

RAPPORT NR. 30



GUDENÅUNDERSØGELSEN

Mossø - opblanding

Vandløb - transportmålinger

MILJØSTYRELSENS
FERSKVANDSLABORATORIUM

Lysbrogade 52
8600 Silkeborg
Telefon 06 - 81 07 22

8/1278

GUDENÅUNDERSØGELSEN

Rapporter vedr.:

1. Måling af opblanding af
Gudenåens vand i Mossø
2. Transporttids - og dispersions-
målinger i Gudenåsystemet

ISOTOPCENTRALEN

Til:
Vandkvalitetsinstituttet
Poppelgaardvej 10-12
2860 Søborg

EM/JNM 963.07
17.1.1975

MÅLING AF OPBLANDING AF
GUDENÅENS VAND I MOSSØ d. 27.6.1974

København d. 17 januar 1975
for ISOTOPCENTRALEN


Erik Mørch

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INDLEDNING.....	1
2. FORMÅL.....	1
3. UNDERSØGELSENS UDFØRELSE.....	1
3.1 Generelt.....	1
3.2 Dosering.....	1
3.3 Vandføringsmåling.....	1
3.4 Måling i søen.....	2
3.5 Måling ved søens udløb.....	2
4. RESULTATER.....	2
4.1 Vandføring i indløbet.....	2
4.2 Opblandingsforløbet i søen.....	2
4.3 Måling ved søens udløb.....	4
5. KONKLUSION.....	4

BILAGSFORTEGNELSE

4.2. - 1	Isokoncentrationskurver kl. 06.40 - 06.58.
4.2. - 2	Isokoncentrationskurver kl. 07.27 - 07.47.
4.2. - 3	Isokoncentrationskurver kl. 08.51 - 09.14.
4.2. - 4	Isokoncentrationskurver kl. 10.04 - 10.38.
4.2. - 4.1	Temperatur i vertikalsnit kl. 10.52 - 11.29.
4.2. - 5	Isokoncentrationskurver kl. 16.04 - 16.34.
4.2. - 6	Isokoncentrationskurver kl. 17.26 - 18.30.
4.2. - 7	Vindobservationer.

1. INDLEDNING

Isotopcentralen har d. 27.6.1974 foretaget undersøgelse af Gudenåens opblanding i Mossø. Undersøgelsen er foretaget i samarbejde med VKI, som stillede motordreven gummibåd med fører til rådighed, Århus og Randers amter, som stillede teodolitter og mandskab til rådighed for den nødvendige positionsbestemmelse samt Hedeselskabet, som foretog vandføringsmålinger i Gudenåen.

2. FORMÅL

Undersøgelsens formål var at bestemme den brøkdel af Gudenåens vand, som passerer direkte gennem søens NV-lige del og den hertil knyttede passagetid, samt at klarlægge opblandingsmønstret for det indløbende vand i søen (jfr. vort brev af 14.2.1974). Det var på forhånd skønnet sandsynligt, at den største del af å-vandet løb direkte fra indløbet mod udløbet med en opholdstid i denne del af søen af størrelsesordenen 10 timer.

3. UNDERSØGELSENS UDFØRELSE

3.1 Generelt

Ved indløbet til søen blev en portion radioaktivt sporstof opløst i vand og doseret momentant til åen. I indløbet til søen blev der foretaget en vandføringsmåling ud fra en måling af middelkoncentrationen af sporstof i en vandprøve oppumpet med konstant hastighed under sporstoffets passage. Opblandingsforløbet i søen blev herefter fulgt ved måling fra en båd som foretog krydssejls gennem sporstofpletten. Et stykke nedstrøms Gudenåens udløb fra søen var anbragt et registrerende radioaktivitetmåleinstrument, som målte koncentrationen i det udløbende vand.

3.2 Dosering

1 Curie brom-82 i form af ammoniumbromid blev opløst i 1/2 l vand og doseret i udløbet fra stemmeværket ved klostermølle. Brom-82 henfalder med en halveringstid på 36 timer. (Flere oplysninger om sporstoffet findes i vor rapport af 5.12.1973 om Nørre Å, side 5, afsnit 4.2.2.2).

3.3 Vandføringsmåling

Umiddelbart før åens indløb i søen er der under sporstoffets passage foretaget en vandføringsmåling ved udtagning af en gennemsnitsprøve, som beskrevet i vor ovennævnte rapport side 5, afsnit 4.2.2.3.

3.4 Måling i søen

Måling af opblandingsforløbet i søen er fulgt ved at måle radioaktivitetskoncentrationens fordeling i søen til forskellige tidspunkter. Der er dels foretaget måling nær overfladen ved at gennemsejle pletten i en zig-zag lignende kurs, og dels målt dybdefordelingen af sporstoffet (nedstiksmålinger) i enkelte punkter inden for pletten. Målingerne er under sejladsen registreret med kurveskriver og positionerne til hver vendepunkt i kursen er bestemt ved krydspejling fra land med to teodolitter.

På grundlag af disse målinger optegnes isokoncentrationskurver. Til bedømmelse af opblandingen i dybden er der endvidere foretaget målinger (nedstik) i enkelte positioner ved hjælp af en detektor, som blev sænket ned mod bunden.

Samtidig med nedstiksmålingerne er også temperaturen målt i forskellige dybder og positioner.

3.5 Måling ved søens udløb

Målingerne er her foretaget med apparatur anbragt ved åens vestbred over for Povlsbakke. Denne position ligger umiddelbart N for den på bilagene viste del af gudenåens videre løb.

En dykpumpe var her anbragt i strømmen ca. 3 m fra bredden og der blev herfra pumpet vand op gennem en målebeholder med radioaktivitetsdetektor og registrerende måleinstrument. Denne opstillings følsomhed var nøje kalibreret til brug for en nøjagtig beregning af den direkte passerende brøkdels sporstof. Detektoren var tilsluttet et registrerende måleinstrument. Efter det første døgn blev denne måling erstattet af en mindre nøjagtig kalibreret måling med en detektor anbragt direkte i åløbet. Årsagen hertil var den, at dykpumpen var drevet fra en benzindreven generator, som krævede tilsyn ca. hver 4. time, medens måleinstrumentet som sådant kunne måle uden tilsyn de følgende dage.

4 RESULTATER

4.1 Vandføring i indløbet

Vandføringen i Gudenåens indløb til Mossø kl. 06.35 (doseringstidspunktet) er ud fra koncentrationen målt i den udtagne gennemsnitsprøve beregnet til $3,9 \text{ m}^3/\text{sec} \pm 10 \%$.

4.2 Opblandingsforløbet i søen

Dosering af sporstoffet er foretaget ved Klostermølle d. 4.2. - 1.6. Det løb ind i Mossø kl. ca. 06.35. I bilagene er optegnet de i søen opmålte isokoncentrationskurver. Bilagene er påført start- og sluttidspunkterne for opmålingssejladsen, og koncentrationerne er angivet i $\mu\text{C}/\text{m}^3$. Den doserede mængde var $10^6 \mu\text{C}$.

I bilagene 4.2.-2,4, 4.1 og 6 er endvidere anført resultater for nedstiksmålinger af sporstof koncentration og vandtemperatur udført i tilknytning til de målte isokoncentrationskurver.

Vindretning- og hastighed har betydning for resultaternes fortolkning, og der er derfor i bilag 4.7 angivet Meteorologisk Instituts observationer ved Karup i tidsrummet svarende til undersøgelsesperioden.

Af bilag 4.2 - 1 fremgår det, at åvandet umiddelbart efter indløbet stort set følger å-løbets retning dog med en svag tendens til afbøjning i norlig retning. Af bilag 4.2 - 2, der viser målingerne ca. en time efter indløb i søen, fremgår det, at dette strømbillede holder for udbredelsen i overfladen, idet hele pletten dog er drevet en anelse mod N. De målte koncentrationer i overfladen er overraskende lave i forhold til de forventede, og af det målte og i samme bilag viste NS-gående vertikalsnit fremgår det, at maksimumkoncentrationen ligger ved bunden af søen. Det er derfor kun en mindre del af den doserede mængde sporstof, som har opblandet sig i overfladevandet, Å-vandet er stort set løbet ned langs søbunden.

Ca. 2 1/2 time efter indløbet (bilag 4.2 - 3) er der i overfladen en tendens til afsnøring af pletten i to dele en beliggende ved søens vestbred umiddelbart nord for indløbet og en beliggende omkring Lindholm Hoved.

Denne tendens udvikler sig i den efterfølgende periode, og ved opmålingen ca. 3 1/2 time efter indløbet (bilag 4.2 - 4) viser der sig to karakteristiske ting. Pletten omkring Lindholm Hoved fortyndes og udbreder sig på "normal" måde i vindretningen. I den anden plet derimod vokser koncentrationen i overfladen nær bredden nord for indløbet stadig. Disse forhold forklares af de i samme bilag gengivne vertikalmålinger af såvel sporstofkoncentration som temperatur. Af temperaturmålingerne som også er afbildet i bilag 4.2 - 4.1) fremgår det, at der i området vest for Lindholm Hoved findes en termoklin og at åvandet har blandet sig op i det kolde bundlag. På grund af vindretningen stiller dette springlag sig skråt i søen således at det netop når overfladen i området med de målte maksimumkoncentrationer i overfladen umiddelbart nord for å-indløbet, d.v.s. modsat vindretningen. Å-vandet, har været koldere end søens overfladevand (nattemperatur og dagpunkt i luften ved Karup 7°C) og synker derfor mod bunden. Den del, som herunder blandes op i overfladelaget følger vindretningen medens den del som bliver opblandet under springlaget så at sige dukker op "mellem sivene" ved søens vestbred.

Dette billede udvikler sig videre i løbet af den følgende tid (bilag 4.2-5 og -6. Pletten ved Lindholm Hoved (L.H.) afskæres helt fra pletten nord for indløbet og den deler sig efterhånden i to dele, en som bliver omkring L.H. og en som driver med vinden og som opblandes homogent fra overflade til bund (bilag 4.6). Det bemærkes, at der i det tidsrum, hvor målingerne, som er gengivet i bilag 4.6 er foretaget stadig ligger en plet omkring L.H. men da denne ikke bevæger sig væsentligt,

er der ikke på dette tidspunkt foretaget opmåling i dette område. På grundlag af koncentrations kurverne og vertikalmålingerne gengivet i bilag 4.2.4 og fig. er der foretaget en tilnærmet integration af de tre dele, som pletten deler sig i.

Sporstoffet har fordelt sig på de tre pletter i følgende forhold:

Ved søens vestbred: ca. 50 %

Ved Lindholm Hoved: ca. 20 %

Længere øst på: ca. 30 %

Ved afslutningen af undersøgelsesdagen ca 13 timer efter indløbstidspunktet blev det konstateret, at sporstoffronten kun var nået frem til den første bøjning i åens videre løb. Denne langsomme bevægelse i åen afspejles også af de nedennævnte resultater.

4.3 Måling ved søens udløb

Ved målestedet overfor Povlsbakke er der i perioden 18-23 timer efter doseringen konstateret en jævnt stigende koncentration fra 0 op til ca. $0,2 \mu\text{C}/\text{m}^3$. Koncentrationen holder sig nogenlunde konstant på dette relativt lave niveau i den følgende periode på ca. et døgn, hvorefter der på grund af sporstoffets henfald ikke længere kan måles signifikante mængder. De målte koncentrationer svarer til en opblanding af det indløbende vand i $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, hvor det skønnede volumen i den NV-lige del af søen (området nord for en linie mellem indløb og Lindholm Hoved) er, af størrelsesordenen 10^5 m^3 . Det bemærkes, at der under måleperioden var meget ringe og varierende strøm i udløbet (til tider ingen eller end- og bagstrøm) og de målte koncentrationer kan derfor ikke, som det var hensigten, lægges til grund for en integration af den i perioden passerede mængde sporstof.

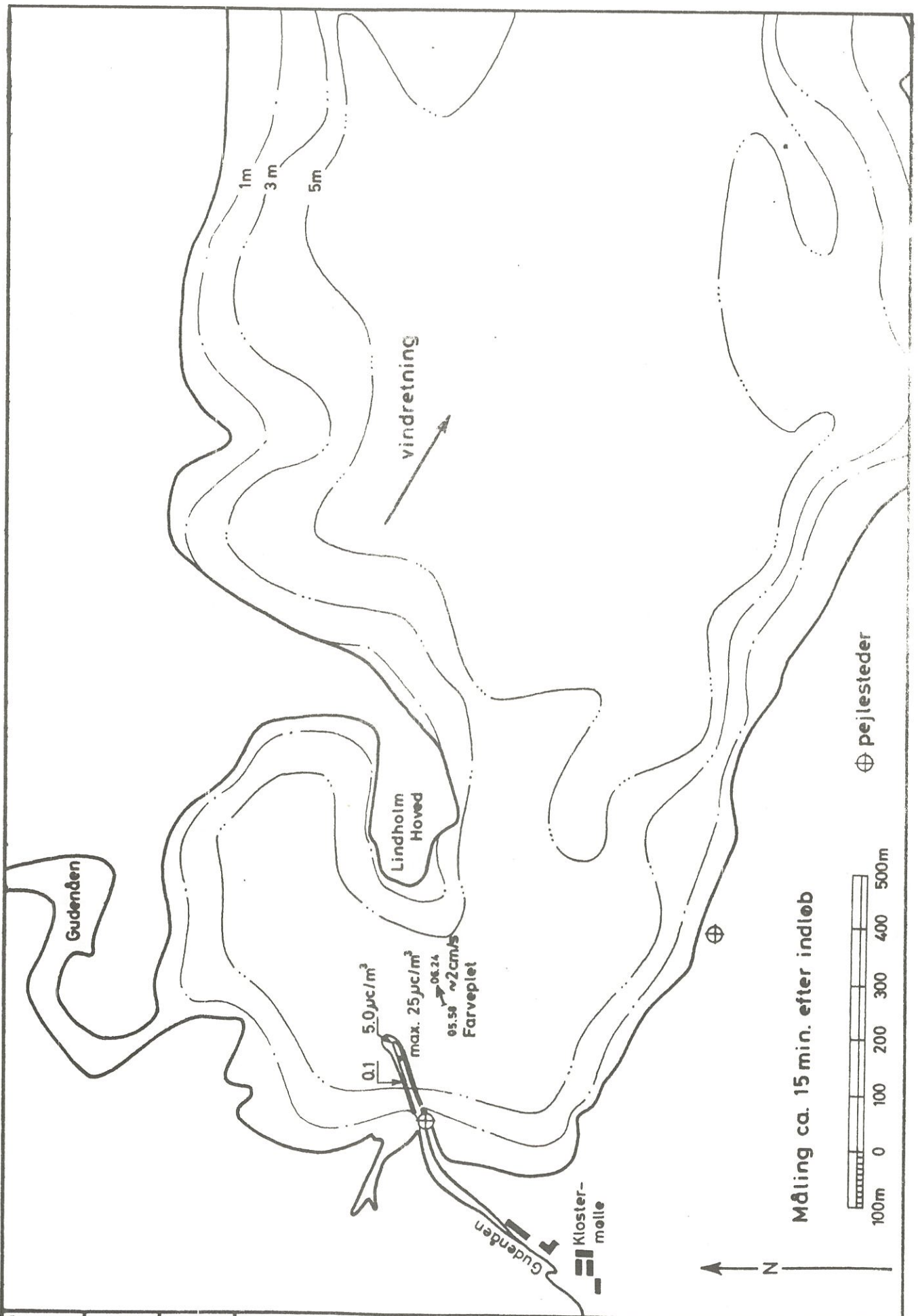
5. KONKLUSION

Under de forhold, som på undersøgelsesdagen herskede i og omkring søen, er der konstateret en betydelig opblanding af indløbende åvand i søen. På grund af temperatur gradienter i søens vand og den ret konstante svage vind fra VNV sker der som vist i resultaterne en opdeling af det indstrømmende vand. På grund af temperaturforskelle synker en del (ca. 50 %) til bunds og opblandes i den kolde, tunge del af søens vand, medens en del opblandes med det lettere overfladevand. Som resultat af vindretningen stiller termoklinen i søen sig skråt på en sådan måde, at det kolde bundvand med det heri opblandede åvand kommer frem og efterhånden blandes op i overfladen i området mellem ind- og udløbet. Den del (ca. 50 %) som straks opblandes i overfladevandet føres af vinden mod ØSØ, i området omkring Lindholm Hoved fanges en del (ca. 20 % af totalmængden) medens de resterende ca. 30 % føres videre med vinden ind i et område med homogen temperaturfordeling, hvor det følgelig blandes ensartet op fra overflade til bund.

Der var under og umiddelbart efter undersøgelsen næsten stillestående vand i udløbet fra søen og der er derfor ikke konstateret nogen direkte gennemstrømning af vand fra indløbet.

Ved undersøgelsens afslutning ca. 12 timer efter indløbstidspunktet ligger ca. 50 % af det mærkede vand opblandet i området mellem ind- og udløb og ca. 20 % opblandet i området omkring Lindholm Hoved. Ved en ændring i vejr-situationen og/eller strømhastighederne vil der derfor være mulighed for at disse 50-70 % efter en vis opholdstid når frem til udløbet. Det må derimod konstateres, at de sidste ca. 30 %, som af vinden er ført forbi Lindholm Hoved, under alle omstændigheder vil blive opblandet i så stor en vandmasse, at opholdstiden for denne del bliver overordentlig stor.

Det må derfor konkluderes, at gennemstrømnings og opblandingsforløbet i søen er overordentlig afhængig af vandtemperaturen i åen, temperaturfordelingen i søen, og vindforholdene. Det må af denne grund anbefales, at der til belysning af disse forhold foretages opmåling af temperatur profiler i søen og indløbsvandets temperatur under et antal forskellige vejr-situationer. Det vil i denne forbindelse være af vigtighed, at få døgnvariationen i åvandets temperatur belyst. Det må endvidere anbefales, at der foretages et antal sporstofundersøgelser svarende til den i rapporten beskrevne til belysning af opblandingsforholdene under enkelte andre (karakteristiske) vejr-situationer.

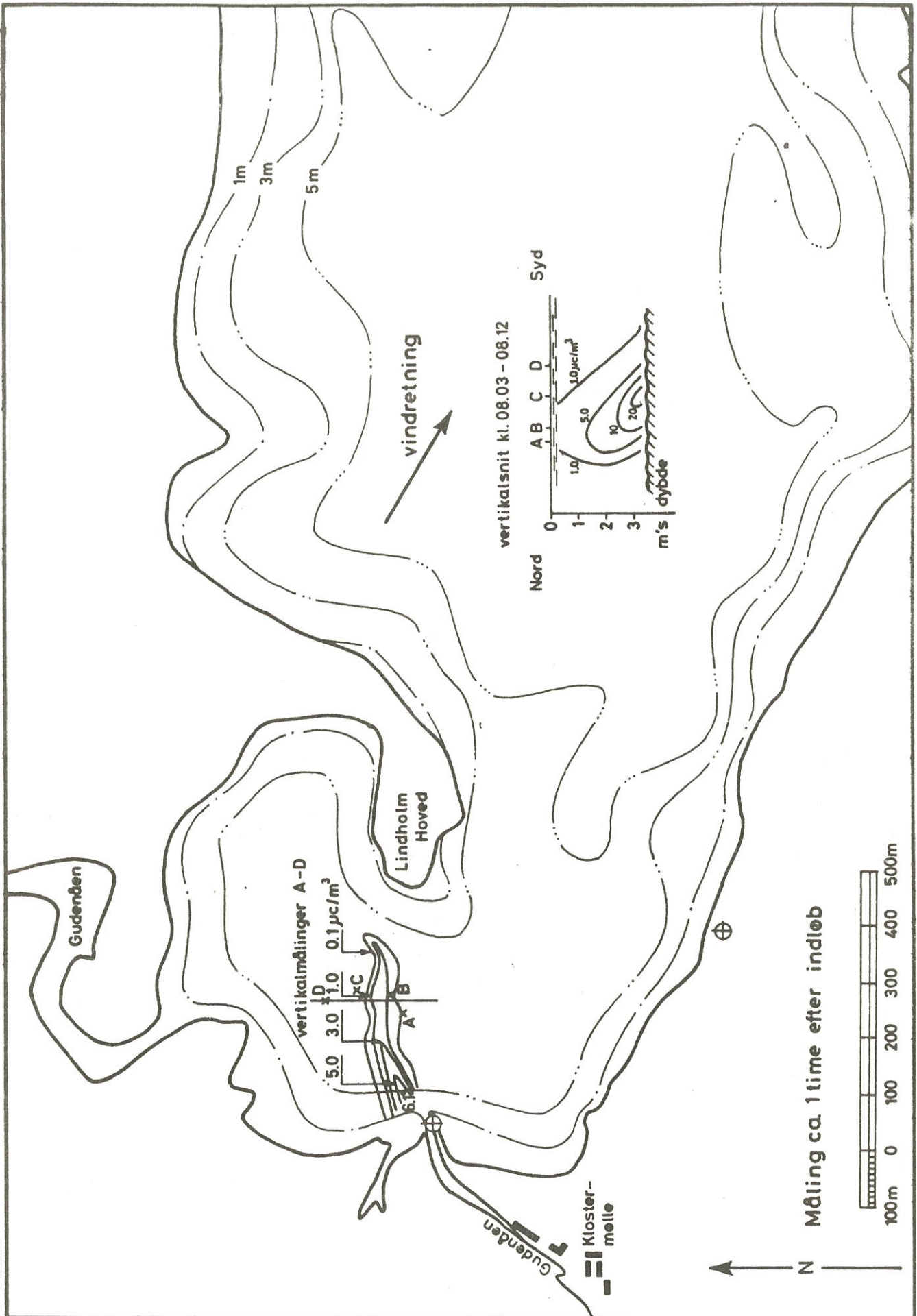


Tegn.:	M.F.	16. 1. 75
Godk.:	EM	—
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

