© 2026 Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors.

BYGG- OCH REPARATIONSBEREDSKAP INOM TOTALFÖRSVARET, MED FOKUS PÅ LAGRING I BERGRUM

CONSTRUCTION AND DEFENCE REPAIR READINESS, WITH FOCUS ON STORAGE IN ROCK CAVERNS

Ulf Håkansson, Skanska
Gösta Ericson, Gösta Ericson AB

Sammanfattning

Det säkerhetspolitiska läget i Europa och Sveriges inträde i NATO har aktualiserat behovet av robust, skyddad och långsiktigt uthållig försörjning av kritiska resurser. En av de mest avgörande förutsättningarna för militär och civil handlingsfrihet är tillgången till drivmedel, i synnerhet jetbränsle. I detta sammanhang har lagring i bergrum åter fått en central strategisk betydelse inom totalförsvaret.

Bergrum erbjuder en tekniskt beprövad lösning med hög motståndskraft mot militära angrepp, sabotage och störningar. Under det kalla kriget byggdes omfattande system för lagring av olja och petroleumprodukter i Sverige och andra länder, men stora delar av denna kapacitet avvecklades efter 1990-talet. Erfarenheterna från tidigare drift, i kombination med teknikutveckling och internationella projekt, visar att säker och tillförlitlig lagring av bränslen kan uppnås i oinklädda bergrum under förutsättning att anläggningarna utformas och byggs med rätt teknik.

Internationella exempel baserad på svensk kunskap, bland annat från Saudiarabien, Zimbabwe och Indien, visar hur problem kopplade till produktkvalitet, mikrobiologisk aktivitet och vattenkontakt kan hanteras genom modern anläggningsutformning, begränsad lagringstid, rundpumpning, filtrering och noggrann provtagning. Dessa erfarenheter är direkt relevanta och applicerbara för svenska förhållanden.

Som NATO-medlem är Sverige både ansvarigt för sin egen försörjningsberedskap och en del av alliansens kollektiva planering. Rollen som bas- och transitland innebär att kraven på skyddad lagringskapacitet för jetbränsle ökar, särskilt för att möjliggöra flygoperationer. Bergrumslager minskar sårbarheten i försörjningen och bidrar till ökad uthållighet och handlingsfrihet.

Sammantaget kan konstateras att lagring av drivmedel i bergrum är en strategiskt viktig och tekniskt genomförbar lösning för dagens och morgondagens totalförsvar. För att realisera denna potential krävs återtagande av kompetens, nybyggnation med dagens krav, eventuell modernisering av befintliga anläggningar samt långsiktiga politiska beslut om investeringar i skyddad infrastruktur.

Nyckelord: totalförsvar, bergrum, lagring av jetbränsle, skyddad anläggning, NATO

Inledning

Drivmedelsförsörjningens sårbarhet har under senare år blivit en central fråga för både civila och militära aktörer. Kriget i Ukraina, digitala och fysiska attacker mot infrastruktur samt ökade geopolitiska spänningar har lett till att robusta lösningar för bränslelagring åter blivit högaktuella.

Samtidigt genomgår drivmedelssystemet en omfattande omställning mot förnybara energikällor. Trots detta kommer fossila bränslen – särskilt jetbränsle, diesel och marina bränslen – vara kritiska resurser i kris och krig under överskådlig tid. Även i ett system med minskad användning av fossila bränslen behövs lång uthållighet för militär luftfart, sjöfart, blåljusmyndigheter och transportsektorn.

Under det kalla kriget byggdes omfattande system av bergrum för lagring av oljeprodukter, flygbränsle och marint bränsle. Dessa anlades strategiskt nära järnväg, flygbaser, flottbaser och kustnära transportnav. Efter 1990-talet avvecklades stora delar av lagerstrukturen och många anläggningar såldes eller togs ur drift. Svensk lagringskapacitet minskade kraftigt i takt med avreglering och en rad politiska beslut. Efter 2014, och särskilt efter 2022, har synen på beredskapslagring förändrats. Totalförsvaret återuppbyggs, NATO-anslutningen förändrar behovsbilden och nybyggnation samt renovering eller ny funktion för befintliga anläggningar har åter aktualiserats. Det finns idag ett antal bergrum i Sverige – vissa aktiva, andra vilande – med potential att moderniseras. Dock måste hänsyn tas till dagens krav på tex vapenverkan vilket eventuellt diskvalificerar befintliga lager om de ligger för nära markytan med för liten bergtäckning.

