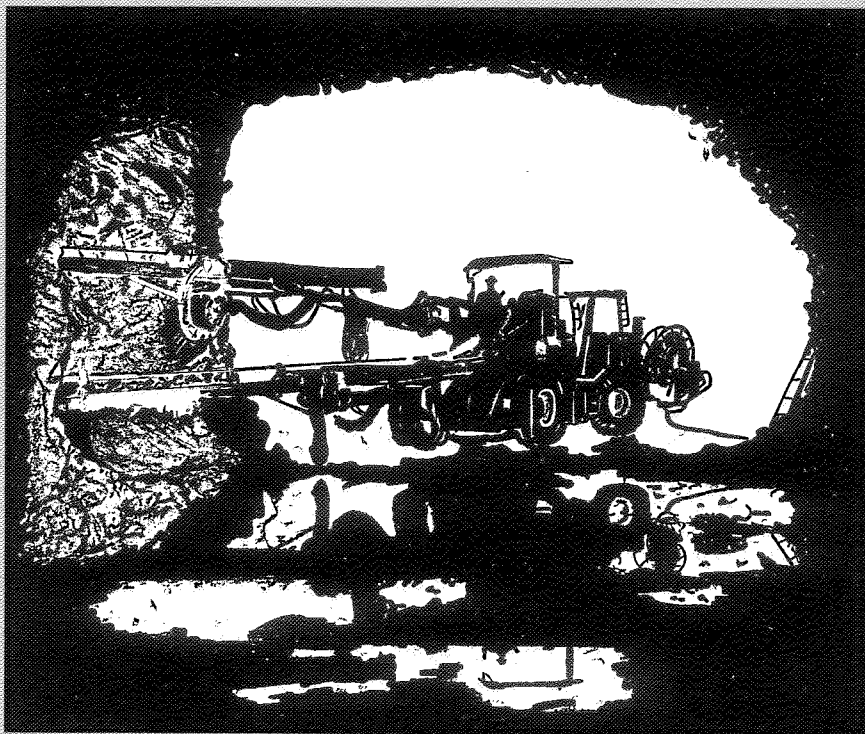


Júní 1984

Jarð- gangagerð 5

**Leiðbeiningar um
aðbúnað, hollustuhætti og öryggi**



**Fræðslu- og leiðbeiningarit
Vinnueftirlits ríkisins**

JARÐGANGAGERÐ

Leiðbeiningar um
aðbúnað, hollustuhætti og öryggi

Formáli

Í leiðbeiningum þessum eru settar fram kröfur og ábendingar Vinnueftirlits ríkisins um aðbúnað, hollustuhætti og öryggi við jarðgangagerð. Tilfni þess að leiðbeiningarnar eru gefnar út er fyrst og fremst fyrirhugaðar virkjunarframkvæmdir við Blöndu en einnig aukin umræða um nauðsyn jarðganga við vegagerð víða á landinu. Leiðbeiningarnar geta ennfremur átt við aðra neðanjarðarvinnu en jarðgangagerð.

Við gerð leiðbeininganna hefur verið stuðst við reglur norska vinnueftirlitsins um jarðgangagerð. Aðallega hafa verið hafðar til hliðsjónar reglur nr. 418 um „Arbeid i tunnelanlegg“ og reglur nr. 317 um „Ventilasjon av bergrom“. Ýmis ákvæði annarra norskra og sænskra reglna, sem snerta málefnið, hafa einnig verið höfð til hliðsjónar.

Vinna við jarðgangagerð hefur verið talin áhættusöm atvinnugrein bæði hér á landi og erlendis. Sly og óhöpp verða flest við hreinsunarstörf, vegna grjóthruns, við færslu og notkun véla og vegna eitrunar af völdum hættulegra lofttegunda sem myndast við sprengingar. Það er von undirritaðs að leiðbeiningar þessar megi verða til þess að minnka líkur á slíkum slysum og óhöppum hérlandis.

Reykjavík, júní 1984

Eyjólfur Sæmundsson

Efnisyfirlit

	bls.
1. Almenn atriði	4
Skyldur aðilja, heilbrigðis- og öryggisstarfsemi, samhæfing aðgerða, skipulag björgunar- og sjúkraþjónustu, skyndihjálp, rýmingarleiðir, samband við miðstöð, persónuhlífar, starfsmannarými, ákvæði í reglum og reglugerðum.	
2. Öryggisráðstafanir áður en almenn vinna hefst	7
Jarðgangaop, hreinsun, búnaður, múrspautun.	
3. Sprengivinna	8
Almenn atriði, leyfisveitingar, öryggisráðstafanir.	
4. Borun, borunarvélar	9
Stöðugleiki véla, stjórnbúnaður, öryggispak, hreyfihlutar, lagnir, vinnuljós, hávaði, rykvarnir, vatns- og olíuúði, slökkvitæki, rafbúnaður, kennsla og þjálfun stjórnenda.	
5. Samgöngur	11
Gönguleiðir, fólksflutningar, aksturs- og athafnarými, hámarkshraði, umferðarljós, hleðslumörk, orkugjafar véla.	
6. Loftslag og loftræsting	13
Eftirlit með mengun andrúmslofts, loftræstikerfi.	
7. Rafbúnaður	15
8. Lýsing	15
Föst ljós, ljós á ökutækjum, eftirlit með ljósabúnaði.	
9. Hávaðavarnir	16
10. Brunavarnir	16
11. Lasertæki	16
Viðauki	17
Hættulegar lofttegundir, súrefnisskortur, loftmengun vegna sprenginga, mengun frá díselvélum, rykmengun.	

