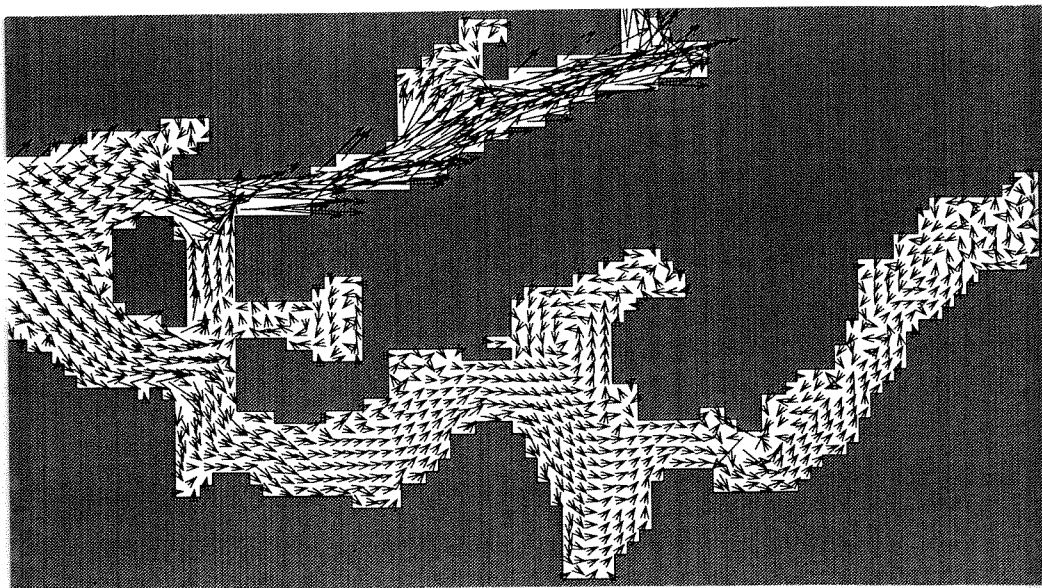


O-95178

# Skien vannverk - kildegodkjenning

Simulering av strøm og  
spredning av bakterier i Fjærekilen



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-95178	Undernr.:
Løpenr.: 3309	Begr. distrib.:

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Skien vannverk - kildegodkjenning. Simulering av strøm og spredning av bakterier i Fjærekilen.	Dato: 01.09.95	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Vassdrag	
Forfatter(e): Torulv Tjomsland	Geografisk område: Telemark	
	Antall sider: 99	Opplag:

Oppdragsgiver: Skien kommune	Oppdragsg. ref.:
---------------------------------	------------------

Ekstrakt: Hensikten var å gi en vurdering av hvordan bakterier tilført Fjærekilen, som ligger i sør-enden av Norsjø, påvirker vannuttaket til Skiens vannverk i Steinsvika. Vurderingen er gitt på grunnlag av simuleringer med matematiske modeller. Vannverkets uttak på 50 m's dyp i Steinsvika vil normalt bli ubetydelig påvirket av bakterier fra vannmassene i Norsjø og fra Fjærekilens indre deler. Ved spesielle vind og strømforhold kan det tenkes at bakterier fra Norsjø og fra Fjærkilens nordlige strender kan påvirke vannuttaket. Norsk Hydros vannuttak har trolig neglisjerbar effekt på vannkvaliteten i drikkevannsuttaget.
--

4 emneord, norske

1. Telemark
2. Norsjø
3. Strøm
4. Bakterier

4 emneord, engelske

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder

Torulv Tjomsland

For administrasjonen

Tor Traaen

ISBN82-577-2830-6

Norsk institutt for vannforskning

**O-95178**

**Skien vannverk - kildegodkjenning**

**Simulering av strøm og spredning av bakterier i  
Fjærekilen**

Oslo, 1. september 1995

Prosjektleder: Torulv Tjomsland

## INNHold

1. Sammendrag og konklusjoner .....	3
2. Innledning.....	5
Bakgrunn.....	5
Spørsmål/mål for modellering .....	5
Metode .....	5
3. Simuleringsresultater.....	6
Vind mot sør-øst .....	6
Vind mot nord-vest .....	6
Vind mot nord-øst og mot sør-vest .....	7
Vindstille.....	7
4. Diskusjon.....	8
Hvilke utslipp påvirker vannverksuttaket mest.....	8
Transporttider .....	8
Effekter av vannuttak .....	9
5. Referanser.....	10
VEDLEGG .....	11



# 1. Sammendrag og konklusjoner

Skien vannverk har vannuttak i Steinsvika på 50 m's dyp. Steinsvika ligger i Fjærekilen lengst sør i Norsjø (fig. 1). Dette arbeidet er et bidrag til søknad om kildegodkjenning av vannuttaket. Man ønsket en generell "kartlegging" av strømforhold og en vurdering av faren for bakteriell forurensning av råvannet. Det var spesielt interessant å vurdere i hvilken grad koliforme bakterier fra vannmassene i Norsjø ved Kjeøya og fra overflatelaget innerst i Fjærekilen kan påvirke vannverksuttaket i Steinsvika.

Ved bruk av matematiske modeller ble det simulert karakteristiske strøm- og spredningsforløp.

Med vind mot sør-øst, dvs. i innsjøens lengderetning, var det typisk med overflatestrøm i vindretningen eller noe til høyre for denne og en returstrøm i dypereliggende lag. Under vindstille forhold var det en utpreget inngående strøm (mot nord-øst) i søndre og midtre del, og utgående strøm langs nordlige deler. Ved alle simuleringene ble Steinsvika liggende i en bakevje i forhold til hovedstrømmen ut og inn av Fjærekilen.

I følge simuleringene vil bakterier fra vannmassene i Norsjø og fra overflatelaget innerst i Fjærekilen dø ut før de når vannverksuttaket i Steinsvika. Tar vi hensyn til usikkerhet i simuleringsresultatene og at spesielle vindforhold kan føre til at bakterier som når overflatevannet i Steinsvika også er i stand til å trenge ned til bunnen, vil uttaksvannet være mest utsatt for påvirkning av Norsjøvann, f.eks. fortennet/reduisert til 1/100.

Overflateutslipp i Fjærekilens indre og sørlige strender vil trolig ha neglisjerbar innvirkning på vannverksuttaket. Utslipp langs Fjærekilens nordlige strender, samt i Steinsvika, bør i større grad forventes å ha negativ innvirkning.

Norsk Hydros vannuttak ved Skjeldbred i Fjærekilens midtre del har trolig neglisjerbar innvirkning på vannkvaliteten til drikkevannsutttaket.