Lagring i bergrum

Lagring av kolväten – allt ifrån råolja till raffinerade produkter såsom diesel, bensin och flygbränsle har under läng tid gjorts i ett flertal bergrumsanläggningar med betydande volymer i Sverige och andra skandinaviska länder. Anläggningarna utformades ursprungligen för långtidslagring dvs. produkternas uppehållstid i bergrummen kunde vara 10 år eller mer.

Lagringsprincipen baseras på oinklädda bergrum förlagda under grundvattennivån så att grundvattentrycket utgör inneslutningen av den lagrade produkten (s.k. hydrogeologisk inneslutning). Användningen av oinklädda bergrum bygger på de grundläggande principerna att den lagrade produkten är lättare än vatten, inte löslig i vatten och att bergrummet ligger under den omgivande grundvattennivån.

Bergrum erbjuder gott skydd mot brand och sabotage/krigshandlingar, har låga drifts- och underhållskostnader, kräver relativt liten markyta och genererar mindre förluster genom avdunstning.

Anläggningarna har i allmänhet fungerat väl, men i några fall har vissa problem av mikrobiologisk natur observerats vid lagring av flygbränsle och tjockolja (FOA, Roffey).

Lagring i oinklädda bergrum är en mogen och väl beprövad teknik som ursprungligen utvecklades i Sverige för att uppnå ett förbättrat skydd mot olika ammunitionsattacker (Morfeldt, 1983). Lagringsprincipen har implementerats och använts i flera länder, se nedan, och den utsprängda volymen av ett bergrum för lagring varierar mellan 10 000 m³ och ca 3

miljoner m³. Vid en viss storlek och i kombination med gynnsamma geologiska förhållanden är det en ekonomiskt konkurrenskraftig metod jämfört med andra lagringslösningar, se figur 1.

Fig 1. Syrhåla, Göteborg. Fyra bergrum med en total lagringskapacitet 4 100 000 m3 har byggts på Hisingen (IVA, 1988).

År 1939 föreslog den svenske uppfinnaren H. Jansson i ett patent att ingen inklädnad skulle behövas, förutsatt att oljan förvarades under grundvattennivån (Lindblom, 1994). År 1948 användes en nedlagd fältspatgruva i Stockholm för oinklädd lagring av tung brännolja och 1950 byggdes en testanläggning av H. Edholm i Saltsjöbaden för oinklädd bensinlagring i en 30 m³ stor berggrotta (Morfeldt, 1972). Det första oinklädda bergrummet för kommersiell drift byggdes för SKF i Göteborg 1952 (IVA, 1988).

Storskalig lagring av olja och petroleumprodukter i oinklädda bergrum började i Sverige på 1950-talet (RockStore 77). När oljepriset steg dramatiskt 1973 infördes ett omfattande program för byggandet av strategiska lagringsplatser. Under flera år genomfördes byggandet av lagringsanläggningar med volymer på 1,5 till 2 miljoner m³ per år och byggprogrammet för råoljeanläggningar omfattade nästan 6 miljoner m³. I Skandinavien finns över 200 oinklädda bergrum för lagring av råolja och raffinerade produkter, från bensin till tung brännolja (IVA, 1988). Den största enskilda oinklädda lagringsenheten för råolja, Aspedalen, byggdes vid Brofjorden på Sveriges västkust 1982, med en storlek på 2,6 miljoner m³ (IVA, 1988).

År 1994 fattades beslut om att avveckla oljeanläggningarna, som var en del av Sveriges civila beredskapsprogram. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) fick i uppdrag att sälja oljan, avyttra anläggningar, inventarier och fastigheter samt att säkra och övervaka anläggningarna för att minimera konsekvenserna för miljön. Avveckling och omvandling av kommersiella anläggningar, till exempel lagring av kol, biobränsle, aska och avloppsslam, har också skett på olika platser i Sverige under de senaste decennierna, främst på grund av minskat behov av uppvärmning med fossila bränslen.