1. Almenn atriði

Skyldur aðilja (sbr. IV. kafla laga nr. 46/1980)

- Atvinnurekandi skal tryggja að gætt sé fyllsta öryggis, góðs aðbúnaðar og hollustuhátta á vinnustað. Þetta á sérstaklega við um framkvæmd vinnu, vinnustaðinn, vélar, tækjabúnað og hættuleg efni og vörur.
- Atvinnurekandi skal gera starfsmönnum sínum ljósa slysa- og sjúkdóms-hættu sem kann að vera bundin við starf þeirra. Atvinnurekandi skal þar að auki sjá um að starfsmenn fái nauðsynlega kennslu og þjálfun í að framkvæma störf sín á þann hátt að ekki stafi hætta af.
- Atvinnurekandi skal skýra öryggistrúnaðarmönnum frá fyrirmælum Vinnueftirlits ríkisins og skulu öryggistrúnaðarmenn eiga aðgang að eftirlitsbók og öðrum gögnum er varða aðbúnað, hollustuhætti og öryggi á vinnustað.
- Starfsmenn skulu stuðla að því að starfsskilyrði innan verkssviðs þeirra séu fullnægjandi að því er varðar aðbúnað, hollustuhætti og öryggi, og að þeim ráðstöfunum sem gerðar eru til þess að auka öryggi og bæta aðbúnað og hollustuhætti sé framfylgt.
- Ef starfsmaður verður var við ágalla eða vanbúnað, sem leitt gæti til skerts öryggis eða lakari aðbúnaðar eða hollustuhátta sem hann getur ekki sjálfur bætt úr, skal hann umsvifalaust tilkynna það öryggisverði, öryggistrúnaðar-manni, verkstjóra eða atvinnurekanda.
- Eitt eintak af leiðbeiningum þessum skal afhenda sérhverjum starfsmanni sem vinnur í jarðgöngum. Starfsmönnum ber skylda til að kynna sér leiðbeiningarnar.

Heilbrigðis- og öryggisstarfsemi

- Leitast skal við að leysa heilbrigðis- og öryggisvandamál, sem upp kunna að koma, með samvinnu atvinnurekenda og starfsmanna og í samræmi við lög, reglur, ráðleggingar og fyrirmæli Vinnueftirlits ríkisins. Kjósa skal öryggistrúnaðarmann starfsmanna og skipa öryggisverði atvinnurekenda í samræmi við I. og II. kafla reglna nr. 77/1982 um heilbrigðis- og öryggisstarfsemi fyrirtækja. Þar sem það á við skal skipuð sérstök öryggisnefnd svæðisins, sbr. 5. gr. reglnanna. Starfi þessara aðilja skal hagað í samræmi við III. til VI. kafla sömu reglna.

Samhæfing aðgerða

- Þar sem fleiri en einn verktaki starfa við jarðgangagerð samtímis skal verkkaupi sjá um að samhæfa ráðstafanir til að koma í veg fyrir slys eða óhollustu. Þetta rýrir þó ekki skyldur einstakra framkvæmdaaðilja sem atvinnurekenda, sbr. lög nr. 46/1980.

Skipulag björgunar- og sjúkrapjónustu

- Þar sem unnið er við jarðgangagerð skal gerð áætlun um björgunar- og

sjúkráþjónustu. Áætlunin skal m.a. ná yfir sjúkraflutninga til næsta sjúkraskýlis og sjúkráhúss.

- Við jarðgangagerð skal verkkaupi sjá um skipulag björgunar- og sjúkráþjónustu fyrir alla þá sem í jarðgöngunum vinna nema skriflegt samkomulag hafi verið gert um aðra skipan.

- Halda skal skrá yfir alla þá sem á hverjum tíma eru neðanjarðar. Sérhver atvinnurekandi er ábyrgur fyrir starfsmönnum sínum í þessu efni.

Skyndihjálp

- Hæfilegur fjöldi starfsmanna, sem við jarðgangagerðina vinnur, skal hljóta kennslu og þjálfun í skyndihjálp þannig að gert sé ráð fyrir að ávallt séu menn við störf sem slíka kennslu og þjálfun hafa hlotið.

- Nauðsynlegur skyndihjálparbúnaður, að meðtöldum sjúkrabörum, skal vera á vinnusvæðinu og staðsetning hans skal vera merkt með skiltum. Skyndihjálparbúnaðurinn skal vera staðsettur eins nálægt starfsmönnum og mögulegt er.

Rýmingarleiðir

- Við meiriháttar jarðgangagerð og þar sem jarðgöng greinast í fleiri göng skal komið upp skiltum sem sýna stefnur rýmingarleiða út undir bert loft.

Samband við miðstöð

- Fullnægjandi samband skal vera milli vinnustaðar inni í jarðgöngum og miðstöðvar ofanjarðar.

- Tryggt skal að hægt sé að ná sambandi við næsta þéttbýlisstað á öllum tímum sólarhrings. Hér er einkum átt við síma- eða talstöðvarsamband en aðrar boðleiðir gætu komið til greina eftir aðstæðum.

