

Förstudie till FoU-ramprojekt

Miljöanpassade tunnlar

1999-12-30

Förord

Föreliggande förstudie ”miljöanpassade tunnlar” behandlar miljöaspekter och miljöpåverkan som kan uppkomma under byggande, drift och förvaltning av vägtunnlar. Förstudien innehåller en sammanfattning av pågående och utförd FoU samt förslag till nya FoU projekt som rekommenderas att utföras inom ramprojektet ”Miljöanpassade tunnlar”.

Förstudien omfattar i huvudsak byggnadsverket tunnel och eventuella miljöeffekter av trafikerandet av tunneln ingår enbart delvis i denna förstudie.

Borlänge den 30 december 1999

Katarina Kieksi

BT internkontroll:

Bernt Freiholtz

Innehåll

Förord.....	2
Innehåll	3
Sammanfattning	4
1 Inledning	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte	6
1.3 Miljöbalken.....	7
1.4 Miljöarbete inom Vägverket.....	8
2 Ramprojektet miljöanpassade tunnlar.....	9
2.1 Inledning och avgränsning.....	9
2.2 Olika typer av miljöpåverkan vid byggande och förvaltning av tunnlar	10
2.3 Miljöutredning av Statlig Vaghållnings verksamhet	11
2.4 Litteratursökning.....	12
2.5 Angränsande förstudier.....	13
3 Pågående och avslutad FoU	14
3.1 Metod vid kunskapsinventering.....	14
3.2 Kemiska injekteringsmedel.....	14
3.3 Sprängning	14
3.4 Buller och vibrationer	15
3.5 Påverkan på luft och tunnelventilation	16
3.6 Omhändertagande av spill	16
4 Behov av FoU för uthålligt tunnelbyggande.....	17
5 Förslag till delprojekt.....	18
5.1 Positiva miljöeffekter av tunnlar.....	18
5.1.1 Bakgrund.....	18
5.1.2 Förväntat resultat	18
5.2 Luftkvalitet i tunnlar	18
5.2.1 Bakgrund.....	18
5.2.2 Förväntat resultat	19
5.3 Injektering av berg.....	19
5.3.1 Bakgrund.....	19
5.3.2 Förväntat resultat	19
5.4 Buller och vibrationer	19

5.4.1	Bakgrund.....	19
5.4.2	Förväntat resultat	19
5.5	Miljöanpassade materialval till tunnlar.....	20
5.5.1	Bakgrund.....	20
5.5.2	Förväntat resultat	20
	Referenser	21
	Bilaga.....	23
	Litteratursökning för förstudien miljöanpassade tunnlar	23

Sammanfattning

Denna förstudie omfattar en övergripande kunskapsinventering och förslag till delprojekt inom ramprojektet "Miljöanpassade tunnlar".

Under de senaste åren har en allmän ökning av miljöintresset samt skärpt lagstiftning inom miljöområdet resulterat i ökande krav på Vägverket. För att Vägverket i högre grad ska kunna leva upp till dessa krav behövs en ökad kunskap kring väghållningens inverkan på miljön.

Förstudierapporten omfattar en beskrivning av problemområdet, presentation av utförd FoU inom området samt förslag till delprojekt som bör utföras inom ramprojektet "Miljöanpassade tunnlar".

En litteratursökning för förstudien miljöanpassade tunnlar har genomförts av Marie von Matérn, AB Jacobson & Widmark [1]. Hela rapporten av litteratursökningen finns återgiven som bilaga till denna rapport.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har en allmän ökning av miljöintresset samt skärpt lagstiftning inom miljöområdet resulterat i ökande krav på Vägverket. För att Vägverket i högre grad ska kunna leva upp till dessa krav behövs en ökad kunskap kring väghållningens inverkan på miljön.

I Vägverkets plan för forskning och utveckling 1996-1998 [2] presenteras ett antal övergripande mål som är definierade i det trafikpolitiska beslutet från 1988. För miljön är målet formulerat på följande sätt

”Transportsystemet ska utvecklas så att en god miljö och hushållning med naturresurser främjas”. Detta har resulterat i att ett programområde för miljöanpassad väghållning finns formulerat. Varje programområde delas i sin tur upp i ett antal ramprojekt och innan FoU initieras inom ett ramprojekt genomförs en kunskapsinventering. Denna förstudie innehåller kunskapsinventering för ramprojektet ”Miljöanpassade tunnlar”.

Tunnelbyggande inom Vägverket är en relativt ny verksamhet i den mening att Vägverket nu planerar och bygger stora tunnlar främst i storstadsregionerna. Ett av de viktigaste skälen till detta är att tunnelalternativet, speciellt i tätorter, kan reducera trafiksystemets negativa effekter. Samtidigt uppstår emellertid nya miljöproblem när trafikutrymmet blir slutet. Kunskapen om detta är bristfällig.

Då förstudien initierades identifierades brister inom området miljöanpassade tunnlar. Ett område som identifierats som bristfälligt är att gemensamma krav och förutsättningar för ventilationsdimensionering är inte tillräckligt utvecklade respektive utredda, framför allt med beaktande av kraven på låga föroreningshalter. Detta gäller kväveoxider, partiklar och inom en nära framtid sannolikt även kolväten. Ett kommande EU-gränsvärde för partiklar kommer att ställa nya krav på åtgärdsmetoder för tunnelluft. I Norge bedrivs FoU om detta och det finns en positiv inställning till samarbete i det fortsatta arbetet.

1.2 Syfte

Miljöanpassningen av tunnlar, inom både byggande och förvaltning, kan förbättras. Användningen av hälso- och miljöfarliga produkter måste begränsas och återanvändningen/återvinningen av material öka. Genom att öka kunskapen om produkters miljöfarlighet och utveckla mer miljöanpassade produkter/metoder samt genom att utveckla miljövärderingsmodeller anpassade till tunnelverksamheten kan vägtunnlarna bli bättre miljöanpassade. Vidare måste miljöpåverkan under tunnels brukskede minimeras för att val av tunnlar för vägtrafiken även i framtiden ska vara fördelaktigt.

Syftet med denna förstudie är att beskriva ramprojektet miljöanpassade tunnlar, övergripande presentera utförd och pågående FoU samt presentera förslag på fortsatt FoU inom ramprojektet som Vägverket föreslår finansiera. Målsättningen för den fortsatta forskningen inom ramprojektet miljöanpassade tunnlar är att öka kunskapen så att byggande, drift och underhåll av tunnlar utförs med förutsättning att skapa ett uthålligt samhälle.

1.3 Miljöbalken

Den 1 januari 1999 trädde den nya miljöbalken i kraft [3]. Miljöbalken ersatte 16 lagar som handlar om miljö och hälsa. Bl.a. har naturvårdslagen, miljöskyddslagen, lagen om kemiska produkter och lagen om hushållning med naturresurser ersatts.

Miljöbalken syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar att förvalta naturen väl.

I miljöbalkens andra kapitel finns allmänna hänsynsregler. Inledningsvis i kapitel 2 anges att alla som bedriver en verksamhet eller vidtar en åtgärd är skyldiga att visa att de följer 2:a kapitlet i miljöbalken. Ett par av paragraferna påverkar i stor grad byggande, drift och förvaltning av konstbyggnader. Följande paragrafer kan nämnas:

- 5§ - Hushållnings och kretsloppsprincipen Denna princip innebär att alla som bedriver en verksamhet ska hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning.
- 6§ – Produktvalsprincipen Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall undvika att använda eller sälja sådana kemiska produkter eller biotekniska organismer som kan befaras medföra risker för människors hälsa eller miljön, om de kan ersättas med sådana produkter eller organismer som kan antas vara mindre farliga.
- 7§ - Skälighetsprincipen Kraven på hänsyn enligt 2-6 §§ gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla dem. Vid denna bedömning skall särskilt beaktas nyttan av skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått jämfört med kostnaderna för sådana åtgärder.

