonit MX 80

Glödgn. förlust 950 ^o	12.3 %
SiO ₂	63.0 %
Al ₂ O ₃	16.1 %
Fe ₂ O ₃	3.0 %
CaO	1.1 %
MgO	1.6 %
Na ₂ O	2.2 %
K ₂ O	0.48 %
Li ₂ O	< 0.01 %
MnO	0.03 %
TiO ₂	0.10 %
F	0.10 %
Cl	< 0.01 %
S	0.23 %; 0.12 %
Cu	< 0.01 %
Zn	0.01 %
Cr	< 0.01 %
Ni	< 0.01 %
AsO ₄	0.018 %
NO ₃	ej påvisbart
PO ₄	0.060 %
S i sulfider	0.11 %; 0.13 %

Denna handling får ej utan vårt medgivande kopieras. Den får ej heller delgivas annan eller eljest obehörigen användas. Överträdelse härav beivras med stöd av gällande lag. **ASEA-ATOM**
 This document must not be copied without our written permission, and the contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. **ASEA-ATOM**





Bilaga C

till KBS Teknisk
Rapport 84

Onnea syntymäpäivänä

Onnea syntymäpäivänä

Onnea syntymäpäivänä

Onnea syntymäpäivänä

Onnea syntymäpäivänä

Onnea syntymäpäivänä

GRÄNGES MINERALPROCESSER

Stråssa

J Svensson/G Brask/lc/2364/1978-04-17

VÄRMEBEHANDLING SAMT FUKTNING AV BENTONIT

Stråssa

1978-04-17

På uppdrag av Kärnbränslesäkerhet AB har ett antal värmebehandlings- och uppfuktningsförsök gjorts med bentonit. De behandlade materialen skall testas i samband med utredningar rörande lagring av kärnbränsleavfall. Följande krav har uppställts.

Genom värmebehandlingen skall bentonitens sulfidhalt sänkas från ca 0,10 % - 0,15 % till maximalt 0,020 %.

Tid/temperatur vid värmebehandlingen måste anpassas så att bentonitens egenskaper beträffande svälltryck inte sänks under en viss nivå.

Av den värmebehandlade bentoniten skall genom isostatisk pressning framställas kapslar med krav på hög volymvikt. Härför krävs en tillsats av 10 % fukt och att fuktinblandningen blir homogen.

Kontroll av sulfidhalt, svälltryck och pressbarhet har utförts hos ASEA resp ASEA-ATOM.

Försöksuppläggning samt försöksmetodik har beslutats i samråd med ingenjör Lennart Hydén, ASEA-ATOM.

Stråssa

1978-04-17

FÖRSÖKSMATERIAL

Volclay bentonit, MX 80. Bentoniten, som anlände till Stråssa den 2 mars 1978, har anskaffats av uppdragsgivaren.

FÖRSÖKSUTRUSTNING

Kammarugn SMU 300 tillverkad av Edvin Erikssons Maskin AB, Kolbäck.

Blandare av märket Björn levererad av Hymabolagen, Malmö. Blandarstorlek = 20 liter, blandarverktyg spade.

FÖRSÖKSUTFÖRANDE

Ca 8 kilo (7 liter) bentonit chargerades i ett rostfritt (kvalitet Thermox 4762) cylindriskt kärl med måtten \varnothing 50 cm x 10 cm, godshöjd ca 4 cm. Provkärllet placerades på ca 10 cm höga eldfasta tegel placerade på ugnens botten. Temperaturen har uppmätts med hjälp av termoelement Chromel-Alumel kopplat till en digitalskrivare av märke THERM 2220. Termoelementet var placerat i provets mitt, dvs ca 2 cm under materialets yta. För att få en god lufttillförsel i godset (nödvändigt om en sänkning av sulfidhalten skall uppnås) gjordes, efter uppvärmning, omrörning i godset var femtonde minut. Uppvärmningstid samt temperatur/hålltid framgår av bilagorna 1 a-d.

Den värmebehandlade bentoniten fuktades till 10 % fukt räknat på torrsvikt bentonit. Vattnet tillsattes via en tryckluftsmånövrerad dysa under samtidig blandning. Prov nr 11 har ej fuktats efter värmebehandlingen. Provmängder samt blandningstider framgår av bilaga 2.

Stråssa

1978-04-17 .

Av bilaga 3 framgår sulfidhalten för de värmebehandlade proverna. Övriga testvärden har ej redovisats från uppdragsgivaren.

Redovisning av prover översända till uppdragsgivaren resp arkiverade prover framgår av bilaga 2.

Stråssa den 17 april 1978

Jonas Svensson



Gösta Brask

VÄRMEBEHANDLING SAMT FUKTNING AV BENTONIT

Försök nr 1				Försök nr 2				Försök nr 3				Försök nr 4			
Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C
5	330	57	510	5	388	58	495	5	157	31**	507	5	146	25	496
10	396	60	510	10	437	59**	480	10	233	35	514	10	200	30	499
15	417	61**	496	15	455	60	481	15	277	40	518	15	233	31**	494
20	437	65	516	20	464	65	488	20	309	45	519	20	255	33	520
25	446	68	518	25	468	70	490	25	329	46**	498	25	277	35	513
30	457	70	515	30	479	75	491	30	346	50	513	30	303	36	527
35	466	75	519	35	476	76**	485	35	358	55	518	35	323	40	523
40	475	76**	498	40	485	80	498	40	372	60	518	40	337	45	515
45	484	80	513	45	485	85	498	45	383	61**	505	45	352	46**	485
47*	490	85	512	47*	490	90	499	50	398	63	526	50	364	50	503
		90	516			91**	486	55	415	65	519	55	380	55	509
5	495	91**	498	3	491	95	488	60	434	70	528	60	390	60	509
10	505	95	515	8	492	100	492	65	453	75	520	65	405	61**	502
15	506	100	514	13	490	105	494	70	466	76**	507	70	421	65	507
17**	466	105	518	14**	451	106**	484	75	478	80	528	75	435	70	512
21	480	106**	497	18	494	110	496	80	488	85	521	80	450	75	514
25	487	109	521	23	496	115	499	82*	490	90	522	85	462	76**	504
26	490	110	519	28	503	120	500			91**	506	90	473	80	514
30	496	111	516	30	504			2	495	95	520	95	484	85	513
35	499	113	522	31**	460			5	498	100	527	99*	490	90	510
40	505	115	518	33	477			10	503	105	528			91**	507
45	507	120	520	38	492			15	509	106**	508	2	492	95	512
47**	493			43	495			16**	501	110	526	5	494	100	510
50	504			44**	474			20	510	115	524	10	500	105	511
52	506			48	490			25	514	120	526	15	504	106**	506
54	508			53	492			30	514			16**	487	110	510
												20	492	115	509
														120	510

* = Uppvärmningstid

** = Omrörning i provet

VARMEBEHANDLING SAMT FUKTNING AV BENTONIT

Försök nr 5				Försök nr 6				Försök nr 7					
Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C
5	78	20	497	15	159	16**	494	5	182	50	485	155	495
10	123	25	498	20	203	20	494	10	228	55	486	160	499
15	157	30	498	25	234	25	494	15	255	60	487	165	500
20	180	31**	497	30	256	30	495	20	287	61**	486	166**	493
25	204	35	495	35	278	31**	495	25	314	65	484	170	494
30	228	40	495	40	291	35	494	30	338	70	486	175	498
35	250	45	495	45	309	40	494	35	363	75	487	180	498
40	271	46**	492	50	329	45	495	40	392	76**	491		
45	288	50	497	55	341	46**	480	45	420	80	487		
50	306	55	498	60	354	50	485	50	440	85	488		
55	319	60	498	65	371	55	488	55	457	90	488		
60	340	61**	495	70	388	60	491	60	471	91**	488		
65	356	65	498	75	404	61**	483	65	483	95	487		
70	378	70	499	80	421	65	483	69*	490	100	489		
75	400	75	499	85	434	70	486			105	492		
80	422	76**	497	90	448	75	488	2	491	106**	490		
85	436	80	499	95	460	76**	487	5	495	110	487		
90	451	85	500	100	468	80	487	10	500	115	487		
95	463	90	501	105	475	85	487	15	502	120	490		
100	473	91**	496	110	481	90	487	16**	499	121**	491		
105	482	95	500	115	486	91**	486	20	495	125	489		
110	487	100	501	120	488	95	486	25	495	130	495		
113*	490	105	501	122*	490	100	487	30	496	135	496		
		106**	495			105	489	31**	491	136**	496		
2	491	110	503	2	491	106**	488	35	486	140	494		
5	493	115	502	5	492	110	492	40	488	145	496		
10	495	120	504	10	494	115	492	45	489	150	497		
15	497			15	496	120	493	46**	489	151**	492		
16**	495												