Persónuhlífar

- Allir sem vinna í jarðgöngum skulu nota hjálma og öryggisskó. Á vinnustöðum þar sem hávaði er yfir 85 dB(A) skulu starfsmenn nota fullnægjandi heyrnarhlífar ef ekki er mögulegt að draga úr hávaða á annan hátt. Í jarðgöngum þar sem ryk eða hættulegar lofttegundir myndast skulu starfsmenn nota ryk- eða gasgrímur ef öðrum vörnum verður ekki við komið.

- Vinnuveitandi skal sjá um að ávallt séu nægjanlegar persónuhlífar á staðnum fyrir starfsmenn og þá sem inn í göngin þurfa að fara.

- Allir sem vinna eða fara um jarðgöng skulu vera í vinnufötum sem auðvelt er að sjá og gefa gott endurskin.

Starfsmannarými

- Við jarðgangagerð skulu vera fullnægjandi starfsmannabúðir, þar með taldar mat- og kaffistofur, sbr. reglugerð nr. 84/1982 um starfsmannabústaði og starfsmannabúðir og reglugerð nr. 225/1975 um húsnæði vinnustaða.

Ákvæði í reglum og reglugerðum

- Í leiðbeiningum þessum er sérstök áhersla lögð á öryggis- og heilbrigðis-

ráðstafanir, sem ekki er að finna í lögum og reglugerðum, né í leiðbeiningum sem Vinnueftirlitið hefur áður gefið út. Bent er á að nokkrar eldri reglugerðir og reglur, til viðbótar þeim sem áður hefur verið getið, fjalla um ýmis atriði er snerta vinnu við jarðgangagerð. Sérstaklega skal bent á reglugerð nr. 204/1972 um öryggisráðstafanir við byggingavinnu, reglur nr. 198/1983 um réttindi til að stjórna vinnuvélum og reglugerð nr. 203/1972 um búnað, rekstur og eftirlit með lyftum og lyftibúnaði. Lyftur, sem reglugerð þessi tekur til, skal tilkynna til Vinnueftirlitsins áður en þær eru settar upp og fá samþykkt þess fyrir hinu fyrirhugaða fyrirkomulagi þeirra.

■ Ennfremur skal bent á, að um það leyti sem leiðbeiningar þessar koma út er unnið að setningu nýrra reglna, sem snert geta vinnu við jarðgangagerð, svo sem um öryggisbúnað véla og unnið er að endurskoðun eldri reglugerða.

2. Öryggisráðstafanir áður en almenn vinna hefst

Jarðgangaop

- Gengið skal þannig frá jarðgangaopum að ekki skapist hætta á grjóthruni eða skriðufalli.

Hreinsun

- Allt laust berg eða grjót skal strax brotið niður og fjarlægt eða varið. Hreinsun skal framkvæmd af reyndum starfsmönnum. Ef aðstæður eru sérstaklega hættulegar skal verkstjóri stjórna hreinsuninni.
- Athugun og hreinsun á lausu grjóti í lofti og veggjum skal framkvæmd í kyrrð, góðu næði og við góða lýsingu.

Búnaður

- Búnaður, sem notaður er við öryggisvarnir, skal í hverju tilfelli henta vinnuaðstæðum þannig að hreinsun og aðrar varnir geti farið fram á öruggan hátt.
- Fastir og færanlegir vinnupallar, sem notaðir eru við hreinsun og brot á grjóti, skulu vera útbúnir traustum handriðum og fullnægja að því leyti ákvæðum reglugerðar nr. 204/1972 um öryggisráðstafanir við byggingavinnu. Örugg gönguleið skal vera upp á fasta verkpalla og við notkun eiga þeir ekki að geta hreyfst á óeðlilegan hátt.

Múrsprautun

- Við múrsprautun eða sprautuvinnu skal nota efni og gera varúðarráðstafanir sem tryggja að starfsmenn verði ekki fyrir heilsutjóni.

3. Sprengivinna

Almenn atriði

■ Um meðferð sprengiefna gilda ákvæði 25.-28. gr. laga nr. 46/1977 um skotvopn, sprengiefni og skotelda. Unnið er að samningu reglugerðar um sprengiefni á vegum dómsmálaráðuneytisins og er gert ráð fyrir að hún verði gefin út á árinu 1984.

Leyfisveitingar

■ Lögum samkvæmt mega þeir einir fara með sprengiefni og annast sprengingar sem fengið hafa leyfi lögreglustjóra til þess. Leyfið veitir lögreglustjóri í því umdæmi þar sem umsækjandi á lögheimili. Slíkt leyfi má aðeins veita þeim sem hafa að mati Vinnueftirlits ríkisins næga þekkingu til þess að fara með sprengiefni.

■ Til kaupa á sprengiefnum þarf leyfi lögreglustjóra þess umdæmis sem leyfisbeiðandi á lögheimili í, eða ef um ópersónulegan aðila er að ræða, þess umdæmis þar sem umsækjandi hefur starfsstöð sína.

■ Þeim sem fengið hafa leyfi til þess að kaupa sprengiefni er óheimilt að afhenda það öðrum nema með leyfi viðkomandi lögreglustjóra.

