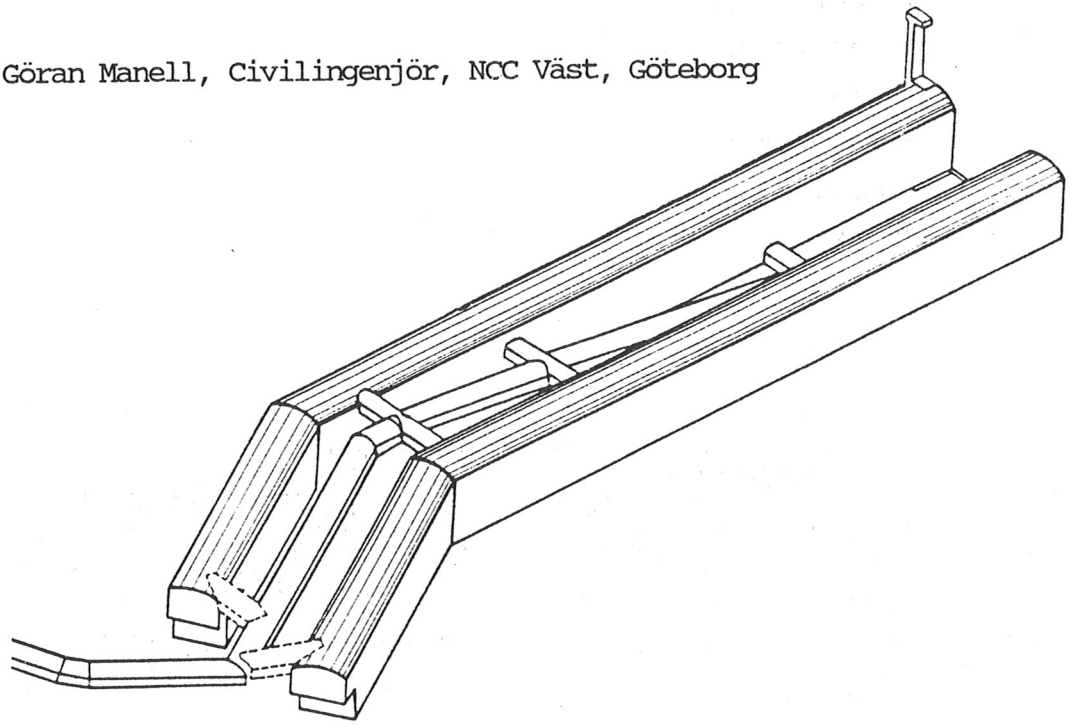
© 1990, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

KONVERTERING AV BERGRUM FRÅN NAFTA TILL PROPAN

Göran Manell, Civilingenjör, NCC Väst, Göteborg



Vad sägs om en frysbox med volymen 500.000 m^3, som håller temperaturen 36 minusgrader. Det låter fantastiskt men det har blivit verklighet under år 1989.

Nu handlar det inte om någon vanlig hushållsfrys utan om Statoils nya underjordiska Propanlager i Stenungsund, som är världens största, med två kommunicerande bergrum med vardera längden 420 m, bredden 20 m och höjden 30 m. Trots lagrets storlek fungerar kylningen i princip som i en frysbox: När ett kylmedium i vätskefas förångas åtgår värme och temperaturen i omgivningen sjunker.

