



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Rapport om: Placering af udløbsledning ved Aalborg Renseanlæg Vest

juni 1977

Larsen, Torben

Publication date:
1977

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. (1977). *Rapport om: Placering af udløbsledning ved Aalborg Renseanlæg Vest: juni 1977*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning.

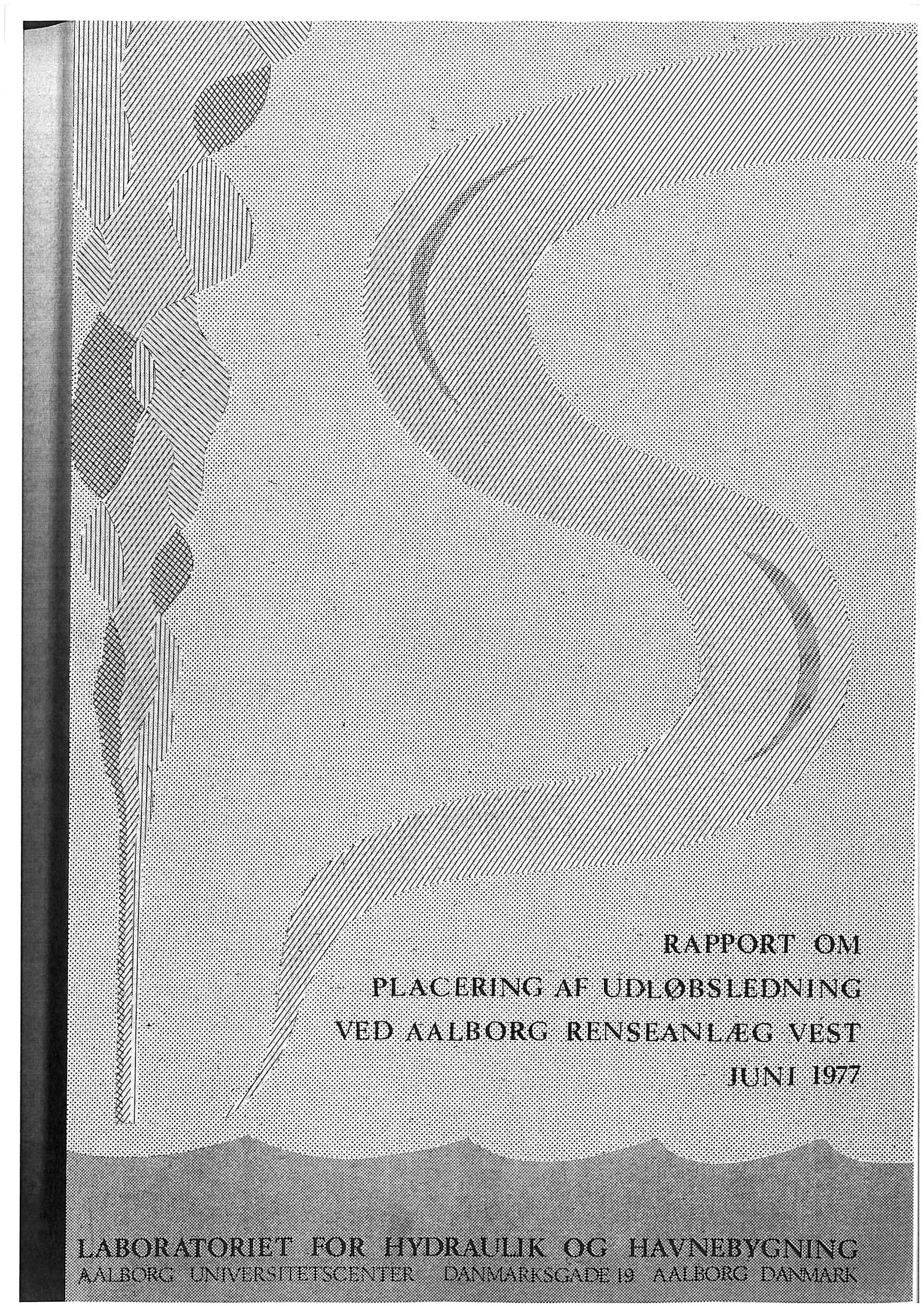
General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



RAPPORT OM
PLACERING AF UDLØBSLEDNING
VED AALBORG RENSEANLÆG VEST
JUNI 1977

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
AALBORG UNIVERSITETSCENTER DANMARKSGADE 19 AALBORG DANMARK

AALBORG UNIVERSITETSCENTER

INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

Danmarksgade 19 9000 Aalborg Danmark

telefon (08) 160533

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H. F. Burcharth

RAPPORT OM PLACERING AF UDLØBSLEDNING

VED AALBORG RENSEANLÆG VEST

JUNI 1977

INDHOLDSFORTEGNELSE:

1. Indledning	side	1
2. Konklusion	side	2
3. Sporstofmålinger og bestemmelse af diffusionskoefficienter	side	3
4. Fortyndingskrav ved udledning af spildevand til Limfjorden	side	5
5. Strømforhold	side	6
6. Limfjordens kapacitet ved fuld opblanding	side	7
7. Transporttid og bakteriel inaktivering	side	8
8. Udledning med diffusor	side	9
9. Udledning uden diffusor	side	10
10. Beregning af spildevandskoncentrationerne i Limfjorden	side	11
11. Vurderinger af udløbsarrangementets placering og udformning	side	12
12. Forholdene i udbygningsperioden	side	14
13. Litteratur	side	15

BILAGSFORTEGNELSE:

Oversigt	Bilag nr.	1
Fjordens anvendelse	Bilag nr.	2
Sporstofdosering 15.4.77 kl. 14.00	Bilag nr.	3
26.4.77 kl. 10.30	Bilag nr.	4
26.4.77 kl. 11.15	Bilag nr.	5
2.5.77 kl. 13.50	Bilag nr.	6
11.5.77 kl. 13.00	Bilag nr.	7
11.5.77 kl. 13.00	Bilag nr.	8
Overfladekoncentrationer i fjorden	Bilag nr.	9
Inaktivering af E-coli	Bilag nr.	10
50 m diffusor	Bilag nr.	11

1. Indledning

På foranledning af Aalborg kommunes tekniske forvaltning har man udført en række sporstofmålinger i Limfjorden umiddelbart vest for Aalborg. Formålet med disse forsøg har været at forsøge at forudsige konsekvenserne af udledningen af spildevand fra Aalborg kommunes planlagte rensesanlæg, som påtænkes placeret i området ved "Norden". På bilag nr. 1 er angivet de tre ledningsplaceringer, som har været under overvejelse.

Undersøgelsen har været planlagt i samarbejde med repræsentanter for Aalborg kommune, I. Kryger A/S og laboratoriet. Endvidere har man på et møde den 10. juni 1977 med tilstedeværelse af ovennævnte drøftet undersøgelsens resultater.

Herværende rapport er udarbejdet af civilingeniør Torben Larsen.

2. Konklusion

Som resultat af undersøgelsen skal man herved konkludere:

1. De på bilag nr. 1 angivne placeringsmuligheder for udløbsledningen må antages at være nogenlunde ens i hydraulisk henseende. Nedenstående bemærkninger er altså fælles for de 3 forslag.
2. Ved et udløbsarrangement uden diffusor, som er placeret på 6-8 m's vanddybde, vil der være risiko for overskridelse af 1000 E-coli pr. 100 ml i 30% af tiden i op til 2000 m fra udløbet.
3. Ved etablering af en diffusor på 50 m's længde, hvis inderste punkt er placeret på 6-8 m's vanddybde, vil der være risiko for overskridelse af 1000 E-coli pr. 100 ml i op til 10% af tiden i en afstand af op til 500 m fra udløbet.
4. Ved etablering af en diffusor på 100 m's længde, hvis inderste punkt er placeret på 6-8 m's vanddybde, vil der være risiko for overskridelse af 1000 E-coli pr. 100 ml i op til 5% af tiden i en afstand af op til 500 m fra udløbet.
5. Ud fra en samlet vurdering, hvori også er inddraget besejlingsforhold, driftsforhold m.v., må en diffusor på 50 m's længde skønnes at være den mest rimelige løsning i det aktuelle tilfælde.

3. Sporstofmålinger og bestemmelse af diffusionskoefficienter

Ved den praktiske udførelse af sporstofforsøgene har man benyttet sig af den såkaldte kontinuerte dosering, idet man i udledningspunktet havde opankret en jolle, hvori doseringsudstyret befandt sig. Doseringspumpen doserede 0,74 ml/sec af en 20% opløsning af rodamin B. Denne opløsning var ved hjælp af atanol bibragt den samme massetæthed som recipientvandet.