Öryggisráðstafanir

■ Sprengiefni skal geyma í sérstökum sprengiefnageymslum. Þau má þó geyma á öðrum stöðum í litlum mæli ef þörf gerist vegna notkunar enda séu þau þá geymd í þar til gerðum hirslum eða kössum. Eigendur sprengiefna skulu ábyrgjast vörslu þeirra og sjá um að óviðkomandi aðilar nái eigi til þeirra.

■ Meiriháttar sprengiefnageymslur skulu vera viðurkenndar af Brunamála-stofnun ríkisins og um staðsetningu þeirra skal haft samráð við Vinnueftirlit ríkisins.

■ Þeir sem fara með og nota sprengiefni skulu ætíð gæta fyllstu varúðar. Fylgt skal viðurkenndum starfsaðferðum og þeim leiðbeiningum sem lagðar eru til grundvallar á námskeiðum Vinnueftirlits ríkisins um meðferð sprengiefna þar til reglugerð um meðferð sprengiefna hefur tekið gildi.

■ Um flutning umtalsverðs magns sprengiefna skal haft samráð við lögreglustjóra viðkomandi umdæmis.

4. Borun, borunarvélar

Stöðugleiki véla

■ Bergborunarvélar skulu vera stöðugar svo forðast megi veltihættu eins og framast er kostur. Stjórnandi bergborunarvélar þarf að hafa upplýsingar um mesta leyfilegan halla sem vélin má vinna í.

Stjórnbúnaður

■ Rými fyrir stjórnanda vélar, sem setið er í, skal vera nægjanlegt og gott útsýni frá því. Stjórnrymið skal vera vel aðgengilegt og með óhálum gangflötum.

■ Stjórnteki skulu vera þannig úr garði gerð að líkamsbeiting sé auðveld.

■ Aðstaða stjórnandans skal ennfreður vera þannig að hann verði fyrir sem minnstum titringi sem hefur í för með sér óæskilegt álag.

■ Stjórnbúnaður utan vélar skal vera þannig staðsettur að stjórnandinn hafi gott útsýni yfir borvinnuna. Hann skal ennfreður vera þannig að stjórnandinn sé í sem minnstri hættu með tilliti til hreyfinga vélarinnar og hugsanlegrar veltihættu.

Öryggisþak

■ Bergborunarvélar, sem setið er í, skulu að jafnaði hafa öryggisþak yfir stjórnrymi. Þakið á að geta þolað minnst 10 tonna jafndreifðan álagspunga og minnst 1 tonns lóðréttan þunga á 0.01 m² flöt sem hefur minnstu burðargetu á þakinu.

■ Ef þakið verður fyrir skemmdum eða aflagast þá skal maður með fullnægjandi þekkingu skera úr um það hvort það sé nothæft eða nauðsynlegt sé að setja upp nýtt.

Hreyfihlutar

■ Vélarhlutar sem hreyfast eða snúast með hættulegum hraða skulu varðir með hlífðarbúnaði þannig að klemmi-, festi- eða höggætta stafi ekki af þeim. Ennfremur þarf að verja þá fyrir raka og óhreinindum eins og framast er kostur.

■ Hreyfihlutar vélanna skulu vera aðgengilegir með tilliti til eftirlits og viðhalds.

Lagnir

■ Ganga skal þannig frá lögnum að vélunum (raflögnum, vökva- og loftþrýstislöngum) að þær skapi sem minnsta hættu verði þær fyrir hnjaski, skemmist eða slitni í sundur.

■ Loftþrýstislöngur að borunarvél skulu tengjast við vélina með öryggis-keðju eða stálvír.

- Loftþrýstislöngur með meira innanþvermál en 25 mm skulu búnar slöngubrotsventli tengdum fastri röralögn við loftúttak.

Vinnuljós

- Vinnuljós skulu vera fullnægjandi bæði á stjórnstað og við bergþil eða borunarstað.

Hávaði

- Hávaði á stjórnstað skal ekki vera meiri en 85 dB (A) þar sem því verður tæknilega við komið.
- Nota skal heyrnarhlífur þegar hávaði er yfir 85 dB (A) ef ekki er mögulegt að draga úr hávaða á annan hátt, sbr. gr. um persónuhlífur.

Rykvarnir

- Bergborunarvélar skulu vera þannig gerðar að ryk þyrlist sem minnst frá þeim. Vélarar skulu hafa vatnsspúlunarbúnað eða ryksogsbúnað ef erfitt er að koma vatnsspúlun við.

Vatns- og olíuúði

- Myndist það mikill vatns- eða olíuúði að útsýni frá stjórnrymi byrgist að verulegu leyti skal gera ráðstafanir til að takmarka slíka mengun.

Slökkvitæki

- Á bergborunarvélum skulu vera slökkvitæki af viðurkenndri gerð.

Rafbúnaður

- Allur rafbúnaður bergborunarvéla skal vera samkvæmt gildandi reglum um raforkuvirki.

Kennsla og þjálfun stjórnenda

- Stjórnendur bergborunarvéla skulu hafa hlotið kennslu og þjálfun í meðferð og stjórnun slíkra véla. Verktakar skulu standa að kennslu og þjálfun sinna starfsmanna. Vinnueftirliti ríkisins skal gert kleift að fylgjast með þeirri kennslu og þjálfun sem fram fer.

