Nr U 6275
Maj 2020

Sammanställning och analys av kvävedioxid- och kolmonoxidmätningar i svenska gruvor

År 2017–2019

På uppdrag av GRAMKO (Gruv- och mineralindustrins arbetsmiljökommitté), via LKAB

Jessica Fagerlönn, Bo Sahlberg

ivl SVENSKA MILJÖINSTITUTET

Författare: Jessica Fagerlönn, Bo Sahlberg
På uppdrag av: GRAMKO (Gruv- och mineralindustrins arbetsmiljökommitté), via LKAB
Rapportnummer U 6275

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2019
IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Förord 5

Sammanfattning 6

1 Inledning 8

2 Syfte och mål 10

2.1 Avgränsningar 10

3 Metod 11

3.1 Deltagande företag 11
3.2 Mätmetod 11

3.2.1 Mätosäkerhet 12

3.3 Sammanställning och analys 13

4 Resultat och analys 14

4.1 Exponering för kvävedioxid 14

4.1.1 Underjordsgruvor 14
4.1.2 Dagbrott 15
4.1.3 Exponering per gruva 15
4.1.4 Yrkesgrupper i underjordsgruvor 16
4.1.5 Yrkesgrupper i dagbrott 17
4.1.6 Möjliga orsaker till överskridande av nivågränsvärdet 17

4.2 Exponering för kolmonoxid 17

4.2.1 Underjordsgruvor 17
4.2.2 Dagbrott 18
4.2.3 Respektive gruvföretag 18
4.2.4 Yrkesgrupper i underjordsgruvor 19
4.2.5 Yrkesgrupper i dagbrott 20
4.2.6 Möjliga orsaker till överskridande av nivågränsvärdet 20

4.3 Jämförelse diffusionsprovtagare och mätinstrument vid mätning av kvävedioxid 20

5 Slutsatser och diskussioner 24

5.1 Underjordsgruvor 24
5.2 Dagbrott 25
5.3 Vanliga orsaker vid överskridande av nivågränsvärdet 25
5.4 Diffusionsprovtagare vs mätinstrument 25

6 Referenser 27

Bilagor 28

Bilaga 1: Hygieniska gränsvärden för kvävedioxid och kolmonoxid 28
Bilaga 2: Arbetsinstruktioner för gaskartläggning i gruvbranschen 30
Bilaga 3: Mätprotokoll och mallar 37
Bilaga 4: Exempel på gaser som kan orsaka korskänslighet 39

Bilaga 5: Fallbeskrivningar vid överskridande av nivågränsvärdet 40
Fallbeskrivning 1: Förstärkning/bultning i underjordsgruva (CO) 41
Fallbeskrivning 2: Lastare i underjordsgruva (CO och NO_2) 43
Fallbeskrivning 3: Schaktarbetare i underjordsgruva (NO_2) 45
Fallbeskrivning 4: Mediadragning/ dubbhålsborrning i underjordsgruva (NO_2) 47
Fallbeskrivning 5: Mediadragning/ väg i underjordsgruva (NO_2) 48
Bilaga 6: Sammanställning med mätningar som har överskridit halva nivågränsvärdet 49
Bilaga 7: Justeringar i Excelfil 51

Förord

IVL Svenska Miljöinstitutet har fått i uppdrag av GRAMKO:s arbetsgrupp Teknik (via LKAB) att sammanställa och analysera data från gaskartläggning som har utförts i svenska gruvor under åren 2017–2019.

Framtagning av stödmaterial och mallar samt samordning för gaskartläggningen har utförts av Tobias Lehner (Boliden) och Jessica Fagerlönn (då LKAB) i samverkan med Arbetsgrupp Teknik år 2017–2018. Fortsatt samordning för gaskartläggningen år 2019–2020 har utförts av Linda Karlsson LKAB och Lisa Andersson Zinkgruvan, kontaktpersoner från GRAMKO:s arbetsgrupp Teknik.

Ett stort tack till alla som har medverkat i gaskartläggningen. Ett speciellt tack till personerna som har burit mätutrustningen och berättat om sin arbetsdag och mätansvariga som har planerat och utfört mätningarna samt sammanställt data.

Ett stort tack till berörda inom IVL Svenska Miljöinstitutet som har bidragit med kompetens och synpunkter. Bo Sahlberg har bidragit med regressionsanalysen och synpunkter om rapportinnehållet samt Pär Fjällström och Agata Andersson som har granskat rapporten.

Tack för att jag fick förtroendet att fortsätta detta arbete fastän jag slutade min tjänst på LKAB april 2019.

Stockholm den 27 april 2020

Jessica Fagerlönn

Projektledare (Arbetsmiljö) inom Hållbart arbetsliv på IVL Svenska Miljöinstitutet.

Sammanfattning

Gruvbranschen har under åren 2017 till 2019 utfört 140 mätningar på åtta stycken gruvföretag/arbetsställen, med både diffusionsprovtagare (kvävedioxid) och mätinstrument (kvävedioxid och kolmonoxid). Diffusionsprovtagaren är en vedertagen mätmetod för att mäta kvävedioxid och kontrollera exponeringen mot hygieniska gränsvärden. Diffusionsprovtagaren ger endast ett medelvärde över mätperioden (arbetspasset). Mätinstrument används som ett komplement då dessa kan registrera mätdata för både kvävedioxid och kolmonoxid under ett helt arbetspass och man erhåller betydligt högre tidsupplösning och kan se hur gashalten varierar under arbetspasset. Då instrumenten är direktvisande är de användbara för att i stunden göra en riskbedömning, så det är också av intresse att undersöka mätinstrumentens pålitlighet, genom att jämföra skillnaden mellan diffusionsprovtagarens och mätinstrumentets resultat för kvävedioxid. Mätinstrumenten som har använts, är de vanligt förekommande gasvarnare som används i gruvindustrin med syftet att kontrollera gashalten i arbetsmiljön och för att varna om halten överskrider fastställda larmvärden.

Sammanställningen påvisar att det är en låg risk att nivågränsvärdet för kvävedioxid (0,5 ppm) och kolmonoxid (20 ppm) överskrids i underjordsmiljöer. Det är svårt att dra slutsatser om dagbrotten eftersom det har utförts för få mätningar.

Kvävedioxid: Vid jämförelse med det nya nivågränsvärdet 0,5 ppm för kvävedioxid var det tre procent av diffusionsmätningarna i underjordsgruvorna som överskred nivågränsvärdet. Vid jämförelse mot det aktuella gränsvärdet för underjordsgruvor var det ingen mätning som överskred 1,0 ppm. Det fanns inget överskridande av nivågränsvärde vid mätning i dagbrott.

Kolmonoxid: Vid jämförelse med det nya gränsvärdet 20 ppm för kolmonoxid var det två procent av mätningarna som utfördes i underjordsgruvorna som överskred nivågränsvärdet. Det fanns inget överskridande av nivågränsvärdet 20 ppm vid mätning i dagbrott.

Orsaken till höga gashalter? I gruvindustrin är spränggaser och avgaser från förbränningsmotorer vardagliga gaskällor. Den vanligaste orsaken till höga gashalter är bristfällig ventilation i kombination med avgaser från förbränningsmotorer, från eget fordon eller från andra fordon som är verksamma i samma område. När det gäller höga halter av spränggaser är det en kombination av bristfällig ventilation och ej fullgod utvädring efter en sprängning/skjutning.

Skillnad mellan diffusionsprovtagare och mätinstrument? Regressionsanalysen påvisar ett ganska svagt samband mellan mätdata från mätinstrumentet och diffusionsprovtagare då R^2-värdet för både underjordsgruvor och dagbrott är <0,5. R^2 är ett mått på hur väl mätvärdena överensstämmer med varandra. R^2 har ett värde mellan 0 och 1. Ju närmare 1 desto större överensstämmelse.

Vid antagandet att diffusionsprovtagaren för kvävedioxid påvisar ett korrekt resultat påvisar analysen varierande mätresultat från mätinstrumenten i underjordsmiljöer. Mätinstrumenten både överskattar och underskattar mätresultaten. Olika instrument kan ge olika resultat beroende på vilken typ av sensorteknik som används. Faktorer som kan påverka mätresultatet är:

- Sensorernas korskänslighet.
- Sensorernas kapacitet och förbrukning av mängden elektrolyt.
- Kalibrering av sensorer.
- Mätinstrumentets batterikapacitet och inställd loggningsintervall.

- Långtidsförvaring av mätinstrument.
- Klimatfaktorer (lufttemperatur och relativ luftfuktighet).
- Handhavande.

Rekommendationer: Med försiktighetsprincipen i åtanke, d.v.s. att sträva mot så låga gasexponeringar som möjligt, är det viktigt att arbetsgivaren kontinuerligt arbetar proaktivt och systematiskt med att säkerställa god ventilation, minska utsläpp från fordon och maskiner och att både chefer och arbetstagare har kunskaper om gaser och vad för slags skyddsåtgärder det finns för att säkerställa låga gasexponeringar. Samt vid behov använda direktvisande instrument som gasvarnare ute på arbetsområdet. Dessutom är det viktigt att arbetsgivaren utför mätningar för att kontrollera och säkerställa att inga gränsvärden överskrids. Vid planerade arbetsmiljömätningar med syfte att kontrollera nivågränsvärdet för kvävedioxid föreslås en kombinerad mätning med både diffusionsprovtagare och mätinstrument.

Inför investering av mätinstrument (gasvarnare) rekommenderas att arbetsgivaren sammanställer en lista med typ av gaser och gashalter som kan förekomma i den aktuella arbetsmiljön. Ta en dialog med instrumenttillverkaren inför valet av mätinstrument, samt diskutera frågan om sensorernas korskänslighet.

Fördelen med direktvisande mätinstrument är att man får hög tidsupplösning och kan se vilka arbetsmoment som bidrar mest till exponeringen.

1 Inledning

Avgaser från dieselmotorer är en blandning av ämnen i olika former. Gasfasen innehåller bland annat kvävedioxider, kolmonoxid, koldioxid, svaveldioxid och organiska ämnen. Partikelfasen innehåller bland annat elementärt kol, organiska ämnen, sulfater och nitrater. Exponering för dieselavgaser förekommer när man använder fordon och verktyg som drivs av dieselmotorer, i t.ex. gruvor, byggnadsarbetsplatser och jordbruk (Taxell & Santonen, 2016). Hälsoeffekter av dieselavgaser är inflammatoriska förändringar i lungorna samt lungcancer (Taxell & Santonen, 2016). Det finns även samband med irritation, nedsatt lungfunktion och hjärt-kärlsjukdom (Johansson, 2016). I underjordsgruvor är källor till kolmonoxid och kvävedioxid framförallt från förbränningsmotorer och spränggaser. Enligt föreskrifterna om Berg- och gruvarbete (AFS 2010:1) får man inte använda bensin, etanol eller gas som bränsle för förbränningsmotorer, så i underjordsgruvor används dieselmotorer. Det ställs också krav på att dieselmotorer fortlöpande ska undersökas vad gäller utsläpp av avgaser (kolmonoxid och partiklar).

Europeiska kommissionen tog den 31 januari 2017 beslut (Kommissionens direktiv 2017/164/EU) om nya och ändrade hygieniska gränsvärden för kolmonoxid (CO), kvävedioxid (NO_2) och kvävemonoxid (NO). I Sverige har Arbetsmiljöverket varit ansvarig för att implementera dessa ändringar i den svenska lagstiftningen, i föreskrifterna om hygieniska gränsvärden. Fram till augusti 2018 fanns det två nivågränsvärden för både kvävedioxid och kolmonoxid: ett för respektive gas i sig och ett för respektive gas i egenskap av indikatorsubstansen för avgaser (AFS 2015:7). Arbetsmiljöverket har beslutat att det endast ska finnas ett gränsvärde för respektive gas, och att gränsvärdet för avgaser ska plockas bort. Gränsvärdena för kolmonoxid, kvävedioxid och kväveoxid sänktes i samband med detta. Den 21 augusti 2018 trädde ändringar i kraft i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden (AFS 2018:1). Gällande gränsvärden för respektive gas följer nedan:

- Nivågränsvärdet för kolmonoxid är 20 ppm och korttidsgränsvärdet är 100 ppm
- Nivågränsvärdet för kvävedioxid är 0,5 ppm och korttidsgränsvärdet är 1 ppm

Arbetsmiljöverket har valt att tillämpa en övergångsperiod för underjordsgruvor gällande sänkningen av gränsvärden (AFS 2018:1). Enligt artikel 6 i Kommissionens direktiv (EU) 2017/164 fick medlemsstaterna möjlighet att tillämpa en övergångsperiod gällande sänkning av gränsvärden i gruvgångar och tunnlar fram till 21 augusti 2023. Detta då det har bevistats att det förekommer mätproblematik i dessa miljöer.

"Rådgivande kommittén för arbetsmiljöfrågor (4), som har hörts i enlighet med artikel 3.2 i direktiv 98/24/EG, uttrycker tveksamhet när det gäller praktisk mätbarhet för de föreslagna indikativa yrkeshygieniska gränsvärden för kvävemonoxid och kvävedioxid i gruvgångar och tunnlar samt för kolmonoxid i gruvgångar. Kommittén konstaterar också att det för närvarande knappast finns mätmetoder som kan användas till att visa överensstämmelse med det föreslagna gränsvärdet för kvävedioxid i gruvgångar och tunnlar. Det är därför lämpligt att ge medlemsstaterna en övergångsperiod när det gäller tillämpningen i gruvgångar och tunnlar av gränsvärdena för kvävemonoxid, kvävedioxid och kolmonoxid i bilagan till detta direktiv och att låta kommissionen se över de ovannämnda frågorna före utgången av övergångsperioden. Under övergångsperioden får medlemsstaterna fortsätta att tillämpa de nuvarande gränsvärdena i stället för dem som fastställs i bilagan till detta direktiv"
(Kommissionens direktiv 2017/164/EU).

Under övergångsperioden kommer EU-kommissionen att se över den mätproblematik som finns vid mätning av så här låga halter av ämnena (Svemin, 2019). De gränsvärden som gäller för avgaser i underjordsgruvor under övergångsperioden är:

- Nivågränsvärdet för kolmonoxid är 20 ppm och korttidsgränsvärdet är 100 ppm
- Nivågränsvärdet för kvävedioxid är 1 ppm och korttidsgränsvärdet är 5 ppm

Se bilaga 1 för mer information om gränsvärdena i både aktuella föreskrifter (AFS 2018:1) och upphävda föreskrifter (AFS 2015:7) om hygieniska gränsvärden.

Euromines som är en branschorganisation som företräder metall- och mineralindustrin inom EU och är aktiva i en arbetsmiljögrupp till EU-kommissionen som hanterar arbetsmiljöfrågor (Standing Working Party for Extractive Industries, SWEPI). Den 1 mars 2017 genomförde Euromines en workshop i Bryssel och där beslutade man att genomföra en studie (”a base line study”) i syfte att ta fram underlag till EU-kommissionen (Svemin, 2019). Underlaget skulle omfatta nuläget: Aktuella gashalter? Vilka halter klarar mätinstrumenten att mäta? Utveckling av mätinstrument, fordon (eldrift), ventilation med mera.

I Sverige initierade gruv- och mineralindustrins arbetsmiljökommitté (GRAMKO) i branschorganisation för gruvor, mineral- och metallproducenter i Sverige (Svemin), arbetet med att kartlägga gasnivåerna i gruvindustrin. Syftet är att bedöma hur man praktiskt kan efterleva de nya kraven samt bidra med ett underlag till Euromines och Arbetsmiljöverkets framtida konsekvensutredningar. Gasmätningar i svenska gruvor startades år 2017 och slutfördes år 2019. IVL Svenska Miljöinstitutet har ombetts av GRAMKO (via LKAB) att sammanställa och analysera mätresultaten.

IVL Svenska Miljöinstitutet grundades 1966 av staten och näringslivet gemensamt med syfte att bedriva forskning kring industrins luft- och vattenvårdsfrågor. Tillsammans med näringslivet och statens myndigheter ska samverkan ske i viktiga frågor inom området miljö och hållbar utveckling. IVL:s affärsidé och syfte är att arbeta med tillämpad forskning och uppdrag för en ekologiskt, ekonomiskt och socialt hållbar tillväxt inom näringslivet och övriga samhället. Gruppen Hållbart arbetsliv på IVL arbetar med tillämpad FoU och uppdrag i nära samverkan med arbetsmarknadens parter och med kunder. Erfarenhet finns av samarbete med olika branscher och med utgångspunkt från områden såsom partiklar, mögel, analys av arbetsmiljöarbetet i företag och organisationer, säkerhetskultur osv. Målet är att utveckla metoder och kunskapsstöd för en god arbetsmiljö och ett effektivt arbetsmiljöarbete.

