

BERGMEKANIKKLABORATORIET
Institutt for gruvedrift
7034 Trondheim-NTH

Telefon 30 100
App. 144

BERGMEKANIKKLABORATORIET

(Utfører forskningsoppdrag innenfor gruvedrift, berg-
mekanikk, gruvemåling, gruveventilasjon).

R A P P O R T

vedrørende

Diverse målinger i arbeidsatmosfære ved
Bidjovagge Gruber i tiden 4.-8. november 1974.

Trondheim januar 1975.

I N N H O L D

	Side
0. SAMMENDRAG	1
1. INNLEDNING	2
2. STØV	2
2.1 Prøvetaking	2
2.2 Yrkeshygieniske grenseverdier	3
2.3 Resultater	4
3. RADON OG RADONDØTRE	10
3.1 Yrkeshygieniske grenseverdier	10
3.2 Måling av radon og radondøtre. Resultater.	11
3.3 Teoretisk vurdering av radon- og radondatternivået	14
I. Radonkonsentrasjon i uventilert bergrom pga. radonlekkasje fra berget	16
II. Radonkonsentrasjon i uventilert bergrom pga. vanntilsig	18
III. Utlufting av et forut ventilert bergrom	20
4. DIESELAVGASS OG OKSYGEN	23
5. VENTILASJONSMÅLING	25
6. SLUTTKOMMENTAR	26

0. SAMMENDRAG

De utførte støvmålinger viser at enkelte utsatte arbeidsplasser i Bidjovagge har støvkonsentrasjoner over de yrkeshygieniske grenseverdier. Dette gjelder spesielt ved stigortdriving fra nivå 612, og i laste/knusestasjonen på nivåene 432 og 402. Også på nivå 540 er støvkonsentrasjonen for høy. Men så lenge det ikke foregår arbeid på dette nivå, er ikke dette noe akutt problem.

Støvsituasjonen i gruva bestemmes i stor grad av tippfrekvensen i styrtsjaktsystemet. Ved hyppig tipping nedstøves deler av gruva.

Kvartsinnholdet i støvprøvene varierer fra 1-13 veks %.

Finstøvvinnholdet i støvprøvene utgjør mellom 49,8 og 58,9 veks % av totalstøvkonsentrasjonen.

Karboninnholdet i støvprøvene varierte fra 11,8 veks % på nivå 612 til 29,7 Veks % på nivå 540.

De siste målinger av radon og radondøtre bekrefter at man må regne med store årstidsvariasjoner i Bidjovagge, med de største konsentrasjoner om sommeren. Konsentrasjonene i gruva lå under 8 picoCurie radon pr liter innåndingsluft (pCi/l) og 5 pCi/l radondøtre (november 1974), ved en utetemperatur på ca -10° C.

Yrkeshygienisk grenseverdi for radondøtre er 30 pCi/l over 40 timers uke.

Radontilførselen fra gruvas sideberg er liten sammenlignet med tilførselen av radon fra vann som renner inn i gruva. Radonholdig vann kan gi konsentrasjoner av radon og radondøtre i uventilert gruve som kan overskride grenseverdien (se side 18). Stopp av hovedventilasjonen bør unngås i perioder med stort vanntilsig i gruva.

Måling av dieselavgass i forbindelse med lasting på nivå 600 og nivå 636 viste tilfredsstillende forhold på nivå 600. Ved lasting i transportort nord på nivå 636 lå konsentrasjonen av CO og CO₂ for høyt. Dette har sammenheng med meget dårlig ventilasjon på lastestuff, men kan også bero på dårlig justering av motoren på lastemaskinen.

Oksygeninnholdet i grueluften er tilfredsstillende.

Kartlegging av ventilasjonskapasiteten på alle nivå i gruva ble foretatt. Målingene viser at den totale frisklufttilførsel ned NGU-sjakt er 20 m³/sek (pr november 1974).

Ved stopp av hovedvifter i NGU-sjakt snudde luftstrømmen og gikk opp NGU-sjakt.

1. INNLEDNING

I dagene 4. - 8. november 1974 ble det på formiddags- og ettermiddagsskiftet foretatt diverse målinger i arbeidsatmosfære ved Bidjovagge Gruber for å kartlegging av forholdne. Følgende målinger ble utført:

- Støvmålinger på tilsammen 18 arbeidsplasser samt 8 målinger på ikke-arbeidsplass.
- 3 serier med målinger av radon og radondøtre i 8 faste målepunkt.
- Måling av diesellavgass og oksygen i forbindelse med lasting.
- Måling av ventilasjonskapasitet på alle nivåer i gruva.

2. STØV

2.1 Prøvetaking

To typer støvmålingsinstrumenter ble benyttet.

- 1) Casella Gravimetric Dust Sampler type MRE 113 A. Instrumentet er basert på stasjonær prøvetaking, og er utstyrt med en membranpumpe som suger luft gjennom et 5,5 cm Whatham GF/A glassfiberfilter. Gjennomstrømningsvolum er ca. 2,5 l/min. Foran filteret passerer luften en horisontal elutriator (forutskiller) hvor det groveste støvet faller ut. I filteret samles opp respirabelt støv. Instrumentet har innebygd flowmeter for registrering av gjennomstrømningsvolumet. Prøvetakingstid er normalt hele skiftet.
- 2) Casella Personal Sampler.
Instrumentet er beregnet på å bære på seg, og er utstyrt med en diafragmapumpe som suger luft gjennom et membranfilter. Gjennomstrømningsvolum er ca. 2 l/min. Instrument-

et er ikke forsynt med forutskiller. I filteret oppsamles mengden av totalstøv i luften. Kontroll av luftmengde skjer med flowmeter før og etter hver måling. Prøvetakinstid er normalt hele skiftet.

Støvfraksjon mindre enn 5 μm^{v} ^{er bestemt} ved sedimentering av totalstøvprøver. Kvartsanalyser er foretatt.

2.2 Yrkeshygieniske grenseverdier

Ved bruk av Casella Personal Sampler har Yrkeshygienisk institutt foreslått to sett med grenseverdier, en lav grenseverdi (TLV_L) og en høy grenseverdi (TLV_H). Disse fremgår av tabell 1:

Tabell 1. Grenseverdier for støv.

	α -kvarsholdig blandingsstøv, mg/m^3	
	TLV_L	TLV_H
Totalstøv	$\frac{90}{\% \text{SiO}_2 + 5}$	$\frac{200}{\% \text{SiO}_2 + 5}$
Begrenset til	10	15
Støv < 5 μm	$\frac{25}{\% \text{SiO}_2 + 5}$	$\frac{65}{\% \text{SiO}_2 + 5}$
Begrenset til	5	8

For "respirabelt" støv angis følgende grenserverdier, tabell 2:

Tabell 2. Grenseverdier respirabelt støv.

	TLV _L	TLV _H
	$\frac{18}{\% \text{ SiO}_2 + 5}$	$\frac{45}{\% \text{ SiO}_2 + 5}$
Begrenset til	3,5	5

Sålenge støvkonsentrasjonen på en arbeidsplass ligger under TLV_L i tabell 1 og 2 ansees arbeidsatmosfæren å være helsemessig akseptabel. Ligger støvkonsentrasjonen mellom TLV_L og TLV_H bør tiltak settes i gang for å bedre situasjonen. En støvkonsentrasjon over TLV_H ansees som helsemessig uakseptabel, og situasjonen må øyeblikkelig bedres.

2.3 Resultater - støvmåling

På støvprøver tatt med bærbart instrument for totalstøv er foretatt sedimentasjonsanalyse for å bestemme støvfraksjon mindre enn 5 µm. Da flere prøver hadde for lite støv til at sedimentasjon og kvartsanalyse på enkeltprøver kunne gjennomføres, ble støvprøver fra samme nivå i gruve og eventuelt fra samme arbeidsoperasjon slått sammen til en større prøve før analyse ble foretatt.

Sedimentasjonsanalysen ga følgende resultat, tabell 3:

Tabell 3. Finstøv- og grovstøvfraksjon.

Filter fra målepunt nr.	Grovstøv > 5 µm %	Finstøv < 5 µm %	Total støvvekt mg
3 og 7	47,7	52,3	14,7
4	88,8	11,2	134,6
8, 13 og 21	49,7	50,3	8,8
12, 14 og 19	41,1	58,9	14,7
11 og 20	48,3	51,7	8,4
15, 16 og 27	50,2	49,8	7,9

Av tabell 3 fremgår at finstøvfraksjonen $< 5 \mu\text{m}$ i støvprøvene ligger mellom 11,2 (?) og 58,9 vekt % av totalstøvkonsentrasjonen. Ser man bort fra prøve 4 ligger finstøvkonsentrasjonen jevnt over endel høyere enn normalt er. Dette kan bero på vanskeligheter med dispergering av grafitten i væskefase. Dette slår ut ved at større grafittpartikler tas ut sammen med finstøvfraksjonen, mens de normalt skulle gå i grovstøvfraksjonen.

Karboninnholdet i støvet varierte fra maksimalt 29,7% på nivå 540 til 11,8% på nivå 612.

Når det gjelder målepunkt 4 (se tabell 3 og 4) så er støvkonsentrasjonen her urimelig høy. Sedimentasjonsanalysen viser imidlertid usannsynlig lav finstøvandel (11,2%), noe som tyder på at konsentrasjonen ikke er representativ for arbeidsatmosfæren.

I tabell 4 fremgår resultatet av kvartsanalysene. Her er også angitt de målte totalstøvkonsentrasjoner og de analyserte finstøvkonsentrasjoner samt de tilhørende yrkeshygieniske grenserverdier (TLV_L og TLV_H).

TLV-verdiene er beregnet på grunnlag av støvprøvenes innhold av α -kvarts.

Målte støvkonsentrasjoner som overskrider den lave yrkeshygieniske grenseverdi TLV_L er i tabell 4 understreket med rødt.

I tabell 5 fremgår de respirable støvkonsentrasjoner målt med stasjonært instrument. De respirable støvprøver er vektmessig sett så små at kvartsanalyser er umulig å gjennomføre. I tabell 5 er derfor for beregning av yrkeshygieniske grenserverdier benyttet de gjennomsnittlige kvartsverdier for de forskjellige nivå (fra tabell 4).

Tabell 4. Måleresultater bærbart instrument.

Dato	Nr.	Målepunkt	Målt totalstøvkons. på arbeids- plass mg/m ³	Analyisert finstøvkons. < 5 µm	Analyisert innhold av α-kvarts i støvprøver %	Yrkeshyg.grenseverdi TLV			
						Totalstøv mg/m ³		Finstøv<5µm mg/m ³	
						TLV _L	TLV _H	TLV _L	TLV _H
4/11 F.m.	<u>3</u>	Nivå 612, stig- ort B v/L.Oskal	<u>45,5</u>	<u>23,7</u>	3	10,0	15,0	3,1	8,0
"	4	Nivå 600,strosse 106 v/A.Siri	212,6 Anm.	23,8	10	6,0	13,3	1,7	4,3
"	5	Nivå 432,styrt- sjakt syd v/A.Haug	2,3						
4/11 E.m.	6	Nivå 600,lasting transp.ort syd v/J.Henriksen	Mislykket						
"	<u>7</u>	Nivå 612,stig- ort B v/L.Utsi	<u>25,0</u>	<u>13,1</u>	3	10,0	15,0	3,1	8,0
"	<u>8</u>	Nivå 402,Laste- stasjon/knuser v/A.Aino	15,0	7,5	2	10,0	15,0	3,6	8,0
5/11 F.M.	11	Nivå 600,lasting ort 108 og transp. ort syd v/A. Bals	1,2	0,6	1	10,0	15,0	4,1	8,0
"	<u>12</u>	Nivå 540.Kryss styrtsjakt syd og nord	5,6	3,3	13	5,0	11,1	1,4	3,6
"	13	Nivå 402 v/O.Larsen	0,5	0,3	2	10,0	15,0	3,6	8,0
5/11 E.m.	<u>14</u>	Nivå 540.Som pkt.12	<u>14,9</u>	<u>8,8</u>	13	5,0	11,1	1,4	3,6
"	15	Nivå 636.Lasting transportort nord v/J.Henriksen	2,1	1,0	3	10,0	15,0	3,1	8,0
"	16	Transportgang i dagen foran Hovedsjakt	4,1	2,0	3	10,0	15,0	3,1	8,0

Tabell 4. Måleresultater bærbart instrument (forts.):

Dato	Nr.	Målepunkt	Målt totalstøvkons. på arbeids- ₃ plass mg/m ³	Analysert finstøvkons. < 5 µm	Analysert innhold av α -kvars i støvprøver %	Yrkeshyg.grenseverdi TLV			
						Totalstøv mg/m ³		Finstøy<5µm mg/m ³	
						TLV _L	TLV _H	TLV _L	TLV _H
6/11 F.m.	<u>19</u>	Nivå 540. På telefonskap mot Hovedsjakt	<u>16,3</u>	<u>9,6</u>	13	5,0	11,1	1,4	3,6
"	20	Nivå 600, Lasting transportort nord og syd	4,9	2,5	1	10,0	15,0	4,1	8,0
"	21	v/A. Bals Nivå 402.	1,4	0,7	2	10,0	15,0	3,6	8,0
6/11 E.m.	22	b/O.Larsen Heiskjører	1,2						
"	23	v/A.Oskal Nivå 636.							
"	24	Transportort nord Nivå 600.Boring tilslutningsort bilstoll v/J. Andersen	Mislykket						
7/11 F.m.	27	Nivå 636.Boring transportort nord v/K.Aspelund	1,3 4,5	2,2	3	10,0	15,0	3,1	8,0

Tabell 5. Respirabelt støv målt med stasjonært instrument

Dato	Nr.	Målepunkt	Målt respirabel støvkons.	Innhold av α-kvarts %	Yrkeshygienisk grenseverdi TLV mg/m ³	
					TLV _L	TLV _H
4/11 F.m.	1	Nivå 540. Kryss styrtsjakt syd og nord	0,4	13	1,0	2,5
"	2	Nivå 402. Ved ende av beltet mot sjakt	1,4	2	2,6	6,4
5/11 F.m.	9	Transportgang i dagen foran Hovedsjakt	0,6	3	2,3	5,6
"	<u>10</u>	Nivå 540. Som punkt 1	<u>5,2</u>	13	1,0	2,5
6/11 F.m.	17	Nivå 600. På telefonskap mot Hovedsjakt	0,5	1	3,0	5,0
"	<u>18</u>	Nivå 540. Som punkt 1	<u>4,5</u>	13	1,0	2,5
7/11 F.m.	<u>25</u>	Nivå 636. Boring transportert nord	2,7	3	2,3	5,6
"	26	Nivå 600. Boring strosse 106	1,0	1	3,0	5,0

Av tabell 4 fremgår at støvkonsentrasjonen i stigort B på nivå 612 (målepunkt 3 og 7) var for høy. Støvkonsentrasjonen lå her over den høye grenseverdi (TLV_H). Dersom drivingen av stigort B skal pågå over lang tid, må man sette igang tiltak snarest for å bedre situasjonen. Man bør bl.a. undersøke spylevannstrykket på bormaskinene og påse at dette ikke ligger for lavt.