5. Samgöngur

Gönguleiðir

- Gönguleiðir til vinnustaðar skulu vera öruggar og án lausagryjts og annarra óæskilegra aðkomuhluta eftir því sem framast er kostur.
- Þar sem gönguleiðir eru undir þeim stöðum sem unnið er við skulu þær varðar á öruggan hátt.
- Rör og leiðslur skulu vera þannig staðsettar að hvorki skapist hætta eða óþægindi fyrir gangandi eða akandi umferð.
- Ef gangandi umferð á sér stað samtímis inn- eða útkeyrslu þá skulu gerðar nauðsynlegar öryggisráðstafanir til að koma í veg fyrir slys.

Fólksflutningar

- Tæki sem ekki eru viðurkennd fyrir fólksflutninga af Bifreiðaeftirliti ríkisins eða öðrum opinberum yfirvöldum má einungis nota til fólksflutninga með leyfi Vinnueftirlits ríkisins eða undir eftirliti öryggisnefndar svæðisins.

Aksturs- og athafnarymi

- Jarðgöng og vélar ásamt útbúnaði skulu hæfa hvort öðru þannig að sá sem stjórnar tækjum hafi fullnægjandi svigrúm til lofts og veggja við keyrslu og vinnu í jarðgöngunum.
- Lausagryjt, efni og hluti sem ekki er verið að nota skal strax fjarlægja af akstursleiðum til að tryggja fullnægjandi öryggi.
- Útbúnaður, sem settur er við eða í akstursleið, skal vera vel merktur og auðsýnilegur fyrir alla sem fara um svæðið.

Hámarkshraði

- Hámarkshraða skal miða við aðstæður hverju sinni og ber að koma upp skiltum sem sýna hver hann eigi að vera ef aðstæður krefja.

Umferðarljós

- Framkvæmdaraðilar skulu í samráði við öryggisnefnd og fulltrúa Vinnueftirlitsins koma fyrir nauðsynlegum umferðarljósum, speglum og öðrum búnaði sem til þess er fallinn að auka öryggi við flutninga um jarðgöng.

Hleðslumörk

- Við vöru- og efnisflutninga skal þess gætt að flutningatæki séu ekki ofhlaðin. Nauðsynlegt er að vörur og efni séu tryggilega skorðuð á flutningatækjum.

Orkugjafar véla

- Bensínþrífur skal ekki nota á vinnusvæðum neðanjarðar.

■ Dísilvélar skal skoða reglulega og halda vel við. Tryggja þarf fullnægjandi bruna eldsneytis og/eða hreinsum útblásturs þannig að mengun frá vélunum verði svo lítil sem framast er kostur.

6. Loftslag og loftræsting

Eftirlit með mengun andrúmslofts

■ Atvinnurekandi skal láta rannsaka gæði andrúmslofts í jarðgöngum þar sem unnið er. Rannsóknir og mælingar skulu í hverju tilviki gerðar í samráði við Vinnueftirlit ríkisins. Sjá ennfremur um hættulegar lofttegundir og mengunarhættur í viðauka.

Loftræstikerfi

■ Náttúruleg loftræsting er sjaldan fullnægjandi við jarðgangagerð. Oftast er nauðsynlegt að nota vélknúna loftræstingu til að fjarlægja hættulegar lofttegundir og ryk eða minnka styrkleika þeirra niður fyrir hættumörk.

■ Til að ná sem bestum árangri eftir að sprengingar hafa átt sér stað í jarðgöngum þarf að koma til loftstreymi bæði að og frá mengunarvaldinum. Sogandi loftræsting er ein sér ekki fullnægjandi í jarðgöngum þar sem lofthraðinn í göngunum, í sömu fjarlægð frá sogopi og þvermál þess er, er aðeins 10% af lofthraðanum í soglögninni sjálfri.

■ Sogandi loftræsting getur verið nothæf aðferð til að fjarlægja hættulegar lofttegundir eftir sprengingar í löngum göngum, sérstaklega í þröngum göngum. Hún er þó ekki talin henta þar sem dísilvélar eru notaðar.

■ Blásandi loftræsting, sem mest er notuð, þarf að vera þannig að loftræstilögnin sé alltaf nægilega framarlega þar sem helstu mengunarvaldarnir eru. Sérstaklega er þetta mikilvægt þegar loftræstilögnin hefur lítið þvermál og lofthraðinn er lítil.

■ Loftblásarar skulu vera þannig staðsettir að hringrás myndist ekki á notuðu lofti. Dísilvélar eða aðrir mengunarvaldar skulu ekki staðsettir nálægt ferskloftsinntaki.

■ Dregið skal úr hávaða frá blásurum eins og framast er kostur.

■ Loftræstilögn skal vera úr eldtefjandi efni við blásara og annars staðar þar sem eldhætta er. Sé loftræstilögn ekki öll úr eldtefjandi efni þá skal slíku efni komið fyrir með hæfilegu millibili á allri lögninni.

■ Reglubundið eftirlit skal vera með loftræstikerfum til að tryggja sé að þau séu í fullkomnu lagi og vinni eins og til er ætlast.

■ Við útreikninga og hönnun loftræstikerfa í jarðgöngum þarf fyrst og fremst að taka tillit til væntanlegrar loftmengunar af völdum sprengiefna, útblásturs véla og steinryks. Ferskloftsmagnið, sem loftræstikerfið þarf að flytja (oftast reiknað í $\text{m}^3/\text{mín}$ eða m^3/sek), ákvarðast m.a. af þverskurðarflatarmáli jarðganganna, lengd þeirra, loftræstitímanum og magni og styrkleika mengunarefna.