Eftersom miljöbalken är en ramlag så har den kompletterats med förordningar som regeringen utfärdar. Det finns ett stort antal förordningar till miljöbalken, dessa förordningar finns återgivna i tre separata skrifter.

1. Förordningar om MILJÖSKYDD OCH NATURVÅRD till Miljöbalken [4].

I denna publikation finns förordningar som berör miljöskydd, hälso-
skydd och naturvård samlade.

2. KEMISKA PRODUKTER i Miljöbalken [5].

Denna publikation återger miljöbalkens 14:e kapitel där huvuddelen
av produktlagstiftningen återfinns. Förordningarna som kompletterat
miljöbalken beskriver de regler som gäller för tillverkning, import,
överlåtelse och hantering av kemikalier.

3. AVFALL OCH PRODUCENTANSVAR i Miljöbalken [6].

Avfallsfrågorna i miljöbalken finns samlade i balkens 15:e kapitel.
Denna publikation behandlar förordningar som rör avfall och produ-
centansvar. Med producentansvar menas att en producent av en
produkt är ansvarig för att ta om hand den uttjänta varan och dess
emballage. För närvarande finns producentansvar utkrävt på fyra olika
områden, nämligen; förpackningar, bilar, däck och returpapper.

Förordningarna kan förtydligas ytterligare genom föreskrifter och
allmänna råd från olika statliga myndigheter.

1.4 Miljöarbete inom Vägverket

Det pågår många aktiviteter inom Vägverket, både vid huvudkontoret
och regionalt för att förbättra miljökunskapen och hänsyn till miljö. Detta
är i enlighet med Vägverkets miljöpolicy som både fastställer ett förhåll-
ningssätt och det ansvar som Vägverket har då det gäller miljöfrågor.

Vidare finns det ett flertal ramprojekt respektive satsningsområden som
berör miljöfrågor presenterade i Vägverkets FoU program för åren 1999-
2001 samt i Vägverkets inriktningsprogram för åren 2000-2009 [7].

Vägverkets miljöpolicy, FoU program samt inriktningsprogram finns
återgivna på Vägverkets webbplats (www.vv.se).

2 Ramprojektet miljöanpassade tunnlar

2.1 Inledning och avgränsning

Ramprojektet "Miljöanpassade tunnlar" är ett brett ämnesområde som bl.a. kan innehålla forskning kring materialfrågor, spridningsfrågor och hushållningsaspekter. Denna förstudie ska beskriva ämnesområdet och belysa den forskning som har bedrivits inom området hittills. Även om de flesta tunnlar som planeras och byggs idag är lokaliserade i storstäder så är även tunnlar som byggs på landsbygden inkluderade i denna studie.

Eftersom ämnesområdet är så brett så gör inte denna förstudie anspråk på att vara heltäckande, däremot har förhoppningsvis de ämnen och avsnitt som i dagsläget är aktuella för vägtunnlar lyfts fram och belysts.

I projektbeskrivningen till denna förstudie har ett antal problemställningar lyfts fram för att de ska studeras närmare. Följande problemställningar ska ingå i förstudien.

- Krav och utförande av tunnelventilation för att uppnå låga föroreningshalter i tunnlar
- Omgivningspåverkan vid byggande i berg. Påverkan pga. sprängning och tätning av berg.
- Metoder att omhänderta föroreningsanrikade restprodukter från rengöring av tunnlar

Utöver ovan nämnda punkter så ska ytterligare frågeställningar inom området byggande och förvaltning av miljöanpassade vägtunnlar tas upp och presenteras. Litteratursökning har genomförts för att söka kunskap om vilken FoU som utförs kring ovan nämnda problemställningar.

Förstudien har avgränsats så till vida att den inte inkluderar miljöpåverkan pga olycka. Med olycka avses t.ex. spill av farligt gods eller utsläpp till luft eller mark i samband med brand. Arbetsmiljö i samband med byggande och drift av tunnlar ingår inte i denna studie. Vidare så har luftföroreningar pga vägtrafik inte tagits med förutom i de fall då luftföroreningen är specifik för vägtunnlar, dvs. punktutsläpp vid tunnelmynningar och vid ventilationstorn.

Materialfrågor som endast kan förknippas med tunnlar, t.ex. injektering av berg har inkluderats i denna förstudie medan övriga materialfrågor som inte betraktas som tunnelspecifika inte har berörts. För övriga typer av materialfrågor hänvisas till pågående miljövintentering inom statlig väghållning [8] samt till förstudien miljöanpassade broar som planeras att genomföras under 2000.

Buller och vibrationer i samband med uppförandet av en tunnel samt under en tunnels livslängd är frågor som har behandlats en del tidigare, men är idag fortfarande ett problem. Därför tas frågan upp i denna förstudie. Buller och vibrationer pga av vägtrafik i tunnlar utöver det som är "specifikt" ingår inte i förstudien

2.2 Olika typer av miljöpåverkan vid byggande och förvaltning av tunnlar

Det är viktigt att lyfta fram att det finns positiva miljöaspekter i och med byggandet och brukandet av en tunnel. Innan beslutet tas att en tunnel ska byggas har tunnelalternativet vägts mot alternativet väg och/eller bro beroende på vägens sträckning.

Anledningar till att ett tunnelalternativ är attraktivt kan t.ex. vara att tunnlar i mark är ett flexibel lösning som kan uppföras utan att skada landskapet. Vidare kan man frigöra mark om en väg förläggs i en tunnel och den frigjorda marken kan till exempel användas för att skapa eller spara grönområden samt skona existerande byggnader. Störningar genom skapandet av barriäreffekter, buller, vibrationer och avgasutsläpp som påverkar omgivningen kring en väg kan minskas eller undvikas. Slutligen kan också nämnas att olycksrisken är troligen mindre för trafikanter som färdas i en tunnel än för trafikanter på landsväg.

Innan beslut fattas att bygga t.ex. en tunnel ska en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) tas fram. Dels ska en miljökonsekvens beskrivning i samband med förstudiearbetet och dels ska en MKB tas fram för de olika aktuella alternativen (kan t.ex. vara alternativlösning med väg eller bro kontra tunnel). En MKB ska identifiera och beskriva direkta och indirekta effekter på miljön. Ämnesområden så som naturmiljö, naturresurser, kulturmiljö, buller, vibrationer, luftföroreningar och farligt gods bör ingå i en MKB för tunnlar.

Efter att man fattat beslutet att en tunnel är det bäst lönsamma alternativet så bör man ånyo beakta eventuella negativa miljöaspekter mer i detalj för att försöka minimera miljöpåverkan.

Miljön kan påverkas på många sätt både vid byggande och förvaltning av vägtunnlar. Följande indelning av miljöaspekter kan göras [8] (i varje punkt ges även några exempel som gäller för vägtunnlar).