Støvkonsentrasjonen som lastestasjon/knuseoperatøren er utsatt for under normal drift er relativt høy. Dette har bl.a. sammenheng med ugunstig støvspredning fra styrtsjakt syd og nord under tipping av masse fra overliggende nivå.

Av fig. 10 fremgår at endel luft resirkulerer på nivåene 432 og 402. Dette er ugunstig.

På lengere sikt bør ventilasjonen av nivå 402 og også knuser-nivå 432 søkes løst ved en eller annen form for sekundær-ventilasjon, eksempelvis med tilførsel av frisk luft direkte via hjelpevifte og rør.

Også på nivå 540 (målepunkt 12, 14, 18 og 19 i tabell 4 og 5) ligger støvkonsentrasjonen over den høye grenseverdi TLV_H . Men sålenge det ikke foregår arbeid på dette nivå, er ikke dette noe akutt problem.

Støvkonsentrasjonen ved lasting på nivå 600 og 636 lå lavere enn man kunne vente. Ved et par av støvmålingene under lasteoperasjonene, ble lastingen stoppet etter kort tid, da det var så mye støv i luften at maskinkjørerene ikke fant det for-svarlig å kunne fortsette. Den effektive lastetid ble derfor liten i forhold til den totale tid støvpumpen var i drift.

I de områder av gruva som ikke direkte påvirkes av flyvestøv fra styrtsjakt syd og nord viser målingene at støvkonsentra-

sjonene ligger på samme nivå som i de fleste andre gruver.

Det er imidlertid helt klart at utformingen av styrtsjakt-systemet fører til nedstøving av deler av gruva. Skal dette støvproblem løses ville selvfølgelig den beste løsning ha vært å isolere styrtsjaktene fra resten av gruva. Dette er ikke mulig i praksis slik systemet er lagt opp.

Man bør imidlertid bygge inn åpningene mot styrtsjaktene maksimalt. Videre bør man søke å få ventilasjonsluft til å gå ned styrtsjaktene (ikke oppover) med en hastighet på 0,5 m/sek. Bruk av vannspredere (eventuelt med tilsatsstoffer, eks. av type Chem Jet) bør forsøkes. Disse bør plasseres i styrtsjaktene på en slik måte at man får dannet en vann-gardin som kan redusere tilbakeslag av støv ut på nivåene under tipping.

Under målingene ble det observert at ventilasjonsluft skiftet retning opp eller ned styrtsjaktene, med relativt korte tidsintervall, avhengig av fyllingsgraden i styrtsjaktssystemet. På nivå 540 går luften ved liten fyllingsgrad fra styrtsjakt fremover nivået mot hovedsjakt. Ved større fyllingsgrad motsatt.

Når det gjelder veggen på nivå 540 så synes ikke den å løse noe støvproblem, men forflytter problemet til de overliggende nivå.

3. RADON OG RADONDØTRE

3.1. Yrkeshygieniske grenseverdier

Den hygieniske grenseverdi for radondøtre er 30 picoCurie pr. liter innåndningsluft ved 40 timers uke.

Forholdet mellom radondøtre og radon, dvs. metningsgraden, varierer med bl.a. ventilasjonsforholdene i målepunktet. I gjennomsnitt er metningsgraden ca. 50%.

Ved likevekt mellom radon og radondøtre utgjør stråledosen fra radondøtre ca. 95% av den totale stråledose fra både radon og radondøtre. Det er derfor fremfor alt radondatterkonsentrasjonen som har interesse ved en gruveundersøkelse.

3.2 Måling av radon og radondøtre. Resultater.

Den 21/10-71 og 20/4-72 ble det foretatt målinger av radon og radondøtre under tilredningsfasen i Bidjovagge. Resultatet av disse målinger fremgår av rapporter fra Statens institutt for strålehygiene. Konklusjonen på undersøkelsene dengang var at konsentrasjonen av radondøtre ikke på noen plass i gruva overskred den hygieniske grenseverdi. Dog syntes målingene å vise at bl.a. grafittlaget kunne være radonproduserende. Målingene i 1971 og 1972 ble utført under typiske vinterforhold med kuldegrader og liten (relativt) vanninntrengning i gruva.

En ny serie med målinger ble foretatt under sommerforhold (og stor vanninntrengning i gruva) i august 1974. Den første måleserien i august 1974 viste av størrelsesorden 10 ganger høyere konsentrasjoner av radon og radondøtre enn i 1971 og 1972, og lå nå i gjennomsnitt ca. 5 ganger over den hygieniske grenseverdi. Hovedårsaken til dette ble antatt å være at hovedventilasjonen i gruva hadde vært avstengt en tid før denne måling fant sted, samt den meget store vanninntrengning i gruva. Ny måling 2 dager senere, med hovedventilasjonen igang, viste radondatterkonsentrasjoner under den hygieniske grenseverdi, og av samme størrelsesorden som i 1971 og 1972.

For å få et begrep om hvilke faktorer som kan føre til de relativt høye radon- og radondatterverdier, samt ventilasjonens betydning, ble det etter anmodning av direktør Sandberg, foretatt nye målinger av Statens institutt for strålehygiene 4. og 5. november 1974.

I tabell 6 er vist resultatet av de siste målinger på radon og radondøtre. Målingene er gjort under følgende forhold:

Hovedviftene stoppet søndag 3. november kl. 22.00.

MÅLESERIE 1: Mandag 4. november kl. 09.15-10.45.

Hovedvifter igangsatt mandag 4. november kl. 11.15.

MÅLESERIE 2: Mandag 4. november kl. 18.00-20.00.

MÅLESERIE 3: Tirsdag 5 november kl. 09.15-10.45.

I tillegg er i tabell 6 også angitt måleresultatene fra august 1974:

MÅLESERIE 4: 14. august i uventilert gruve.

MÅLESERIE 5: 16. august i ventilert gruve.

Utetemperatur: Mandag 4 november - 10° C.

Tirsdag 5. november - 9° C.

Av tabell 6 fremgår at de siste målinger i Bidjovagge (måleserie 1, 2 og 3) viser vesentlig lavere konsentrasjoner av radon og radondøtre enn det som er målt tidligere.

Målinger i uventilert gruve (stopp av hovedventilasjon i 10-12 timer) viser av størrelsesorden de samme lave verdier av radon og radondøtre som i ventilert gruve.

Tabell 6. Radon- og radondatterkonsentrasjoner.

Målepunkt	Måle- serie nr.	Radondøtre målt ved filter- analyse pCi/l	Radon målt ved ionisa- sjon pCi/l
Nivå 402. Ved utmating malmsilo	1	4,4	6,8
	2	4,1	6,3
	3	4,8	5,9
	4	153	180
	5	19	16
Nivå 432. Knuserom	1	2,3	5,9
	2	3,2	4,8
	3	0,4	1,9
	4	198	200
	5	16	22
Nivå 540. Ved styrtstjakt syd	1	2,1	2,9
	2	5,1	8,6
	3	0,8	1,1
	4	102	133
Nivå 600. Ved faring til nivå 612	1	< 0,2	< 0,5
	4	112	163
Nivå 600. Strosse 106.	2	2,0	3,9
	3	1,2	-
	4	92	119
Nivå 612. Profil 114 ligg	1	1,2	-
	2	1,5	4,0
	3	1,6	3,8
	4	81	126
Nivå 432. Ved diamantborhull m/vann	3	2,4	

Dette er for såvidt ikke uventet da novembermålingene ble foretatt under typiske vinterforhold (utetemperatur -9 -10°C), med god naturlig ventilasjon pga. den termiske virkning. Med stopp av hovedviftene i NGU-sjakt forandrer luftstrømmen retning slik at den naturlige ventilasjon går opp NGU-sjakt, dvs. motsatt av den mekaniske ventilasjon. Med stopp av hovedvifter opprettholdes allikevel en relativt god naturlig ventilasjon av gruva på vinterstid. Den naturlige ventilasjonseffekt på sommers tid vil sannsynligvis være vesentlig dårligere, og dette kan slå ut med relativt høye radon- og radondatterkonsentrasjoner ved stopp av hovedvifter.

Som ved de tidligere målinger i Bidjovagge ble det observert en økning av konsentrasjonene mot dypet, med de høyeste verdier på nivå 402 og 432. Dette beror rimeligvis på at ventilasjonseffekten (både den mekaniske og naturlige) avtar mot dypet.

De siste målinger bekrefter at det er store årstidsvariasjoner i radon- og radondatterkonsentrasjoner i Bidjovagge. Dette har sammenheng med endringer i ventilasjonseffekt, tilsig av radonholdig vann, temperaturforhold etc.

3.3 Teoretisk vurdering av radon- og radondatternivået

Målingene i Bidjovagge viser store forandringer i radon- og radondatterkonsentrasjon over året, men har ikke klarlagt de direkte årsaker til dette. Målingene ga heller ikke et entydig bilde av hvilken virkning ventilasjonen har på forholdene. I det etterfølgende skal foretas en teoretisk vurdering av årsakene til de variasjoner i radon- og radondatterkonsentrasjon som er observert i Bidjovagge, og også ventilasjonens innvirkning.

Utgangspunktet for denne vurdering er en laboratorieundersøkelse av radondiffusjonen (radonflux) fra to utvalgte bergartsprøver fra Bidjovagge.

A. Grafittskifer.

Mineralsammensetning: Albit, grafitt, kvarts, karbonat, glimmer, amfibol.

Kornstørrelse: Finkornig.

Struktur: Massiv.

Analysert innhold av uran 238, i ppm: $7,6 \pm 16\%$

Analysert innhold av thorium 232, i ppm: $4,7 \pm 60\%$

Beregnet innhold av radium 226, i ppm: $2,61 \cdot 10^{-6} \pm 0,4$.

Radonfluxen for grafittskiferen ved romtemperatur (ca. 19°C) ble målt til $9,01 \cdot 10^{-3}$ radonatomer pr. sek og cm^2 overflate, hvilket svarer til $5,14 \cdot 10^{-7}$ picoCurie pr. sek og cm^2 . Standardavvik er 8,4%.

B. Kis.

Mineralsammensetning: Kopperkis, svovelkis, magnetkis og magnetitt. Gangbergarter er amfibolitter, grafittskifer og albitfels.

Kornstørrelse: Grov.

Struktur: Breksje.

Radonfluxen for kisen ble målt til 5,38 radonatomer pr. sek og cm^2 overflate, hvilket svarer til 3,06 picoCurie pr. sek og cm^2 .

Det fremgår her at grafittskiferen frigir mer radon pr. tidsenhet enn Bidjovagge-kisen.

Den direkte kilden til radon og radondøtre under jord er mengden av radium i berget. Ser vi på grafittskiferen har denne et radiuminnhold som svarer til $2,61 \pm 0,4$ pCi/g bergart. Det effektive radiuminnhold ble målt til $0,171 \pm 0,014$ pCi/g. Med effektivt radiuminnhold forståes her den målte radonaktivitet i bergartsprøven dividert med prøvens vekt. Emanasjonsfaktoren er 6,6%, dvs. at 6,6% av den radiummengden som er i grafittskiferen avgir radon til luften i gruva.

Tenker man seg eksempelvis et bergrom med volum 1000 m^3 med grafittskifer som sideberg, kan radonkonsentrasjonen i rommet beregnes.