* = Uppvärmningstid
 ** = Omrörning i provet

VÄRMEBEHANDLING SAMT FUKTNING AV BENTONIT

Försök nr 9				Försök nr 10							
Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C
5	83	40	486	136**	491	5	60	40	480	136**	485
10	115	45	486	140	487	10	104	45	480	140	486
15	133	46**	488	145	488	15	108	46**	474	145	488
20	164	50	485	150	489	20	114	50	473	150	489
25	207	55	484	151**	485	25	123	55	473	151**	488
30	341	60	484	155	484	30**	153	60	474	155	489
35	281	61**	483	160	484	35**	222	61**	474	160	490
40	336	65	484	165	485	40	285	65	473	165	491
45	378	70	485	166**	489	45	336	70	473	166**	492
50	416	75	486	170	492	50	376	75	473	170	492
55	444	76**	489	175	491	55	400	76**	478	175	483
60	461	80	487	180	492	60	407	80	479	180	483
65	474	85	487			65	420	85	475		
70	485	90	487			70	428	90	477		
75*	490	91**	489			75*	443	91**	475		
		95	490					95	476		
2	492	100	491			2	449	100	476		
5	494	105	492			5	453	105	476		
10	498	106**	491			10	461	106**	475		
15	500	110	492			15	468	110	474		
16**	499	115	493			16**	468	115	475		
20	497	120	494			20	472	120**	476		
25	492	121**	493			25	474	121	475		
30	492	125	493			30	475	125	475		
31**	490	130	492			31**	476	130	477		
35	487	135	492			35	479	135	480		

* Uppvärmningstid

** Omrörning i provet

VÄRMEBEHANDLING SAMT FUKTNING AV BENTONIT

Försök nr 11 1978-03-13															
Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C	Tid min	Temp °C
5	46	10	429	5	424	20	426	45*	421	46	423	46	424	15*	422
10	96	15*	426	15*	424	25	424	46	421	55	422	16 h**	425	16	421
15	101	16	425	16	424	30*	423	10 h**	420	13 h*	422	1	425	30*	423
20	103	20	423	25	425	31	423	1	422	1	422	15*	426	31	423
25	108	25	420	30*	426	45*	424	15*	426	10	427	16	426	45*	423
30	115	30*	419	31	427	46	424	16	424	15*	428	30*	427	46	424
35	129	31	415	35	431	7 h*	425	30*	422	16	427	31	427	20 h**	424
40	147	35	413	40	431	1	424	31	416	25	426	45*	423		
45	165	40	414	45*	431	15*	423	36	413	30*	425	46	424		
50	183	45*	415	46	430	16	424	40	420	31	426	17 h*	426		
55	211	46	415	50	429	30*	426	45*	424	45*	426	1	426		
1 h	242	50	417	55	430	31	424	46	425	46	426	15*	428		
5	269	55	417	5 h*	429	45*	422	11 h*	424	14 h**	427	16	428		
10	299	3 h*	418	1	425	46	425	1	423	1	426	25	426		
15	327	1	418	5	424	8 h**	427	15*	428	15*	427	30*	425		
20*	351	5	420	15*	423	1	425	16	427	16	427	31	425		
22	367	15*	421	16	423	15*	418	18	429	30*	428	45*	422		
25	387	16	421	20	424	16	420	30*	424	31	428	46	421		
30	401	23	420	30*	422	30*	421	31	423	45*	426	18 h**	422		
35	413	30*	420	31	422	31	420	45*	425	46	426	1	422		
40	420	31	420	45*	423	45*	419	46	423	55	426	15*	425		
45	425	40	419	46	423	46	420	12 h**	424	15 h*	426	16	426		
50	426	45*	418	6 h**	421	9 h*	423	1	424	1	426	30*	425		
55	427	46	417	1	419	1	425	15*	425	15*	425	31	425		
2 h*	427	50	422	5	415	15*	424	16	425	16	425	45*	425		
1	427	55	423	10	413	16	422	30*	427	30*	425	46	425		
3	430	4 h**	423	15*	430	30*	424	31	427	31	425	19 h*	425		
5	431	2	424	16	431	31	419	45*	424	45*	424	1	425		

* Omrörning i provet

** Omrörning samt provuttag för sulfidanalys

VÄRMEBEHANDLING SAMT FUKTNING AV BENTONIT

Fuktning av Bentonit

Prov Nr	Provmängd Kg	Blandnings- tid, min	Efterblandnings- tid, min
1	8	3,5	3,5
2	8	3,5	3,5
3 + 4	16	7,0	7,0
5 + 6	16	7,0	7,0
7	8	3,5	3,5
9 + 10	16	7,0	7,0

Provsändning

Följande prover har översänts till uppdrags-
givaren:

Prov nr 1, 2, 3 + 4, 5 + 6, 7 samt 9 + 10, ca 100 g/prov

Prov nr 11, ca 100 g/prov uttagna efter värmebehandlingstid
4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 resp 18 timmar.

Prov nr 11, ca 2 kg efter värmebehandlingstid 20 timmar.

Arkiverat material

Följande material finns arkiverat på GMP. Materialen
förvaltas i slutna plastkärl.

Prov Nr	Mängd Kg	Prov Nr	Mängd Kg
1	3,9	7	7,1
2	7,0	9 + 10	15,3
3 + 4	14,4	11	3,7
5 + 6	14,5		

VÄRMEBEHANDLING SAMT FUKTNING AV BENTONIT

Sulfidhalter

Prov Nr	Temp °C */	Tid tim	Sulfidhalt, %	MV
2	500	2	0,017, 0,015, 0,034	0,022
3 + 4	500	2	0,010, 0,012, 0,021	0,014
5	500	2	0,012, 0,013, 0,020	0,015
7	500	3	0,015, 0,010	0,013
9 + 10	500	3	0,010, 0,008	0,011

*/ Ca-värden. Exakt temperaturförlopp framgår av bilagorna 3a - 3c.

Prov nr 11, temperatur 425° C (se bilaga 3d)

Värmebehandlingstid, tim

	4	6	8	12	16	18	20
Sulfidhalt, %	0,050	0,038	0,032	0,024	0,025	0,025	0,017
"	0,038	0,032	0,026	0,022	0,022	0,017	0,017
MV	0,044	0,035	0,029	0,023	0,024	0,021	0,017

Bilaga D

till KBS Teknisk
Rapport 84

58115
KBS Slutförvar

RAPPORT
från laboratorieundersökning
av pressad bentonit

Beställare: KBS, Stockholm

Beställarkontakt: Anders Bergström

Handläggare, VBB: Geo-gruppen, Stockholm
Hans Fagerström och Åke Nilsson
Tel 08/22 85 80

Laboratoriearbete: Bror Roswall

Datum: 1978-04-03

1978-04-03
58115
KBS Slutförvar

RAPPORT

från laboratorieundersökning

av pressad bentonit

(Härtill 6 bilagor)

1. Orientering

Laboratorieundersökningarna utfördes på högkompakterad natriumbentonit med beteckningen Mx80, vilken erhöles från ASEA Atom AB. Materialets densitet och vattenkvot bestämdes på delprover. Vidare undersöktes svällningen vid upptagning av destillerat vatten genom provningar i ödometrar med 50 mm diameter av typ SGI och Stockholms Gatukontor. Dessutom gjordes försök i ödometer med 100 mm diameter. Vid detta försök användes vattenledningsvatten.

2. Materialprov

Provet med högkompakterad natriumbentonit hade 0,3 m diameter och 1,5 m längd. Det sågades itu så att man fick en 0,3 m lång del, vilken förvarades oskyddad i normal rumsfuktighet. Efter ca tre dygn upptäcktes sprickor som trängt in några centimeter i delprovet. Sprickorna var mestadels sammanhängande runt provets periferi.

3. Vattenkvot och densitet

Genom torkning vid 105° under ca ett dygn bestämdes vattenkvoten på fyra prover till 9,3-10,9 %. Någon tendens till variation mellan olika delar av materialprovet kunde inte konstateras.

Skrymdensiteten mättes på fyra prover genom volymbestämning i vatten efter indränkning i paraffin. Vidare bestämdes volymen på fyra prover genom nedsänkning i lacknafta.

prov nr	provningssmetod	Skrymdensitet t/m ³
1	indränkning i paraffin	2,15
2	" " "	2,12
3	" " "	2,18
4	" " "	2,20
5	nedsänkning i lacknafta	2,20
6	" " "	2,13
7	" " "	2,21
8	" " "	<u>2,18</u>
	medelvärde	2,17

Medelvärdet 2,17 t/m³ på skrymdensiteten motsvarar torrdensiteten 1,97 t/m³, om den naturliga vattenkvoten är 10 %.

4. Svällningsegenskaper

4.1 Försök i ödometer typ Stockholms Gatukontor

Ödometrar av typ Stockholms Gatukontor har 50 mm diameter och vatten tillförs ovanifrån och underifrån genom filterstenar.