MOSSØ den 27. 6. 74.
 Isokoncentrationskurver kl. 06.40-06.58

Rekv.:	VKI	
Sag no.:	963.07	Bilag no.:
		4.2-1

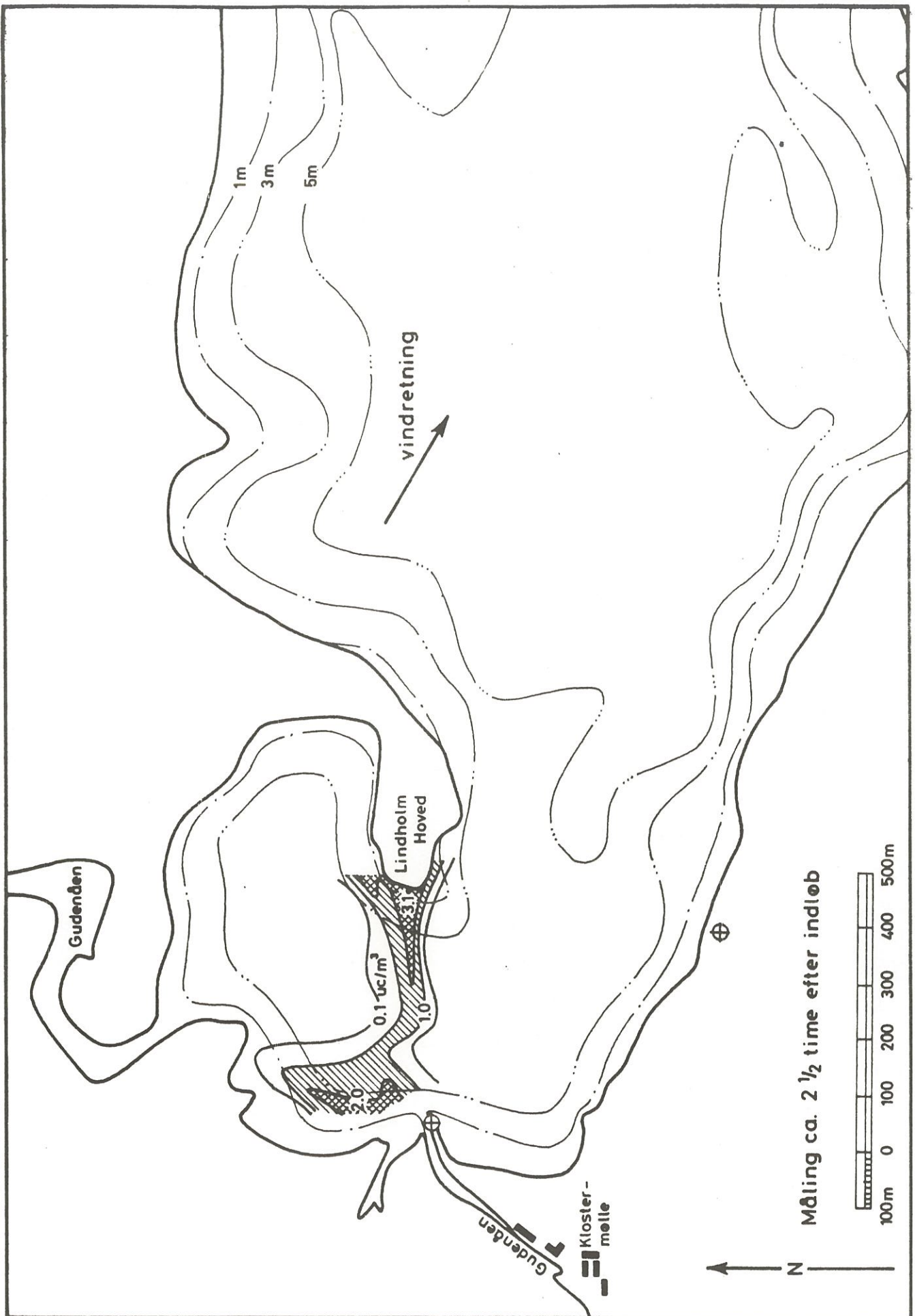


Tegn.:	M.F.	16. 1. 75
Godk.:	EM	—
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

MOSSØ den 27. 6. 74.
 Isokoncentrationskurver kl. 07. 27 - 07. 47

Rekv.:	VKI
Sag no.:	963. 07
Bilag no.:	4. 2.-2

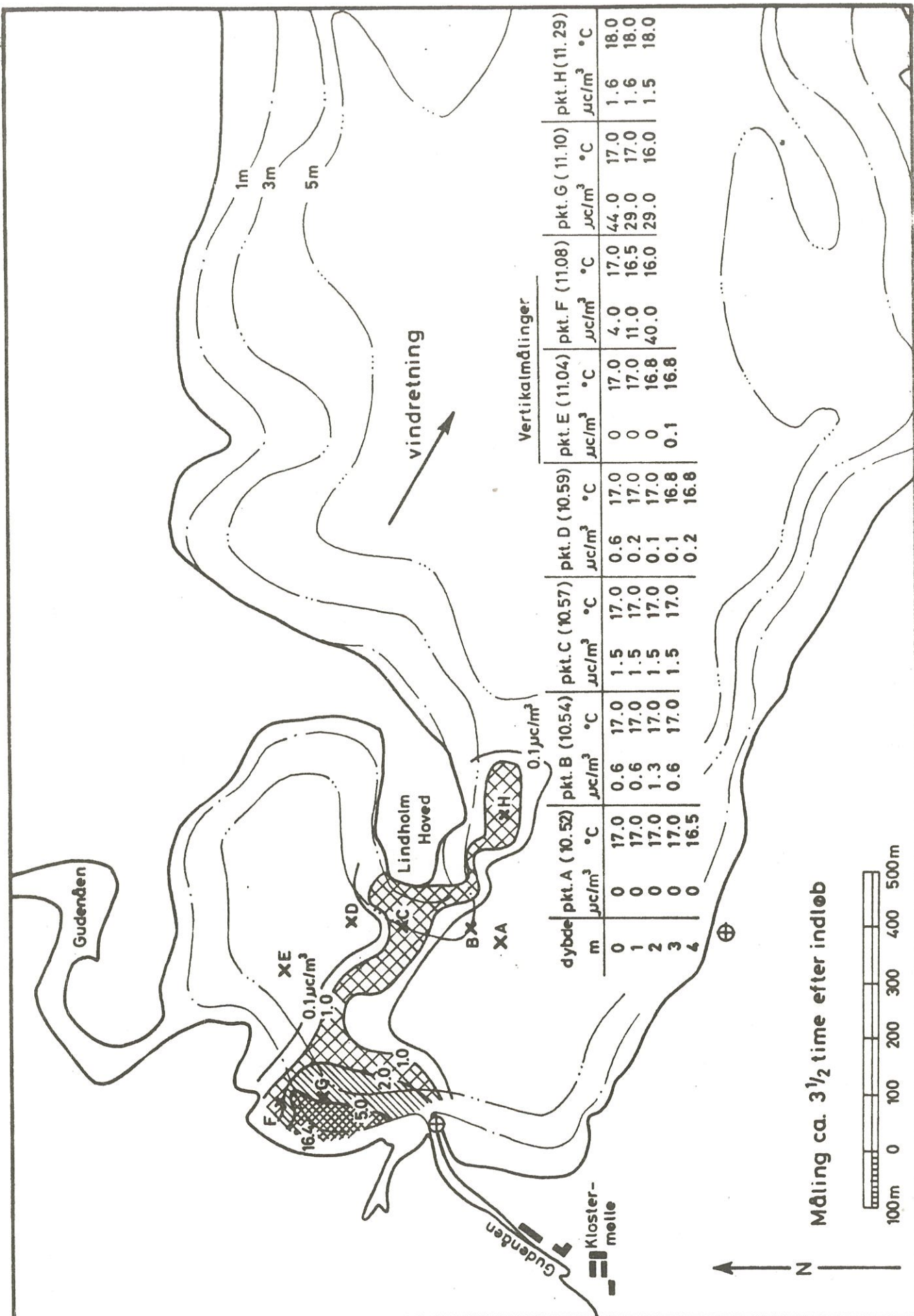


Tegn.:	M. F.	16. 1. 75
Godk.:	E-1	—
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

MOSSØ den 27. 6. 74.
 Isokonzentrationskurver kl. 08.51 - 09.14

Rekv.:	VKI
Sag no.:	963.07
Bilag no.:	4.2.- 3



		Vertikalmålinger							
		pkt. A (10.52)	pkt. B (10.54)	pkt. C (10.57)	pkt. D (10.59)	pkt. E (11.04)	pkt. F (11.08)	pkt. G (11.10)	pkt. H (11.29)
dypde	m	$\mu\text{c}/\text{m}^3$	$^{\circ}\text{C}$	$\mu\text{c}/\text{m}^3$	$^{\circ}\text{C}$	$\mu\text{c}/\text{m}^3$	$^{\circ}\text{C}$	$\mu\text{c}/\text{m}^3$	$^{\circ}\text{C}$
0	0	0	17.0	0.6	17.0	0	17.0	4.0	17.0
1	1	0	17.0	0.6	17.0	0	17.0	11.0	17.0
2	2	0	17.0	1.3	17.0	0	16.8	40.0	16.0
3	3	0	17.0	0.6	17.0	0.1	16.8	16.0	16.0
4	4	0	16.5	0.2	16.8	0.2	16.8	0.1	16.8

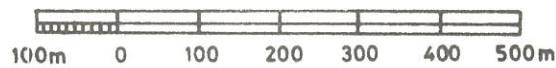
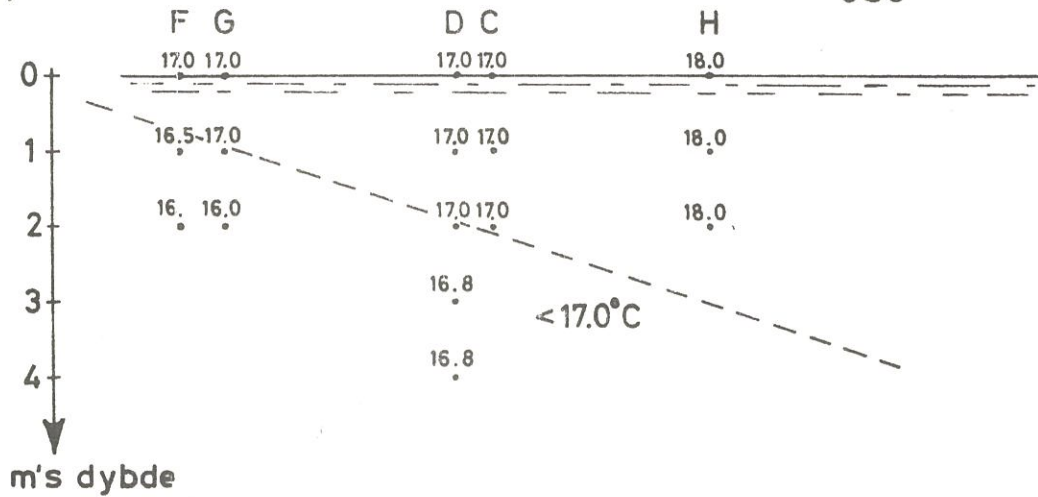
Måling ca. 3 1/2 time efter indløb



Tegn.:	M.F.	16. 1. 75	ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Revk.:	VKI		
Godk.:	EM			Sag no.:	963.07	Bilag no.:	4. 2. - 4
Rev.:				MOSSØ den 27. 6. 74.			
Rev.:				Isokoncentrationskurver kl. 10.04 - 10.38			

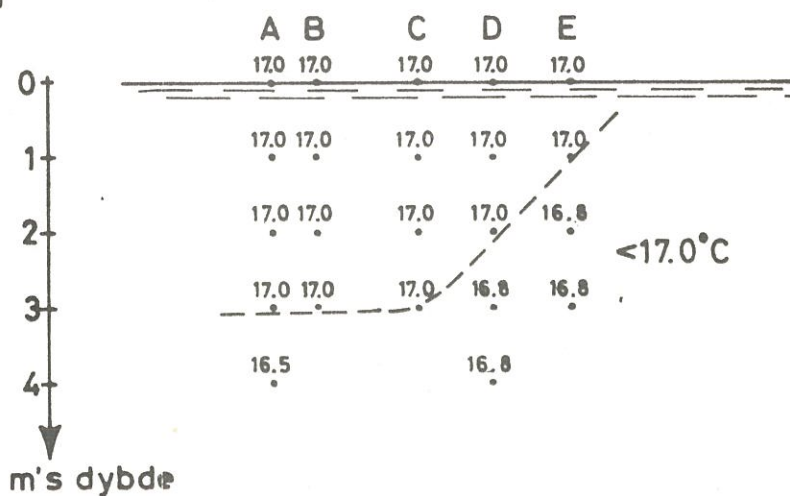
VNV

ØSØ



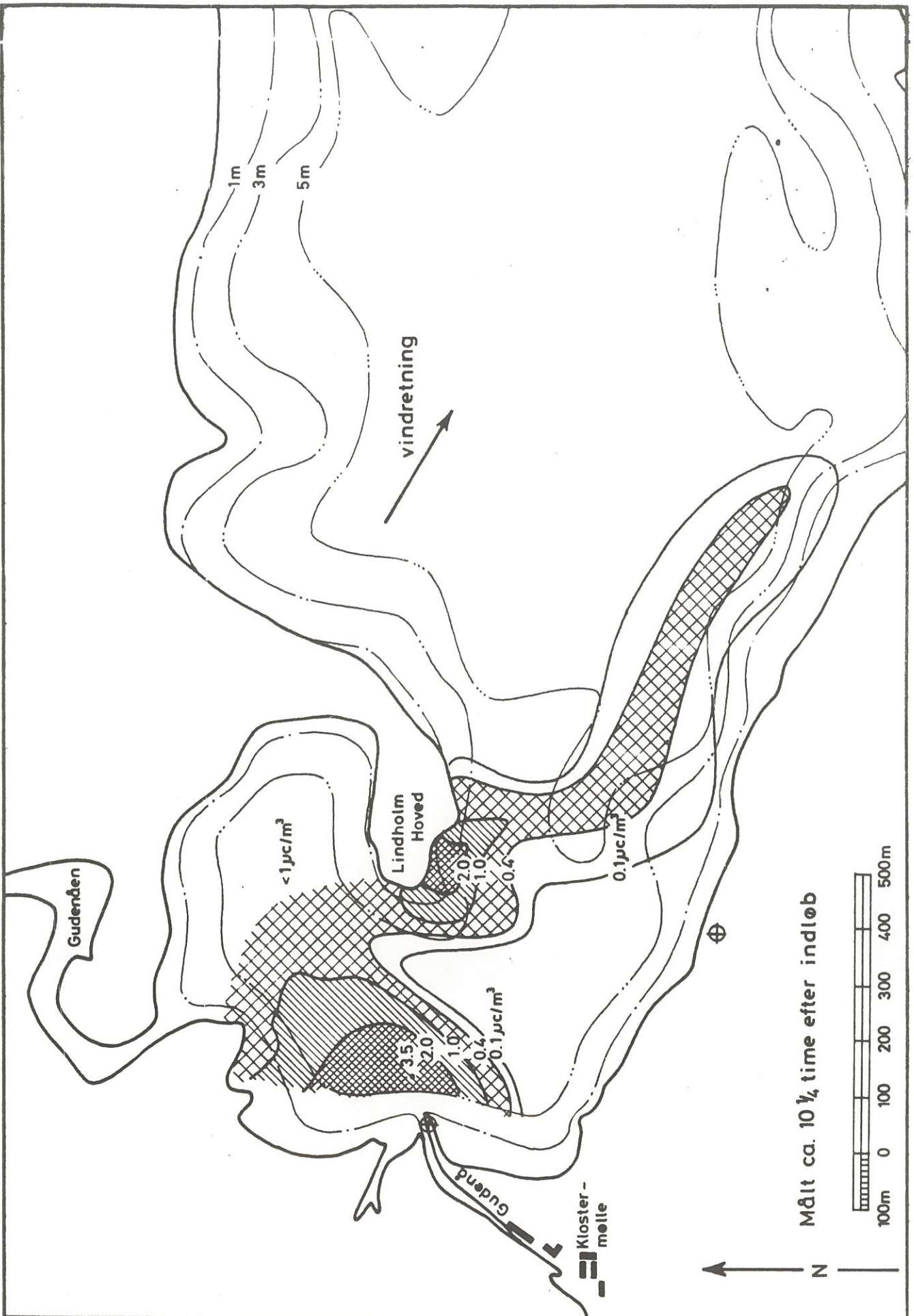
Syd

Nord

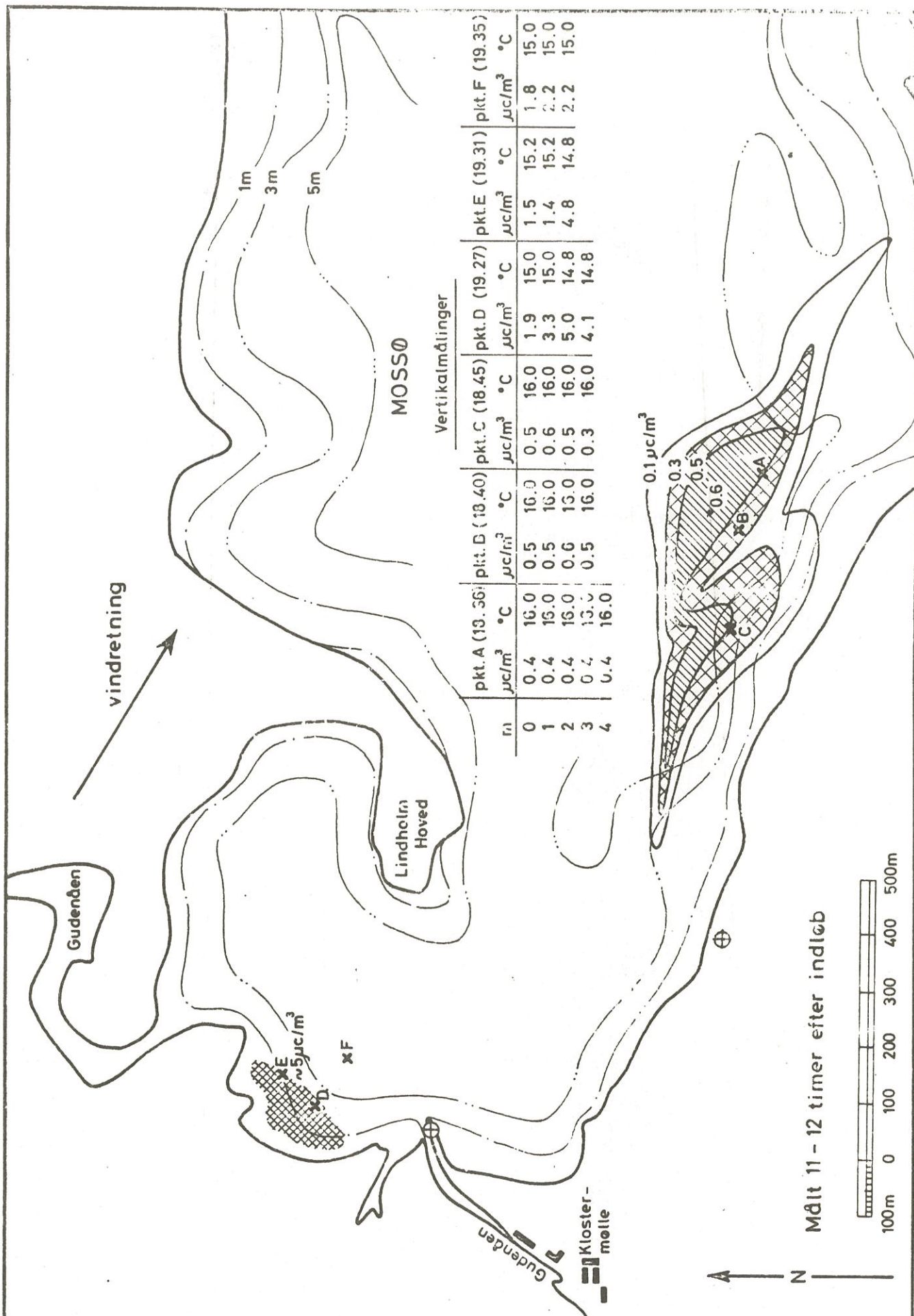


Punkterne A-H svarer til punkterne på bilag 4.2 -4

Tegn.:	M.F.	16. 1. 75	ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Rekv.:	VKI	
Godk.:	EM	-		MOSSØ den 27. 6. 74.	Sag no.:	963.07
Rev.:			Temperatur i vertikalsnit kl. 10.52-11.29			4.2-4.1



Tegn.:	M.F	16. 1. 75	ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Rekv.:	VKI
Godk.:	EM	✓		MOSSE den 27. 6. 74.	Sag no.:
Rev.:			Isokonzentrationskurver kl. 16.04 - 16.34	Bilag no.:	4.2 - 5
Rev.:					
Rev.:					



Tegn.:	M.F.	16.1.75	ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21.41.31	Rekv.:	VKI	
Godk.:	EM	-		Sag no.:	963.07	Bilag no.:
Rsv.:			MOSSØ den 27. 6. 74.			
Rev.:			Isokonzentrationskurver kl. 17.26 - 18.30			
Fav.:						

Vindobservationer, Karup

dag	dato	kl.	retn.	hastighed m/sec
on	26.6	12.00	290	9
		18.00	300	7
to	27.6	00.00	260	2
		06.00	290	4
		12.00	300	6
		18.00	320	5
fr	28.6	00.00	230	3
		06.00	230	3
		12.00	290	7
		18.00	300	5
lø	29.6	00.00	230	3
		06.00	240	2
		12.00	360	4
		18.00	330	5

(Jfr. Meteorologisk instituts vejrberetninger)

Tegn.:			ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Rekv.:	
Godk.:				VKI	
Rev.:			MOSSØ den 27. 6. 74. Vindobservationer.	Sag no.:	Bilag no.:
Rev.:				963.07	4.2.-7
Rev.:					

963.07

Til

Vandkvalitetsinstituttet
Agern Alle 11
2970 Hørsholm

Rapport vedrørende
transporttids- og dispersionsmålinger
i Gudenå-systemet.

udført 1974-75 i forbindelse
med de intensive vandløbsundersøgelser

København, den 19. november 1976
for ISOTOPCENTRALEN



Erik Mørch

EM/GK 963.07
1976-11-19

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

1. RESUME	1
2. INDLEDNING	1
3. MÅLE- OG BEREGNINGSMETODE	1
4. RESULTATER	2

BILAG

1. Oversigtskort over målte strækninger
- 4.1.1.1-4.1.9.3 Målte transporttidsfordelinger
- 4.2 Transporttider og Peclettal

1. RESUMÉ

I forbindelse med Gudenåundersøgelsen 1973-75 har Isotopcentralen under de intensive vandløbsundersøgelser udført måling af transporttider og dispersion.