■ Um nákvæma hönnun og útreikninga loftræstikerfa verður ekki getið hér. Benda má þó á að nánari upplýsingar má finna í fylgigögnum með norskum reglum um „Ventilasjon av bergrom“ frá norska Vinnueftirlitinu. Ennfremur má benda á fylgigögn með reglum frá sænska Vinnueftirlitinu „Bergvisningar, Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar nr. 67“. Gögn þessi má fá hjá Vinnueftirliti ríkisins.

7. Rafbúnaður

- Rafbúnaður við jarðgangagerð skal vera í samræmi við gildandi reglur um raforkuvirki.
- Rafbúnaður, raflagnir o.fl. skal staðsetja þannig og verja að búnaðurinn verði ekki fyrir hnjaski og skemmdum í jarðgöngunum.
- Kapla og leiðslur skal að jafnaði hengja upp til hliðar með öðrum lögnum í göngunum. Leiðslurnar skulu lagðar á tryggilegan hátt þannig að þær skaðist ekki af ökutækjum.
- Sprengileiðslur skulu hengdar upp á gagnstæðri hlið við kapla, lagnir og annan búnað sem liggur eftir göngunum þar sem því verður við komið.

8. Lýsing

Föst ljós

- Föst ljós skulu vera þar sem öryggisaðstæður eru krefjandi. Birtan skal vera hæfileg fyrir þá vinnu og umferð sem er á staðnum.

Ljós á ökutækjum

- Ökutæki, sem notuð eru við jarðgangagerð, skulu hafa áfastan ljósabúnað sem lýsir vel upp akstursleiðir.
- Við sérstaklega erfiðar aðstæður við brautarflutninga skal vera sérstakt ljós (gult eða rautt) á aftasta flutningavagni. Á aftasta flutningavagni skal ávallt vera endurskinsmerki.

Eftirlit með ljósabúnaði

- Allur ljósabúnaður skal skoðaður reglulega og honum skal haldið við á fullnægjandi hátt.

9. Hávaðavarnir

- Dregið skal úr hávaða við upptök hans með hávaðavörnum og hann takmarkaður eins og tæknilega er mögulegt miðað við eðli framkvæmda.
- Ef hávaði er yfir 85 dB (A), mælt sem jafngildishávaði miðað við 8 stunda vinnudag, þrátt fyrir að gripið hafi verið til ofangreindra aðgerða, skulu starfsmenn nota heyrnarhlífar.
- Hávaðamælingar skulu framkvæmdar þar sem unnið er við jarðgangagerð og grunur leikur á að hávaði sé yfir ofangreindum mörkum.

10. Brunavarnir

- Vinnuveitandi skal skipuleggja brunavarnir á jarðgangasvæðinu og sjá um nauðsynlega kennslu í brunavörnum.
- Þeir sem daglega vinna við jarðgangagerð skulu upplýstir um hvar slökkvibúnaður er staðsettur. Þeir skulu einnig hafa notið kennslu um notkun og meðferð slíks búnaðar.
- Reykköfunarbúnaður skal vera til staðar við meiriháttar jarðgangagerð.
- Staðir þar sem slökkvibúnaður er geymdur skulu vera greinilega merktir með skiltum.
- Eldfimu rusli skal aðeins safnað saman á fyrirfram skipulögðum stöðum og skal það fjarlægt eins fljótt og kostur er.
- Ef opinn eldur er notaður í jarðgöngum skal gera nauðsynlegar ráðstafanir til að koma í veg fyrir eld- og sprengihættu.

11. Lasertæki

- Lasertæki, sem notuð eru við stefnumælingar í jarðgangagerð, skulu vera staðsett og notuð þannig að ekki sé hætt á að starfsmenn fái geislann í augun eða önnur hætta stafi af honum.

Viðauki

Hættulegar lofttegundir

■ Flestar lofttegundir, sem hættulegar eru við jarðgangagerð, myndast við notkun véla og sprengiefna. Verða hér tilgreindar þær sem helst geta myndast:

Kolmónoxíð, CO eða kolsýrlingur, er litlaus lofttegund, bragð- og lyktarlaus og nokkuð léttari en andrúmsloft. Kolmónoxíð myndast við ófullkominn bruna lífrænna efna og dregur úr hæfni blóðsins til að flytja súrefni. Innöndun kolsýrlings getur leitt til höfuðverks, svima, sjón- og heyrnartruflana og í versta falli yfirliðs og dauða.

Eld- og sprengihætta stafar af kolmónoxíði.

Hættumörk: 35 ppm (meðaltal miðað við 8 stunda vinnudag).

Koldíoxíð, CO₂ eða kolsýra, er litarlaus lofttegund, bragð- og lyktarlaus og nokkuð þyngri en loft. Kolsýra myndast m.a. við fullkominn bruna lífrænna efna.

Kolsýra er ekki mjög hættuleg lofttegund en getur orsakað súrefnisskort og þarf sérstaklega að taka tillit til þessa þegar kolsýru-slökkvitæki eru notuð.

Hættumörk: 5000 ppm (meðaltal miðað við 8 stunda vinnudag).