I resultaten anges svällningen i procent av ursprunglig volym. Vid försöken har provhöjderna genomgående korrigerats för att provmaterialet med torrdensiteten $1,97 \text{ t/m}^3$ inte helt fyllt upp ödometerringarna vid provets start.

För att få en uppfattning om hur snabbt vatten tränger in i materialet gjordes svällförsök med provhöjden 10 och 20 mm. Stämpeltrycket var 50 kPa ($0,5 \text{ kp/cm}^2$).

Tid-svällningskurvan från försöken framgår av bilaga 1. Svällningen i prov 1 med 10 mm höjd tenderade att nå ett slutvärde efter ca sex dygn, medan svällningen för prov 2 med 20 mm höjd inte avstannat vid denna tid. Efter ca ett dygn var svällningens absolutvärde lika för de båda proverna. När försöken avbröts bestämdes svällning, vattenkvot och densitet till följande värden:

prov nr	prov-höjd mm	svällning %	vattenkvot %	skrymdensitet t/m^3	torrdensitet t/m^3
1	10	99	66	1,65	0,99
2	20	66	48	1,76	1,19

För bestämning av bentonitens densitet vid olika tryck utfördes svällförsök med provhöjden 10 mm och med stämpeltrycken 500, 1 000, 1 500 och 2 000 kPa ($5, 10, 15$ och 20 kp/cm^2). Tidsvällningskurvan från försöken framgår av bilaga 2. När försöken avbröts efter ca 13 dygn bestämdes följande värden:

prov nr	stämpel- tryck kPa	svällning %	vatten- kvot %	skrymden- sitet t/m ³	torrden- sitet t/m ³
3	500	50	39	1,83	1,32
4	1 000	39	34	1,89	1,42
5	1 500	36	32	1,91	1,45
6	2 000	27	27	1,98	1,55

Provets verkliga vattenkvot kunde inte bestämmas med önskvärd noggrannhet när försöken avbröts, eftersom materialet tog upp vatten från stämplarna under demonteringen. Vattenkvot och skrymdensitet har därför beräknats med ledning av utgångsprovets vikt med vattenkvot 10 % och från vattenmättade provets volym vid försökens slut. Vidare användes vid beräkningen kompaktdensiteten 2,70 t/m³ för bentoniten. Provets densitet vid olika stämpeltryck framgår av bilaga 3.

De erhållna densitetsvärdena kompletterar resultaten i Meddelande 1977-11-18 från ASEA Atom.

Svällningshastigheten i ren bentonit har befunnits vara större än i blandningar av bentonit och kvarts, jfr VBBs laboratorierapport 1367 1977-08-09 över försök med 10 mm höjd i samma ödometrar.

4.2 Försök i ödometer typ SGI

SGIs ödometer har 50 mm diameter och filterstenar över och under provet. Vatten tillförs i huvudsak endast genom den undre filterstenen.

Två försök (prov 7 och 8) gjordes med stämpeltrycket 50 kPa (0,5 kp/cm²). Tid-svällningskurvan framgår av bilaga 4. Följande värden bestämdes, när försöken avbröts efter knappt sju dygn.

prov nr	svällning		vatten- kvot %	skrymden- sitet t/m ³	torrden- sitet t/m ³
	5 dygn %	7 dygn %			
7	80	85	55	1,65	1,06
8	88	91	62	1,66	1,03

Svällningen hos dessa prover skedde långsammare än hos prov 1 i ödometern av typ Stockholms Gatukontor. Slutvärdet uppskattas dock vara ungefär lika. Skillnaden i hastighet berodde antagligen på olikheter i vattentillförseln för de båda ödometertyperna.

Vid två försök (prov 9 och 10) hölls stämpeltrycket vid 50 kPa under ca ett dygn, varefter det ökades till 2000 kPa (20 kp/cm²), bilaga 4. När försöken avbröts efter ca sju dygn uppmättes följande värden:

prov nr	svällning %	torrdensitet t/m ³
9	22	1,61
10	26	1,56

Provhöjderna har på samma sätt som ovan korrigerats för att provmaterialet med torrdensiteten 1,97 t/m³ inte helt fyllt upp ödometerringarna vid provets början.

4.3 Försök i ödometer med diametern 100 mm

Ett prov med 100 mm diameter och 70 mm höjd utsattes för stämpeltrycket 60 kPa (0,6 kp/cm²). Vatten med 50 kPa (0,5 kp/cm²) tryck tillfördes genom ett filter av sand i botten av provet. Svällningen i provets

överyta som funktion av tiden framgår av bilaga 5.

Hastigheten för svällningen är långsam i jämförelse med försöken i ödometrarna med 50 mm diameter. Den låga hastigheten beror möjligen på att vattenledningsvatten använts i stället för destillerat vatten i de andra provningarna. Varudeklarationen för vattenledningsvattnet framgår av bilaga 6.

När försöket avbröts efter ca 14 dygn bestämdes vattenkvotens variation genom provet, se bilaga 5. I de två översta centimetrarna uppmättes vattenkvoten till 11,9 %, vilket innebär att denna del av provet då knappast hunnit påverkas av vattnet underifrån. Det har alltså tagit ca två veckor för vattnet att tränga in 5 cm i bentoniten.

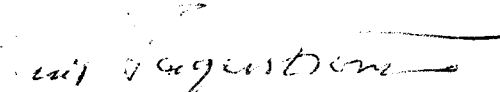
5. Lös utfyllning av bentonitpulver

Densiteten bestämdes hos löst utfyllt bentonitpulver (granulerad bentonit Saline Seal 100). Bestämningen gjordes i en spalt med planmåtten 62x34mm och höjden 1 m. Den ena breda sidan av spalten utgjordes av plexiglas, medan de tre återstående sidorna bestod av träfiber-skivor. Utfyllningen gjordes till 0,7 m höjd genom en tratt på nivån 1 m över spaltens botten.

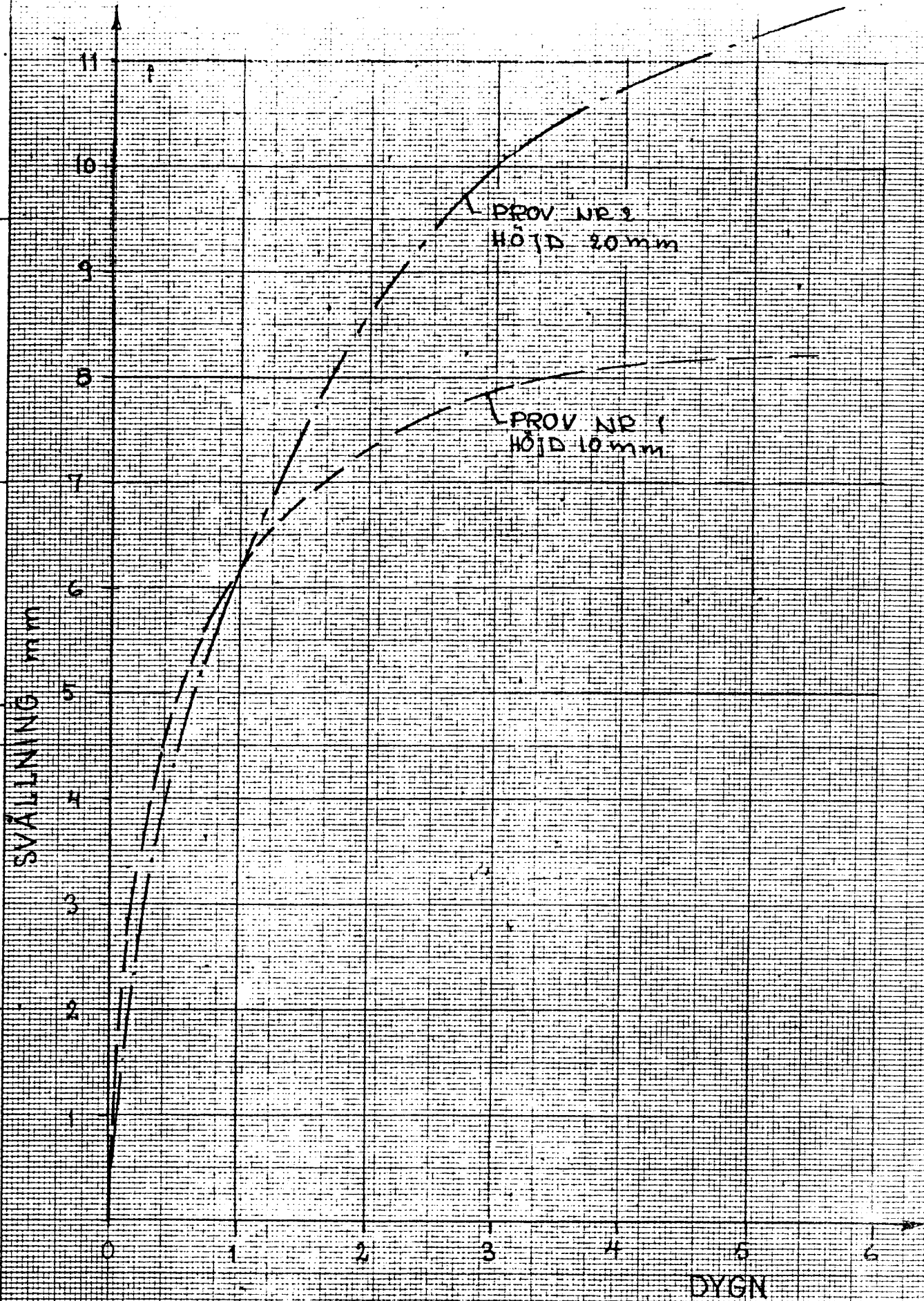
Pulvrets skrymdensitet uppmättes till 1,13 och 1,14 t/m³ och vattenkvoten bestämdes till 10,9 %. Torrdensiteten hos pulvret blev således ca 1,03 t/m³.

