

Arbeidsmiljø under jord

Grunnlagsmateriale

Håndboken bygger for en stor del på de undersøkelser som er gjennomført og den dokumentasjon som er fremskaffet gjennom mange år ved SINTEF Bygg og miljøteknikk, avd. Bergteknikk v/Tom Myran

Forord

Håndboken "Arbeidsmiljø under jord er en del av en serie publikasjoner utgitt av NFF. Prosjektet er gjennomført i regi av NFFs utviklingskomité.

Formålet med håndboken har vært at en gjennom å heve den faglige kompetansen og skape felles grunnlag for forventninger til dokumentasjon, bidrar til at det etableres en praksis som bedrer arbeidsmiljøet under jord.

Håndboken konsentrerer seg primært om fysiske og kjemiske belastninger, da disse er de mest betydningsfulle med hensyn på liv og helse. Håndboken gir anbefalinger om målemetoder, målehyppighet og tiltak for å bedre arbeidsmiljøet under jord. Forslag til prosedyrer og tiltak er eksempel, og må tilpasses det enkelte anlegg.

Håndboken for arbeidsmiljø under jord er utarbeidet etter ønske og i samarbeid med bedrifter som bygger tunneler, til hjelp og støtte i det daglige strev for å bidra til at arbeidsmiljøet blir ivaretatt på en betryggende måte.

Håndboken er utarbeidet av en arbeidsgruppe med følgende sammensetning:

Pål Egil Rønn	AF Spesialprosjekt AS(Prosjektansvarlig)
Delia With	AF Spesialprosjekt AS (Faglig sekretær)
Tom Myran	Sintef Bergteknikk
Sture Engdahl	Direktoratet for arbeidstilsynet
Asle Randen	Scandinavian Rock Group AS
Ingvild Storås	Statens vegvesen
Jan Lima	Statens vegvesen

Oslo, oktober 2000

NFF ved Utviklingskomiteen

Innhold

1. Innledning	5
1.1 Fakta og subjektive opplevelser	6
1.2 Kort om måleprinsipper	7
1.2.1 Administrative normer	7
1.2.2 Prøvetaking	9
1.2.3 Feil	10
1.3 Arbeidsmiljø under jord	11
2. Kjemisk miljø	12
2.1 Gassformige forurensninger	12
2.1.1 Sprenggasser	12
2.1.2 Diesलगассер	13
2.1.3 Gasser	14
NO ₂	15
NO	16
SO ₂	16
CO	17
CO ₂	17
Aldehyder	17
2.1.4 Målemetoder gassformige forurensninger	19
2.2 Partikulære forurensninger	19
Støv	20
Mineralstøv (kvarts og asbestfibre)	23
Andre aerosoler	26
Hydrokarboner	29
Sot	29
Løsemidler	30
Oljetåke	31
Nitroglyserin og nitroglykoll	32
Sveiserøyk	32
2.3 Andre kjemiske stoffer	33

3. Fysisk miljø	34
3.1 Klima	34
3.2 Støy	34
3.3 Helkroppsvibrasjoner	36
3.4 Belysning	37
3.5 Trykk	39
3.6 Stråling (ioniserende eller ikkeioniserende)	39

Vedlegg _____ **41**

Vedlegg 1: Aktuelle lover og forskrifter	41
Vedlegg 2: Definisjoner, begreper og betegnelser	43
Vedlegg 3: Måleprosedyrer og kontrolldokumenter	46

Figurliste

<i>Figur 1: Eksempler på oppdeling av prøvetakingsperioden</i>	9
<i>Figur 2: Giftighet av NO₂</i>	15
<i>Figur 3: Administrativ norm kvartsholdig støv som funksjon av Kvartsinnholdet</i>	20
<i>Figur 4: Sannsynligheten for at en støvpartikkel slipper gjennom foravskilleren</i>	22
<i>Figur 5: Lungefunksjon og alder</i>	23
<i>Figur 6: Deponering av støv i lungeveiene</i>	27
<i>Figur 7: Måling av luftbårne partikler</i>	28

Tabelliste

<i>Tabell 1: Eksempel på beslutningsgrunnlag/forslag</i>	8
<i>Tabell 2: Arbeidsmiljø under jord</i>	11
<i>Tabell 3: Fakta om NO₂</i>	15
<i>Tabell 4: Fakta om NO</i>	16
<i>Tabell 5: Fakta om SO₂</i>	16
<i>Tabell 6: Fakta om CO</i>	17
<i>Tabell 7: Fakta om CO₂</i>	17
<i>Tabell 8: Fakta om aldehyder</i>	18
<i>Tabell 9: Fakta om støv</i>	21
<i>Tabell 10: Administrative normer for mineralstøv</i>	23
<i>Tabell 11: Fakta om kvarts</i>	24
<i>Tabell 12: Giftighet for støv</i>	25
<i>Tabell 13: Fakta om hydrokarboner</i>	29
<i>Tabell 14: Fakta om sot</i>	29
<i>Tabell 15: Fakta om oljetåke</i>	31
<i>Tabell 16: Fakta om støy</i>	35
<i>Tabell 17: Fakta om helkoppsvibrasjoner</i>	36
<i>Tabell 18: Gjennomsnittlige nærpunktsverdier</i>	38
<i>Tabell 19: Forskifter som "regulerer" arbeidsmiljøet under jord</i>	41
<i>Tabell 20: Lover som "regulerer" arbeidsmiljøet under jord</i>	42

1. Innledning

For å kunne oppnå best mulig arbeidsmiljø under jord, bør man stille krav til HMS-styringen i organisasjonen, slik at det blir mulig å:

- verne om menneskets liv og helse og forebygge ulykker, skader og tap;
- forutsi risiko for skade og uheldige miljøvirkninger, og angripe problemene ved kilden.

HMS er et linjeansvar og lederne skal aktivt og synbart fremme positive og bevisste holdninger. Alle ansatte har ansvar for å begrense risikoen for helse- og miljøskader og utnytte muligheter til forbedringer.

Hensikten med håndboken er blant annet å:

- beskrive de viktigste fysiske og kjemiske arbeidsmiljøfaktorer i tunneler;
- gi informasjon om hvilke påvirkninger fysiske og kjemiske arbeidsmiljøfaktorer har på arbeidstakerens helse;
- gi informasjon om administrative normer, grenseverdier og eksponeringsnivåer;
- forklare dagens målemetoder slik at arbeidstakere i samarbeid med verne- og helsetjenesten kan utføre målinger av arbeidsmiljøfaktorer for å kunne vurdere effekten av forbedrende tiltak;
- beskrive de fordeler og ulemper noen tiltak kan ha på arbeidsmiljøet under jord;
- påvirke planleggere, byggherrer og entreprenører til å sikre best mulig arbeidsmiljø gjennom planlegging, prosjektering og drift;
- bidra til løsninger som gir et best mulig arbeidsmiljø.

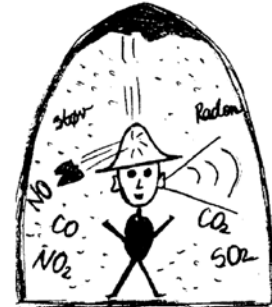
For å kunne oppnå et godt arbeidsmiljø under jord, er det viktig å:

- utvikle den generelle kompetansen og kunnskap ved å gi enhver arbeidstaker opplæring om arbeidsmiljø og helsefare knyttet til yrke, arbeidsplass og arbeidsoppgaver skader og sykdommer;
- foreta prøvetaking, analyser og beregninger eller vurderinger slik at relevante tiltak blir planlagt og iverksatt;

- rapportere uønskede hendelser, overvåke og evaluere arbeidsmiljø- og helseforhold på en systematisk, regelmessig og dokumentert måte.

1.1 Fakta og subjektive opplevelser

I en tunnel kan det foregå mange typer aktiviteter samtidig, men arbeidstakerne blir påvirket i mer eller mindre grad av de samme arbeidsmiljøfaktorer.



1. Arbeidsmiljøet i tunneler i byggefasen er avhengig av tunnelens geologi, utforming og av arbeidsmetoder i bruk.
2. Mennesker har forskjellige vaner (for eksempel røyking) og arveanlegg (lungeventilasjon), og de reagerer derfor forskjellig på kjemiske og fysiske forurensninger.
3. Lik mengde partikkelforurensning vil påvirke røykere i større grad enn ikke røykere. Dette fordi flimmerhårene i luftveiene har redusert effekt.
4. Arbeidsmiljø og luftkvalitet på stoff berøres i mindre grad av økt aktivitet bak stoff, mens arbeidsmiljøet bak stoff i stor grad påvirkes av forurensninger fra stoff og fra dieselkjøretøy. Dette henger sammen med ventilasjonsmetoden.
5. Arbeidstakere er mer opptatt av langtidseffekter av helserisiko knyttet til diesel, sprenggasser og støv enn forhold knyttet til akutte skader eller belastningsskader.
6. I bergindustrien forårsaker støv, støy og vibrasjon 3 av 4 yrkessykdommer. Man kan forvente samme tendens for tunneler i byggefasen.

7. Noen av de vanligste yrkessykdommer/skader grunnet fysiske og kjemiske arbeidsmiljøfaktorer er:

- skader på åndedretsorganer (silikose, asbestose, andre sykdommer forårsaket av støv og andre partikulære forurensninger)
- sykdommer i luftveiene unntatt svulster
- skader på sanseorganer (hørselskader)
- skader på sirkulasjonsorganer (vibrasjonsbetinget)
- muskel- og skjelettproblemer
- skader på nervesystem
- løsemiddelskader.

8. Støy er den enkelte faktoren som fører til mest skader gjennom et yrkesaktivt liv.

9. På grunn av økende produktivitet er mengden forurensninger produsert pr. tidsenhet økt betydelig de senere år sammenlignet med 20-30 år tilbake i tid, hvilket lett kan føre til redusert luftkvalitet og høye eksponeringsnivå dersom det slurves med oppfølging i tiltaksfasen.

1.2 Kort om måleprinsipper

Prøvetaking og kartlegging av arbeidsmiljøet er nødvendige aktiviteter for å sikre helse og miljø. Men målinger gir ikke bestandig grunnlag for en absolutt vurdering av alle forhold knyttet til arbeidsmiljøets kvalitet, til det er arbeidsmiljøet for sammensatt og komplisert til at et entydig svar på potensiell risiko kan gis. Målinger representerer et hjelpemiddel for å identifisere, vurdere og overvåke (forebygge ved tiltak) helseskadelige arbeidsmiljøfaktorer.