2 Syfte och mål

Syftet med uppdraget var att undersöka gruvarbetares exponering för kvävedioxid kopplat till dieselavgaser. Parallellt med kvävedioxidmätningarna utfördes även kolmonoxidmätningar. Målet med uppdraget var att:

- Sammanställa utförda mätningar av kvävedioxid (Kapitel 4.1) och kolmonoxid (Kapitel 4.2) i en gemensam Excelfil.
- Analysera mätningarna i relation till gällande nivågränsvärden.
- Sammanställa mätningar som har överskridit nivågränsvärdet och redovisa tänkbara orsaker vid överskridanden (Bilaga 5, fallbeskrivningar 1–5).
- Sammanställa mätningar som har överskridit halva nivågränsvärdet (Bilaga 6).
- Jämföra mätningar av kvävedioxid gjorda med diffusionsprovtagare respektive mätinstrument och analysera skillnaden (Kapitel 4.3).
- Sammanställa vilka andra gaser som kan påverka mätningen med de mätinstrument som använts (Bilaga 4).

2.1 Avgränsningar

Arbetet innefattar endast jämförelse med nivågränsvärden. Jämförelse mot korttidsgränsvärdet för ingår ej i uppdraget.

3 Metod

Gruvföretagen i Sverige har utfört exponeringsmätningar av kvävedioxid och kolmonoxid, i underjordsgruvor och i dagbrott, under åren 2017 till 2019, med passiva provtagare (kvävedioxid) och mätinstrument (kvävedioxid och kolmonoxid). GRAMKO (Arbetsgrupp Teknik) samordnade kartläggningen genom att ta fram en gemensam metodbeskrivning för hur mätningarna skulle utföras och dokumenteras. Respektive gruvföretag har registrerat mätdata. IVL Svenska Miljöinstitutet har sammanställt mätdata från gruvföretagen, analyserat mätdata, dragit slutsatser och dokumenterat allt i denna rapport.

År 2017 startade första kartläggningen (pilotkartläggningen). Huvudsyftet var att undersöka exponeringen, men även att testa arbetsinstruktioner (Bilaga 2) och mallar för mätprotokoll och loggfil (Bilaga 3). Efter pilotkartläggningen utfördes mindre justeringar i mätprotokoll och i loggfil. Den andra, fördjupade gaskartläggning utfördes 2018 till 2019. Totalt har gruvbranschen utfört 142 gasmätningar, med fördelningen:

- **Piloten år 2017:** 43 mätningar i underjordsgruvor.
- **Kartläggning år 2018–2019:** 79 mätningar i underjordsgruvor och 20 mätningar i dagbrott.

3.1 Deltagande företag

Deltagande företag i piloten och gaskartläggningen var:

- Mandalay Resources (Björkdal)
- LKAB (Kiruna)
- LKAB (Malmberget)
- LKAB (Svappavaara - dagbrott)
- Boliden Renström
- Boliden Kristineberg
- Boliden (Aitik - dagbrott)
- Lundin Mining (Zinkgruvan)
- Entreprenörer (Bergteamet och LTH)

3.2 Mätmetod

Arbetsgrupp Teknik i GRAMKO fastställde gemensamma arbetsinstruktioner (Bilaga 2) år 2017. Syftet var att säkerställa att mätansvariga inom respektive företag utförde sina mätningar på ett likartat sätt och med detta skulle antalet felkällor minska. Exponeringsmätningar har utförts med diffusionsprovtagare för kvävedioxid. Krav ställdes på att beställning och analys av diffusionsprovtagare skulle utföras av Svensk Arbetshygien AB och att mätning skulle utföras enligt instruktioner från Svensk Arbetshygien AB. Dessutom utfördes parallella mätningar för gaserna kolmonoxid och kvävedioxid genom att man skulle använda verksamhetens egna loggande mätinstrument *(Dräger X-am 5000, Honeywell's GasAlert Extreme och Dräger PAC 7000)*. Krav ställdes på att instrumenten skulle vara kalibrerade före mätning och att loggningsintervallet skulle vara 60 sekunder. Instrumenten och diffusionsprovtagare skulle placeras vid arbetstagarens andningszon, ca 23–30 cm från näsa och mun. Mättiden skulle vara minst 6 timmar. Kartläggning

har omfattat både underjordsgruvor och dagbrott. Arbetsgrupp Teknik beslutade att mäta på tre yrkesgrupper som utsetts mest för avgaser: bergarbeten (hela salvcykeln), lastning och media (till exempel montering kabel/rör, ventilation och el).

Mätansvarig (mättekniker/skyddsarbetare eller dylikt) noterade rådata i mätprotokollet (Bilaga 3), bland annat mätresultat (medel- och maximala värdet), typ av mätinstrument och uppgifter om arbetstagaren och arbetsplats. ”Intervjudelen” fylldes i gemensamt med arbetstagaren. Arbetstagaren fick själv bedöma kvaliteten på ventilationen (bra, acceptabel eller dålig) och påtala upplevda besvär med avgaser med mera. Samt skatta om det hade varit en normal arbetsdag.

Mätansvarig sammanställde all data inklusive mätresultat i en Excelfil (Bilaga 3) som skickades in till AG Teknik för en branschgemensam sammanställning och analys. Dessutom bifogades mätdata från de loggade mätinstrumenten. AG Teknik har vidarebefordrat filerna till IVL Svenska Miljöinstitutet för sammanställning i en gemensam Excelfil och analys.

3.2.1 Mätosäkerhet

Faktorer som kan påverka mätresultatet hos diffusionsprovtagaren för kvävedioxid är felaktig hantering, transport och förvaring. Val av analysmetod kan också påverka resultatet. Exempelvis har analysmetod som mäter kvävedioxid i en diffusionsprovtagare en mätosäkerhet på 10 procent (IVL, 2019). Mätresultatet påverkas också av klimatfaktorn lufttemperaturen, om differens är mer än 5 ^{0}C (IVL, 2018).

Faktorer som kan påverka mätresultatet hos mätinstrument för kvävedioxid och kolmonoxid är valet av sensor och dess effektivitet, förbrukning av mängden elektrolyt och kalibrering. En annan faktor är mätinstrumentets batterikapacitet och eventuell långtidsförvaring. Enligt Dräger kan mätvärdet i en ny elektrokemisk mätsensor variera med ±30 procent. Dessutom kan mätsensorn för en specifik gas påverkas av andra gaser som förekommer i omgivningen. Det vill säga att andra gaser stör mätresultatet (Dräger, 2018). Detta fenomen benämns som **korskänslighet**. Mätvärdet underskattas om korskänsligheten ger ett negativt värde. Mätvärdet kan också överskattas om korskänsligheten ger ett positivt värde. Exempel se bilaga 4. Mätvärdets noggrannhet påverkas också av klimatfaktorerna lufttemperatur och relativ luftfuktighet om det är en stor skillnad mellan den faktiska mätmiljön och miljön där kalibreringen har utförts (Dräger, 2018).

Drägers mätinstrument, X-am 5000 och X-am 5600 har två typer av elektrokemiska sensorer som mäter kvävedioxid, XXS och XXS LC.

Sensorn XXS för kvävedioxid har detektionsgränsen 0,2 ppm och upplösningen 0,1 ppm och mätosäkerheten är ≤ ± 2 % av mätvärdet. Tillverkaren har testat korskänslighet för ett antal gasers, vilka anges i manualen (Dräger 2018). Sensorn har en negativ korskänslighet för acetylen och svaveldioxid, men även andra ej testade gaser kan ge artefakter.

Sensorn XXS för kvävedioxid LC (Lågkoncentrationssensor) har detektionsgränsen 0,04 ppm, upplösningen 0,02 ppm och mätosäkerheten är ≤ ± 3 % av mätvärdet. Sensorn har en negativ korskänslighet för bl.a. svavelväte, ozon och svaveldioxid. Det är viktigt att följa tillverkarens förvaringsinstruktioner då den relativa luftfuktigheten under förvaring kan orsaka en förändring av sensorkänsligheten på grund av uttorkning.

Övriga faktorer som kan påverka mätresultaten är:

- Det är flera mätansvariga som ska tolka och följa arbetsinstruktioner, dokumentera data och hantera mätutrustning.
- Användningen av olika typer av mätinstrument (som inte kalibrerats mot varandra).
- Klimatfaktorerna lufttemperatur, luftfuktighet och lufttryck. Samt årstider och väderleksvariationer kan också påverka mätresultatet.

3.3 Sammanställning och analys

IVL Svenska Miljöinstitutet har sammanställt mätdata från sex underjordsgruvor och två dagbrott i Sverige i två separata Excelfiler:

- Mätdata (Mätdata_gaskartläggning 2017–2019_OK)
- Loggfiler (Loggfiler_gaskartläggning 2017–2019_OK)

Dessa filer ska överlämnas till Arbetsgrupp Teknik när rapporten är klar för leverans för vidare distribution till respektive medlemsföretag samt Industriarbetsgivarnas representant i Svemin.

Vid analys av mätdata har Excelfilen kontrollerats och justerats (Bilaga 7). Korrigeringar har utförts om det har funnits till exempel minusvärden från mätinstrument eller noteringar om borttappade diffusionsprovtagare och instrumentproblem.

IVL Svenska Miljöinstitutet har beräknat medelvärden och jämfört resultatet mot nivågränsvärdet för kvävedioxid samt kolmonoxid. Fokus har varit på resultaten från diffusionsprovtagare, då det är en vedertagen mätmetod för att kontrollera halten av kvävedioxid i arbetsmiljön. Vid överskridande av nivågränsvärdet för kvävedioxid med diffusionsprovtagare har data från mätinstrument och mätprotokoll för den aktuella händelsen granskats, för att identifiera orsaker bakom överskridandet. Detta har sedan sammanfattats i en fallbeskrivning (Bilaga 5). Även de fall där uppmätta halter har överskridit halva nivågränsvärdet har sammanställts (Bilaga 6), då dessa mätningar kan indikera en möjlig risk för överskridanden av nivågränsvärden.

För att analysera eventuella skillnader mellan diffusionsprovtagare och mätinstrument har IVL Svenska Miljöinstitutet gjort en regressionsanalys.

En preliminär version av rapporten har presenterats och diskuterats på AG-teknikmötet den 11 februari 2020. Representanter inom Arbetsgrupp Teknik har även gett synpunkter på rapporten.

4 Resultat och analys

Mätningarna har utförts i svenska underjordsgruvor och dagbrott år 2017–2019 och har analyserats per företag och per yrkesgrupp. I bilaga 5 finns fallbeskrivningar vid överskridande av nivågränsvärdet som redovisar bland annat vad för slags arbete som har utförts, och arbetstagarens uppfattning om troliga orsaker till överskridandet. I bilaga 6 finns en sammanställning av mätningar som har överskridit halva nivågränsvärdet.

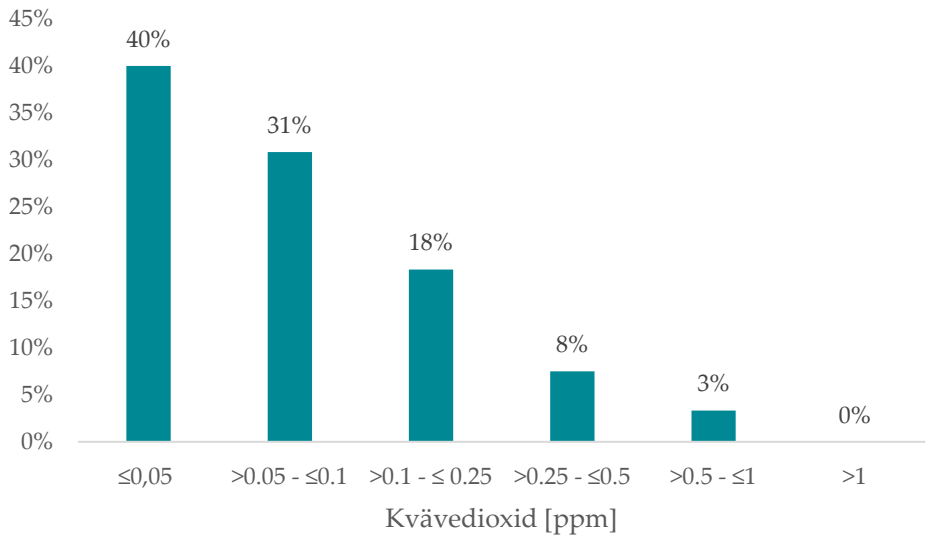
4.1 Exponering för kvävedioxid

För att undersöka hur exponeringen av kvävedioxid ser ut i svenska gruvor har en indelning i sex nivåer tagits fram:

1. Exponering ≤0,05 ppm under en tiondel av nivågränsvärdet.
2. Exponering >0,5ppm och ≤0,1 ppm—> under en femtedel av nivågränsvärdet.
3. Exponering >0,1 ppm och ≤0,25 ppm —> under halva nivågränsvärdet.
4. Exponering >0,25 ppm och ≤0,5 ppm —> över halva nivågränsvärdet.
5. Exponering >0,5 ppm och ≤ 1,0 ppm —> överskridande av nivågränsvärdet.
6. Exponering >1,0 ppm —> överskridande av nivågränsvärdet för underjordsgruvor.

4.1.1 Underjordsgruvor

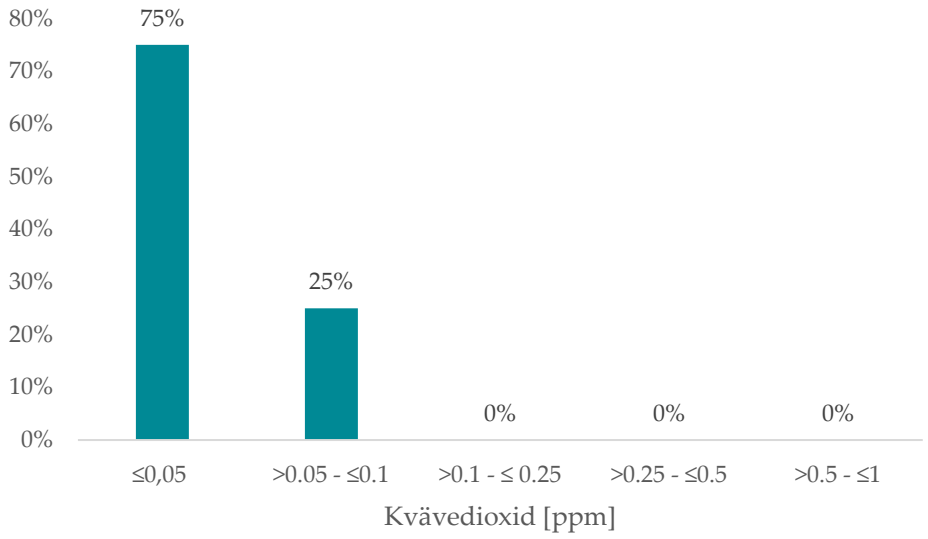
Gruvbranschen i Sverige har utfört 120 kvävedioxidmätningar med diffusionsprovtagare i underjordsgruvor. Det var tre procent av mätningarna som överskred nivågränsvärdet 0,5 ppm. 71 procent av mätningarna var under 0,1 ppm. Vid jämförelse mot gällande gränsvärden för underjordsgruvor var det ingen mätning som överskred gällande nivågränsvärde 1,0 ppm för kvävedioxid. Figur 1 redovisar mätresultaten utifrån indelningen ovan.



Figur 1. Redovisning av 120 kvävedioxidmätningar med diffusionsprovtagare utförda i svenska underjordsgruvor mellan år 2017–2019 utifrån indelningen.

4.1.2 Dagbrott

Gruvbranschen i Sverige har utfört 20 kvävedioxidmätningar med diffusionsprovtagare i dagbrott. Det var ingen mätning som överskred nivågränsvärdet. 100 procent av mätningarna var under 0,1 ppm. Dock noterades att ett mätinstrument påvisade ett överskridande av nivågränsvärdet medan diffusionsprovtagaren påvisade ett mycket lägre resultat. Figur 2 redovisar mätresultaten utifrån indelningen ovan.



Figur 2. Redovisning av 20 kvävedioxidmätningar med diffusionsprovtagare utförda i svenska dagbrott mellan åren 2018–2019 utifrån indelningen.

4.1.3 Exponering per gruva

Gruvbranschen i Sverige har utfört 140 kvävedioxidmätningar med diffusionsprovtagare på åtta arbetsställen, både i underjordsgruvor och i dagbrott. Resultaten redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning och beräkningar av resultat från 140 kvävedioxidmätningar i gruvbranschen, som redovisas med ett medelvärde för respektive arbetsställe.