- **Kemikaliehantering/användning av kemikalier**
Ex. injekteringsmedel i berg, betongtillsatser, ytbehandlingar, epoxibehandling, rengöringsmedel
- **Dieselförbrukning**
Ex. transporter under byggskede
- **Användning av miljöskadliga material**
Ex. PVC-plast, bitumen, lampor som innehåller kvicksilver

- **Farligt avfall**
- **Naturresursförbrukning**
Ex. förbrukning av naturgrus, bergkross, järn, stål
- **Påverkan på omgivningen av aktiviteter och åtgärder**
Ex. buller, vibrationer, utsläpp pga. sprängning, grundvattenspåverkan (grundvatten nivåer resp. vattenkvalitet), spill av hydraulolja.

2.3 Miljöutredning av Statlig Väghållnings verksamhet

Under 1998 och 1999 har Vägverket genomfört en miljöutredning av Statlig Väghållnings verksamhet [8]. I Statlig Väghållnings verksamhet ingår byggande, drift, underhåll och förbättring av vägar, broar, tunnlar och färjeleder. Målet med studien har varit att ta fram bättre underlag för sättande av konkreta miljömål som syftar till en bättre miljö. I utredningen har ingått att:

- Dokumentera vad Vägverket vet och inte vet när det gäller verksamhetens miljöaspekter och miljöpåverkan
- Dokumentera och ta till vara redan fungerande rutiner för miljöhänsyn
- Identifiera behov av kompletterande undersökningar och FoU
- Ge underlag för översyn av policy och mål.

Miljöutredningen har resulterat till presentation av miljöaspekter grupperat utifrån tre olika infallsvinklar, nämligen; ”farlighet”, ”hanteras i stora mängder” och ”hushållningsaspekt”. Varje miljöaspekt eller gruppering av miljöaspekter presenteras tillsammans med förslag till åtgärder.

Följande miljöaspekter som presenteras på miljöutredningens lista över farliga ämnen återfinns i vägtunnlar: kemiska injekteringsmedel, dieselanvändning under byggtiden, PVC-plast, ytbehandling, cellplast, galvaniserat material, epoxi, lampor/lysrör (kvicksilver) och membranhärdare.

Ämnen som hanteras i stora mängder och/eller där hushållningsaspekter av material som kan härröras till vägtunnlar är följande: bergkross, naturgrus, deponi av jord och berg, bitumen inklusive tillsatser, armerad betong, vägmarkering, järn och stål, cellplast, kemikalier med oljebas samt elanvändning.

Slutligen presenterar miljöutredningen en lista på miljöaspekter som är kopplande till åtgärder eller aktiviteter. I stort sätt alla miljöaspekterna kan vara aktuella för tunnlar varför listan återges här.

Miljöaspekt	Exempel på aktivitet
Buller	Pålning, spont, borrar, sprängning, maskiner
Vibrationer	Pålning, spont, borrar, sprängning, maskiner
Risk för luftförorening	Pålning, spont, borrar, sprängning, maskiner
Risk för vattenförorening	Sprängning, blästring, upplag av olika massor
Risk för grumling	Bygge, drift, underhåll, färja
Risk för grundvattens- påverkan	Bergschakt, dikning, tunnel
Risk för mark och vatten- förorening	Oljespill etc.
Risk för negativ påverkan på biologisk mångfald	Dikesrensning, slåtter, röjning m.m.

2.4 Litteratursökning

På uppdrag av Vägverket, avdelningen för bro och tunnel, har en litteratursökning utförts av Marie von Matérn, AB Jacobson & Widmark [1]. Rapporten från J&W över litteratursökning finns bifogad i en bilaga till denna rapport.

Målet med litteratursökningen var att söka befintlig kunskap kring området miljöanpassade tunnlar och sammanfatta kunskapen. Eftersom området miljöanpassade tunnlar är så stort så specificerades en antal delområden som fokuserades på.

- miljöpåverkan under byggtiden (sprängning, avgaser mm)
- omgivningspåverkan pga byggande i berg eller mark
- användning av hälso- och miljöfarliga produkter i tunnelbyggande och dess påverkan på omgivningen
- förbrukning av naturresurser samt återanvändning/återvinning av material vid tunnelbyggande
- miljöanpassad projektering

Vidare avgränsas sökningen så till vida att endast arbete som är utfört på 1990-talet har inkluderats. Motiveringen till detta är att miljöområdet utvecklas snabbt och det som är gjort tidigare troligtvis ej är uppdaterat till dagens miljökrav.

Sökning har utförts till största del via Internet och i där tillgängliga biblioteksdatabaser. Men J&W har även utfört ett antal intervjuer och sökt på företags och myndigheters webbsidor på Internet.

Delar av resultaten från J&W:s litteratursökning presenteras i kapitel 3 "Pågående och avslutad FoU", för fullständig redovisning hänvisas till J&W:s rapport i bilagan.

2.5 **Angränsande förstudier**

Under 1998 genomfördes en förstudie av Avdelningen för bro och tunnel i ramprojektet "Miljöanpassade broar" [9]. I denna förstudie presenteras en övergripande kunskapsinventering samt förslag till delprojekt inom ramprojektet miljöanpassade broar. Eftersom denna förstudie är genomförd på ett övergripande plan så finns det frågeställningar som tas upp som inte är specifika för byggandsverket bro utan som även kan gälla för vägtunnlar. Det är framförallt avsnitten som behandlar modeller för att mäta miljöbelastning, LCA, samt presenterad FoU kring materialet betong och återvinning/återbruk av byggnadsmaterial som även kan gälla för tunnlar.

3 Pågående och avslutad FoU

3.1 Metod vid kunskapsinventering

För att inventera pågående och avslutad FoU inom området miljöanpassade tunnlar har hjälp tagits av J&W. En del sökning har gjorts av Avdelningen för bro och tunnel. Sökning har gjorts i Vägverkets bibliotek samt på forskningsinstituts och svenska högskolors webbsidor på Internet. Vidare har en del personlig kontakt tagits för att se om det finns pågående eller avslutade projekt som behandlar miljöfrågor för tunnlar.

Vid sökningen har forskningsrapporter som har skrivits under 1990-talet bedömts som mest intressant och aktuella nog för att tas med i förstudien. Sökning har gjorts efter både svensk och utländsk litteratur, men det mesta som funnits är utfört Sverige. För metod vid sökning och avgränsning gjord av J&W hänvisas till bilagan.

Nedan följer en sammanställning av de rapporter som funnits vid sökning både av J&W och av författaren. Funnit kunskap från J&W refereras kort från deras rapportering av litteratursökningen [1].

3.2 Kemiska injekteringsmedel

Vägverket har i samarbete med Banverket under första halvåret 1999 genomfört en studie kring tätning av bergtunnlar. Resultatet finns presenterat i en rapport med titeln "Strategi vid tätning av bergtunnlar – förutsättningar och bedömningsgrunder" [10]. Rapporten är en sammanställning av befintlig kunskap av tekniska och miljömässiga aspekter av tätning av berg med olika typer av injekteringsmedel.

Tätning av berg utförs för att förhindra läckage av vatten och grundvattensänkning i samband med byggande av bergtunnlar. Det finns även miljörelaterade krav för att undvika grundvattenföroreningar och annan omgivningspåverkan som måste beaktas. I rapporten finns presenterat ett förslag till övergripande strategi för planering och genomförande av injekteringsarbete för att på bästa sätt uppnå ställda täthets- och miljökrav.

3.3 Sprängning

Vid sprängningsarbeten för tunnelbyggnad kan det uppkomma flera olika miljöpåverkan. Somliga har en varaktighet som motsvarar tiden som sprängningen pågår, t.ex. buller (framförallt ljud från borrar och även i viss mån buller p.g.a. sprängning) och vibrationer medan andra har en påverkan på miljö som t.ex. föroreningar till luft, mark och vatten.