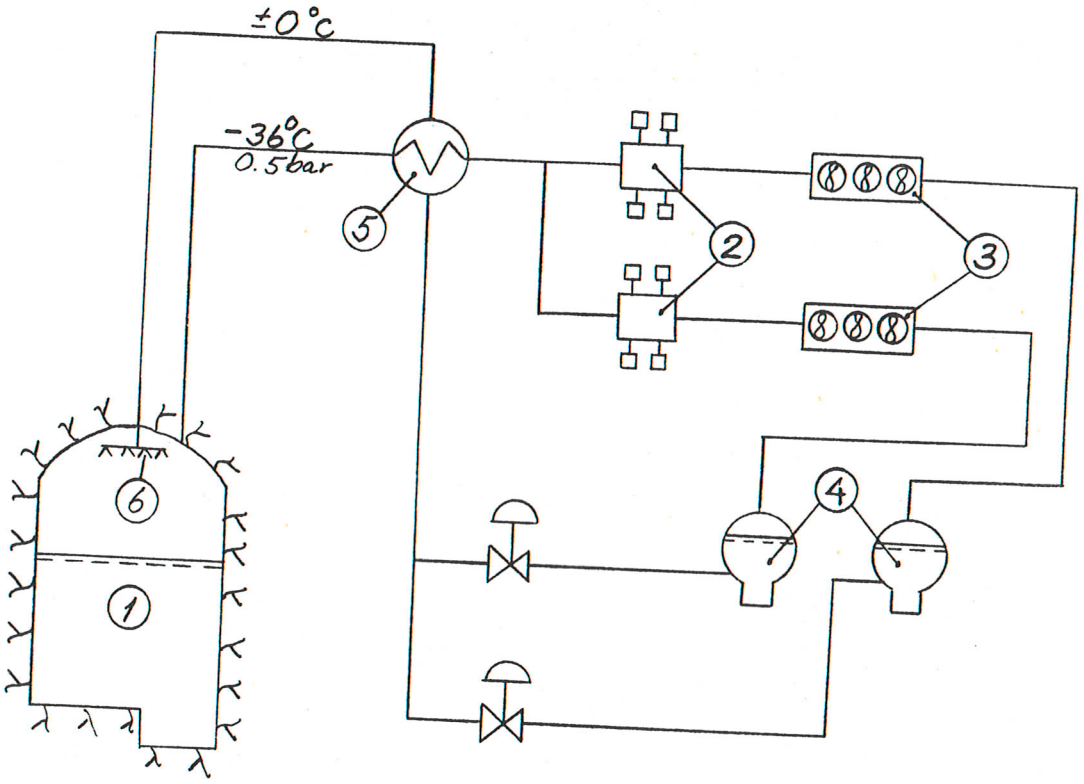
Lagret tillförs ständigt värme från den omgivande bergmassan. Denna värme måste avlägsnas.

Detta sker genom att Propan i gasfas i rummet sugs upp till kompressorn, komprimeras och kondenseras. Den nu erhållna vätskan pressas genom spraydysor åter till bergrummet. Genom det låga övertrycket i rummet (0,5 BAR) förångas vätskan omedelbart. Förångningen kräver värme, vilken tas från berget. På detta sätt kyls lagret succesivt ner och kan hålla sin drifttemperatur.

© 1990, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

De viktigast beståndsdelarna i systemet är:

1. Lagerutrymmet
2. Kompressorer
3. Kylare
4. Kondensatorer
5. Värmeväxlare
6. Spraydysor



Anläggningen ägs och drivs av Statoil Petrokemi AB (SPAB).

Bergrummet byggdes ursprungligen åren 1980-81 av ÖEF för att lagra Nafta (råbensin). SPAB köpte 1988 bergrummet för att konvertera det till Propanlager. SPAB kan på detta sätt få en större valfrihet mellan att använda Nafta eller Propan i sin Etenframställning, vilket som för tillfället är billigast.

© 1990, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Konverteringen har utförts av NCC som totalentreprenör med Kvaerner Engineering som underentreprenör för processdelen.

ARBETETS OMFATTNING

OVAN JORD

- För lossning av flytande Propan från gastankers har vi byggt en 2,5 km lång 16/18" ledning från hamnen till bergrummet. Genom samma ledning är det möjligt att pumpa från bergrummet till raffinaderiet.

- I anslutning till bergrummet har vi byggt upp processarean med sina kompressorer, kylare, kondensatorer o s v med hjälpsystem.

UNDER JORD

- Vi hade kravet att hålla grundvattennivån minst 20 m över hjässan på bergrummet. När vi startade arbetena låg nivån på vissa ställen endast 5 m över taket. Genom att borra 21 nya brunnar och infiltrera i några av dem lyckades vi höja vattennivån betryggande över anläggningen och ha god kontroll över grundvattnet under infrysningen.

- Före inträdet i bergrummet måste ca 250 ton kolväten i gasform avlägsnas och rummet ventileras.
  Vi hade tillgång till stora mängder överskottskväve från AGAs anläggning i Stenungsund. Vi byggde Alveniusledningar upp till bergrummet och pumpade uppskattningsvis 2 miljoner m^3 Kvävgas genom rummet och pressade ut kolvätena, som facklades.

- Efter friskluftventilation kunde vi skicka in rökdykare genom manhålet för att analysera atomosfären. Utan risk kunde man spränga bort betongbarriären och ta sig vidare in i bergrummet.

  Till en början kändes en svag doft av Nafta, som ingen efter några veckor tänkte på. Vi behövde aldrig arbeta med bensenmasker.

© 1990, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

- Det var med stor spänning vi kom ner i rummet för att se om något hade hänt under de år, som det varit i bruk. Rummet var helt intakt.
  Vi gick över vägg- och takytor med efterskrotning. Arbetet utfördes från mobilkran och brytbock med skotspett av 2 man i korg.

  Även bultborrning och bultsättning utfördes till största delen från mobilkran.

  Vi utnyttjade för en del av borrningen ett norskt specialaggregat, som bestod av en mobilkran med hydraulborrmaskin monterad i toppen, med vilken man kunde borra långa hål i taket på drygt 30 meters höjd.