I. RADONKONSENTRASJON I UVENTILERT BERGROM PGA. RADON-LEKKASJE FRA BERGET.

Målt radonflux for grafittskifer: $5,14 \cdot 10^{-7}$ pCi pr.sek og cm^2

$$V = 1000 \text{ m}^3, \text{ f.eks. } 10 \text{ m}^2 \times 100 \text{ m}$$

$$A = 1,3 \cdot 10^7 \text{ cm}^2$$

$$G_{\text{tot}} = 5,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1,3 \cdot 10^7 = \underline{6,7 \text{ pCi/sek}}$$

hvor

$$V = \text{volum av bergrommet}$$

$$A = \text{teoretisk nettoareal av bergrommet}$$

$$G_{\text{tot}} = \text{total radonlekkasje fra sideberget inn i bergrommet}$$

$$\text{Ekvivalent mengde radium: } M = 5 \cdot 10^{-7} \cdot G_{\text{tot}} \text{ g}$$

$$M = 5 \cdot 10^{-7} \cdot 6,7 = 34 \cdot 10^{-7} \text{ g} = \underline{0,034 \text{ mg Ra}}$$

Radonkonsentrasjon ved likevekt i uventilert bergrom:

$$C_{\infty} = \frac{G_{\text{tot}}}{V \cdot \lambda} = \frac{6,7}{10^6 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} = \underline{3,2 \text{ pCi/l}}$$

Utvikling av radonkonsentrasjon fra 0 til likevekt fremgår av fig. 1, og følger ligningen:

$$C(t) = C_{\infty} (1 - e^{-\lambda t})$$

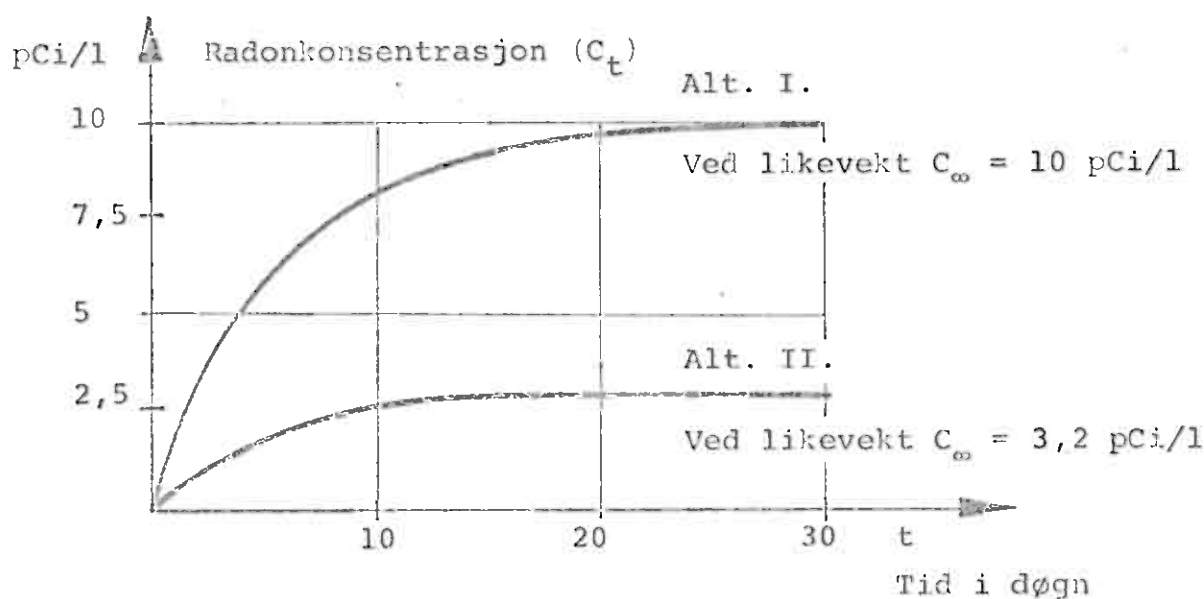
hvor

λ = disintegrasjonskonstanten for radon = $2,1 \cdot 10^{-6}$ /sek
 t = tiden i sek.

Beregningen viser at man i et tørt uventilert bergrom teoretisk vil få en maksimal radonkonsentrasjon på 3,2 pCi/l, med de forutsetninger som er lagt til grunn.

I praksis vil imidlertid arealet av bergrommet pga. riss og sprekker være større enn det man her har regnet med (av størrelsesorden 2-3 ganger større).

Den maksimale radonkonsentrasjon vil da bli av størrelsesorden 7-10 pCi/l.



Figur 1. Utvikling av radonkonsentrasjon i uventilert bergrom.

Fig. 1 viser tydelig at radonkonsentrasjoner på 100-200 pCi/l ikke kan genereres på grunnlag av radonlekkasje fra grafitt-skiferen alene. Det synes klart at radon også tilføres fra andre kilder, og det er her kun vann som kan komme på tale som radonkilde.

II. RADONKONSENTRASJON I UVENTILERT BERGROM PGA. VANNTILSIG

Vann fra store områder kan gjennom sprekker, borhull og porer i berget dreneres ut i bergrom. Radon, som da vaskes med og oppløses i vannet, blir frigitt etterhvert som vanntrykket ut mot bergrommet avtar. Radoninnholdet i slikt vann kan variere fra praktisk talt 0 til over 100 nano Curie/l (= 100 000 pCi/l). Lokalt kan således vann være årsak til høye radonkonsentrasjoner.

Ved den siste radonundersøkelse i Bidjovagge ble det tatt 3 vannprøver for analyse av radonkonsentrasjon. Ifølge opplysninger fra Statens institutt for strålehygiene ble vannanalysene mislykket pga. instrumentfeil.

Når det gjelder vannanalyser på radon fra norske underjordsgruver, foreligger et meget sparsomt erfaringsmateriale. For én gruves vedkommende ble det funnet en sannsynlig konsentrasjon på ca. 5-15 nanoCurie radon pr. liter vann.

Antas et bergrom på 1000 m^3 kan radonkonsentrasjon i et uventilert bergrom pga. vanninntrengning beregnes, med følgende antagelser:

$$\begin{aligned} V &= 1000 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ liter} \\ C_v &= 10 \text{ nCi/l} = 10\,000 \text{ pCi/l} \\ a &= 30 \text{ liter pr. min} = 0,5 \text{ liter pr. sek} \\ \text{hvor } C_v &= \text{vannets radoninnhold} \\ a &= \text{vanninntrengning} \\ V &= \text{volum av bergrommet i liter} \end{aligned}$$

Radonkonsentrasjon ved likevekt i uventilert bergrom, pga. vannet:

$$C'_{\infty} = \frac{a \cdot C_v}{v \cdot \lambda} = \frac{0,5 \cdot 10\,000}{10^6 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} = \underline{2380 \text{ pCi/l}}$$

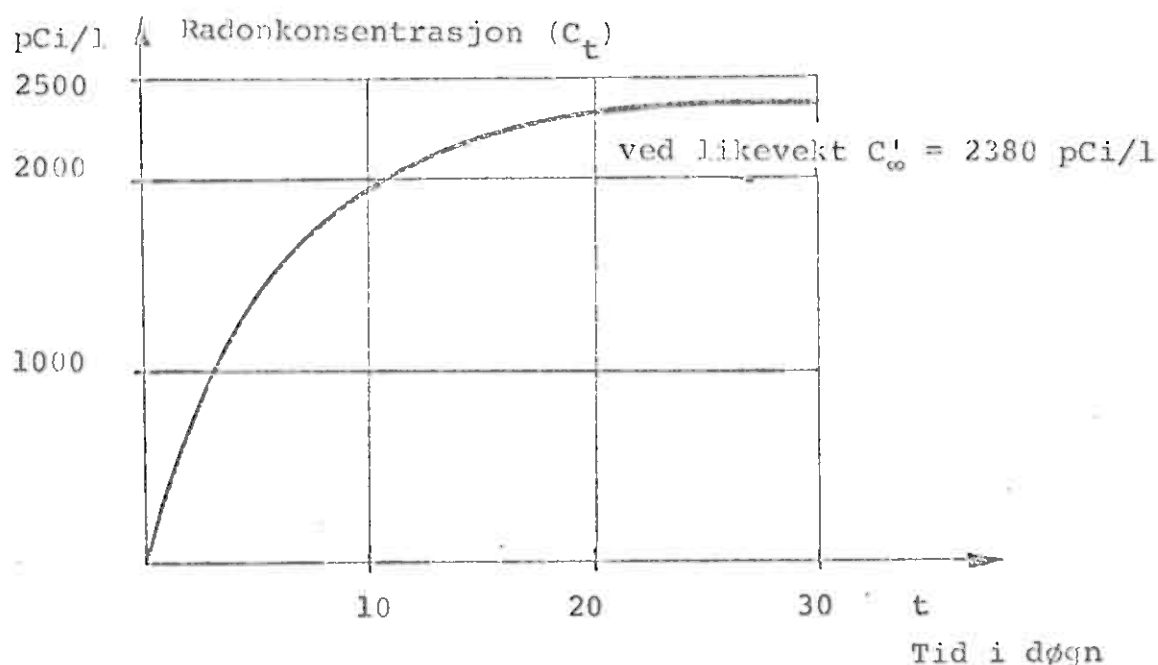
Utvikling i radonkonsentrasjon fra 0 til likevekt fremgår av fig. 2, og følger ligningen:

$$C(t) = C'_{\infty} (1 - e^{-\lambda t})$$

hvor

λ = disintegrasjonskonstanten $2,1 \cdot 10^{-6}$ /sek

t = tiden i sek



Figur 2. Radonkonsentrasjon i uventilert bergrom, pga. vannet.

Fig. 2 viser at ved tilsig av radonholdig vann i et uventilert bergrom, kan man fort komme opp i relativt høye radonkonsentrasjoner. Med de forutsetninger som er lagt til grunn for fig. 2, vil radonkonsentrasjon etter 5 timer være 91 pCi/l,

etter 10 timer 174 pCi/l, etter 1 døgn 396 pCi/l. Etter 30 døgn vil man ha nådd tilnærmet radioaktiv likevekt i bergrommet, og radonkonsentrasjonen er nå ca. 2380 pCi/l.

Både fig. 1 og 2 er opptegnet under forutsetning av at radonkonsentrasjon i bergrommet er null ved tiden t lik null.

Ser man på måleresultatene for radon fra 14. august 1974 ligger disse i området 100-200 pCi/l. Det ble dengang sagt at hovedventilasjonseni gruva hadde vært avstengt i ca. et halvt døgn. Av fig. 2 fremgår at man skulle kunne vente en radonkonsentrasjon på 180-200 pCi/l etter et halvt døgn i et uventilert bergrom med vanninntrengning i Bidjovagge. Dette stemmer altså godt overens med augustmålingene.

Fig. 1 og 2 viser videre at radontilførselen til bergrommet fra sideberget er meget lav sammenlignet^{med} tilførselen av radon fra det tilrinnende vannet.

III. UTLUFTING AV ET FORUT UVENTILERT BERGROM

Ved tilførsel av ventilasjonsluft (antatt radonfri) til et bergrom som har stått uventilert en viss tid, avtar radonkonsentrasjonen i rommet etter følgende ligning:

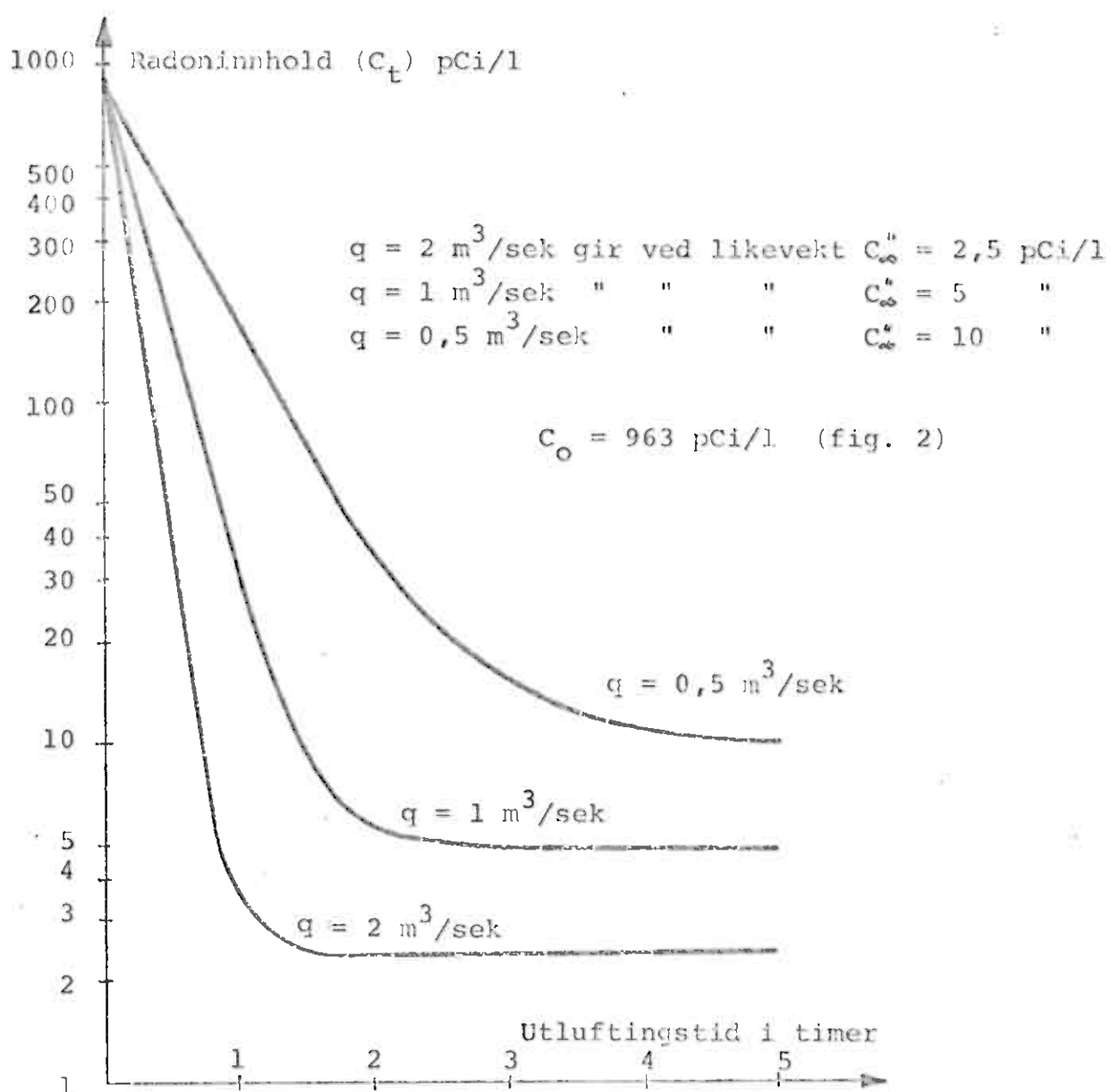
$$C(t) = C_0 e^{-(\frac{q}{V} + \lambda)t} + C_{\infty} (1 - e^{-(\frac{q}{V} + \lambda)t})$$