Köfnunarefnisoxíð, NO, er við stofuhita litarlaus lofttegund. NO myndar fljótt köfnunarefnisdíoxíð með súrefni.

Hættumörk: 25 ppm (meðaltal miðað við 8 stunda vinnudag).

Köfnunarefnisdíoxíð, NO₂ (N₂O₄), er litarlaus eða rauðbrún lofttegund sem hefur sérstaka, sterka lykt sem hægt er að finna strax við styrkleikann 5 ppm. Lyktin eykst lítið við meiri styrkleika og er því ekki góð aðvörun. Köfnunarefnisdíoxíð er eitur í lungum og mikill styrkleiki getur leitt til öndunarerfiðleika og í versta falli, lungnabjúgs og dauða. Einkenni koma vanalega ekki fram fyrr en mörgum klst. eftir innöndun. Við minni styrkleika verður vart óþæginda í augum og öndunarfærum. Ef menn hafa andað að sér umtalsverðu magni af köfnunarefnisdíoxíði er nauðsynlegt að þeir komist sem fyrst undir læknishendur og er mikilvægt að þeir reyni ekki á sig.

Hættumörk: 5 ppm.

Köfnunarefnisoxíð og -díoxíð myndast við sprengingar og suðuvinnu.

Brennisteinsdíoxíð, SO₂, er í nokkrum mæli í útblæstri dísilhreyfla en skapar vanalega ekki vandamál við jarðgangagerð.

Hættumörk: 2 ppm (meðaltal miðað við 8 stunda vinnudag).

Aldehýð er flokkunarheiti á lífrænum efnasamböndum sem geta fundist sem lofttegundir við jarðgangagerð. Við bruna á bensíni og dísilolíu myndast m.a. aldehýð (formaldehýð, crotomaldehýð, acrolein o.fl.). Aldehýðin hafa einkennandi lykt við lítinn styrkleika. Aldehýð valda sérstaklega óþægindum

í augum og öndunarfærum. Mæling á formaldehýði gefur vanalega vísbendingu um aldehyð í andrúmslofti.

Hættumörk formaldehýðs, HCHO: 1 ppm.

Fjölhringakolvetasambönd, polyaromatísk hýdrokarbónöt (PAH), margskonar myndast í litlu magni við bruna í eldsneytisvélum og eru í útblæstri þeirra bundin sótögnum. Sum PAH-sambönd eru talin krabbameinsvaldandi við langvarandi mengun en talið er að heilsu manna stafi ekki mikil hætta af þeim við jarðgangagerð.

Hættumörk fyrir PAH: 0.2 mg/m³, mælt sem bensenleysanlegur hluti.

Metan, CH₄, er litlarlaus gastegund án lyktar og bragðs og mikið léttari en andrúmsloft. Í náttúrunni myndast metan úr lífrænum efnum við rotnun og gerjun. Metanmyndun er þekkt í kolanámum og getur einnig myndast í öðrum jarðgöngum.

Hætta getur stafað af metan þar sem það leitar fljótt í uppgönguleiðir úr jarðgöngum. Af metan stafar eld- og sprengihætta.

■ Um mat á mengun í andrúmslofti af völdum fleiri en eins efnis samtímis og um hámarksmengun í skamman tíma af völdum efna með hættumörk sem miðast við meðaltal yfir 8 klst. vinnudag vísast til leiðbeininga Vinnueftirlitsins um markgildi (mengunarmörk, hættumörk) fyrir eiturefni og hættuleg efni í andrúmslofti á vinnustöðum.

Súrefnisskortur

■ Súrefni, O₂, er undir eðlilegum kringumstæðum 21% af andrúmslofti. Í jarðgöngum, sem hafa verið lokað í langan tíma, getur orðið súrefnisskortur, t.d. vegna oxunar og rotnunar. Súrefnisinnihald andrúmsloftsins á ekki að vera minna en 19%. Gæta verður þess að þó súrefnisinnihald loftsins sé yfir 19% þá getur verið til staðar hættulegt magn af öðrum lofttegundum (t.d. köfnunarefnisoxíðum).

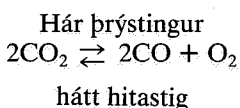
Einkenni súrefnisskorts er suð fyrir eyrum, hjartsláttur og höfuðverkur. Þegar súrefnisinnihald loftsins fer niður að 15% eða neðar má búast við yfirliði og í versta falli dauða.

Loftmengun vegna sprenginga

■ Við sundrun hvers kílógramms af sprengiefni myndast um 850 til 1000 lítrar af lofttegundum.

■ Samsetning lofttegundanna fer eftir sundrunarhraða, þrýsingi og hitastigi við sprenginguna. Áhrif á þessa þætti hefur svo hleðslumagn, hleðsluþéttleiki og sprengivakar. Umbúðir o.fl. úr lífrænum efnum auka magn koloxíða eftir sprenginguna.

■ Þrýstingur og hiti hafa eftirfarandi áhrif á hlutfallið milli CO og CO₂:



- Hátt hitastig við sundrun hefur áhrif á myndun NO, óháð þrýstingnum.
- Ófullkomin sundrun getur átt sér stað, t.d. vegna minnkandi styrkleika eða raka í hvellhettum og sprengiefni. Á þennan hátt getur myndast mikið af kolsýrlingi og köfnunarefnisoxíðum. Köfnunarefnisoxíð myndast einnig við bruna sprengiefnis í borholum og þar sem það sundrast ekki.
- Þar sem hættulegar lofttegundir myndast við sprengingar skal ekki fara inn í lokað rými fyrr en það hefur verið loftræst á fullnægjandi hátt.