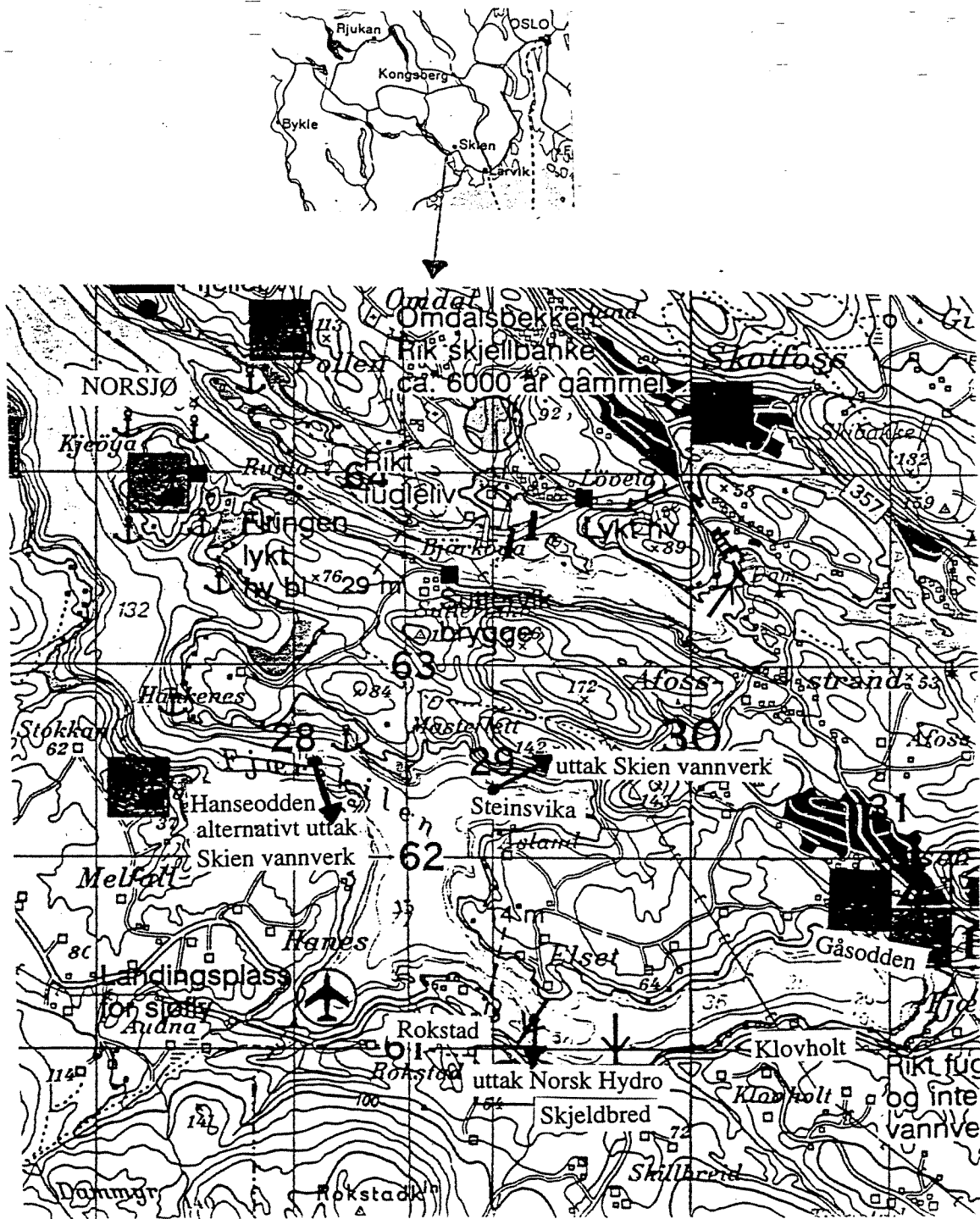


Fig. 1 Oversiktskart.

## 2. Innledning

Rapporten er utført ved Norsk institutt for vannforskning etter oppdrag fra Skien kommune. Arbeidets omfang og bestilling ble formulert av ingeniør Vidar Tveiten i brev av 2. august 1995. Hovedpunktene i dette brevet er gjengitt nedenfor.

### Bakgrunn

Skien kommune har vedtatt at Norsjø skal være fremtidig vannkilde for Skiens vannverk. Dette arbeidet er et bidrag til søknad om kildegodkjenning for Skien vannverk. Eksisterende råvannsinntak ligger i Steinsvika i Fjærekilen på 50 m's dyp. En eventuell flytting ut i Fjærekilens hovedstrøm ved Hanseodden på 90-100 m's dyp har vært vurdert, men anses for lite sannsynlig.

Strømningsforholdene i Fjærekilen anses for å ha stor betydning for vurdering av nødvendige tiltak i det lokale tilsigsområdet.

### Spørsmål/mål for modellering

- Generell "kartlegging" av strømforhold ved ulike vindforhold og årstider. Sammenlikne med observerte strømmer.
- Bakteriologisk forurensning som kommer med hovedvannmassen fra Norsjø ved Kjeøya. Vil den nå vannuttaket i Steinsvika? Hvor lang oppholdstid?
- Bakteriologisk forurensning fra indre del, Klovholt og Gåsodden. Kun overflateutslipp, vil disse nå vannuttaket i Steinsvika? Hvor lang oppholdstid?
- Konsekvens ved reduksjon av Norsk Hydros vannuttak i Fjærekilen ved Skjeldbred som er på maksimum 15 m<sup>3</sup>/s og tas fra 50 m's dyp.

### Metode

Vurderingene er gitt på grunnlag av simulerte strøm- og spredningsstudier for karakteristiske situasjoner.

Strømforholdene ble modellert ved en matematisk strømningsmodell (Simons 1973, Tjomsland 1978). I denne modellen blir innsjøen delt inn i celler. For hver celle blir horisontal og vertikal strømhastighet samt temperatur skrittvis beregnet fremover i tid med et gitt tidsintervall. De drivende krefter er vind og vannføring i elvene. Når bevegelsen er kommet i gang blir den påvirket av innsjøens form, friksjon mot bunnen, temperaturforhold og jordrotasjonen.

Spredning av stoff ble simulert ved en matematisk spredningsmodell som utnytter strømningsmodellens resultater. Modellen beregner spredningsforløpet skrittvis fremover i tid. Stoffet spres ved transport av strømrretningen (advektiv transport), ved turbulente virvler (diffusiv transport) og kan sedimentere eller ha en konstant svinrate/decay/dødsrate som f.eks. bakterier.