1.2.1 Administrative normer

Måleresultatene kan sammenlignes med administrative normer for de aktuelle arbeidsmiljøfaktorer. Selv om målinger viser at alle gitte grenser og normer overholdes, er en arbeidstaker ikke sikret mot helsefarlige skader på arbeidsplassen.

En bedrift kan selv bestemme hvilke måleverdier som skal danne grunnlag til evaluering av nye tiltak. Et eksempel på dette er bruk av 1/3 av administrative normer som takverdi.

Resultater	Tiltak
Måleverdi < 1/3 adm. norm	Arbeidsmiljø tilfredsstillende
1/3 < måleverdi < 2/3 adm. norm	Tiltak på langt sikt
Måleverdi > 2/3 adm. norm	Tiltak på kort sikt
Måleverdi over norm	Umiddelbare tiltak

Tabell 1: Eksempel på beslutningsgrunnlag/forslag

De administrative normene angir vanligvis høyeste akseptable gjennomsnittkonsentrasjon over 8 timers skift. Med det menes at kortvarige overskridelser (samlet inntil 15 min. pr. skift) kan forekomme dersom overskridelsen kompenseres med lavere konsentrasjoner under resten av skiftet. Normene angir ikke noen fast skillelinje mellom farlige og ufarlige konsentrasjoner.

For en del stoff med fare for akutt forgiftning eller med irriterende eller ubehagelig virkning, er det angitt maksimalkonsentrasjon (takverdi) som ikke må overskrides, selv for en kortere periode. Dette gjelder for eksempel for NO₂ med takverdi¹ 2 ppm. og aldehyder med takverdi 1 ppm.

Når forskjellige forurensninger forekommer i blanding kan de forsterke hverandre. De kan også i enkelte tilfeller minske hverandres virkning. I tilfeller hvor disse stoffene enten forsterker eller forminsker effekten disse har, og hvor stoffene påvirker/angriper de samme organer, kan den sammenlagte virkning fra flere stoffer vurderes ut fra summasjonsformelen.

¹ merket "T" i normlisten

² Denne formelen finnes i "361. Administrative normer for forurensninger i Arbeidsatmosfære" og er primært brukt ved løsemiddeleksponering.

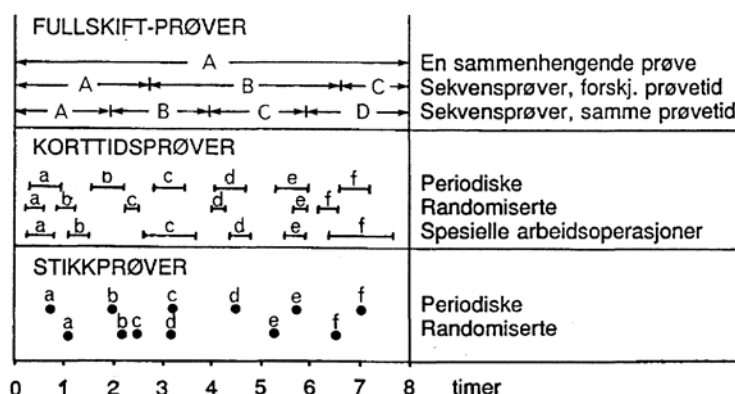
$$\frac{C1}{N1} + \frac{C2}{N2} + \dots + \frac{Cn}{Nn} \leq 1$$

1.2.2 Prøvetaking

Prøvetakingsstrategien bør legges opp i nært samarbeid mellom dem som gjennomfører målingene og de arbeidstakere som skal kartlegges. De siste kjenner best til arbeidsprosessen og dens syklus, samt hvilke miljøforurensninger som plager dem mest.

Enhver måling har normalt to aspekter, den kvantitative (hvor mye) og den kvalitative (hva). Dersom hensikten med målingen er å kontrollere konsentrasjonen av arbeidsmiljøfaktorer i forhold til administrativ norm, skal man i prinsippet måle i innåndingssonen til den (mest) eksponerte personen innenfor en arbeidsgruppe, det vil si *personlig måling*, eller et utvalg arbeidstakere som gjennomfører samme arbeidsoperasjoner.

Stasjonær prøvetaking er av interesse ved undersøkelse av det generelle konsentrasjonsnivået i et arbeidsområde, f.eks. for og etter gjennomføring av tiltak.



Figur 1: Eksempler på oppdeling av prøvetakingsperioden

Prøvetakingstiden bestemmes tildels av formålet. Det kan for eksempel måles over hele eller halve skift, eller over arbeidsoperasjoner. Det er da snakk om *gjennomsnittsmålinger*. For å måle maksimalverdier, må *øyeblikksmålinger* foretas.

hvor C_i gir konsentrasjonen av en kjemisk stoff (f. eks. et løsemiddel) og N angir adm. normen for det samme kjemiske stoff.

Prøvetakingsfrekvensen varier. Prøvetakingen kan ha som formål å:

- kartlegge arbeidsforhold;
- finne ut om konsentrasjoner av forskjellige forurensninger er under gitte normer og/eller takverdier;
- sammenligne måleresultater med tidligere resultater for å kunne vurdere effekt av tiltak.

Man kan ikke rette opp en dårlig prøvetaking med en god analyse.

Generelle rutiner for kontroll og kartlegging av arbeidsmiljø under jord er presentert i flere av Arbeidstilsynets forskrifter eller brosjyrer³. Denne brosjyren foreslår at kontrollmålingene av forurensninger i arbeidsmiljøet utføres minst én gang per år, med hyppigere målinger av personer som blir utsatt for konsentrasjoner opp mot og over administrativ norm (se vedlegg).

Målinger i seg selv gjør ikke tunneler renere eller mindre helseskadelige, og løser derfor ingen problemer.

Måleresultatene gir kunnskap om det konkrete arbeidsmiljø og representerer en god referanse for vurdering av eventuelle tiltak for reduksjon av forurensning. Tiltak kan også ha ulemper i tillegg til fordeler, og det er derfor viktig å vurdere alle tiltak nøye før man velger å gjennomføre noen av disse. Innføring av et tiltak kan resultere i at andre miljøproblemer forsterkes uten at man er klar over det. For eksempel, kan økt ventilasjon forårsake mer støv og økt ubehag ved avkjøling.

1.2.3 Feil

Årsakene til feil ved prøvetaking og analyse kan være både tilfeldige og/eller systematiske. Av *tilfeldige feil* kan nevnes feil grunnet feil tid og sted (ikke representative driftsforhold), avlesningsfeil, tap ved transport og lagring (for laboratorium analyser), etc. *Systematiske feil*

³ som best. nr. 450 "Prøvetaking av forurensninger av arbeidsatmosfære"

er vanligvis knyttet til feil følsomhet, kalibrering, liten spesifisitet, etc.

1.3 Arbeidsmiljø under jord

I tabellen under er vist de viktigste målbare kjemiske og fysiske miljøfaktorer. Disse faktorer blir senere presentert hver for seg i de to neste hovedkapitlene.

<i>Kjemiske miljøfaktorer</i>		
Gassformige (G) og partikulære (P) forurensninger	1	Gass fra sprengning (G)
	2	Gass fra dieseldrift (G)
	3	Støv (evt. Aerosoler) (P)
	4	Mineralstøv (P)
	5	Sot (P, G)
	6	Oljetåke (P)
	7	Fiber (P)
	8	Sveiserøyk (G, P)
	9	Løsemidler (G, P)
	10	Andre kjemikalier
<i>Fysiske faktorer</i>		
Klima	11	Luftfuktighet
	12	Lufthastighet (trekk)
	13	Temperatur
Støy	14	Støynivåer og frekvenser
Vibrasjoner	15	Helkroppsvibrasjoner/hånd/arm
Belysning	16	Lys- og siktforhold
Trykk	17	Trykk grunnet sprengning
Stråling (ioniserende/ikkeioniserende)	18	α -stråling (radon og radondøtre, toron og torondøtre)
	19	γ -stråling (naturlig bakgrunnsstråling)
	20	Elektromagnetisk stråling

Tabell 2: Arbeidsmiljø under jord

2. Kjemisk miljø

Kjemiske miljøfaktorer forekommer enten i form av gass eller som partikler.

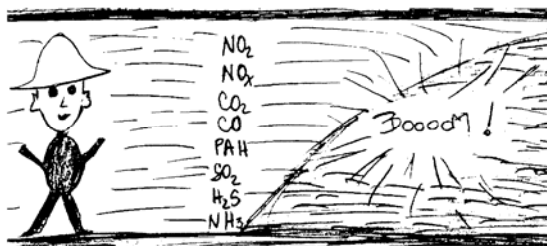
2.1 Gassformige forurensninger

Gassformige forurensninger i en tunnel under bygging er ofte et resultat av aktiviteter knyttet til sprenging og masseflytting/transport.

Siden de forskjellige gassformige forurensninger har felles karakteristika med hensyn til deres forekomst, velger vi først å presentere kildene hver for seg, samt respektive tiltak for reduksjon. Fordi noen gasser blir produsert både under sprenging og ved bruk av dieselmotorer, vil hver enkelt gass bli presentert senere.

2.1.1 Sprenggasser

Sprenggasser er tradisjonelt en viktig forurensningskilde under jord og har ført til en rekke alvorlige ulykker og også dødsfall. De senere år har det skjedd en rekke positive ting som har påvirket arbeidsmiljøet og HMS- arbeidet ved tunneldrift til det bedre. Bedre sprengstoffer og sprengningsteknikk, bedre tilpassede ventilasjonsmetoder (toveis ventilasjon) har forbedret miljøet når det gjelder sprenggasser.



Noen komponenter i sprenggassene, som nitrøse gasser og karbonmonoksid, har dårlig advarende egenskaper (som lukt, farge og smak) og man kan derfor utsettes for livstruende konsentrasjoner

uten selv å være klar over det. Andre komponenter, som for eksempel NH_3 er advarende også når de er under grenseverdien.

Sprenggassenes sammensetning og mengden av disse varierer med sprengstofftype og andre forhold (som ladningsmengde, detonasjon, relativ fuktighet og temperatur i tunnelatmosfæren).