Fördelar med lagring i bergrum

Fördelarna är flera. Anläggningen erbjuder en mycket hög skyddsnivå mot sabotage, drönare, sprängverkan och andra konventionella angrepp. Den har lång livslängd och ger samtidigt en mycket låg visuell signatur. Kapaciteten kan byggas i stor skala, med stabil temperatur och låg avdunstning, vilket bidrar till effektiv och säker lagring. Omgivningspåverkan är begränsad och driftkostnaderna är låga över tid. Därtill finns goda möjligheter till strategisk placering i närhet till järnväg, hamnar, flygplatser eller viktiga transportkorridorer om de geologiska förutsättningarna är gynnsamma och tillåter placeringen.

Typiska storlekar på bergrum

Den typiska storleken på bergrum kan variera enligt följande;

Lagrad produkt	Volym
Råolja och raffinerade produkter	150 000 m3 – 2 500 000 m3
LPG	10 000 m3 - 400 000 m3
CNG	50 000 m3 – 100 000 m3

På grund av kostnaden för tillfartstunnlar och ovanjordiska installationer ökar kostnadseffektiviteten med storleken på anläggningen.

Enligt en tumregel från början av 2000-talet kan byggkostnaden för oinklädda bergrum i Asien, inklusive processinstallationer ligga på omkring 100 USD/m3. För Europa och Nordamerika, skulle tumregeln på samma sätt ge en byggkostnad på 160–180 USD/m³.

Beställarkostnader och kostnader för projektering, markförvärv, design etc. ingår inte i ovanstående kostnadsuppskattning. Övriga kostnader som hamnanläggningar, ledningar ovan jord etc. tillkommer varför valet av platser i förhållande till befintlig infrastruktur är viktig.

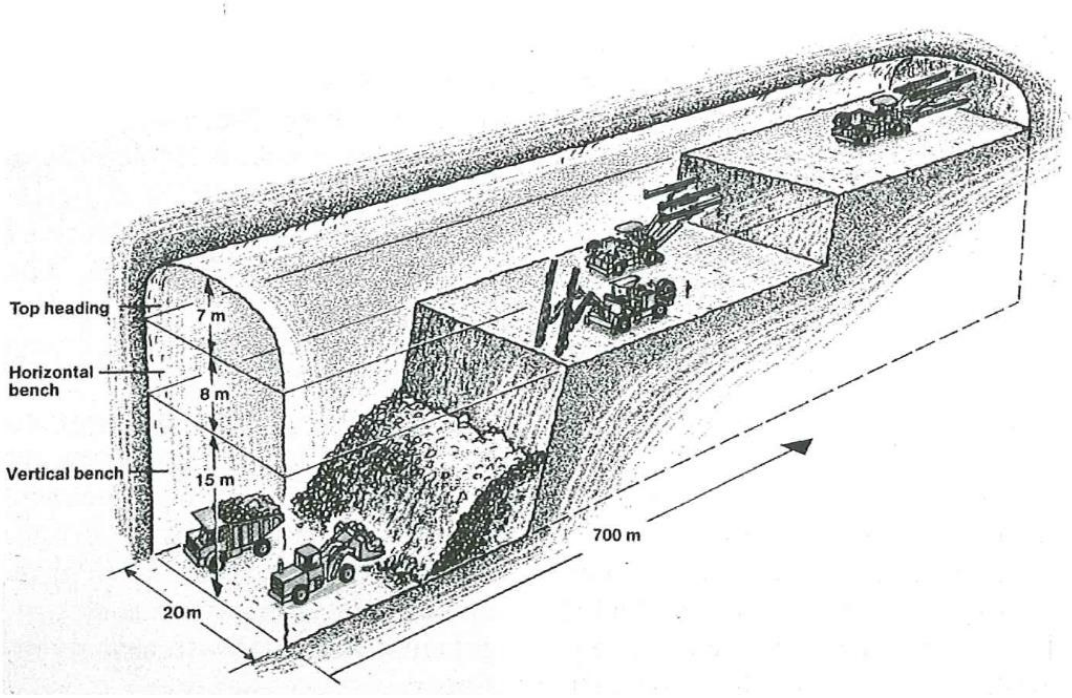

Fig 2. Typiska dimensioner och byggsekvenser för bergrum för lagring av kolväten

Byggtid

Byggtiden för ett lagringskomplex på 1 000 000–1 500 000 m³ ligger i intervallet 30–40 månader beroende på lokala förhållanden och entreprenörens erfarenhet, kunskap och kapacitet. Exempel på byggsekvens framgår av figur 2.