Stockholm 1978-04-03

VBB VATTENBYGGNADSBYRÅN


Hans Fagerström


Åke Nilsson



KBS Slutförvar

SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN

PROV Ø50 mm, HÖJD 10 och 20 mm

ÖDOMETER TYP STOCKHOLMS GATUKONTOR

SKALA

REG. NUMMER

RITN. NUMMER

58115-008

BILAGA 1

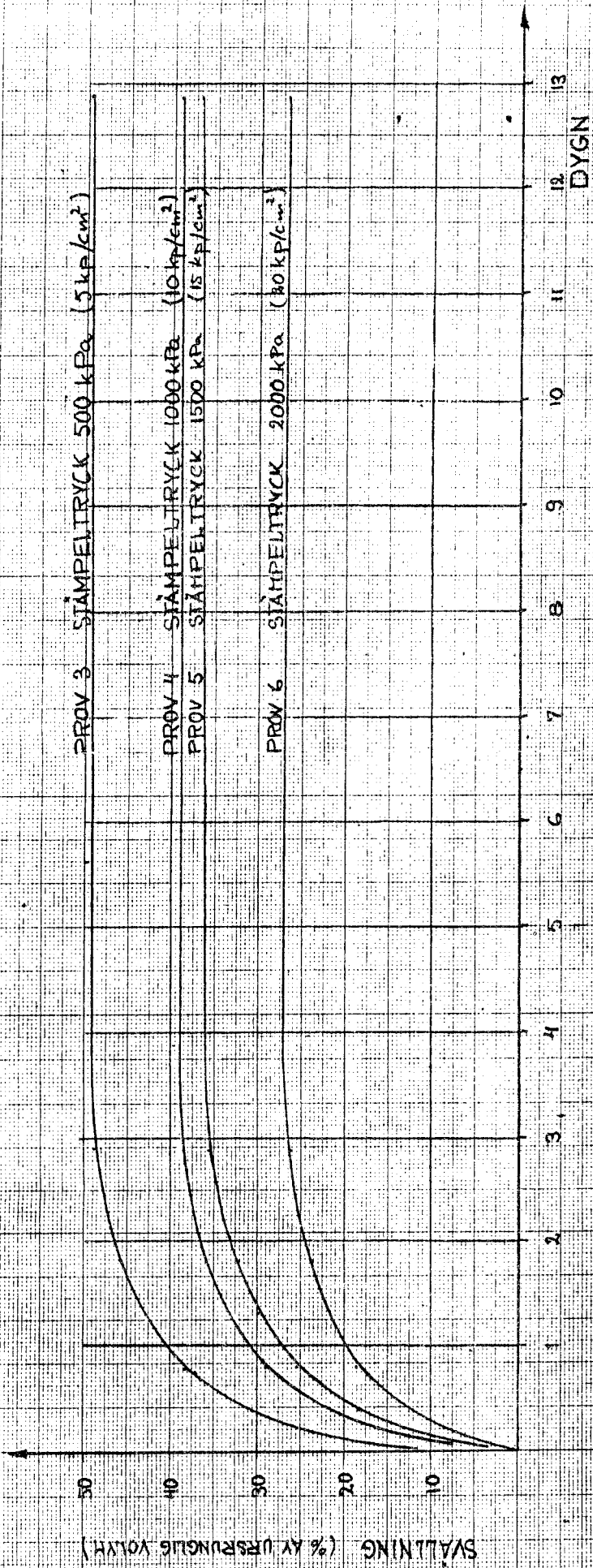
DATUM

SIGN.

78-04-03

ÅNÖ

VBB
VATTENBYGGNADSEBYRÅ

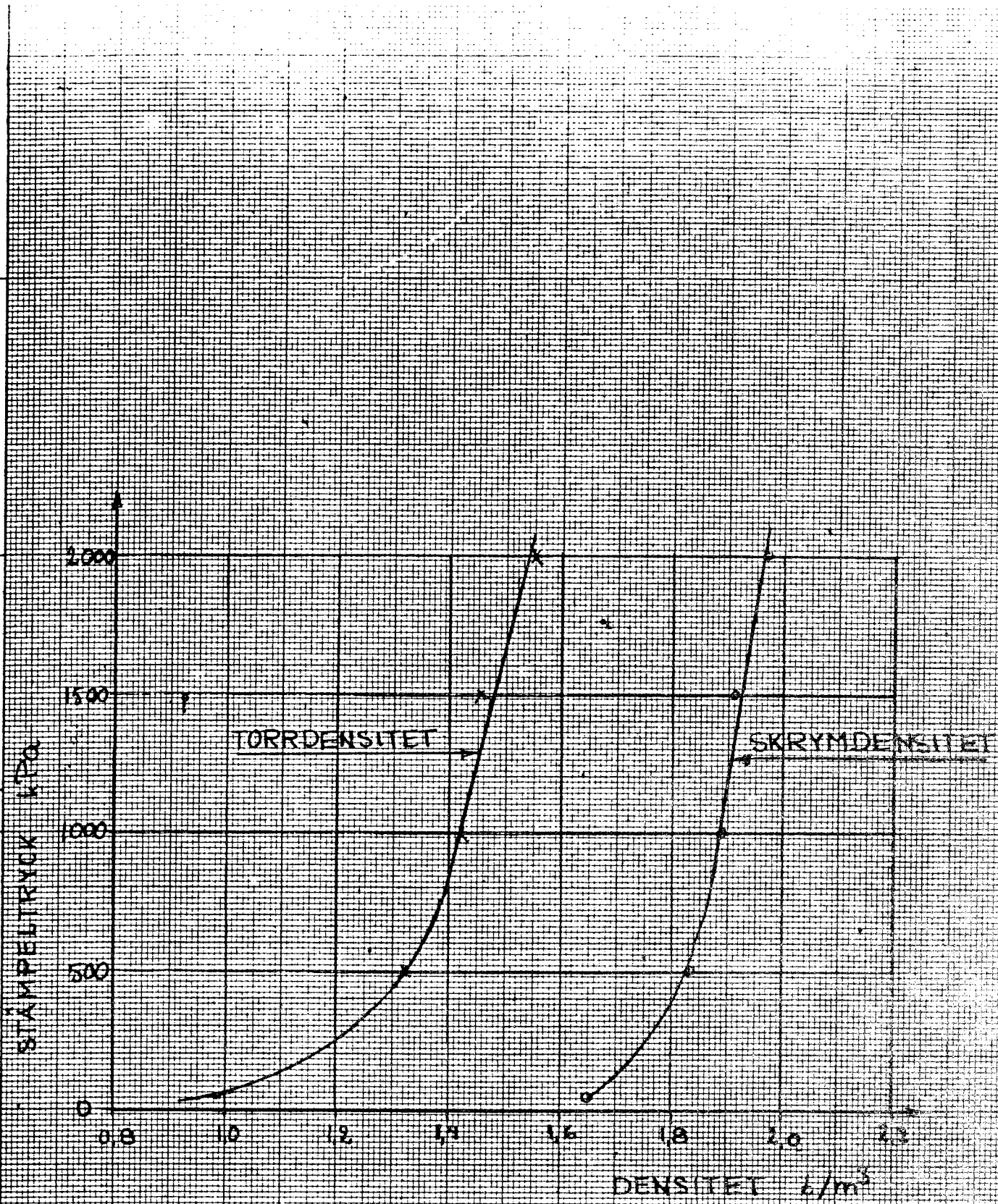


KBS SLUTFÖRVAR
 SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN
 PROV Ø 50 MM, HÖJD CA 10 MM
 ÖDOMETER TYP STAHTS GATUKONTOR