Gruva/företag	Gruvtyp	Kvävedioxid [ppm]			Antal mätningar	Överskridande av NGV 0,5 ppm?
		Medelvärde	Standard-avvikelse	Maxvärde		
Boliden/ Aitik	Dagbrott	0,04	± 0,02	0,07	16	Nej
Mandalay Resources/ Björkdal	Underjord	0,22	± 0,16	0,65	18	*Ja*[1)]
LKAB/ Kiruna	Underjord	0,16	± 0,19	0,64	26	*Ja*[2)]
Boliden/ Kristineberg	Underjord	0,06	± 0,03	0,13	16	Nej
LKAB/ Malmberget	Underjord	0,06	± 0,04	0,21	26	Nej
Boliden/ Renström	Underjord	0,13	± 0,08	0,34	15	Nej
LKAB/ Svappavaara	Dagbrott	0,00	± 0,00	0,01	4	Nej
Lundin Mining/ Zinkgruvan	Underjord	0,06	± 0,03	0,18	21	Nej

1) *En mätning i Björkdal har överskridit nivågränsvärdet 0,5 ppm.*
2) *Tre mätningar i Kiruna har överskridit nivågränsvärdet 0,5 ppm.*

Nedan följer en lista med de mätningar som påvisade ett överskridande av nivågränsvärdet 0,5 ppm:

- Björkdal, lastning av malm (Lastning), se bilaga 5 och fallbeskrivning 2.
- Kiruna, en schaktarbetare (Övrigt), se bilaga 5 och fallbeskrivning 3.
- Kiruna, dubbhållsborrning (Media), se bilaga 5 och fallbeskrivning 4.
- Kiruna, väg media (Media), se bilaga 5 och fallbeskrivning 5.

4.1.4 Yrkesgrupper i underjordsgruvor

Sammanställningen per yrkesgrupper i underjordsgruvor påvisar att medelvärdet är under halva nivågränsvärdet för kvävedioxid (0,5 ppm), se tabell 2. Nivågränsvärdet överskreds vid totalt 4 tillfällen av 118, fördelat på yrkeskategorierna lastning, media och övrigt.

Tabell 2. Sammanställning av kvävedioxid för fyra yrkeskategorier i svenska underjordsgruvor mellan åren 2017 till 2019. Antal diffusionsmätningar var 118.

Yrkesgrupper	Kvävedioxid [ppm]			Antal mätningar
	Medelvärde	Standard-avvikelse	Maxvärde	
Bergarbete	0,09	± 0,06	0,23	32
Lastning	0,12	± 0,13	0,65	40
Media	0,13	± 0,14	0,64	31
Övrigt	0,13	± 0,15	0,58	15

4.1.5 Yrkesgrupper i dagbrott

Sammanställningen per yrkesgrupper i dagbrott mellan år 2018 till 2019 påvisar att medelvärdet är mycket under halva nivågränsvärdet för kvävedioxid (0,5 ppm), se tabell 3. Observera att inga mätningar har utförts på yrkesgrupperna media och övrigt.

Tabell 3. Sammanställning av kvävedioxid för fyra yrkeskategorier i svenska dagbrott mellan åren 2018 till 2019; medelvärde, standardavvikelse, högsta uppmätta exponeringsvärdet mätningar för fyra olika yrkeskategorier i svenska dagbrott. Antal diffusionsmätningar var 20 st.

Yrkesgrupper	Kvävedioxid [ppm]			Antal mätningar
	Medelvärde	Standard-avvikelse	Maxvärde	
Bergarbete	0,04	± 0,02	0,07	17
Lastning	0,03	± 0,01	0,05	3
Media	-	-	-	0
Övrigt	-	-	-	0

4.1.6 Möjliga orsaker till överskridande av nivågränsvärdet

Enligt arbetstagarna är den vanligaste orsaken till ett överskridande avgaser från förbränningsmotorer, från eget fordon eller från andra fordon som är verksamma i området och detta i kombination med bristfällig ventilation. Dessutom kan förekomsten av spränggaser öka på exponeringen i kombination med bristfällig ventilation och ej fullgod utvädring.

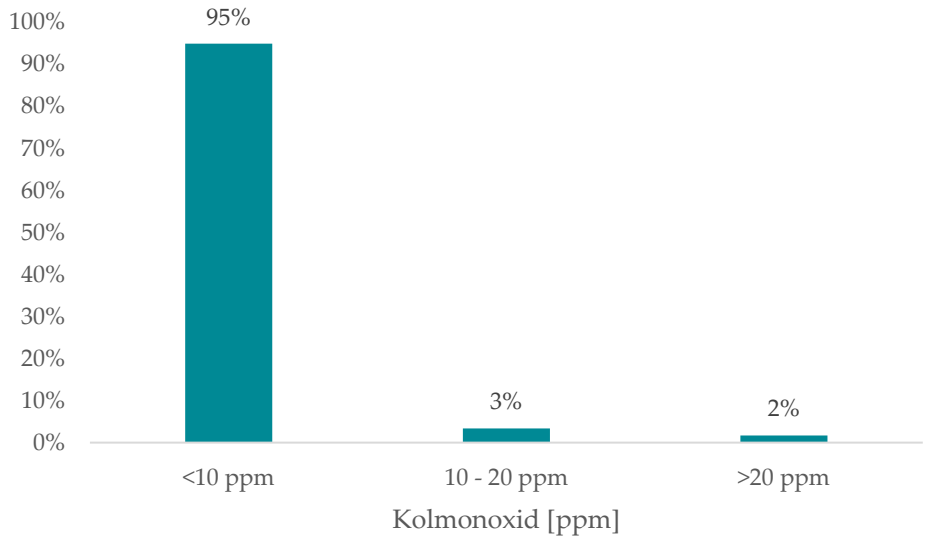
4.2 Exponering för kolmonoxid

För att undersöka hur exponeringen av kolmonoxid ser ut i svenska gruvor har en indelning i tre nivåer tagits fram:

1. Exponering <10 ppm —> under halva nivågränsvärdet
2. Exponering 10 - 20 ppm —> över halva nivågränsvärdet.
3. Exponering >20 ppm —> överskridande av nivågränsvärdet.

4.2.1 Underjordsgruvor

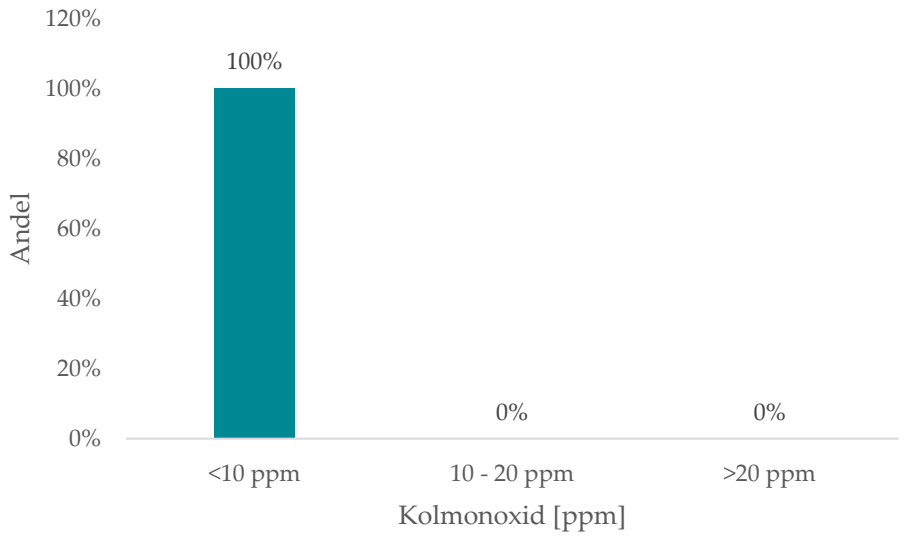
Gruvbranschen i Sverige har utfört 119 kolmonoxidmätningar med mätinstrument i underjordsgruvor mellan åren 2017–2019. I underjordsgruvorna var det 2 procent (två mätningar) som överskred nivågränsvärdet 20 ppm. Övriga 95 procent av mätningarna (113 mätningar) var under halva nivågränsvärdet 10 ppm. Figur 3 redovisar mätresultatet utifrån indelningen ovan.



Figur 3. Redovisning av 119 kolmonoxidmätningar med mätinstrument utförda i svenska underjordsgruvor mellan åren 2017–2019 utifrån indelningen

4.2.2 Dagbrott

Gruvbranschen i Sverige har utfört 17 kolmonoxidmätningar med mätinstrument i dagbrott mellan år 2018–2019. I dagbrotten var det ingen mätning som överskred nivågränsvärdet 20 ppm. Alla mätningar var under 10 ppm, se figur 4.



Figur 4. Redovisning av 17 kolmonoxidmätningar med mätinstrument utförda i svenska dagbrott mellan åren 2018–2019 utifrån indelningen.

4.2.3 Respektive gruvföretag

Gruvbranschen i Sverige har utfört 136 kolmonoxidmätningar med mätinstrument på åtta olika arbetsställen, både i underjordsgruvor och i dagbrott. Tabell 4 redovisar medverkande gruvföretag, typ av gruva, medelvärdet av kolmonoxidexponeringen, standardavvikelsen och det

högsta uppmätta exponeringsvärdet, antalet mätningar och om det fanns tillfällen då nivågränsvärdet 20 ppm har överskridits.

Tabell 4. Sammanställning och beräkningar av 136 kolmonoxidmätningar i gruvbranschen, som redovisas ett medelvärde för respektive medverkande gruvföretag.

Gruva/företag	Gruvtyp	Kolmonoxid [ppm]			Antal mätningar	Överskridande av NGV 20 ppm?
		Medelvärde	Standard-avvikelse	Maxvärde		
Boliden/ Aitik	Dagbrott	0,4	± 0,8	2,5	13	Nej
Mandalay Resources/ Björkdal	Underjord	1,8	± 4,7	35,2	18	Ja[1)]
LKAB/ Kiruna	Underjord	2,1	± 5,0	16,7	26	Nej
Boliden/ Kristineberg	Underjord	1,2	± 2,3	8,4	16	Nej
LKAB/ Malmberget	Underjord	2,8	± 6	27,6	23	Ja[2)]
Boliden/ Renström	Underjord	2,2	± 2,6	7,3	15	Nej
LKAB/ Svappavaara	Dagbrott	0,4	± 0,5	0,9	4	Nej
Lundin Mining/ Zinkgruvan	Underjord	1,4	± 3,5	10,5	21	Nej

1) *En mätning i Björkdal har överskridit nivågränsvärdet 20 ppm.*
2) *En mätning i Malmberget har överskridit nivågränsvärdet 20 ppm.*

Lista med mätningar som påvisade ett överskridande av nivågränsvärdet 20 ppm:

- Malmberget, förstärkning (Bergarbete), se bilaga 5 och fallbeskrivning 1
- Björkdal, lastning av malm (Lastning), se bilaga 5 och fallbeskrivning 2

4.2.4 Yrkesgrupper i underjordsgruvor

Sammanställningen per yrkeskategori i underjordsgruvor påvisar att medelvärdet är mycket under halva nivågränsvärdet för kolmonoxid (20 ppm), se tabell 5. Det var två enskilda mätningar inom yrkeskategorierna lastning och bergarbete som överskred nivågränsvärdet 20 ppm.

Tabell 5. Sammanställning av kolmonoxidmätningar för fyra yrkeskategorier i svenska underjordsgruvor mellan åren 2017 till 2019. Antal mätningar med instrument var 119.

Yrkesgrupper	Kolmonoxid [ppm]			Antal mätningar
	Medelvärde	Standardavvikelse	Maxvärde	
Bergarbete	1,7	± 5,1	27,6	31
Lastning	4,3	± 6,4	35,2	42
Media	0,8	± 1	4,3	31
Övrigt	1,2	± 1,5	4,1	15

4.2.5 Yrkesgrupper i dagbrott

Sammanställningen per yrkeskategori i dagbrott påvisar att medelvärdet ligger mycket under halva nivågränsvärdet för kolmonoxid (20 ppm), se tabell 6. Inga mätningar har utförts på yrkesgrupperna Media och Övrigt.

Tabell 6. Sammanställning av kolmonoxidmätningar för fyra yrkeskategorier i svenska dagbrott mellan åren 2018 till 2019. Antal mätningar var 17.

Yrkesgrupper	Kolmonoxid [ppm]			Antal mätningar
	Medelvärde	Standardavvikelse	Maxvärde	
Bergarbete	0,5	± 0,8	2,5	14
Lastning	0	± 0,03	0,1	3
Media	-	-	-	0
Övrigt	-	-	-	0

4.2.6 Möjliga orsaker till överskridande av nivågränsvärdet

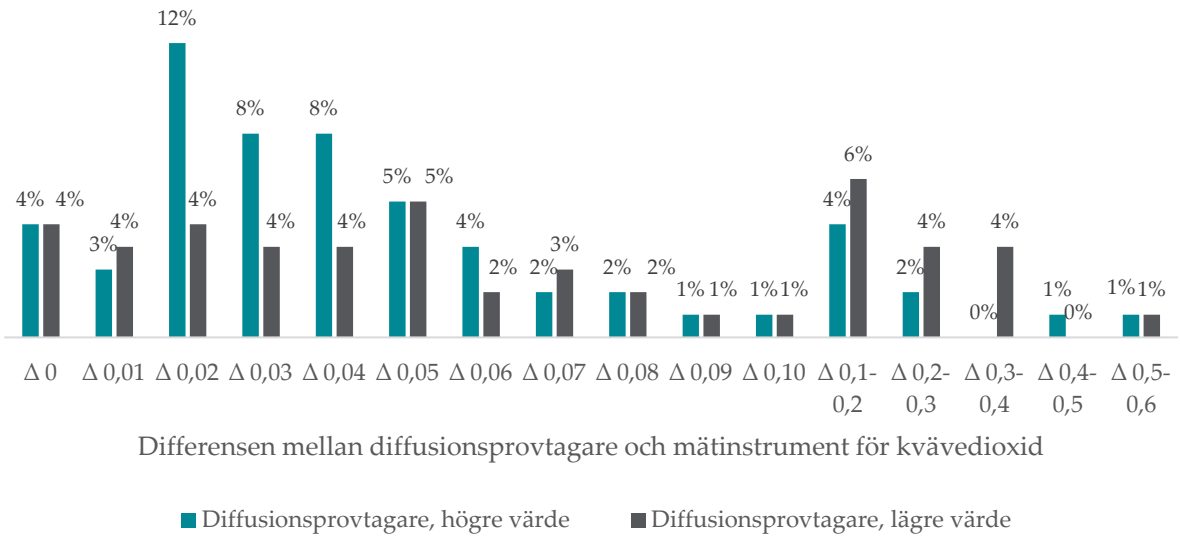
Enligt arbetstagarna var den vanligaste orsaken till ett överskridande av nivågränsvärdet; dålig ventilation eller att maskinen hade en trasig avgasrening. Övriga orsaker till höga gashalter var avgaser från förbränningsmotorer, från det egna fordonet eller från andra fordon som är verksamma i området och i kombination med bristfällig ventilation. Dessutom ökade exponeringen vid förekomsten av spränggaser i kombination med bristfällig ventilation och ej fullgod utvädring.

4.3 Jämförelse diffusionsprovtagare och mätinstrument vid mätning av kvävedioxid

Utgångspunkten är antagandet att diffusionsprovtagaren påvisar ett korrekt mätresultat. Frågan är om det är en skillnad mellan diffusionsprovtagarens och mätinstruments mätresultat?