Ved hjælp af laboratoriets opmålingsbåd "Vandforsk" foretog man herefter opmåling af overfladekoncentrationen i forskellige tværsnit i farvefanen. Hvert tværsnit blev opmålt tre gange for at opnå et tilfredsstillende gennemsnit. Endvidere foretog man dybdemålinger i farvefanen for bestemmelse af den vertikale koncentrationsfordeling.

På bilagene 3 til 8 incl. er angivet resultatet af de seks sporstofmålinger, der er blevet foretaget. Man har ved samtlige forsøg tilstræbt at disse blev udført i situationer med pålandsvind, som må forventes at være mest kritisk.

Samtidig med sporstofmålingerne er strømhastigheden i fjorden målt.

Ved beregning af diffusionskoefficienterne i henholdsvis horizontal og vertikal retning har man taget udgangspunkt i det generelle diffusionsudtryk [1].

$$C = \frac{Q}{4\pi(E_y E_z)^{\frac{1}{2}} x} \exp\left(-\left(\frac{y^2 u}{4E_y x} + \frac{z^2 u}{4E_z x}\right)\right) \quad (3.1)$$

C den relative koncentration i forhold til udledningens koncentration.

Q den udledte (doserede) mængde pr. tidsenhed.

x afstanden fra udledningen i vandret retning i strømrretningen.

y afstanden fra udledningen i vandret retning vinkelret på strømrretningen.

z afstanden fra udledningen i lodret retning vinkelret på strømrretningen.

E_y diffusionskoefficienten i y-retningen.

E_z diffusionskoefficienten i z-retningen.

exp eksponentialfunktionen.

u strømhastigheden.

Bestemmelsen af diffusionskoefficienterne er sket ved at man har søgt de diffusionskoefficienter, som gav den bedste tilpasning til ovennævnte udtryk og målinger. Den mere detaljerede fremgangsmåde skal ikke angives her.

Konklusionen af disse beregninger blev, at diffusionskoefficienterne kan bestemmes af

$$E_y = 0,125 h u \quad (3.2)$$

$$E_z = 0,016 h u \quad (3.3)$$

hvor h er vanddybden og u strømhastigheden. Disse værdier skønnes at gælde for moderate vindforhold og for strømhastigheder over 0,05-0,1 m/s. For kraftigere vinde og for mindre strømhastigheder kan forventes større værdier af diffusionskoefficienterne end hvad (3.2) og (3.3) angiver.

4. Fortyndingskrav ved udledning af spildevand til Limfjorden

Ved detaljplacering af udløbsledning og ved udformning af udløbsbygværk har man mulighed for at styre den lokale koncentrationsfordeling af spildevandet i fjorden. I en afstand på 5-10 km fra udløbet vil spildevandet være fuldt opblandet over hele fjordens tværsnit og koncentrationsforholdene i større afstand vil derfor ikke være afhængig af, om der f.eks. vælges at anlægge diffusor eller ikke. Påvirkningen af de fjernere liggende dele af fjorden vil således afhænge af rensningen af spildevandet og ikke af udløbsarrangementet.

Man skal påpege, at spørgsmålet om påvirkningen af de fjernere dele af Limfjorden ligger uden for herværende undersøgelse og der henvises til den netop afsluttede Limfjordsundersøgelse [2].

Spildevandsmængderne er af Aalborg kommune opgjort til:

1. Ved fuld udbygning

Døgngennemsnit, tørvejr	120.000 m ³ /døgn ~ 1,4 m ³ /sec
Timegennemsnit, tørvejr	7.100 m ³ /time ~ 2,0 m ³ /sec

2. I udbygningsperioden

Døgngennemsnit, tørvejr	op til 85.000 m ³ /døgn ~ 1,0 m ³ /sec
-------------------------	--

Man er i det følgende gået ud fra disse tørvejrsværdier, idet det ikke skønnes rimeligt at inddrage regnvejrsværdier i vurderingen af recipientforholdene på grund af regnperiodernes ringe statistiske vægt. Regnværdierne skal til gengæld anvendes ved udløbsarrangementets hydrauliske dimensionering.

Man antager i almindelighed ved udledning af urensset spildevand, at koncentrationen af E-coli bakterier vil være ca. 10⁸ E-coli pr. 100 ml. Den projekterende for det planlagte renseanlæg, I. Kryger A/S, har oplyst, at man kan forvente en E-coli-koncentration på ca. 10⁶ E-coli pr. 100 ml efter den mekanisk-biologiske rensning.

Det almindelige badevandskvalitetskrav er, at man ikke må overskride 10³ E-coli pr. 100 ml i mere end 5% af tiden. Den nødvendige fortynding og inaktivering bliver herefter ved urensset spildevand ca. 10⁵ gange og ved mekanisk-biologisk rensning ca. 10³ gange.

Ved vurdering af hvilke krav der må stilles til fortynding m.v. fra den planlagte udledning, har man fra Aalborg kommunes side primært lagt vægt på den planlagte marina mellem "Norden" og Friluftsbadet og på selve Friluftsbadet. Hvorvidt badevandskvalitetskravet skal opfyldes beror på, hvilke beslutninger der tages af byråd og amtsråd i forbindelse med godkendelse af spildevandsplaner og recipientkvalitetsplaner samt eventuelt lokalplaner.

5. Strømforhold

Strømforholdene i Limfjorden ved "Norden" er under rolige vejrforhold domineret af tidevandsstrømmen. Tidevandsstrømmen skifter retning hver 6. time og opnår en maksimal styrke på det pågældende sted på ca. 0,4 m/s. Endvidere er tidevandsstrømmen overlejret af en nettostrøm, som dog er af mindre styrke. Langtidsmiddelværdien af denne nettostrøm angives i Limfjordsundersøgelsen til ca. 120 m³/s i østgående retning; dette svarer til en strømhastighed på 0,04 m/s. Nettostrømmen i østgående retning må imidlertid betragtes som et statistisk begreb. Man kan som et usædvanligt eksempel nævne, at nettostrømmen i marts, april og maj 1974 var vestgående med en vandføring på 215 m³/s.

Som et gennemsnit kan man antage, at strømhastigheden u regnet positiv i østgående retning kan skrives som

$$u = 0,4 \sin\left(\frac{2\pi}{12,42 \text{ time}} t\right) + 0,04 \quad [\text{m/s}] \quad (5.1)$$

hvor t er tiden målt i timer.

På grundlag heraf kan strømhastighedens tidsmæssige fordeling beregnes

- u < 0,2 m/s i 36% af tiden
- u < 0,1 m/s i 17% af tiden
- u < 0,05 m/s i 8% af tiden.

I forbindelse med de udførte sporstofmålinger har man udført strømmålinger og resultatet af disse er påført bilagene 3 til 9 incl. Man kan her bemærke, at de målte strømhastigheder er noget større end hvad man umiddelbart skulle forvente ud fra udtryk (5.1). Dette skyldes imidlertid at sporstofmålingerne fortrinsvis er udført ved vestlige vinde, hvor den østgående nettostrøm er noget større end den angivne langtidsmiddelværdi for hele året. Der er således ingen uoverensstemmelse med udtryk (5.1) og de udførte målinger. På baggrund af dette har man skønnet, at den gennemsnitlige strømhastighed i østgående retning, i den del af tidevandsperioden hvor strømmen er østgående, kan sættes til ca. 0,4 m/s. Denne værdi er derfor anvendt ved fortyndingsberegningerne.

6. Limfjordens kapacitet ved fuld opblanding

Det er oplyst fra Aalborg kommune, at den maksimale tørvejrsmængde ved fuld udbygning er ca. 120.000 m³ spildevand pr. døgn svarende til 1,4 m³/sec.

En øvre grænse for opblandingen fås såfremt man antager, at der er total opblanding og maksimal vandføring. Man får da en fortynding på

$$S = \frac{1100 + 120}{1,4} = 870 \text{ gange.}$$

Man kan heraf konkludere, at man i centrum af spildevandsfanen altid vil have en fortynding som er mindre end de 870 gange.

Hvis man sætter udledningen i relation til nettovandføringen i fjorden, kan man få et indtryk af fortyndingen af spildevandet i de fjernere liggende dele af fjorden. Den gennemsnitlige fortynding på grundlag af nettovandføringen bliver

$$S = \frac{120}{1,4} = 85 \text{ gange.}$$

7. Transporttid og bakteriel inaktivering

Spildevandets indhold af mikroorganismer reduceres hurtigt i fjorden. Man antager oftest at henfaldet sker eksponentielt med tiden og henfaldet karakteriseres ved T-90, som er den tid det tager for at 90% af bakterierne er døde. For vilkårlige tidsrum kan den bakterielle koncentration $c(t)$ bestemmes af

$$c(t) = c_0 10^{-(T-90)t} \quad (7.1)$$

c_0 er startkoncentrationen.