SKALA: 500 kPa
 DATUM: 13-04-03

REG. NUMMER: 58115-008
 BILAGA 2

SIGN: *FW*
VBE
 VÄTTEKONTROLLSBRANSCHEN



KBS SLUTFÖRVAR
 DENSITET VID OLIKA STÄMPEL-
 TRYCK

SKALA

REG. NUMMER

RITN. NUMMER

58115-008

BILAGA 3

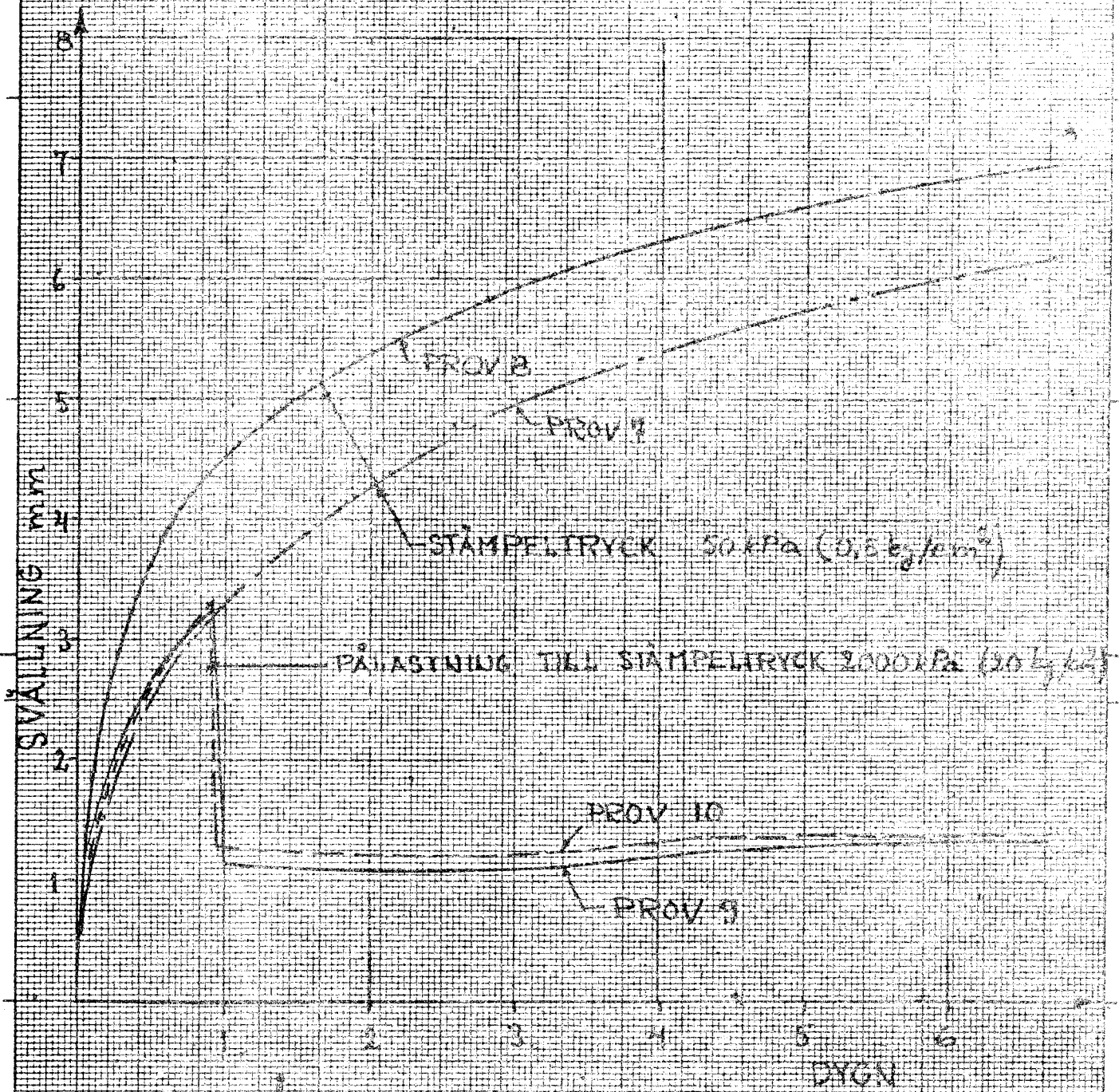
DATUM

SIGN.

78-04-03

0
RDI





KBS Slutförvar
 SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN
 PROV ϕ 50 mm, HÖJD ca 10 mm
 ÖDOMETER TYF SGI

SKALA

REG. NUMMER

RITN. NUMMER

5815-008

BILAGA 4

DATUM

SIGN.

78-04-03

Å
 PÅL

VBB
 VATTENBYGGNADSBYRÅN

SVÄLLNING mm

40

30

20

10

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

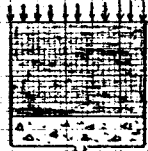
13

14

DYGN

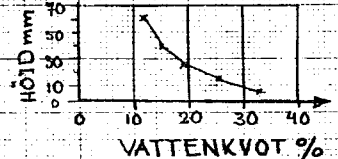
STÄMPELTRYCK 60 kPa (0,6 kp/cm²)

70 mm



VATTENTRYCK 50 kPa (0,5 kp/cm²)

∅ 100



KBS SLUTFÖRVAR
SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN
PROV ∅ 100 mm, HÖJD 70 mm

SKALA	REG. NUMMER	RITN. NUMMER
	58115-008	BILAGA 5
DATUM	SIG.	VBB VATTENBYGGNADSEBYRÅN
1978-04-03	<i>Fwi</i>	



V A R U D E K L A R A T I O N

Det från Lovö- och Norsborgsverket levererade vattnets genomsnittliga sammansättning redovisas nedan. Uppgifterna är baserade på förhållandena åren 1972 - 1976. Som jämförelse anges de av myndigheterna i Meddelande från Kungl. Medicinalstyrelsen Nr 112 och 122 angivna kraven på ett tjäniligt vatten utan anmärkning ur teknisk eller hygienisk synpunkt.

		Lovö- verket	Norsborgs- verket	Myndigheternas krav
Färg, Pt	mg/l	5	5	20
Grumlighet		ingen (0,1 FTU)	ingen (0,1 FTU)	ingen
Lukt		ingen	ingen	ingen
Bottensats		ingen	ingen	ingen
Konduktivitet, 25 °C	mS/m	27,2	23,3	
Torrsubstans	mg/l	184	165	
Glödgningsrest	mg/l	137	122	
pH		8,5	8,5	minst 7,0 högst 9,5
Permanganatförbrukning	mg/l	10	9	<20
Ammonium, NH ₄	mg/l	<0,05	0,06	max 0,5
Totalhårdhet, Ca	mg/l	42	35	max 100
Totalhårdhet, tyska grader	°d	5,9	4,9	max 14
Aluminium, Al	mg/l	<0,05	<0,05	max 0,15
Järn, Fe	mg/l	<0,05	<0,05	<0,20
Mangan, Mn	mg/l	<0,05	<0,05	max 0,10
Kviksilver, Hg	mg/l	<0,0001	<0,0001	
Fluorid, F	mg/l	0,25	0,26	max 1,5
Fosfat, PO ₄	mg/l	<0,01	<0,01	
Klorid, Cl	mg/l	13	13	<100
Nitrat, NO ₃	mg/l	1,5	1,5	max 30
Nitrit, NO ₂	mg/l	<0,01	<0,01	max 0,02
Sulfat, SO ₄	mg/l	60	54	<100
Alkalitet, HCO ₃	mg/l	60	48	
Marmoraggressiv kolsyra, CO ₂	mg/l	0	0	
Syre, O ₂	mg/l	11,9	9,8	
Kloröverskott, bundet Cl ₂	mg/l	0,30	0,31	
Totalantalet bakterier 22 °C per ml		<1	<1	<100
Totalantalet coliforma bakterier, 35 °C per 100 ml		<0,2	<0,2	<1

Tecknet < betyder mindre än

Bilaga E

till KBS Teknisk
Rapport 84

58115
KBS Slutförvar

RAPPORT
från kompletterande laboratorie-
undersökning av pressad bentonit

Beställare: KBS, Stockholm

Beställarkontakt: Anders Bergström

Handläggare, VBB: Geo-gruppen, Stockholm
Anders Heiner och Åke Nilsson
Tel 08/22 85 80

Laboratoriearbete: Bror Roswall

Datum: 1978-04-25

1978-04-25
58115
KBS Slutförvar

RAPPORT
från kompletterande laboratorie-
undersökning av pressad bentonit

Resultat från laboratorieundersökning av pressad bentonit har redovisats i VBBs "Rapport ...", daterad 1978-04-03. För att möjliggöra en bedömning av hanterbarheten har laboratorieundersökningarna kompletterats med bestämning av den pressade bentonitens tryck-, böjdrag- och spräckhållfastheter. I denna rapport redovisas resultaten från hållfasthetsbestämningarna utförda på utsågade delprover från en provkropp av högkompakterad bentonit som framställts vid ASEA Atom AB.

Utsågningen gjordes på VBBs geotekniska laboratorium med hjälp av elektrisk motorsåg och fogsvans. Den högkompakterade bentoniten var relativt svår att bearbeta, eftersom verktygen snabbt förlorade skärpan.

Hållfasthetsbestämningarna utfördes på Statens provningsanstalt.