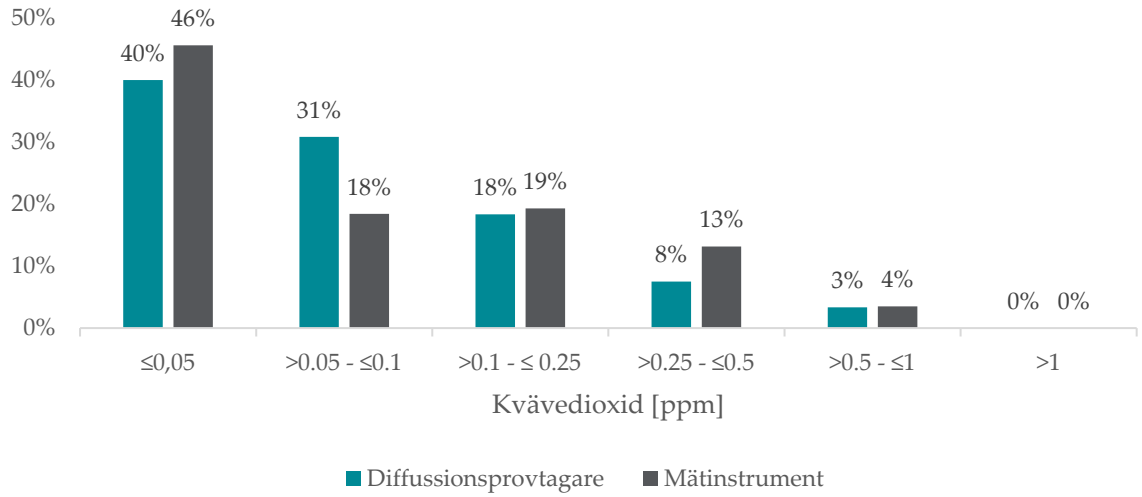
Av 113 kvävedioxidmätningar som har utförts i underjordsgruvor med både diffusionsprovtagare och mätinstrument var det (figur 5):

- **5 mätningar (4 %)** där både diffusionsprovtagaren och mätinstrumentet påvisar samma resultat, dvs. differensen är noll ($\Delta=0$)
- **59 mätningar (52 %)** där diffusionsprovtagaren påvisade ett högre resultat ($\Delta>0$), dvs differensen är positiv
- **44 mätningar (ca 44 %)** där diffusionsprovtagaren påvisade ett lägre resultat ($\Delta<0$), differensen är negativ

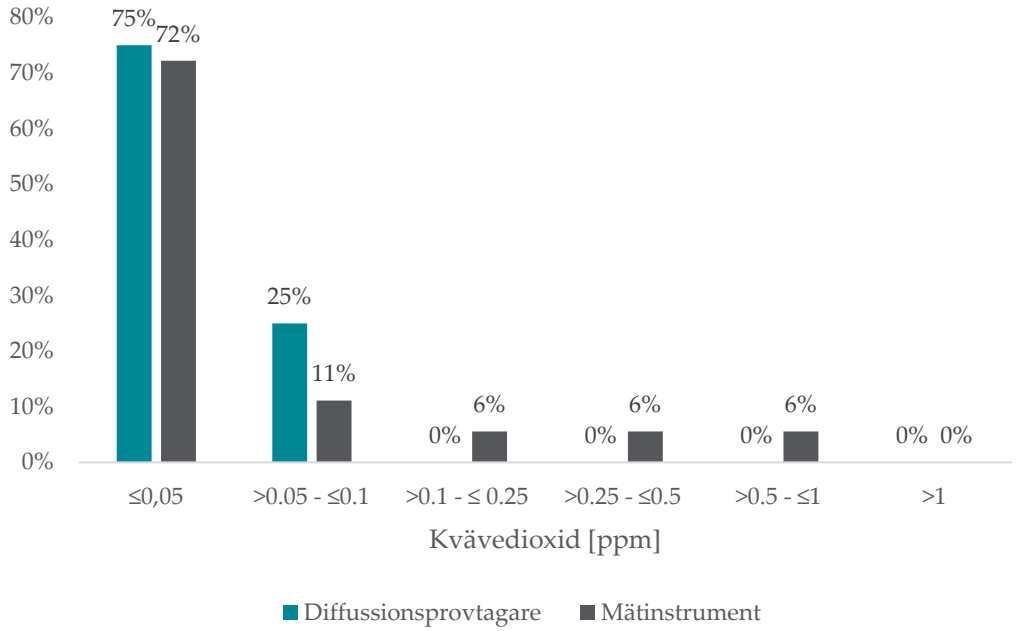


Figur 5. Differensen mellan diffusionsprovtagare och mätinstrument (Totalt 113 mätningar i underjordsgruvor). Fyra procent av mätningarna som påvisade samma resultat, varav 52 % av mätningarna påvisade diffusionsprovtagaren ett högre värde än mätinstrumentet och 44 % av mätningarna påvisade diffusionsprovtagaren ett lägre värde än mätinstrumentet.

För att undersöka om det finns en skillnad diffusionsprovtagare (120 mätningar) och mätinstrument (114 mätningar) för kvävedioxid i underjordsgruvor utfördes en analys utifrån indelningen med sex nivåer av exponeringen, se figur 6. Samma undersökning utfördes på mätresultaten från diffusionsprovtagare (20 mätningar) och mätinstrument (18 mätningar) för kvävedioxid i dagbrott, se figur 7. Här påvisade att en mätning med mätinstrument påvisade ett eventuellt överskridande av nivågränsvärdet. Det var en bergarbetare i Aitik som hade enligt mätinstrumentet 0,6 ppm. Vid kontroll av mätresultatet från diffusionsprovtagaren påvisades att bergarbetaren hade en exponering på 0,04 ppm, och bedömningen är att det inte var något överskridande.



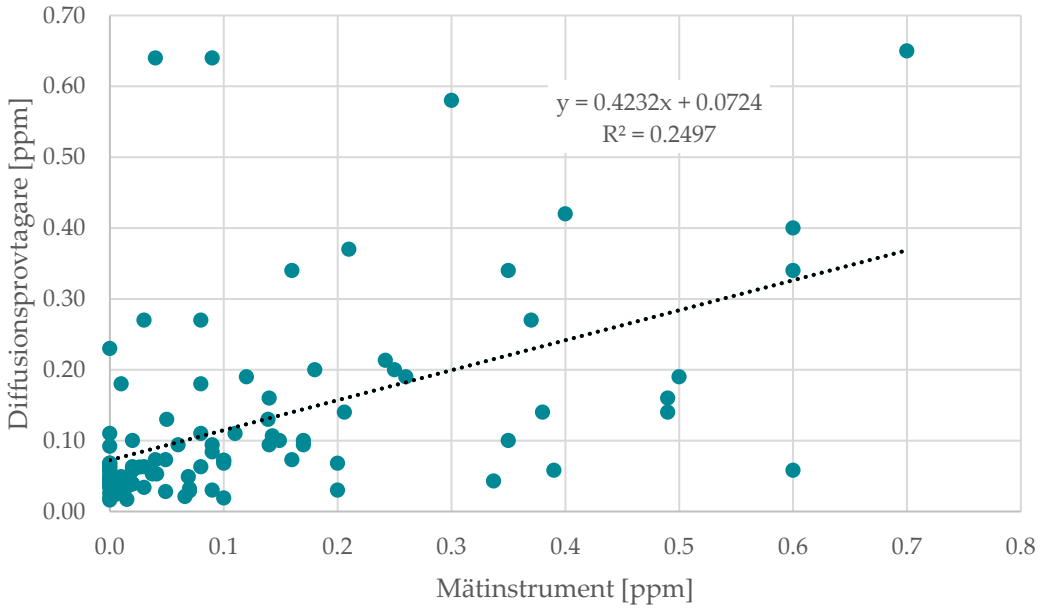
Figur 6. En jämförelse med fördelning av kvävedioxidhalterna med diffusionsprovtagare (120 mätningar) och mätinstrument (114 mätningar) i underjordsgruvor.



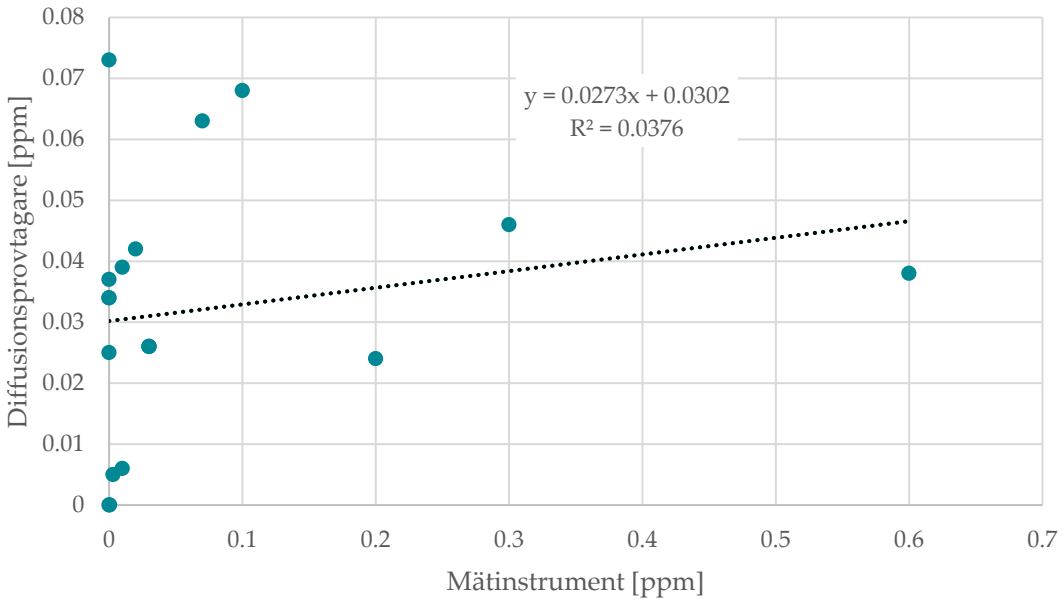
Figur 7. En jämförelse med fördelning av kvävedioxidhalterna med diffusionsprovtagare (20 mätningar) och mätinstrument (18 mätningar) i dagbrott.

För att se om mätvärdena från de direktvisande instrumenten och diffusionsprovtagarna överensstämde med varandra gjordes en regressionsanalys. En linjär modell har använts för att beskriva sambandet mellan diffusionsprovtagare och direktvisande instrument. Det kallar man linjär regression eller regressionsanalys. Två variabler som jämförs har en perfekt relation; när en variabel rör sig högre eller lägre och den andra variabeln rör sig i samma riktning med samma storlek. R^2 är ett mått på hur väl mätvärdena överensstämmer med varandra. R^2 har ett värde mellan 0 och 1. Ju närmare 1 desto större överensstämmelse. En avläsning av R^2 över 0,50 visar en stark positiv överensstämmelse av variablerna. $R^2 > 0,5$ ganska starkt samband medan ett värde <0,5 visar ett ganska svagt samband.

I denna analys har mätvärdena delades upp i två grupper en för underjordsgruvor och en för dagbrott. Resultatet redovisas i figur 8 och 9. I underjordsgruvor är R^2 0,25 och dagbrott är R^2 0,04.



Figur 8. En jämförande analys av kvävedioxid [ppm] mellan mätinstrument och diffusionsprovtagare. Mätningar utförda i underjordsgruvor.



Figur 9. En jämförande analys av kvävedioxid [ppm] mellan mätinstrument och diffusionsprovtagare. Mätningar utförda i dagbrott.

5 Slutsatser och diskussioner

Huvudsyftet med uppdraget var att undersöka gruvarbetares exponering för kvävedioxid och jämföra mätresultatet mot det aktuella gränsvärdet 0,5 ppm. Underjords- och tunnelarbete har beviljats en övergångsperiod fram till augusti 2023 gällande gränsvärdet för kvävedioxid och kolmonoxid i avgaser.

Mätresultatet kan påverkas av olika faktorer bland annat mätosäkerheten, typ av mätmetodik, typ av provtagningsmedium och olika typer av klimatfaktorer. Dessutom kan mätresultaten påverkas av hur man hanterar diffusionsprovtagaren och mätinstrumentet, före, under och efter mätning. Dessutom har sensorerna till mätinstrumenten en korskänslighet med andra gaser, det vill säga att andra gaser kan störa mätresultatet och det resulterar till att mätresultatet kan antingen underskattas eller överskattas. (Dräger, 2018). Rapporten har redovisat exempel på gaser som kan orsaka korskänslighet för Drägers sensorer (Se bilaga 4).

5.1 Underjordsgruvor

Kartläggningen har påvisat att det kan finnas risk att nivågränsvärdet för kvävedioxid (0,5 ppm) och kolmonoxid (20 ppm) kan överskridas i underjordsmiljöer. I underjordsgruvor måste tilluft tillföras med god luftkvalitet med hjälp av ventilationssystem. Tilluften tas från uteluften via ventilationsschakt ner till olika nivåer i gruvan och sen vidare ut till arbetsområden.

Arbetsmiljön i underjordsgruvor är i en ständig förändringsprocess på grund av exempelvis varierande produktion och tillredning, eller tillbyggnad och underhåll av ventilationssystem. Dessutom måste hänsyn tas till att flertalet förbränningsmotorer kan förekomma på arbetsområdet, att det kan förekomma spränggaser samt att åtgärder som ventilation eller avgasrening kan vara bristfällig. Arbetsgivaren måste ha i åtanke att det förekommer stora variationer av gashalter. Denna kartläggning har visat att det förekommit tillfällen med höga gashalter och överskridanden av nivågränsvärden för arbetstagaren.

Gruvföretagen har erfarenhet med arbetat med att minska exponeringen genom

- att utföra riskbedömningar.
- att säkerställa god ventilation till arbetsområdet.
- att arbetstagaren arbetar från hytt med korrekt filter.
- att utbilda arbetstagare om t.ex. hur gasvarnare och ventilation fungerar och vilka rutiner som gäller.
- att ha system för avvikelserapportering om gasvarnaren larmar, bristfällig eller trasig ventilation med mera.
- egenkontroll, dvs. utföra planerade gasmätningar på olika yrkesgrupper eller arbetsplatser.

Med försiktighetsprincipen i åtanke och att man inte vet vilka gashalter man exponeras för vid ett arbetsmoment, så bör man anta att det finns en ökad risk för en ohälsosam gasexponering och man vidtar åtgärder därefter. Det är viktigt att arbetsgivaren kontinuerligt arbetar proaktivt, strävar mot så låga gasexponeringar som möjligt genom att säkerställa god ventilation samt minska utsläpp från fordon och maskiner. Dessutom säkerställa att både chefer och arbetstagare har kunskaper om gaser och vad för slags skyddsåtgärder det finns för att säkerställa låga

gasexponeringar. Dessutom är det viktigt att arbetsgivaren utför mätningar för att kontrollera och säkerställa att arbetsmiljön är acceptabel.

5.2 Dagbrott

Det är svårt att dra slutsatser om exponering för kvävedioxid och kolmonoxid i dagbrott då det bara har utförts ett fåtal mätningar. Dagbrott har en annan typ av arbetsmiljö jämfört med underjordsgruvor. I dagbrott finns det direkt tillgång till uteluft. Dock kan luftkvaliteten i dagbrotten påverkas av bland annat antalet förbränningsmotorer på arbetsområdet och rådande klimatförhållande, till exempel inversion.

5.3 Vanliga orsaker vid överskridande av nivågränsvärdet

Enligt kommentarer från arbetstagarna som har medverkat i denna kartläggning är de vanligaste orsakerna till höga avgashalter är bristfällig ventilation och avgaser från förbränningsmotorer (från eget fordon eller från andra fordon som är verksamma i samma område). När det gäller höga halter av spränggaser är det en kombination av bristfällig ventilation och ej fullgod utvädring.

5.4 Diffusionsprovtagare vs mätinstrument

Undersökningen har inte tagit hänsyn till vad för märke det var på mätinstrumentet. De flesta mätinstrument var från Dräger. Studien visar att diffusionsprovtagare och mätinstrumenten inte ger jämförbara resultat. Utgående från att diffusionsprovtagarna visar korrekt resultat, kan mätinstrumenten både överskatta och underskatta halterna.

Det finns flera variabler som kan ha påverkat resultatet av analysen av mätdata från mätinstrument och diffusionsprovtagare. Få mätpunkter i dagbrotten ger en osäkerhet i den jämförande analysen. Loggningsintervallet på instrumentet var 30–60 sekunder, vilket kan betyda att snabba förändringar i miljön missats. Ett medelvärde kan i detta fall vara missvisande.

Utifrån de resultat som analyserats är det dock klart att sambandet mellan mätdata från mätinstrument och diffusionsprovtagare är svagt.

Inför investering av mätinstrument (gasvarnare) rekommenderas att arbetsgivaren sammanställer en lista med typ av gaser som kan förekomma i arbetsmiljön samt göra en grov uppskattning om gashalternas koncentration. Kontakta instrumenttillverkaren, informera om vilka gaser som förekommer i er arbetsmiljö och diskutera frågan om sensorernas korskänslighet. När det gäller val av loggningsintervall på mätinstrumentet kan detta också påverka mätresultatet, ju tätare loggningsintervall desto noggrannare blir resultatet.

Fördelen med direktvisande mätinstrument är att man får hög tidsupplösning och kan se vilka arbetsmoment som bidrar mest till exponeringen. Om det inte skiljer sig alltför mycket från verkligheten kan det också ge ett väldigt snabbt resultat jämfört mot diffusionsprovtagarna.

Dessutom är det viktigt att arbetsgivaren utför mätningar för att kontrollera och säkerställa att inga gränsvärden överskrids. Vid planerade arbetsmiljömätningar med syfte att kontrollera nivågränsvärdet för kvävedioxid föreslås en kombinerad mätning med både diffusionsprovtagare och mätinstrument.

6 Referenser

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Berg- och gruvarbete (AFS 2010:1). Stockholm: Arbetsmiljöverket.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden (AFS 2018:1). Stockholm: Arbetsmiljöverket.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden (AFS 2015:7), upphävd augusti 2018. Stockholm: Arbetsmiljöverket.