Denne rapport indeholder resultater for følgende strækninger (jfr. kortskitse, bilag 1).

1. Gudenåen: Tørring - Bredvad mølle
2. " : Vestbirk kraftværk - klosterkær (Mossø)
3. Mattrup Å: Vingum bro - Lille bro
4. Gudenåen: Resenbro - Kongensbro
5. " : Tangeværket - Åbro
- 6.-7. Hadsten Lilleå: Grundfør mølle - Langå
- 8.-9. Tange Å: Tørning - Dybdal

Målinger i Nørre Å er tidligere rapporteret.

2. INDLEDNING

Nærværende rapport omhandler Isotopcentralens måling af transporttider og dispersionsparametre i Gudenå-systemet udført i forbindelse med de intensive vandløbsundersøgelser 1974-1975.

En oversigt over de strækninger, som denne rapport omfatter er vist i bilag 1. Tidligere er en tilsvarende undersøgelse beskrevet i rapporten vedrørende Gudenåundersøgelsen 1973-1975, rapport vedrørende Intensive vandløbsundersøgelser, Nørre Å. (VKI 28.1.1974). En særskilt undersøgelse af Gudenåens opblanding i Mossø er beskrevet i vor rapport af 17.1.1975.

3. MÅLE- OG BEREGNINGSMETODE

I det sted i vandløbet, hvorfra transporttiden ønskes målt doseres momentan en portion radioaktivt sporstof opløst i ca. 1 liter vand.

Ved det sted, hvortil transporttiden ønskes målt, anbringes en radioaktivitetsdetektor et passende sted midt i åens tværsnit. Detektoren er forbundet til et registrerende måleinstrument, som fortløbende giver en registrering af det målte radioaktivitetsniveau. Efter korrektion for den konstante baggrundsstråling og henfald af det radioaktive sporstof er denne kurves værdier proportionale med sporstofkoncentrationen og gengiver derfor sporstoffets opholdstidsfordeling d.v.s. transporttidsfordeling over den aktuelle strækning.

Som sporstof blev benyttet den radioaktive isotop brom-82 i form af 2-16 g ammoniumbromid. Halveringstiden for brom-82 er 36,5 timer, hvilket er tilstrækkeligt for måling over strækninger med en transporttid på nogle få døgn.

Med udgangspunkt i den aksiale dispersionsmodel foretages en estimering af de to parametre i denne model: transporttiden, (middelværdien) og Peclet-tallet.

Parametrene bestemmes udfra den målte transporttidsfordeling ved en estimering efter en Fourier-transformation. Beregningerne kan udføres enten udfra et doseringssted og een registreret fordeling eller de kan udføres for strækningen mellem to målesteder ved en beregning ud fra de to registrerede fordelinger.

En mere udfærlig omtale af metoderne er givet i Nørreå-rapporten, afsnit 4 og bilag 4.

Den aksiale dispersionsmodel viser sig ikke altid fuldt dækkende for den faktiske strømning i et vandløbssystem. Transporttiden er normalt estimeret med god nøjagtighed medens Peclet-tallet af denne grund ofte bestemmes med en relativ stor usikkerhed. I den foreliggende undersøgelse gælder dette ofte for den første strækning efter doseringsstedet samt bestemmelsen for strækninger mellem to målesteder sidst på en undersøgt strækning.

Beregningsmetoderne er under undersøgelsen forbedret, således at parameterestimeringen foretages ved en mindste kvadraters metode. Denne beregningsmåde er benyttet ved behandlingen af måleresultaterne for Tange Å.

I bilagene 4.1-4.2 er gengivet de målte transporttidsfordelinger og for visse strækninger den tilsvarende aksiale dispersionsmodels fordeling. Generelt har modellen en tidligere og langsommere koncentrationsstigning og et hurtigere fald medens de målte fordelinger ofte har en lang "hale" i forhold til modellen.

4. RESULTATER

I bilag 1 er vist en skitse over de undersøgte vandløbsstrækninger, og nedenfor er gengivet en oversigt over undersøgelsens doserings- og målesteder.

Oversigt over doserings- og målesteder

	Stationsbetegnelse	Stations nr.	Doserings- tidspunkt		Dos. nr.	Måling nr.	Målt transporttids- fordeling Bilag nr.
			Dato	kl.			
Gudenåen	Før Tørring renseanl.	703	25.6.74	05,00	1	1.1	
	Før Uldum Lilleå	707				1.1	4.1.1.1
	Åstedbro	802				1.2	4.1.1.2
	Bredvad mølle	715				1.3	4.1.1.3
Gudenåen	Trappe v. Vestbirk sø- erne	716	2.7.74	10,00	2		
	Bro i Voervadbro	720				2.1	4.1.2.1
	Bro v. Klosterkær	724				2.2	4.1.2.2
Matstrup Å	Vingum bro	725	4.7.74	10,00	3		
	Matstrup gods	731				3.1	4.1.3.1
	Lille bro	832				3.2	4.1.3.2
Gudenåen	Resenbro	751	13.8.74	15,00	4		
	Før Sminge Sø	755				4.1	4.1.4.1
	Efter Sminge Sø	755*				4.2	4.1.4.2
	Tvilum bro	801				4.3	4.1.4.3
	Kongensbro	763				4.4	4.1.4.4
Gudenåen	Tangeværket	764	27.8.74	12,00	5		
	Bamsebo	770				5.1	4.1.5.1
	Åbro	774				5.2	4.1.5.2

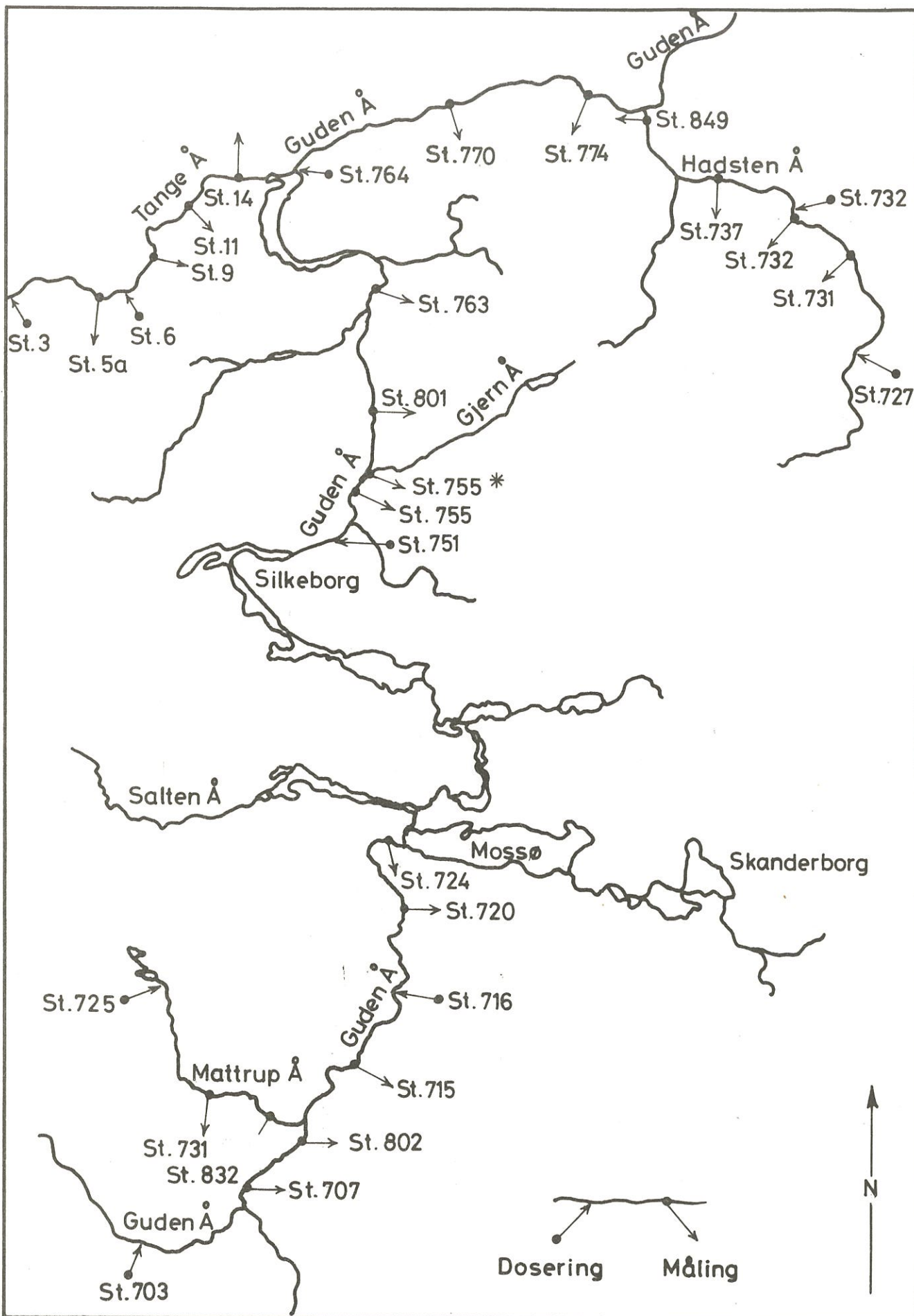
Oversigt over doserings- og målesteder

	Stationsbetegnelse	Stations nr.	Doserings- tidspunkt		Dos. nr.	Måling nr.	Målt transporttids- fordeling Bilag nr.
			Dato	kl.			
Hadsten Lilleå	Grundfør mølle	727	27.8.74	10,40	6	6.1	4.1.6.1
	Før Hadsten	731				6.2	4.1.6.2
	Ved Balle	732	27.8.74	11,30	7	7.1	4.1.7.1
	Før Voermølle Å	737				7.2	4.1.7.2
	Langå før Gudensåen	849					
Tange Å	Ved Tørning rense- anlæg	3	10.6.75	17,00	8		
	Før Humle mølle	5a				8.1	4.1.8.1
	Kjellerup Renseanlæg	6	10.6.75	15,00	9	9.1	4.1.9.1
	Før Ievring bæk	9				9.2	4.1.9.2
	Højbjerg mølle	11				9.3	4.1.9.3
	Dybdal	14					

I bilag 4.2 er anført de estimerede værdier for den aksiale dispersionsmodels 2 parametre, transporttid og Peclettal for de undersøgte strækninger og delstrækninger.

I tabellens bilagsfortegnelse er henvist til eksempler dels på modellen for direkte målte strækninger, dels på den beregnede model for enkelte delstrækninger mellem to målesteder.

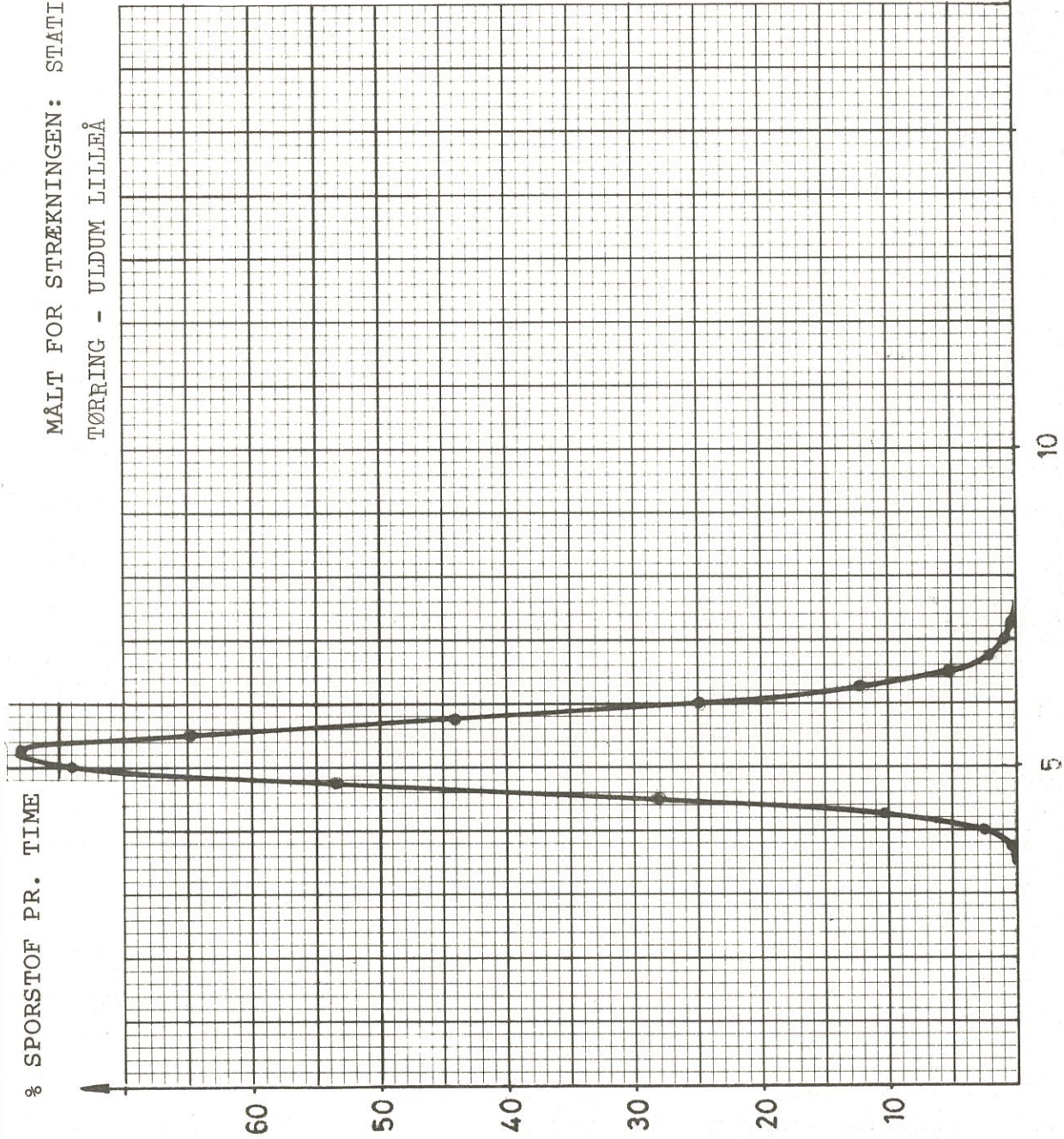
Specielt skal det bemærkes, at modellen passer dårligt for strækninger efter Resenbro. Dette skyldes bl.a. løbet gennem Sminge Sø, som kun dårligt kan beskrives ved den aksiale dispersionsmodel.



Tegn.:	LK	76-07-14	 ISOTOPCENTRALEN Skelbøkgade 2, DK 1717 Kbh. V. Telf. (01) 21 41 31	Rekv.: Vandkvalitets-instituttet	
	LK	76-11-30		Sag no.:	Bilag no.:
Godk.:	EM	76-11-30	Transporttidsmålinger Gudenå-systemet		963.70
Rev.:					1
Rev.:					
Rev.:					

MÅLT FOR STREKNINGEN: STATION 703-707
 TØRRING - ULDUM LILLEÅ

TIMER EFTER DOSERING



Tegn.:	
Godk.:	
Rev.:	
Rev.:	
Rev.:	

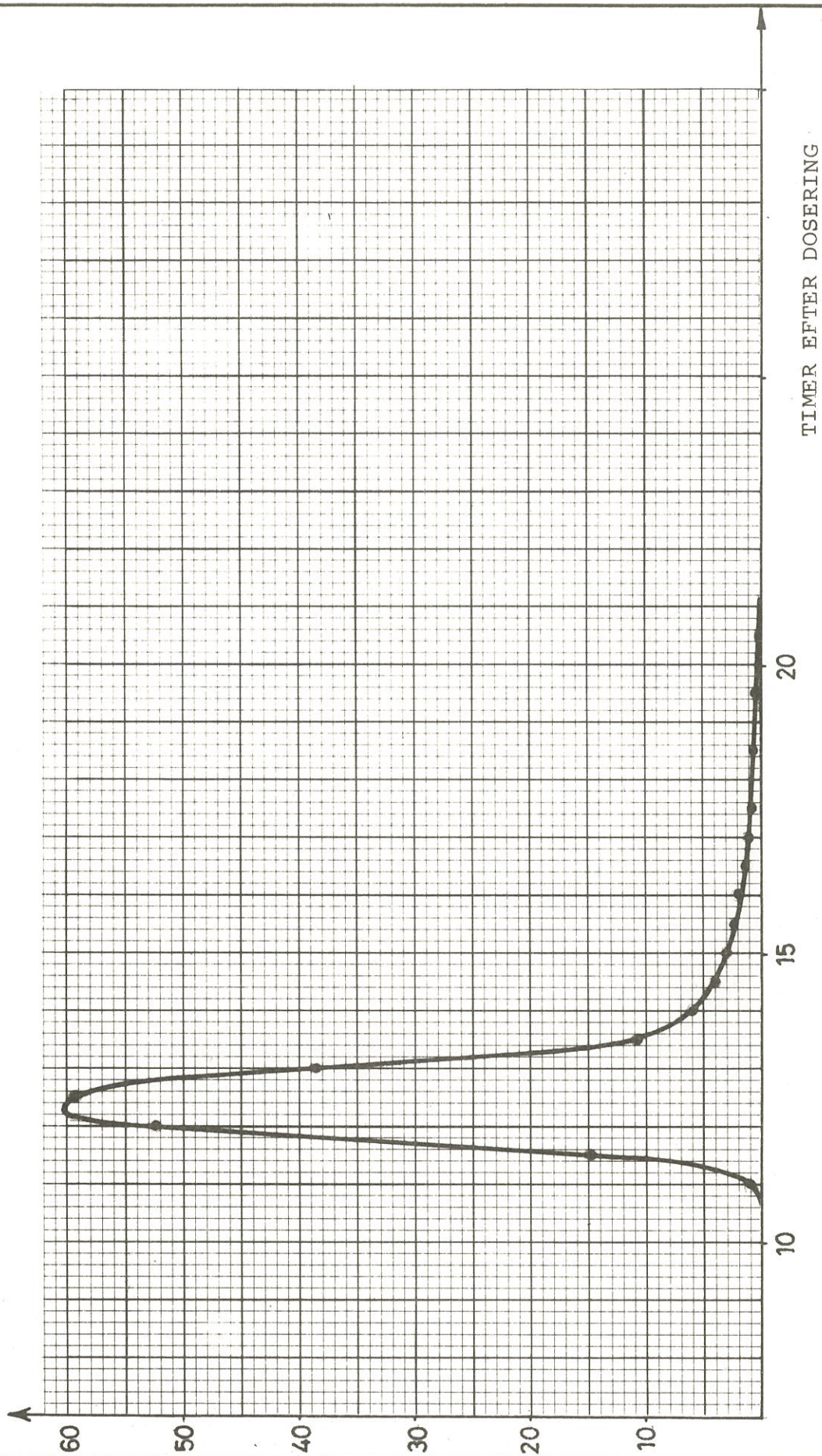
ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07 Bilag no.: 4.1.1.1

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 703-802
 TØRRING - ÅSTEDBRO