Exempel på länder med lagring i bergrum

Den mest framträdande användningen av underjordisk lagring har utförts i följande länder.

Länder	Produkter
Sverige, Norge och Finland	råolja, raffinerade produkter, LPG och CNG i bergrum
Sydkorea	råolja, raffinerade produkter, LPG i bergrum
Japan	råolja och LPG I bergrum
Tyskland	CNG i saltformationer
Frankrike	raffinerade produkter och LPG i bergrum, saltformationer och övergivna gruvor
Portugal	LPG och CNG i saltformationer
Tyrkiet	CNG i akvifärer
USA	CNG i saltformationer
Mexico	råolja i saltformationer
Zimbabwe	diesel, bensin och jetbränsle i bergrum
Kina	råolja och LPG I bergrum
Saudi Arabien	raffinerade produkter
Australien	LPG i bergrum
Singapore	LPG i bergrum
Indien	LPG samt strategisk lagring av råolja i bergrum
UAE	Råolja i bergrum

I ett flertal av ovan nämnda länder har berganläggningarna projekterats och byggts genom tekniköverföring och projektexport från Sverige.

Dokumenterade problem med flygbränsle i bergrum

De problem som observerats sammanhänger i huvudsak med mikrobiologisk aktivitet som främst förekommer i gränsskiktet mellan bränsle och vatten (FOA, Roffey). Den mikrobiologiska aktiviteten har visat sig leda till bildning av emulsioner och slam samt att bränslet i några fall har blivit korrosivt.

Omfattning av dessa problem beror främst på kombinationen av vattnets kemi och specifika egenskaper hos det lagrade bränslet, tex innehåll av vatten och olika typer av föroreningar.

Mikrobiologiska processer har varit mest påtagliga i anläggningar med lagring av JP 4 på rörlig vattenbädd än de som har fast vattenbädd. För övriga bränslen har anläggningarna, såvitt känt, fungerat väl.

Saudi Strategic Storage Program (SSSP)

Detta mycket stora projekt för lagring av bränslen inklusive Jet A-1 och JP 4 i fem bergrumsanläggningar, projekterades och byggdes av ABV Rock Group under 1990-talet (Lindblom 1979). På grund av avsaknad av tillräckliga grundvattenakvifärer utformades anläggningen i sin helhet med inklädnad av stålplåt. Eftersom de ovan nämnda problemen i vissa svenska anläggningar hade noterats, utreddes i detalj hur anläggningarna skulle utformas för att säkerställa kvaliteten på produkterna trots att produkterna inte hade någon kontakt med grundvatten som i de svenska anläggningarna. US Army Fuels and Lubricants Research Laboratory i San Antonio anlitades för detta arbete.

Resultatet kan sammanfattas;

- Uppehållstiden i lagret begränsades till 2 år för samtliga produkter
- System för kontinuerlig rundpumpning och filtrering infördes. Rundpumpningen infördes både för resning av produkten och för att motverka risken för horisontell stratifiering i bränslevolymerna.
- Provtagningspunkter och program för fortlöpande provtagning inkluderades

Anläggningarna har varit i drift i mer än 20 år och inga problem med påverkan på produkterna kvalitet har rapporterats.

NOCZIM (numera NOIC) i Zimbabwe

Denna anläggning för lagring av bränslen, inklusive flygbränsle i oinklädda bergrum projekterades och byggdes av Skanska 1992 – 1995 (Sturk, 1994), se figur 3. Skanska var medvetna om de problem vid lagring av flygbränsle i oinklädda bergrum som tidigare observerats i Sverige, För att säkerställa att anläggningen skulle ge god produktkvalitet över tid anlitade Skanska FOA i Umeå. FOA har rapporterat sitt utredningsarbete i en rapport ”Fuel Storage Project, Zimbabwe – microbial aspects” av Roger Roffey och denna rapport kom att utgöra grunden för anläggningens utformning. Rapporten innehåller en omfattande genomgång av internationella studier som genomförts för att analysera olika typer av problem med produktkvalitet som förekommit vid i princip alla typer av storskalig bränslelagring. De grundläggande principerna som rekommenderades av FOA och som i sin helhet följdes av Skanska är;

- Reducera gränsskiktet mellan bränsle och grundvatten så långt möjligt
- Slät botten i bergrummen med lutning mot pumpgropen
- I möjligaste mån släta väggar i bergrummet
- Sänk vattenbäddens nivå så att direkt kontakt mellan bränsle och grundvatten endast uppstår i pumpgropen
- System för spolning och rensning av pumpgropen
- Provtagning

Skanska valde att utföra heltäckande injektering av berget runt anläggningen som det primära sättet att reducera inflödet av grundvatten och att förse bergrummen med en bottenplatta av betong. Anläggningen har nu varit i drift i ca 30 år och rapporteras fungera väl.