Arbetsmiljöverket. (2016). Arbetsmiljöverket utreder gränsvärden för dieselavgaser. Hämtad 2019-11-01 från https://www.av.se/nyheter/2016/arbetsmiljoverket-utreder-gransvarden-for-dieselavgaser/?hl=h%C3%A4lsoeffekter%20avgaser

Dräger Technology for Life. (2018). DrägerSensor® & Portable Instruments Handbook 4th Edition. Hämtad 2019-11-01 från https://www.draeger.com/Library/Content/sensors-ca-br-9046571-en.pdf

IVL Svenska Miljöinstitutet. (2020). Analys av luft, kvävedioxid. Hämtad 2020-01-03 från https://www.ivl.se/sidor/lab--analys/miljo/luft.html

Johansson, G. Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet. (2016). Dieselavgaser en hälsorisk i arbetsmiljön. Hämtad 2019-11-01 från https://news.cision.com/se/karolinska-institutet/r/dieselavgaser-en-halsorisk-i-arbetsmiljon,c2018697

Kommissionens direktiv (EU) 2017/164 den 31 januari 2017 om en fjärde förteckning över indikativa yrkeshygieniska gränsvärden enligt rådets direktiv 98/24/EG och om ändring av kommissionens direktiv 91/322/EEG, 2000/39/EG och 2009/161/EU. Hämtad 2019-11-01 från https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017L0164&from=SV

Svemin – branschorganisationen för gruvor, mineral- och metallproducenter i Sverige. (2017). Nya hygieniska gränsvärden på gång för NOx och CO. Hämtad 2019-11-01 från https://www.svemin.se/aktuellt/nyhet/arbetsmiljo/nya-hygieniska-gransvarden-pa-gang-for-nox-och-co/

Taxell, P & Santonen, T. (2016). The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risk from Chemicals and the Dutch Expert Committee on Occupational Safety. 149. Diesel Engine Exhaust. Hämtad 2020-01-28 från https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/44340/1/gupea_2077_44340_1.pdf

Bilagor

Bilaga 1: Hygieniska gränsvärden för kvävedioxid och kolmonoxid

Enligt föreskrifterna om Hygieniska gränsvärden (AFS 2018:1) ska arbetsgivaren kontrollera halten av luftföroreningar genom att bedöma exponeringen och vid behov genomföra mätning av exponering (AFS 2018:1, 5 §). Det ställs kunskapskrav på de individer som planerar, genomför, sammanställer och analyserar mätningarna (AFS 2018:1, 6 §). Samverkan ska ske mellan arbetsgivare, berörda arbetstagare och skyddsombud (AFS 2018:1, 7 §). Mätningen ska utföras enligt fastställd metodik (AFS 2018:1, 8–9 §§). Mätresultaten och övriga uppgifter ska dokumenteras i en mätrapport (AFS 2018:1, 10 §). Om mätningen påvisar att det hygieniska gränsvärdet överskrids, ska åtgärder vidtas för att sänka exponeringen och minska risken (AFS 2018:1, 11 §).

I underjordsgruvor är källor till kolmonoxid och kvävedioxid framförallt förbränningsmotorer och spränggaser. Enligt föreskrifterna Berg- och gruvarbete (AFS 2010:1, 14–15 §§) får endast dieselmotorer användas. Utryckningsfordon är undantaget, dessa får vara bensin-, etanol- eller gasdrivna. Arbetsgivaren ska undersöka gruvarbetarnas exponering för gaserna kolmonoxid och kvävedioxid ska mätresultatet jämföras mot aktuella nivågränsvärden.

I tabell 1 finns information om aktuella nivågränsvärden för kvävemonoxid, kvävedioxid och kolmonoxid (AFS 2018:1) som trädde ikraft augusti 2018. I tabell 2a och 2b finns information om tidigare nivågränsvärden för kvävemonoxid, kvävedioxid och kolmonoxid (AFS 2015:17) som upphävdes augusti 2018.

Tabell 1. Information om aktuella nivågränsvärden för kvävemonoxid, kvävedioxid och kolmonoxid enligt föreskrifterna om, Hygieniska gränsvärden (AFS 2018:1).

Aktuella föreskrifter (AFS 2018:1)	Kolmonoxid (CO)	Kvävedioxid (NO_2)	Kvävemonoxid (NO)
Nivågränsvärde (NGV) i ppm	20 ppm	0,5 ppm	2 ppm
Nivågränsvärde (NGV) i mg/m³	23 mg/m³	0,96 mg/m³	2,5 mg/m³
Korttidsgränsvärde (KGV) i ppm	100 ppm	1 ppm	-
Korttidsgränsvärde (KGV) i mg/m³	117 mg/m³	1,9 mg/m³	-
Anmärkning	B, R		
Noter	Not. 35	Not. 35	Not. 35
B: *Ämnet kan orsaka hörselskada. Exponering för ämnet nära det befintliga yrkeshygieniska gränsvärdet och vid samtidig exponering för buller nära insatsvärdet 80 dB kan orsaka hörselskada.*			
R: *Ämnet är reproduktionsstörande. Med reproduktionsstörande ämnen avses ämnen som kan medföra skadliga effekter på fortplantningsförmågan eller avkommans utveckling. Se även föreskrifterna om kemiska arbetsmiljörisker och om gravida och ammande arbetstagare.*			

Notering 35: *När det gäller underjord- eller tunnelarbete träder gränsvärdena för kolmonoxid, kvävedioxid och kvävemonoxid i kraft först 21 augusti 2023. Fram till dess gäller gränsvärden enligt följande för indikatorsubstanserna kvävedioxid 1 ppm och kolmonoxid 20 ppm som återfinns i avgaser (AFS 2018:1).*

Tabell 2a. Information om tidigare nivågränsvärden för gaserna kvävemonoxid, kvävedioxid och kolmonoxid enligt upphävda föreskrifterna om Hygieniska gränsvärden (AFS 2015:17).

Upphävda föreskrifter (AFS 2015:17) om gaser	Kolmonoxid (CO)	Kvävedioxid (NO_2)	Kvävemonoxid (NO)
Nivågränsvärde (NGV) i ppm	35 ppm	2 ppm	25 ppm
Nivågränsvärde (NGV) i mg/m³	40 mg/m³	4 mg/m³	30 mg/m³
Korttidsgränsvärde (KGV) i ppm	100 ppm	5 ppm	50 ppm
Korttidsgränsvärde (KGV) i mg/m³	120 mg/m³	10 mg/m³	60 mg/m³
Anmärkning	B, R, V		V
Noter			
B: *Ämnet kan orsaka hörselskada. Exponering för ämnet nära det befintliga yrkeshygieniska gränsvärdet och vid samtidig exponering för buller nära insatsvärdet 80 dB kan orsaka hörselskada.*			
R: *Ämnet är reproduktionsstörande. Med reproduktionsstörande ämnen avses ämnen som kan medföra skadliga effekter på fortplantningsförmågan eller avkommans utveckling. Se även föreskrifterna om kemiska arbetsmiljörisker och om gravida och ammande arbetstagare.*			
V: *Vägledande korttidsgränsvärde, ska användas som ett rekommenderat högsta värde som inte bör överskridas.*			
Notering 35: *När det gäller underjord- eller tunnelarbete träder gränsvärdena för kolmonoxid, kvävedioxid och kvävemonoxid i kraft först 21 augusti 2023. Fram till dess gäller gränsvärden enligt följande för indikatorsubstanserna kvävedioxid 1 ppm och kolmonoxid 25 ppm som återfinns i avgaser (AFS 2018:1).*			

Tabell 2a. Information om tidigare nivågränsvärden för indikatorsubstanserna kvävedioxid och kolmonoxid i avgaser enligt upphävda föreskrifterna om Hygieniska gränsvärden (AFS 2015:17).

Upphävda föreskrifter (AFS 2015:17) om avgaser - indikatorsubstanser	Som kolmonoxid (CO)	Som kvävedioxid (NO_2)
Nivågränsvärde (NGV) i ppm	20 ppm	1 ppm
Nivågränsvärde (NGV) i mg/m³	25 mg/m³	2 mg/m³
Korttidsgränsvärde (KGV) i ppm	-	-
Korttidsgränsvärde (KGV) i mg/m³	-	-
Anmärkning		
Noter	5	5
Notering 5: *Tabellens särskilda gränsvärden för kvävedioxid och kolmonoxid är avsedda att ta hänsyn till den samlade effekten av de ämnen som förekommer i avgaser inklusive cancerframkallande ämnen. Dessa ämnen används alltså som indikatorsubstanser. Exponeringen ska vara godtagbar med hänsyn till båda värdena. Det är troligt att*		

kolmonoxidvärdet blir dimensionerande vid exponering för avgaser från bensin- och gasoldrivna motorer, medan kvävedioxidvärdet får motsvarande funktion för
dieselavgaser. Däremot ska man inte räkna hygienisk effekt mellan kolmonoxid och kvävedioxid (se föreskrifterna om kemiska arbetsmiljörisker) (AFS 2015:7).

Bilaga 2: Arbetsinstruktioner för gaskartläggning i gruvbranschen

Arbetsinstruktionerna i denna bilaga har tagits fram av GRAMKO:s arbetsgrupp Teknik.

1. Bakgrund

Europeiska kommissionen har den 31 januari 2017 beslutat (Kommissionens direktiv 2017/164/EU) om nya och ändrade hygieniska gränsvärden för kolmonoxid (CO), kvävedioxid (NO_2) kvävemonoxid (NO). Inom svensk lagstiftning implementeras förändringarna i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Hygieniska gränsvärden. Arbetsmiljöverket kommer endast fastställa ett gränsvärde för gaserna kolmonoxid samt kvävedioxid jämfört med dagens två gränsvärden (gas och avgas/indikatorsubstans). Beslutet implementeras i den svenska lagstiftningen och börjar gälla från och med 21 augusti 2018. EU:s rådgivande kommitté för arbetsmiljöfrågor har uttryckt tveksamhet när det gäller praktiskt mätbarhet på de föreslagna/fastställda hygieniska gränsvärdena. För underjords- och tunnelarbete har kommissionen därmed beviljat en övergångsperiod gällande CO, NO_2 och NO till och med 21 augusti 2023, fram till dess gäller Sveriges nuvarande nivågränsvärden (se tabell 1).

Tabell 1. Översikt hygieniska gränsvärden idag samt beslutade ändringar.

Gas	Nivågränsvärde (8h) (AFS 2015:7)	Beslutat nivågränsvärde (8h)	Korttidsgränsvärde (15 min) (AFS 2015:7)	Beslutat korttidsgränsvärde (15 min)
Kvävedioxid [NO_2]	2 ppm	**0,5 ppm**	5 ppm	**1 ppm**
Kvävedioxid [NO_2] som indikatorsubstans i avgaser	1 ppm			
Kolmonoxid [CO]	35 ppm	**20 ppm**	100 ppm	**100 ppm**
Kolmonoxid [CO] som indikatorsubstans i avgaser	20 ppm			
Kväveoxid [NO]	25 ppm	**2 ppm**	50 ppm	

I underjordsgruvor är källor till CO och NO_2 framförallt förbränningsmotorer och spränggaser.

2. Aktuellt

En tidsplan för gaskartläggningen finns i bilaga 1.

2.1 Euromines base line study

Euromines är en branschorganisation som företräder metall- och mineralindustrins inom EU och är bland annat aktiva i en arbetsmiljögrupp till EU-kommisionen som hanterar arbetsmiljöfrågor (SWEPI). GRAMKO har ett samarbete med Euromines gällande kartläggning av gaser i gruvbranschen.

Den 1 mars 2017 genomförde Euromines en workshop där det beslutades att genomföra en studie (”base line study”) i syfte att ta fram underlag till EU-kommissionen. Underlaget ska omfatta nuläge: vilka gashalter idag? Vilka halter klarar mätinstrumenten att mäta? Utveckling av mätinstrument, fordon (eldrift), ventilation med mera.

GRAMKO kommer att delta i denna studie.

2.2 Arbetsmiljöverkets föreskrifter

Arbetsmiljöverket har påbörjat arbetet med att revidera gränsvärdesföreskriften och kommer begära underlag av gruvbranschen om vilka konsekvenser en sänkning medför, till exempel mätmetod, mätinstrument och om förändringen är förknippat med stora kostnader. Vidare undersöker Arbetsmiljöverket möjligheterna att mäta elementärt kol (EC) från dieselavgaser.

I samband med revideringen gör Arbetsmiljöverket ingen konsekvensutredning på gruv- och tunnelarbete på grund av beviljad övergångsperioden från EU (augusti 2023). Dock kommer det att utföras en utredning i framtiden – här måste gruvbranschen ta fram ett bra underlag och bedöma på vilket sätt vi kan och ska praktiskt efterleva lagstiftningen. Som ett led i detta arbete genomför GRAMKO nu denna kartläggning.

2.3 Pilotstudie i Sverige 2017

Hösten 2017 genomfördes en gemensam pilotstudie inför gaskartläggningen. Syftet med pilotstudien var att testa arbetssätt, instruktioner, mätprotokoll och loggfil för sammanställning. Utfallet redovisades på GRAMKO:s möte i november med beslutet att utvidga kartläggningen under 2018. Resultatet redovisades även på Svemins arbetsmiljöseminarium i februari 2018.

2.4 Gaskartläggning i Sverige 2018

Under 2018 utför alla deltagande företag mätningar som ingår i GRAMKOs gemensamma kartläggning. Eventuella justeringar i arbetssätt, instruktioner, mätprotokoll och loggfil har gjorts. Resultatet från kartläggningen kommer att redovisas till GRAMKO.

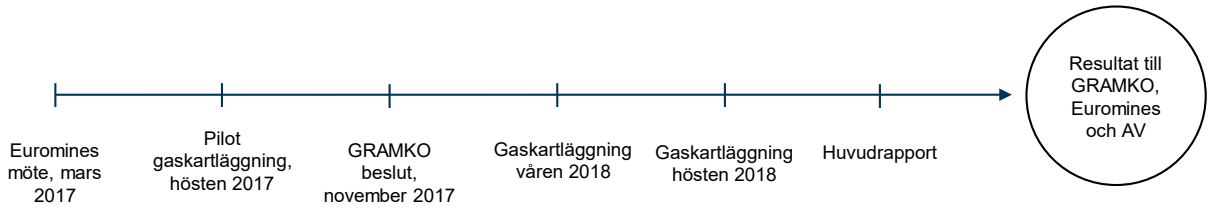
3. Syfte och mål för gaskartläggningen inom gruvbranschen

Syftet med kartläggningen är att ta fram underlag till Euromines base line studie samt Arbetsmiljöverkets framtida konsekvensutredning. GRAMKO kommer utvärdera mätmetoder, mätstrategier och gemensamt arbetssätt för egenkontroll (se figur 1). Målet med denna kartläggning är att:

- Kartlägga gashalterna i gruvmiljö (CO, NO_2)
- Kontrollera gashalterna mot sänkta gränsvärden (CO, NO_2)
- Jämföra direktvisande/loggande instrument med diffusion provtagare (NO_2)
- Utvärdering direktvisande/loggande mätinstrument och diffusionsprovtagare
- Utvärdering mätmetod och mätstrategi
- Ta fram förslag till gemensamt arbetssätt för egenkontroll

Vidare är syftet att identifiera arbetsmoment där exponering förekommer samt var den största risken för att överskrida gränsvärde föreligger (till exempel i eller utanför hytt, ute i brytningsområde samt arbete i tak).

För att få en övergripande kartläggning och bra bild över halterna NO_2 och CO önskas att så många gruvor som möjligt deltar. Mätningarna ska göras så lika som möjligt och till det är det framtaget en mätinstruktion och mätprotokollmall.



Figur 1. Översikt av aktiviteter och mål med gaskartläggningen.

4. Avgränsningar

Kartläggningen för den svenska gruvbranschen (under jord och dagbrott) kommer att omfatta CO och NO_2. Kvävemonoxid (NO) omfattas inte av kartläggningen. Respektive deltagande företag står själv för kostnader för kartläggningen.

Piloten genomförs september 2017 och avgränsas till underjordsgruvor. Gaskartläggningen genomförs under år 2018 och omfattar både underjordsgruvor och dagbrott.

4.1 Deltagande företag

- Mandalay Resources (Björkdal)
- LKAB (Kiruna)
- LKAB (Malmberget)
- LKAB (Svappavaara -dagbrott)
- Boliden (Garpenberg)
- Boliden (Bolidenområdet)
- Boliden (Aitik -dagbrott)
- Lundin Mining (Zinkgruvan)
- Bergteamet (entreprenör)
- Drillcon (entreprenör)

5. Arbetsinstruktion (metod)

Vid kartläggningen genomförs personburen exponeringsmätning för gaserna kolmonoxid samt kvävedioxid. Mätningen genomförs med direktvisande eller loggande mätinstrument parallellt med diffusionsprovtagare.