Tiltak sprengasser

Prinsipielt er det tre forskjellige måter å unngå eksponering for konsentrert sprenggass:

- ventilasjon for å fjerne og tynne ut gassene så tidlig/raskt som mulig
- ulike former for overtrykksventilasjon (førerhytte med overtrykk, opphold i bu med overtrykk)
- personlig verneutstyr (filtermasker, friskluftutstyr) i akutte tilfeller eller i overgangsperioder.

2.1.2 Dieselavgasser

Dieselavgasser består både av en gassfase og en partikkelfraksjon som begge representerer en potensiell helserisiko.

Dieselavgasser består ved fullstendig forbrenning i hovedsakelig av lite helseskadelige komponenter som karbondioksid, nitrogen, vanddamp og oksygen. I mindre mengder inngår uønskede eller helseskadelige komponenter som nitrogenoksider, karbonmonoksid, hydrokarboner, svoveloksider, aldehyder, sot, mm. Når det gjelder potensiell helsefare knyttet til diesel fokuseres i dag spesielt på NO_2 og sot.

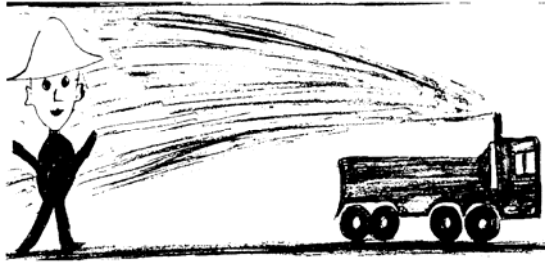
Gassfasen inneholder:

- nitrose gasser NO_x (NO_2 , NO , N_2O_5)
- karbonmonoksid (CO)
- svoveloksider (SO_x)
- aldehyder (bl.a. acetaldehyd, akrolein, bensaldehyd, formaldehyd)
- andre forurensninger (PAH).

Avgassutslippet fra en dieselmotor påvirkes av:

- drivstofftype og –forbruk

- motortype
- turtall
- belastning (stigning og rullestand) og kjørerutiner
- luft/brennstoff forholdet
- service og vedlikehold
- motorens alder.



Tiltak dieselvass

Dieselvass kan reduseres ved:

- gode service- og vedlikeholdsrutiner (som uttynning ved ejetor; kortere serviceintervall og skifte av luftfiltre);
- god vegbane og kjørerutine;
- valg av motortype og drivstoff av høy kvalitet (eventuell bruk av tilsetningsstoffer til brennstoffet)
- bruk av avgassrensere som for eksempel katalysatorer, vannscrubbere, Jetflow Fume Diluter, partikkelfeller, etc.

Katalysatorer med platinamasse anbefales ikke. Disse oksiderer CO til CO_2 , og kan redusere hydrokarboner og aldehyder noe. Men de oksiderer samtidig NO til NO_2 og SO_2 til SO_3 , noe som er helsemessig uheldig.

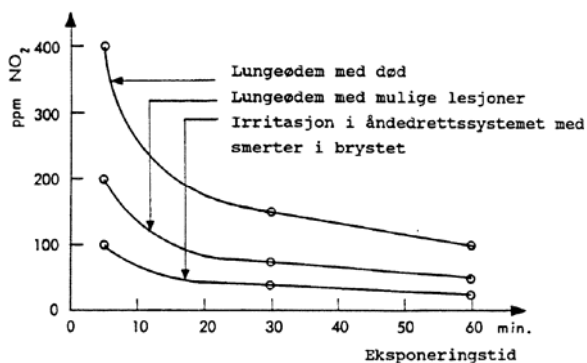
2.1.3 Gasser

Gassformige forurensninger (sprenggasser og dieselvass) blir presentert hver for seg under.

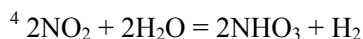
Målemetodene for måling av gassformige forurensninger er stort sett de samme for alle gasser. Disse blir derfor presentert kun en gang.

NO₂		Den farligste gassen tunnelarbeidere utsettes for -delvis vannløselig i høye konsentrasjoner -brunrød Karakteristisk stikkende lukt (økning i konsentrasjonen merkes lite)
forekomst		Forbrenning av diesel, sprengning og sveising
Helse-effekter	grad	Moderat til alvorlig
	Kortids-eksponering	-innånding av 200 til 300 ppm gass kan i løpet av få minutter være dødelig -moderate konsentrasjoner kan forårsake irritasjon i øyne og luftveier -ved fuktighet, reagerer gassen til salpetersyre, som er sterkt etsende ⁴
	Langtids-eksponering	-emfysen og kroniske bronkitter ved langvarig eller gjentatt påvirkning: Innvendige "etseskader", kjemisk kvelning, lungeødem
Adm. normer		2 ppm, 3,6 mg/m ³
Prøvetaking, analyse		Metode for gassmåling
Relevante forskrifter		361, 450
tiltak		-ventilasjon og vannspyling -emulsjon gir lavere konsentrasjoner enn dynamitt (patronerte sprengstoffer) og ANFO.

Tabell 3: Fakta om NO₂



Figur 2: Giftighet av NO₂



NO	-fargeløs, ikke vannløselig -giftig gass, men ikke så giftig som NO ₂ -veldig ustabil, i nærvær av oksygen og fuktighet, kan NO lett dannes til NO ₂
forekomst	Forbrenning dieselmotorer, sprengning
Helseeffekter: grad	Liten til moderat
Administrative normer	25 ppm, 30 mg/m ³
Prøvetaking, analyse	Metode for gassmåling
Relevante forskjeller	361, 450

Tabell 4: Fakta om NO

SO₂	-fargeløs, meget irriterende gass, -stinkende lukt allerede fra små konsentrasjoner (1 ppm)	
forekomst	Sprengning, sveising, skjæring, og påvises også i bileksos ⁵	
helseeffekter	grad	Liten til moderat
	Kortids-Eksponering	-innånding av lave konsentrasjoner gir svie i luftveiene og oppkast; -konsentrasjon fra 6-12 ppm gir umiddelbar irritasjon i nese og svelg
	Langtids-eksponering	-lungeskader -i reaksjon med vann, svoveldioksid blir til svovelsyre ⁶ . Svovelsyre kan gi alvorlige slimhinneskade og andre skader i øyne, svelg og luftveier.
Administrative normer	2 ppm, 5 mg/m ³	
Prøvetaking, analyse	SO ₂ er vanligvis ikke målbar i tunneler fordi den reagerer lett med vann og nitrogendioksid i tunnel atmosfæren ⁷ .	
Relevante forskrifter	361, 547, 445	

Tabell 5: Fakta om SO₂

⁵ S-innholdet i diesel er dramatisk redusert, hvilket fører til tilsvarende lave konsentrasjoner av SO₂ – innholdet i eksosen.

⁶ SO₂ + H₂O = H₂S₂

⁷ SO₂ = faller ut som aerosol ved kontakt med vann

CO		-giftig gass, uten lukt ⁸ , smak og farge
forekomst		-ufullstendig forbrenning av diesel, ved sprengning, røyking
helseeffekter	grad	Liten til moderat
	Symptomer ved CO-forgiftning	-opptas i blodet og reduserer evnen til å ta opp oksygen -hodepine, svimmelhet, kvalme, rask tretthet, bevisstløshet, kortpusthet og døsighet - Innånding høye konsentrasjoner (~ 3200 ppm) Medfører bevisstløshet og død
adm. normer		25 ppm
diverse		Konsentrert sigarettøyk opptil 50000 ppm CO i utåndingsluft etter inhalering 3000-6000 ppm
Prøvetaking, analyse		Metode for gassmåling
Relevante forskrifter		361, 450

Tabell 6: Fakta om CO

CO₂		-høye konsentrasjoner av gassen kan indikere fare for redusert oksygeninnhold
forekomst		-avgasser fra dieselmotorer, -detonasjon av alle typer sprengstoff
helseeffekter	Grad	Liten
	Kortids-eksponering	Sterk følelse av ubehag lenge før giftig konsentrasjon
	Langtids-eksponering	Store mengder hindrer surstoffinntak i blodet og ansatte med hjerte- og karsykdommer kan bli spesielt utsatt
Administrative normer		5000 ppm, 9000 mg/m ³
Prøvetaking, analyse		Metode for gassmåling
Relevante forskrifter		361, 450

Tabell 7: Fakta om CO₂

Aldehyder

Generelt synes det som om aldehyder, og da spesielt ved dieseldrift, ikke utgjør noe dominerende helseproblem under jord, hvor

8 helsefarlige mengder lett innåndes uten at symptomer merkes umiddelbart

konsentrasjonene er vanligvis under normen, men snarere et psykologisk problem ved at man reagerer på lukten.

Aldehyder ($C_nH_{2n+1}CHO$)		-består av organiske forbindelser; -har en karakteristisk lukt ved lave konsentrasjoner (sammen med de nitrose gassene er aldehyder årsak til den spesielle lukten av dieseleksos)
<i>forekomst</i>		Hovedsakelig ved forbrenning i diessel- eller bensinmotorer
<i>helseeffekter</i>	<i>grad</i>	Liten til moderat, kreftframkallende
	<i>Kortids-eksponering</i>	-ubehag i luftveiene; -irritasjon eller/og betennelse i nese, svelg, øvre del av luftveiene og bronkiene, hoste, brystirritasjoner; -tap av luktesans;
	<i>Langtids-eksponering</i>	-væske/lungeødem og asmatiske symptomer for spesielt følsomme personer; -aldehyder har en additiv virkning sammen med nitrogenoksider og de kan over lang tid og i høye konsentrasjoner være kreft- og allergiframkallende
<i>Administrative normer (evt. Grenseverdier)</i>		0,5 ppm, 0,6 mg/m ³ , takverdi: 1,1 mg/m ³
<i>Prøvetaking, analyse</i>		Metode for gassmåling og metode for måling av aldehyder
<i>Relevante lover forskrifter</i>		361, 450, 470
<i>tiltak</i>		-vannspyling under forskjellige arbeidsoperasjoner, siden aldehydene (og spesielt formaldehyd) er vannløselige -god service og godt vedlikeholdte dieselmotorer vil bidra til å redusere utslippet av aldehyder

Tabell 8: Fakta om aldehyder

Den beste avgassrensere er en god serviceman.