Tryckhållfastheten bestämdes på kuber med ca 70 mm sida till följande värden:

Prov nr	Höjd mm	Bredd mm	Längd mm	Tryckhållfasthet MPa
1	71,1	74,5	70,6	8,2
2	68,4	71,8	70,0	9,0
3	72,1	70,7	71,1	<u>8,0</u>
medelvärde				8,4

Spräckhållfastheten bestämdes likaledes på kuber med ca 70 mm sida med följande resultat:

Prov nr	Höjd mm	Bredd mm	Längd mm	Spräckhållfasthet MPa
4	69	73	72	0,85
5	68	74	74	0,78
6	73	70	73	<u>0,67</u>
medelvärde				0,77

Böjdraghållfastheten uppmättes på fritt upplagda balkar till följande värden:

Prov nr	Höjd mm	Bredd mm	Spännvidd mm	Böjdraghållfasthet MPa
7	34,5	48,0	150	1,90
8	35,5	47,5	100	2,00
9	35,0	47,5	150	<u>1,86</u>
medelvärde				1,92

Vid bestämning av böjdraghållfastheten på prov nr 8 gjordes först ett försök med spännvidden 150 mm. Vid denna provning erhöles brott i en spricka i närheten av det ena upplaget. Om momentet i provbitens mitt

används vid beräkning av böjdraghållfastheten vid detta prov erhålls påkänningen vid brott till 1,33 MPa. Bortsett från denna, bestämning var spridningen hos hållfasthetsvärdena liten.

De uppmätta värdena för tryck-, spräck- och böjdraghållfastheten har ungefär samma inbördes förhållande som resultat från provning av betong. Det kan noteras att de uppmätta värdena motsvarar hållfastheten hos lättbetong med densiteten 0,8 t/m³. Den normalt använda lättbetongen med densiteten 0,4 t/m³ har ungefär en fjärdedel av de uppmätta hållfasthetsvärdena.

Stockholm 1978-04-25


Anders Heiner


Åke Nilsson

Bilaga F

till KBS Teknisk
Rapport 84

1978-04-11
58115
KBS Slutförvar

PM
angående packning av tunnelfyllning

(Härtill 1 bilaga)

1. Allmänt

I "PM angående packning av tunnelfyllning", 1978-03-14, av R Pusch föreslås att tunnelfyllningen packas till hög skrymdensitet för att begränsa deformationerna hos fyllningen i deponeringshålen. Med utgångspunkt från KBS Rapport 37 diskuteras nedan vilken densitet som kan vara praktiskt möjlig att uppnå i tunnelfyllningen. Vidare har studerats hur belastningen av tunnelfyllningen påverkas av olika mäktigheter hos sand- och bentonitblandning i deponeringshålets övre del.

2. Buffertmateriallets densitet

2.1 Buffertmaterial enligt KBS
Rapport 37-----

I tunnlarnas bottendel föreslogs följande buffertmaterial:

bentonithalt	10 %
vattenkvot	10 <u>±</u> 2 %
packningsgrad	90 %

Vid tung laboratoriestampning bestämdes den maximala torrdensiteten till 1,95 t/m³ vid en optimal vattenkvot av 8-12 %. Motsvarande skrymdensitet är 2,14 t/m³ vid vattenkvoten 10 %.

Vid den föreskrivna packningsgraden 90 % erhöles torrdensiteten 1,75 t/m³, vilket motsvarar skrymdensiteten 1,93 t/m³ vid vattenkvoten 10 %. Portalet vid denna densitet uppgår till 0,54.

Vid fältförsöken med buffertmaterial varierade de uppnådda packningsgraderna mellan 80 och 90 %. För att erhålla föreskrivna packningsgraden 90 % erfordras således en något effektivare packningsutrustning än den som användes vid fältförsöken.

För att fylla tunnlarnas övre del föreslogs sprutning av buffertmaterial med följande egenskaper:

bentonithalt	10-20 %
vattenkvot	10-15 %
packningsgrad	70-80 %

Vid vattenkvoten 12,5 % och en packningsgrad av 75 % erhålls torrdensiteten 1,46 t/m³ och skrymdensiteten 1,64 t/m³.

2.2 Bedömning av densiteten vid ändring av buffertmateriallets gradering

I "skånska moränlerors hållfasthets- och bärighets-egenskaper", Hartlén, 1974 redovisas undersökningar av ett flertal moränleror, det naturliga material som

närmast liknar buffertmaterialet. Nedan ges karakteristika för två av de undersökta materialen:

	Kornfördelning		Torr densitet (tung lab stampning)	Optimal vatten-	Skrymdensitet
	<0,074 %	Max mm	t/m ³	%	t/m ³
Tygelsjö	53-55	32	2,10	9,0	2,29
Rehab	76-78	16	2,03	11,5	2,26

Moränleran i Tygelsjö visar det högsta densitetsvärdet bland de undersökta moränlerorna. Som framgår av tabellen kan de mera välgraderade moränlerorna packas till betydligt högre densitet än den som erhöles vid undersökningen av buffertmaterialet av sand-bentonit.

Genom en förbättring av buffertmaterialets gradering bedöms det vara möjligt att uppnå densiteter av samma storleksordning som hos moränlerorna. Vid dammbyggnader brukar man med lämplig packningsutrustning och noggrann kontroll kunna uppnå packningsgraden 95 % av tung laboriestampning. I fält skulle det härigenom vara möjligt att uppnå en skrymdensitet i tunnelns undre del av ca 2,15 t/m³. Denna skrymdensitet ger portalet 0,38 vid kompakt densiteten 2,7 t/m³ och vattenkvot 10 %. En ändring av sammansättningen hos buffertmaterialet påverkar hanterbarheten. Vid bestämningen av materialets kornfördelning är det viktigt att även denna aspekt beaktas.

För tunnelns övre del där materialet förutsetts bli sprutat bör skrymdensiteten tillsvärdare antas bli lika som vid de utförda fältförsöken. Eventuellt finns möjlighet att något minska denna zon genom att utveckla lågbyggda packningsredskap så att underbäddens mäktighet kan ökas.

3. Belastning på tunnelfyllningen

Bärigheten hos tunnelfyllningen beror av dess kohesion och friktionsvinkel. Friktionsvinkeln ökar med ökande densitet. För hållfastheten är också jordens sammansättning av betydelse, således avtar friktionsvinkeln och ökar kohesionen när finjordshalten ökar. Resultat från undersökningar av moränleror, Helenelund, 1964, där dessa samband studerats, framgår av bilaga 1.

Hållfasthetsvärden för sand-bentonitblandning finns redovisade av Hansbo, 1973. Vid dessa undersökningar erhöles följande värden från odränerade triaxialförsök.

Bentonithalt %	Friktionsvinkel	Kohesion kPa
10	37°	16
15	36°	16

Om belastningen från det uppsvällande materialet i deponeringshålet betraktas som belastningen från en platta grundlagd på ett djup motsvarande tunnelns höjd kan bärigheten beräknas enligt Brinck-Hansen, 1961. En sådan beräkning ger till resultat en bärighet av ca 4 MPa. Därvid har friktionsvinkeln valts till 35° och kohesionen till 15 kPa.

Vid den nuvarande designen av deponeringshålen förutsätts att bentonitfyllningens överyta ligger 1,0 m under tunnelgolvet. Svälltrycket som utbildats när bentonitfyllningen kommer i kontakt med vatten har av Pusch, 1978 uppskattats till 10 MPa. En del av detta tryck avlastas genom siloeffekt längs deponeringshålets väggar. Det återstående trycket som belastar tunnelfyllningen kan enligt Janssen-Koenens formel beräknas uppgå till ca 5,4 MPa. Detta tryck är större än vad tunnelfyllningen kan bära och materialet i deponerings-

hålet kommer att tryckas upp i tunneln. Härvid kommer siloeffekten på materialet i övre delen av deponeringshålet att minska och risk föreligger att bentonitfyllningens överyta når upp över tunnelbotten. Det bör observeras att svälltrycket vid denna beräkning förutsatts vara konstant 10 MPa trots att volymökningen medför en sänkning av det mobiliserbara svälltrycket.

Vid en ökning av deponeringshålets djup så att avståndet från tunnelbotten till bentonitfyllningens överyta ökas till 1,5 m kommer trycket mot tunnelfyllningen genom siloeffekten att minska till ca 4 MPa. Eftersom trycket ligger i närheten av tunnelfyllningens bärighet kommer långtidsdeformationer (krypning) att utbildas. Dessa deformationer kan överslagsmässigt antas öka linjärt med logaritmen för tiden. Långtidsdeformationernas storlek vid olika spänningsnivåer bör närmare studeras.

Vid en ökning av avståndet från tunnelbotten till bentonitfyllningens överyta till 2 m kommer trycket mot tunnelfyllningen genom siloeffekt att reduceras till ca 3 MPa. Detta tryck kan enligt den ovanstående beräkningen uppbäras av tunnelfyllningen.