hvor

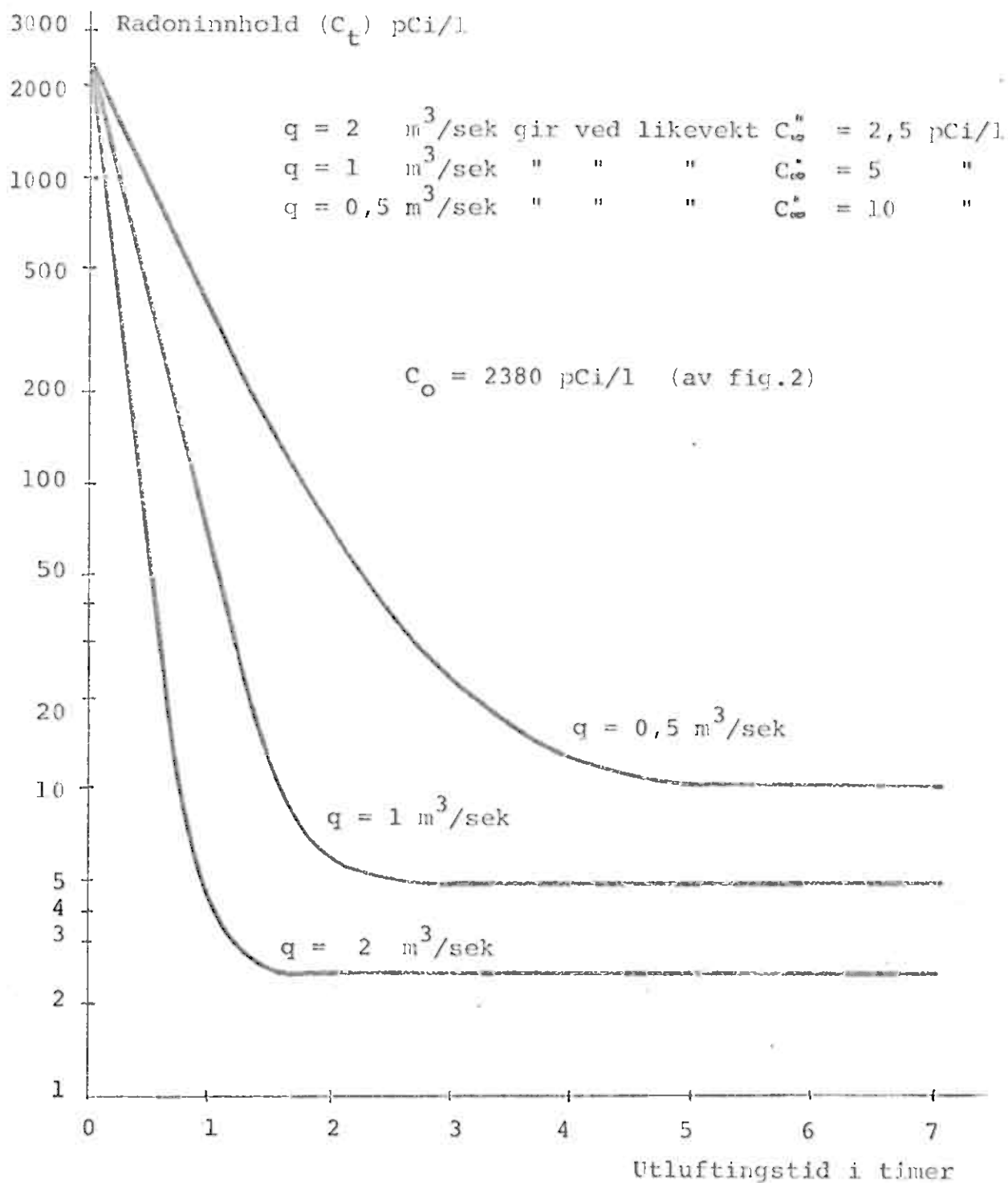
- C_t = radonkonsentrasjon etter utlufting i t sekunder
- C_0 = radonkonsentrasjon i rommet i det øyeblikk ventilasjonen settes igang
- q = tilført luftmengde i liter pr. sek
- V = volum av bergrommet i liter
- C_{∞} = radonkonsentrasjon ved radioaktiv likevekt i bergrommet, og konstant ventilasjon.

Fig. 3 og 4 viser eksempler på hvordan radonkonsentrasjonen avtar med tiden, i et forut uventilert bergrom med vanntilsiq og radonkonsentrasjon som vist i fig. 2.

I fig. 3 er brukt den C_0 -verdi (963 pCi/l) som fremgår av fig. 2, dersom bergrommet har stått uventilert i 3 døgn idet ventilasjonen settes igang. I fig. 4 er brukt den C_0 -verdi (2380 pCi/l) som svarer til 30 døgn uten ventilasjon.



Figur 3. Utlufting av radon fra et bergrom som har stått uventilert i 3 døgn.



Figur 4. Utlufting av radon fra et bergrom som har stått uventilert i 30 døgn.

Fig. 3 og 4 viser tydelig at med få timers ventilasjon vil lokalt høye radonkonsentrasjoner i f.eks. nyåpnede gruveområder eller i forut uventilerte bergrom med vanntilsig, kunne senkes til akseptabelt nivå. Med en tilført luftmengde pr. sekund på ca. 1/1000 av det volum som skal ventileres er utluftingen i de langt fleste tilfeller tilstrekkelig.

På den andre side viser den relativt hurtige økning av radonkonsentrasjonen (fig. 2) når ventilasjonen stenges av, klart behovet for kontinuerlig ventilasjon av alle arbeidsplasser.

4. DIESELAVGASS OG OKSYGEN

Følgende avgasskomponenter ble forsøkt målt: NO_2 , $\text{NO} + \text{NO}_2 = \text{NO}_x$, CO , CO_2 , HCHO (formaldehyd) og SO_2 . De tilhørende yrkeshygieniske grenseverdier basert på 40 timers uke er:

Tabell 7.

Komponent	Yrkeshygienisk grenseverdi ppm
NO_2 } NO_x	5
NO }	25
CO	50
CO_2	5000
SO_2	5
HCHO	5

Ved de relativt lave totalkonsentrasjoner av NO_x som er vanlig i norske gruver (normalt < 12 ppm), er NO yrkeshygienisk av liten interesse. Det hevdes at sålenge konsentrasjonen av NO_2 er under 5 ppm vil konsentrasjonen av NO være under 25 ppm.

Nitrogendioksyd NO_2 , er den mest "aggressive" komponenten i nitrøse gasser, og de medisinske effekter henføres fremfor alt til NO_2 . Yrkeshygienisk grenseverdi for NO_2 er som vist i tabell 7 satt til 5 ppm - en verdi som ifølge ACGHI (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ikke engang kortvarig bør overskrides. Dette er en såkalt takverdi.

Når det gjelder måling av NO_x ($= \text{NO} + \text{NO}_2$) kan det vanskelig fastsettes en grenseverdi for denne sum, ettersom forholdet mellom NO og NO_2 varierer. På dette grunnlag bør man heller ved rutinemålinger bestemme innholdet av NO_2 i grueluften istedetfor summen av $\text{NO} + \text{NO}_2$, da dette vil gi et bedre bilde av den foreliggende helserisiko.

I tabell 8 fremgår målepunkt og avgasskonsentrasjoner.

Tabell 8. Måleresultater dieselaygass.

Målepunkt	NO_2	NO_x	CO	CO_2	SO_2	HCHO
1. Nivå 600. Lasting transportort syd v/A. Bals	0,4	1,8	10	1000	<0,5	<0,5
2. Nivå 600. Lasting strosse 106 v/A. Bals	0,8	8	6	1700	<0,5	<0,5
3. Nivå 600. Lasting strosse 108	0,5	4	5	1400	<0,5	<0,5
4. Nivå 636. Lasting transportort nord v/J. Henriksen	2	13	80	5000	0,5	<0,5

Alle konsentrasjoner i tabell 8 er angitt i ppm.

Konsentrasjonene av de målte avgasskomponenter i målepunkt 1, 2 og 3 ligger godt under de yrkeshygieniske grenseverdier.

Derimot ligger avgasskonsentrasjonen i målepunkt 4 for høyt. Spesielt gjelder dette for CO og CO₂. Det ble her lastet på stoff i transportort nord. Tilførselen av frisk luft skulle skje via rør, men endel av røret lå nedgravd i steinrøysa. Den høye CO-konsentrasjonen kan tyde på dårlig justering av dyser etc. i motoren.

I forbindelse med avgassmålingene ble det også foretatt registrering av oksygen-innholdet i de samme målepunkter, med resultater som vist i tabell 9:

Tabell 9. Måleresultater oksygen.

Målepunkt	O ₂ i vol. %
1	20,7
2	20,4
3	20,4
4	19,6

Normal atmosfærisk luft inneholder ca. 20,9 volum % oksygen. Oksygeninnholdet i gruveluften bør ikke underskride 19 vol. %.

5. VENTILASJONSMÅLING

Onsdag 6. november 1974 ble det kl. 19.00-21.00 foretatt måling av ventilasjonseffekten i Bidjovagge. Under målingen var det ingen tipping av masse i styrtsjaktssystemet hverken fra dagbrudd eller gruve. Heisen i hovedsjakten var i fart noen ganger under målingene og medførte lokale stempelvirkninger. Dette antas bare i liten grad å ha influert på måleresultatet. Resultatet av ventilasjonsmålingene fremgår av figurene 5-10. De angitte luftmengder skulle være representative for

normal ventilasjonskapasitet ved Bidjovagge Gruber, ved en utetemperatur på ca. -8° C.

Det må her bemerkes at porten på nivå 600, mellom styrtsjakt nord og hovedsjakt, var kjørt istykker. Dette gjør at noe mer luft enn normalt går ut i hovedsjakten.

Det fremgår av fig. 7 at tilførselen av friskluft ned NGU-sjakten til nivå 600 er ca. $20 \text{ m}^3/\text{sek}$. Denne luften passerer i orten utenfor stigeroppholdet, og fordeles med ca. $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ mot styrtsjakt syd mens resten ($13,8 \text{ m}^3/\text{sek}$) går videre på nivå 600.

Hjelpeviften på nivå 600 synes å være plassert feil. Den burde heller stå i friskluftinntaket ($13,8 \text{ m}^3/\text{s}$). Slik den nå står drar den med seg mye støv inn mot arbeidsområdet ved transportort nord.

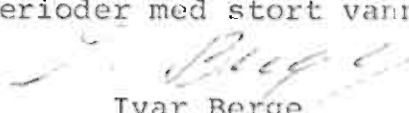
6. SLUTTKOMMENTAR

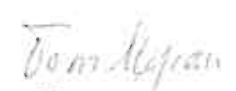
De utførte støvmålinger viser at støvsituasjonen i gruva i stor grad bestemmes av tippefrekvensen i styrtsjaktssystemet. Ved hyppig tipping nedstøves store deler av gruva.