5.1 Omfattning

Kartläggningen omfattar dagbrott samt underjordsgruvor och yrkesgrupperna:

- Bergarbeten (hela salvcykeln t ex ortdrivning),
- Lastning,
- Media (ex montering kabel/rör, ventilation och el).

5.2 Mättid

Exponeringsmätningen ska genomföras under hela arbetspasset (minst 6 timmar). Ange skiftform samt arbetstidslängd i protokollet.

5.3 Direktvisande eller loggande mätinstrument

Respektive företags befintliga mätinstrument ska användas (oberoende av märke/leverantör). Detta för att marknadens befintliga metoder ska representeras i kartläggningen.

Exempel på instrument som används inom gruvbraschen:

- Honeywell's GasAlert Extreme
- Dräger X-am 5000
- Dräger PAC 7000

5.3.1 Inställning av instrument med ”datalogger”

För instrument med datalogger, ska dessa ställas in med ett loggningsintervall på **60 sekunder**. Detta för att ”fånga upp” eventuella variationer samt för att resultat från mätningar ska kunna jämföras på ett likartat sätt. Om inställning inte är möjligt, vänligen notera det i protokollet. För instrument som saknar datalogger.

5.4 Diffusionsprovtagning (passiv provtagning)

5.4.1 Beställa diffusionsprovtagare

Beställning av provtagare och analys görs via Svensk Arbetshygien AB. Begär även provtagnings- och förvaringsinstruktion. Samtliga deltagande företag använder samma analyslaboratorium, detta för att minska eventuella felmarginaler.

5.4.2 Förvaring och hantering av diffusionsprovtagare

Följ de medföljande hanterings- och förvaringsinstruktionerna för diffusionsprovtagaren.

5.5 Genomförande av mätning

Vid mättillfället ska både mätinstrument samt diffusionsprovtagare användas (se tabell 2), endast ett mätprotokoll ska ifyllas för respektive mättillfälle. I bilaga 2 finns checklista för genomförande av mätning.

Tabell 2. Översikt genomförande av gaskartläggning.

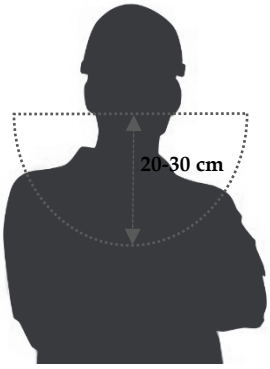
Mätmetod	Gaser	Mätparameter för gas	Typ av instrument	Övrigt
Direktvisande eller loggande mätinstrument	Kolmonoxid (CO) Kvävedioxid (NO_2)	**Medelvärde** under arbetad tid **Max.värde** **Om möjligt graf, diagram** (vid risk för överskridande)	t.ex. Dräger, MSA, GB-pro, Industrial Scientific m.fl.	Kalibrering före mätning. Loggande instrument intervall på 60 sekunder.
Diffusionsprovtagare	Kvävedioxid (NO_2)	**Medelvärde** under arbetad tid	Passiv provtagare via Svensk Arbetshygien	Följ hanterings- och förvaringsinstruktioner

5.5.1 Kalibrering av instrument

Instrument som används ska kalibreras före mätning. Om kalibrering inte är möjligt, vänligen notera det i protokollet och ange senaste kalibreringsdatum.

5.5.2 Placering av instrument och diffusionsprovtagare

Instrumentet och diffusionsprovtagaren ska placeras vid andningszonen (ca 20-30 cm från näsa/mun) exempelvis vid krage eller utanpå bröstficka (se figur 2).



Figur 2. Placering av instrument och diffusionsprovtagare ska göras vid andningszonen.

5.5.3 Insamling av mätuppgifter/data

Insamling av mätuppgifter sker dels i ett mätprotokoll och dels i en excelmall. Mätprotokollet består av en allmän del och en del för insamling av mätuppgifter och mätresultat. Ansvarig för mätningen (mättekniker/skyddsarbetare eller dylikt) fyller i protokollet. Sida två i mätprotokollet (”intervjudel”) ifylles tillsammans med medarbetare. Mätresultat ska anges för både direktvisande

eller loggande instrument samt diffusionsprovtagare. För direktvisande eller loggande instrument, anges resultatet som max- och medelvärde för den uppmätta tidsperioden.

För instrument med datalogger så bör eventuella loggfiler (grafer och dylikt) sparas av företaget. Detta gäller särskilt NO_2-mätresultat vars medelkoncentration överskrider 0,5 ppm. Loggfil från instrument kan med fördel sparas i egen flik i excelmallen nedan.

Insamlade mätuppgifter ska föras in i bifogat excelmall för att underlätta beredning och vidare analys. Excelfilen ska uppdateras inför gaskartläggningen 2018 och kommer skickas ut separat. I excelfilen anges ingen personlig information, detta för att säkerställa hanteringen av personuppgifter. Ifylld excelfil ska skickas till cecilia.andersson@svemin.se

6. Rapportering

Via GRAMKO görs en gemensam branschsammanställning över resultatet från mätningarna. Sammanställningen kommer att distribueras till deltagande medlemsföretag och sedan vidare till Arbetsmiljöverket samt Euromines.

Tidsplan gaskartläggning 2018

- ☑ Möte Euromines mars 2017 inför base line study (gaskartläggning).
- ☑ Beslut GRAMKO AG teknik (27/6) om genomförande av pilot.
- ☑ Arbetsinstruktion, mätprotokoll och loggmall har tagits fram.
- ☑ LKAB genomför pilot-test under sommaren 2017.
- ☑ Översättning av material, skickas till Euromines.
- ☑ Uppstart pilot 17 aug 2017 möte GRAMKO AG teknik och AG medicin.
- ☑ Pilot genomförs under sep 2017 och mätdata rapporteras till Svemin senast 13 okt 2017.
- ☑ Resultatsammanställning i GRAMKO.
- ☑ Utvärdering och justering inför kartläggning samt beslut via GRAMKO 9 nov 2017.
- ☑ Justeringar inför kartläggning.
- ☑ Euromines möte i okt 2017, avstämning.
- ☑ Träff med Arbetsmiljöverket angående gaskartläggningen januari 2018.
- ☑ Presentation vid Svemins arbetsmiljöseminarium februari 2018.
- ☑ Skype uppstartsmöte för gaskartläggning AG teknik + AG medicin 26 mars 2018.
- ☐ År 2018 genomföra gaskartläggning, mätdata i excelfil rapporteras till cecilia.andersson@svemin.se senast **17 september 2018**.
- ☐ Rapportering av projekt till GRAMKO samt deltagande medlemsföretag.
- ☐ Rapportering av projekt till Arbetsmiljöverket och Euromines.

Checklista kartläggning

- ☐ 1. Beställ diffusionsprovtagare och säkerställ instrument (kalibrering, ev mätintevall 60 sekunder)
- ☐ 2. Använd ett mätprotokoll per personburen exponeringsmätning.
- ☐ 3. Välj ut medarbetare som bär direktvisande/loggade instrument samt varsin diffusionsprovtagare vid andningszon.
- ☐ 4. Gasmätning utförs under arbetsdagen (minst 6 timmar).
- ☐ 5. Ansvarig för mätningen (mättekniker/skyddsarbetare eller dylikt) fyller i bifogat mätprotokoll tillsammans med medarbetare.
- ☐ 6. Ta ut och spara data från direktvisande eller loggande instrument och fyll i uppgifterna i mätprotokollet. Notera max- och medelvärde samt eventuell graf från mätningen.
- ☐ 7. Skicka diffusionsprovtagaren på analys enligt instruktion från Svensk Arbetshygien.
- ☐ 8. Notera analyssvar (medelvärdet) från diffusionsprovtagaren i mätprotokoll (när analyssvar erhållits).
- ☐ 9. Uppgifter från mätprotokoll förs över till loggfil i excel.
  Loggande mätdata från instrument kan sparas i loggfil under egen flik.
  Vid risk för överskridande av gränsvärde, spara om möjligt graf/diagram i loggfil.
- ☐ 10. **Skicka ifylld** loggfil till cecilia.andersson@svemin.se .

Bilaga 3: Mätprotokoll och mallar

Mätprotokoll och mallar i denna bilaga har tagits fram av GRAMKO:s arbetsgrupp Teknik.

Sidan 1:

GRAMKO Gaskartläggning i gruvbranschen version 2

Mätprotokoll för personburen exponeringsmätning av CO och NO_2

1. Allmänna uppgifter

Företagsnamn	Ansvarig för mätning
Adress till arbetsplats där mätning utförts / ort	Id-nr för mätdata i loggfil (excel) där mätdata har registrerats
Avdelning/sektion/arbetsgrupp till arbetsplats där mätning utförts	Mätuppgifter och resultat ifyllt i gemensam loggfil (excel) ☐ Ja ☐ Nej

2. Uppgifter direktvisande eller loggande instrument

Avser ämne CO (kolmonoxid)	Avser ämne NO_2 (kvävedioxid)
Märke/modell	Märke/modell
Serie nr	Serie nr
Datum för kalibrering	Datum för kalibrering

3. Mätuppgifter direktvisande eller loggande instrument CO och NO_2

Ämne	Starttid (kl)	Stopptid (kl)	Medelhalt (TWA) (ppm)	Max-värde (MAX) (ppm)	Nytt NGV
CO					**20 ppm**
NO_2					**0,5 ppm**

4. Diffusionsprovtagare (passiv provtagare) NO_2

Filter nr.	Starttid (kl)	Stopptid (kl)	Totala mättiden (minuter)	Temperatur (medel °C)	Analysresultat (TWA) (ppm)	Kommentar

Sidan 2:

5. Mätuppgifter

Datum för mätning	Namn på person	Plats ☐ Under jord ☐ Ovan jord
Yrkesgrupp enligt GRAMKO-kategori	Anst nr.	Arbetstid ordinarie ☐ Dagtid ☐ Skiftgång ☐ Annat
☐ Bergarbete:	Arbetsområde(n) där person arbetat under mätperioden	Ordinarie arbetslängd (timmar/arbetsdag)
☐ Lastning:	Huvudsakliga arbetsuppgifter under mätperioden	
☐ Media:	Bedömd ventilationskvalitet på arbetsområde under mätperioden ☐ Bra ☐ Acceptabel ☐ Dålig	
☐ Övrigt:	Upplevs besvär med avgaser/gaser under mätperioden? ☐ Nej ☐ Ja	Om ja, beskriv orsak till besvär och ange källan till gaserna (se förkortningar nedan)
Avkodning person (t.ex. Lastare 2)	Speglar mätning en normal arbetsdag? ☐ Nej ☐ Ja	Om nej, beskriv orsak (ex driftstopp, maskinhaveri, produktionsstörning)

Förkortningar (orsak och källa till gaser)

IV = Ingen ventilation	TV = Trasig ventilation	HV = Hål i ventilationsduk	SP = Spränggaser	AVAM = Avgaser från annan maskin
MIO = Maskiner i området	MT = Maskin trasig	TK = Tomgångskörning	DS = Driftstopp, prod.störning	AVEM = Avgaser från egen maskin

Bedömd arbetstyngd

☐ 1 Sittande arbete läs- och skrivarbete, kontorsarbete, bilkörning, avsyningsarbete	☐ 2 Lätt arbete lätt verkstadsarbete, truckkörning, promenad	☐ 3 Medeltungt arbete tungt verkstadsarbete, byggnadsarbete, snabbpromenad	☐ 4 Tungt arbete tungt byggnadsarbete, manuellt anläggningsarbete, långsam löpning	☐ 5 Mycket tungt arbete tungt stuveriarbete, rökdykning, manuellt skogsarbete, klättring i mast, löpning

Bedöm arbete i hytt ☐ Allt arbete har utförts i hytt ☐ Delvis av tiden ☐ Allt arbete har utförts utanför hytt	Bedöm arbete har utförts i ort-tak ☐ Ja ☐ Nej

Övriga kommentarer

6. Hantering av mätuppgifter internt

Ifyllt mätprotokoll samt analysresultat skickas till:

Excelfil, mall

1. Allmänna uppgifter		
Företagsnamn	Adress till arbetsplats där mätning utförts / ort	Loggfil i excel (ID-nr)
Boliden Mineral AB	*Renströmsgruvan*	
LKAB	*Kiruna underjordsgruva*	*LKAB1*

2. Uppgifter direktivsande eller loggande instrument					3. Mätuppgifter direktvisande eller loggande instrument							
Kolmonoxid (CO)		Kvävedioxid (NO2)		CO/NO2	Kolmonoxid (CO)				Kvävedioxid (NO2)			
Märke/modell	Datum för kalibrering	Märke/modell	Datum för kalibrering	Kommentar från kalibrering	Start (kl)	Stopp (kl)	Medelhalt i ppm (TWA)	Max-värde i ppm (MAX)	Start (kl)	Stopp (kl)	Medelhalt i ppm (TWA)	Max-värde i ppm (MAX)
Dräger X-AM 5000	*2018-04-30*	*	*	*Kalibrering utförd 1 vecka före mätning.*	*04:52*	*14:07*	*15*	*17*	*04:52*	*14:07*	*0,42*	*0,8*
GasBadge Pro Gas detector	*2018-05-01*	*GasBadge Pro Gas detector*	*2018-05-01*	*Svårigheter med kalibrering NO2.*	*05:45*	*13:20*	*12*	*25*	*05:47*	*13:25*	*0,2*	*1*

4. Diffusionsprovtagare (passiv provtagare) NO2		
Mättid i minuter	Analysresultat i ppm (TWA)	Kommentar
540	*0,4*	
420	*0,17*	

5. Mätuppgifter														
Mätdatum	Plats*	Yrkesgrupp*	Avkodning	Kommentarer	Huvudsakliga arbetsuppgifter	Bedömd ventilationskvalitet*	Upplevs besvär med avgaser?*	Om ja, beskriv orsak…	Normal arbetsdag?*	Om nej, beskriv orsak…	Bedömd arbetstyngd*	Bedöm arbete i hytt*	Bedöm arbete har utförts i ort-tak*	Övriga kommentarer
2018-05-07	*Under jord*	*Lastning*	*Lastare 1*		*Lastbilschaufför*	*Acceptabel*	*Ja*	*Ammoniaklukt på stället.*	*Nej*	*IV, SP*	*2 Lätt arbete*	*Allt arbete har utförts i hytt*	*Nej*	*Tog lång tid med analyssvar.*
2018-05-01	*Under jord*	*Övrigt*	*Arbetsledare 1*	*Arbetsledare*	*Materialtransport till arbetsplatser.*	*Bra*	*Nej*		*Ja*		*3 Medeltungt arbete*	*Delvis av tiden*	*Nej*	*Svårigheter med kalibrering.*

Bilaga 4: Exempel på gaser som kan orsaka korskänslighet

Ett urval på gaser och korskänslighet från Dägers instrumenthandbok (Dräger, 2018).

Gaser/ Ångor	Drägers sensor XXS för kvävedioxid	Drägers sensor XXS för kvävedioxid LC (Lågkoncentrationssensor)
Acetylen (C_2H_2) 100 ppm	Negativ korskänslighet	Ingen påverkan
Svaveldioxid (SO_2) 20 ppm	Negativ korskänslighet	----
Svaveldioxid (SO_2) 1 ppm	---	Negativ korskänslighet
Ammoniak (NH_3) 50 ppm	Ingen påverkan	---
Ammoniak (NH_3) 30 ppm	---	Ingen påverkan
Etanol (C_2H_5OH) 250 ppm	Ingen påverkan	Ingen påverkan
Kolmonoxid (CO) 200 ppm	Ingen påverkan	---
Kolmonoxid (CO) 2000 ppm	---	Ingen påverkan
Ozon (O_3) 0,5 ppm	Ingen påverkan	Positiv korskänslighet
Svavelväte (H_2S) 20 ppm	Negativ korskänslighet	---
Svavelväte (H_2S) 1 ppm	---	Negativ korskänslighet

Källa: DrägerSensor® & Portable Instruments Handbook 4thEdition (2018)

Bilaga 5: Fallbeskrivningar vid överskridande av nivågränsvärdet

Fallbeskrivningarna har sammanställts av IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån rådata från gruvföretagens mätningar.