I ett examensarbete med titeln "Kväveläckage från sprängstensmassor" [11] presenterar författaren Sjölund mätningar av kväveinnehållet i lakrester från sprängsten från tunnelbrytning, gruvbrytning och täktbrytning.

Det kväve som sedan återfinns i sprängmassorna härrör sig från spill och förbränningsrester av det sprängämne som använts vid tunneldrivning. Enligt denna studie så återfinns ca 5-18% av sprängmedlets kväveinnehåll i lakvattnet från sprängmassorna.

Kväveläckaget har visat sig härstamma både från spränggas som absorberas på bergytter och som kvävespill. Kvävespillet uppkommer vid hantering och laddning av sprängämne, val av sprängämne, precision i borring och laddning, bergets geologi och vattenförhållanden.

Kvävet som härrör från sprängning kan orsaka övergödning, hög kvävehalt i grundvattnet (vilket i sin tur leder till att vattnet inte är lämpligt som dricksvatten) och kan påverka vattenlevande organismer.

För att minska andelen kvävespill vid sprängning kan åtgärder sättas in på följande områden: Val av sprängämne, hantering och laddning samt laddning i våta hål

Den största delen av kväveförlusterna kommer av spill vid hantering av sprängämnet före och vid laddning.

Enligt rapporten så är det mesta kvävet som blir kvar i sprängmassorna ett resultat av spill av sprängmedel vid hantering och laddning. Undersökningar, i bl.a. USA, har visat att man genom utbildningsprogram bland sprängarna kan minska kväveläckaget med 50%.

3.4 Buller och vibrationer

Buller och vibrationer, speciellt under byggtiden upplevs idag som ett problem för kringboende. Detta har aktualiserats under senare år eftersom de vägtunnlar som byggs i Sverige är i storstadsregionerna (framförallt i Göteborg och Stockholm). Litteratur som tar upp ämnet är dock till största del av äldre datum.

Artikeln "Noise and Vibration – an Obstacle for Underground Construction" av Thomas Franzén [12] visar på skillnader i synsätt mellan utförare och allmänhet. Tekniker ser inte buller och vibrationer som ett av de större problemen vid bergbyggande, medan allmänheten tenderar att känna oro och obehag. Information i förväg har dock visat sig ha positiva effekter och får allmänheten att visa större acceptans.

Man har även studerat olika normer och accepterade nivåer av markvibrationer i olika länder. Så gott som samtliga länder har idag krav och standarder kopplade till buller och vibrationer. Det framgick dock att man borde se över dagens normer.

Framtida forskning inom området borde inrikta sig på att förutse vibrationsnivåer och beräkna de nivåer som kan orsaka problem i olika situa-

tioner. Man bör även studera utbredning och utvärdering av vibrationer från sprängning och pålning. Ett annat stort problem som kräver mer forskning var buller i samband med byggnationer i närheten av befintliga byggnader.

3.5 Påverkan på luft och tunnelventilation

I denna förstudie behandlas endast luftföroreningar som är specifika för tunnlar, d.v.s. endast de problem och frågeställningar som berör punktutsläpp inne i tunneln, vid tunnelmynningar och vid ventilationstorn behandlats.

Man kan konstatera att den mest belastade punkten m.a.p. luftföroreningar i en tunnel beror till viss del på vilket ventilationssystem tunneln har. Vanligtvis är högsta koncentrationen luftföroreningar strax innanför tunnelns utlopp [13].

I Tunnel 99 [14] finns det krav på luftkvalitet, dock finns inga absoluta värden satta utan krav på tunnelluftens innehåll av kvävedioxid, NO_2 , skall bestämmas i samråd med såväl den lokala miljö- och hälsoskyddsmyndigheten som Naturvårdsverket. Vidare anges att utsläpp av föroreningar från tunnelmynningar och ventilationsöppningar inte får ske så att det uppstår olägenheter samt att halten av kolmonoxid vid olyckor inte får överskrida sådana nivåer att det påverkar människors förmåga att på ett säkert sätt ta sig ut ur tunneln.

I Norge har man däremot infört gränsvärden för NO_2 , NO_x , CO och partiklar inne i tunnlar. För NO_2 har även i Tyskland och Holland det fastställda gränsvärden [13].

3.6 Omhändertagande av spill

Detta område behandlar framförallt omhändertagande av spill vid rengöring av tunnel samt spill som kan härröra sig från en olycka i en tunnel. Studier om spill i tunnlar har enligt uppgift utförts av Norska Vejdirektoratet, dock har inga referenser funnits vid sökning till denna förstudie. Eftersom området kan vara viktigt så nämns det här.

4 Behov av FoU för uthålligt tunnelbyggande

I allt byggande i dag finns det ett behov att förbättra material och metoder för att minimera påverkan på miljön. Detta bör göras för att följa med i den svenska miljölagstiftningens utveckling samt för att minimera miljöeffekter vid byggande av tunnlar.

Som skrivits inledningsvis är detta ramprojekt väldigt omfattande vilket gör att endast en del av vad som kan anses täckas in i detta ramprojekt har kunnats undersökas (begränsningen har satta utifrån rimlig resurstillgång och erforderlig tid).

Studien från J&W har visat att det idag inte finns mycket litteratur tillgänglig inom området miljöanpassade tunnlar. Särskilt saknas litteratur om ett miljöanpassat utförande av tunnlar, men även litteratur om att uppfylla miljökrav i ett långtidsperspektiv.

I dagsläget pågår dock flera bergarbeten av stort format, varför erfarenhetsåterföring från dessa är viktig. Miljöfrågorna hanteras ju ofta i ett projekt, men dokumentationen är mindre bra. Genom att sammanställa erfarenheter från genomförda, pågående och planerade projekt kan man få en god arbetsberedning över miljöaspekter.

5 Förslag till delprojekt

Följande projekt föreslås ingå i ramprojektet miljöanpassade tunnlar under de kommande åren. Förslagen har beskrivits kortfattat och prioriterats. Eftersom det finns väldigt lite medel att utföra FoU under 2000 inom ramprojektet så föreslås inget startdatum för de föreslagna projekten.

Av de föreslagna delprojekten nedan är delprojekt 5.1, 5.2 och 5.3 specifika för tunnlar. Delprojekt 5.5 och till största delen 5.4 är inte tunnelspecifika varför dessa delprojekt bör samordnas för flera olika typer av byggnadsverk.

5.1 Positiva miljöeffekter av tunnlar

5.1.1 Bakgrund

Varje gång ett beslut tas för byggande av en tunnel så vägs de positiva och negativa aspekterna mot varandra. Ett gemensamt synsätt saknas för att samla in och dokumentera de positiva miljöeffekterna vid byggande av en tunnel.

5.1.2 Förväntat resultat

Projektet ska leda till att en modell utvecklas för att kunna väga en förbättrad vardagsmiljö för ett stort antal personer mot en något sämre miljö för de som tillfälligt trafikerar tunnlar.

5.2 Luftkvalitet i tunnlar

5.2.1 Bakgrund

Det saknas fortfarande mycket kunskap kring vilken luftkvalitet som finns i tunnlar och vilka krav som bör ställas på tunnelluften. Ett delprojekt inom ramprojektet miljöanpassade tunnlar föreslås därför behandla flera olika aspekter på luftkvalitet i tunnlar. Projektet föreslås delas upp i ett antal projekt som bl.a. kan behandla

- Gränsvärden för NO₂
- Påverkan och gränser av partiklar

Projektet avgränsas så till vida att dimensionering av ventilationsanläggning för att uppnå ställda krav behandlas i förstudien "Dimensionering av tunnlar".