Isotopcentralen [3] angiver en gennemsnitlig værdi på T-90 = 1 time for E-coli ved Aalborg. Da en sådan bestemmelse altid vil være usikker og da man desuden i litteraturen har erfaring for at T-90 kan være større for rensed spildevand, har man fundet det rigtigst også at vurdere konsekvenserne af at T-90 kunne være henholdsvis 2 og 4 timer.

På bilag nr. 10 er angivet reduktionsfaktorerne for en række forskellige transporttider og transportlængder.

8. Udledning med diffusor

Da man med sikkerhed ved, at der ikke forekommer lodrette tæthedforskelle i fjorden kan det på forhånd udelukkes, at man kan opnå en indlejring af spildevandet under vandoverfladen i fjorden.

Ved dimensionering af diffusorer tilstræber man normalt at opnå en fortynding af spildevandet ved overfladen, som medfører at densitetsforskellen mellem havvand og fortyndet spildevand bliver mindre end $0,5 \text{ kp/m}^3$. Herved sikrer man sig, at det fortyndede spildevand let blander sig med recipientvandet, uden at der dannes en afgrænset "spildevandsflod" på overfladen, idet en sådan indlejring i overfladen er meget følsom for vindpåvirkning.

Spildevandets densitet skønnes til $1,0015 \cdot 10^3$.

Fjordvandets densitet ved en salinitet på 25 ‰ og temperatur på 12°C er $1,0190 \cdot 10^3 \text{ kp/m}^3$.

Den nødvendige fortynding bliver herefter

$$S = \frac{1,0190 - 1,0015}{1,0190 - 1,0185} = 35 \text{ gange}$$

I. Kryger A/S har hos Isotopcentralen, ATV, ladet udføre en EDB-beregning af diffusoren og man har desuden på laboratoriet selv foretaget nogle beregninger over diffusoren. Resultatet af disse beregninger er, at diffusorens minimumslængde er omkring 50 m, hvis den placeres på en vanddybde på fra 7 til 10 m.

En forudsætning for at man opnår den ønskede initialopblanding ved diffusoren er, at der over diffusoren strømmer en recipientvandmængde, som er noget større end udledningmængden multipliceret med fortyndingen. Ved en diffusorlængde på 50 m må man derfor skønne, at strømhastigheden i fjorden skal være mindst ca. $0,2 \text{ m/sec}$ for at fjerne det opblandede spildevand og dette er ikke opfyldt i omkring 36% af tiden. Med en diffusorlængde på 100 m vil kravet til strømhastigheden være, at denne mindst er $0,1 \text{ m/sec}$, hvilket ikke er tilfældet i ca. 17% af tiden. Det er i det ovenstående forudsat, at diffusoren er placeret vinkelret på strømrretningen.

Da fjordens bredde er ca. 400 m kan man næppe forestille sig en diffusor længere end 100 m. Man kan derfor se, at en diffusor ikke vil kunne sikre en tilstrækkelig initialopblanding under alle omstændigheder, men at man i 17-36% af tiden ikke kan opfylde kravet om at densitetsforskellen mellem fortyndet spildevand ved overfladen og fjordvandet skal være mindre end $0,5 \text{ kp/m}^3$.

9. Udledning uden diffusor

Den simpleste form for udledningsbygværk vil være at indsnævre udløbsledningen til f.eks. 50% af ledningens tværsnitsareal. Initialopblandingen vil på 8 m's vanddybde give en fortynding på $S = 7$ gange og på 10 m's vanddybde fås $S = 9$ gange. Energitabet ved en sådan udledning vil ligesom med en diffusor bestå af henholdsvis et hydrostatisk energitab på grund af densitetsforskellen mellem spildevand og fjordvand og et enkelttab af størrelsesordenen 1-1,5 gang hastighedshøjden i udløbsåbningen.

Det hydrostatiske energitab vil ved en udledning på 10 m's dybde være:

$$\Delta H = 10 \text{ m} \frac{1,0190 - 1,0015}{1,0190} = 0,18 \text{ m}$$

En fortynding på f.eks. 7 gange vil være så lille at man må forvente, at det fortyndede spildevand indlejres i overfladen. Spildevandspletens bredde umiddelbart ved udløbet kan ved forskellige strømhastigheder beregnes til

Strømhastighed	Bredde
m/sec	m
0,03	250
0,05	55
0,07	20
0,010	7

Disse resultater er som nævnt teoretiske og baseret på litteraturhenvisningen [4]. Erfaringen viser, at sådanne indlejrede "spildevandsfloder" er meget følsomme over for vindpåvirkning og man må forvente, at f.eks. pålandsvind vil presse denne ind langs kysten. Endvidere vil en sådan "flod" vanskeligere indblandes i fjordvandet end hvis der var tale om vand med ens densitet.

Der findes ingen entydige teorier på nuværende tidspunkt til beskrivelse af denne "spildevandsflods" udbredelse og fortynding. Endvidere kan man normalt ikke undersøge problemet ved feltmålinger, medmindre man har mulighed for at udlede en ferskvandsmængde af samme størrelse som den planlagte udledning.

10. Beregning af spildevandskoncentrationerne i Limfjorden

Ved beregning af koncentrationsforholdene i fjorden ved de forskellige ledningsplaceringer og udløbsbygværker tager man udgangspunkt i det allerede omtalte diffusionsudtryk (3.1). For udledning uden diffusor kan udtrykket anvendes direkte og med diffusor beregnes koncentrationsfordelingen ved at underinddele diffusoren i en række punktudledninger, hvorefter koncentrationerne herfra superponeres. Man har endvidere ved beregningerne taget hensyn til at diffusionen i lodret retning begrænses af vanddybden, hvorimod fjordens begrænsede bredde ikke er medregnet, da dette ikke skønnes af væsentlig betydning.

På bilag nr. 9 er angivet hvorledes koncentrationsfordelingen i spildevandsfanen skønnes at blive uden diffusor, med 50 m diffusor og med 100 m diffusor. De angivne tabeller kan umiddelbart anvendes til beregning af koncentrationsfordelingen ved andre udledningmængder og strømhastigheder, idet man kan antage, at i et givet punkt vil koncentrationen være proportional med udledningmængden og omvendt proportional med strømhastigheden.

Hvis man f.eks. på bilag nr. 9 tabel 2 aflæser, at i afstanden 800 m nedstrøms for diffusoren og 25 m fra fanens symmetrilinie har spildevandet en koncentration på $4,6 \cdot 10^{-3}$ ved en udledning på $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ og ved en strømhastighed på $0,4 \text{ m}/\text{sec}$, kan man for en udledning på $1,4 \text{ m}^3/\text{sec}$ ved strømhastigheden $0,15 \text{ m}/\text{sec}$ bestemme koncentrationen til

$$c = 4,6 \cdot 10^{-3} \frac{1,4}{2,0} \frac{0,4}{0,15} = 8,6 \cdot 10^{-3}.$$

11. Vurderinger af udløbsarrangementets placering og udformning

Man skal i det følgende tage udgangspunkt i badevandskvalitetskravet, idet en vurdering af E-coliniveauet i recipienten på kritiske lokaliteter trods alt må anses for at være den mest relevante parameter ved en vurdering af udløbets placering og udformning.

Som det er omtalt i afsnit 6, om konsekvenserne ved fuld opblanding over hele fjordens tværsnit, er dette ikke en ønskelig situation. Tværtimod må det tilstræbes at få lagt spildevandsfanen i fjorden så langt ud, at den først efter passende lang transporttid kommer i berøring med kysten. Målsætningen er altså en "horizontal indlejring".

Med henblik på at opnå den bedst mulige horizontale indlejring, vil et udløb uden diffusor naturligvis være bedst egnet såfremt man ikke kunne forvente, at vinden ville påvirke spildevandsfanen. Man har vind fra den kritiske sektor i omkring 55% af tiden og da strømmen er østgående i 60% af tiden ved disse vindretninger, vil der være mulighed for høje E-colikoncentrationer i 30-35% af tiden for punkter ved kysten øst for udløbet. Det må skønnes, at det udsatte område vil være en strækning på op til 2000 m på begge sider af udløbet og det må antages, at badevandskvalitetskravet ikke kan opfyldes.