Om siloeffekten ej kan utbildas tränger fyllningen i deponeringshålet upp i tunnelfyllningen så länge svälltrycket överstiger ca 4 MPa. Detta svälltryck kan enligt Pusch, 1978 (kurva C) förväntas då den vattenmätade skrymdensiteten är ca $2,05 \text{ t/m}^3$. Bentonitfyllningen i deponeringshålet kan vid oförändrad volym efter homogenisering av densiteten beräknas uppgå till ca $2,18 \text{ t/m}^3$. Erforderlig svällning för att trycket skall minska till ca 4 MPa kan beräknas till ca $1,2 \text{ m}^3$, motsvarande ca 0,7 m höjning av fyllningen i deponeringshålet.

För att kapseln inte skall sjunka i bentonitfyllningen erfordras en skjuvhållfasthet av 60 kPa enligt Prandtls formel ($q = \lambda \cdot 5,14 \cdot \tau_f$). Pusch, 1978 redovisar följande samband mellan skjuvhållfastheten och svälltrycket $\tau_f = 0,16 \cdot s$. Med detta samband kan det erforderliga svälltrycket beräknas till 370 kPa. Enligt de mätresultat som redovisas i VBBs laboratorierapport 1978-04-03 motsvaras detta svälltryck av densiteten ca $1,8 \text{ t/m}^3$. Således ett betydligt lägre värde än den förväntade densiteten $2,05 \text{ t/m}^3$. Säkerheten mot brott under kapseln blir således betryggande.

Stockholm 1978-04-11


Anders Heiner


Åke Nilsson

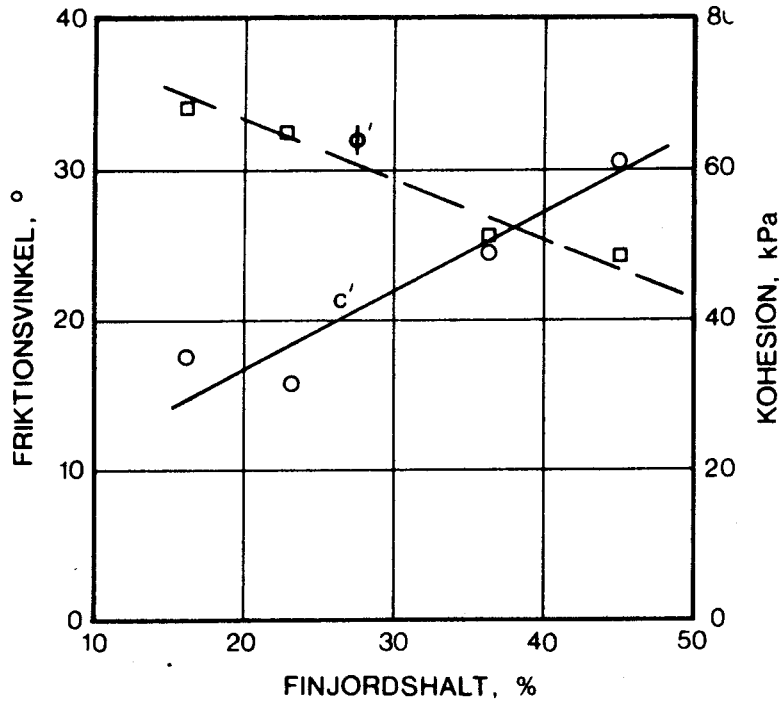


FIG. 6. Kohesionens och friktionsvinkelns beroende av finjordshalten enligt Helenelund (1964).
 ○, kohesion; □, friktionsvinkel.

The cohesion and angle of friction versus the fine grain (silt and clay) content (Helenelund, 1964).
 ○, cohesion; □, angle of friction.

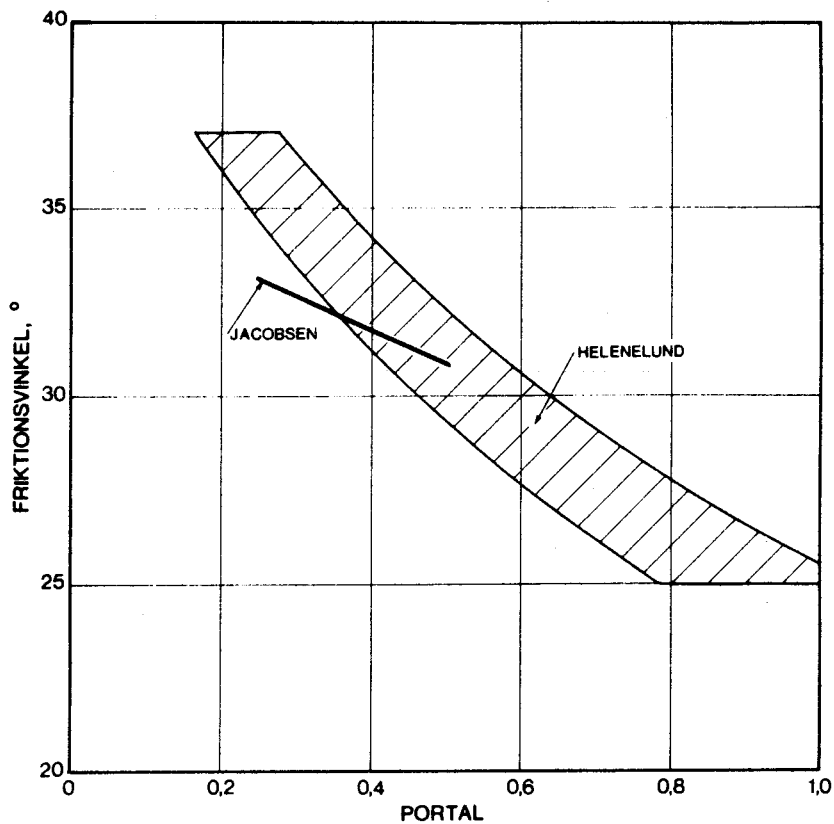


FIG. 7. Approximativ uppskattning av friktionsvinkeln utgående från portalet enligt Jacobsen (1970) och Helenelund (1964). I sistnämnda fallet har ρ_s antagits vara $2,67 \text{ t/m}^3$.

Approximative estimation of the angle of friction based on the void ratio according to Jacobsen (1970) and Helenelund (1964). In the latter ρ_s is assumed to be 2.67 t/m^3 .

FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 01 Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 77-04-05
- 02 PM angående värmeledningstal hos jordmaterial
Sven Knutsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
- 03 Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
- 04 Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
- 05 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall, Rapport 1
Roland Blomqvist
AB Atomenergi 77-03-17
- 06 Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan
Ulf Lindblom
Hagconsult AB 77-02-28
- 07 Resteffekt studier för KBS
Del 1 Litteraturgenomgång
Del 2 Beräkningar
Kim Ekberg
Nils Kjellbert
Göran Olsson
AB Atomenergi 77-04-19
- 08 Utlakning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 77-05-20

- 09 Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium
Hans Häggblom
AB Atomenergi 77-03-24
- 10 Translation and development of the BNWL-Geosphere Model
Bertil Grundfelt
Kemakta Konsult AB 77-02-05
- 11 Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall
Sture Henriksson
AB Atomenergi 77-04-18
- 12 Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg
Sven G Bergström
Göran Fagerlund
Lars Rombén
Cement- och Betonginstitutet 77-06-22
- 13 Urlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering
Ragnar Gelin
AB Atomenergi 77-06-08
- 14 Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-20
- 15 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Rapport 2
Roland Blomquist
AB Atomenergi 77-05-17
- 16 Översikt av utländska riskanalyser samt planer och projekt rörande slutförvaring
Åke Hultgren
AB Atomenergi augusti 1977
- 17 The gravity field in Fennoscandia and postglacial crustal movements
Arne Bjerhammar
Stockholm augusti 1977
- 18 Rörelser och instabilitet i den svenska berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet augusti 1977
- 19 Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenombång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
Sveriges Geologiska Undersökning september 1977

- 20 Tektonisk analys av södra Sverige, Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
Lunds Universitet och Högskolan Luleå september 1977
- 21 Earthquakes of Sweden 1891 - 1957, 1963 - 1972
Ota Kulhánek
Rutger Wahlström
Uppsala Universitet september 1977
- 22 The influence of rock movement on the stress/strain
situation in tunnels or bore holes with radioactive con-
sistors embedded in a bentonite/quartz buffer mass
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 23 Water uptake in a bentonite buffer mass
A model study
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 24 Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och akti-
nider från en cylinder av fränskt glas
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27
- 25 Blekinge kustgnejs, Geologi och hydrogeologi
Ingemar Larsson KTH
Tom Lundgren SGI
Ulf Wiklander SGU
Stockholm, augusti 1977
- 26 Bedömning av risken för fördröjt brott i titan
Kjell Pettersson
AB Atomenergi 1977-08-25
- 27 A short review of the formation, stability and cementing
properties of natural zeolites
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå 1977-10-03
- 28 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av bentonit/pitesilt
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-09-20
- 29 Deformationer i sprickigt berg
Ove Stephansson
Högskolan i Luleå 1977-09-28
- 30 Retardation of escaping nuclides from a final depository
Ivars Neretnieks
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm 1977-09-14
- 31 Bedömning av korrosionsbeständigheten hos material avsedda
för kapsling av kärnbränsleavfall. Lägesrapport 1977-09-27
samt kompletterande yttranden.
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp

- 32 Egenskaper hos bentonitbaserat buffertmaterial
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-06-10
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer masses
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-10-19
- 34 Tillverkning av bly-titan kapsel
Folke Sandelin AB
VBB
ASEA-Kabel
Institutet för metallforskning
Stockholm november 1977
- 35 Project for the handling and storage of vitrified high-level waste
Saint Gobain Techniques Nouvelles October, 1977
- 36 Sammansättning av grundvatten på större djup i granitisk berggrund
Jan Rennerfelt
Orrje & Co, Stockholm 1977-11-07
- 37 Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts
Hans Fagerström, VBB
Björn Lundahl, Stabilator
Stockholm oktober 1977
- 38 Utformning av bergrumsanläggningar
Alf Engelbrektson, VBB
Arne Finné, KBS
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering
ASEA-ATOM
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna radioaktiva ämnen
Ronny Bergman
Ulla Bergström
Sverker Evans
AB Atomenergi 1977-12-20
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.
Lagar, normer och bedömningsgrunder
Christina Gyllander
Siegfried F Johnson
Stig Rolandson
AB Atomenergi och ASEA-ATOM 1977-10-13

- 42 Säkerhet vid hantering, lagring och transport av använt kärnbränsle och förglasat högaktivt avfall
Ann-Margret Ericsson
Kemakta november 1977
- 43 Transport av radioaktiva ämnen med grundvatten från ett bergförvar
Bertil Grundfelt
Kemakta november 1977
- 44 Beständighet hos borsilikatglas
Tibor Lakatos
Glasteknisk Utveckling AB
- 45 Beräkning av temperaturer i ett envånings slutförvar i berg för förglasat radioaktivt avfall Rapport 3
Roland Blomquist
AB Atomenergi 1977-10-19
- 46 Temperaturberäkningar för slutförvar för använt bränsle
Taivo Tarandi
Vattenbyggnadsbyrån Stockholm 1978
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser
John Stokes
Roger Thunvik
Inst för kulturteknik KTH maj 1978
- 48 The mechanical properties of the rocks in Stripa, Kråkemåla, Finnsjön and Blekinge
Graham Swan
Högskolan i Luleå 1977-09-14
- 49 Bergspänningsmätningar i Stripa gruva
Hans Carlsson
Högskolan i Luleå 1977-08-29
- 50 Lakningsförsök med högaktivt franskt glas i Studsvik
Göran Blomqvist
AB Atomenergi november 1977
- 51 Seismotectonic risk modelling for nuclear waste disposal in the Swedish bedrock
F Ringdal
H Gjøystdal
E S Husebye
Royal Norwegian Council for scientific and industrial research
- 52 Calculations of nuclide migration in rock and porous media, penetrated by water
H Häggblom
AB Atomenergi 1977-09-14
- 53 Mätning av dissusionshastighet för silver i lera-sandblandning
Bert Allard
Heino Kipatsi
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15

- 54 Groundwater movements around a repository
- 54:01 Geological and geotechnical conditions
Håkan Stille
Anthony Burgess
Ulf E Lindblom
Hagconsult AB september 1977
- 54:02 Thermal analyses
Part 1 Conduction heat transfer
Part 2 Advective heat transfer
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:03 Regional groundwater flow analyses
Part 1 Initial conditions
Part 2 Long term residual conditions
Anthony Burgess
Hagconsult AB oktober 1977
- 54:04 Rock mechanics analyses
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:05 Repository domain groundwater flow analyses
Part 1 Permeability perturbations
Part 2 Inflow to repository
Part 3 Thermally induced flow
Joe L Ratigan
Anthony S Burgess
Edward L Skiba
Robin Charlwood
- 54:06 Final report
Ulf Lindblom et al
Hagconsult AB oktober 1977
- 55 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg,
Del 1
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-10
- 56 Radiolys av utfyllnadsmaterial
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15
- 57 Stråldoser vid haveri under sjötransport av kärnbränsle
Anders Appelgren
Ulla Bergström
Lennart Devell
AB Atomenergi 1978-01-09
- 58 Strålrisker och högsta tillåtliga stråldoser för människan
Gunnar Walinder
FOA 4 november 1977

- 59 Tectonic Lineaments in the Baltic from Gävle to Simrishamn
Tom Flodén
Stockholms Universitet 1977-12-15
- 60 Förarbeten för platsval, berggrundsundersökningar
Sören Scherman
- Berggrundvattenförhållande i Finnsjöområdets
nordöstra del
Carl-Erik Klockars
Ove Persson
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 61 Permeabilitetsbestämningar
Anders Hult
Gunnar Gidlund
Ulf Thoregren
- Geofysisk borrhålsmätning
Kurt-Åke Magnusson
Oscar Duran
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 62 Analyser och åldersbestämningar av grundvatten på stora
djup
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning 1978-02-14
- 63 Geologisk och hydrogeologisk grunddokumentation av
Stripa försöksstation
Andrei Olkiewicz
Kenth Hansson
Karl-Erik Almén
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1978
- 64 Spänningsmätningar i Skandinavisk berggrund - förutsättningar
resultat och tolkning
Sten G A Bergman
Stockholm november 1977
- 65 Säkerhetsanalys av inkapslingsprocesser
Göran Carleson
AB Atomenergi 1978-01-27
- 66 Några synpunkter på mekanisk säkerhet hos kapsel för
kärnbränsleavfall
Fred Nilsson
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm februari 1978
- 67 Mätning av galvanisk korrosion mellan titan och bly samt
mätning av titans korrosionspotential under γ -bestrålning
3 st tekniska PM
Sture Henrikson
Stefan Poturaj
Maths Åsberg
Derek Lewis
AB Atomenergi januari-februari 1978

- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänglagring och hantering av utbränt kraftreaktorbränsle
Gunnar Vesterlund
Torsten Olsson
ASEA-ATOM 1978-01-18
- 69 A three-dimensional method for calculating the hydraulic gradient in porous and cracked media
Hans Häggblom
AB Atomenergi 1978-01-26
- 70 Lakning av bestrålat UO_2 -bränsle
Ulla-Britt Eklund
Roland Forsyth
AB Atomenergi 1978-02-24
- 71 Bergspricktätning med bentonit
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-11-16
- 72 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av kompakterad bentonit
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-11-18
- 73 Self-injection of highly compacted bentonite into rock joints
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 74 Highly compacted Na bentonite as buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 75 Small-scale bentonite injection test on rock
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 76 Experimental determination of the stress/strain situation in a sheared tunnel model with canister
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 77 Nuklidvandring från ett bergförvar för utbränt bränsle
Bertil Grundfelt
Kemakta konsult AB, Stockholm 1978-08-31
- 78 Bedömning av radiolys i grundvatten
Hilbert Christenssen
AB Atomenergi 1978-02-17
- 79 Transport of oxidants and radionuclides through a clay barrier
Ivar Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20

- 80 Utdiffusion av svårlösliga nuklider ur kapsel efter kapselgenombrott
Karin Andersson
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-07
- 81 Tillverkning av kopparkapsel för slutförvaring av använt bränsle
Jan Bergström
Lennart Gillander
Kåre Hannerz
Liberth Karlsson
Bengt Lönnerberg
Gunnar Nilsson
Sven Olsson
Stefan Sehlstedt
ASEA, ASEA-ATOM juni 1978
- 82 Hantering och slutförvaring av aktiva metalldelar
Bengt Lönnerberg
Alf Engelbrektsson
Ivars Neretnieks
ASEA-ATOM, VBB, KTH Juni 1978
- 83 Hantering av kapslar med använt bränsle i slutförvaret
Alf Engelbrektsson
VBB Stockholm april 1978
- 84 Tillverkning och hantering av bentonitblock
VBB
ASEA
ASEA-ATOM
Gränges Mineralprocesser
Juni 1978
- 85 Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje innehållande en glaskropp under inverkan av tyngdkraften
Anders Samuelsson
- Förändring av krypegenskaperna hos ett blyhölje som följd av en mekanisk skada
Göran Eklund
Institutet för Metallforskning september 1977 - april 1978
- 86 Diffusivitetmätningar av metan och väte i våt lera
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-01-09
- 87 Diffusivitetmätningar i våt lera Na-lignosulfonat, Sr^{2+} , Cs^+
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-16
- 88 Ground water chemistry at depth in granites and gneisses
Gunnar Jacks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm april 1978