Tegn.:		
Godk.:		
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

Rekv.: VKI

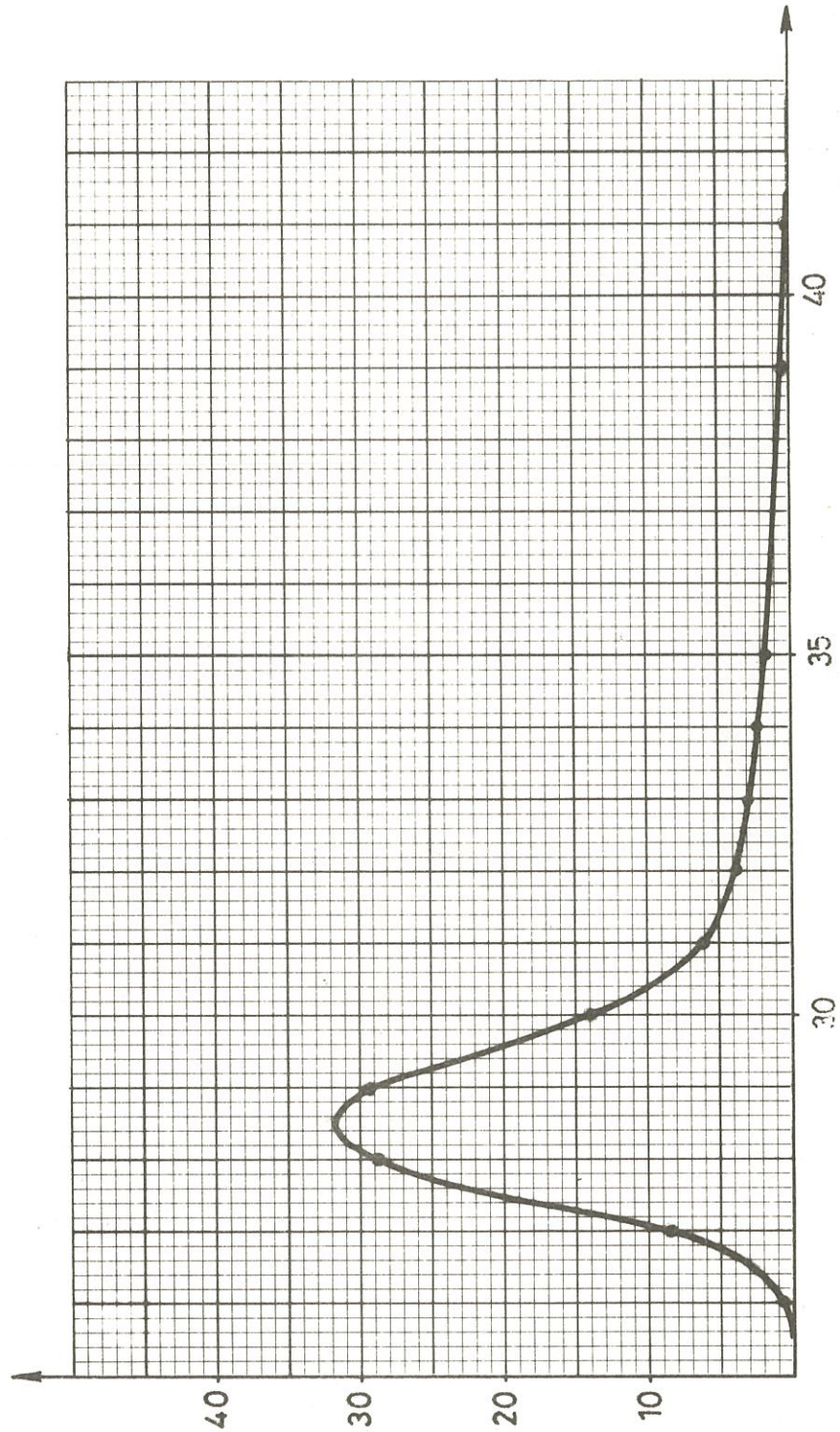
TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.1.2

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 703-715
 TØRRING - BREDVAD MØLLE

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

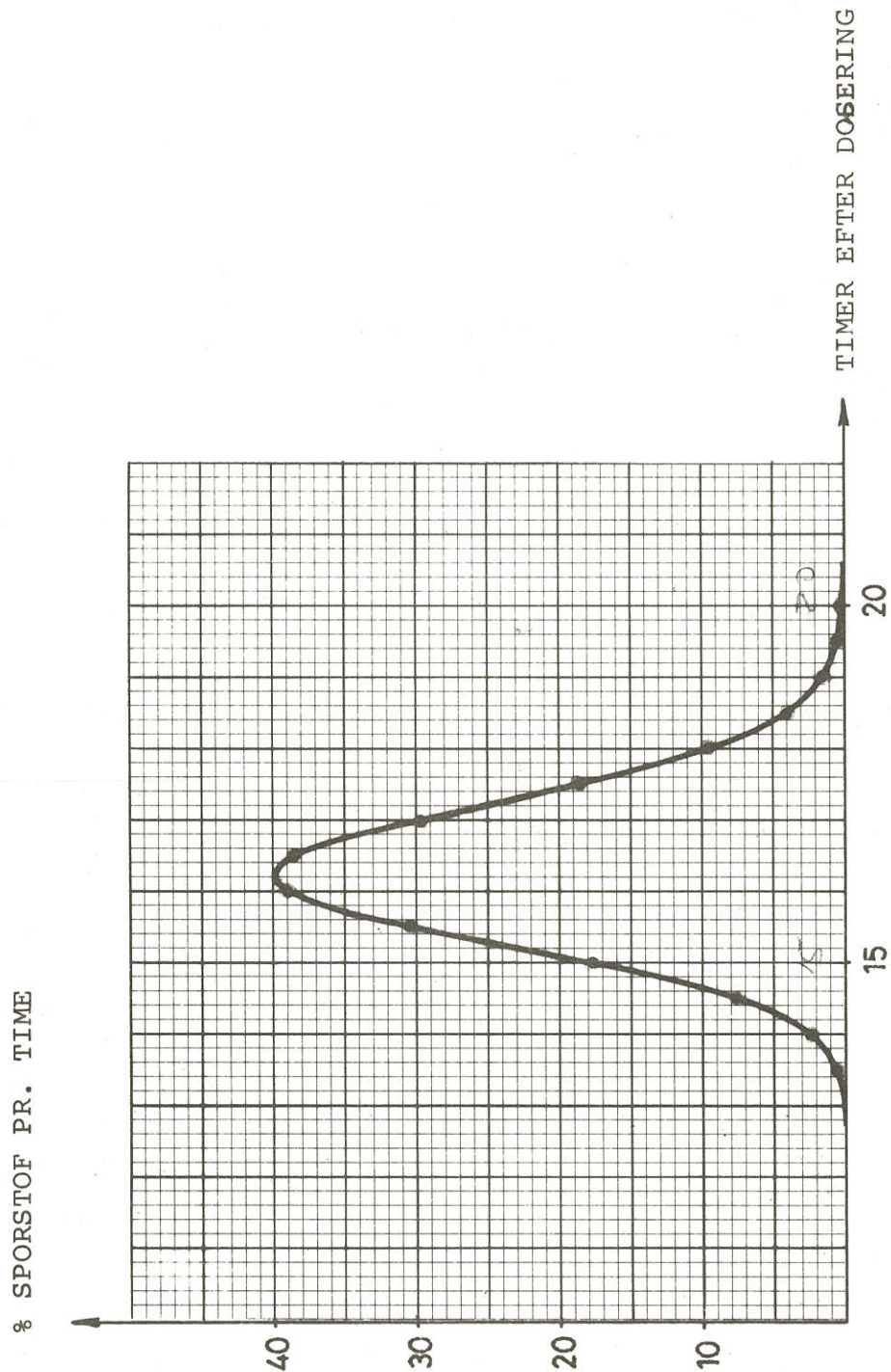
TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.1.3

BEREGNET FOR STRÆKNINGEN: STATION 802-715
 ÅSTEDBRO - BREDVAD MØLLE



Tegn.:		
Godk.:	EM	3011.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

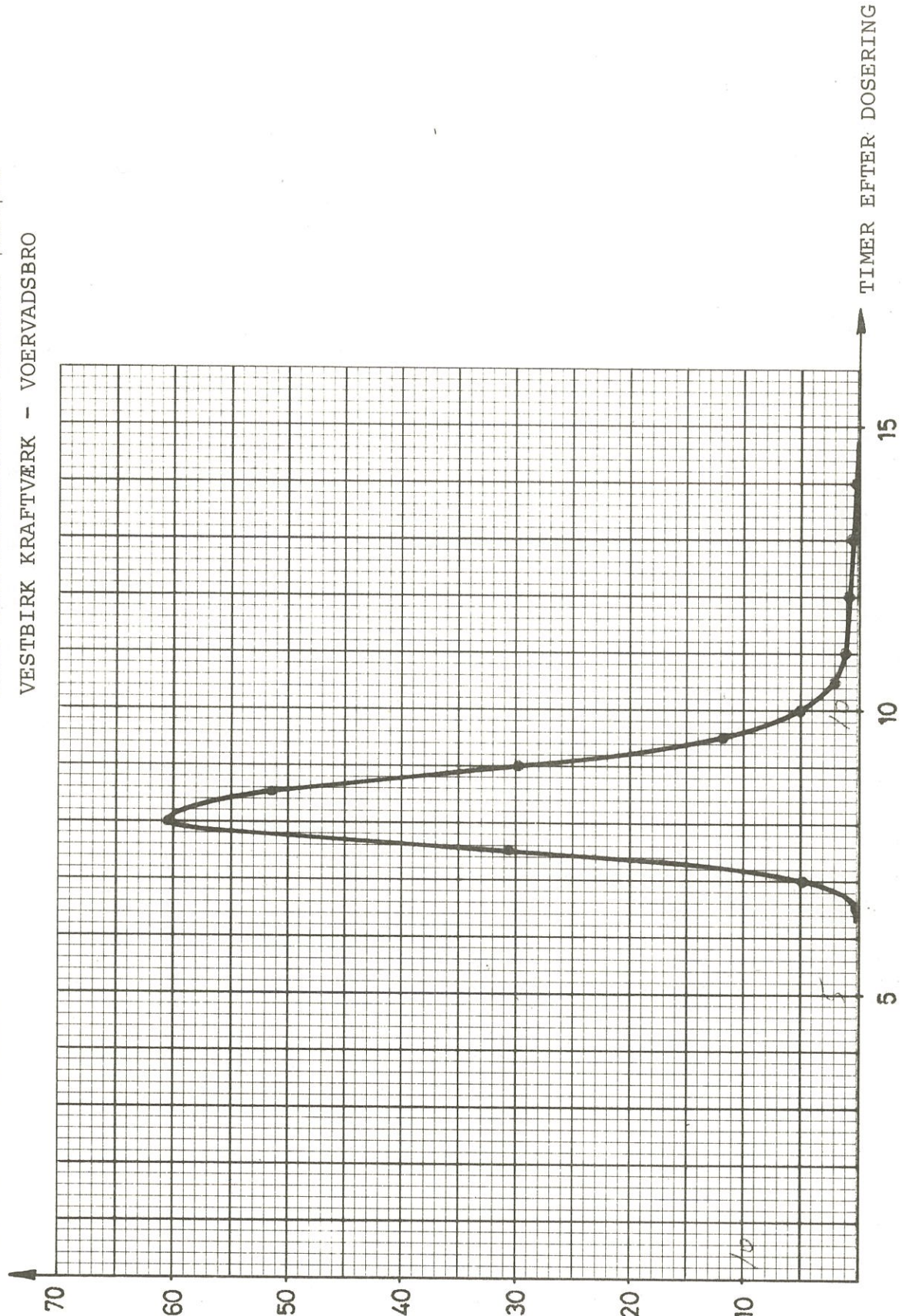
ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

Rekv.:	VKI
Sag no.:	963-07
Bilag no.:	4.1.1.32

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 716-720
 VESTBIRK KRAFTVÆRK - VOERVADSBRO

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

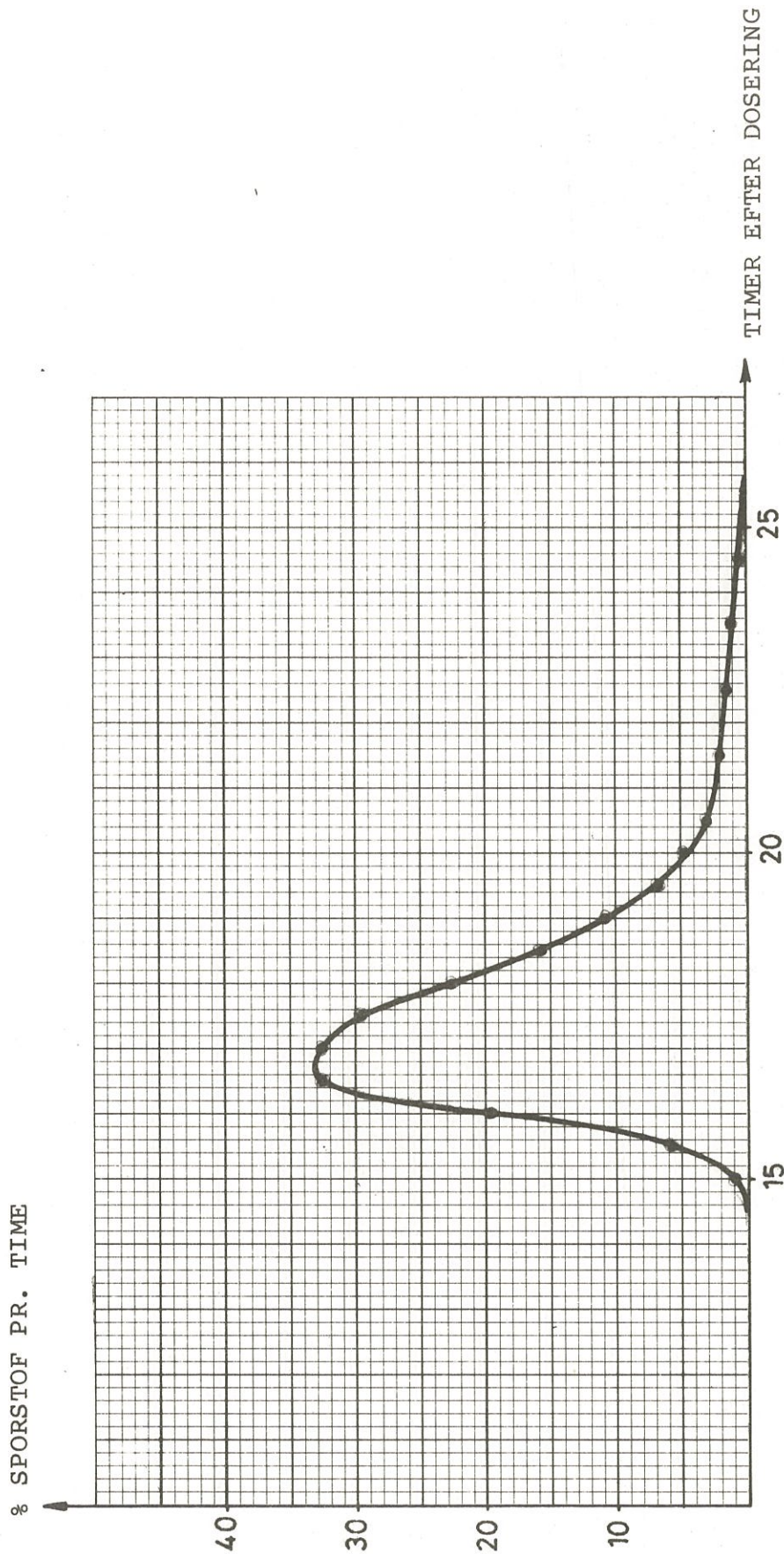
Rekv.: VKI

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GIDENÅSYSTEMET

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.2.1

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 716-724
 VESTBIRK KRAFTVÆRK - KLOSTERKÆR



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

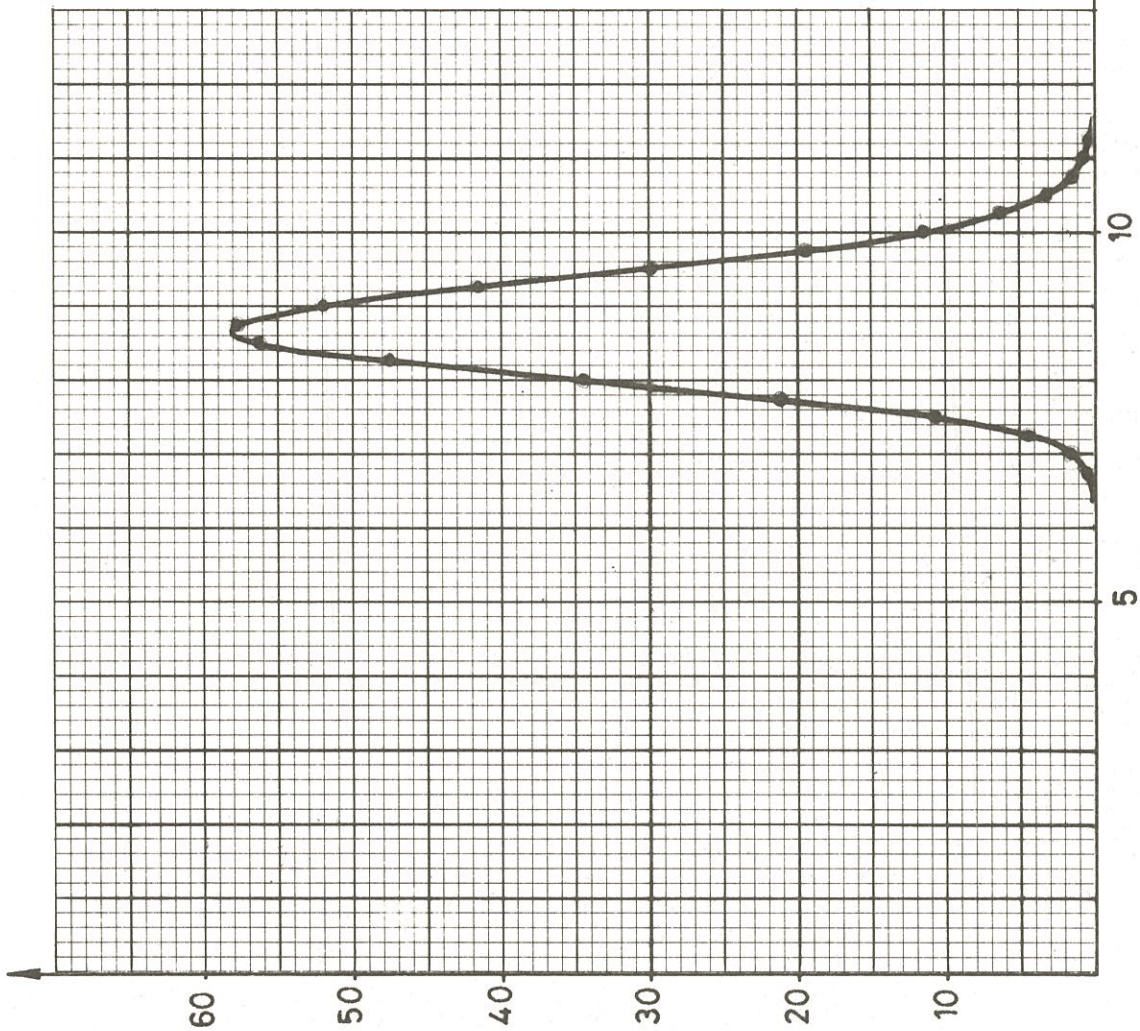
Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.2.2

BEREGNET FOR STRÆKNINGEN: 720-724
 STATION
 VOERVADSBRO - KLOSTERKÆR

% SPORSTOF PR. TIME



TIMER EFTER DOSERING

Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

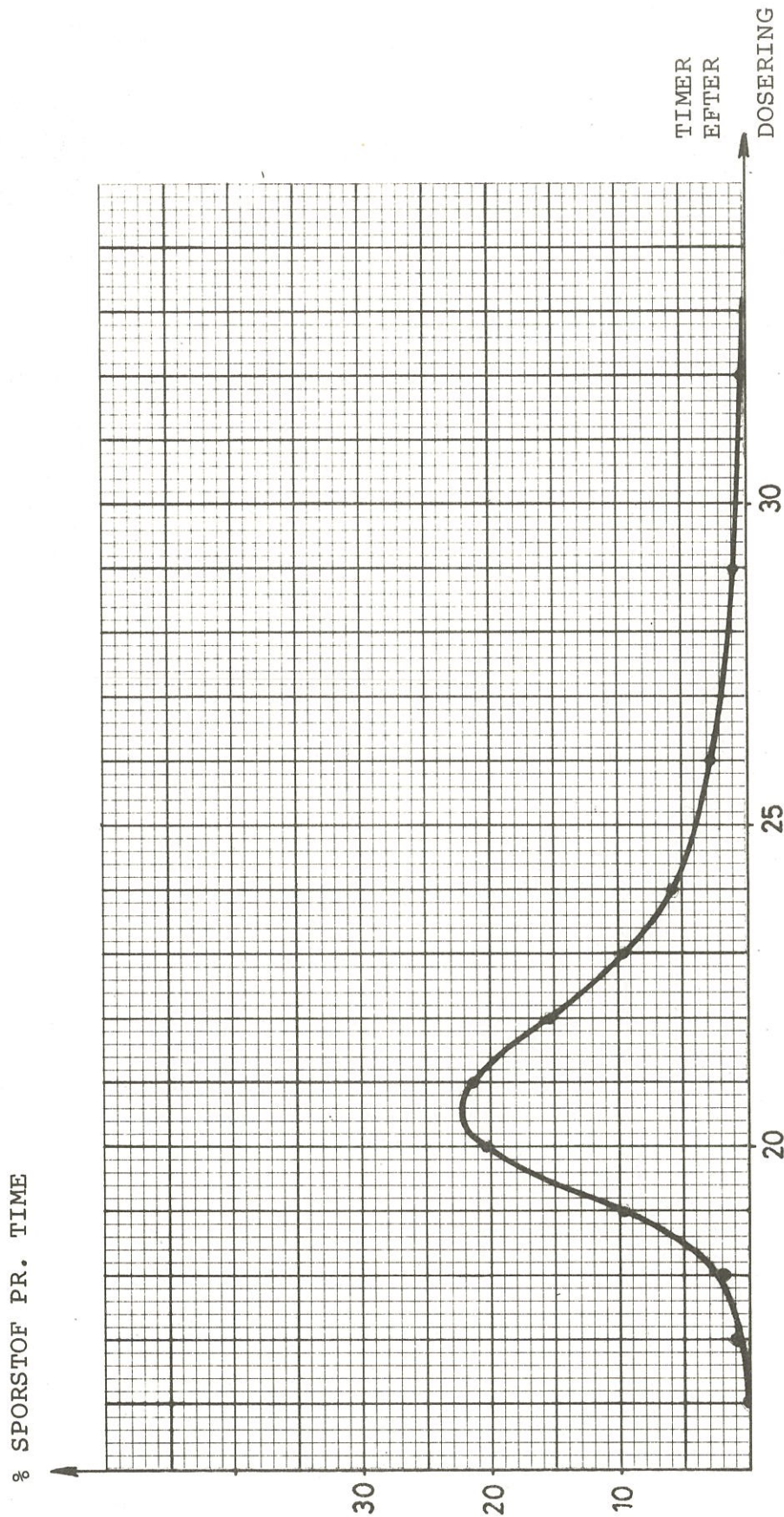
Rekv.: VKI

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENASYSTEMET

Sag no.:
 963-07

Bilag no.:
 4.1.2.21

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 725-712
 VINGUM BRO - MATTRUP