Såfremt man vælger at anlægge en diffusor, er det væsentligt at få lagt denne så langt ud fra kysten, at spildevandsfanen ikke berører kysten. Med henvisning til bilag nr. 9 og nr. 11 ses at diffusorens inderste punkt helst skal placeres på 6-8 m's vanddybde og det må frarådes at lade diffusoren begynde tættere ved kysten.

Ved udledning med diffusor er man, som tidligere nævnt, i den situation, at der vil være perioder med små strømhastigheder, hvor den ønskede initialopblanding ikke er mulig. Dette vil give anledning til en vindpåvirket spildevandsfane. Med de tidligere omtalte vinde og strømhypigheder vil der være mulighed for at spildevand af vinden føres mod kysten i ca. 20% af tiden ved en 50 m diffusor og ca. 10% af tiden med en 100 m diffusor. For det konkrete punkt på kysten skal disse hypigheder halveres da tidevandet fører fjordvandet i modsat retning i ca. halvdelen af tiden. Man skal her være opmærksom på, at den kyststrækning, som vil blive berørt, vil blive kortere end i tilfældet uden diffusor, da de små strømhastigheder giver større transporttid til de enkelte punkter og dermed større inaktivering af E-coli.

Man kan herefter sammenfatte, at for en 50 m diffusor, hvis inderste punkt er beliggende på 6-8 m's vanddybde, vil der være risiko for at overskride 1000 E-coli ved kysten i op til 10% af tiden inden for en afstand af 500 m fra udledningen. Med forbehold for de mange usikkerhedsmomenter der ligger i disse vurderinger, mener man desuden at ovennævnte risiko formentlig er overvurderet og det må skønnes, at der er en rimelig sandsynlighed for at badevandskvalitetskravet trods alt vil kunne opfyldes.

Om diffusoren på 100 m kan man sammenfatte, at risikoen for overskridelse af 1000 E-coli pr. 100 ml er begrænset til ca. 5% af tiden og man må derfor antage, at badevandskvalitetskravet kan overholdes.

Hvad angår vurderingen af de 3 forskellige placeringsmuligheder skal man bemærke, at der ikke er grund til at antage, at der er større forskel på de hydrauliske forhold på disse steder, hvorfor de ovennævnte konklusioner må antages at gælde uændret for de 3 placeringer.

Ved en samlet vurdering af udløbsledningens placering må også indgå andre spørgsmål end blot forureningsmæssige forhold. Man skal her pege på besejlingsforholdene i fjorden med særlig henblik på, at et eventuelt skibsanker kan beskadige udløbsarrangementet. Hvad angår de driftsmæssige forhold er det også væsentligt at udløbsledningen får den fornødne selvrensning samt at sedimentter ikke trænger ind i ledningen gennem diffusorportene. Såfremt man ikke giver badevandskvaliteten i området en væsentlig højere prioritet end i dag, må en løsning med en 50 m diffusor skønnes at være rimelig.

Såfremt man skulle ønske at give badevandskvaliteten i området en høj prioritet, vil det formentlig være nødvendigt at reducere E-coliindholdet i spildevandet inden udledning i fjorden.

12. Forholdene i udbygningsperioden

I udbygningsperioden vil spildevandsmængden være i størrelsesordenen 10-50% af den endelige mængde, men der vil være tale om urensset spildevand.

Man skal her pege på, at det urensede spildevand kan give æstetiske- og lugtmæssige virkninger ud over de hygiejniske konsekvenser. Dette modvirkes imidlertid af de reducerede mængder. De reducerede mængder medfører for det første en større initialfortynding i opstigningsfasen og dernæst reduceres den tid, hvor diffusorens virkning er nedsat på grund af for små strømhastigheder i fjorden.

Under de nuværende forhold giver det eksisterende udløb umiddelbart vest for jernbanebroen formentlig anledning til meget ringe vandkvalitet i fjorden ved roklubberne, ved Vestre Bådehavn og ved Friluftsbadet og tilsvarende i østlig retning. Fjernelse af dette udløb og etablering af et nyt udløb med ovennævnte mængder urensset spildevand ved "Norden" skønnes at medføre en væsentlig forbedring af forholdene på de nævnte steder, såfremt det nye udløb føres ud til 6-8 m's vanddybde.

Ved udledning uden diffusor vil der givetvis blive både æstetiske og lugtmæssige virkninger i udløbets umiddelbare nærhed. Såfremt der eksempelvis etableres en 50 m diffusor vil disse problemer formentlig blive forsvindende og tilbage bliver kun de hygiejniske forhold.

Man kan altså konkludere, at såfremt de æstetiske og lugtmæssige forhold har høj prioritet vil en diffusor være til størst nytte i udbygningsperioden.

Man kunne eventuelt forestille sig en kompromisløsning, hvor man i udbygningsperioden havde en 25-30 m diffusor på 7-8 m's vanddybde, som opfyldte kravene om initialfortyndingen. Ved den endelige udbygning og etablering af rensning af spildevandet blev denne diffusor forsynet med flere eller større porte for at kunne klare den forøgede hydrauliske belastning. En sådan løsning skønnes at være tilfredsstillende i æstetisk og lugtmæssig henseende både i udbygningsperioden og senere, medens de hygiejniske forhold (badevandskvaliteten) vil være mindre tilfredsstillende i den endelige udbygning.

13. Litteratur

- [1] Cederwall, Klas (1968):
"Hydraulics of marine waste water disposal"
Report no 42 January 1968
Hydraulics Division, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

- [2] Limfjordskomiteen (1976):
"Limfjordsundersøgelsen 1973-75"

- [3] Isotopcentralen (1970):
"Recipientundersøgelse i Limfjorden"

- [4] Larsen, Jan og Sørensen, Torben (1968):
"Buoyancy spread of waste water in coastal waters"
Proc. 11. conf. on Coastal Engineering, London 1968

- [5] Abraham, G. og Brolsma, A.A. (1965):
"Diffusers for Disposal of Sewage in Shallow Tidal Water"
Delft Hydraulic Laboratory, Publication no 37

- [6] Sterregaard, B. (1973):
"Ocean Outfalls"
WHO Training course on coastal pollution control,
København 1973

- [7] Bonde, G.J. (1976):
"Badevandskriteriet, Du danskes vej til ros og magt"
Stads- og havneingeniøren 3, 1976



INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

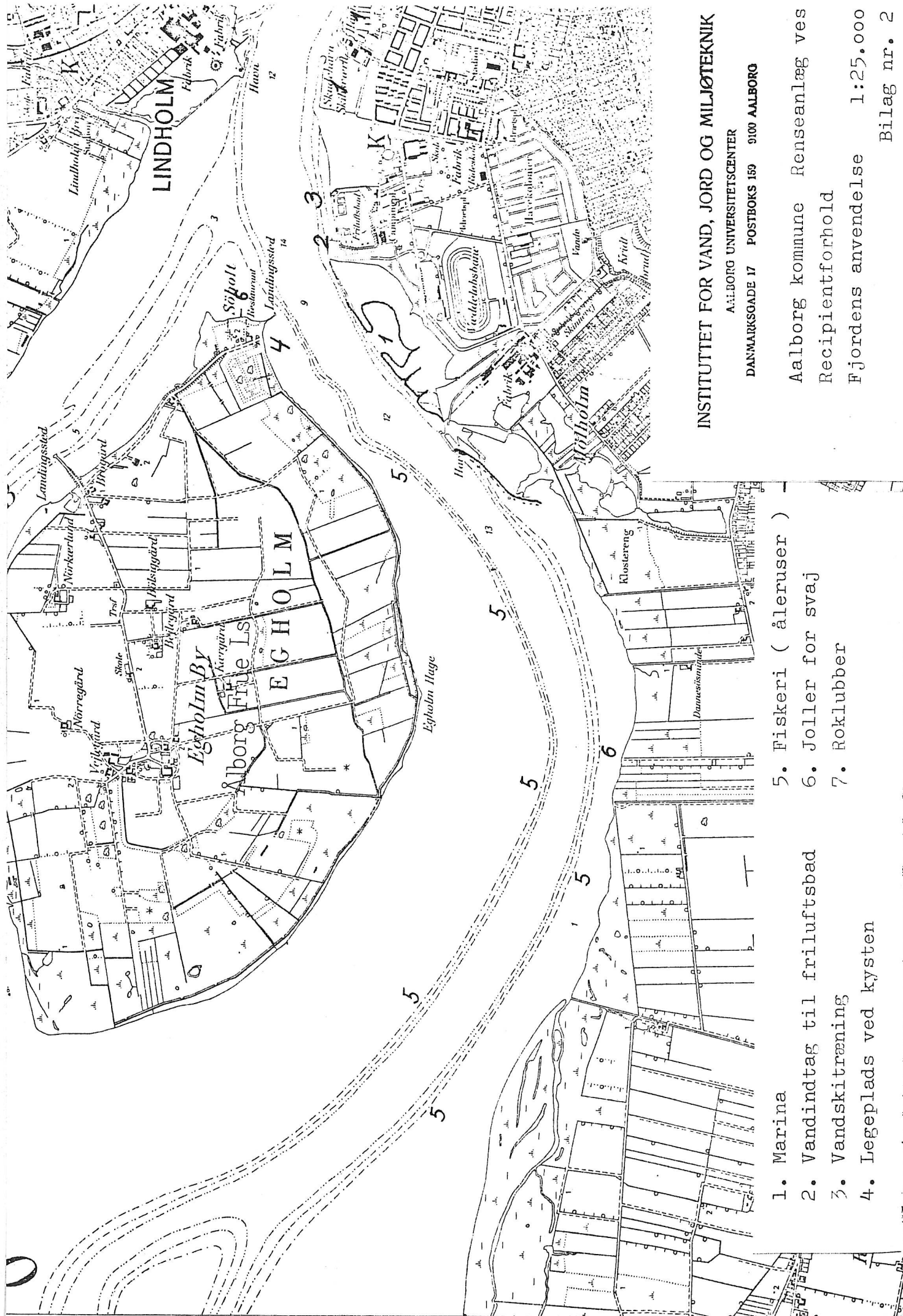
AALBORG UNIVERSITETSCENTER

DANMARKSGADE 17 POSTBOKS 180 9100 AALBORG

Aalborg kommune Renseanlæg vest

Recipientforhold

Oversigt 1:25.000 Bilag nr. 1.



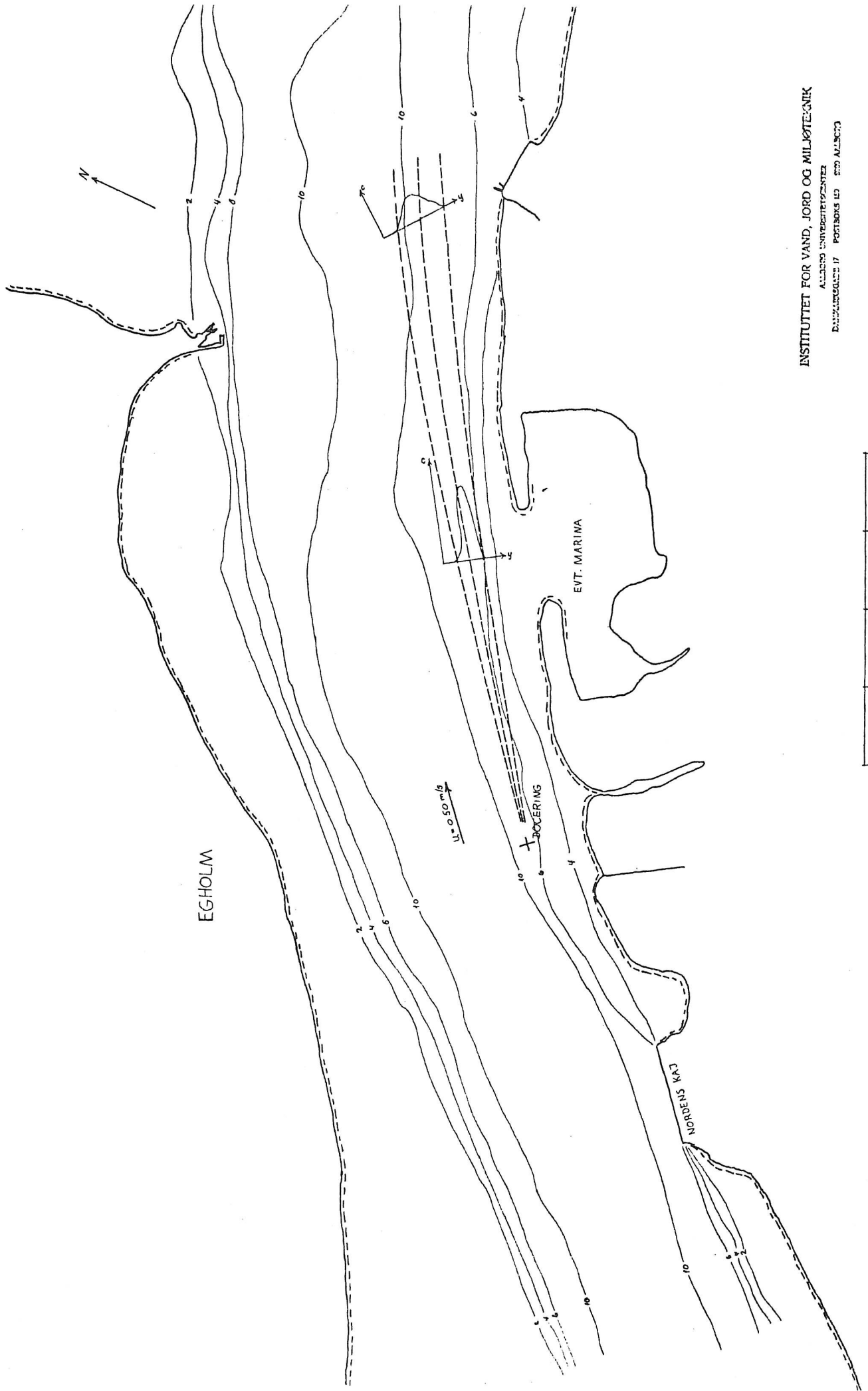
INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

AALBORG UNIVERSITETSCENTER

DANMARKSGADE 17 POSTBOKS 159 9100 AALBORG

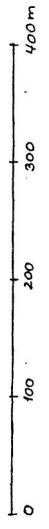
Aalborg kommune Renseanlæg ves
 Recipientforhold
 Fjordens anvendelse 1:25.000
 Bilag nr. 2

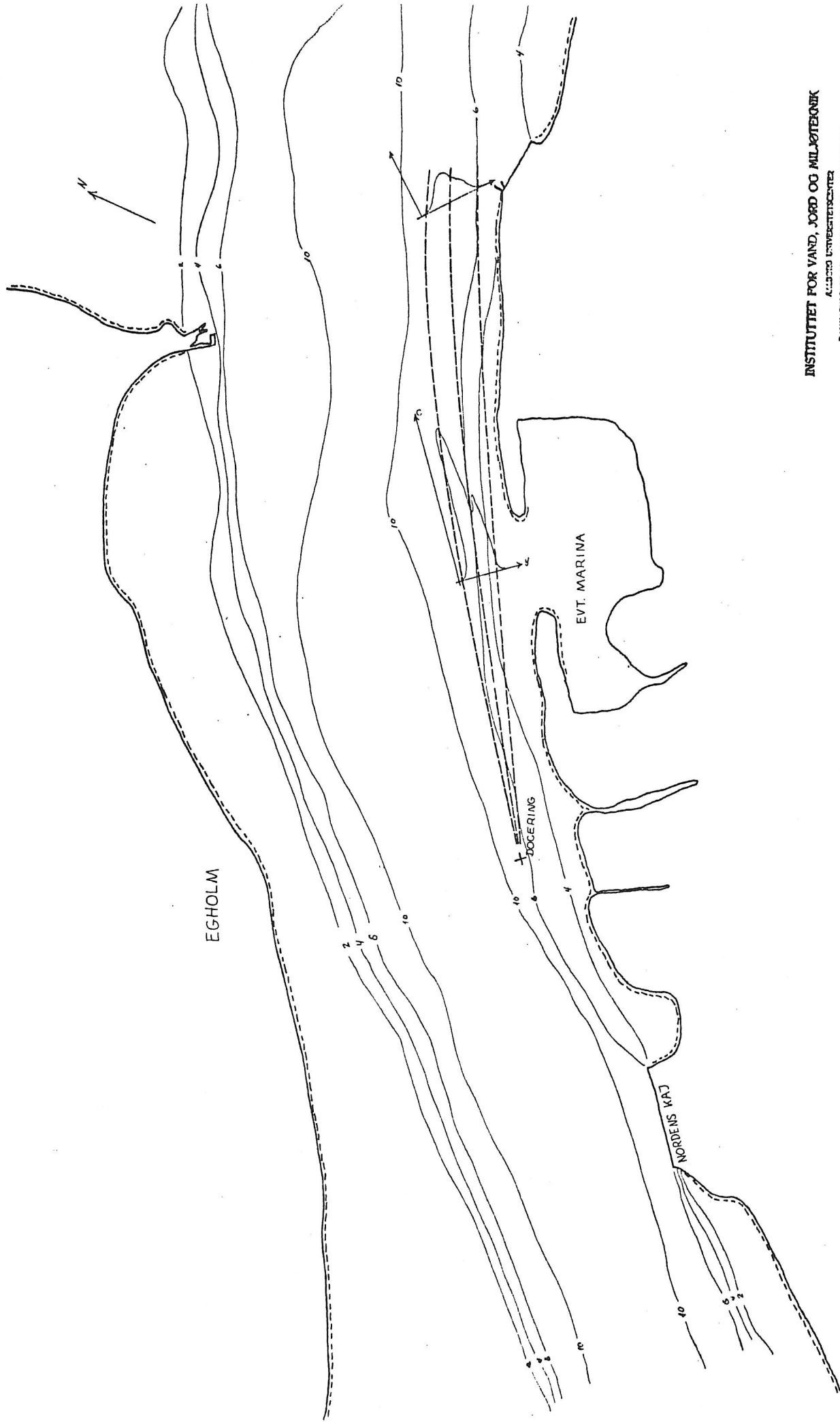
- 1. Marina
- 2. Vandindtag til friluftsbad
- 3. Vandskitræning
- 4. Legeplads ved kysten
- 5. Fiskeri (åleruser)
- 6. Joller for svaj
- 7. Roklubber



INSTITUTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
 AALBORG UNIVERSITETSCENTER
 DR. J. H. HANSEN 17 POSTBOKS 157 8000 AALBORG

AALBORG KOMMUNE RENSEANLÆG VEST
 SPORSTOFDOCERING 15.4.77 KL 1400
 VIND W 6 m/s BILAG NR 3.

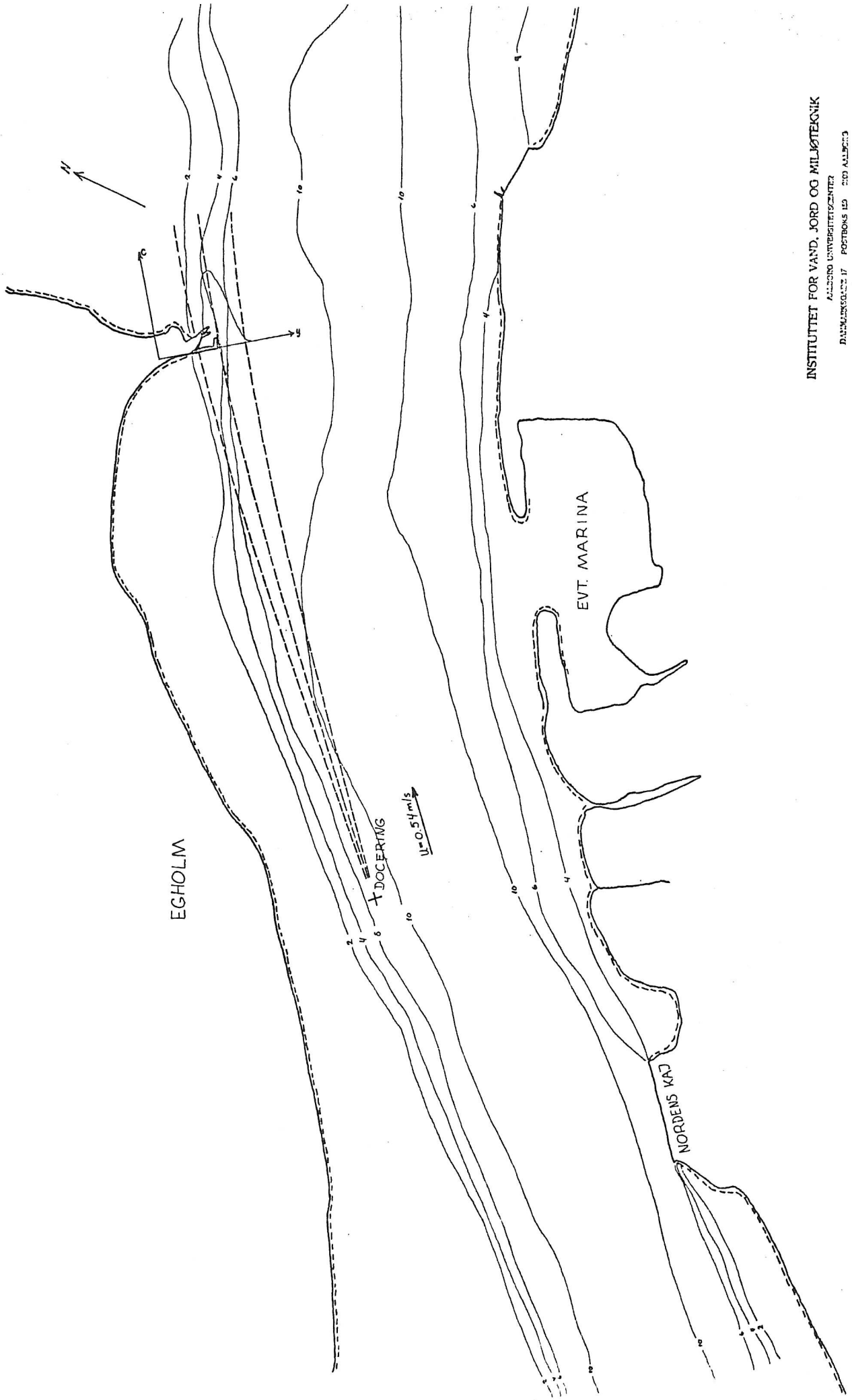




INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
 AALBORG UNIVERSITETSCENTER
 DANMARKSGADE 17 POSTBOKS 110 8000 AALBORG