### 3. Simuleringsresultater

Det ble utført modellering for de sannsynligvis mest hyppig forekommende vindretninger, dvs. i Norsjø's lengderetning, mot nord-vest og mot sør-vest. Simuleringene ble utført med og uten temperatursjiktning (sprangsjikt) i innsjøen. I tillegg ble det utført simuleringer med vindretning vinkelrett på den antatte hovedretningen samt for vindstille forhold. Strømkartene er et resultat av 10 timer med konstant vind eller 4 døgn uten vind. Resultatene representerer i rimelig grad strømforhold som er i likevekt med vindpåvirkningen.

For å studere hvordan bakterier i hovedvannmassene i Norsjø trenger inn i Fjærekilen, ble konsentrasjonen fra overflaten til bunnen ved Kjeøya hele tiden antatt å være på 1000 koliforme bakterier pr. liter (dvs. 100 bakt/100 ml). Tilsvarende fikk overflatelaget innerst i Fjærekilen samme verdi. Disse konsentrasjonene er ikke ment å representere reelle situasjoner. De har til hensikt å synliggjøre spredningsforløpet og hvordan konsentrasjonene reduseres med transportavstand. Reduksjon fra 1000 til henholdsvis 100, 50, 10 og 1 på konsentrasjonskartene tilsvarer en fortynningsgrad/reduksjonsgrad på henholdsvis 10, 20, 100 og 1000 ganger. Konsentrasjonskartene representerer situasjoner hvor konsentrasjonene i rimelig grad er konstante og i likevekt med spredningsforløp og bakterienes dødsrate.

Resultatene blir presentert med en oppløsning tilsvarende celler som i horisontalplanet er på 67 m x 67 m og i dybderetningen delt av nivåflater på 5, 20 og 40 m's dyp.

#### Vind mot sør-øst

Ved vind i innsjøens lengderetning mot sør-øst strømmet vannet overveiende innover i Fjærekilen i overflatelaget (0-5 m) og utover med mindre fart på større dyp (fig. 2, 3 og 4). Strømretningene ble i liten grad endret ved avtagende vindstyrke (fig. 2 og fig. 3), kun hastighetene. Simuleringen uten sprangsjikt og konstant temperatur i hele innsjøen (fig. 4) viste større avbøyende strømretning til høyre for vindretningen og en tendens til at de vertikale strømmene langs land gikk fra overflaten og helt ned til bunnen langs bredder med pålandsstrøm, og fra bunn til overflaten langs bredder med fralandsstrøm (fig. 4). Ved et velutviklet sprangsjikt (fig. 2 og 3) var dette i mindre grad fremtredende.

Bakterier fra vannmassene i Norsjø ble ved vind på 3 m/s redusert mellom 20-100 ganger ved transport til **overflaten** ved vannverksinntaket i Steinsvika. Vindhastighet på 0.5 m/s ga en reduksjon på mellom 100-1000 ganger (fig. 3). Uten sprangsjikt var de simulerte konsentrasjonene i Steinsvika neglisjerbare. Bakteriene ble da i mindre grad transportert i Fjærekilens lengderetning og i stor utstrekning også transportert nedover i vannmassene, hvor strømhastighetene var langt mindre enn i overflaten, slik at de i stor grad døde før de nådde Steinsvika. Bakterier fra områdene innerst i Fjærekilen hadde neglisjerbar påvirkning på vannet i Steinsvika. I området ved vannverksinntaket på 50 m's dyp ble alle simulerte konsentrasjoner under 1 pr. liter, dvs. tilsvarende en reduksjon på over 1000 ganger.

#### Vind mot nord-vest

Ved et sprangsjikt typisk for juli strømmet vannet i overflaten utover Fjærekilen og innover i de dypere vannmassene (fig. 5). Uten sprangsjiktet, hvilken kan inntreffe vår og høst, ble hastighetene i større grad rettet mot strendene i nord og sør, med tilhørende nedover- og oppoverstrømmer der (fig. 6).

Bakterier fra hovedvannmassene i Norsjø ble spredd innover i Fjærekilen under overflaten og lengst ved et utviklet sprangsjikt (fig. 5). Ved vannverksinntaket i Steinsvika ble det simulert

konsentrasjoner på 10-50 pr. liter i overflaten og under 1 pr. liter i dypet. Dette tilsvarer en reduksjon/fortynning på henholdsvis 100-20 ganger og over 1000 ganger. Bakterier fra innerst i Fjærekilen ble spredd utover, fortrinnsvis i overflaten. Vannet i Steinsvika ble ikke påvirket. En ekstra simulering, med utslipp ved odden nær Rokstad sør i Fjærekilens mindtre del, viste en spredning utover fjorden uten å påvirke vannet i Steinsvika i særlig grad (fig. 5).

### **Vind mot nord-øst og mot sør-vest**

Simulerte konsentrasjoner viste en reduksjon/fortynning på over 1000 ganger i Steinsvika på 50 m's dyp. Overflatelagene ble påvirket av bakterier fra vannmassene fra Norsjø, 100-1000 ganger fortynnet (fig. 7 og 8).

### **Vindstille**

De strømdrivende krefter var vannføring i utløp, dvs. Skienselva 275 m<sup>3</sup>/s, vannuttak fra Skiens vannverk 0.5 m<sup>3</sup>/s, vannuttak fra Norsk Hydro 15 m<sup>3</sup>/s, tilløp fra bekker i Fjærekilen 0.5 m<sup>3</sup>/s og tilførsler fra Norsjø vest for det simulerte området 290 m<sup>3</sup>/s. Fig. 9 viser simulerte resultater ved et velutviklet sprangsjikt. Ytterst i Fjærekilen, utenfor Steinsvika, strømmet vannet gjennomgående innover i overflaten og utover i dypereliggende lag. I Fjærekilens midtre og indre del strømmet vannet innover i størstedelen av midtre og sørlige deler. En utoverrettet returstrøm fant sted langs nordlige bredder. Dette strømningsmønsteret stemmer meget godt overens med strømkartet som ble laget på grunnlag av observasjoner under vindstille forhold sommeren 1987 (Bjerke, Forbord, Siljan 1988). Typiske simulerte strømhastigheter i de øverste 20 metrene var noen mm pr. sekund. I de dypestliggende lagene ble hastighetene ytterligere redusert med et til dels uregulert mønster og trolig med noe upålitelige retninger.