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

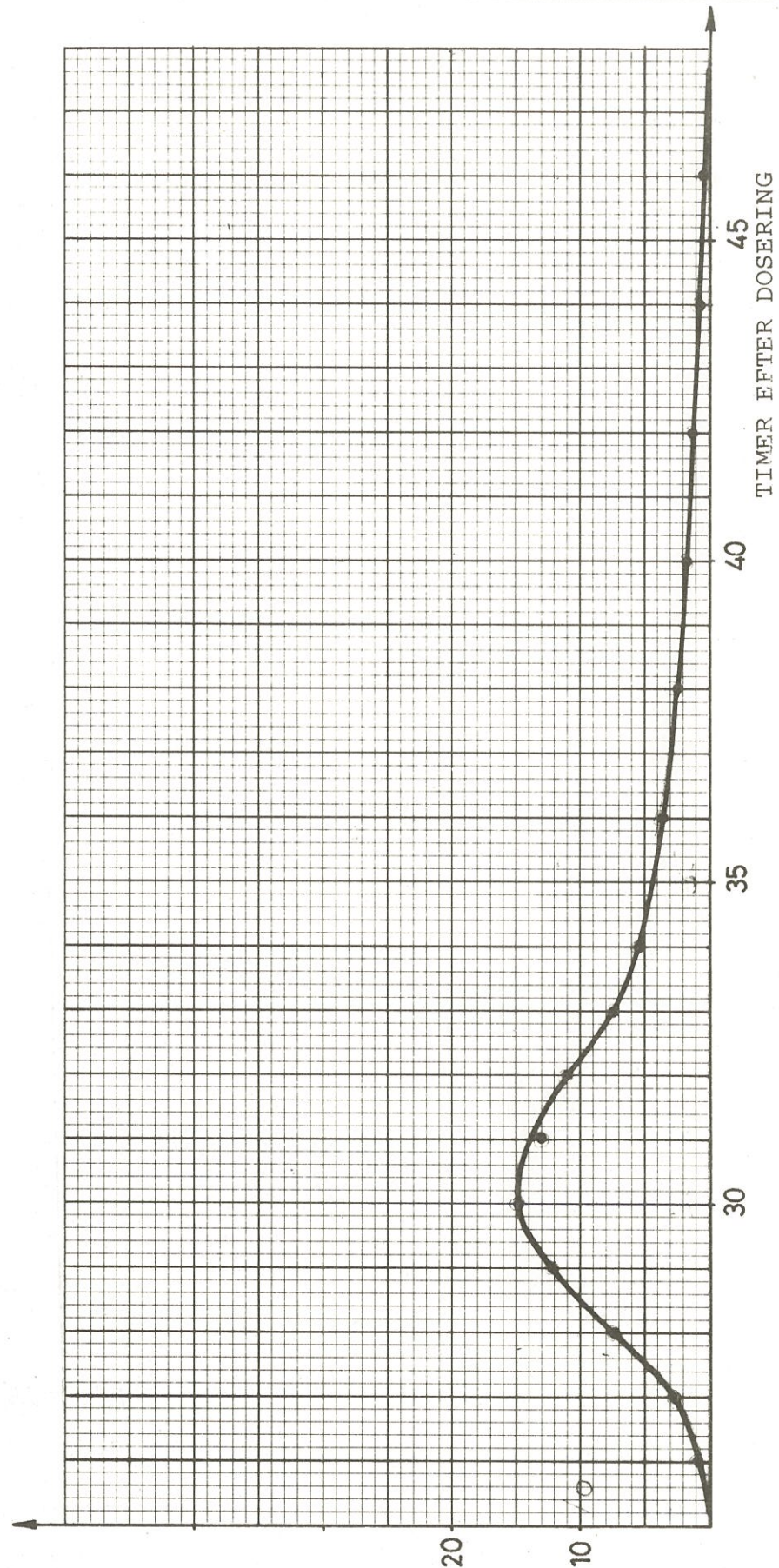
ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.:	VKI
Sag no.:	963-07
Bilag no.:	4.1.3.1

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 725-731
 VINGUM BRO - LILLEBRO

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:

Godk.:

Rev.:

Rev.:

Rev.:

EU *30.11.76*

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.:

VKI

Sag no.:

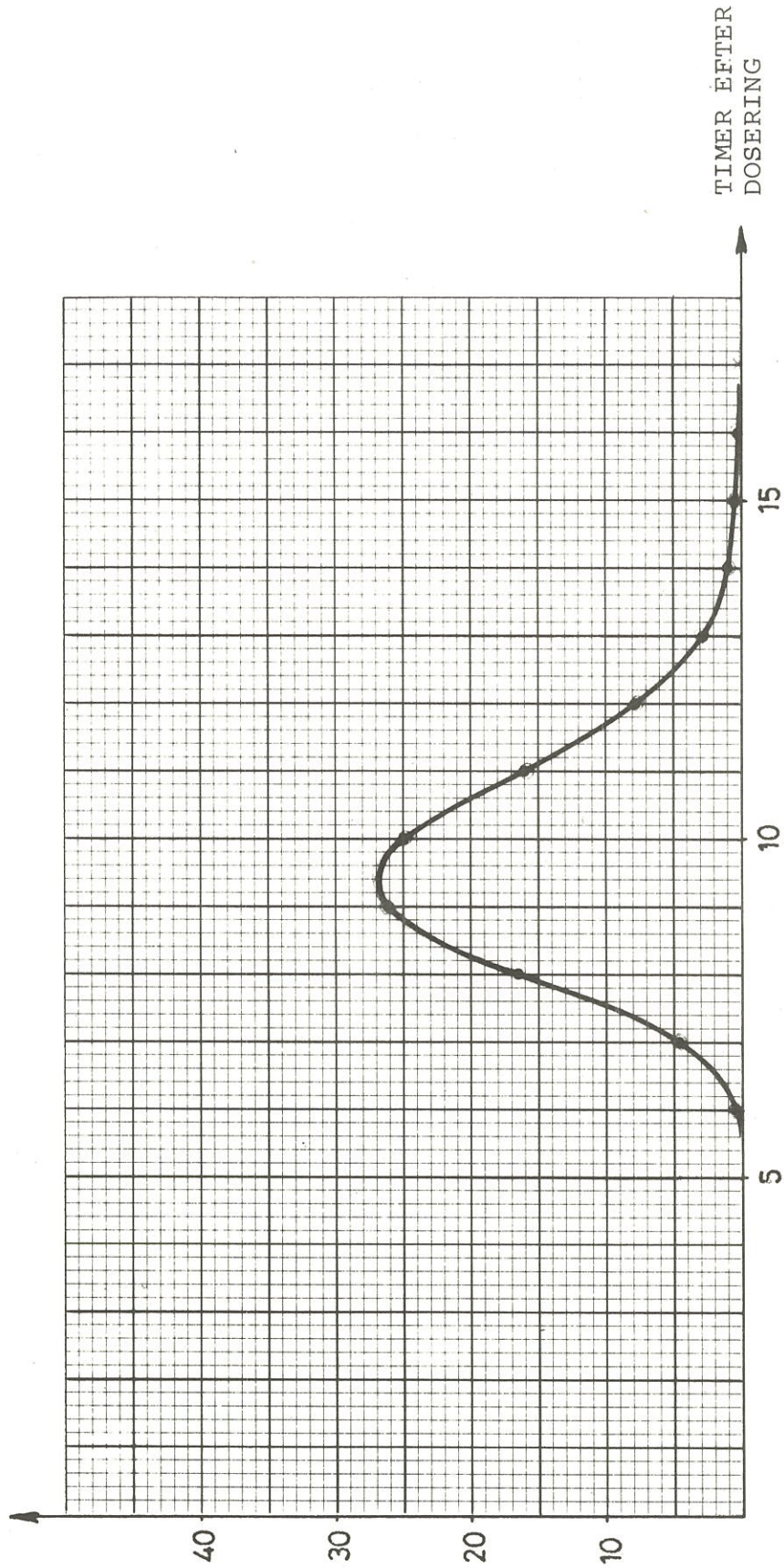
963-07

Bilag no.:

4.1.3.2

BEREGNET FOR STRÆKNINGEN: STATION 731-712
 MATTRUP - LILLEBRØ

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

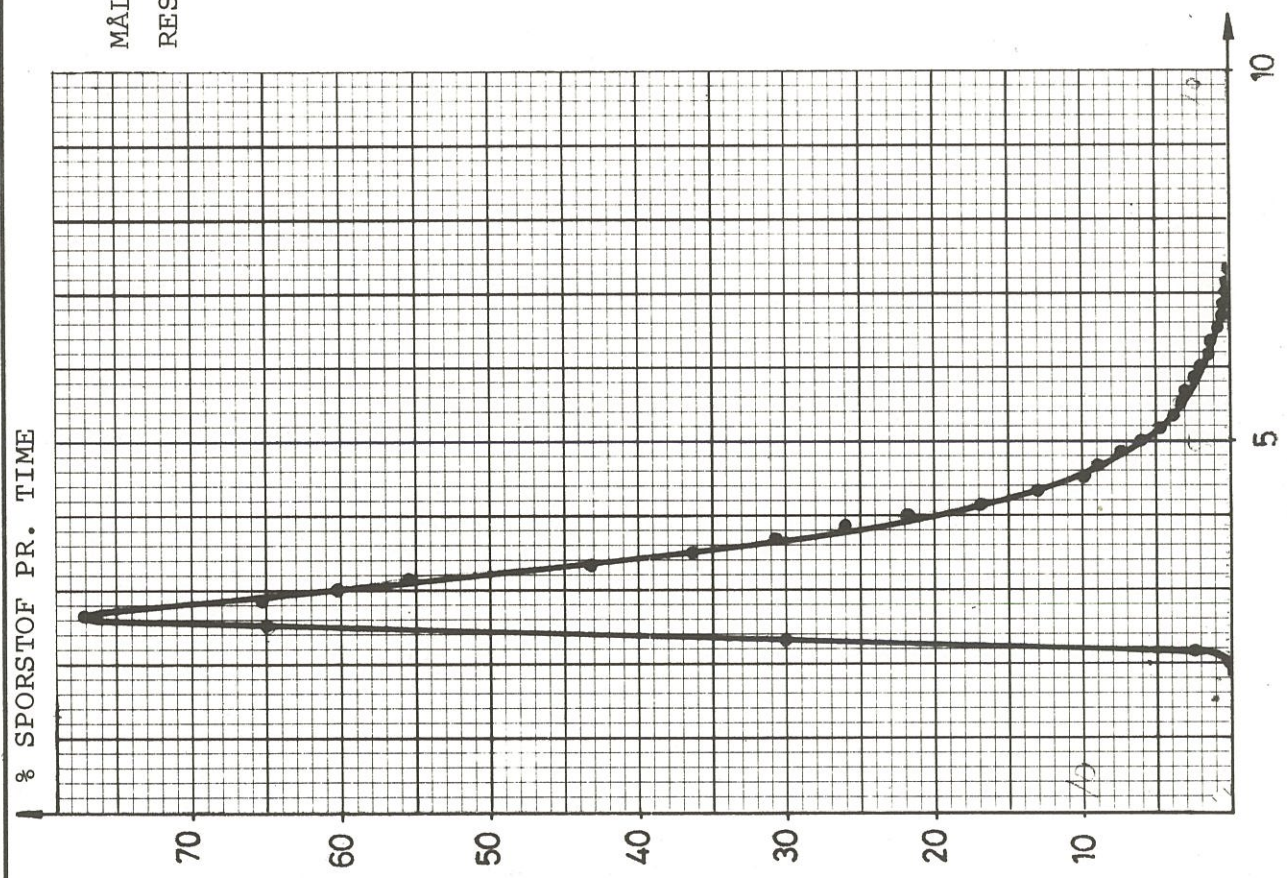
Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.3.21

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 751-755
 RESENBRO - INDLØB SMINGE SØ

TIMER EFTER DOSERING



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

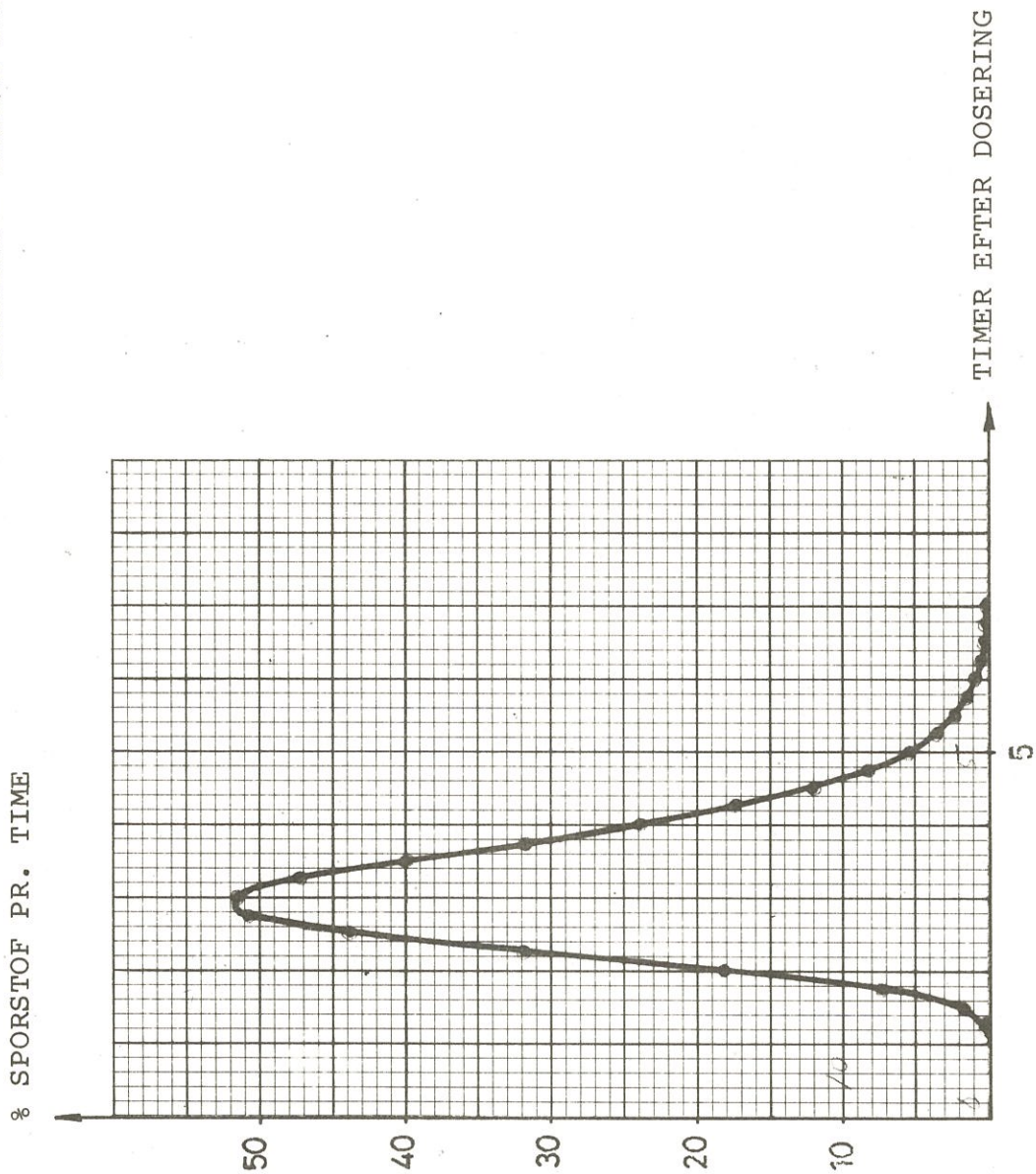
ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07
 Bilag no.: 4.1.4.1

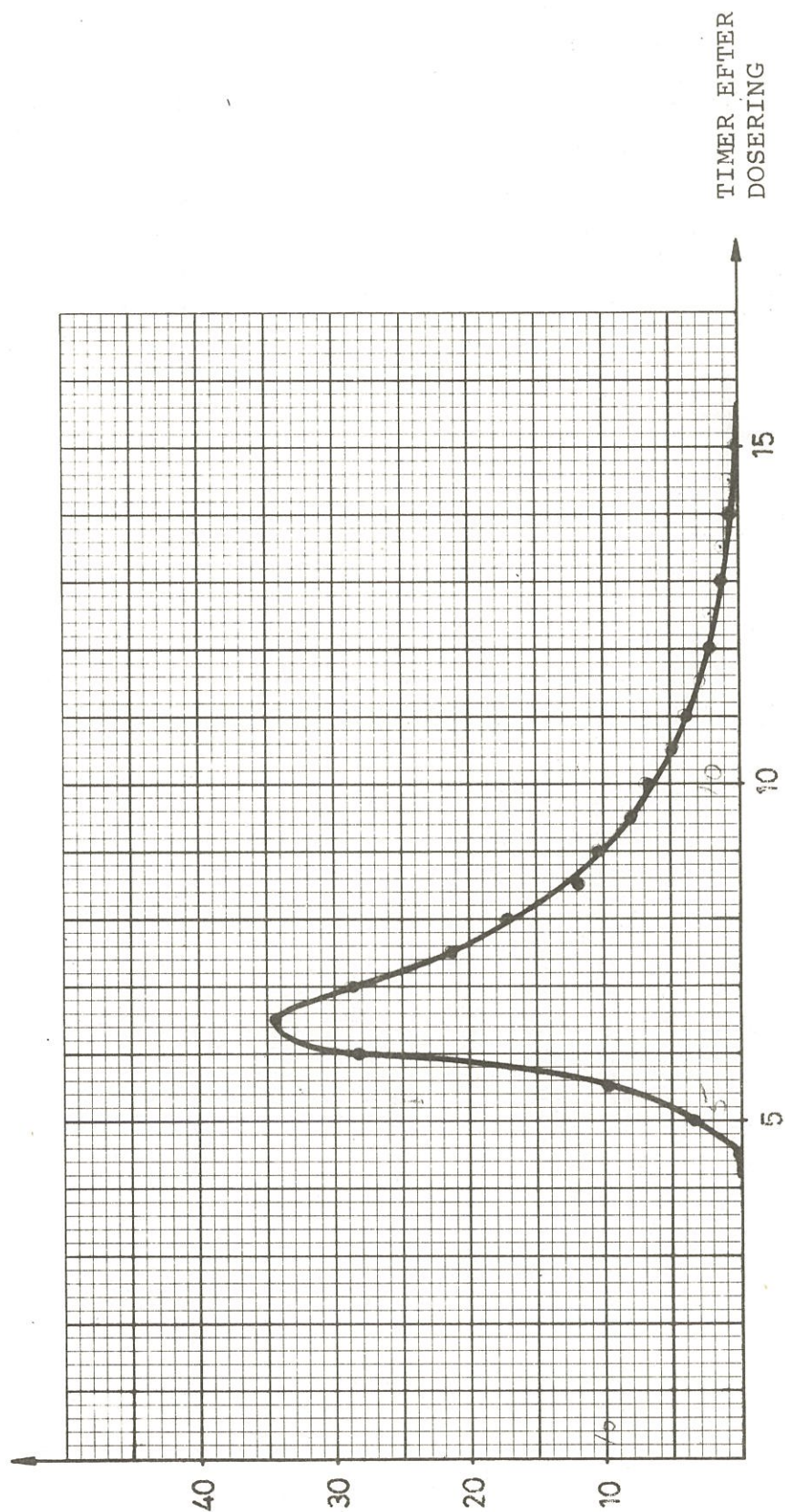
MODEL FOR STRÆKNINGEN: STATION 751-755
 RESENBRO - INDLØB SMINGE SØ



Tegn.:			ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Rekv.:	VKI
Godk.:	EM	29.4.76		TRANSPORTTIDSFORDELING GUDENÅSYSTEMET	Sag no.:
Rev.:				Bilag no.:	4.1.4.1A
Rev.:					
Rev.:					

MÅLT FOR STREKNINGEN: STATION 751-755*
 RESENBRO - UDLØB SMINGE SØ

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	29.1.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