Erfarenheter och mätdata finns från Lundbytunneln i Göteborg finns att tillgå för analys. Erfarenheterna från Lundbytunneln kan användas i detta föreslagna delprojekt.

5.2.2 Förväntat resultat

Projektet ska ge mer kunskap om hur luftkvalitet i tunnlar kan förbättras samt om och i så fall vilka gränsvärden som bör sättas.

5.3 Injektering av berg

5.3.1 Bakgrund

Vid byggande av tunnlar i berg ställs mycket höga täthetskrav både med hänsyn till omgivningen och med hänsyn till trafikanterna. För att uppnå täthetskrav kan berget injekteras antingen med kemiska eller cement-baserade injekteringsmedel. Kunskapen om injekteringsmedlens miljö-påverkan och deras verkningssätt i olika berg måste ökas. Vidare behövs mer kunskap om förutsättningarna för injektering, val av injekterings-medel samt val av arbetsmetod för att garantera att rätt metod och material väljs.

5.3.2 Förväntat resultat

Projektet ska ge mer kunskap om olika injekteringsmetoder och material som kan använda vid injektering av berg.

5.4 Buller och vibrationer

5.4.1 Bakgrund

Framtida forskning inom området borde inrikta sig på att förutse vibrationsnivåer och beräkna de nivåer som kan orsaka problem i olika situationer. Vidare behöva bättre kunskap och prognosmodeller för att sätta relevanta krav på maximala vibrationsnivåer och man bör även studera utbredning och utvärdering av vibrationer från borrhning, sprängning och pålning. Ett annat stort problem som kräver mer forskning är buller i samband med tunnelbyggnation i närheten av befintliga byggnader.

5.4.2 Förväntat resultat

Projektet ska ge mer kunskap om hur buller och vibrationer som kan påverka omgivningen under byggande och drift av tunnel kan reduceras.

5.5 Miljöanpassade materialval till tunnlar

5.5.1 Bakgrund

För att kunna välja mer miljöanpassade material vid tunnelbyggande enligt de riktlinjer som finns i miljöbalken behövs information kring tillgängliga material och de tekniska krav som behöver ställas på ev. ersättningsmaterial. Man bör även formulera gemensamma miljökrav som ska uppfyllas för använda material. Val av material att undersökas föreslås utföras baserat på den slutliga rapporten från Statlig Vaghållnings miljöutredning.

5.5.2 Förväntat resultat

Projektet ska ge mer kunskap om vilka tekniska krav som ska ställas på delmaterial som används vid tunnelbyggande.

Referenser

- [1] von Matérn M, "Litteratursökning för förstudien miljöanpassade tunnlar", AB Jacobson & Widmark, 1999
- [2] Vägverket, 1995, *Plan för Forskning och Utveckling 1996-1998*, publikation 1995:50
- [3] Arbetarskyddsnämnden, 1998, *Miljöbalk*, SFS 1998:808
- [4] Arbetarskyddsnämnden, 1999, *Förordningar om MILJÖSKYDD OCH NATURVÅRD till Miljöbalken*,
- [5] Arbetarskyddsnämnden, 1999, *KEMISKA PRODUKTER i Miljöbalken*
- [6] Arbetarskyddsnämnden, 1999, *AVFALL OCH PRODUCENTANSVAR i Miljöbalken*
- [7] Vägverket, "Vägverkets inriktningsprogram för FoU åren 2000-2009", Vägverket Publ. 1999:72, 1999
- [8] Vägverket, "Miljöutredning av Statlig Vaghållnings verksamhet", Remissutgåva, Vägverket 1999
- [9] Vägverket, Wargsjö, A, 1998, "Förstudie till ramprojektet: Miljöanpassade broar", 1998
- [10] Vägverket 1999 *Strategi vid tätning av bergtunnlar – förutsättningar och bedömningsgrunder*, Remissutgåva 1999-06-30
- [11] Sjölund G, 1997 *Kväveläckage från sprängstensmassor*, Luleå Tekniska Universitet, 1997:332 CIV
- [12] Franzén T, "Noise and Vibration – An Obstacle for Underground Construction?", *Tunnelling and underground space technology*, , v5, n3, 1990
- [13] Vägverket, "Mäthandbok för vägtrafikens luftföroreningar", publikation 1999:124, 1999
- [14] Vägverket, "Tunnel 99", publikation 1999:138, 1999

Bilaga

Litteratursökning för förstudien miljöanpassade tunnlar

Lidingö 1999-11-15
AB Jacobson & Widmark

Marie von Matérn

LITTERATURSÖKNING FÖR FÖRSTUDIEN MILJÖANPASSADE TUNNLAR

Innehållsförteckning

1	Inledning	25
2	Sökmetoder	25
2.1	Biblioteksdatabaser	25
2.2	Intervjuer	26
2.3	Företags och myndighetspresentationer	26
3	Sökresultat	26
3.1	Biblioteksdatabaser	26
3.2	Intervjuer	27
3.3	Företags och myndighetspresentationer	28
4	Litteraturreferat	29
5	Slutsats	31
6	Referenser	32

1 INLEDNING

J&W har på uppdrag av Vägverket genomfört en litteraturstudie inom ramen för förstudien "Miljöanpassade tunnlar". Litteraturstudien har inriktats på dokumenterad befintlig kunskap inom området miljöanpassade tunnlar. För att avgränsa sökningen har endast litteratur skriven på 90-talet studerats.

En sökning på svenska och utländska bibliotek och databaser har gjorts, med tyngdpunkt på svensk och europeisk litteratur inom området.

Utöver sökning i bibliotek och databaser har kontakt tagits med personer på svenska högskolor och företag för att eftersöka befintlig kunskap kring miljöanpassade tunnlar.

Litteratursökningen har inriktat sig på följande ämnesområden knutna till tunnel och miljö:

- Miljöpåverkan under byggtiden
- Omgivningspåverkan pga. byggande i berg och mark
- Användning av hälso- och miljöfarliga produkter
- Förbrukning av naturresurser samt återanvändning/återvinning
- Miljöanpassad projektering

2 SÖKMETODER

2.1 Biblioteksdata-baser

Sökningen har till största del skett via Internet. Först kartlades relevanta biblioteksdata-baser över nationella bibliotek och universitetsbibliotek med tyngdpunkt på Europa <http://www.lib.virginia.edu/natlcats.html>. Efter språkkunskaper blev sedan sökningen inriktad på biblioteksdata-baser i de nordiska länderna, samt engelsk och tysktalande länder. Då de brittiska data-baserna var baserade på sökning via Telnet kunde dessa ej studeras då J&W:s brandvägg ej tillåter Telnet-anslutning. Artikelsökning har gjorts via den amerikanska artikelsökmotorn *UnCover* <http://uncweb.carl.org/>. Ytterligare sökning har även skett på KTH:s bibliotek med deras litteraturdata-bas *Libertas* <http://www.lib.kth.se/libertas.html>.

De mest relevanta sökresultaten kom från Kungliga bibliotekets data-bas <http://www.libris.kb.se/> samt, vad gäller hantering av sprängstensmassor, de österrikiska högskolebiblioteken.