⁹ Aldehyder er vanligvis et tegn på dårlig forbrenning.

2. 1. 4 Målemetoder gassformige forurensninger

Noen av målemetodene for gasser og damper er:

- oppsamling på kullrør (etterfulgt av analyse i gasskromatograf);
- indikatorrør (analyseampuler);
- dosimetre;
- elektrokjemiske;
- spektrofotometriske metoder;
- direktevisende instrumenter.

Den enkleste metode for måling av gasser er prøvetaking med hjelp av diverse glassampuller. En kjent luftmengde suges ved hjelp av en håndpumpe gjennom et glassrør med et reagensbelagt materiale. Gasskonsentrasjonen leses av direkte utfra fargeendringene i røret.

Måling av dieseleksos (motorprøvebenk), utføres vanligvis i spesialiserte laboratorier med spesifikke belastningssykluser og kontrollerte driftsbetingelser. Ved slike undersøkelser er det vanskelig å få sammenlignbare driftssituasjoner.

2. 2 Partikulære forurensninger

Partikulære forurensninger (mineralstøv, organiske partikler) er viktige miljøfaktorer ved bergarbeid. Helseeffekten for disse er avhengig av sammensetning, type, konsentrasjon og eksponeringstid. Potensielle kreftfremkallende partikulære forurensninger er kvarts og asbest av mineralene, komponenter fra og sveiserøyk etc, spesielt ved langtidseksponering.

Ved hardt kroppsarbeid kan man få i seg betydelig mer forurensning enn om man sitter stille. Dette henger sammen med lungeventilasjonen.

Parametre som avgjør helserisikoen knyttet til eksponering av er:

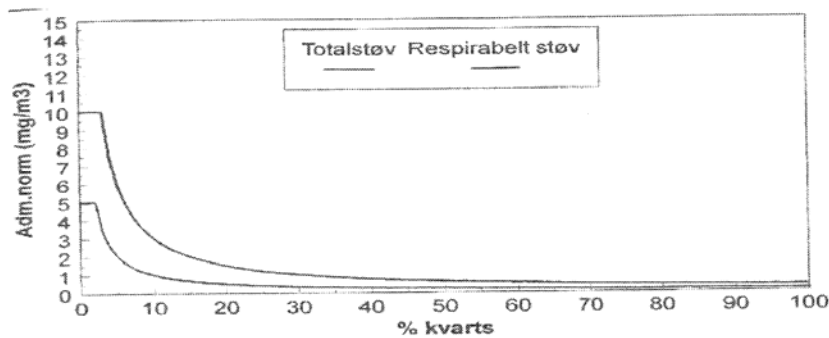
- kjemiske sammensetning av den partikulære forurensningen;
- partikkelstørrelse;

- konsentrasjon;
- eksponeringstid.

Støv

Det potensielt helsefarlige fine støvet, dvs. partikler under 5^{11} μm , kan holde seg svevende i lang tid og transporteres med luft over lange avstander. Jo mindre partikkelstørrelsen er, jo flere timer/dager det før disse faller til bakken.

Forholdet mellom totalt støv og respirabelt støv er avhengig av type Arbeidsoperasjoner og oppknusingsgraden for støvet.



Figur 3: Administrativ norm kvartsholdig støv som funksjon av kvartsinnholdet

Definisjoner:

- ”totalstøv” = luftens totale innhold av partikler
- ”respirabelt støv” = luftens innhold av partikler som er så små at de trenger lengst nede i lungene, til de fine lungeblærene.

¹¹ $1 \mu\text{m} = 10^{-3}$ med mer

Støv		- er en samelbetegnelse på partikler av fast stoff som har en partikkeldiameter mindre enn 0,3 mm. -kan bestå av organisk eller uorganisk materiale
forekomst		-sprengnings- og borearbeid; -tipping av fjell; -luftbevegelser (stempeleffekter) både ved nedknusing av masser og ved lasting/transport; etc.
helseeffekter	grad	Moderat, men kan også være alvorlig Potensiell kreftframkallende
	Kortids-eksponering	-nedsatt lungefunksjon -økt frekvens lastemaski av astmaanfall/-plager; -forverring av bronkitt
	Langtids-eksponering	-Kronisk lungesykdom; -allergiutvikling
Administrative normer (ikke kvarts)		10 mg/m ³ totalstøv (alt støv < 10 µm); 5 mg/m ³ respirabelt støv (75% av alt støv<5 µm)
Prøvetaking, analyse		Metoder for måling av støv
Relevante forskrifter		134, 235, 361, 445, 450, 547, 552
Tiltak støvdemping/støvreduksjon		-optimal ventilasjon; -spyling av røys og på styff; vannspyling montert på piggemaskin og lastemaskin, vanning av tunnelveggene, våtboring;

Tabell 9: Fakta om støv

Måling av støv

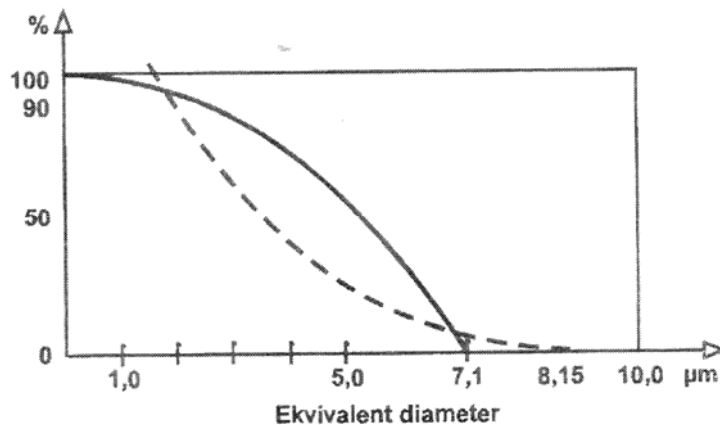
Støv måles med hjelp av pumper med påmontert filter for opptak av respirabelt eller totalt støv, enten når det gjelder stasjonær måling eller måling av arbeidstakere over en vis tid (personlig bærbar måleutstyr). Det bør bestemmes på forhånd om det skal gjennomføres fullskifts-, halvskifts - eller arbeidsoperasjons måling.

Prinsippene for støvmåling er presentert i Arbeidstilsynets brosjyre "450. Prøvetaking av forurensninger i arbeidsatmosfære":

- en kjent luftmengde (ca. 2 l/min) suges ved hjelp av pumper gjennom et preparert og forhindsveid filter;
- den forurensende luften avgir støv til filteret;

- støvets mengde og art blir analysert i et spesialisert laboratorium.

Ved måling av respirabelt støv blir en sykklon påmontert pumpen som foravskiller de grovere partikler.

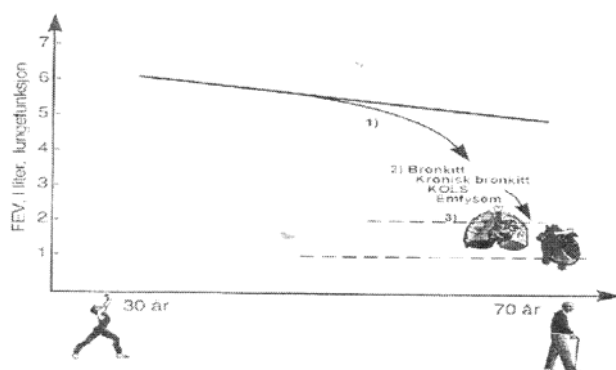


Figur 4: Sannsynligheten for at en støvpartikkel slipper gjennom foravskilleren

Pumper og flowmeter bør kalibreres og kontrolleres jevnlig slik at det er mulig å finne nøyaktig hvor mye luft blir sugd gjennom filteret.

Øyeblikksmålinger ved kontroll av maks. og min. verdier (variasjoner). Støv med kvartsinnhold $> 15\text{-}20\%$ bør måles 2 ganger pr. år. Dersom flere dokumenterte målinger viser støvmengder under halvparten av grenseverdien, er det vanligvis nok med kun en måling per år.

For andre støvmålinger (asbestholdig støv), bør målinger foretas hyppigere, avhengig av bergarten og arbeidsoperasjoner i tunnelen. Minst annen hver måling bør omfatte respirabelt støv, som er den mest interessante utfra yrkeshygienisk synspunkt (yrkessykdommer, etc).



Figur 5: Lungefunksjon og alder

For å kunne kartlegge endringer i tunnelarbeiderens *lungefunksjon* grunnet langtidseksponering, bør man gjennomføre målinger av denne med hjelp av spirometer eller lungefunksjonsmålere (elektroniske og belgmodeller). Disse målinger foretas vanligvis av bedriftshelsetjenesten og arbeidsmedisinere.

Støvtype	Totalstøv (mg/m ³)	Respirabelt støv (mg/m ³)
Sjenerende støv (ikke kvarts)	10	5
<u>Kvarts-støv</u>		
α-kvarts(100%)	0,3	0,1
Kristobalit	0,15	0,05
Tridymitt	0,15	0,05
Tak uten fiber	6	2
Kleberstein	6	3
Glimmer	6	3
Grafitt	5	2
Kullstøv	4	1,5

Tabell 10: Administrative normer for mineralstøv

Mineralstøv (kvarts og asbestfibre)

De mineraler som har den største betydning for tunnelarbeidernes helse er kvarts fordi dette kan utvikle lungesykdommen silikose og,

ved lang tids eksponering og/eller høye konsentrasjoner, være kreftfremkallende.

Kvarts (Si₂O)		= mineral som er skadelig for lungevevet
forekomst		-menneskelige aktiviteter; -vanlig bergartsdannende mineral
Helseeffekter svevestøv	grad	Moderat, men kan også være alvorlig Mengden støv som kan trenge inn i lungene vil avhenge av mengde og type bergart, malm og mineral som håndteres, nedknusningsgrad og lokale forhold i tunnelen.
	Kortids-eksponering	-nedsatt lungefunksjon -økt frekvens av astmaanfall/-plager; -forverring av bronkitt;
	Langtids-eksponering	Påvirker dannelsen av pneumokoniose (støvlunge) og silikose
Prøvetaking, analyse		Metoder for måling av kvarts
Relevante forskrifter		134, 235, 361, 420, 445, 450, 547, 552
Tiltak kvartsreduksjon		Som for støv

Tabell 11: Fakta om kvarts

En sterk kortvarig kvartspåvirkning ansees å være farligere enn en langvarig mindre påvirkning.