Bakterier fra de åpne vannmassene i Norsjø ble spredd innover i Fjærekilen med de høyeste konsentrasjonene i overflaten. I Steinsvika ble det ikke simulert verdier over 1 pr. liter, dvs. tilsvarende en reduksjon på 1000 ganger. Utslipp innerst i Fjærekilen og på odden ved Rokstad sør i Fjærekilens midtre del, ble kun spredd i Fjærekilens indre del.

## 4. Diskusjon

Ved slike simuleringer er det mange usikkerhetsfaktorer. I første rekke gjelder dette koeffisienter som beskriver turbulens. Videre vil et naturlig strømningsmønster være et sammensatt bilde av varierende vind både i styrke og retning. Simuleringene med sprangsjikt gjaldt for en typisk sommersituasjon. Imidlertid representerer slike strømningsbilder også vinterforhold. Det vil da også gjennomgående være sprangsjikt med bunnvann på 4 °C, og kaldere og lettere vann på overflaten. Simuleringsresultater uten temperaturgradienter i dybderetningen (uten sprangsjikt) er vanlig vår og høst.

Imidlertid mener vi at de simulerte strøm- og spredningskartene representerer en rekke karakteristiske situasjoner. Situasjoner som er såpass reelle at det kan danne et godt grunnlag for å utøve skjønn og ta beslutninger. Vi merker oss som positivt at det var meget bra samsvar mellom simulerte og observerte verdier under vindstille sommerforhold.

### Hvilke utslipp påvirker vannverksuttaket mest

Simuleringene viste at vannuttaket til Skien vannverk på 50 m's dyp ikke ble påvirket av bakterier fra vannmassene i Norsjø. Imidlertid ble overflatelaget påvirket med en fortykning/reduksjon på mellom 20-100 ganger av vann fra Norsjø. Steinsvika ble i stor grad liggende som en "blindtarm", dvs. at bakteriene strømmet innover i Fjærekilen utenfor Steinsvika. Tar man hensyn til generell usikkerhet til simulerte verdier og spesielle endrede vindretninger, kan man tenke seg at denne "forbipasserende" strømmen i blant kunne endre retning med påfølgende konsentrasjonsøkning i Steinsvika og at bakterier i overflatevannet i Steinsvika trenger ned på dypt vann.

I følge simuleringene synes det som om at den nåværende plasseringen av vannverksuttaket kan være mer gunstig enn alternativet på 90 m's dyp i hovedstrømmen i Fjærekilen utenfor Steinsvika. Det er imidlertid vanskelig på grunnlag av simuleringene å vite hvor stor bakteriereduksjon man vil oppnå ved å øke inntaksdypet.

Det er lite trolig at bakterier fra indre del av Fjærekilen har negative effekter for vannkvaliteten i vannverksuttaket i Steinsvika. Også overflatevannet vil rimeligvis bli upåvirket.

Bakterietilførsler fra bekkene langs Fjærekilens sørlige strender vil trolig påvirke vannverksuttaket i neglisjerbar grad. Utslipp langs Fjærekilens nordlige strender, og selvfølgelig i Steinsvika, bør i større grad forventes å ha negativ innvirkning.

### Transporttider

Det ble spurt spesielt om transporttider fra hovedvannmassene ved Kjeøya og fra indre del av Fjærekilen til vannverksuttaket i Steinsfjorden. I begge tilfellene er avstanden ca 3 km.

Transporttiden vil variere mye med strømforholdene. Videre vil de første bakteriene nå Steinsvika lenge før en stabil maksimumskonsentrasjon fra et kontinuerlig utslipp vil inntreffe. Ved simuleringen med vind på 3 m/s tok det ca ett døgn før en stabil situasjon oppsto i Steinsvikas **overflatevann**. Dette tilsvarer en midlere transporthastighet via korteste vei på om lag 3 cm/s. Under vindstille forhold økes transporttiden betydelig, f.eks. til 10 døgn. Vi har her antatt at stoff som når overflatevannet under ugunstige forhold raskt kan trenge ned til vannuttaket på 50 m's dyp. Vanligvis vil transporttiden bli mange ganger lengre før stoffet trenger ned til bunnen i Steinsvika, slik at bakteriene dør før de når fram. Karakteristisk decay/dødsrate for koliforme bakterier er ca 0.5-2 pr. døgn tilsvarende en halveringstid på henholdsvis 34 og 8 timer. I våre simuleringer ble decay konstant på 1.0 pr. døgn tilsvarende en halveringstid på 17 timer valgt. En

reduksjon til 1/10 og 1/100 og 1/1000 vil i såfall inntreffe etter en transporttid på henholdsvis 2.3 , 4.6 og 7 døgn. Raskeste transportdistanse (3 km) i løpet av 7 døgn tilsvarer en middelhastighet på 5 mm/s. I praksis vil transporttiden være adskilling lengre. Dvs. at bakteriene vil dø før de når vannuttaket under vindstille forhold og også ved transport i dyplaget på dager med vind. Det er trolig kun bakterier som i perioder med vind transporteres i overflatelagene fram til Steinsvika og der, i motsetning til simulerte situasjoner, dukker ned på dypt vann, som kan påvirke vannuttaket i betydelig grad.

### **Effekter av vannuttak**

Det ble spurt om effekter av vannuttaket til Norsk Hydro ved Skjelbred på henholdsvis 15, 7 og 0 m<sup>3</sup>/s og av Skiens vannverks uttak på 0.5 m<sup>3</sup>/s. Det har neppe noen hensikt å skille ut slike effekter på strømningskartene, selv under vindstille forhold. Resultatene blir beskrevet for celler med en utstrekning på 67 m x 67 m i horisontalplanet og med varierende dybdeutstrekning. Nær vannuttakene på 50 m's dyp blir utstrekningen i dybderetningen ca 20 m. Et vannuttak på 15 m<sup>3</sup>/s og 0.5 m<sup>3</sup>/s vil følgelig resultere i midlere horisontale strømhastigheter gjennom celleveggen på ca 1 cm/s og 3 mm/s. Hastighetene vil selvsagt være større like ved uttaksrøret, for så å avta med avstanden til såpass små verdier at effekten ikke lar seg synliggjøre/isolere i modellresultatene. Imidlertid vil det nødvendigvis settes igang en langsom strøm mot uttakene, slik at fortrinnsvis bunnvann fra de nærmestliggende områdene i større grad enn modellresultatene viser, vil bli trukket mot disse. Vannuttakene vil generelt føre til økt inntrengning av vann fra vannmassene i Norsjø til Fjærekilen og i særdeleshet påvirke utskiftningen av dypvannet. Vannet i Norsjø er oftest av noe bedre kvalitet enn innerst i Fjærekilen, slik at utskiftningen vanligvis vil være gunstig. På en annen side vil vannuttaket medvirke til både å senke sprangsjiktet og redusere temperaturgradientene i dybderetningen om sommeren i hele Fjærekilen. Videre vil sirkulasjonsperioden om høsten bli forlenget. Sprangsjiktet virker som en barriere mot transport av bakterier og andre forurensninger fra overflaten til bunnen. Følgelig kan vannuttakene også ha negativ virkning. Vi vil ikke prøve på å lage en helhetsvurdering av disse virkningene.