2.1.1 Sökord

Med fler än två sökord visade det sig att det inte gick att få några träffar oavsett data-bas. Översatt till svenska har följande sökkombinationer använts:

Tunnel – miljö/buller/vibration/grundvatten/sprängsten/sprängning/kemi*/förorening/
risk

Undermark –
miljö/buller/vibration/grundvatten/sprängsten/sprängning/kemi*/förorening/
risk

Bergarbeten –
miljö/buller/vibration/grundvatten/sprängsten/sprängning/kemi*/förorening/
risk

2.2 Intervjuer

Kontakt har tagits med miljö- och kvalitetssamordnare Rolf Liljebäck på Selmer Anläggning, en av Södra Länkens entreprenörer, för att diskutera deras miljöarbete.

Kontakt har även tagits med KTH och institutionen för Anläggning och Miljö. Forskning inom området tunnel och miljöanpassat byggande bedrivs inte. Den enda miljörelaterade forskningen inom området är grundvattensänkning kring tunnlar. En intervju angående grundvatten har gjorts med Bo Olofsson på avdelningen Mark och Vatten.

2.3 Företags- och myndighetspresentationer

En sökning har även gjorts på Internet för att kartlägga miljöpolicy hos entreprenad-företag, leverantörer och myndigheter med avseende på tunnelbyggande.

3 SÖKRESULTAT

Med de sökord som valts enligt ovan blev antalet träffar relativt stort, men vid en närmre genomgång av dessa så visade det sig att de flesta träffar var allmän litteratur inom miljögeologi och behandlade inte bergtunnlar. Ytterligare ett stort antal träffar var kopplade till gruvindustrin och deras slaggprodukter och kunde också sällas ut. Den litteratur som studerats mer ingående var således endast ett mindre antal, se nedan.

3.1 Biblioteksdatabaser

Miljö kopplat till tunnlar och bergrum ger till största del träffar med koppling till förvaring av kärnavfall, reningsverk i berg samt luftkvalitet i tunnlar under drift. 100% relevans har endast uppnåtts i ett fåtal träffar, se referenslista kap 6.

De flesta av dessa träffar är artiklar i "Tunnelling and Underground Space Technology" och har koppling till ITA (International Tunnelling Association) och dess arbetsgrupp för miljö. Dessa artiklar behandlar mer policy och jämförelse mellan positiva och negativa miljöeffekter mellan tunnlar och ovanjordsalternativ, se kap 4.

Litteratur kopplat till spill från sprängämnen och hantering av dessa har tagits upp av ett flertal författare med en bra sammanfattning av Gustaf Sjölund i ett examensarbete vid LTU, "Kväveläckage från sprängstensmassor", se nedan i kap 4.

Omgivningspåverkan utöver kväveläckage till vattendrag fås träffar som gäller grundvattensänkning, miljö- och hälsofarliga produkter samt buller och vibrationer i samband med sprängning.

Problemet med grundvattensänkning i samband med tunneldrift och efter tunnlar färdigställe har under större delen av 90-talet varit ett stort forskningsområde på avdelningen för Mark och Vatten, KTH med assisterande professor Bo Olofsson i spetsen. Ett flertal avhandlingar och forskningsrapporter har studerats. De hanterar dock inte lösningen av problemet med grundvattensänkning eller förebyggande åtgärder utan snarare teorier och statistiska modeller.

Miljö- och hälsofarliga produkter aktualiserades ju i samband med Rhoca Gil i Hallandsås. Vid sökning blev det flera träffar kring Hallandsås, bl a miljögranskningsgruppens "Nulägesbeskrivning över Miljögranskning Hallandsås" samt en allmän skrift om "Ground Pollution" som dock ej fanns tillgänglig vid något svenskt bibliotek.

Buller och vibrationer har länge haft styrande reglementen, men är idag fortfarande ett problem. Litteratur som tar upp ämnet är dock till största del av äldre datum. En artikel i "Tunnelling and Underground Space Technology" refereras dock nedan, se kap 4.

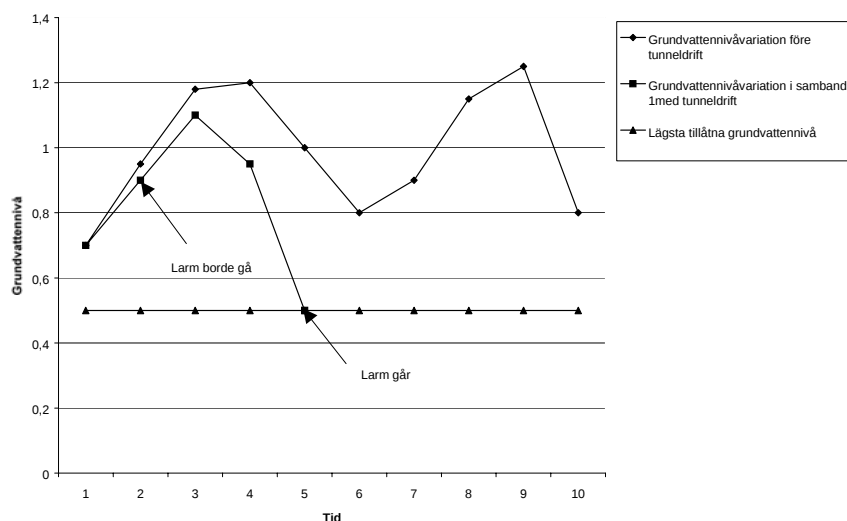
Återvinning av sprängstensmassor har det skrivits en hel del om på österrikiska högskolor, både examensarbeten och avhandlingar. Dessa har dock inte återfunnits på svenska bibliotek, varför de endast återfinns i referenslistan i kap 6. Av rubrikerna att döma verkar de dock lämpliga att studera vidare.

Miljöanpassad projektering återfanns en träff vid litteratursökning. Det var ett examensarbete vid Wiens universitet, se referenslista. De flesta projekteringsföretag håller i dagsläget på att forma sitt miljöarbete med anpassning till ISO 14001 och hantering av miljöaspektlistor är ännu i sin linda. Viss osäkerhet på beställarens krav gör också att det ej finns några bestämda strategier vad gäller miljöfrågor.

3.2 Intervjuer

Med anledning av en artikel i Byggindustrin 28-99 "Massor av massor vid Sveriges största vägtunnelbygge", se kap 4, som beskriver miljökraven på entreprenörerna togs en kontakt med en av de medverkande i artikeln, Rolf Liljebäck, Selmers miljö- och kvalitetssamordnare. Syftet var att få information om deras miljöstrategier vid tunnelbyggande i allmänhet och vägtunnlar i synnerhet. Någon bestämd miljöstrategi fanns dock inte utan byggnationen vid Södra Länken fick nog ses som ett pilotprojekt. Referat av artikeln återfinns dock nedan i kap 4.

En annan person som intervjuades var Bo Olofsson på Mark och Vatten, KTH. Med koppling till den forskning han och hans doktorander driver inom grundvatten och tunnlar samt vägtunnlarna för Södra Länken hade han mycket att säga om att larva i tid för grundvattensänkningar. Istället för att som idag ha satt en lägsta tillåten grundvattennivå, borde man ha tillräckligt täta avläsningar av grundvattennivåerna så att man kan larva när grundvattennivån börjar avvika från den standardkurva som finns för årsvariationer på grundvattennivåer för respektive mätpunkt, se figur 1 nedan. Han påpekade att det är mycket svårare att åstadkomma en lyckad infiltration från en grundvattennivå som legat alltför lågt under en så lång tid som det kan bli om larvet går först då man når under lägsta tillåtna nivå.



Figur 1. Grundvattennivåkurva

3.3 Företags och myndighetspresentationer

På hemsidor för myndigheter, entreprenadföretag och teknikkonsulter med anknytning till tunnelbyggande har en sökning efter miljöarbete och miljöpolicy gjorts.