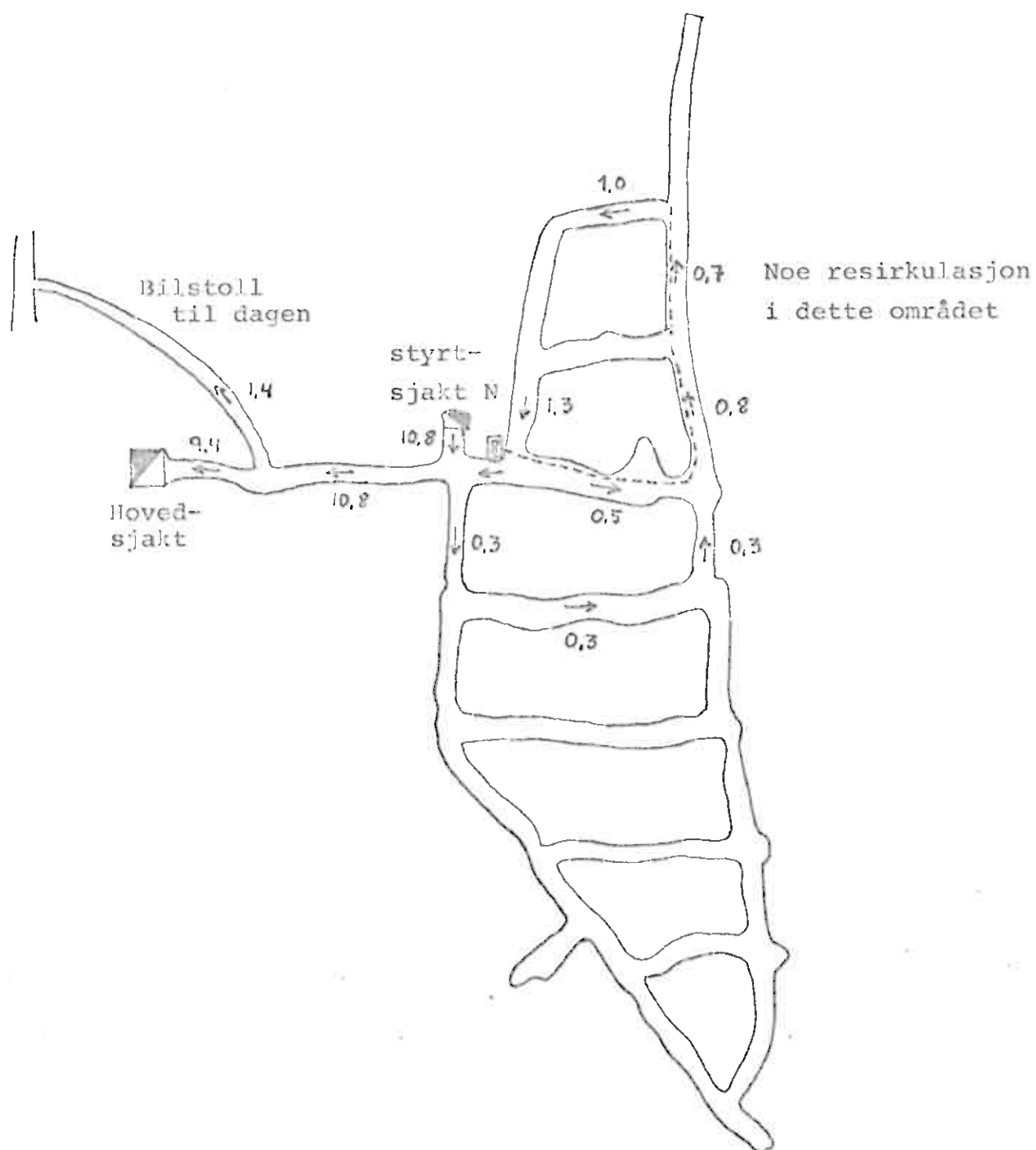
Etterhvert som nye brytningsområder og stigorter/tapninger mellom nivåene åpnes, forandres også støvsituasjonen.

Det bør overveies å sette igang diverse støvforebyggende tiltak (se side 10).

Nye støvmålinger bør foretas for å holde kontroll med situasjonen. En vurdering av radon- og radondatterforholdene synes å vise at radontilførselen fra gruvas sideberg er liten sammenlignet med tilførselen av radon fra vannet som renner inn i gruva. Og at man pga. dette kan vente høyere konsentrasjoner av radon og radondøtre i perioder med stort vanntilsig i gruva.

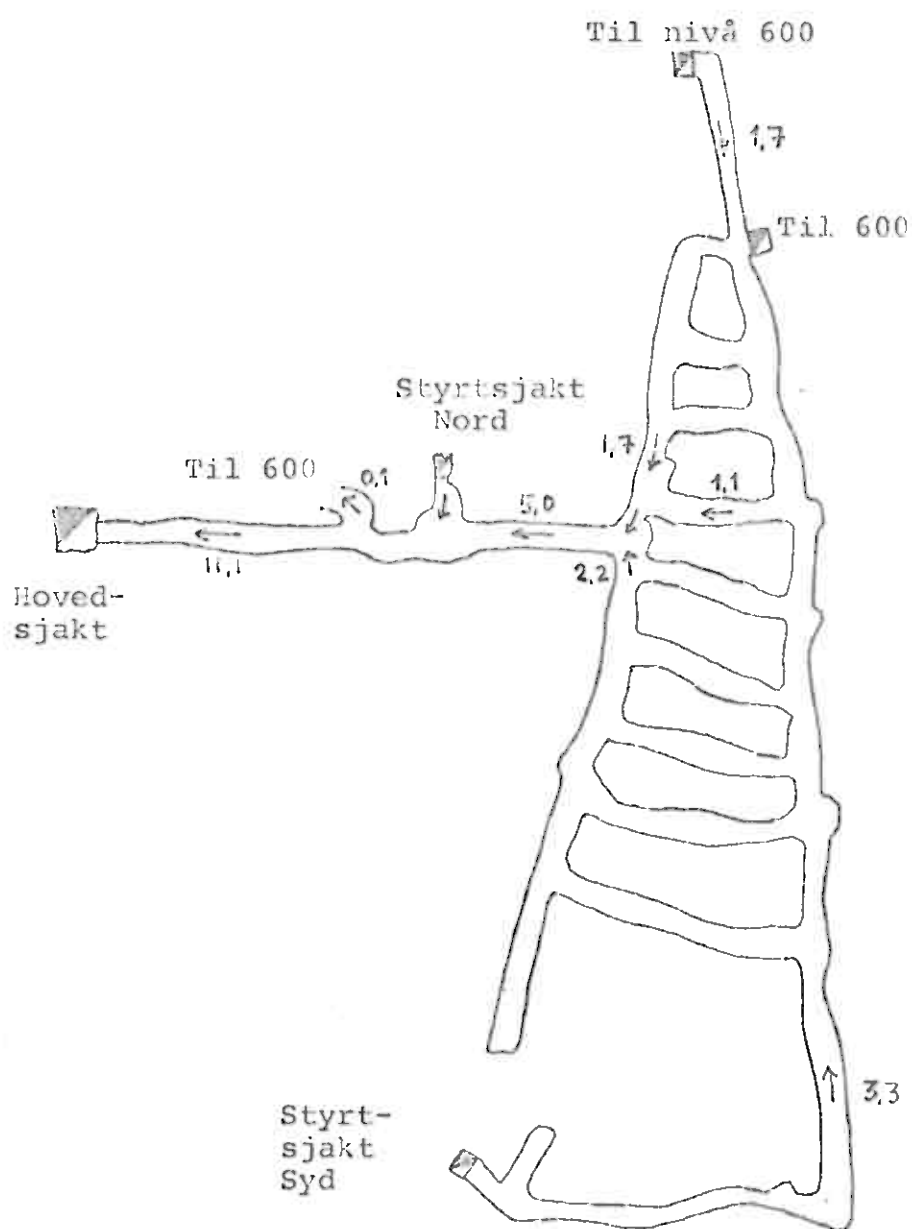

Ivar Berge
professor


Tom Myran
lic.techn.

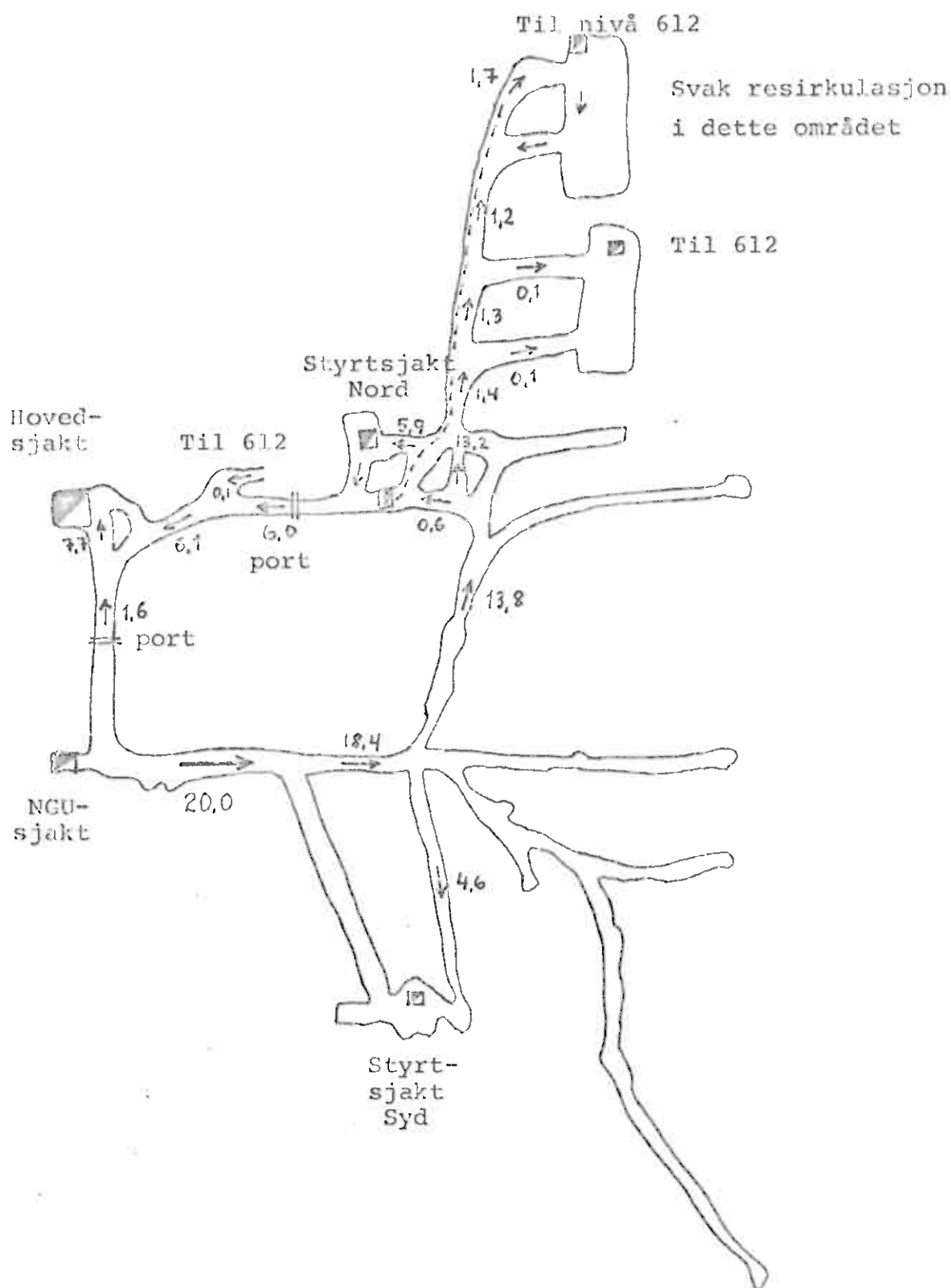


[8]----- Angir hjelpevifte og ventilasjonsrør

Tallene angir ventilasjonskapasiteten i $\text{m}^3/\text{sek.}$



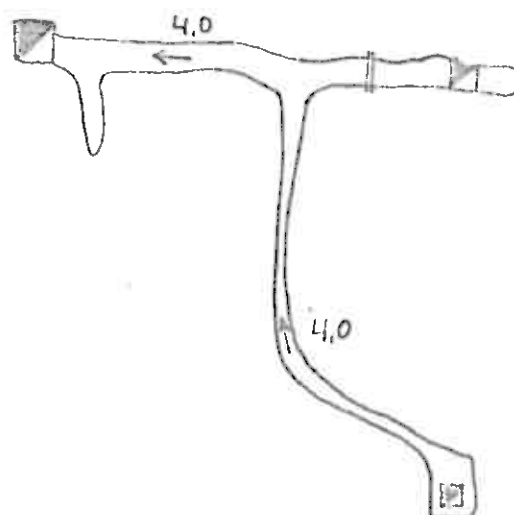
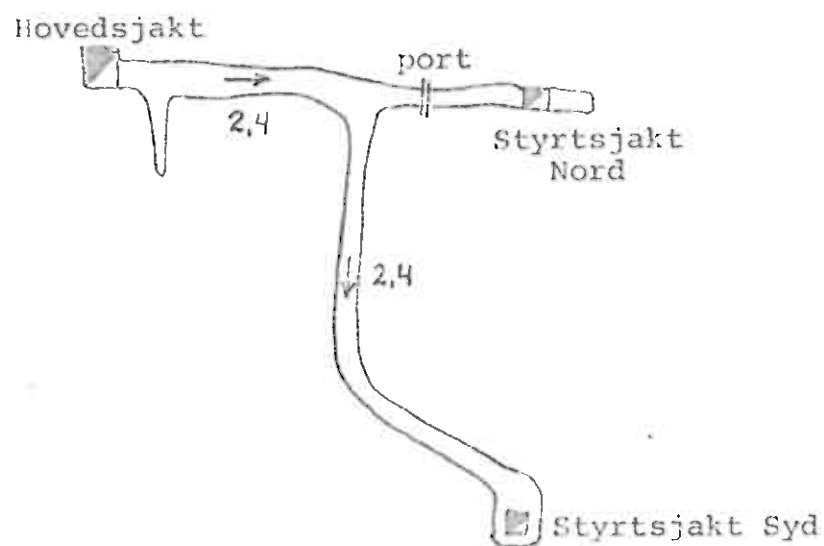
Tallene angir ventilasjonskapasiteten i $\text{m}^3/\text{sek.}$



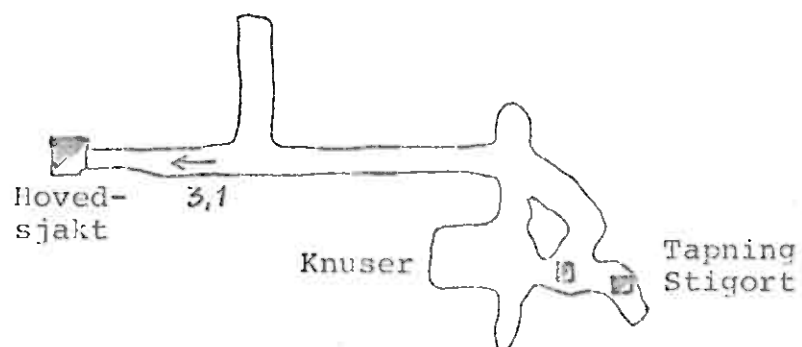
Angir hjelpevifte og ventilasjonsrør.