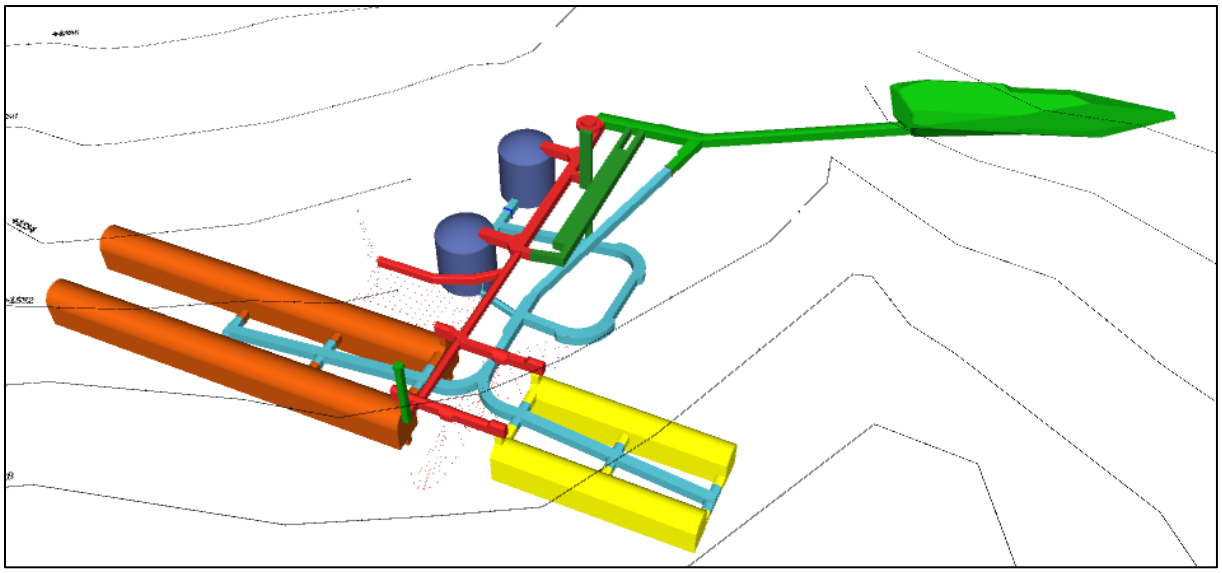

Fig 3. NOCZIM anläggningen i Zimbabwe. Orange = diesel, gul = bensin, blå = jetbränsle. Observera att rummen för jetbränsle utgörs av silos för att minska bottenytan och potentiell kontakt med vatten. Anläggningen är skyddad, dvs det är endast nerfart och utrymningsschakt som syns på markytan.

Utveckling av lagringsprincipen

Baserat på kända drifterfarenheter vid bränslelagring i oinklädda bergrum har anläggningar byggda eller uppgraderade på senare tid, tex i Indien på 2010-talet, utvecklats på följande sätt,

- Minskade direkta kontaktytor mellan lagrad produkt genom att sänka vattenbädden under golvnivån. Vid en del befintliga anläggningar har detta åstadkommits genom rivning av den traditionella betongtröskeln vid pumpgropen
- Betonggolv med sidolutning för att styra vax och slam effektivare mot pumpgropen
- Tillåta visst övertryck, 1-2 bar, i gasfasen och därmed ingen avgång till atmosfären. Detta ger också förbättrad driftekonomi
- Återvinning av gaser, sk Vapour recovery
- Vattenridåsystem över bergrummen för att säkerställa tillräcklig grundvattentryck
- Drifttagning av vattenridån innan bergrummen sprängs ut
- Fyllning av rörschakten med självkompakterande betong
- System för värmning av tyngre produkter för att säkerställa pumpbarhet
- Fyllning av bergrummen med inert gas inför första inpumpning med produkt
- Funktionstest av vattenridå
- Täthetsprovning av bergrum före första fyllning

Sveriges NATO-anpassning och behov i totalförsvaret

Sveriges inträde i NATO har inneburit att behovet av skyddade bergrumslager för jetbränsle har ökat och fått en tydligare strategisk betydelse. I och med medlemskapet är Sverige inte längre enbart ansvarigt för sin egen nationella uthållighet utan är nu en integrerad del av

Natos kollektiva försvarsplanering, där luftstridskrafter och deras drivmedelsförsörjning utgör en av de mest kritiska möjliggörarna för militär effekt.