Förvånansvärt lite information fanns dock att hämta

Såväl Banverket som Vägverket har lagt ut sin miljöpolicy. Den inom detta område viktiga punkten som båda verken tar upp är kemikaliekontroll – att kritiskt granska och pröva användandet av skadliga och naturfrämmande ämnen.

Skanska har med anledning av Hallandsås kommit ganska långt i sitt arbete, vilket redovisas i deras Miljööredovisning 1998. Idag håller man på med att arbeta fram riktlinjer för inköp av kemikalier. Man strävar också efter att under projektens gång ha löpande kontakt med miljöorganisationer och myndigheter.

De större konsultföretagen presenterar sitt miljöarbete som möjligheten att påverka kunden till att välja en mer miljömedveten teknik.

Utöver detta har även International Tunneling Associations hemsida studerats. De har en arbetsgrupp för "Underground and Environment". Deras inriktning är i dagsläget insamling av data om miljö och socioekonomiska aspekter vid tunnelbyggande via frågeformulär till myndigheter, beställare, utförare, media och allmänhet. Man kartlägger också de regelverk som finns i de olika länderna vad avser miljö och bergbyggande.

4 LITTERATURREFERAT

"Underground Works and the Environment", Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS)

Den spanska nationella tunnelorganisationen (tillhörande ITA) genomförde under 1995 en studie av samspel mellan miljö och undermarksbyggande, med jämförelser av fördelar och nackdelar mellan ovan- och undermarksalternativ, där man gjort en sammanställning av positiva och negativa effekter vid undermarksbyggande. Man har även sett på fördelar och nackdelar vid införandet av miljölagar vid undermarksbyggande och att kartlagt positiva och negativa effekter utav detta. Företag och myndigheter har sedan fått komma med sin syn på miljölagar inom undermarksbyggande. Studien avslutas sedan med en kortare internationell sammanfattning baserat på ett frågeformulär utsänt till övriga nationella organisationer kopplade till ITA.

"Underground Works and the Environment", Julia Perez-Cerezco

Denna artikel i Tunnels & Tunnelling är en sammanfattning av ITA:s arbetsgrupps resultat fram till 1997. Ett nytt frågeformulär har arbetats fram och hanterar i stort samma ämnen som i artikeln ovan. En kort sammanfattning görs av de regelverk som är mest relevanta vad gäller undermarksbyggande. Dessa regelverk rör ämnena:

- Miljöbeskattning
- Hälsa och säkerhet
- Buller och vibrationer
- Vatten
- Avfallshantering

Dessa lagar har för företagen positiva effekter genom att erbjuda nya affärsmöjligheter, men negativa effekter genom höjda kostnader och större ansvar.

"Kväveläckage från sprängstensmassor", Gustaf Sjölund

Examensarbetet har studerat förekomst av lakbart kväve i sprängstensmassor och översiktligt beskrivit miljöeffekterna av kväveläckage.

Kväveläckaget har visat sig härstamma både från spränggas som absorberas på bergytan och som kvävespill. Kvävespill uppstår vid hantering och laddning av sprängämne, val av sprängämne, precision i borrhål och laddning, bergets geologi och vattenförhållanden.

För att minska andelen kvävespill vid sprängning kan åtgärder sättas in på följande områden: Val av sprängämne, hantering och laddning samt laddning i våta hål

Den största delen av kväveförlusterna kommer av spill vid hantering av sprängämnet före och vid laddning.

"Prediction of groundwater flows into underground constructions in hard rocks", Daniele Cesano

Slutsatsen i Paper I av denna licentiatavhandling är att av studerade brunnar i närheten av, i detta fall, Ormentunneln har 53 % uppvisat en tydlig sänkning av grundvattnet sett över en lång period, medan 85% av brunnarna påverkades genast vid tunneldrift. Antalet långtidspåverkade brunnar ger en bild av att förinjektering till stor del endast verkar i ett kortsiktigt perspektiv.

Ett flertal metoder för att uppskatta effekten av en grundvattensänkning i samband med tunnelbyggande har studerats i rapporten: Bedömning av berget sprickighet, beräkning av grundvattensänkning och sambandet mellan grundvattensänkning, topografi, geologi och teknik.

Samband finns mellan vatteninflöde och geologi, såsom sprickfyllnadsmaterial, bergart, sprickor och dess orientering. Studien har också påvisat att även jordtyper, tunneldjup, topografi och konsolideringsgrad spelar en viktig roll i vatteninflöde till tunnlar.

”Hydrogeological impact when tunnelling in urban areas – Evaluation of the drawdown in the Stockholm area due to the construction of the Ormen tunnel”, Daniele Cesano

Studierna kring Ormentunneln visade på att mätningarna av grundvattennivåer ej skett regelbundet, varför en annars god statistik i variationer skulle ha funnits tillgänglig sedan 1960-talet. Liknande problem återfinns nog i ett flertal av städer.

Rapporten poängterar vikten av ett optimerat kontrollprogram, utökat antal mätpunkter och mättillfällen kopplat till statistiska metoder.

”Miljögranskning Hallandsås, nulägesbeskrivning”, Miljögranskningsgruppen.

Miljögranskningsgruppens uppgift har varit att undersöka nuläget, saneringsmöjligheter och en eventuell förutsättning av tunnelbygget.

- Nulägesbeskrivningen har omfattat följande:
- Upprättande av relevanta scenarier
- Kartläggning av recipienterna berg, jord, mark och vatten
- Kartläggning av förutsättning för transport och spridning av akrylamid och N-metylolakrylamid i jord och vatten i det berörda området
- Dokumentation av föroreningskällan
- Dokumentation av injekteringsmedlens egenskaper
- Förslag till acceptabel nivå för kvarvarande mängd akrylamid och N-metylolakrylamid i berget samt i grundvattnet
- Genomgång av erhållna vatten domar från miljömässig och teknisk synvinkel
- Beskrivning av grundvattensänkningens kort- och långsiktiga påverkan på ytvatten, våtmarker, grundvattenkvalitet etc.
- Identifiering och beskrivning av hanteringen av schaktmassor
- Analys av behovet av rening av det till tunneln inläckande vattnet

Kommentar: Även om detta är utfört då skadan är ett faktum skulle en liknande arbetsberedning kunna upprättas för olika typer av miljöfrågor i ett tunnelprojekt.

”Noise and Vibration – an Obstacle for Underground Construction”, Thomas Franzén

Artikeln visar på skillnader i synsätt mellan utförare och allmänhet. Tekniker ser inte buller och vibrationer som ett av de större problemen vid bergbyggande, medan allmänheten tenderar att känna oro och obehag. Information i förväg har dock visat sig ha positiva effekter och får allmänheten att visa större acceptans.

Man har även studerat olika normer och accepterade nivåer av markvibrationer i olika länder. Så gott som samtliga länder har idag krav och standarder kopplade till buller och vibrationer. Det framgick dock att man borde se över dagens normer.

Framtida forskning inom området borde inrikta sig på att förutse vibrationsnivåer och beräkna de nivåer som kan orsaka problem i olika situationer. Man bör även studera utbredning och utvärdering av vibrationer från sprängning och pålning. Ett annat stort problem som kräver mer forskning var buller i samband med byggnationer i närheten av befintliga byggnader.

”Massor av massor vid Sveriges största vägtunnelbygge”, Elisabet Näslund, Byggindustrin 28-99

Denna artikel beskriver i stort bergarbetena för Södra Länkens tunnlar. Miljöansvariga för NCC och Selmer har intervjuats.