Vi anser det imidlertid som mest sannsynlig at dette i neglisjerbar grad vil påvirke bakterieinnholdet eller vannkvaliteten for øvrig i råvannet til Skiens vannverk i Steinsvika.

## 5. Referanser

- Bjerke, V., Forbord, R. og Siljan, Kyrre D. 1988. Tilløpsbekkene til Fjærekilen. En bakteriologisk/fysisk/kjemisk analyse. Seminaroppgave. Telemark distriktshøgskole, Bø.
- Simons, T.S. 1973. Development of three-dimensional numeric models of Great Lakes. Scientific Series no 12, Canada Centre for Inland Waters.
- Tjomsland, T. 1978. Simulering av strømninger i Mjøsa ved en tredimensjonal matematisk modell. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Tjomsland, T. 1982. Strøm- og spredningsstudier i Tyrifjorden. Rapport nr. 2, løpenr. 1400. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.



## VEDLEGG

### **Kart med strøm og bakteriekonsentrasjoner**

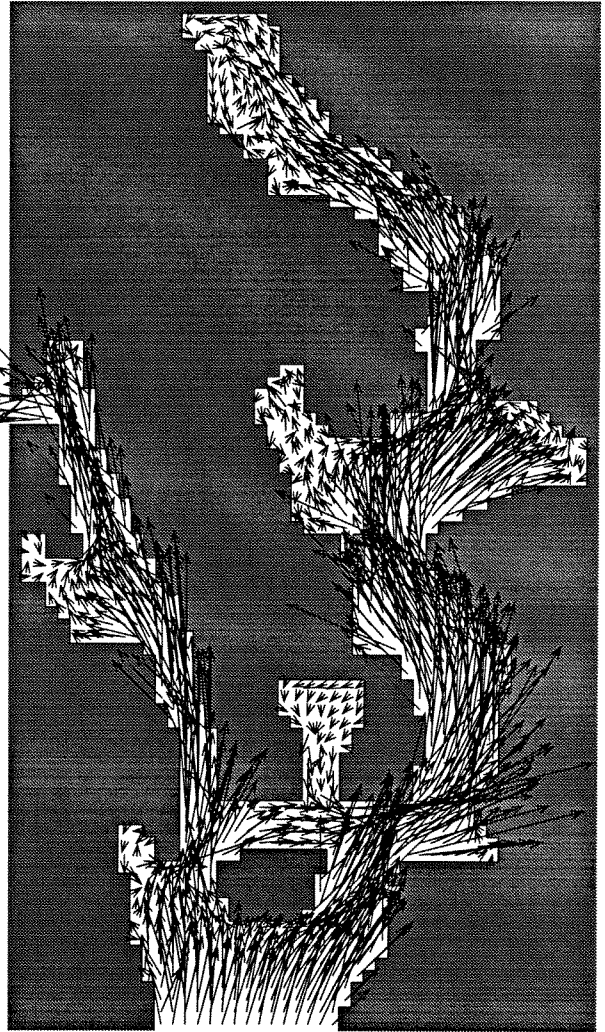
Hver nummerert figur representerer en simulering og består av flere sider med kart.

**Fig. 2**

**Vind: 3 m/s mot sør-øst  
Med sprangsjikt**

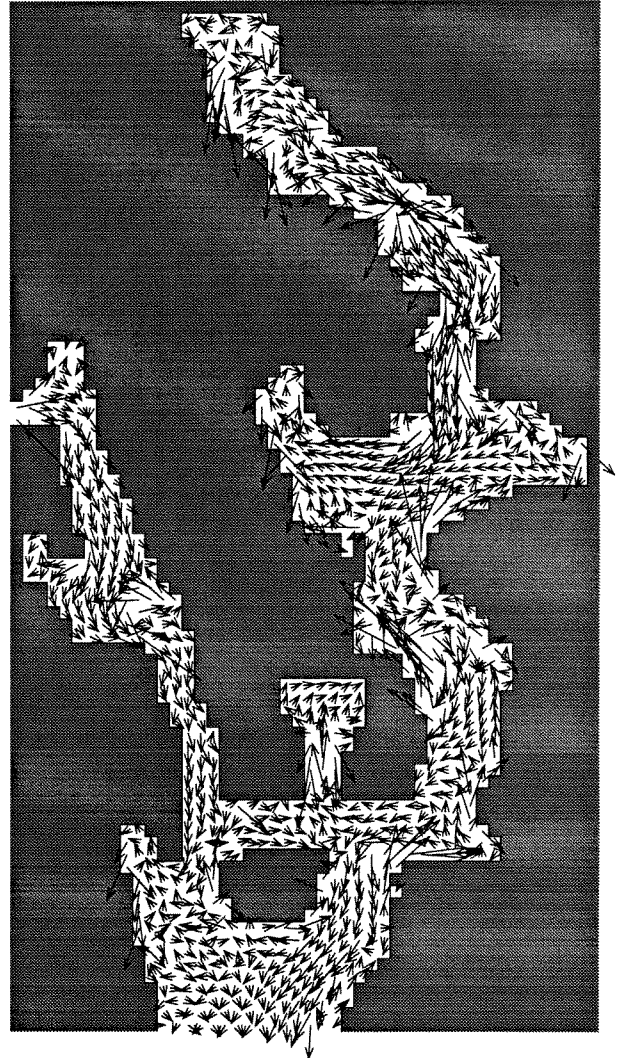


0 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
sjikt 1 : 0 - 5 m  
vind 3 m/s