I denna bilaga redovisas de mätningar som har överskridit nivågränsvärdet för gaserna kvävedioxid (0,5 ppm) och kolmonoxid (20 ppm). Av 120 diffusionsmätningar under perioden 2017 till 2019 var det fyra kvävedioxidmätningar som överskred nivågränsvärdet på 0,5 ppm. Samt två kolmonoxidmätningar som överskred nivågränsvärdet på 20 ppm. Totalt var det fem arbetstagare i underjordsgruvor som fick ett överskridande mätresultat. Tabell 1 sammanfattar dessa fem fallbeskrivningar: plats, arbetsmoment, vilka ämnen som överskred nivågränsvärdet, och trolig orsak till överskridandet. Därefter redovisas respektive fall mer detaljerat:

- Fallbeskrivning 1: Förstärkning/bultning i underjordsgruva (CO)
- Fallbeskrivning 2: Lastare i underjordsgruva (CO och NO_2)
- Fallbeskrivning 3: Schaktarbetare i underjordsgruva (NO_2)
- Fallbeskrivning 4: Mediadragning/ dubbhålsborrning i underjordsgruva (NO_2)
- Fallbeskrivning 5: Mediadragning/ väg i underjordsgruva (NO_2)

Tabell 1. Sammanställning av mätningar som har överskridit nivågränsvärdet (NGV) för kvävedioxid samt kolmonoxid.

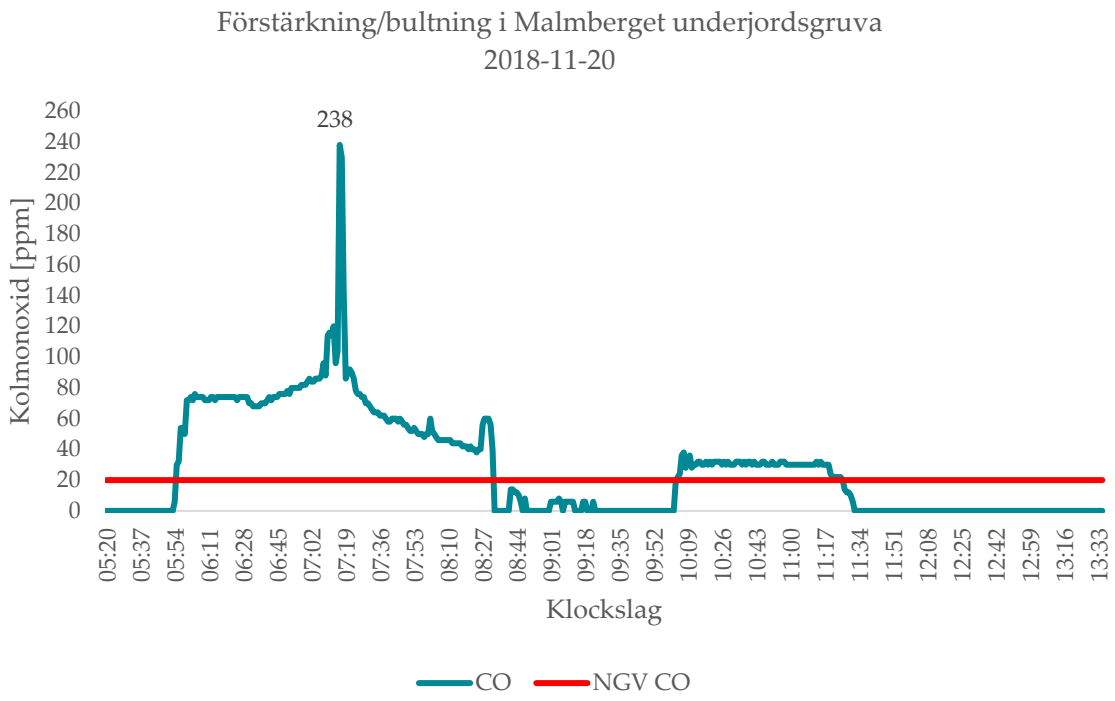
Fall	Överskridande nivågränsvärde för NO_2?	Överskridande nivågränsvärde för CO?	Troliga orsaker enligt arbetstagaren
1) Förstärkning/bultning i Malmberget. Arbetet har utförts utanför hytt.	*Nej*	*Ja*	*Dålig ventilation.*
	Mer information: ***Förstärkning/bultning i underjordsgruva (CO)***		
2) Lastning av malm i Björkdal	*Ja*	*Ja*	*Trasig avgasrening*
	Mer information: ***Lastare i underjordsgruva (CO och (NO_2)***		
3) Schaktarbete (reparation) i Kiruna. Arbete utanför hytt.	*Ja*	*Nej*	*Avgaser från andra maskiner på området*
	Mer information: ***Schaktarbete i underjordsgruva (NO_2)***		
4) Mediadragning i Kiruna– dubbhålsborrning. Arbete delvis av tiden i hytt.	*Ja*	*Nej*	*Spränggaser.*
	Mer information: ***Mediadragning i underjordsgruva– dubbhålsborrning (NO_2)***		
5) Mediadragning i KUJ. Arbete utanför hytt.	*Ja*	*Nej*	*Spränggaser, maskiner i området, avgaser från egen maskin och från andras maskiner.*
	Mer information: ***Mediadragning i underjordsgruva – väg (NO_2)***		

Fallbeskrivning 1: Förstärkning/bultning i underjordsgruva (CO)

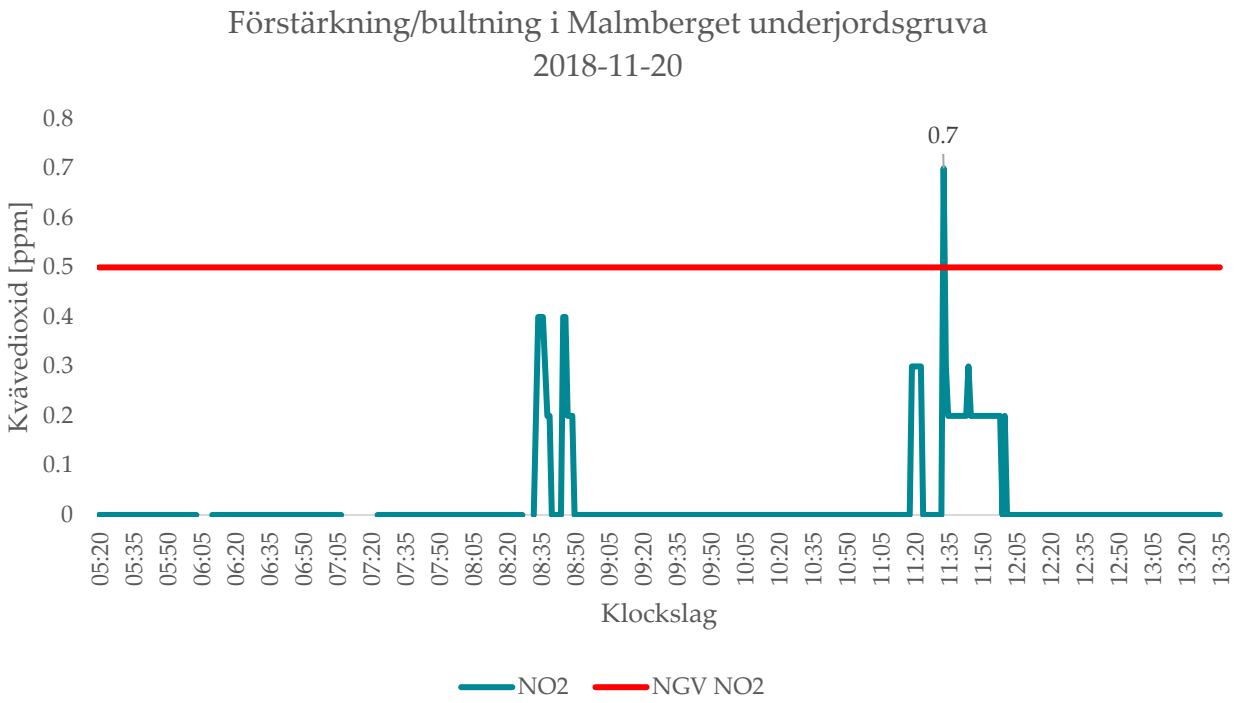
Fallbeskrivningen har sammanställts av IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån rådata från gruvföretagens mätningar.

Det var ett överskridande av nivågränsvärdet för kolmonoxid i LKAB:s underjordsgruva i Malmberget den 20 november 2018. Arbetstagaren har utfört förstärkning/bultning utanför hytt mellan klockan 05:20 till 13:53. Arbetstagaren har bedömt att ventilationen var dålig på arbetsområdet. Arbetstagaren upplevde inga besvär med avgaser, uppskattade arbetet som medeltungt och ansåg att det var en normal arbetsdag.

- Exponeringen för kolmonoxid var under arbetsdagen 28 ppm. Den högsta toppen som registrerades var 238 ppm. Se den loggad kurva för kolmonoxid i figur 1.
- Enligt diffusionsprovtagare var exponeringen för kvävedioxid 0,05 ppm. Enligt det loggande mätinstrumentet för kvävedioxid var medelvärdet 0,02 ppm och det högsta värdet som registrerades var 0,7 ppm. Se den loggade kurva för kvävedioxid i figur 2.



Figur 1. Redovisar den loggade kolmonoxidkurvan vid förstärkning och bultning utanför hytt i Malmbergets underjordsgruva. CO: Kolmonoxid. NGV: Nivågränsvärde.



Figur 2. Redovisar den loggade kvävedioxidkurvan vid förstärkning och bultning utanför hytt i Malmbergets underjordsgruva. NO2: Kvävedioxid. NGV: Nivågränsvärde.

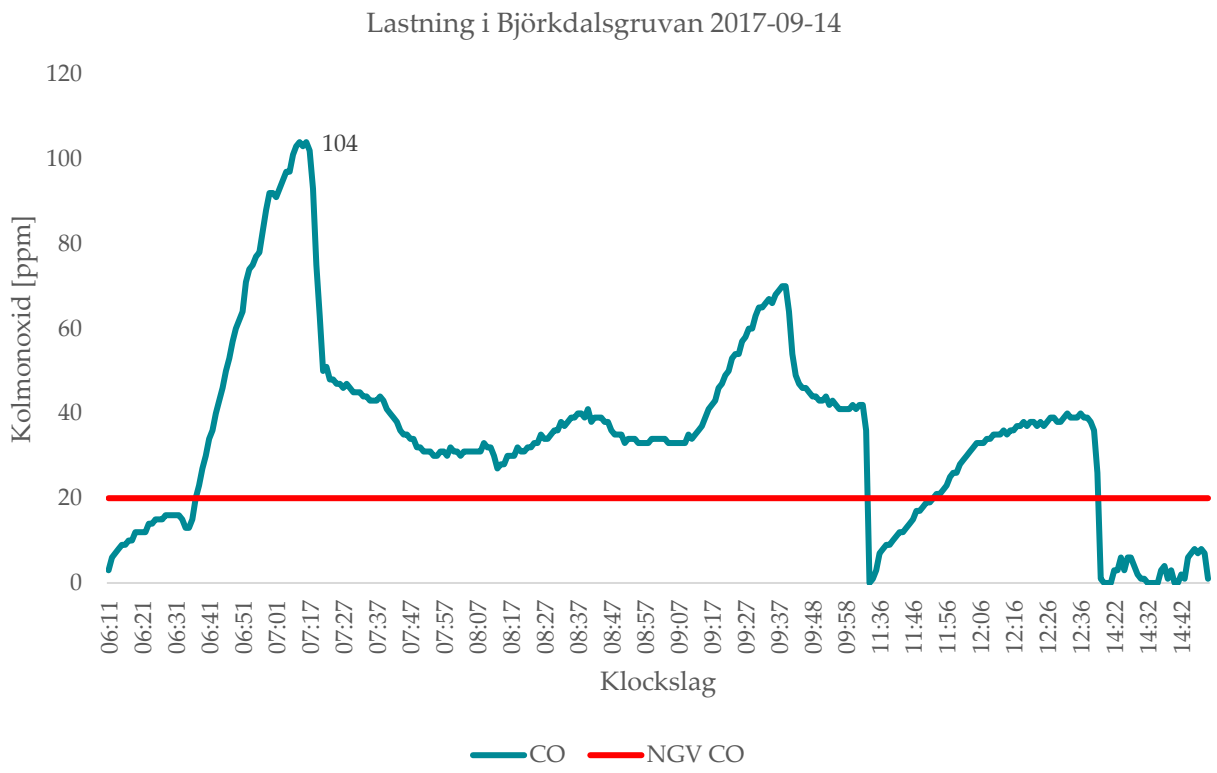
Fallbeskrivning 2: Lastare i underjordsgruva (CO och NO_2)

Fallbeskrivningen har sammanställts av IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån rådata från gruvföretagens mätningar.

Det var överskridande av nivågränsvärdet för kolmonoxid och kvävedioxid i Björkdalsgruvan den 14 september 2017. Arbetstagaren har utfört lastning av malm i hytt (Volvo 180 F). Arbetstagaren har bedömt ventilationen som acceptabel. Arbetstagaren upplevde besvär med avgaser från sitt eget arbetsfordon. Arbetet skattades som ett medeltungt arbete. Enligt arbetstagaren var det en normal arbetsdag.

- Exponeringen för kolmonoxid var under arbetsdagen 35 ppm. Den högsta toppen som registrerades var 104 ppm. Se den loggade kurva i figur 3.
- Enligt diffusionsprovtagaren var exponeringen för kvävedioxid 0,65 ppm. Enligt det loggade mätinstrumentet var medelvärdet för kvävedioxid under arbetsdagen 0,7 ppm och det högsta värdet som registrerades var 2,7 ppm. Se den loggade kurva i figur 4.

Orsaken till det överskridande resultatet var en trasig avgasrening. Maskinen togs ur drift.



Figur 3. Redovisar den loggade kolmonoxidkurvan vid lastning i hytt (Volvo 180 F) i Björkdals underjordsgruva. CO: Kolmonoxid. NGV: Nivågränsvärde.

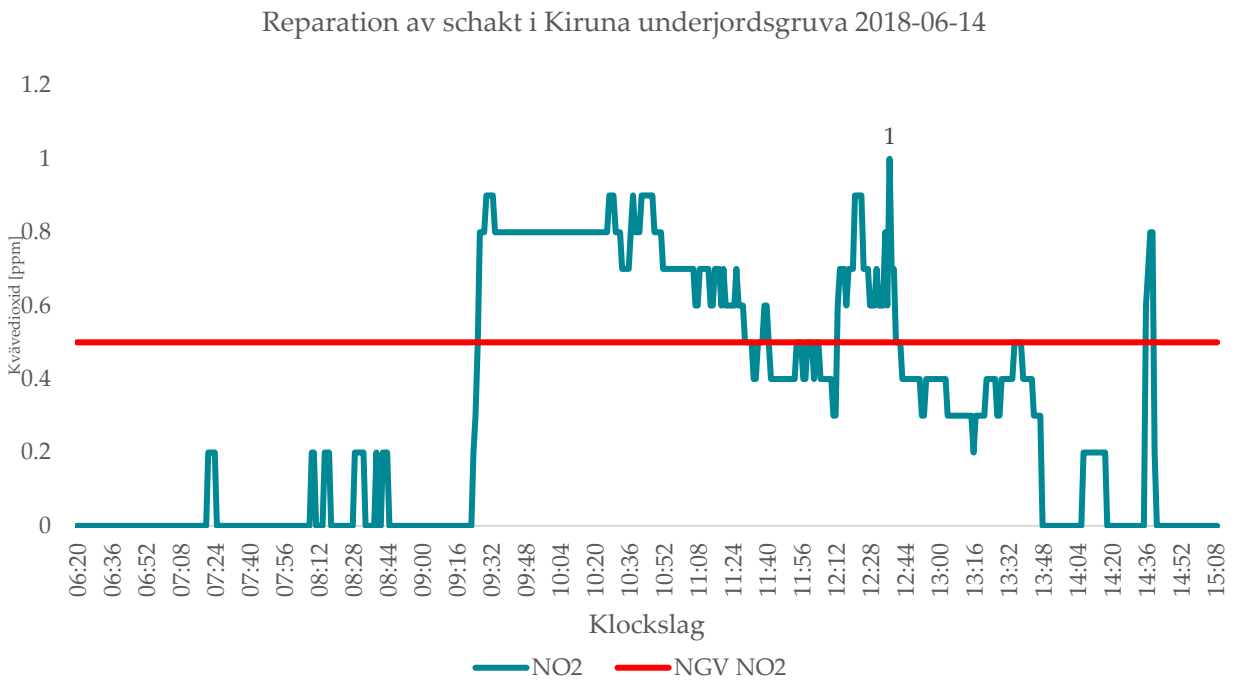
Figur 4. Redovisar den loggade kvävedioxidkurvan vid lastning i hytt (Volvo 180 F) i Björkdals underjordsgruva. NO2: Kvävedioxid. NGV: Nivågränsvärde.