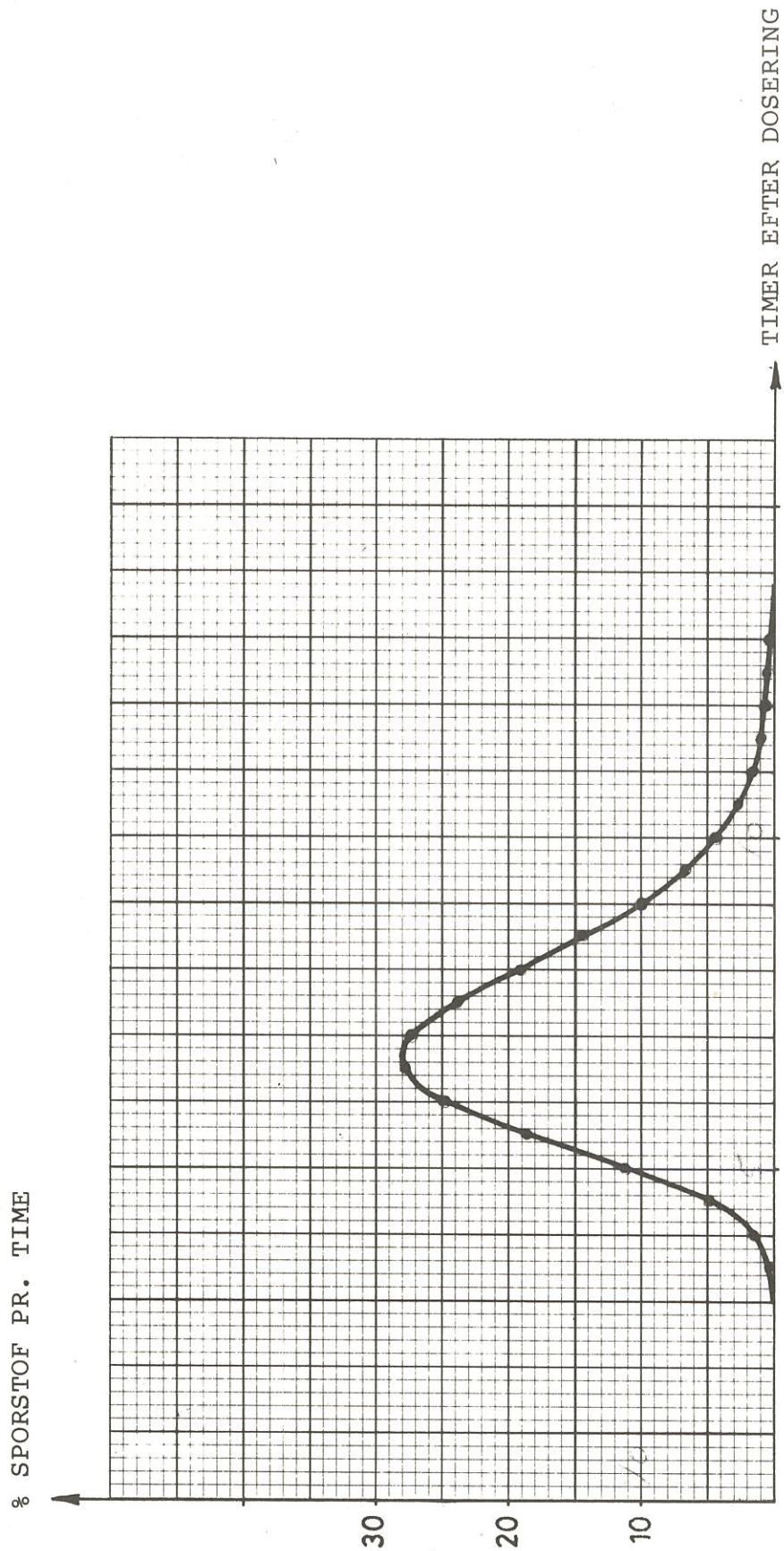
ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07
 Bilag no.: 4.1.4.2

Model for strøknningen: STATION 751-755*
 RESENBRO - UDLØB SMINGE SØ



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENASYSTEMET

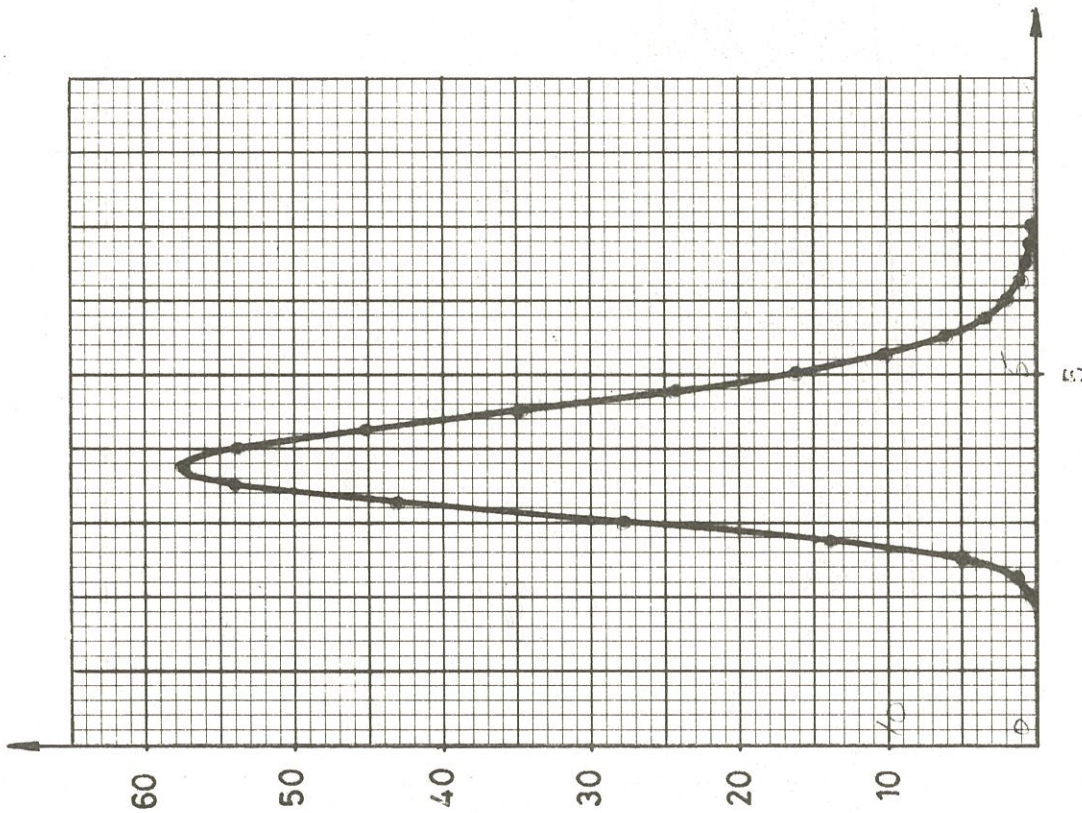
Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.4.2A

BEREGNET FOR STRÆKNINGEN: STATION 755-755*
 INDLØB SMINGE SØ - UDLØB SMINGE SØ

% SPORSTOF PR. TIME



TIMER EFTER DOSERING

Tegn.:		
Godk.:	EM	29.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

Rekv.: VKI

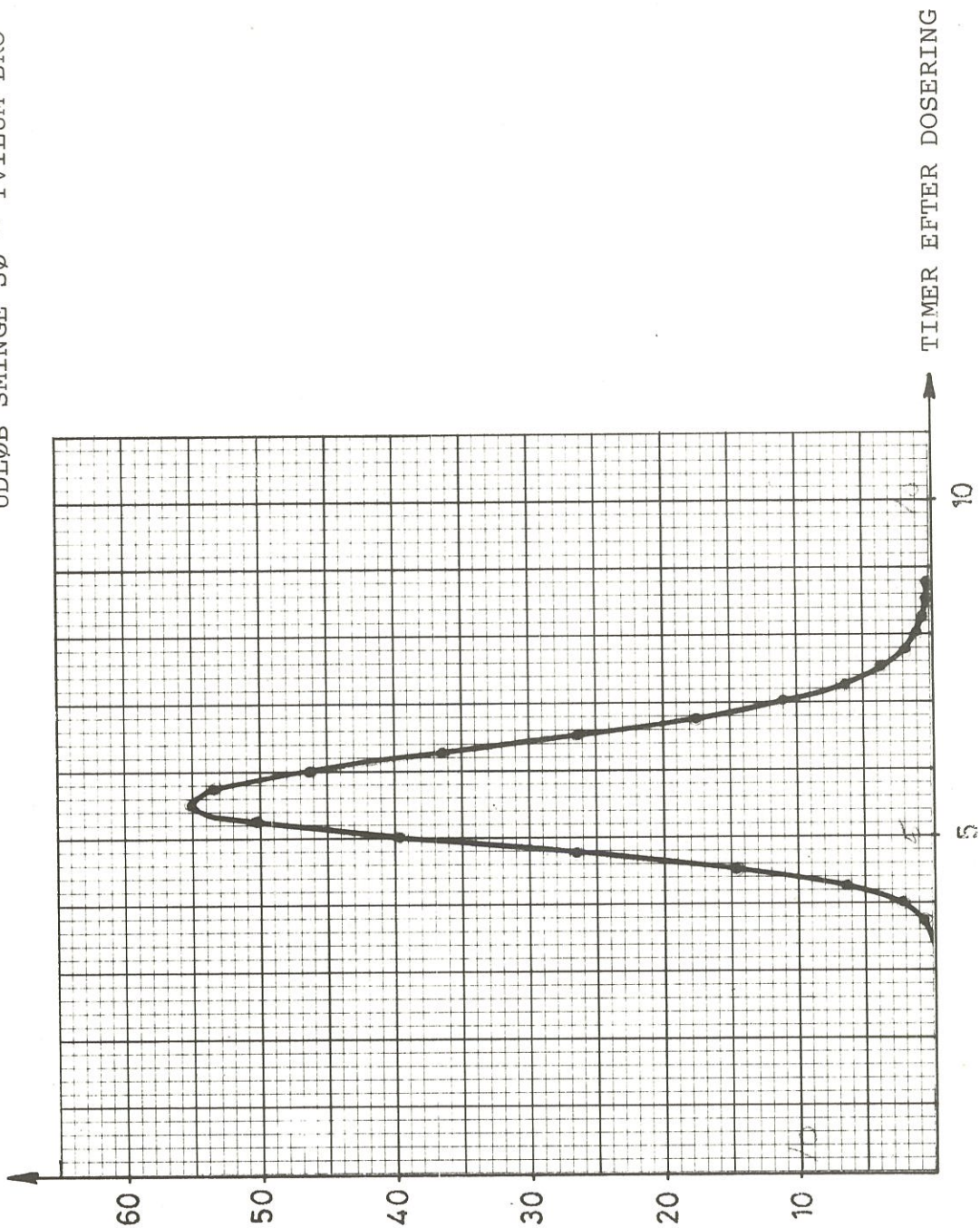
TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1 4.21

BEREGNET FOR STRÆKNINGEN: STATION 755-801
 UDLØB SMINGE SØ - TVILUM BRO

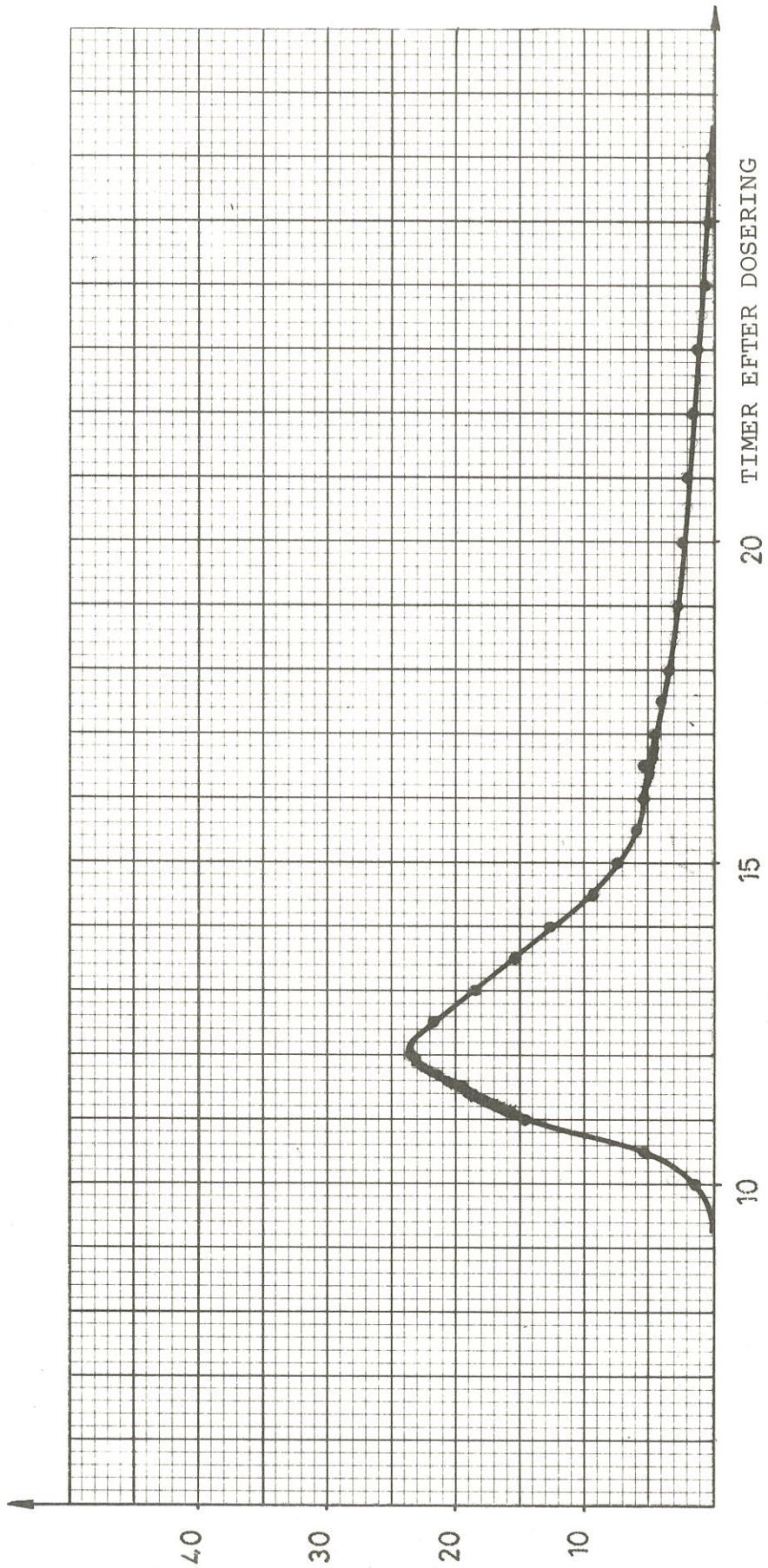
% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:			ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Rekv.:	VKI
Godk.:	EM	29.1.76		TRANSPORTTIDSFORDELING GUDENÅSYSTEMET	Sag no.:
Rev.:				Bilag no.:	4.1.4.32
Rev.:					
Rev.:					

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 751-763
 RESENBRO - KONGENS BRO

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

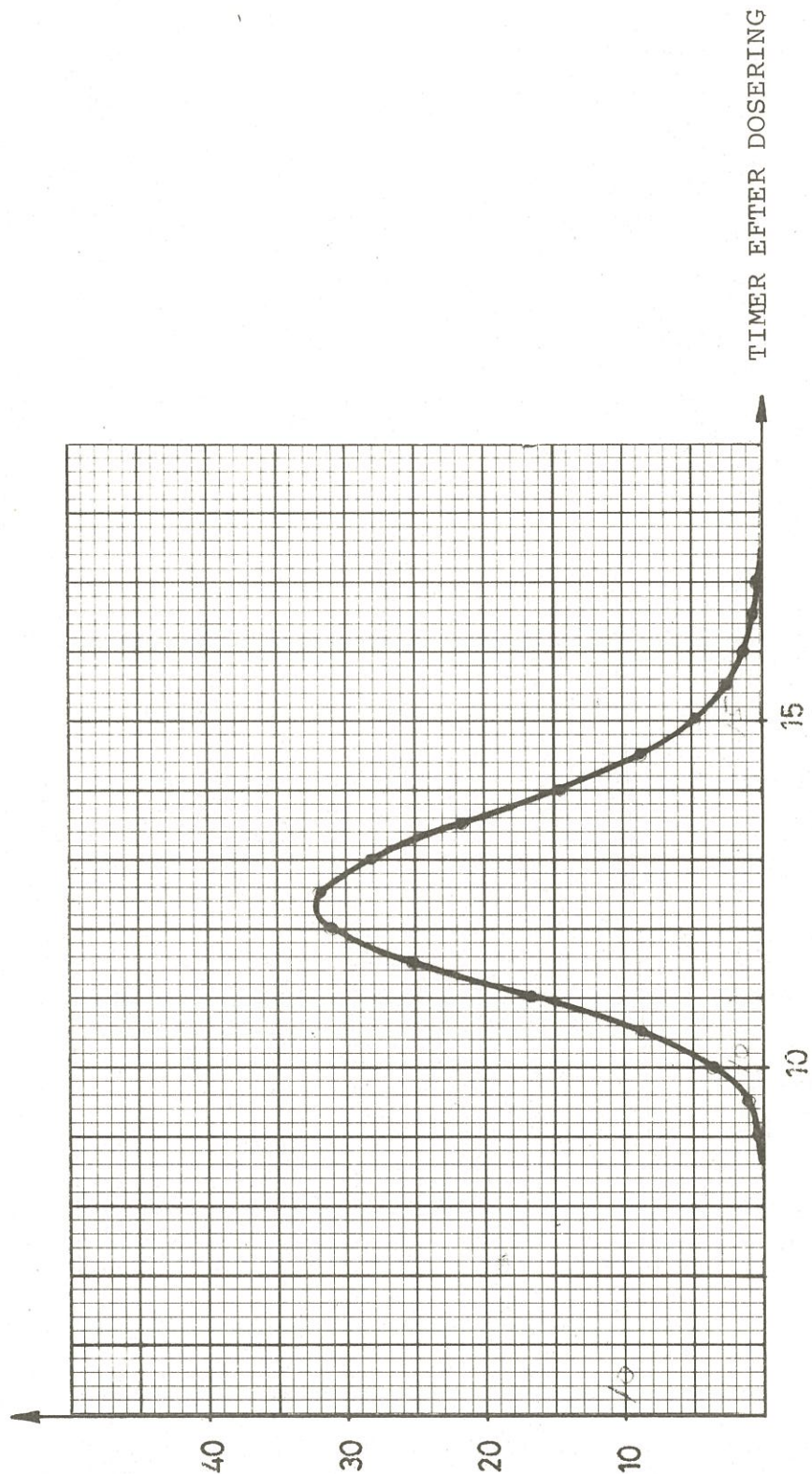
Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.4.4

MODEL FOR STRÆKNINGEN: STATION 751-763

RESENBRO - KONGENS BRO

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	29.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

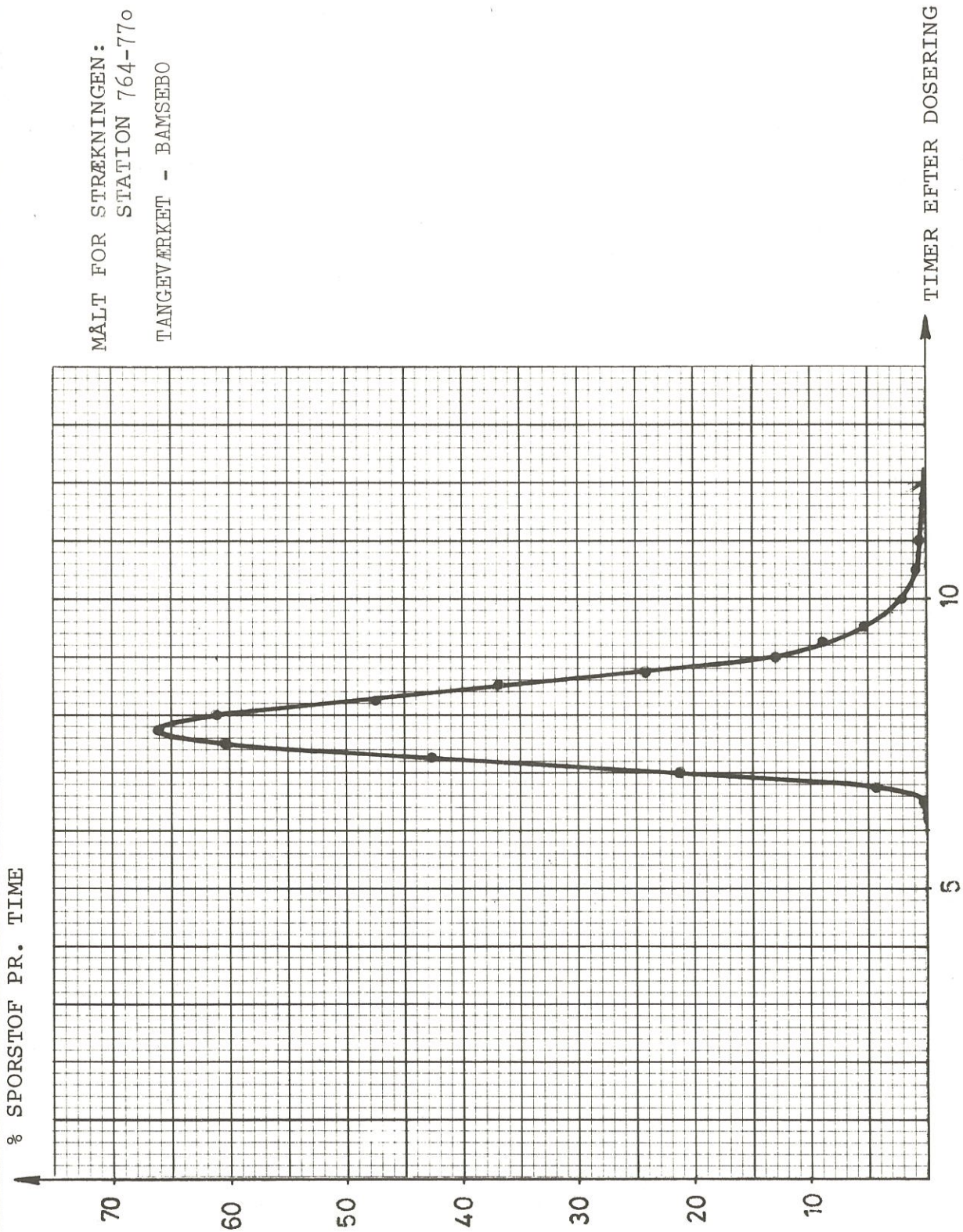
TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.4.4.A