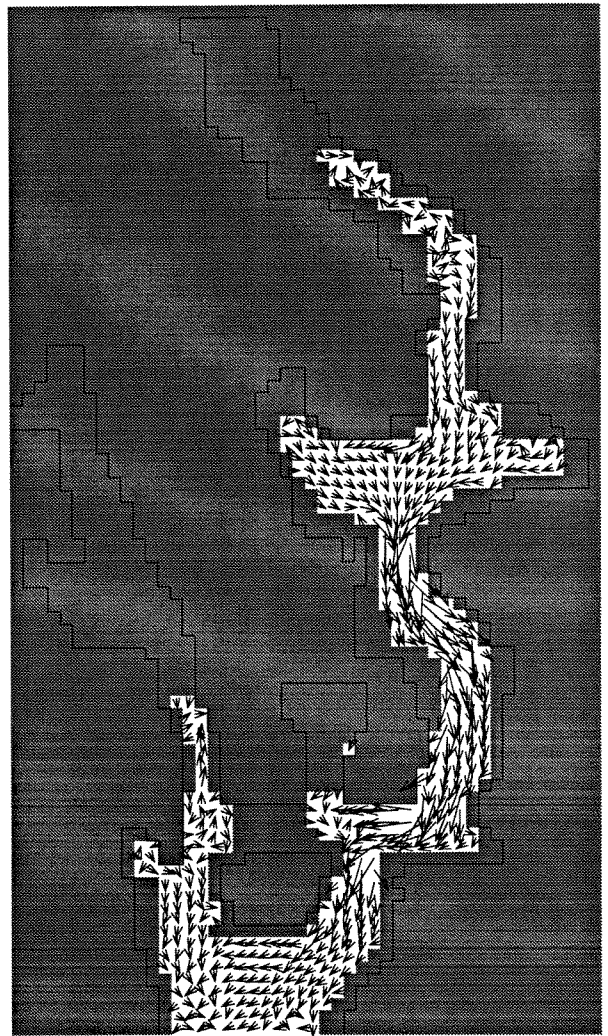




sjikt 2 : 5 - 20 m



0 ——— 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
vind 3 m/s

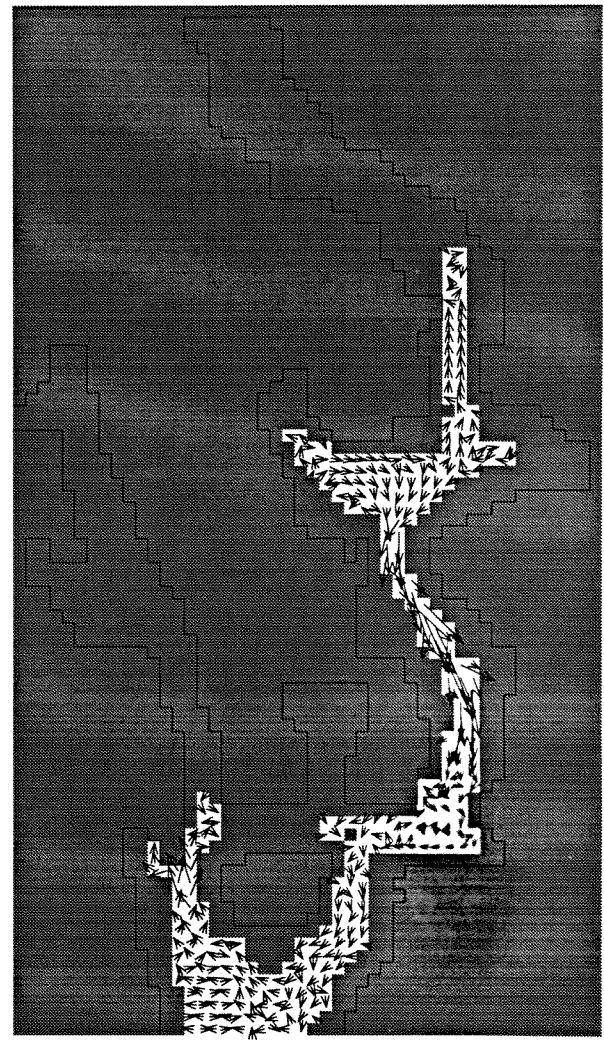


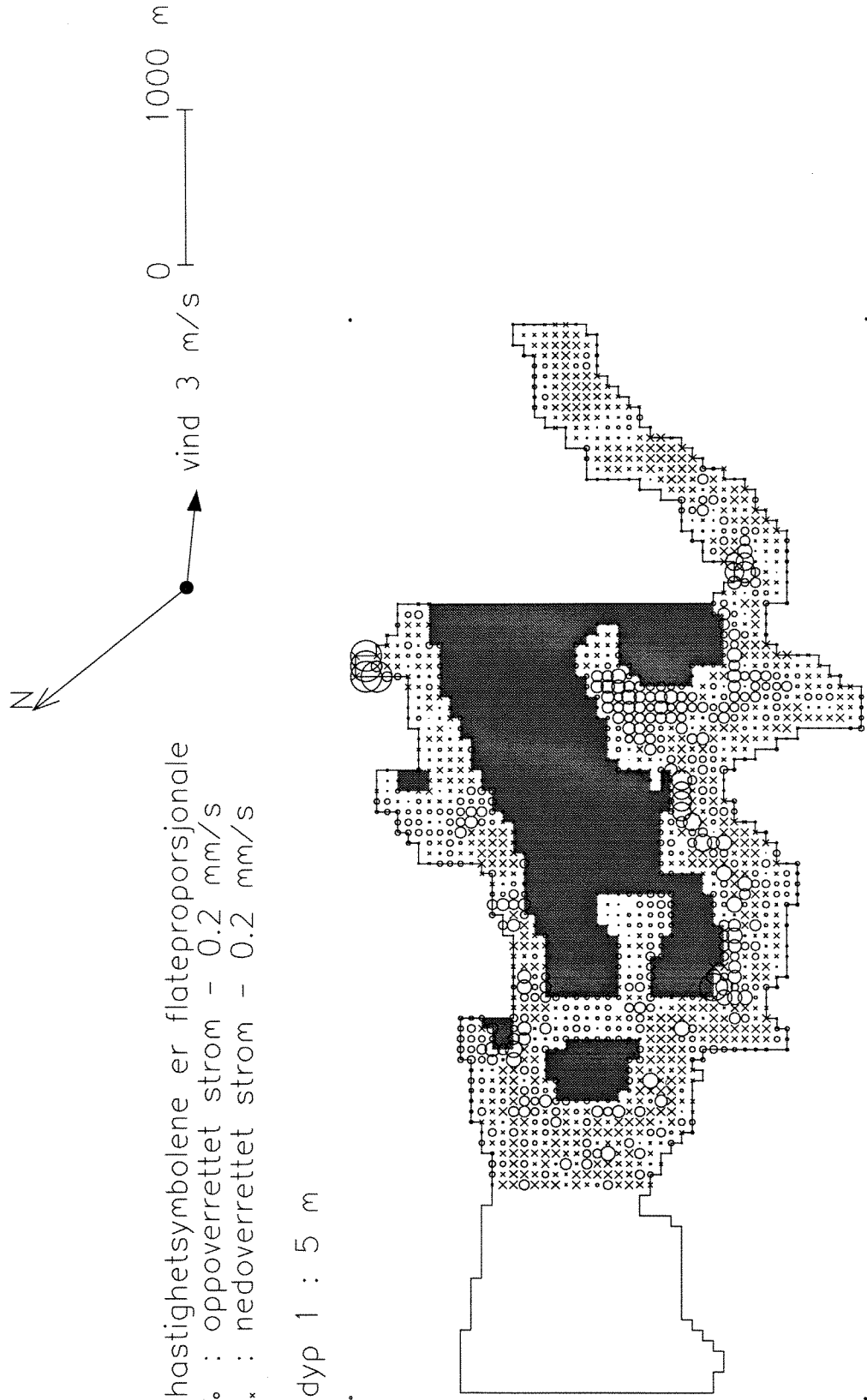
0 ——— 1000 m