Kvartsmineralet er vanskeligere å knuse enn mange andre mineraler i bergartene, noe som medfører til selektiv utskilling, slik at mengden kvarts i den luftbårne respirabelt fraksjonen blir redusert i forhold til de grove fraksjonene i bergartene.

Støv fra andre malmer, hovedsakelig oksider og karbonater av beryllium, assen, bly, krom, vanadium, antimon, mangan, tungsten, nikkel, sølv, etc, kan også gi spesifikke lungeskader ved lengre tids eksponering og når det inhaleres i store nok mengder. Men disse er av mer sekundær betydning ved tunneldrift i Norge.

Tabell 12 viser relativ giftighet for et utvalg mineraler og malmer. Med relativ giftighet menes risiko for i utvikle lungesykdom.

Mineraltype	Relativ giftighet
Kvarts	1,0
Asbest	0,7
Feltspat, hornblende, kloritt, amorfitt kvarts, glimmer og en del andre silikater	Kvartsinnhold >25% = 0,7 6-25% = 0,5 1-6% = 0,3 0 % = 0,2
Leirmineraler	0,2
Malm- og karbonatgruppen: svovelkis, bly-, zink- og koppermalm	0,1
Kullgruppen: kull, koks, grafitt	0,01
Jernoxidgruppen: jernoksid, hematitt osv.	0,01
Alkaliegruppen: kalkspat, gips	0

Tabell 12: Giftighet for støv

Måling av kvarts

Prøvetaking av kvarts foregår ofte som ved vanlig støvmåling. Støvet samles opp på membranfilter og blir deretter analysert. Analysen kan utføres på flere måter.

Det finnes flere målemetoder for målinger av α -kvarts: røntgendiffraksjon (X-ray), infrarødspektroskopi (IR) og differensial- termisk analyse (DTA). Den siste metoden trenger langt høyere prøvemengde enn de andre to metodene. Ofte benyttes forasking av filteret. Dette for i skille mellom uorganisk og organisk fraksjon.

Asbestfibre

Med fiber menes partikler med lengde $> 5 \mu\text{m}$, diameter $< 3 \mu\text{m}$ og med et lengde/diameter forhold $> 3: 1$.

Med disse fiberkriterier finnes til sammen 250 mineraler som kan være fiberdannende. Av disse er det kun seks mineraler som danner helsefarlige asbestfibre: krysotil, krokidolitt, amositt, antofylitt, tremolitt, og aktinolit.

Asbestfibre kan i store konsentrasjoner og ved langtidseksposering være kreftfremkallende. Men asbest og fibre er en del av vår hverdag, og kan påvises overalt i vår omgivelse. Asbest blir først farlig når den foreligger som innhalebare partikler, og ikke som inneslutninger i en bergart eller mineralprodukt.

Administrative normer for fiber er: 0,1 fiber/ml luft, eller 100 000 fibre/m³ luft. Disse normer er fastsatt ut fra telling i lysmikroskop med ca 400-500 ganger forstørrelse. Benyttes høyere forstørrelse (for eksempel ved bruk av elektromikroskop), vil man telle flere fibre.

Metodene for analyse av fibre i mineralprodukter avhenger av mineralenes kjemiske og mineralogiske egenart.

Måling av fibre

Fibre måles på samme måte som totalstøv, men filterholderen holdes åpen under prøvetakingen og prøvetakingstiden er kortere (fra 10 til 60 min).

Måling av fibre i arbeidsmiljø under jord bør gjennomføres 2 ganger/år; og dersom innholdet ligger under halvparten av administrativ norm, kun en gang hvert år.

Andre aerosoler

Finfordelte partikler av fast stoff, væske eller en blanding av fast stoff og væske i luft kalles generisk aerosoler. En aerosol omfatter følgelig alle typer partikulær luftforurensinger som støv, røyk, tåke, etc. Røyk er betegnelse på aerosoler av meget små faste partikler som er dannet fra fysiske og kjemiske prosesser.

Noen av de mest kjente aerosoler som finnes i arbeidsmiljøet i en tunnel under bygging har allerede blitt presentert. Aerosoler dannes i prinsippet enten ved dispergering eller ved kondensasjon.

Ved dispergering menes metoder knyttet til arbeidsprosesser som knusing, maling, sliping, sprøyting. Noen av disse metoder er:

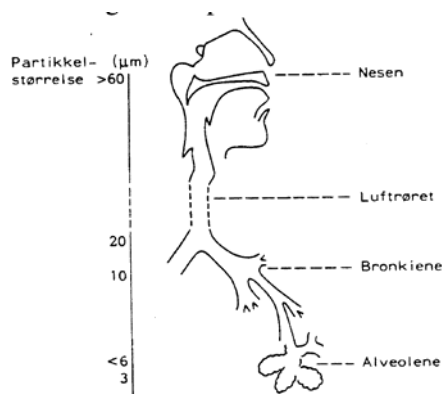
- mekanisk nedbrytning av faste materialer
- oppvirvling av allerede dannede partikler
- dannelse av tåkepartikler gjennom oppdeling av væske.

Ved kondensasjonsmetoder menes fordamping fra væsker eller faste stoff med påfølgende kondensasjon eller dannelse ved kjemisk reaksjon i gassfase med påfølgende kondensasjon.

Eksempler på prosesser som gir aerosoler på denne måten er forbrenning, sveising, loddning, avfetting, etc.

Størrelsen på aerosoler i tunneler er under $3 \mu\text{m}$. Fallhastigheten er svært liten og det kan ta flere timer eller dager for en partikkel å falle 1 m.

Partiklene har stor betydning fordi irriterende stoff som SO_2 , NO_2 og aldehyder legger seg omkring partiklene. Når disse partiklene pustes inn i lungene, utsettes slimhinnene i luftveiene for større irritasjon enn om gassene pustes inn alene.



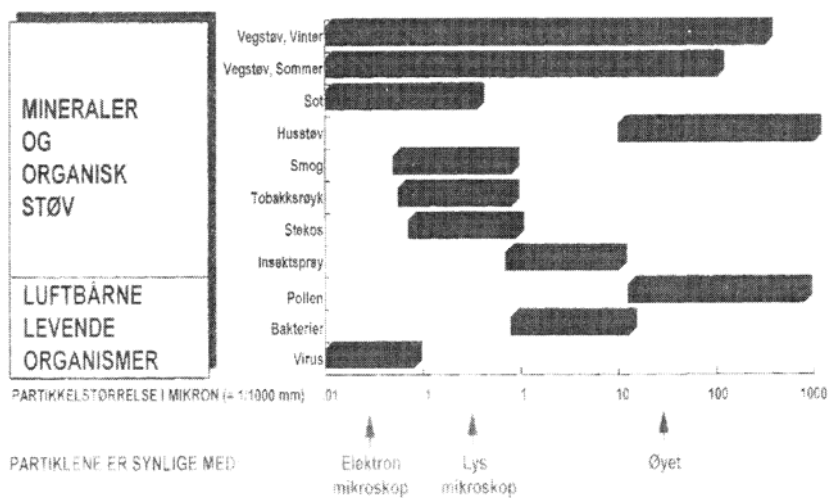
Figur 6: Deponering av støv i lungeveiene

Figuren over viser at respirabelt støv når helt til alveolene. Partikler større enn $60 \mu\text{m}$ ansettes for eksempel i munn og nese.

Målemetoder aerosoler

Det finnes flere metoder for måling av aerosoler og noen av disse har allerede vært presentert:

- filter metoden (total aerosolmengde samlet opp på filter eller i kassett bestemmes gravimetrisk)
- metoder som bruker personbåret prøvetakingsutstyr
- stasjonær prøvetaking
- absorpsjon av beta-stråling
- metoder som utnytter partiklenes treghet, hvor partiklene slynges mot en overflate og fester seg til denne (impaktorer og kaskadeimpaktorer, konimeter, impingere)
- metoder som benytter elektrostatisk utfelling, hvor partiklene lades opp med ulike ladninger og samles på kollektorplate
- metoder som bruker vibrerende krystaller, hvor partiklene utfelles og avsettes på en svingende kvartskrystall
- optiske metoder
- metoder som benytter termisk utfelling, etc.



Figur 7: Måling av luftbårne partikler

Hydrokarboner	Er en samlebetegnelse for gassform eller partikler budet til sot	
<i>forekomst</i>	Ufullstendig forbrenning i dieselmotorer	
<i>helseeffekter</i>	<i>grad</i>	Alvorlig, hydrokarboner er sikre kreftkallende
	<i>Kortids-eksponering</i>	-virkningen av ulike hydrokarboner er additiv; -man anser det likegyldig om stoffene tas inn i løpet av en dag eller over lengre tid
	<i>Langtids-eksponering</i>	-kronisk lungesykdom -allergiutvikling
<i>Administrative normer</i>	-det er ikke gitt noen yrkeshygieneiske grenseverdi	
<i>Prøvetaking, analyse</i>	Metode for måling av sot	
<i>Relevante lover/forskrifter</i>	361, 450	
<i>Tiltak reduksjon hydrokarboner</i>	-optimal ventilasjon; -mer effektiv forbrenning av diesel	

Tabell 13: Fakta om hydrokarboner

Sot	Består av svovelkjerner som danner kjeder eller aggregat under forbrenningsprosessen	
<i>forekomst</i>	Forbrenning, sprengning	
<i>helseeffekter</i>	<i>grad</i>	Alvorlig, sot ¹³ er potensiell kreftframkallende
	<i>Kortids-eksponering</i>	-nedsatt lungefunksjon; -økt frekvens av astmaanfall/-plager
	<i>Langtids-eksponering</i>	-kronisk lungesykdom -allergiutvikling
<i>Administrative normer</i>	For Carbon black- lampesot ¹⁴ : 3,5 mg/m ³	
<i>Prøvetaking, analyse</i>	Metode for måling av	
<i>Relevante forskrifter</i>	361, 450	
<i>Tiltak sotreduksjon</i>	-optimal ventilasjon og avrensing -mer effektiv forbrenning av diesel	

Tabell 14: Fakta om sot

¹² det er vanlig å sette konsentrasjonen av 3,4 benzapyren som representant for hele gruppen av hydrokarboner

¹³ sot er en samlebetegnelse på partikkelfraksjonen i dieselavgassene

¹⁴ Det finnes ingen adm. norm for sot fra diesel, men det antas at den vil sannsynligvis være lavere enn for lampesot (partiklene lampesot og dieselsot er ikke identiske)

Innholdet av svovel i diesel har stor innvirkning på partikkelutslippet. Dette kommer av at en del svovel forbrennes til svovelsyre som kondenserer på karbonpartikler og binder vann og organiske forbindelser.