MÅLT FOR STREKNINGEN:
 STATION 764-770
 TANGEVÆRKET - BAMSEBO



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

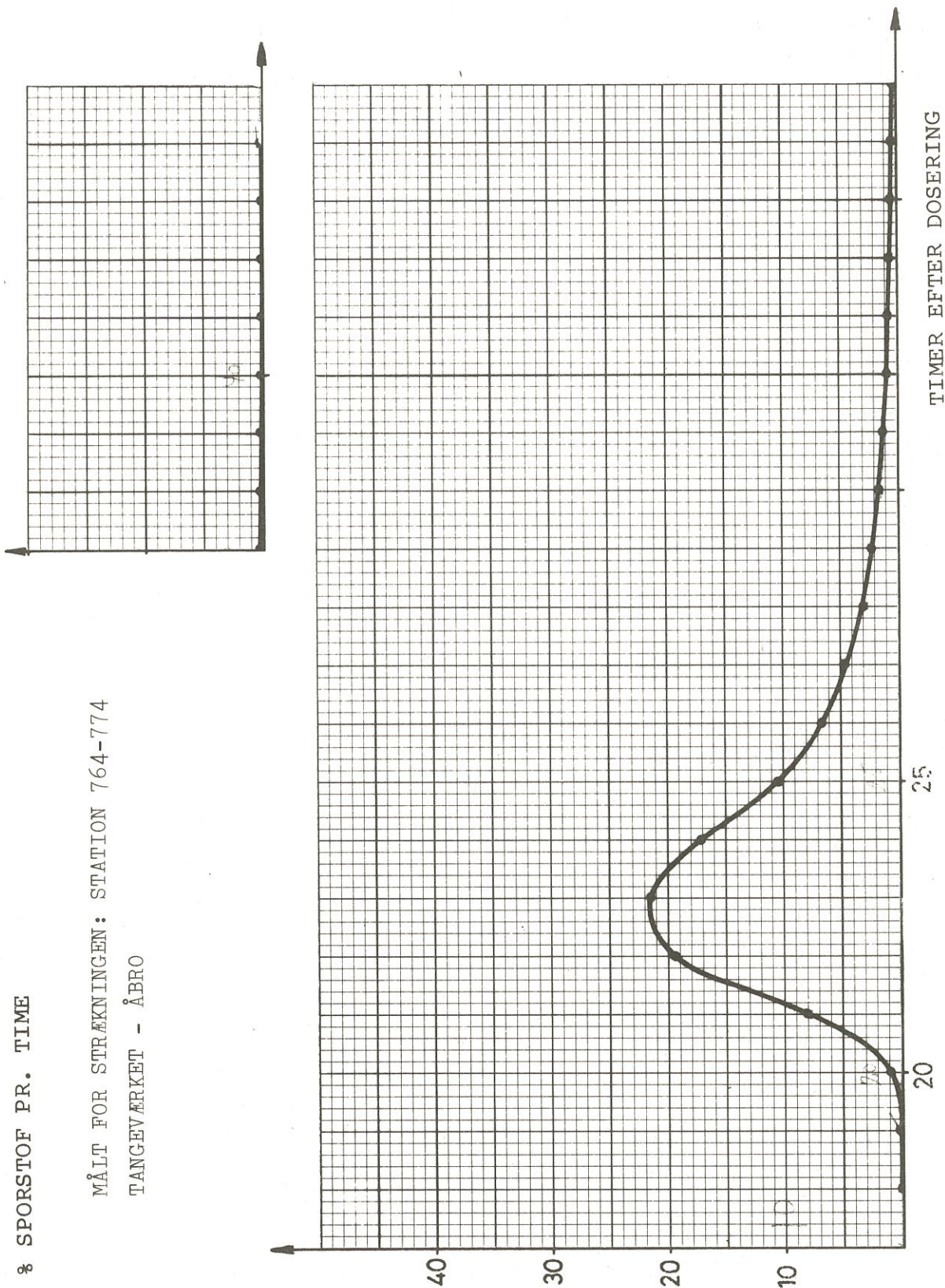
Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.5.1

‰ SPORSTOF PR. TIME

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 764-774
TANGEVÆRKET - ÅBRO



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

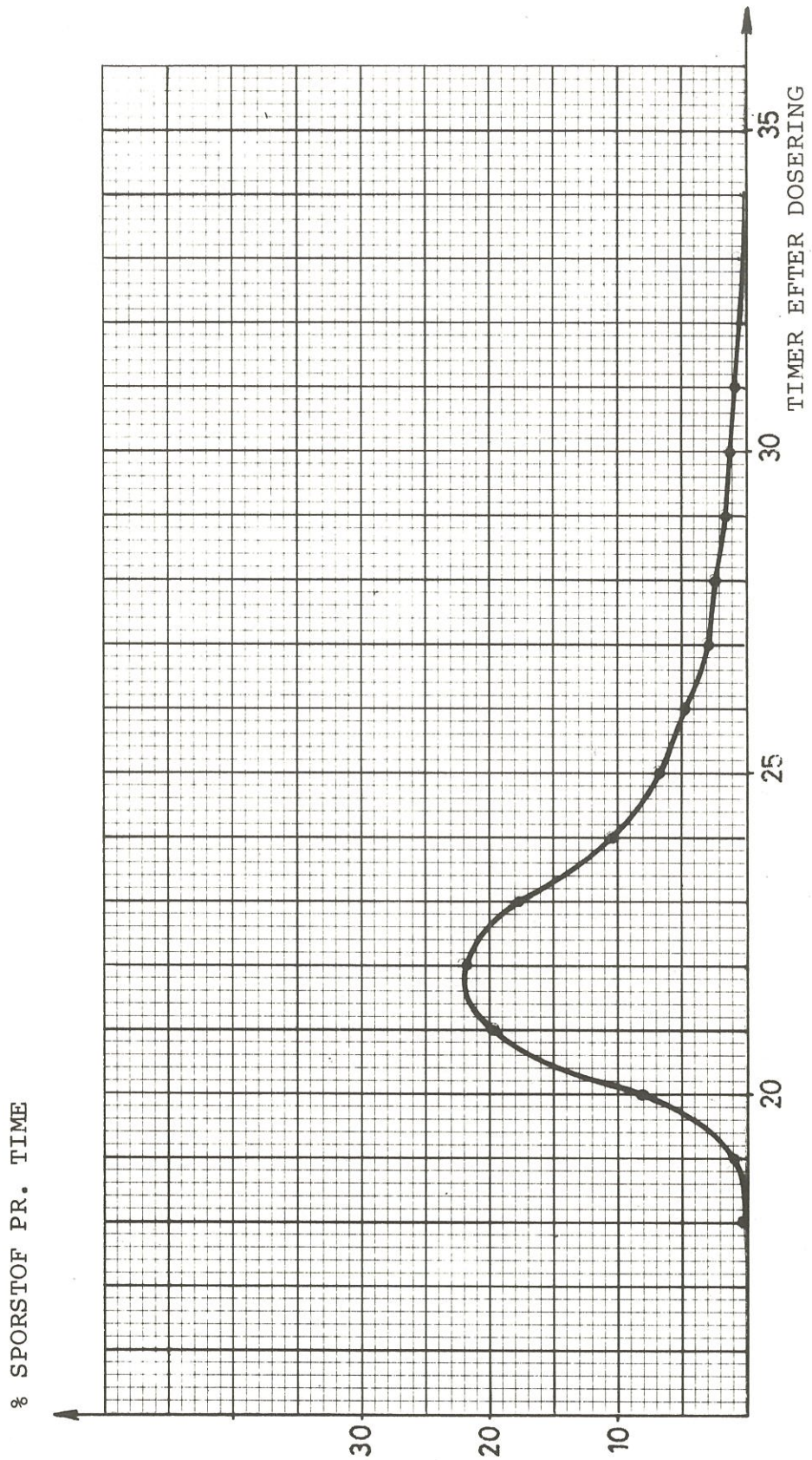
ISOTOPCENTRALEN
Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.:	Bilag no.:
963-07	4.1.5.2

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 727-731
 GRUNDFØR MØLLE - KOLLERUP



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

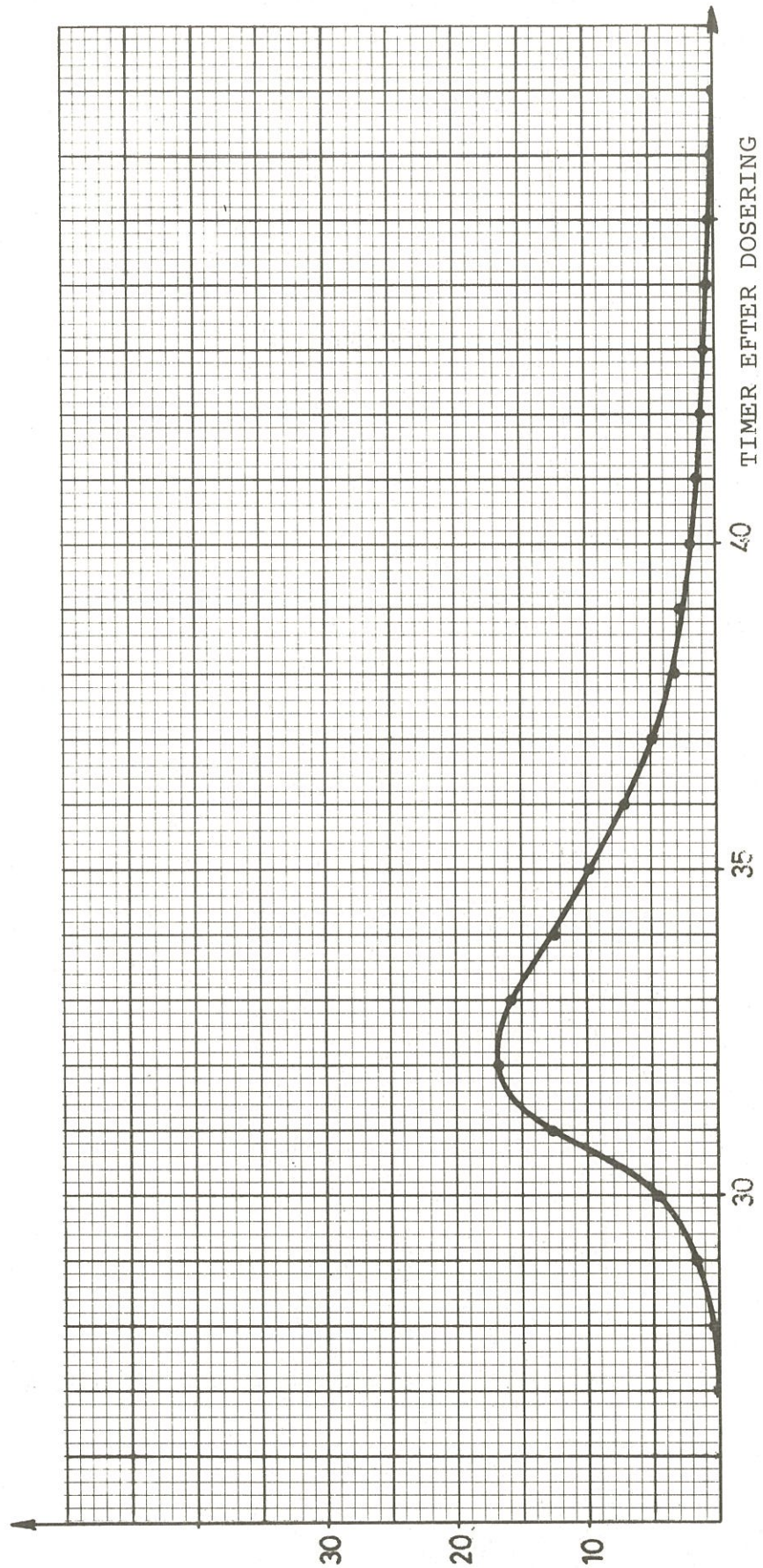
TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07 Bilag no.: 4.1.6.1

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 727-732
GRUNDFØR MØLLE - BALLE BRO

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

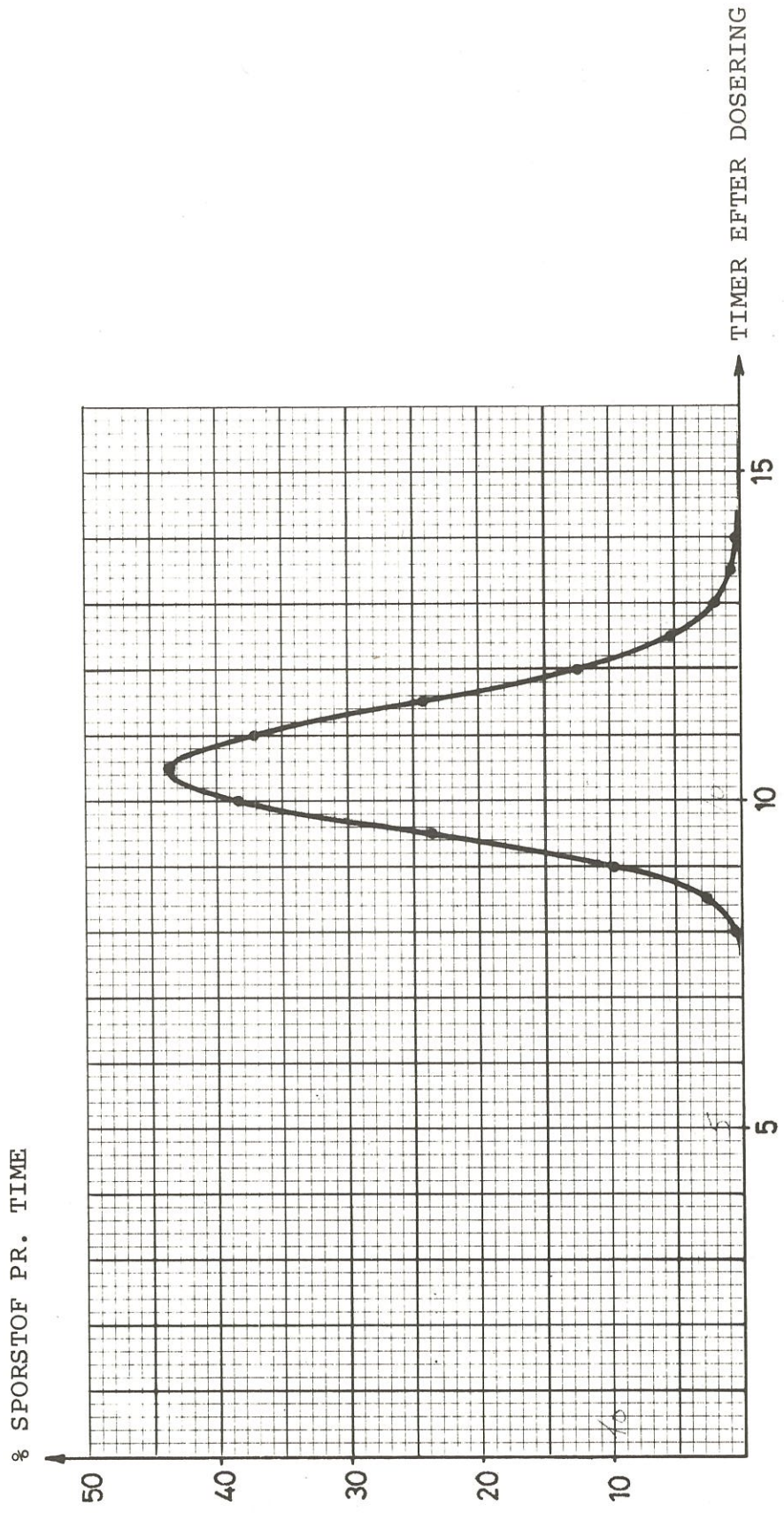
TRANSPORTTIDSFORDELING
GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.6.2

BEREGNET FOR STRÆKNINGEN: STATION 731-732
 KOLLERUP - BALLE BRO



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

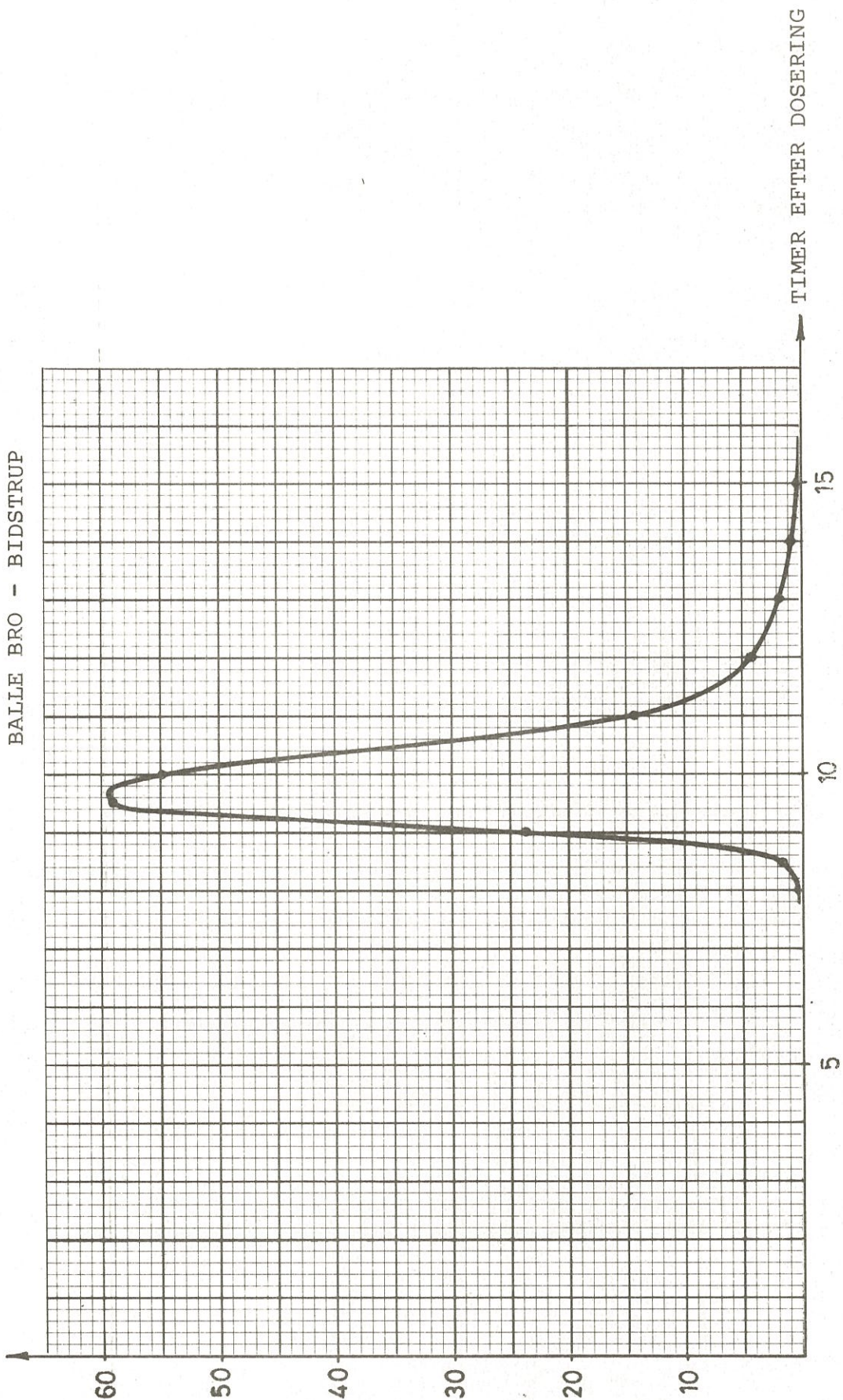
ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.:	VKI
Sag no.:	963-07
Bilag no.:	4.1.6.21

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 732-737
 BALLE BRO - BIDSTRUP

% SPORSTOF PR. TIME



Tegn.:		
Godk.:	EM	30.1.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Rekv.: VKI