Sverige måste som NATO-medlem ha en egen, robust och skyddad tillgång till flygdrivmedel för att kunna upprätthålla flygoperationer under de första kritiska dygnen eller veckorna av en konflikt. I detta skede är skyddade bergrumslager särskilt viktiga eftersom de minskar sårbarheten för precisionsbekämpning och sabotage samtidigt som de möjliggör fortsatt flygverksamhet även om civil infrastruktur som hamnar, raffinaderier eller öppna depåer angrips.

NATO-medlemskapet har dessutom inneburit att Sverige nu är ett planerat bas- och transitland för allierade förband. Som värdland förväntas Sverige kunna ta emot, stödja och försörja allierade flygstridskrafter som opererar från svenskt territorium eller passerar vidare mot Finland, Baltikum eller andra delar av Natos norra och östra flank. Värdlandsstödet omfattar uttryckligen drivmedel och energiförsörjning, vilket innebär att svenska lagringslösningar för jetbränsle inte enbart dimensioneras för nationella behov utan även för att kunna bidra till alliansens samlade uthållighet.

Slutsatser

Bergrumslagring av bränslen är en tekniskt robust, beprövad och i många fall nödvändig lösning för att uppnå skydd, uthållighet och säkerhet i drivmedelsförsörjningen. Trots pågående energiomställning kommer fossila bränslen fortsätta att vara kritiska i totalförsvaret under lång tid framöver.

Moderna tekniska system gör det möjligt att bygga och underhålla bergrum säkert och effektivt, samtidigt som nya hotbilder visar att behovet av skyddad infrastruktur snarare ökar än minskar. Återtagande av kompetens, planering av nya strategiska lager baserat på dagens krav, renovering av befintliga anläggningar kräver tydliga politiska beslut och långsiktighet. Bergrum kan utgöra en central brygga mellan dagens fossila beroende och ett framtida energisystem med högre grad av förnybarhet men fortsatt behov av robust krisberedskap.

Gjorda utredningar och erfarenheterna av anläggningars utformning och drift styrker att säker och hållbar lagring av flygbränsle i oinklädda bergrum kan åstadkommas. De viktigaste faktorerna för detta är;

- Korta uppehållstider i bergrummen, gärna fortlöpande omsättning
- Minsta möjliga inläckage av grundvatten i anläggningen
- Minsta möjliga kontakt mellan bränsle och vatten
- Jämn kontur på väggar och botten i bergrummet som medger flöde av emulsioner och slam till pumpgropen
- Fast vattenbädd på nivå som begränsar direkt kontakt med bränslet till pumpgropen
- Pumpgropens utformning
- System för rensning av slam och emulsioner i pumpgropen
- System för rundpumpning av bränsle, separation av vatten och filtrering
- Fortlöpande provtagning

Referenser

The First International Symposium on Storage in Excavated Rock Caverns, RockStore 77, Stockholm, Sweden, Sept 5-8. 1977.

U. Lindblom et al. (1979). First Arab seminar on underground storage of oil and gas, Baghdad.

C.O. Morfelt (1983). Storage of petroleum products in man-made caverns in Sweden. Int association of engineering geology.

Going Underground (1988), Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, IVA.

R. Roffey. Fuel storage project, Zimbabwe, microbial aspects. FOA 4 (National, Research Establishment), S-901 82 Umeå, Sweden.

R. Sturk (1994). Design and excavation of rock caverns for fuel storage – a case study from Zimbabwe. Proceedings from annual meeting of the Swedish rock engineering research foundation, BeFo, Stockholm.

U. Lindblom (1994). History and present status of hydrocarbon soratge in excavated rock caverns. Society of petroleum engineers, SPE 28112.