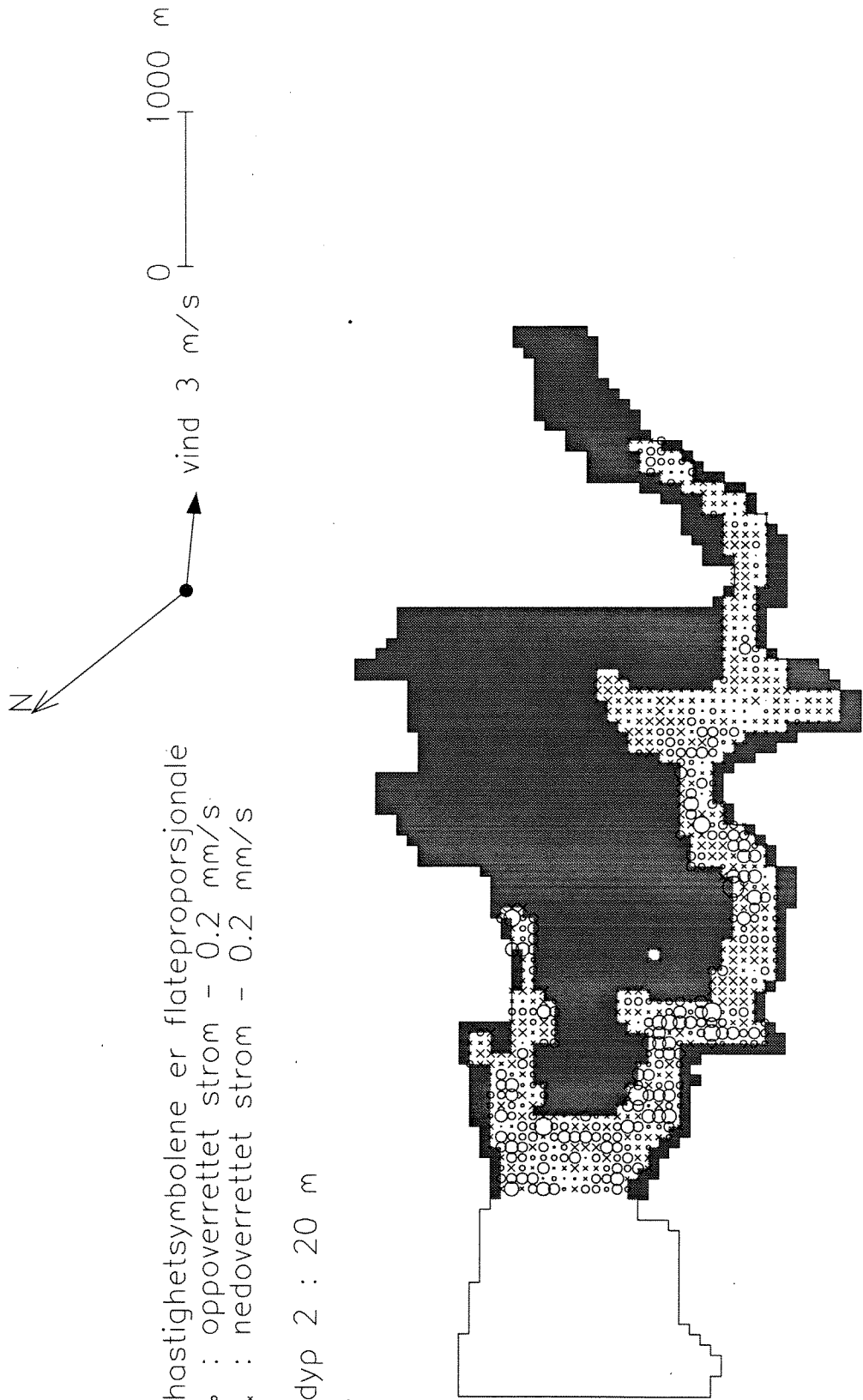
hastighet 5 cm/s : →

vind 3 m/s

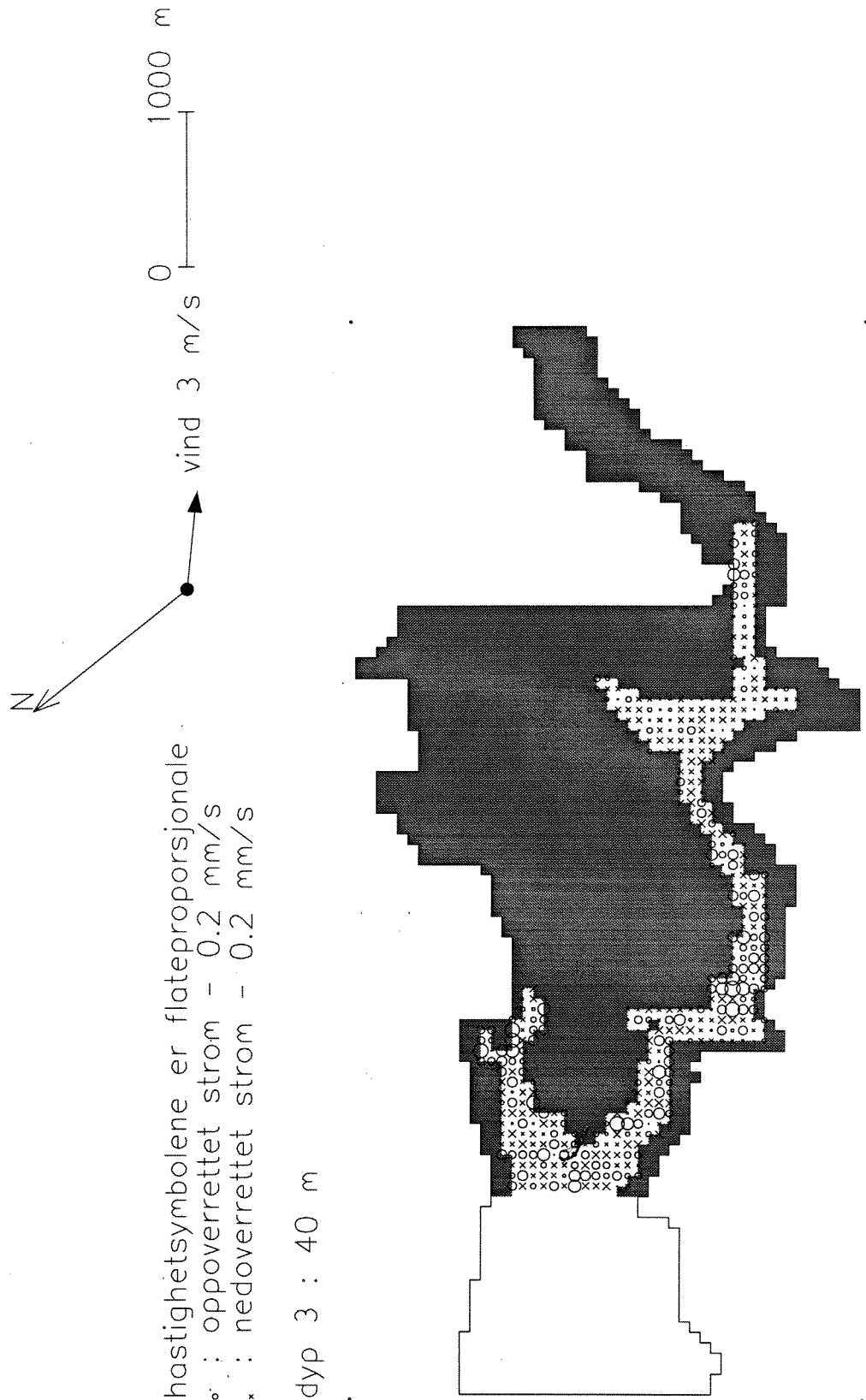
sjikt 4 : 40 m - bunn



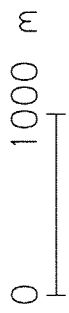
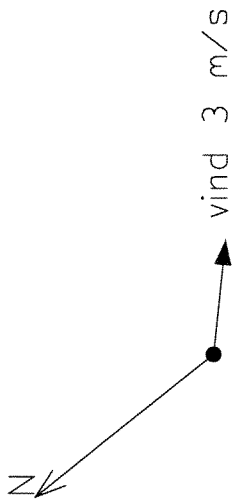