I sot fra dieseleksos kan det være PAH (polysykliske aroatiske hydrokarboner). PAH alene har ingen akutt helsemessig effekt, men noen PAH forbindelser kan etter lang eksponeringstid i enkelte sammenhenger være kreftfremkallende.

Måling sot

Metoden for måling av sot og andre avgasser er forklart i Arbeidstilsynets forskrift nr. 450, "Prøvetaking av forurensninger i arbeidsatmosfære".

Det finnes flere metoder for måling av motorfunksjonen, som for eksempel Bosch, Hastridge, Volvo, etc. Usikkerheten med målingen av sot er veldig stor. Bosch metoden for eksempel, tar utgangspunkt i at avgassen blir sugd gjennom et papisfilter. Svertingsgraden blir bestemt med en lyscelle og vurdert i forhold til en skala (Bosch) som har enheter fra 0 til 10, hvor 10 tilsvarer absolutt svart filter.

Sot kan måles fortrinnsvis i motorprøvebenk etter en definert Syklus/belastning eller ved én av situasjonene:

- tomgang
- akselerasjon/opprusting
- belastning eller simulert belastning.

Løsemidler

Organiske løsemidler er en fellesbetegnelse på en lang rekke kjemiske forbindelser som anvendes i industrien. De er i væskeform, og væskene er flyktige, slik at store mengder fordamper ved tunneltemperatur og atmosfæretrykk og spres i atmosfæren. De pustes inn eller de taes opp (i kroppen) gjennom huden.

Måling av løsemidler

En metode for prøvetaking av løsemiddeldamp er presentert i Arbeidstilsynets brosjyre 450 "Prøvetaking av forurensninger i atmosfære".

Konsentrasjonen av løsemidler i atmosfæren kan måles ved hjelp av dosimeter eller pumper med karbonrør. Karbonrøret absorberer organiske forurensninger som blir analysert i et laboratorium.

Oljetåke

Dannelsen av oljetåke avhenger bl. a. av oljens temperatur og fysiske/kjemiske egenskaper. Vanligvis er oljedråpene relativt små og vil derfor holde seg svevende i luften i lang tid.

Høyviskøs olje gir normalt mer oljetåke enn lavviskøs, men gir også ofte bedre smøreegenskaper.

Oljetåke		= suspensjon av væskedråper som er dannet ved kondens fra gassfase eller ved en forstøvning fra væske ¹⁵
<i>forekomst</i>		Reingjøring av betongutstyr og boring med trykkluft
<i>helseeffekter</i>	<i>grad</i>	Liten, kan være kreftframkallende
	<i>Kortids-eksponering</i>	-ubehag -kan forårsake eksem, øye- og halskatarr
	<i>Langtids-eksponering</i>	I enkelte oljetyper finnes komponenter som kan ved langtidseksponering og høye konsentrasjoner gi kreft.
<i>Administrative normer</i>		1 mg/m ³ målt som en gjennomsnitt over 8 timer (1986)
<i>Prøvetaking, analyse</i>		Metode for måling av oljetåke
<i>Relevante lover/forskrifter</i>		221, 320, 450, 522
<i>Tiltak reduksjon oljetåke</i>		ventilasjon

Tabell 15: Fakta om oljetåke

¹⁵ Luftbåret olje finnes i to faser som opptrer i likevekt: væske (partikler i form av tåke eller røyk) og gass.

Måling av oljetåke

Oljetåke kan være vanskelig å måle fordi aktuelle oljepartikler ofte har en tendens til å fordampe fra filteret både under og etter prøvetakingen. Analyser gjennomføres av spesialiserte laboratorier.

Måling av oljetåke bør gjennomføres en gang året, så lenge man holder seg godt under administrativ norm. Dersom måleresultatene er over grenseverdien, må tiltak vurderes for å få ned mengden oljedamp og målingene gjennomføres hyppigere.

Nitroglyserin og nitroglykoll

Håndtering av nitroglyserinholdige sprengstoffer (dynamitt) kan forårsake hodepine. Både nitroglykoll og nitroglyserin kan tas opp gjennom hud ved arbeid med patronerte sprengstoffer (dynamitt).

Sveiserøyk

Sveising er ikke en aktivitet typisk tunneldrift, men den kan forekomme, spesielt i tilfelle hvor mindre skader blir reparert. Sveising kan forurense både i form av gass, støv og røyk. Sveiserøyk er dannet ved kondensasjon fra en varm prosess. Derfor er det vesentlig kulerunde submikron partikler (partikler under 1 μm).

Uspesifisert sveiserøyk har *administrativ norm* på 5 mg/m^3 . Spesifiserte komponenter har lavere normer.

Måling sveiserøyk

Prøvetaking av sveiserøykpartikler gjøres etter samme metode som røyk (Arb. tilsynets brosjyre nr. 450, 'Prøvetaking av forurensninger i arbeidsatmosfære'), 1 til 2 ganger per år, avhengig av hvor hyppig sveiseaktiviteter foregår i tunneler.

Etter prøvetaking kan prøvene analyseres for forekomster av tungmetaller som for eksempel: krom, nikkel, jern, mangan, etc. Etter at de blir tørket og veid, blir filtrene enten kokt i en syreblanding (celluloseacetatfiltre) eller (PVC filtre) varmet opp på en plate. Løsningen blir analysert med hjelp av spektrofotometer eller atomabsorpsjonsspektrofotometer.

Prøvetaking med pumpe og filtre gir middelkonsentrasjonen av støv og metaller for hele perioden. Begrensinger ved denne prøvetakingsmetoden er at kun gjennomsnittskonsentrasjoner av støv og metaller måles. Variasjoner av konsentrasjonen i løpet av måleperioden blir ikke tatt opp, heller ikke hva som er årsaken til variasjonene.

2.3 Andre kjemiske stoffer

Det er mulig at i tunneler anvendes også andre kjemiske stoffer/komponenter enn de som er omtalt over. Disse har ikke blitt presentert her, men det vises til aktuelle datablad. Man skal lese datablad for alle innkjøpte kjemikalier allerede før bruk.

3. Fysisk miljø

3.1 Klima

Temperatur, fuktighet og trekk er "komfort faktorer" som påvirker arbeidstakerens opplevelse av sitt arbeidsmiljø.

Maksimal komfortmessig lufthastighet i en tunnel på arbeidsplassen, bør ikke overstige 2 - 3 m/s. Økt hastigheten kan også føre til uttørking og økt støvdannelse.

Tunneler med mye fukt og drypp har vanligvis høy luftfuktighet. Kraftig ventilasjon i en tunnel kan føre til frostproblemer om vinteren. Luften om vinteren er kald og tørr og tar derfor opp fuktighet. Om sommeren inntreffer ofte det motsatte: bergrommet opptar fuktighet. Kondens kan i perioder redusere siktbarheten sterkt.

Trekk kan føre til lokal avkjøling av kroppen. Foruten ubehag, kan trekk føre til muskelstivhet, gikt eller andre helsemessige ulemper. Trekkfølelse er avhengig av lufthastighet og temperatur.

3.2 Støy

Støyforholdene i tunneler oppfattes som verre enn ved arbeid i dagen på grunn av lydrefleksjon fra harde overflater.



85 dBA i 8 timer = 100 dBA i 15 min = 14 dBA i 45 sek!
3 dB økning i støynivået = fordobling av støydosen!

Øret er et meget følsomt organ, og unge mennesker kan oppfatte lyd mellom 20 til 20.000 Hz. Hørselen blir imidlertid dårligere med alderen, spesielt evnen til å oppfatte lyd med høye frekvenser (over 10000 Hz).

Støy		= den mest belastende miljøfaktor under jord
forekomst		-umulig med dagens teknologi å eliminere helt, men man kan i prinsippet minimalisere alle typer støy ¹⁶
Helse-effekter	grad	Moderat til alvorlig
	Eksponering høyfrekvent støy	-støyindusert; -psykiske, mentale reaksjoner; -stress (nervøse lidelser); -påvirkninger på arbeidsprestasjon og trivsel
	Eksponering Lavfrekvent støy	-fysiologiske virkninger kan oppstå ved 40-60 dBA, effekten øker med lydnivået: øket blodtrykk, øket pulsfrekvens, hodepine, tretthetsfølelse og slapphet, mageproblemer.
Administrative normer		Arbeidsmiljøloven
Prøvetaking, analyse		"421 Kontroll av lydforhold på arbeidsplassen"
Relevante forskrifter		398, 403, 421, 422, 423, 438
Tiltak reduksjon		-vedlikehold; -bygge inn støykilder; -valg av utstyr som støyer mindre.

Tabell 16: Fakta om støy

Måling av støy

Støy måles med hjelp av støymålere med eller uten oktavfiltre eller dosimetre. Støy måles etter behov, når man vil sjekke om støynivåene er innenfor aksepterte grenseverdier.

Målingene tas i forskjellige områder i tunneler, også ved kilde, slik at man kan finne en gjennomsnittlig verdi for ekvivalentstøy og eventuelt tegne et frekvensbilde/ frekvenskart.

¹⁶ støy finnes i mer eller mindre grad overalt

3.3 Helkroppsvibrasjoner

Vibrasjonsnivået for en operatør er en konsekvens av

- bruksrutiner (kjøremåte, type arbeidsoperasjon, vegbanens beskaffenhet, boring med stort matetrykk)
- maskintype (TBM gir store helkroppsvibrasjoner, spesielt ved borhodet)
- maskinkonstruksjon (fjærende konstruksjon, luftfjæring, hyttekonstruksjon, type førerstol, dekktype og lufttrykk)
- forholdet mellom kjøretøy på gummihjul (lastemaskiner, trucker, last- og bær) og dårlig veibane.