- Installationsarbetena i bergrummet bestod huvudsakligen av att montera ett spraysystem med helsvetsade rostfria 2"-rör och dysor i taket till bergrum och transporttunnel. Installationen skulle i hela sin längd skyddas mot stenfall av ett Gabionnät fastbultat mot taket.

  För att kunna utföra nätning och rörmontage 30 m ovanför bergrumsbottnen byggde vi upp två flyttbara byggställningar med höjden 28 m, längden 12 m och bredden 16 m. Ställningarna var spårbundna och uppbyggda från boogies till Hägglunds skyttelvagnar. Dessa imponerade ekipage gick utmärkt att flytta med en liten baklastare.

  Givetvis fanns i ställningarna en bygghiss monterad för att snabbt och lätt transportera personal och material upp och ned.

- Inläckningen till bergrummet var relativt låg redan innan vi startade arbetena, ca 110 m^3/dygn. Ingenstans fanns egentligen några större synliga läckage utan det vi såg var ett stort antal spridda droppställen.

© 1990, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Utpumpningskapaciteten under nedfrysningsfasen var begränsad varför det var nödvändigt att minska inläckaget så långt det var praktiskt möjligt. När berget väl blivit nedfryst skulle inläckningen komma att upphöra helt.

Där vi såg dropp av någon betydelse eller gissade att läckage i botten kunde förekomma angrep vi med vanlig efterinjektering med injekteringscement. I botten blev borrningen ett synnerligen besvärligt arbete på grund av oväntat uppkrossat berg. Vi tvingades borra ner 3 m långa foderrör genom syltan. Efter ett tålamodsprövande arbete lyckades vi så småningom halvera inläckningen till 55 m^3/dygn.

- I vertikalschaktet var produktrör, pumpledning etc helt ingjutna från markytan ner till 5 m ovanför bergrumstaket. De gamla rören kapades strax under betongen och nya rör fördes ned med de gamla som foderrör. Runt dessa nya rör skulle en ny betongbarriär gjutas i det korta utrymmet melllan bergrumstaket och underkant befintlig betong i schaktet. Det visade sig att berget var ganska dåligt just där och mindre lämpligt som upplag för en sådan betongklump. För att kunna ta upp vertikallasterna kärnborrade vi från schakttoppen ner genom betongen och hängde upp den nya betongbarriären i spännkablar från markytan.

- När alla arbeten i bergrummet var avslutade och alla system godkända kunde vi gjuta barriären i transporttunneln i samma läge som den vi vid inträdet i bergrummet hade sprängt bort. Den nya barriären blev 2 m tjock och gjöts på vanligt sätt med anläggningsbetong och kylning med vatten i kylslingor under härdningen.

Eftersom bergrummet så småningom i drift skulle frysa ner till - 36° C skulle även barriären anta samma temperatur och följaktligen komma att krympa en hel del. Risken förelåg då att inläckningen från den vattenfyllda transporttunneln skulle kunna öka okontrollerat.

© 1990, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

För att förebygga detta frysta vi redan när betongen härdat ner pluggen till - 36° C och kontaktinjekterade mellan berg och betong vid denna låga temperatur. Att betongen verkligen krympte syntes tydligt. Det verkade som om barriären drog ihop sig i alla riktningar och långsamt gled nedåt. I takdelen uppstod en spalt i vilken man utan vidare kunde sticka in fingrarna.

Nedfrysningen av betongpluggen gick till så att vi lät en glykolvattenblandning cirkulera genom kylslingorna.
Kylvätskan höll vi vid temperaturen - 45° C genom att kyla ned glykolvattenblandningen i en "värmeväxlare" med flytande kväve. Hela proceduren att sänka temperaturen i 185 m^3 betong från + 12° C till - 36° C tog 9 dygn. För att förhindra att injekteringsmassan frös höll vi kontaktzonen mot berget vid några plusgrader genom att cirkulera vanligt vatten i värmeslingor ingjutna i betongen nära berget.
Att injekteringen verkligen lyckats fick vi bekräftat när transportorten vattenfyllts utan att inläckningen till bergrummet ökade mätbart.

- Innan Propanfyllningen kunde ske måste bergrummet åter inertas. På grund av explosionsrisken fick syrehalten ej överstiga 3 % i atmosfären. Än en gång byggde vi upp ledningssystemet från AGAs fabrik och spolade kvävgas ner i berget under drygt 2 veckor. Därefter var det möjligt att starta nedkylningsprocessen. Enligt beräkningarna tar det 4-5 månader att frysa ner hela bergrummet till drifttemperaturen - 36° C. Erfarenheterna hittils är goda. Hur det hela kommer att fungera på lång sikt finns det anledning att återkomma till.