AALBORG KOMMUNE RENSEANLÆG VEST
 SPORSTOFDOCERING 26.4.77 KL 10.30
 VIND WIN W 5 m/s

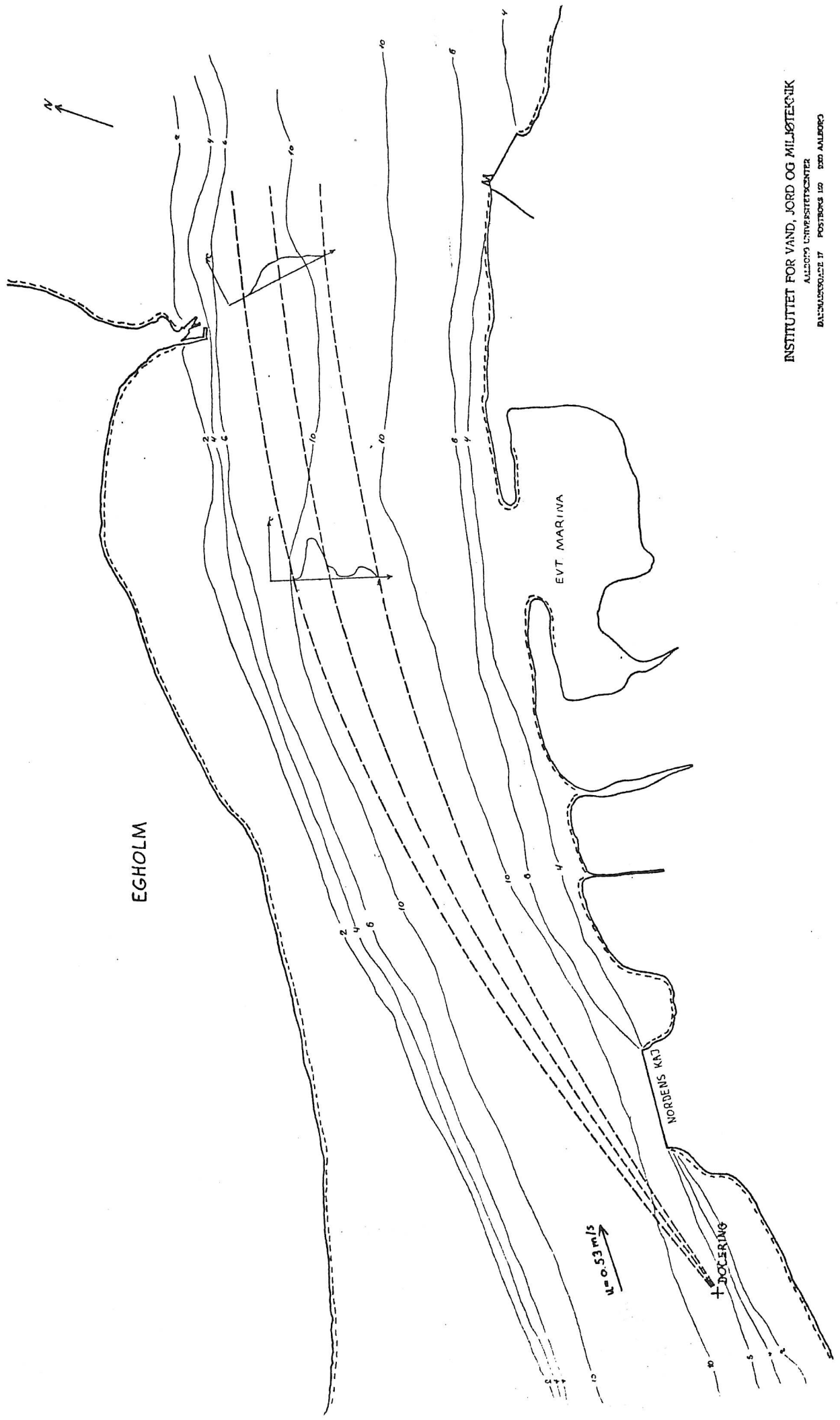
BILAG NR 4



INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
 AALBORG UNIVERSITETSCENTER
 DRUMMINGSGADE 17 POSTBOKS 110 8000 AALBORG

AALBORG KOMMUNE RENSEANLÆG VEST
 SPORSTOFDOERING 264.77 KL. 11.15
 VIND VNW 5 m/s

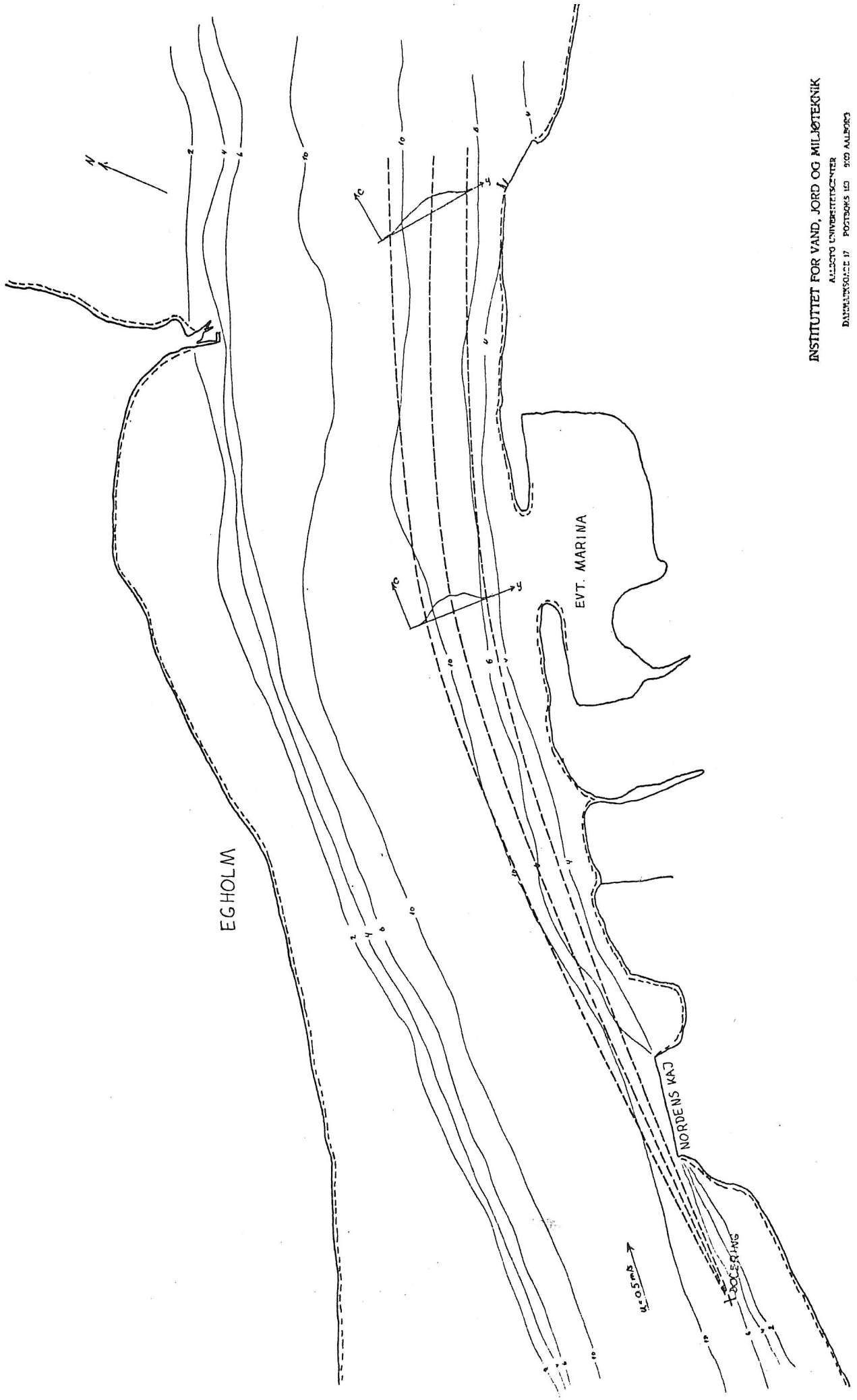
BILAG NR 5



INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
 AALBORG UNIVERSITETSCENTER
 DALMANSBOGADE 17 POSTBOKS 102 8000 AALBORG

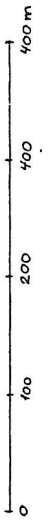


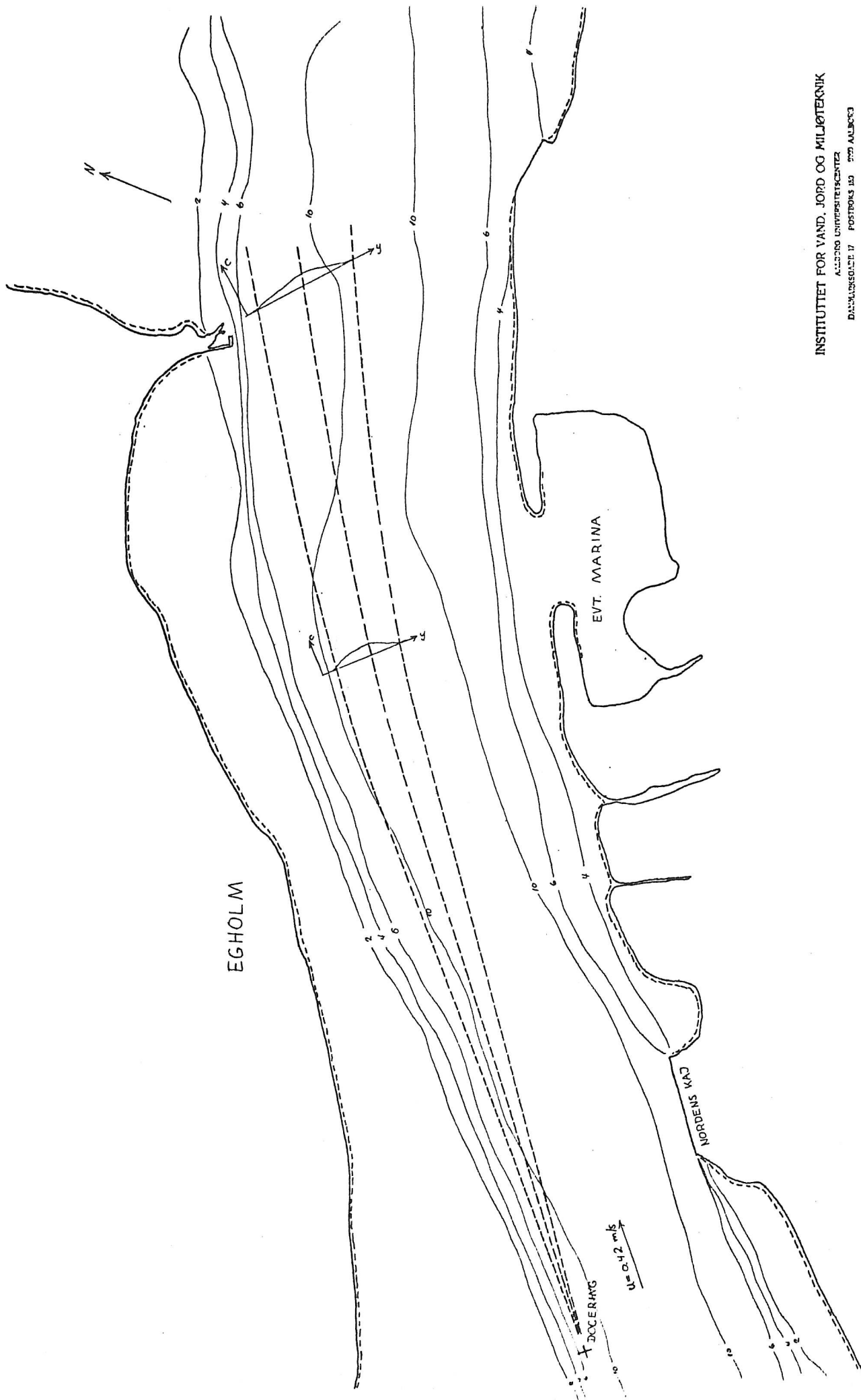
AALBORG KOMMUNE RENSEANLÆG VEST
 SPORSTOFDOCERING 2.5.77 KL 13.50
 VIND NW 0-2 m/s BILAG NR 6



INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
 AALBORG UNIVERSITETSCENTRET
 DANMARKSDREJEST 17 POSTBOKS 150 9100 AALBORG

AALBORG KOMMUNE RENSEANLÆG VEST
 SPORSTOFDOCCERING 11.5.77 KL 10.30
 VIND W 6 m/s BILAG NR 7





Overfladekoncentrationer i fjorden nedstrøms for udledningspunkt.

Forudsætninger:

- Q = 2,0 m³/sec spildevandsmængden
 u = 0,4 m/sec strømhastighed i fjorden
 E_y = 0,1 m²/sec horizontal diffusionskoefficient
 E_z = 0,005 m²/sec vertikal diffusionskoefficient
 h = 8 m vanddybden
 x afstand fra udledning til strømretning
 y afstand vinkelret på strømretning fra midte af diffusor

Tabellerne angiver fortyndingen af spildevandet. Inaktivering er ikke medregnet.

Uden diffusor

x m	y m				
	0	25	50	100	
200	36	1,6	0,000	0,000	faktor 10 ⁻³
400	18	3,7	0,03	0,000	
800	8,9	4,1	0,39	0,000	
1600	4,8	3,3	1,0	0,010	

50 m diffusor

x m	y m				
	0	25	50	100	
200	18	9,8	0,15	0,00	faktor 10 ⁻³
400	12	6,8	0,58	0,00	
800	7,2	4,6	1,0	0,001	
1600	4,4	3,3	1,3	0,030	

100 m diffusor

x m	y m				
	0	25	50	100	
200	9,1	9,1	5,4	0,000	faktor 10 ⁻³
400	6,4	6,3	3,7	0,002	
800	4,5	4,2	2,5	0,0039	
1600	3,2	2,9	1,9	0,16	

Inaktivering af E-coli

Inaktivering af E-coli antages at ske eksponentielt.

I tabellerne er angivet reduktionsfaktorerne ved forskellige transport-tider og inaktiveringskonstanter

u strømhastigheden i fjorden

x transportlængden

t transporttiden

T_{90} den tid der kræves for at 90% af bakterierne dør.

u = 0,4 m/s

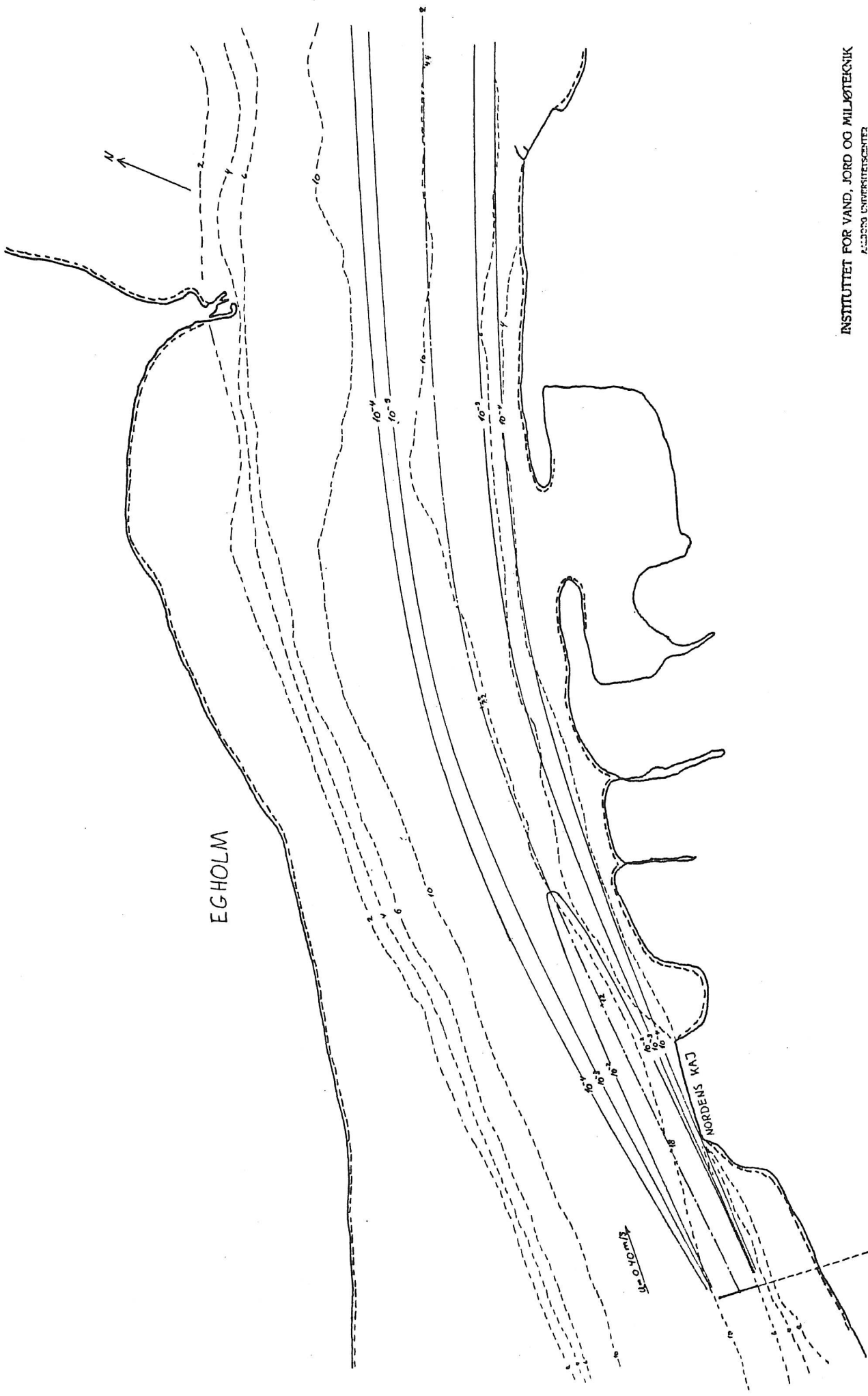
x m	t sec	$T_{90} = 1$ time	$T_{90} = 2$ timer	$T_{90} = 4$ timer
200	500	0,72	0,85	0,92
400	1000	0,53	0,73	0,85
800	2000	0,28	0,53	0,73
1600	4000	0,077	0,28	0,53

u = 0,2 m/s

x m	t sec	$T_{90} = 1$ time	$T_{90} = 2$ timer	$T_{90} = 4$ timer
200	1000	0,53	0,73	0,85
400	2000	0,28	0,53	0,73
800	4000	0,077	0,28	0,53
1600	8000	0,0060	0,077	0,28

u = 0,1 m/s

x m	t sec	$T_{90} = 1$ time	$T_{90} = 2$ timer	$T_{90} = 4$ timer
200	2000	0,28	0,53	0,73
400	4000	0,077	0,28	0,53
800	8000	0,0060	0,077	0,28
1600	16000	0,000036	0,0060	0,077



INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
 AALBORG UNIVERSITETSCENTER
 DRUMMANGSVEJ 17 POSTBOKS 102 8000 AALBORG

AALBORG KOMMUNE REUSEANLÆG VEST
 50 M DIFFUSOR OVERFLADEKONCENTRATIONER
 $u = 0.40 \text{ m/s}$ PÅLANDSVIND **BILAG NR 11**