Bergmassorna skall för att slippa transporter och därigenom göra miljövinster återanvändas till vägarna i tunnlar. Överskott vill man gärna transportera vattenvägen och via transportband.

Där nyinköp av maskinutrustning gjorts har man satsat på miljöklassade fordon, Euro 1. Dessa har miljövänlig, biologisk nedbrytbar hydraulolja. Även eldrivna maskiner har införskaffats, däribland en norsk lastmaskin.

Entreprenörerna skall även redovisa alla kemikalier i en särskild kemikalielista. Förbud mot kemiska tätningsmedel råder.

Sprängning som utförs av Selmer och NCC Eeg Henriksen sker enligt SSE-systemet. Det innebär sprängning med större precision och mer miljövänligt. Med hjälp av ett särskilt laddningsfordon datastyrs laddning av sprängmedlet. Detta innebär en mer exakt laddningsmängd och därigenom mindre spill och spränggaser. Sprängämnet aktiveras först då komponenterna sammanförs i borrhålet. Detta är positivt ur säkerhetssynpunkt då det innebär att behov av transporter och förvaring av aktivt sprängämne på arbetsplatsen minimeras.

5 SLUTSATS

Studien har visat att det idag inte finns mycket litteratur tillgänglig inom området miljöanpassade tunnlar. Särskilt saknas litteratur om ett miljöanpassat utförande av tunnlar, men även litteratur om att uppfylla miljökrav i ett långtidsperspektiv.

I dagsläget pågår dock flera bergarbeten av stort format, varför erfarenhetsåterföring från dessa är viktig. Miljöfrågorna hanteras ju ofta i ett projekt, men dokumentationen är mindre bra. Genom att sammanställa erfarenheter från genomförda, pågående och planerade projekt kan man få en god arbetsberedning över miljöaspekter.

6 REFERENSER

Listan enligt nedan är ej indelad i ämneskategorier utan efter biblioteksdatabaser. Listan har även kompletterats med notiser om en del av de bibliotek som litteraturen finns tillgänglig på. I slutet av listan finns referenser som återfunnits i studerad litteratur eller som på annat sätt upptäckts.

LIBRIS <http://www.libris.kb.se/>

”Miljö i grund och botten”, Tunnelkommissionen, SOU 1998:137

- Riksdagsbiblioteket
- Kungliga Biblioteket
- KTH Studsviksbiblioteket,
- Stockholms universitetsbibliotek

”Miljögranskning Hallandsås: nulägesbeskrivning”, Banverket, miljögranskningsgruppen, 1998

- Riksdagsbiblioteket
- KTH:s bibliotek

”Projektet tunnel genom Hallandsås”, Andrea Linderstad, Linda Eriksson, Kulturgeografiska institutionen UU, 1990

- Uppsala universitetsbibliotek

”Kväveläckage från sprängstensmassor”, Gustaf Sjölund, Luleå tekniska universitet, 1997

- Luleå universitetsbibliotek

”Environmental geology of Urban areas”, Nicholas Eyles, Geological Association of Canada, 1997

- SGU, biblioteket

KTHB - LIBERTAS

”Hydrogeological impact when tunnelling in urban areas : evaluation of the drawdown in the Stockholm area due to the construction of the Ormen tunnel”, Daniele Cesano, Mark och Vatten, KTH, 1995

”Methods for prediction of groundwater flows into underground constructions in hard rocks”, Daniele Cesano, Mark och Vatten, KTH, 1999

”Prediction of groundwater flows into underground constructions in hard rocks”
Daniele Cesano, Mark och Vatten, KTH, 1999

”Effects on groundwater by tunnelling in hard crystalline rocks : analysis of groundwater level data from the Bolmen tunnel, S Sweden, 1969-1987”, Bo Olofsson, Mark och Vatten, KTH, 1991

”Impact on groundwater conditions by tunnelling”, Bo Olofsson, Mark och Vatten, KTH, 1991

UNIVERSITY COLLEGE OF LONDON <http://starship.lib.ucl.ac.uk>

"Ground pollution: environment, geology, engineering and Law", Peter Attewell, E&FN Spon, 1993

- Finns ej tillgänglig vid svenska bibliotek, dock med i LIBRIS databas
Science library, University College of London

"Jubilee Line Extension Project: environmental report 1995-96", London Underground, 1997

- Bartlett library, University College of London

UNCOVER <http://uncweb.carl.org/>

"Noise and Vibration – An Obstacle for Underground Construction?", Thomas Franzen, Tunnelling and underground space technology, 1990, v5, n3

- KTH:s bibliotek

"Underground works and the Environment", Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS), Tunnelling and underground space technology, 1996, v11, n2

- KTH:s bibliotek

"Underground works and the Environment", Julia Perez-Cerezco, Tunnels & Tunnelling International, 1998, v30, n4

– SveBeFo:s bibliotek

"The Channel Tunnel Rail Link", Jiggy Lloyd, Landscape Design, 1990, n190

Summary: Looks at the environment assessment work involved in the Channel Tunnel

– KTH Arkitekturbiblioteket*

ÖSTERREICHISCHE NATIONALBIBLIOTHEK (ÖNB)

<http://aleph.onb.ac.at:4505/ALEPH>

"Umweltorientierte Planung von Ingenieurkonstruktionen am Beispiel Tunnelbauwerke", Ferdinand Zinsmeister, Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien, 1996

- ÖNB

"Tunnelausbruchmaterial – ein Problemstoff?", Martin Röck, Diplomarbeit Innsbruck Universität, 1998

– ÖNB Hauptabteilung

– Universitätsbibliothek Innsbruck Bau fakultätsbibl.

"Wiederverwertung von Ausbruchsmaterial", Bernd Stieber, Diplomarbeit, Graz Universität, 1996

– ÖNB Hauptabteilung

– Universitätsbibliothek Graz Hauptabteilung

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK WIEN <http://aleph.tuwien.ac.at>

"Tunnel und Umwelt", Studiengesellschaft für Unterirdische Verkehrsanlagen, Alba verlag, 1990, kongresskrift
– Universitätsbibliothek Wien

ÖVRIGA REFERENSER

"Massor av massor vid Sveriges största vägtunnelbygge", Elisabet Näslund, Byggindustrin 28-99

"Predictions of nitrate concentrations in effluent from spent ore", A.D. Davis m fl, Mining Engineering, 1996 v48 n2, sid 79-83

– KTH:s bibliotek, Bålsta*

– SGU:s bibliotek

– Luleå universitetsbibliotek

"Miljöaspekter vid användning av tändmedel och sprängämnen", R. Holmberg, Bergsprängningskommitténs diskussionsmöte, 1997

"Practical methods to control explosives losses and reduce ammonia and nitrate levels in mine water.", G.F. Revey, Mining Engineering, 1996 v48 n7, sid 61-64

"Kväveutsläpp vid tunneldrift för järnväg i Botkyrka kommun", H. Slotte, 1992, Tidningen Vatten 48:166-167

"Sidney Harbour Tunnel: environmental planning and control", D.F. Cunneen, Tunnelling and Underground Space Technology, 1991, v6, n2, sid 215-219

- KTH:s bibliotek*

"An environmental study of underground parking lot developments in Japan", Tunnelling and Underground Space Technology, 1993, v8, n1, sid 65-73

- KTH:s bibliotek*

* Tidskriften har ej funnits tillgänglig vid sökningstillfällena