Helkroppsvibrasjoner		
Forekomst		- forskjellige maskintyper under normal drift (spesielle arbeidsoperasjoner)
Helseeffekter	grad	- moderat til alvorlig; frekvensområdet 0,5 – 20 Hz regnes som mest uheldig/skadelig
	Kortids – Eksponering	- akutte vibrasjonsskader; - tretthet; - plager som hodepine, svimmelhet, uvel; - synssvekkelse; - ryggskader - ved høye vibrasjonsnivåer: tretthet, svimmelhet, hodepine og kvalme
	Langtids – eksponering	- ”hvite fingre” (operatør av håndholdte boremaskiner); - nerveskader som fører til føleforstyrrelser; - symptomer fra muskler, sener og ledd. - ryggskader som isjias, lumbago og skader på 4. og 5. halevirvel ¹⁷
Administrative normer		$a_w = 0,82 \text{ m/s}^2$ ¹⁸ (gjelder kontinuerlig vibrasjonseksposering uten pauser, 8 timer)

Tabell 17: Fakta om helkroppsvibrasjoner

¹⁷ er ofte forårsaket av feil tilbakestilling, gal løftestilling, etc.

¹⁸ der $a_w = (a_z^2 + a_x^2 + a_y^2)^{1/2}$ hvor **a** er akselerasjon i m/s^2 i x, y og z – retning.

Det er store forskjeller mellom ulike maskintyper (trucker, dumpere, lastebiler, last og bær maskiner, lastemaskiner, servicekjøretøy, renskemaskin, skinnegående utstyr, borerigger og fullprofilmaskiner), også innen samme type.

Faktorer knyttet til vibrasjoner som påvirker helsen er:

- vibrasjonens frekvens;
- vibrasjonenes intensitet (amplitude, hastighet eller akselerasjon);
- eksponeringstiden;
- kroppsstillingen og kroppsflatens kontakt mot det vibrerende underlag;
- vibrasjonens retning.

Noen ganger er det kraftigere vibrasjoner i stolsetet enn på rammen hvor stolen er opplagret. Dette kan skyldes resonans (egensvinging) i stolen.

Måling av vibrasjoner

Helkroppsvibrasjonsmålinger bør foretas under vanlige driftsforhold under en eller flere arbeidssykluser, f. eks. for en truck: lasting, transport med last, tipping, kjøring tilbake uten last.

Vibrasjonsnivåene bør måles i førersetet og/eller der operatøren står.

3.4 Belysning

God belysning skaper et tryggere og mer sikkert arbeidsmiljø. Ved planleggingen av belysning bør det ta hensyn til følgende faktorer:

- tilstrekkelig arbeidslys, dvs. at belysningsstyrken på arbeidsstedet er stort nok for de arbeidsoppgavene som skal utføres (bruk av lux tabeller/ tilrådte verdier som funksjon av alder/ forventet slitasje og tilsmussing av lysarmatur)
- de ansattes alder
- overgangen fra lys til mørke
- luminansfordeling.

Ved økende alder er øyelinsen mindre elastisk og dette medfører til at:

- reguleringsevnen av lisens brennvidde avtar. Dette betyr at det nærmeste punktet foran øyet en gjenstand kan plasseres for at et klart bilde kan dannes på netthinna, rykker stadig lengre bort fra øyet;
- akkommodasjonshastigheten og presisjonen ved lave belysningsstyrker avtar.

Dess bedre kontrasten er, dess hurtigere og nøyaktigere blir akkommodasjonen. Nærpunktets verdier som funksjon av alder er presentert i tabellen under:

Ansattes alder (år)	Nærpunkt (cm)
20 – 32	8 – 12,5
32 - 44	25
44 – 50	50
50 - 60	100

Tabell 18: Gjennomsnittlige nærpunktverdier

Overgangen fra lys til mørke (også kalt adaptasjon) tar forholdsvis lang tid. For å forhindre at ulykker skjer, er det viktig å sette krav til belysningsforholdene slik at luminansforskjeller er minst mulig.

Under jord kan luminansforskjellene være store og på bakstuff kan belysningen være noe utilstrekkelig. Ved arbeidsoppgaver som krever mye bevegelse ut/inn av tunnelen, kan tunnelarbeiderne bli utsatt for fysiologisk og psykologisk blinding. Disse faktorene kan virke trettende og påvirker derfor de ansattes reaksjonstid og prestasjoner.

Redusert sikt i tunnelen kan være forårsaket av vanndamp og partikler. Siktreduksjonen er en funksjon av lysabsorpsjon og lysspredning, som er påvirket av støvpartiklens størrelse og struktur.

Under jord er det bedre sikt vinterstid enn sommerstid fordi inngående luft (om sommeren) gir mer vanndamp enn kaldere luft (vinter).

Måling

Måling av lysstyrke og luminans gjennomføres etter behov med hjelp av luxmetre og luminansmålere.

3.5 Trykk

Mennesker puster til enhver tid luft inn under samme trykk som de nærmeste omgivelsene. Med økende lufttrykk øker diffusjonen av gasser fra lungene over i blodet, hvoretter det transporteres rundt i kroppen og lagres i vevsvæskene. Mengden gass som lagres i blod og vevsvæskene avhenger av tiden man oppholder seg under gjeldende trykkforhold.

3.6 Stråling (ioniserende eller ikkeioniserende)

Tunnelarbeidere er utsatt for *ioniserende stråling* fra blant annet fra sideberget. Dette skyldes forekomst av radioaktive grunnstoffer i bergartene, som bl.a. radon og radondøtre.

De fleste bergarter inneholder radioaktive uran- og torium- mineraler som avgir radon- og torongass. De radioaktive datterprodukter spaltet fra uran og torium partiklene fester seg på støvpartikler som, gjennom pust, kan forårsake lungekreft.

Når uran brytes ned, ved å sende stråling, dannes nye radioaktive elementer i en kjede. En av disse elementer er radon. Radongassen er luktfri, fargeløs, edel gass som er tyngre enn luft og har liten evne til å binde seg til ulike materialer. Konsentrasjonen av radon er ofte høy i områder med dårlig ventilasjon.

Radonkonsentrasjonen er avhengig av:

- sideberg (størst fra granittiske bergarter og skifre)
- nedknusningsgrad av bergarter og mineraler (spesifikk overflate)
- tilsig av radonholdig vann.

Radon brytes ned og danner metalliske elementer som bly, polonium og vismut, som er også kalt radondøtre. Ved innånding vil radondøtre ha stor evne til å feste seg til bronkiene i lungene og gi

stråledoser fra a-partikler. Hvis vekstceller (celler som sørger for produksjon av nye celler) blir truffet av denne strålingen, vil dette kunne føre til at normale celler omdannes til kreftceller.

Ioniserende stråling har *øvre grense* for effektiv doseekvivalent for yrkeseksponerte på 20 mSv/år. For radon er *yrkeshygienisk grenseverdi* satt til 1000 Bq/m³ luft, ved 2000 timer eksponering/år. Dette tilsvarer 500 Bq/m³ radondøtre.

God ventilasjon sørger normalt for at konsentrasjonen av radon og radondøtre (a-stråling) holdes på et lavt nivå.

Måling radon og radondøtre

Måling av radon og radondøtre gjennomføres etter flere metoder.

1. *Sporfilmmetoden* tar utgangspunkt i at tungt ioniserende partikler, som a-partikler, påfører sporfilmene mikroskopiske skader/spor som kan gjøres synlige ved kjemisk eller elektrokjemisk etsing. Integrasjonstiden er vanligvis mer enn en måned.

2. *Aktivt kull metoden* ('kullboksmetoden') baserer seg på at aktiv kull absorberer radon fra luft over en periode tid og kan deretter undersøkes.

3. *Scintillasjonsdetektor metoden*. Denne metoden baserer seg på innsamling av luftens atomære a-partikler fra radondøtre på filter. Disse analyseres med hjelp av scintillasjonsdetektoren. Radonkonsentrasjonen estimeres utfra en anslått likevektfaktor på 0,5 mellom radon og datterproduktene. Måletiden for denne metoden er noen minutter (cirka 5).

Målingen av radon og radondøtre bør gjennomføres minst en Gang/år. Målehyppighet bør være en funksjon av tidligere måleresultater av radonkonsentrasjoner.

Ikkeioniserende stråling, også kalt elektromagnetisk stråling, finnes overalt. Feltene kan være av forskjellige typer og intensiteter: elektriske og magnetiske fra kraftledninger, mikrobølger fra eldre maskiner og motorer, etc.

Vedlegg

Vedlegg 1: Aktuelle lover og forskrifter

Nr.	Forskrifter (f) brosjyre (b)	År
134	Forebygging av silikose i bergverk (f)	1951
187	Ioniserende stråling (f)	1995
192	Trykkluftanlegg	1978
221	Tekniske innretninger	1982
235	Asbest (f)	1995
235e	Asbestose (f)	1998
361	Administrative normer for forurensninger i arbeidsatmosfære (f)	1996
371	Øyevern (f)	1988
390	Giftige og andre helsefarlige stoffer (f)	1984
394	Bergborrigger (f)	1980
396	Gravemaskiner (f)	1998
398a	Støy på arbeidsplassen (f)	1982
431	Merking av kjemikalier og stoffer (f)	1986
445	Produktdatablad for kjemiske stoffer og produkter, og stoffkartotek i virksomheter (f)	1998
447	Fersk mørtel og betong kan gi eksem (b)	1984
450	Prøvetaking av forurensninger i arbeidsatmosfære (b)	1984
458	Se opp for asbestrisiko i byggebransjen (b)	
470	Løsemiddelskader kan ikke helbredes. Bare unngås.	
489	Vannløslige kromater i sement (f)	1988
522	Maskiner (f)	1994
524	Bruk av personlig verneutstyr på arbeidsplassen (f)	1997
544	Internkontrollforskriften	1997
547	Helse og sikkerhet i forbindelse med bergarbeid (f)	1997
552	Arbeid med kreftfremkallende kjemikalier (f)	1999

Lov om arbeidervern og arbeidsmiljø m. v. (1)	1977
Lov om bergverk (1)	
Lov om eksplosive varer	1974
Lov om erverv av kvartsförekomster (1)	
Forurensningsloven	1981
Bestemmelser om radon på arbeidsplasser under jord	1988

Tabell 20: Lover som "regulerer" arbeidsmiljøet under jord

Vedlegg 2: Definisjoner, begreper og betegnelser

Gass og damp

Ppm Konsentrasjonen av gass og damp angis ofte som rom- mål. Normalt brukes enheten "parts per million (ppm)".
1 ppm = 1 cm³ gass/damp pr. 1.000.000 cm³ luft
= 1 cm³ gass/damp pr m³ luft

Mg/m³ Konsentrasjonen kan også angis som vekt pr rom - mål. Normalt brukes milligram pr m³ luft (mg/m³). Omregning fra ppm til mg/m³, kan gjøres ved bruk av følgende formel (hvor M er molekylvekten av stoffet som gjelder)

$$\text{Kons. i ppm} = \frac{24,45}{M} \times \text{kons. i mg/m}^3 \text{ ved 25 C og 760 med mer Hg.}$$

Støv og partikler

Mg/m³ Konsentrasjonene av partikulære luftforurensninger og aerosoler (røyk, tåke) angis oftest i mg/m³.