Tallene angir ventilasjonskapasiteten i m³/sek.

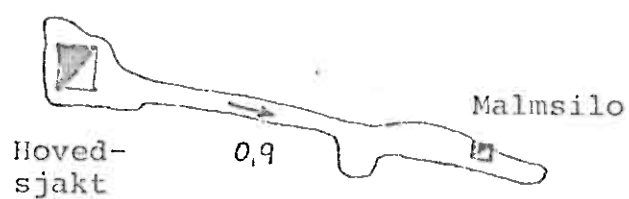
- 1) 6.november kl. 20.30 (sannsynligvis større fyllingsgrad i styrtsjakt enn i situasjon 2)

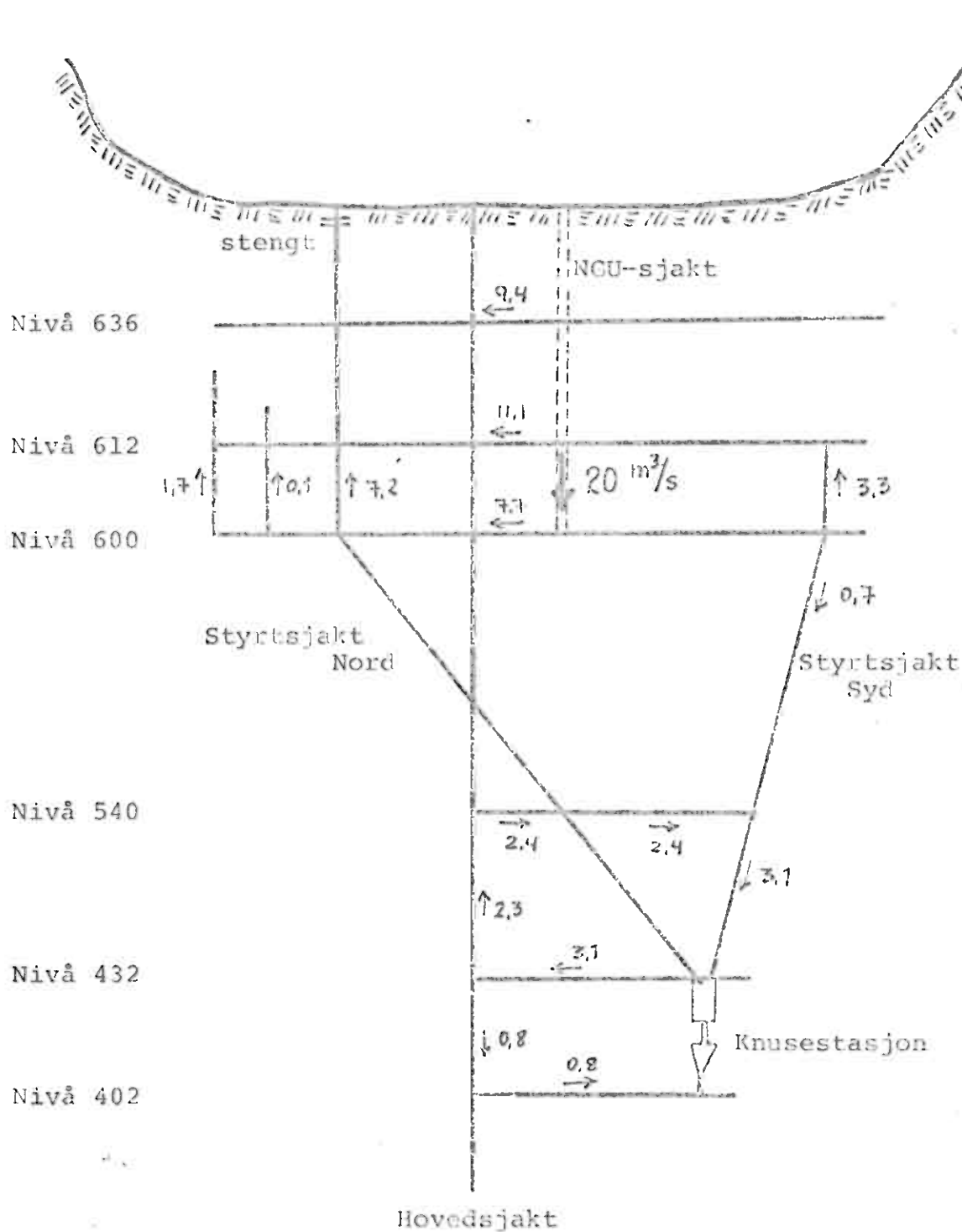


- 2) 6.november kl. 8.30 (sannsynligvis liten fyllingsgrad i styrtsjakt)



Under tipping i styrtsjakt er målt opptil $7,5 \text{ m}^3/\text{sek}$ luft mot Hovedsjakt





Tallene angir ventilasjonskapasiteten i m^3/sek .

STATENS INSTITUTT FOR STRÅLEHYGIENE

MONTEBELLO - OSLO 3
TELEFON 02/55 58 98

Mottatt	11-1-75	6/19
Navn		
Kir.		
Besvart		

Bidjovagge Gruber A/S
9520 Kautokeino

Deres ref.

Vår ref. AK/EG

Dato 8.1.75

Måling av radon i gruveluft.

Ved Bidjovagge Gruber ble det 4/11 og 5/11-74 foretatt måling av radon og radondøtre i ulike deler av gruva. Målingene supplerer målinger av 21.10.71, 20.4.72, 14.8.74 og 16.8.74.

Den hygieniske grenseverdi for radondøtre er 30 picocurie (pCi) pr. liter innåndingsluft ved 40 timers uke.

Måleresultat 4. og 5.11.74 :

Målepunkt	Radondøtre målt ved filteranalyse pCi/l	Radon målt ved ionisasjon pCi/l
Nivå 402. Ved utmating malmsilo	a 4,4	6,8
	b 4,1	6,3
	c 4,8	5,9
Nivå 432. Knuserom x)	a 2,3	5,9
	b 3,2	4,8
	c 0,4	1,9
Nivå 540. Styrtsjakt syd x)	a 2,1	2,9
	b 5,1	8,6
	c 0,8	1,1
Nivå 600. Ved faring til 612	a <0,2	<0,5
Nivå 600. Strosse 106 x)	b 2,0	3,9
	c 1,2	
Nivå 612. Profil 114 ligg x)	a 1,2	
	b 1,5	4,0
	c 1,6	3,8
Nivå 432. Diamantborhull	c 2,4	

x) = arbeidsplass.

For å få målt ventilasjonens innvirkning på radoninnholdet i lufta, ble hovedventilasjonen stoppet 12 timer før måleserie a. Serie b er målt 5-9 timer etter at hovedventilasjonen ble satt i gang igjen, mens serie c er målt 22 timer etter at hovedventilasjonen startet. Temperaturen i dagen var ved serie a og b $\pm 10^{\circ}\text{C}$ og ved serie c $\pm 9^{\circ}\text{C}$.

Målingene viser at radondatterkonsentrasjonen i gruva på denne årstid ligger under den hygieniske grenseverdi uansett om hovedventilasjonen er stoppet eller ikke. Årsakene til de lave verdier i forhold til målingene i august 1974 synes å være :

1. God naturlig ventilasjon p.g.a. lav utetemperatur.
2. Normal vanninntrengning.

Stopp av hovedventilasjonen bør derfor unngås i perioder med stort vanntilsig i gruva.

Vi viser ellers til lic. techn. Tom Myrans rapport om radonmålingene 4.-5.11.74.

Med hilsen


Leiv Berteig

Arne Klokke

Arne Klokke

Kopi: Direktoratet for arbeidstilsynet.

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE

INSTITUTT FOR GRUVEDRIFT



7034 TRONDHEIM - NTH
TELEFON 30100
APP. 144

┌

┐

Bidjovagge Gruber A/S
Postboks 160
9520 KAUTOKEINO

811-75a	
NR:	
DAT:	
EMNE:	

└

┘

DERES REF.

VÅR REF. -/rhk

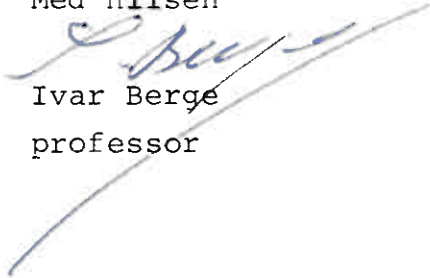
DATO

6. januar 1975.

./.. Vedlagt oversendes rapport i 2 eksemplarer vedrørende
"Diverse målinger i arbeidsatmosfære ved Bidjovagge Gruber A/S
i tiden 4.-8. november 1974."

1 eksemplar er oversendt direktør Sandberg, Bidjovagge
Gruber A/S, Oslo.

Med hilsen


Ivar Berge
professor

./.. vedlegg

VENTILASTONSMÅLING

Onsdag 6/11, Eftermiddagskift kl. 19.00 - 21.00

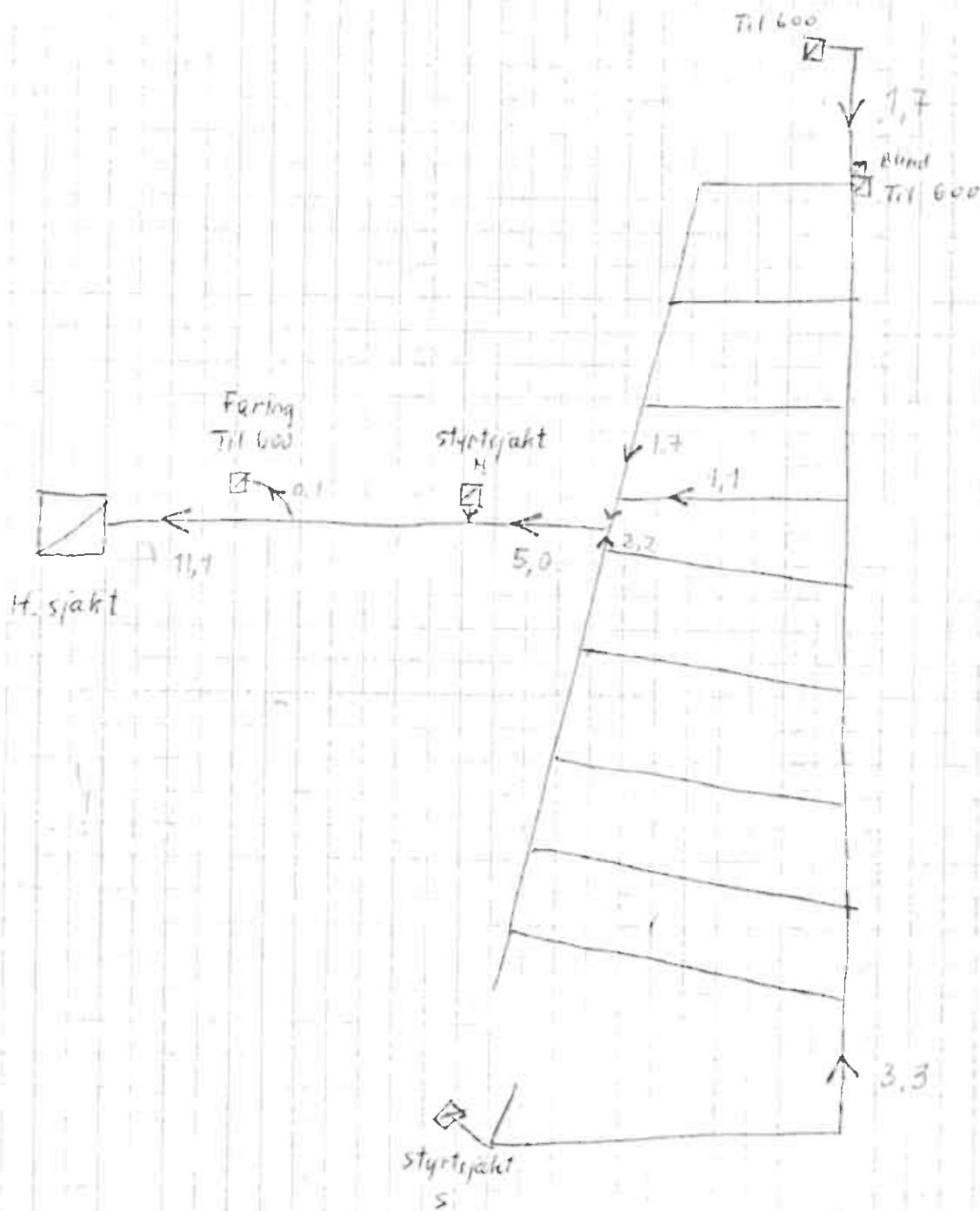
Tagen tipping i styrtjaletsystemet hverken fra dagbrud eller grave. Heisen i hovedsjælet var i fart noen ganger under målingene og medførte lokale stømpelvirksomheter. Dette antas bare i meget liten grad å ha influert på måleresultatet.