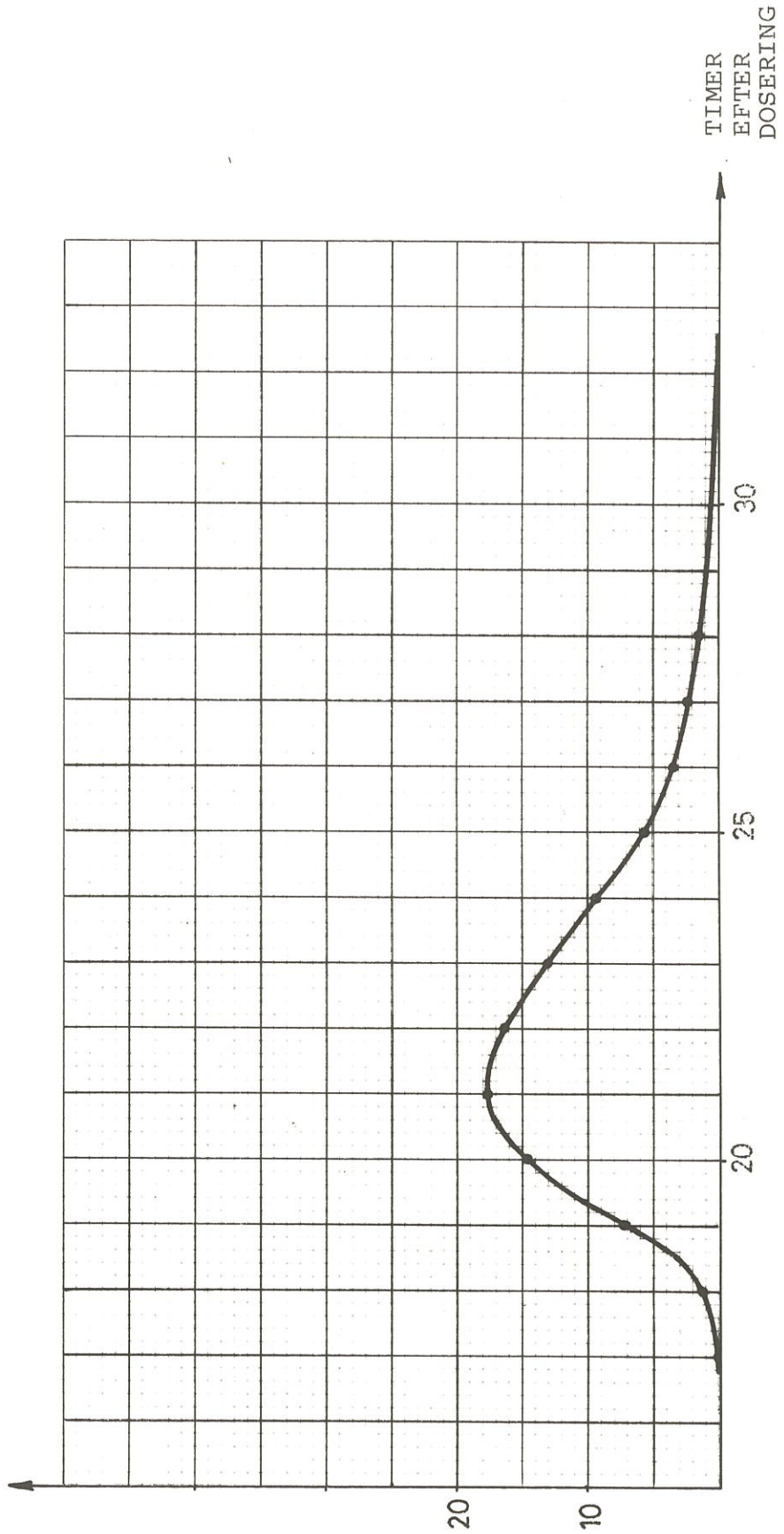
Sag no.: 963-07

Bilag no.: 4.1.7.1

MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 732-849

BALLE BRO - LANGÅ

% SPORSTOF PR. TIME



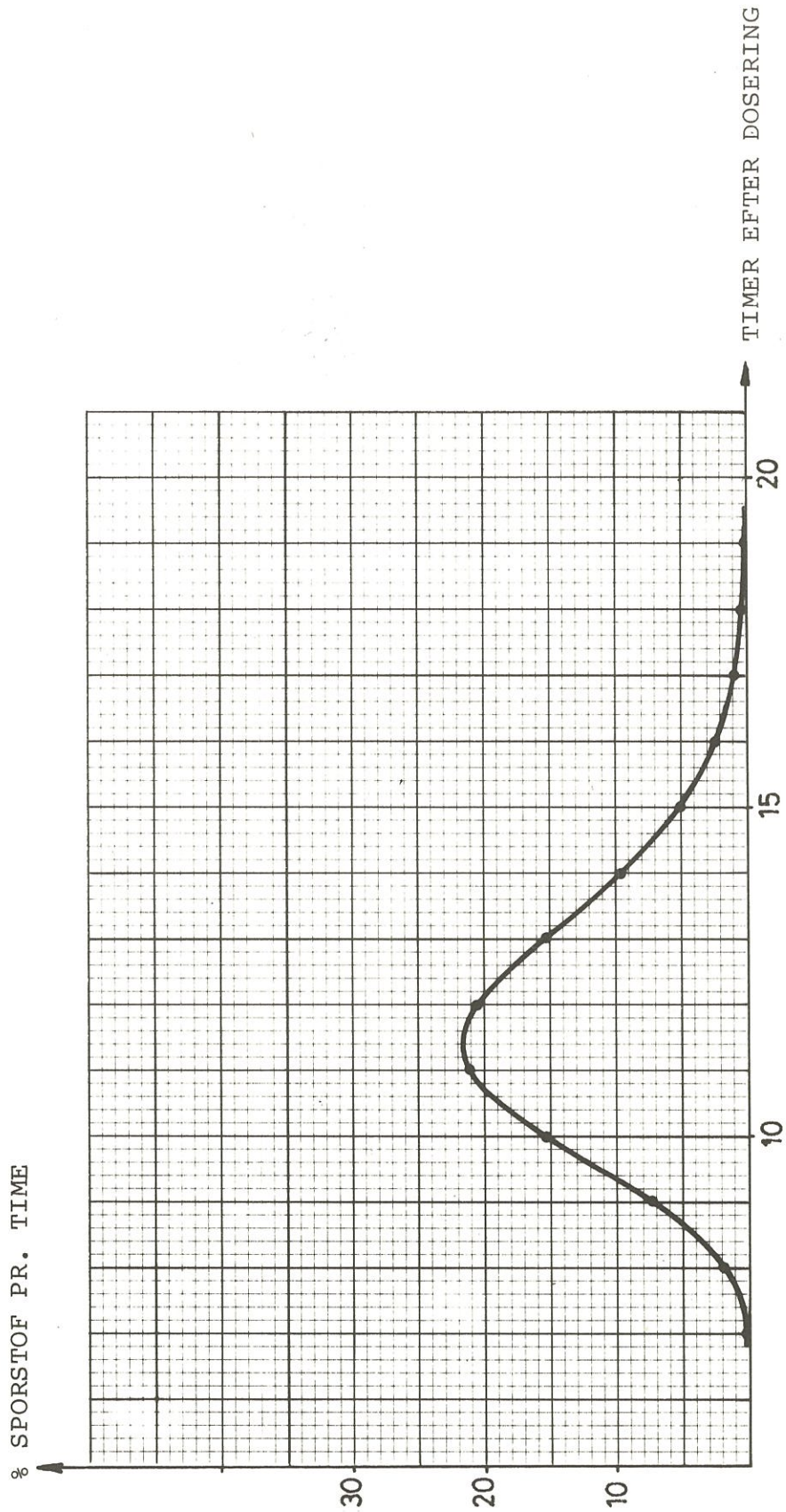
Tegn.:		
Godk.:	EM	30.11.74
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

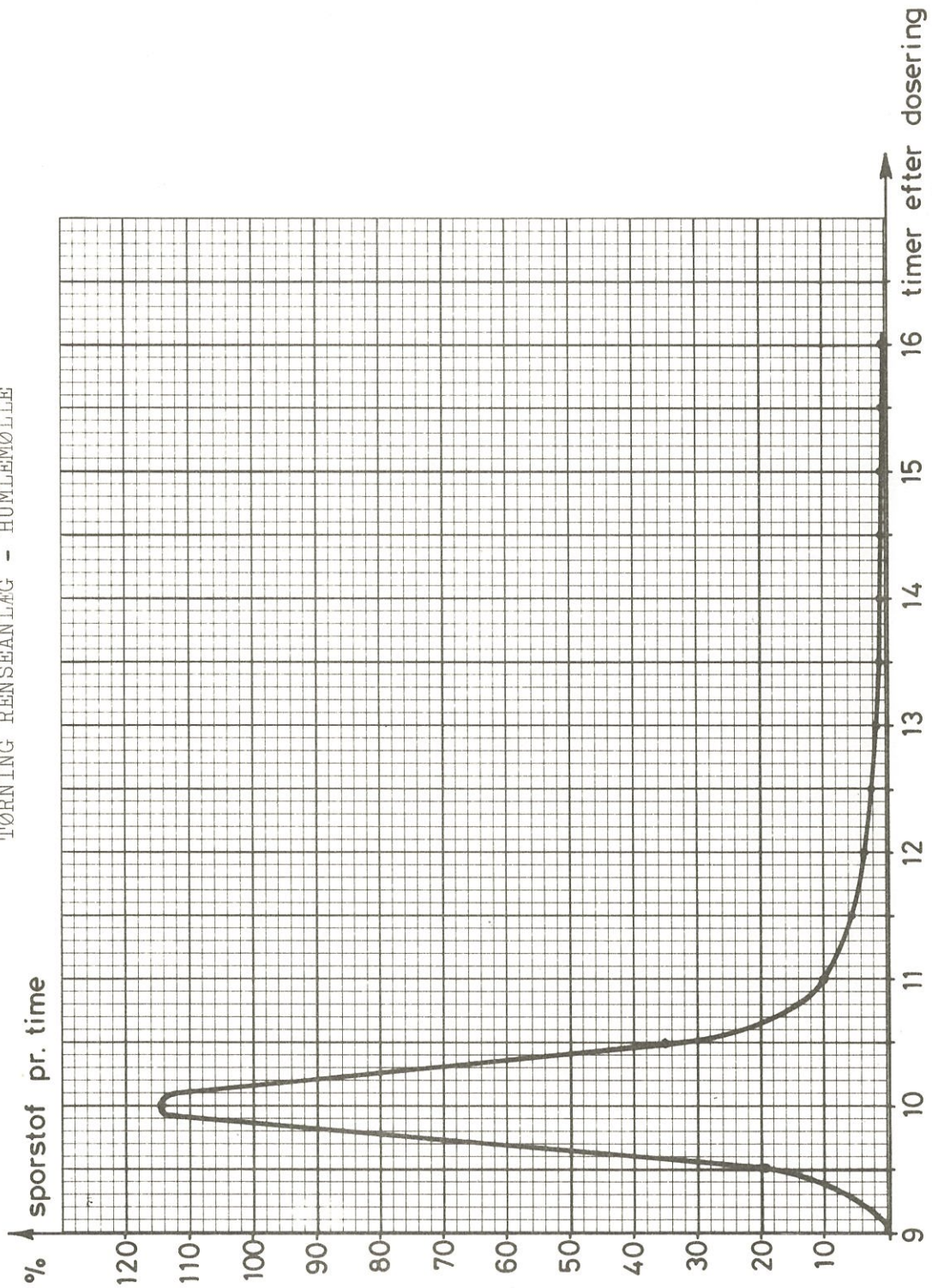
Rekv.:	VKI
Sag no.:	963-07
Bilag no.:	7.1.7.2

BEREGNET FOR STREKNINGEN: STATION 737-849
 BIDSTRUP - LANGÅ



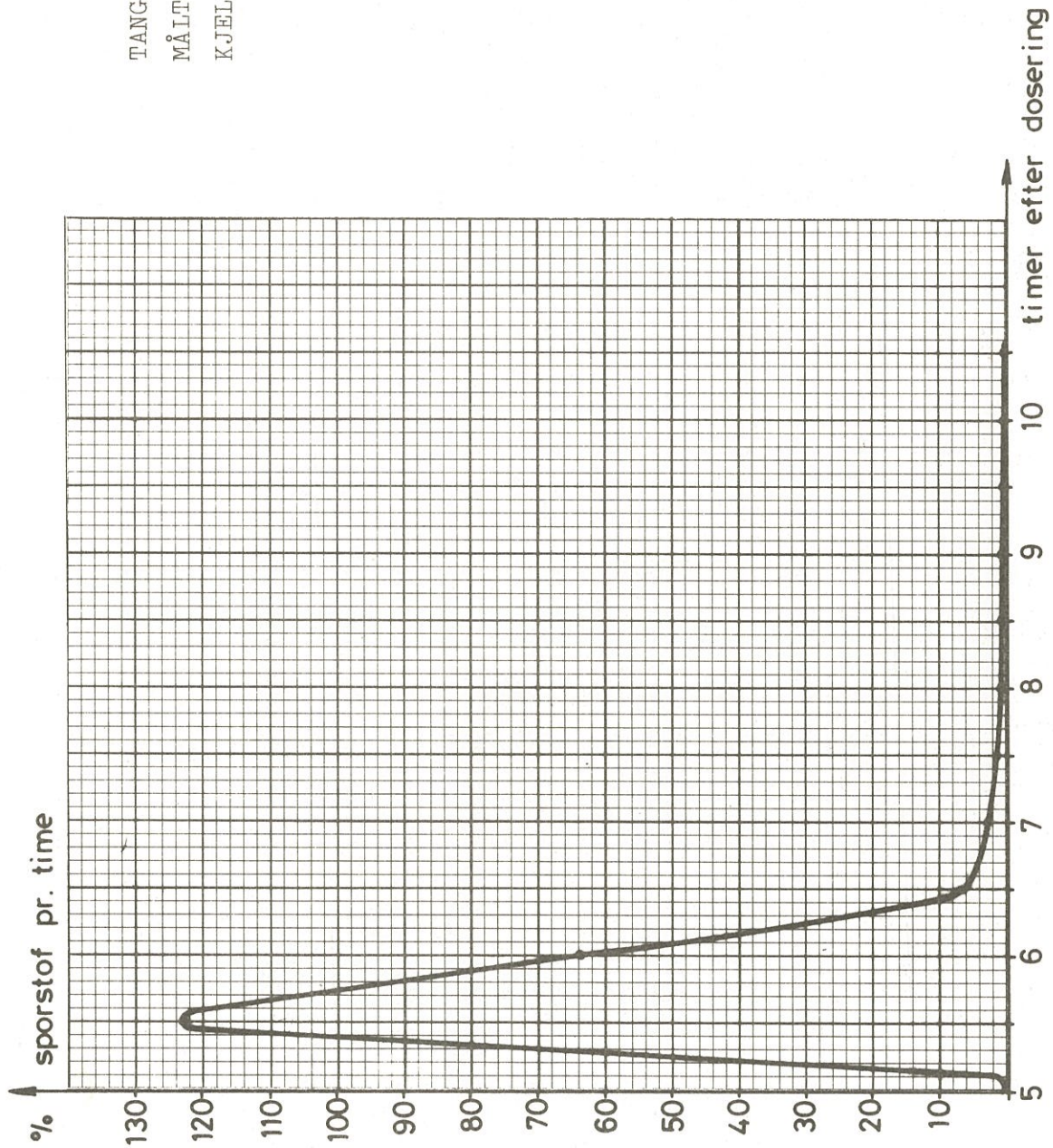
Tegn.:			ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Rekv.:	VKI
Godk.:	EM	30.11.76		TRANSPORTTIDSFORDELING GUDENÅSYSTEMET	Sag no.:
Rev.:				Bilag no.:	4.1.7.21
Rev.:					
Rev.:					

TANGE Å
 MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 3-5a
 TØRNING RENSEANLÆG - HUMLEMØLLE



Tegn.:	EK	17-9-75	ISOTOPCENTRALEN Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31	Rekv.:	VKI
Godk.:	EM	30.11.76		Sag no.:	963.07
Rev.:			TRANSPORTTIDSFORDELING GUDENÅSYSTEMET	Bilag no.:	4.1.8.1
Rev.:					
Rev.:					

TANGE Å
 MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 6-9
 KJELLERUP - LEVRING BÆK



Tegn.:	EK	16-9-75
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

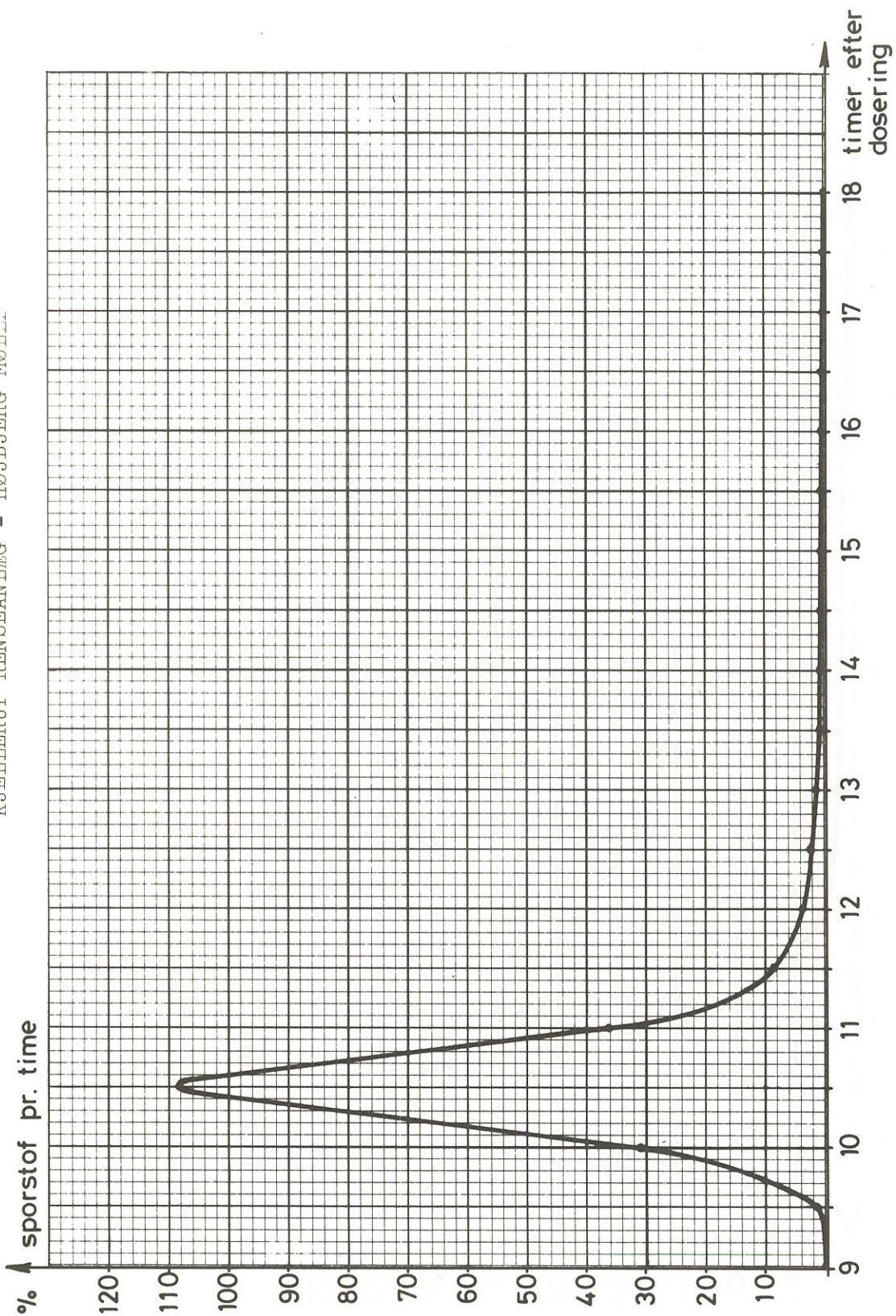
Rekv.: VKI

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Sag no.: 963.07

Bilag no.: 4.1.9.1

TANGE Å
 MÅLT FOR STRÆKNINGEN: STATION 6-11
 KJELLERUP RENSEANLÆG - HØJBJERG MØLLE



Tegn.:	EK	16-9-75
Godk.:	EM	30.11.76
Rev.:		
Rev.:		
Rev.:		

ISOTOPCENTRALEN
 Skelbækgade 2, 1717 Kbh. V, tlf. (01) 21 41 31

Rekv.:
 VKI

TRANSPORTTIDSFORDELING
 GUDENÅSYSTEMET

Sag no.:
 963.07

Bilag no.:
 4.1.9.2

BILAG 4.2 Transporttider og Peclettal

STRÆKNING		Stations- nr.	Middel- transport- tid Timer	Peclet- tal Pe	Målt eller beregnet transporttidsforde- ling bilag	Toparameter- model bilag
Betegnelse						
Tørring-Uldum	703-707	7,3	980	4.1.1.1		
Tørring-Åstedbro	703-802	12,5	685	4.1.1.2		
Tørring-Bredvad mølle	703-715	28,8	975	4.1.1.3		
Uldum-Åstedbro	707-802	5,2 *	205 *			
Åstedbro-Bredvad mølle	802-715	16,3 *	535 *	4.1.1.32		
Vestbirk sø-Voervadsbro	716-720	8,3	305	4.1.2.1		
Vestbirk sø-Klosterkær	716-724	17,0	575	4.1.2.2		
Voervadsbro-Klosterkær	720-724	8,7 *	325 *	4.1.2.21		
Vingumbro-Mattrup	725-731	21,0	310	4.1.3.1		
Vingumbro-Lillebro	725-832	30,5	355	4.1.3.2		
Mattrup-Lillebro	731-832	9,5 *	80 *	4.1.3.21		
Resenbro-før Sminge Sø	751-755	3,1	30	4.1.4.1	4.1.4.1 A	
Resenbro-efter Sminge Sø	751-755 *	6,8	45	4.1.4.2	4.1.4.2 A'	
Resenbro-Tvilum bro	751-801	8,5	125	4.1.4.3	4.1.4.3 A	
Resenbro-Kongens bro	751-763	12,4	200	4.1.4.4	4.1.4.4 A	
Før Sminge Sø-efter Sminge Sø	755-755 *	3,8 *	60	4.1.4.21		
Efter Sminge Sø-Tvilum bro	755-801 *	1,6 *	40 *	4.1.4.32		
Tvilum bro-Kongens bro	801-763	3,9 *	110 *			
Tangeværket-Bamsebro	764-770	7,9	320	4.1.5.1		
Tangeværket-Åbro	764-724	23,2	600	4.1.5.2		
Bamsebro-Åbro	770-724	15,3 *	420 *			

BILAG 4.2 Transporttider og Peclettal

STRÆKNING		Stations- nr.	Middel- transport- tid Timer	Peclet- tal Pe	Målt eller beregnet transporttidsforde- ling bilag	Toparameter- model bilag
Betegnelse						
Grundfør-før Hadsten		727-731	22,1	345	4.1.6.1	
Grundfør mølle-Balle		727-732	32,7	555	4.1.6.2	
Før Hadsten-Balle		731-732	10,5 *	265 *	4.1.6.21	
Balle-Voermølle Å		732-737	10,0	300	4.1.7.1	
Balle-Langå		732-849	21,5 *	235 *	4.1.7.2	
Voersmølle-Langå		737-849	11,5 *	80 *	4.1.7.21	
Tørning-Humle mølle		3-5a	10,0	2060	4.1.8.1	
Kjellerup-Levringbæk		6-9	5,6	800	4.1.9.1	
Kjellerup-Højbjerg mølle		6-11	11,0	2010	4.1.9.2	
Kjellerup-Dybdal		6-14	14,5	1690	4.1.9.3	
Levringbæk-Højbjerg mølle		9-11	5,4 *	1340 *		
Højbjerg mølle-Dybdal		11-14	3,5 *	250 *		

* Beregnet delstrækning