Fibre/cm³ Fiberformede partikler (asbest) angis i antall fibre pr. cm³ luft (dvs. millioner fibre pr. m³)

Støy

dB Lydnivå er et mål for lydets styrke. Det angis i måleenheten decibel (dB). dB-skalaen er logaritmisk, og en økning eller halvering på 3 dB angir en fordobling, respektivt halvering, av støynivået.

dB(A)	Lydnivået målt etter filtrering gjennom elektriske veiefiltre (A-filter) angis med dB(A). Dempningskurven for A-filteret er konstruert for å Ligne ørets oppfattelse av lydnivået. Måling uten filter gir uveid, linært støynivå.
Hz	Lydens frekvens måles i Hertz. Det er en angivelse av antall svingninger pr sekund, og beskriver om lyden er lys eller dyp.

Belysning

cd	Lysstyrke, dvs. styrken lyset blir sendt ut med angis i Candela (cd).
lm	Lysstrømmen, dvs. den totale lysstrømmen som ”strømmer” ut fra lyskilden. Avhengig av lysstyrken og retningen. Måles i lumen (lm).
lux	Belysningsstyrken, dvs. forholdet mellom lysstrøm inn på en flate og arealet av flaten, måles i lux. (Eks.: en flate på 1 m ² belyst jevnt med en lysstrøm på 1 lumen får belysningsstyrken 1 lux. Dette tilsvarer belysningsstyrken fra et stearinlys på 1 meters hold.) <i>Halveres avstanden mellom lyskilde og flate, øker belysningsstyrken til det firedobbelte.</i>

Trykk og klima

Pa	Trykk angis i Pascal (1 Pa = 1 N/m ²). <i>1 m vannsøyle = 1 med mer VS (differanse mellom Vannsøyler) = 9,81 Pa</i> <i>1 bar = 10⁵ Pa</i>
m/s	Lufthastighet angis ofte i meter per sekund.

m^3/s Luftmengden angis ofte i m^3/s , alternativt m^3/min eller m^3/h .

Radon og radondøtre

$mSv/\text{år}$ Konsentrasjonen av ioniserende stråling for effektiv dosekvivalent angis oftest i milliSievert per år (for naturlig stråling anvendes $Sv/\text{år}$.)

Sv Sievert er en enhet for angivelse av stråledose (dosekvivalent), der man tar hensyn til de ulike radioaktive stråletypers biologiske effekt.

Bq/m^3 Radondøtre i luft er målt i Bequerel per m^3 .

Bq/l Radon eller radondøtre i væsker (vann) er målt i Bequerel per liter.

Bq/kg Radium i fast stoff (bergarter eller Bygningsmaterialer) er målt i Bequerel per kg.

Bq Bequerel er en enhet for aktivitet ("mengde" Radioaktivitet), dva. Antall atomkjerner som spaltes pr. tidsenhet.

Gy (gray) Enhet for absorbert dose.

J (Joule) $1 Gy = 1 J/kg$.

Rad $1 rad = 0,01 J/kg$.

C/kg Den evnen gamma- og røntgenstråling har til å Ionisere luft (eksplosjon) uttrykkes i coulomb (C) pr. kg. (Tidligere ble anvendt Røntgen- R)

$\mu R/h$ Eksposisjon per tidsenhet måles i C/kg pr. sekund. Tidligere ble anvendt enheten mikrorøntgen per time.
 $1 \mu R/h = 0,01 \mu Sv/h$.

Vedlegg 3: Maleprosedyrer og kontrolldokumenter

Det ble valgt å utarbeide kun to generelle prosedyrer for målinger (med tilsvarende kontroll dokumenter). Noen av målingene (som for eksempel for gass, støy, støv, etc) er så spesifikke for de aktuelle anlegg at det er nesten umulig i utarbeide generelle prosedyrer for disse.

Man må tilpasse ønsket om målinger til formålet med undersøkelsene (kartlegge arbeidsmiljøet). Det er opptil hver bedrift å sette en plan for utførelsen av forskjellige målinger.

1. PROSEDYRE FOR TRYKKMÅLING I DUK

2. MÅLERESULTAT TRYKK I VENTILASJONSRØR/DUK

3. PROSEDYRE FOR HASTIGHETSMÅLING I TUNNELTVERRSNITT

4. MÅLERESULTAT HASTIGHET I TUNNELTVERRSNITT

5. MÅLERESULTAT HASTIGHET I VENTILASJONSRØR/DUK

PROSEDYRE FOR TRYKKMÅLING I VENTILASJONSRØR/DUK

1. FORMÅL

Prosedyren skal skaffe underlag for evaluering av trykk (statisk trykk), volumsammenhenger knyttet til ventilasjonsanlegget. Kontrollere ventilasjonsviftens driftskarakteristikk.

2. OMFANG

Prosedyren gjelder alle trykkmålinger i forbindelse med prosjektet.

3. HJELPEMIDLER

Mamometer eller andre trykkmålere.

4. GJENNOMFØRING

Trykkmåling kan foretas fra 20 -30 meter fra viften i dagen og frem til (utløp) noen hundre meter fra stoff. Det velges forskjellige avstander mellom målepunkt (etter behov).

Instrumentet føres inn i ventilasjonsrøret/duken gjennom et lite snitt i Røret/duken. Målingen utføres på et tidspunkt med normal vifteinnstilling, eller ønsket driftssituasjon, men med minimalt med trafikk i tunnelen. Hastighetsmåling kan utføres samtidig. Trykkmåleren føres inn i ventilasjonsrøret/duken, slik at fullt statisk trykk oppnås. Måleverdi noteres i registreringsskjema.

5. DOKUMENTASJON

Målte verdier noteres i eget skjema.
Måleresultat trykk i ventilasjonsrør

XXX-KD-M-00 1

6. ANSVAR

Anleggsleder.

MÅLERESULTAT TRYKK I VENTILASJONSRØR/DUK (XXX-KD-001)

Anlegg:		Dato:
		Kl.:
Sted:		
Måleutstyr:		
Vifteinnstilling		
Dukdimensjon:		
Utføres av:		

Profil	Måleverdi i mm Vs (1 mmVs = 9,81 Pa)

Kommentar: _____

PROSEDYRE FOR HASTIGHETSMÅLING I TUNNELTVERRSNITT OG VENTILASJONSRØR

1. FORMÅL

Prosedyren skal kontrollere luftmengde i forhold til:

- viftetype/karakteristikk, status og behov;
- kontroll av lekkasjer i ventilasjonsrøret fra dagen og inntil stuff.

2. OMFANG

Prosedyren gjelder alle hastighetsmålinger i forbindelse med prosjektet.

3. HJELPEMIDLER

Tunneltverrsnitt: anemometer eller tilsvarende lufthastighetsmålere;
Ventilasjonsrør: Pitotrør og andre typer lufthastighetsmålere med sonde.

4. GJENNOMFØRING

Målingene gjennomføres i tidsrom uten transport i tunnelen.

Tunneltverrsnitt

Målingene utføres med anemometer i samme profilnummer som hastighetsmålinger i duk er foretatt (XXX-M-002). Hastigheten varierer over tverrsnittet. Det er derfor viktig å måle hastigheten i flere punkt i tverrsnittet.

Under måling må det ikke forekomme transport i noen deler av tunnelen da dette vil påvirke strømmingene i tunnelen. Målingene bør foretas i god avstand fra innsnevring i tverrsnittet.

Ut fra målt hastighet kan luftgjennomstrømning i tunnelen beregnes.

Ventilasjonsrør

Målepunktene bør gjerne være ved koblingsringen mellom skjøtene. Her er diameteren konstant (ingen diameterutvidelse).

Det måles midt i røret, avlest maksimal hastighet multipliseres med 0,9 for å få et gjennomsnitt av hastigheten for hele rørtverrsnittet.

luftmengde = lufthastighet * areal

Unngå å måle:

- nært store lekkasjer i røret/duken;
- like før eller etter tverrsnittsendringer;
- i tilknytting til avbøyning av røret.

Hull i røret for måling bør være minst mulig. Man bør helst måle trykk samtidig (ved samme målepunkter).

Målt hastighet noteres sammen med profilnummer/målepunkter og tidspunkt for måling.

5. DOKUMENTASJON

Måleresultat hastighet i tunneltverrsnitt.	XXX-KD-M-002
Måleresultat hastighet i ventilasjonsrør/duk	XXX-KD-M-003

6. ANSVAR

Anleggsleder.

**MÅLERESULTAT HASTIGHET I TUNNELTVERRSNITT
(XXX-KD-M-002)**

Anlegg:		Dato:
		Kl.:
Sted:		
Måleutstyr:		
Vifteinnstilling:		
Dukdimensjon:		
Utføres av:		

Måleverdi i m/s						
Profilnr.	Pkt. 1	Pkt. 2	Pkt. 3	Pkt. 4	Pkt. 5	Pkt. 6

Kommentar: _____

MÅLERESULTAT HASTIGHET I
VENTILASJONSRØR/DUK 8XXX-KD-M-003)

Anlegg:		Dato:
		Kl.:
Sted:		
Måleutstyr:		
Vifteinnstilling:		
Dukdimensjon:		
Utføres av:		

Profil	Måleverdi

Kommentar: _____



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK

www.nff.no
Postboks 2312 Solli
0201 Oslo