De angitte luftmengder (se figurene) skulle således være representativ for normal ventilasjonskapasitet ved bidregge med en utetemperatur på $+ 8^{\circ}\text{C}$.

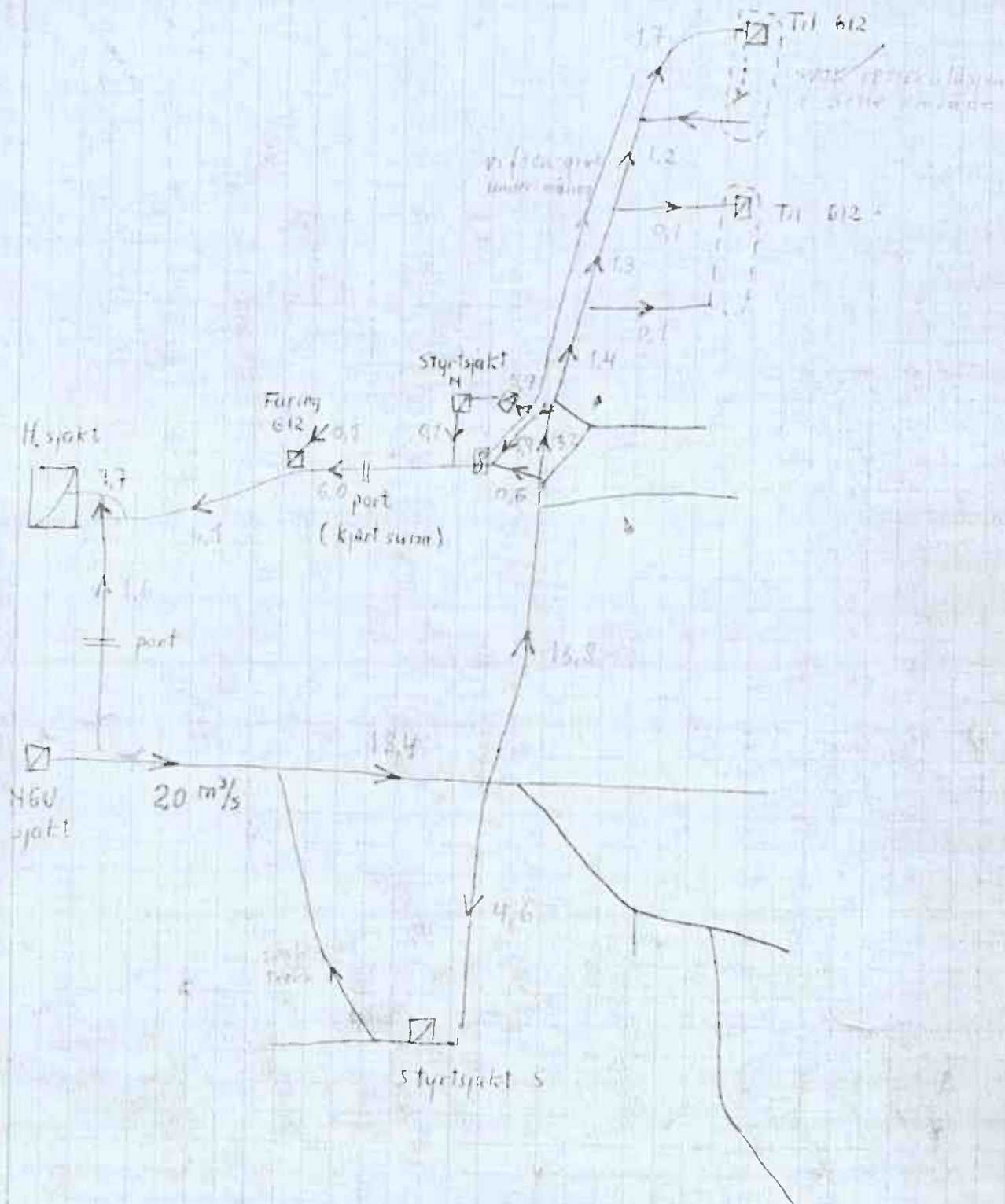
A hand-drawn map on a grid background showing a road network. The map includes the following elements:

- Top Left:** A square icon with a diagonal line, labeled "H. sjøkt" below it.
- Top Center:** A point labeled "Til døgen Bilstoll" with a distance of "14" and an arrow pointing towards the top right.
- Center:** A square icon with a diagonal line, labeled "styrtsjakt" above it and "10,8" below it. An arrow points from this point towards the top left.
- Bottom Left:** A point labeled "H. sjøkt" with a distance of "9,4" and an arrow pointing towards the top left.
- Right Side:** A vertical road with several horizontal branches. Distances and directions are marked:
 - Top branch: "1,0" (up), "0,7" (down), "0,3" (left).
 - Middle branch: "1,3" (down), "0,5" (right), "0,8" (up).
 - Bottom branch: "0,3" (down), "0,3" (right), "0,3" (up).
- Text:** "Noe regulering i dette område" is written on the right side of the map.

Nivå 612



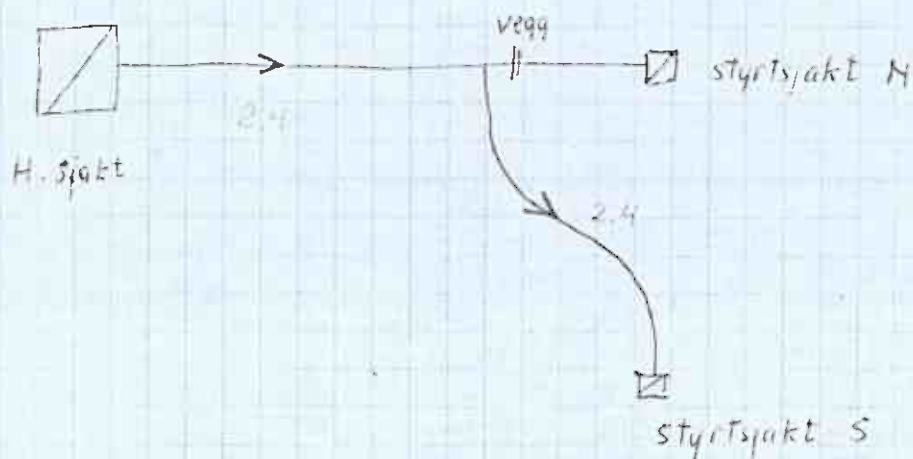
Niva 600



Nivå 540

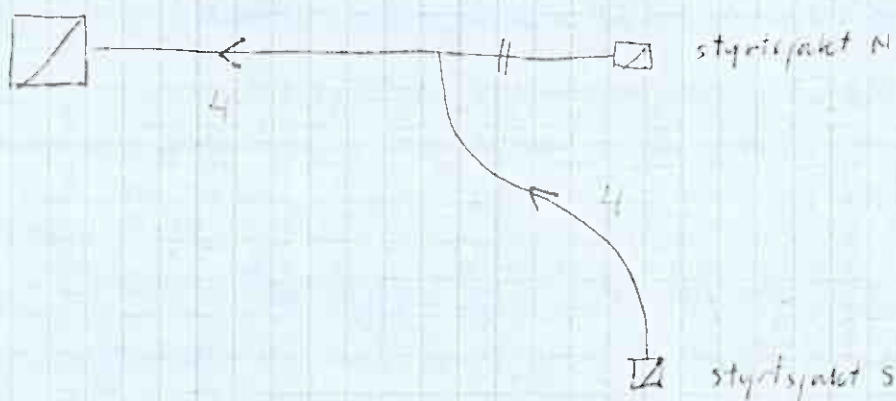
1)

6/11 kl 20.30 (sannsynligvis større fyllingsgrad i styrtsjakt
enn i situasjon 2)



2)

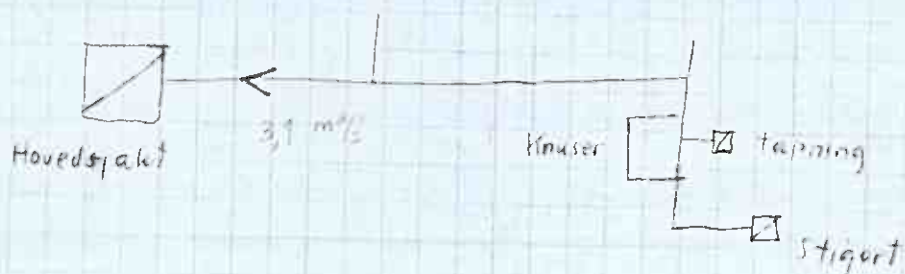
6/11 kl 8.30 (sannsynligvis liten fyllingsgrad i styrtsjakt)



Nivå 402

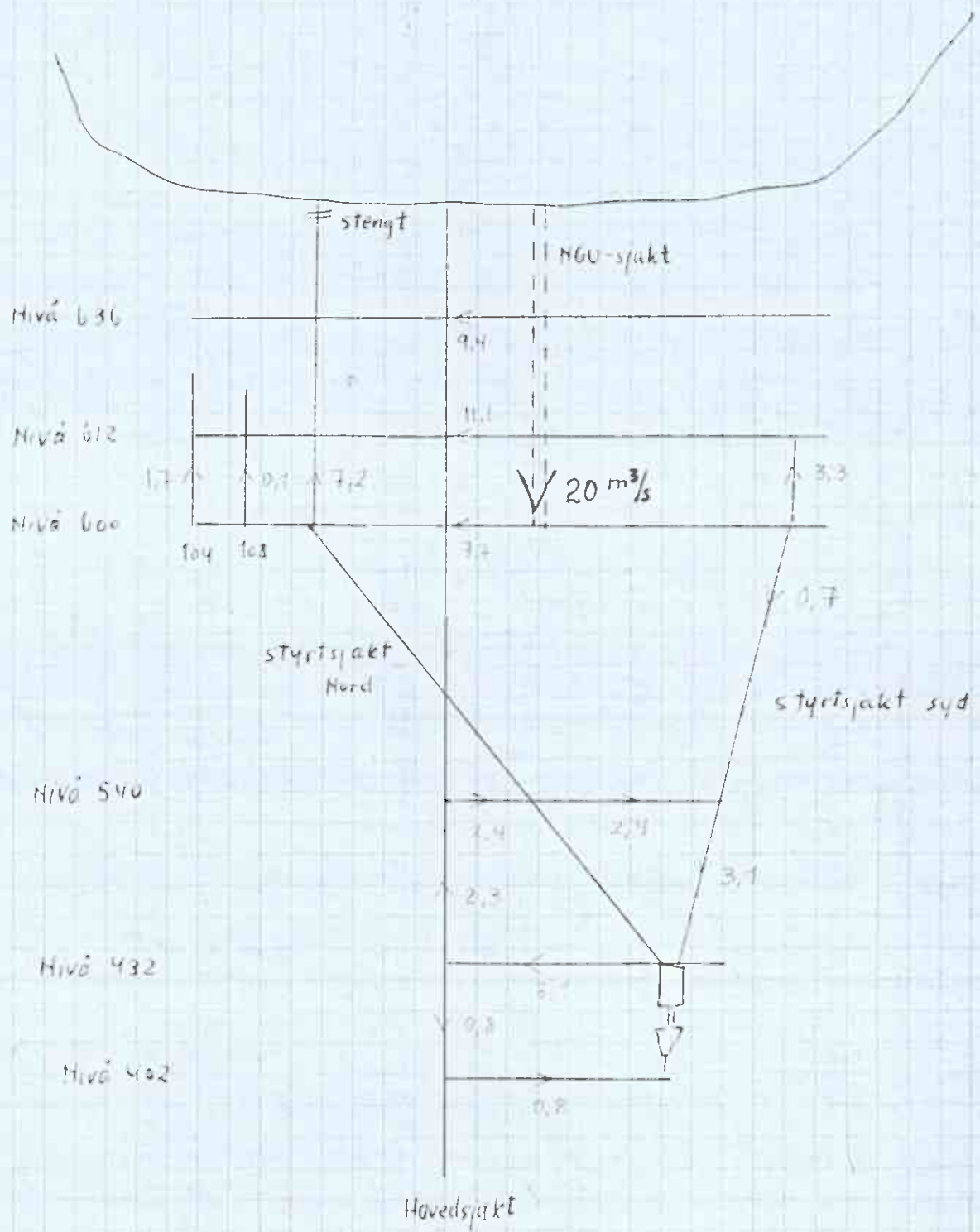


Nivå 432



Hvilken involvering tipping i styrtspjalt har på systemet kan underskueliggjeres ved måling på formiddagskiftet som viste ca $7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vertikalsnitt



GRAFITTSKIFER, BIDJOVAGGE

1) RADONKONSENTRASJON I UVENTILERT BERGROM PÅ LERKATJE FRA BERGET

Radonflux, beregnet : $9,01 \cdot 10^{-3}$ radonatomer pr sek $\cdot$ cm^2

$$V = 1000 \text{ m}^3, \text{ dvs. } 10 \text{ m}^2 (3,2 \times 3,2 \text{ m}) \times 100 \text{ m}$$

$$A = 1,3 \cdot 10^7 \text{ cm}^2$$

$$G = 9,01 \cdot 10^{-3} \cdot 5,7 \cdot 10^{-5} = 5,14 \cdot 10^{-7} \text{ Pu/sek} \cdot \text{cm}^2$$

$$G_{\text{tot}} = 5,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1,3 \cdot 10^7 = \underline{6,7 \text{ Pu/sek}}$$

hvor

V = volum av bergrommet

A = Areal av bergrommet

G_{tot} = total radonlekkasje fra berget inn i bergrommet

Ekvivalent mengde radium : $M = 5 \cdot 10^{-7} \cdot G_{\text{tot}}$

$$M = 5 \cdot 10^{-7} \cdot 6,7 = 34 \cdot 10^{-7} \text{ g} = \underline{0,034 \text{ mg Ra}}$$

Radonkonsentrasjon ved likevekt i uventilert bergrom :

$$C_{\infty} = \frac{G_{\text{tot}}}{V \cdot \lambda} = \frac{6,7}{10^6 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} = \underline{3,2 \text{ Pu/l}}$$

Utrikling i radonkons. fra 0 til likevekt :

$$C(t) = C_{\infty} (1 - e^{-\lambda t})$$

hvor

λ = disintegrasjonskonstanten for radon $= 2,1 \cdot 10^{-6} / \text{s}$

t = tiden i sek.