Mengun frá dísilvélum

- Við fullkominn bruna í dísilvélum myndast aðeins CO₂, H₂O og brennisteinsdíoxíð. Við ófullkominn bruna myndast einnig hættulegar lofttegundir svo sem CO, aldehyð og kolvetnissambönd. Auk þess myndast köfnunarefnisoxíð vegna varma og þrýstings.
- Myndun hinna mismunandi hættulegu lofttegunda fer mjög eftir vélar- tegundum og ástandi, stillingu og rekstri þeirra svo og þeim eldsneytistegund- um sem notaðar eru.
- Af mismunandi gerðum véla hefur komið í ljós að vélar með beinni innspýtingu mynda töluvert meira (50-100%) af hættulegum lofttegundum en aðrar. Þetta á sérstaklega við um köfnunarefnisoxíð og er ástandið verst við hraðaaukningu vélarinnar.
- Aldehyð myndast einkum við lágt hlutfall eldsneytis miðað við loft.
- Til þess að minnka kolsýrlingsmagnið í dísilútblastri má nota upplausn til eftirbruna. Bruni byrjar þá fyrst við um 200-250°C og ilding kolsýrlings á sér þá ekki stað við gangsetningu eða í lausagangi.
- Í svokölluðum sóteyðurum við dísilvélar er útblásturinn leiddur í gegnum vatn og minnkar það m.a. sót og aldehyð. Þar sem hreinsiafköstin minnka fljótt verður vatnið að endurnýjast reglulega svo búnaðurinn komi að gagni.

Rykmengun

- Við jarðgangagerð er það einkum fingert steinefnaryk, sem borist getur niður í lungnablöðrur, sem hefur í för með sér heilsufarshættur. Einnig er hættulegt ryk af kristallaðri kísilsýru (kvars, kristóballit, tridymít) en kristölluð kísilsýra er sjaldgæf í íslensku storkubergi öðru en líparíti sem venjulega inniheldur nokkurt magn af kvasi. Langvarandi innöndun fingerðs ryks af kristallaðri kísilsýru getur leitt til hins alvarlega sjúkdóms silikósu sem stafar af varanlegum vefjabreytingum í lungum.

- Þvermál rykagna er mælt í míkrómetrum, μm ($1\mu\text{m} = 0.001\text{ mm}$). Til einföldunar er oft gert ráð fyrir því að það séu einkum rykagnir undir $5\mu\text{m}$ að þvermáli („aerodynamískt“ þvermál) sem berist niður í lungnablöðrur en í reynd eru mörkin á milli þeirrar kornastærðar sem að mestu berst niður í blöðrur og þeirrar sem að mestu hreinsast úr loftinu í berkjum mun breiðari

eða frá 2-7 μm . Það ryk sem niður í lungnablöðrur berst er á erlendum tungumálum nefnt „respirabel“-ryk.

■ Fallhraði rykagna í andrúmslofti er mjög háður þvermáli þeirra. Þannig er kvarsögn að þvermáli 5 μm 8 mínútur að falla 1 metra en kvarsögn að þvermáli 1 μm er um 3½ klst. að falla sömu vegalegd.

■ Mikill hluti þeirrar vinnu sem fram fer í jarðgöngum hefur í för með sér rykmengun. Borun og fleygun fylgir mikil rykmengun og svo á einnig við um sprengingar. Við lestun og flutning á bergmulningi þyrlast upp ryk. Ennfremur myndast mikið ryk við múrspautun.

■ Ýmsar aðferðir eru notaðar til að minnka ryk og fjarlægja. Einföldustu aðferðirnar eru vatns- og afsogskerfi.

■ Við vatnsborun ætti ekki að koma upp alvarleg rykmengun ef notaður er réttur vatnsþrýstingur. Aðrar aðferðir við borun eru notkun á froðu eða ýmiss konar afsogskerfi.

■ Mismunandi aðferðum má beita til að forðast rykmengun við sprengingar, t.d. má nota vatnsfyllta plastsekki, forhlað með vatnsfylltum plastfilmu-hylkjum eða úðadreifara.

■ Við flutning er áhrifaríkt að gegnumbleyta farm- og flutningaleiðir til að forðast rykmengun.

■ Þar sem vatn er notað til varnar gegn rykmengun má ná auknum árangri með því að setja hentug rykbindandi efni í vatnið.

Leiðbeiningar Vinnueftirlits ríkisins eru ekki lagalega bindandi. Þeim er ætlað að veita þeim sem fjalla um tilhögun vinnu og skipulagningu vinnustaða leiðbeiningar um leiðir til að bæta aðbúnað, hollustuhætti og öryggi starfsmanna í samræmi við markmið laga nr. 46/1980.

Vinnueftirlit ríkisins gefur rit þetta út í 2000 eintökum.
Umsjón með útgáfu hafði Garðar Halldórsson, deildartæknifræðingur.
Ábyrgðarmaður er Eyjólfur Sæmundsson, forstjóri Vinnueftirlits ríkisins.