Fallbeskrivning 3: Schaktarbetare i underjordsgruva (NO_2)

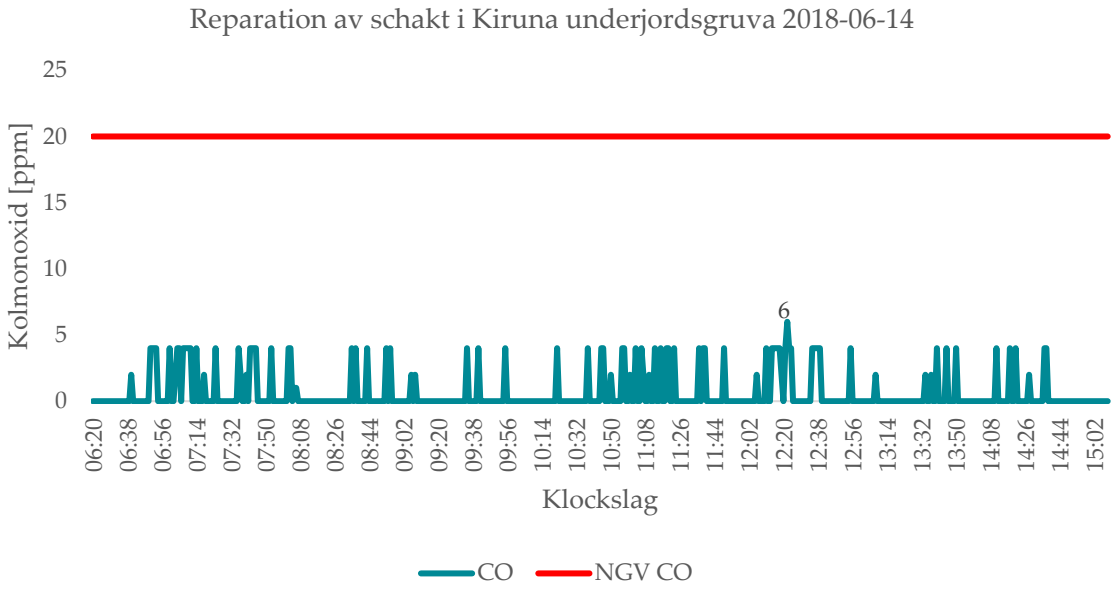
Fallbeskrivningen har sammanställts av IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån rådata från gruvföretagens mätningar.

Det var ett överskridande av nivågränsvärdet för kvävedioxid i LKAB:s underjordsgruva i Kiruna den 14 juni 2018. Arbetstagaren (entreprenören) har utfört reparationsarbete av schakt utanför hytt mellan klockan 06:20 till 15:09. Arbetstagaren har bedömt att ventilationen var dålig. Arbetstagaren upplevde besvär med avgaser på grund av maskiner i området. Arbetstagaren har uppskattat arbetet som tungt.

- Enligt diffusionsprovtagaren var exponeringen för kvävedioxid under arbetsdagen 0,58 ppm. Enligt det loggade mätinstrumentet var medelvärdet för kvävedioxiden 0,3 ppm och det högsta värdet som registrerades var 1,0 ppm. Se loggad kurva för kvävedioxid i figur 5.
- Enligt det loggade mätinstrumentet var det inget överskridande av kolmonoxid. Medelvärde var 0,6 ppm och det högsta värdet som registrerades var 6,0 ppm. Se loggad kurva för kolmonoxid i figur 6.



Figur 5. Redovisar den loggade kvävedioxidkurvan vid reparationsarbete av schakt utanför hytt i Kiruna underjordsgruva. NO2: Kvävedioxid. NGV: Nivågränsvärde.



Figur 6. Redovisar den loggade kolmonoxidkurvan vid reparationsarbete av schakt utanför hytt i Kiruna underjordsgruva. CO: Kolmonoxid. NGV: Nivågränsvärde.

Fallbeskrivning 4: Mediadragning/ dubbhålsborrning i underjordsgruva (NO_2)

Fallbeskrivningen har sammanställts av IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån rådata från gruvföretagens mätningar.

Det var ett överskridande av nivågränsvärdet för kvävedioxid i LKAB:s underjordsgruva i Kiruna den 9 september 2017. Arbetstagaren har utfört dubbhålsborrning. Delvis av tiden utfördes arbetet i hytt. Arbetstagaren har bedömt ventilationen som dålig och har upplevt besvär av spränggaser. Arbetet skattades som ett medeltungt arbete. Enligt arbetstagaren var det inte en normal arbetsdag.

- Enligt diffusionsprovtagaren var exponeringen för kvävedioxid under arbetsdagen 0,64 ppm. Enligt det loggande mätinstrumentet var medelvärdet 0,1 ppm och det högsta värdet som registrerades var 0,9 ppm.
- Exponeringen för kolmonoxid var under arbetsdagen 2,5 ppm och det högsta värdet som registrerades var 92 ppm.

Inga diagram bifogas i rapporten då det inte fanns bifogat loggade data i Excelfilen.

Fallbeskrivning 5: Mediadragning/ väg i underjordsgruva (NO_2)

Fallbeskrivningen har sammanställts av IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån rådata från gruvföretagens mätningar.

Det var ett överskridande av nivågränsvärdet för kvävedioxid i LKAB:s underjordsgruva i Kiruna den 9 september 2017. Arbetstagaren har utfört mediadragning på väg. Allt arbete har utförts utanför hytt och arbetet har utförts i ort-tak. Arbetstagaren har bedömt att ventilationen var acceptabel. Arbetstagaren har upplevt besvär (lukt och i ögonen) av spränggaser, maskiner i området, avgaser från egen maskin och från andras maskiner. Arbetstagaren har skattat sitt arbete som medeltungt. Enligt arbetstagaren var det en normal arbetsdag.

- Enligt diffusionsprovtagaren var exponeringen för kvävedioxid under arbetsdagen 0,64 ppm. Enligt det loggande mätinstrumentet var medelvärdet 0 ppm och det högsta värdet som registrerades var 0,9 ppm.
- Exponeringen för kolmonoxid var under arbetsdagen 0,2 ppm och det högsta värdet som registrerades var 14 ppm.

Inga diagram bifogas i rapporten då det inte fanns bifogat loggade data i Excelfilen.

Bilaga 6: Sammanställning med mätningar som har överskridit halva nivågränsvärdet

Sammanställningen har utförts av IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån rådata från gruvföretagens mätningar.

I denna bilaga redovisas de mätningar och mätobjekt som har överskridit halva nivågränsvärdet för gaserna kvävedioxid (0,25 ppm) och kolmonoxid (10 ppm).

- Antal mätningar som har överskridit hela och halva nivågränsvärdet i svenska underjordsgruvor mellan år 2017 till 2019, se tabell 1.
- Information om mätobjekt som har överskridit halva nivågränsvärdet för kvävedioxid (0,25 ppm), se tabell 2.
- Information om mätobjekt som har överskridit halva nivågränsvärdet för kolmonoxid (10 ppm), se tabell 3.

Tabell 1. Sammanställning av mätningar som har överskridit hela och halva nivågränsvärdet. Mätningarna var utförda i underjordsgruvor.

Gas	Mätmetod	Antal registrerade mätvärden	Nivågräns-värdet	Antal mätningar över nivågränsvärdet	Halva nivågräns-värdet	Antal över mätningar över halva nivågränsvärdet
NO_2	Diffusions-provtagare	122	0,5 ppm	4	0,25 ppm	13
CO	Mätinstrument	119	20 ppm	2	10 ppm	6

Tabell 2. Sammanställning av mätningar som har överskridit hela och halva nivågränsvärdet för kvävedioxid. Mätningarna var utförda i underjordsgruvor.

Datum	Gruva	Yrke	NO_2-halt	Kommentarer
2018-11-05	Björkdalsgruvan	Lastare 1A	0,34 ppm	Loggfil saknas. Fjärrlastning. Delvis av tiden i hytt.
2018-11-05	Björkdalsgruvan	Media 1A	0,27 ppm	Loggfil saknas. Arbete från korg, bilkörning. Pumprep. Allt arbete har utförts utanför hytt.
2018-11-05	Björkdalsgruvan	Lastare 2A	0,27 ppm	Loggfil saknas. Fjärrlastning. Allt arbete har utförts i hytt.
2018-11-12	Björkdalsgruvan	Övrigt 2A	0,37 ppm	Loggfil saknas. Maskinskrotning. Allt arbete har utförts i hytt.
2018-06-14	LKAB KUJ	Övrigt 2E-e1	0,58 ppm[1)]	Loggfil finns. Schaktarbetare, reparation av schakt. Allt arbete har utförts utanför hytt.
2017-09-14	Björkdalsgruvan	Media A1x	0,34 ppm	Loggfil finns. Media- och ventilationsarbete. Allt arbete har utförts i hytt. ”Arbetat bakom Hjullastare i kort period, mätare larmade högt NO2. Mätare visar i period på minusvärden.”

2017-09-14	Björkdalsgruvan	Lastning A1x	0,65 ppm[1)]	Loggfil finns. Lastning av malm. Allt arbete har utförts i hytt, i Volvo 180 F. ”Trasig avgasrening. Chauffören negligerar larm. Maskin tagit sen ur drift.”
2017-09-21	Björkdalsgruvan	Lastning A2x	0,42 ppm	Loggfil finns. Lastning av malm. Allt arbete har utförts i hytt, i Volvo 180 F.
2017-09-07	LKAB KUJ	Media E1x	0,64 ppm[1)]	Loggfil saknas. Dubbhålsborrning. Delvis av arbetet har utförts utanför hytt.
2017-09-07	LKAB KUJ	Media E2x	0,64 ppm[1)]	Loggfil saknas. Allt arbete har utförts i hytt. ”Kände av en del spränggaser via lukt och i ögonen, Andra maskiner förekom på skivan lastbilar, personbil och lastmaskin. Har jobbat på akutstyrkan på media så har inte vistats längre tid på skivorna jag jobbat på. En normal.”
2017-09-07	LKAB KUJ	Lastning E3x	0,40 ppm	Loggfil saknas. Lastning. Allt arbete har utförts i hytt. Dieseltoro lastat på 3 lastbilar.
2017-09-27	Boliden Renström	Övrigt F1x	0,34 ppm	Loggfil saknas. Lastbilschaufför. Allt arbete har utförts i hytt.
2017-09-19	Boliden Renström	Media F5x	0,27 ppm	Loggfil saknas. Kört traktor samt kopplat el. Delvis av arbetet har utförts utanför hytt.

1) *Överskrider nivågränsvärdet för kvävedioxid 0,5 ppm.*

Tabell 3. Sammanställning av mätningar som har överskridit hela och halva nivågränsvärdet för kolmonoxid. Mätningarna var utförda i underjordsgruvor.

Datum	Gruva	Yrke	CO-halt	Kommentarer
2018-11-20	LKAB MUJ	Övrigt 6D	27,6 ppm[1)]	Loggfil finns. Bultat. Allt arbete har utförts i hytt.
2017-09-07	Zinkgruvan Mining	Lastning B1x	10,5 ppm	Loggfil finns. Salv lastning. Allt arbete har utförts i hytt.
2017-09-14	Björkdalsgruvan	Lastning A1x	35,2 ppm[1)]	Loggfil finns. Lastning av malm. Allt arbete har utförts i hytt, i Volvo 180 F. *”Trasig avgasrening. Chauffören negligerar larm. Maskin tagit sen ur drift.”*
2017-07-07	LKAB MUJ	Lastning D2x	12,0 ppm	Loggfil saknas. Lastning. Allt arbete har utförts i hytt.
2017-09-05	LKAB KUJ	Lastning E1x	11,2 ppm	Loggfil saknas. Lastning. Allt arbete har utförts i hytt. 2 truckar på skivan samtidigt
2017-09-05	LKAB KUJ	Lastning E2x	16,7 ppm	Loggfil saknas. Lastning. Allt arbete har utförts i hytt. Inga andra maskiner på skivan.

1) *Överskrider nivågränsvärdet för kolmonoxid 20 ppm*

Bilaga 7: Justeringar i Excelfil

Sammanställningen av justeringar som har utförts i Excelfilen inför analys av mätdata har utförts av IVL Svenska Miljöinstitutet.

Respektive gruvföretag har skickat in separata excelfiler som har sammanställts i en gemensam fil. Rådata (142 mätningar), varav 43 mätningar kom från Piloten 2017 och 99 mätningar från kartläggningen 2018–2019, från respektive gruvföretagen har sammanställts i en excelfil. För vidare analys var det tvunget att utföra justeringar i excelfil innan beräkningar kunde utföras. Se tabell 1 för mer information om vad som har justerats och typ av orsak.

Tabell 1. Noteringar på mätdata som fanns i Excelfil inför analys av medelvärde för yrkesgrupper och gruvor.

Excelfil	Gas	Justering i Excelfil	Kommentarer /Orsak
Rad 17	Max NO_2	Lastare 1B, mätinstrumentet.	Mätinstrumentet påvisade 76,8 ppm, jämfört med diffusionsprovtagaren 0,07 ppm.
Rad 39	Max CO		Saknar mätdata
Rad 39	Medel CO		Saknar mätdata
Rad 39	Max NO_2	Media 4D, mätinstrumentet.	Mätdata för mätinstrumentet saknas i excelfilen. Mätansvarig litade inte på resultatet.
Rad 40	Max CO	Media 5 D, mätinstrument	Saknar mätdata
Rad 40	Medel CO	Media 5 D, mätinstrument	Saknar mätdata
Rad 40	Max NO_2	Media 5 D, mätinstrument	Mätdata för mätinstrumentet saknas i excelfilen. Mätdata var inte OK enligt mätansvarig.
Rad 40	Medel NO_2	Media 5 D, mätinstrument	Mätdata för mätinstrumentet saknas i excelfilen. Mätdata var inte OK enligt mätansvarig.
Rad 40	Medel NO_2	Media 5D, diffusionsprovtagare	Avsaknad resultat från diffusionsprovtagare pga borttappad diffusionsprovatagare.
Rad 44	Max CO	Övrigt 3D, mätinstrument	Saknar mätdata. Det var problem med mätinstrumentet.
Rad 44	Medel CO	Övrigt 3D, mätinstrument	Saknar mätdata. Det var problem med mätinstrumentet.
Rad 44	Max NO_2	Övrigt 3D, mätinstrument	Saknar mätdata. Det var problem med mätinstrumentet.
Rad 44	Medel NO_2	Övrigt 3D, mätinstrument	Saknar mätdata. Det var problem med mätinstrumentet.
Rad 48	Medel NO_2	Lastare 1D, mätinstrumentet.	Mätinstrumentet påvisade -37,6 ppm, jämfört med diffusionsprovtagaren 0,07 ppm.
Rad 49	Medel NO_2	Lastare 2D	Avsaknad resultat från diffusionsprovtagare pga borttappad diffusionsprovatagare.
Rad 51	Medel NO_2	Lastare 4D, mätinstrumentet.	Mätinstrumentet påvisade -0,1 ppm jämfört med diffusionsprovtagaren 0,04 ppm.
Rad 68	Max NO_2	Bergarbete 3E, mätinstrument.	Mätinstrumentet påvisade ett mycket högt maxvärde (49,0 ppm) jämfört med diffusionsprovtagare (0,23 ppm). OBS! Varnaren uppe i väldigt höga värden vid kl 12:39 på NO_2, verkar sedan gått sönder. Loggfil finns.

Rad 68	Medel NO_2	Bergarbete 3E, mätinstrument.	Mätinstrumentet påvisade ett mycket högt medelvärde (12,5 ppm) jämfört med diffusionsprovtagare (0,23 ppm). OBS! Varnaren uppe i väldigt höga värden vid kl 12:39 på NO_2, verkar sedan gått sönder. Loggfil finns.
Rad 78	Max NO_2	Bergarbete 3F, mätinstrument.	Mätinstrument påvisade högt maxvärde (44,2 ppm). Diffusionsprovtagarens medelvärde var (0,19 ppm). Notering att man gick förbi avgasrör på fordon och då började instrumentet larma. *Saknar loggfil.
Rad 82	Medel CO	Lastare 3G, mätinstrument.	Negativt värde på medelhalt CO (-0,1 ppm). *Saknar loggfil.
Rad 88	Max NO_2	Övrigt 1H, mätinstrument	Saknar maxvärdet från mätinstrument. Medelvärdet på CO var 0,7 ppm. Elarbetaren märkte inte att NO_2-mätaren hade stängt av sig, så mätning kan ej tas med i kartläggningen
Rad 99	Medel NO_2	Övrigt 3H, mätinstrument	Negativt värde på medelhalten NO_2 i mätinstrumentet (-0,1 ppm) jämfört med diffusionsprovtagare (0,05 ppm).
Rad 100	Medel NO_2	Bergarbete 11G, mätinstrument.	Mätinstrumentet påvisade ett negativt medelvärde (-0,4 ppm) jämfört med diffusionsprovtagare (0,04 ppm).
Rad 114	Medel NO_2	Övrigt 3H, mätinstrumentet.	Mätinstrumentet påvisade ett negativt medelvärde (-0,06 ppm) jämfört med diffusionsprovtagare (0,05 ppm).

IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se