En likevektkonsentrasjon av radon i grafittskiferen på bare $3,2 \text{ Pu/l}$ er alt for lavt ifølge målingene i gruva i Bidjovagge. Dette tyder på at den alt overveieende mengde radon må komme fra vanninntrengning.

2) RADONKONJENTRASJON I UVENTILERT BERGRUM PGA VANNINNTRENGNING

$$V = 1000 \text{ m}^3$$

$$C_v = 10 \text{ nCi/l} = 10\,000 \text{ pCi/l}$$

$$a = 30 \text{ l/min} = 0,5 \text{ l/s}$$

hvor

C_v = vannets radoninnhold

a = vanninntrengning

Radonkons. ved likevekt i uventilert bergrom pga vannet:

$$C'_{\infty} = \frac{a \cdot C_v}{V \cdot \lambda} = \frac{0,5 \cdot 10\,000}{100 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} = 2380 \text{ pCi/l}$$

3)

UTVIKLING AV RADONKONS. I UVENT. BERGRUM PGA VANN OG BERGLEKKASJE

$$C(t) = C''_{\infty} (1 - e^{-\lambda t})$$

hvor C''_{∞} = likevektskons. av radon pga. vann og berglekkasje
 $= C'_{\infty} + C'_{\infty}$

$$C(t) = 2383 \left(1 - \frac{1}{e^{(2,1 \cdot 10^{-6}) t}} \right)$$

t	λt	$e^{\lambda t}$	$\frac{1}{e^{\lambda t}}$	C(t)
5 timer = 18000 sek	0,0378	1,039	0,962	91 pCi/l
10 " = 36000 "	0,0756	1,0785	0,927	174 "
1 dag = 86400 "	0,18144	1,199	0,834	396 "
3 " = 259200 "	0,5184	1,679	0,596	963 "
5 " = 432000 "	0,9072	2,477	0,404	1420 "
15 " = 1.296.000 "	2,7216	15,205	0,066	2225 "
30 " = 2.592.000 "	5,4432	231,18	0,0043	2324 "

Et radioaktivt stoff inneholder N atomer
Et antall atomer dN disintegrerer i et tidsintervall dT . dN er proporsjonal med dT og med N .

Når dT øker vil N avta

$$\boxed{dN = -\lambda N dT} \quad (1.)$$

λ , disintegrasjonskonstanten er karakteristisk for vedkommende atom

(1.) kan skrives: $\lambda = -\frac{dN}{N} dT \quad (2.)$

Hvis vi setter $dT = 1$ kan λ tolkes som den fraksjonen av de radioaktive atomer $\frac{dN}{N}$ som disintegrerer pr tidsenhet.

Ved $t = 0$ er det n_0 atomer tilstede

Ved ~~tiltatt~~ tidspunktet t er det n atomer igjen som ikke har disintegrent. Da får vi fra (1.):

● $\frac{dN}{N} = -\lambda dT$
 $\int_{N=n_0}^{N=n} \frac{dN}{N} = \int_{T=0}^{T=t} -\lambda dT \quad ; \quad \ln \frac{n}{n_0} = -\lambda t \quad ; \quad \frac{n}{n_0} = e^{-\lambda t}$

$$\boxed{n = n_0 e^{-\lambda t}} \quad (3.)$$

Hvis halveringstiden er $t_{1/2}$ vil det pr. def. etter $t_{1/2}$ være igjen $\frac{n_0}{2}$ atomer som ikke har disintegrent.

Fra (3.) $\frac{n_0}{2} = n_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \quad ; \quad \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \quad ; \quad \ln 2 = \lambda t_{1/2}$

$$\boxed{\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}}}$$

Fra (1.) $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$ eller $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

Disintegrasjonsraten $\frac{dN}{dt}$ ved et bestemt tidspunkt er lik disintegrasjonskonstanten ganget med antall atomer tilstede ved dette tidspunkt.

(3.) multiplisert med 2

$$\lambda n = \lambda n_0 e^{-\lambda t}$$

$$\frac{dn}{dt} = -\lambda n \quad \text{og} \quad \frac{dn_0}{dt} = -\lambda n_0$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{dn_0}{dt} e^{-\lambda t}$$

$\frac{dn}{dt}$ og $\frac{dn_0}{dt}$ måler aktiviteten a til materialet.

og $\boxed{a = a_0 e^{-\lambda t}}$ $a = \frac{dn}{dt}$ og $a_0 = \frac{dn_0}{dt}$ (5.)

a og a_0 målt i atomer/tidsenhet

ved å sette $\frac{a}{3,7 \cdot 10^{10}} = A$ og $\frac{a_0}{3,7 \cdot 10^{10}} = A_0$

får vi A og A_0 i Curie

For Radon:

$$t_{1/2} = 3,825 \text{ døgn} = 3,305 \cdot 10^5 \text{ sek}$$

1 pCi disintegrerer i ein rate på $3,7 \cdot 10^{-2} / \text{sek}$

$$1 \times 3,7 \cdot 10^{-2} = \lambda N = \frac{0,693}{t_{1/2}} N = \frac{0,693}{3,305 \cdot 10^5} N$$

$$N = \frac{3,7 \cdot 10^{-2} \cdot 3,305 \cdot 10^5}{0,693} = 1,76 \cdot 10^4$$

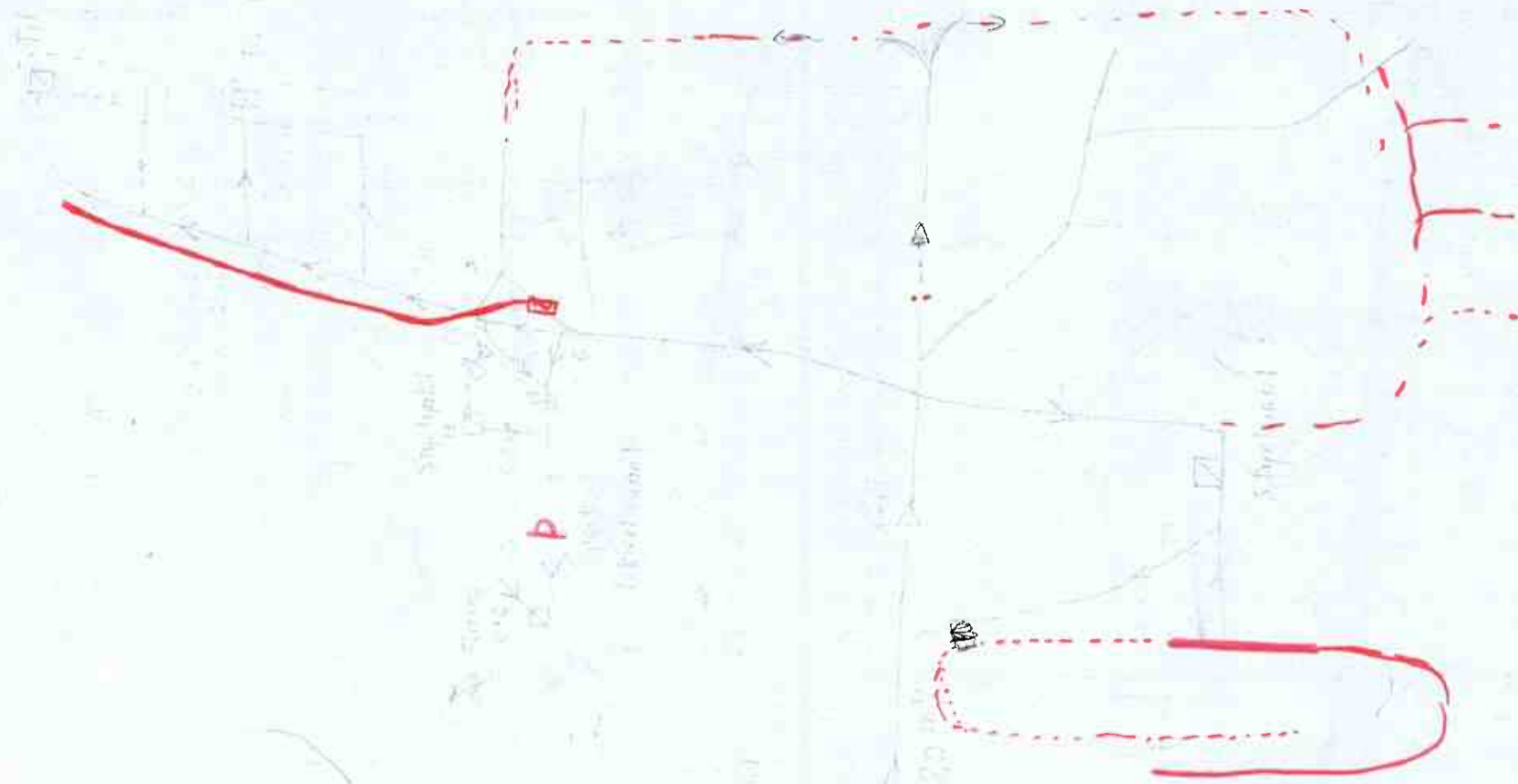
1 pCi radon inneholder $1,76 \cdot 10^4$ radonatomer

emanasjonsrate på $1 \text{ radonatom} / \text{sek} = \frac{1}{1,76 \cdot 10^4} \text{ pCi} / \text{sek}$

$= 5,67 \cdot 10^{-5} \text{ pCi} / \text{sek}$

Emanasjonsrate på $9 \cdot 10^{-3}$ radonatomer pr sek $\cdot \text{cm}^2 =$
 $= 9 \cdot 10^{-3} \cdot 5,67 \cdot 10^{-5} = 5,10 \cdot 10^{-7} \text{ pCi} / \text{sek} \cdot \text{cm}^2$

og metningsaktiviteten fra en flate på 1 cm^2
blir $2,44 \cdot 10^{-1} \text{ pCi}$



AVGASSMÅLING

Tirsdag 5/11, formiddagskift

Nivå 600.

Lasting transportert syd v/ A. Bals
(god gjennomgående ventilasjon)

NO ₂	0,4 ppm
NO+NO ₂	1,8 ppm
CO	10 ppm
CO ₂	1000 ppm
HCHO (aldehyder)	ikke utslag
SO ₂	ikke utslag
O ₂	20,7 %

Tirsdag 5/11, Etermiddagskift

Nivå 636

Lasting transport nord v/ J. Henriksen
(ikke ventilasjon på stoff, vent. rør et stykke inn i det)

NO ₂	2 ppm
NO+NO ₂	13 ppm
CO	30 ppm
CO ₂	5000 ppm
HCHO (aldehyder)	< 0,5 ppm
SO ₂	< 0,5 ppm
O ₂	19,6 %

Onsdag 6/11, formiddagskift

Nivå 600

Lasting fra strasse 106 v/ A. Bals kl 9.30
(innblåsing av luft gjennom rør)

NO ₂	0,8 ppm	
NO+NO ₂	8 ppm	
CO	6 ppm	O ₂ 20,4 %
CO ₂	1700 ppm	
HCHO	ikke utslag	

Forts AVGASSMÅLING

Torsdag 7/11 kl. 10.00

Nivå 600

Lasting fra strasse 108

(ikke målbar ventilasjon i strassen)

NO₂ 0,5 ppm

NO+NO₂ 4 ppm

CO 5 ppm

CO₂ 1400 ppm

HCHO ikke utslag

SO₂ ikke utslag

O₂ 20,4 %

RADON OG RADONDØTRE

Nr	Målepunkt	Radondøtre målt ved filteranalyse pCi/l	Radon målt ved ioniseringskammer pCi/l
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100	Nivå 402. Ved utmating malmsilo	serie 1 4,4 2 4,1 3 4,8	6,8 6,3 5,9
	Nivå 432. Knuserom	1 2,3 2 3,2 3 0,4	5,9 4,8 1,9
	Nivå 540. Ved styrtspjåket syd	1 2,1 2 5,1 3 0,8	2,9 8,6 1,1
	Nivå 600. Ved faring til 612	1 < 0,2	< 0,5
	— " — Strosse 106	2 2,0 3 1,2	3,9 —
	Nivå 612. Profil 114 ligg	1 1,2 2 1,5 3 1,6	— 4,0 3,8
	Nivå 432. Ved diamantborhull m/vann	3 2,4	

Vifter stoppet søndag 3/11 kl 22.00

Måleserie 1 : mandag 4/11 kl 9.15-10.45

Vifter igangatt mandag 3/11 ca kl 11.15

Måleserie 2 : mandag 4/11 kl 18.00-20.00

Måleserie 3 : tirsdag 5/11 kl 9.15-10.45

Ute temperatur : mandag 4/11 ca -10°C

Tirsdag 5/11 ca -9°C