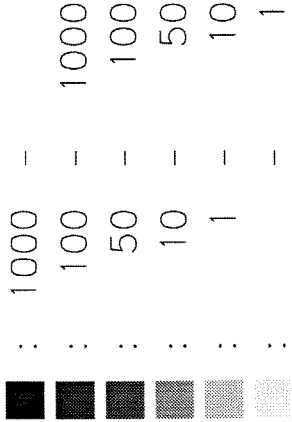




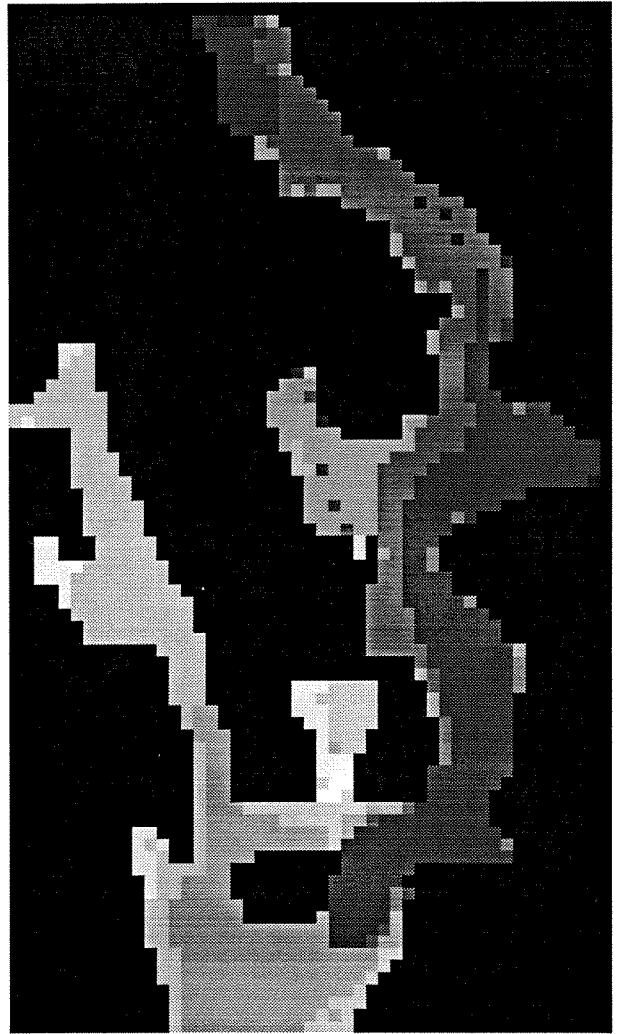




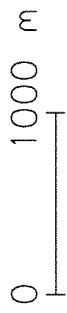
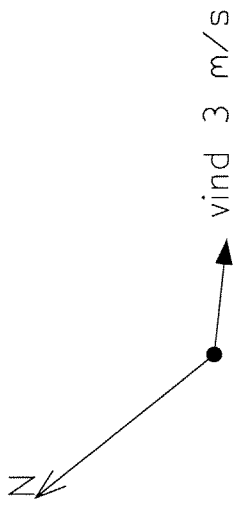
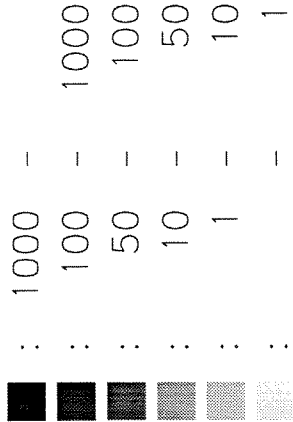
konsentrasjon (- /l)



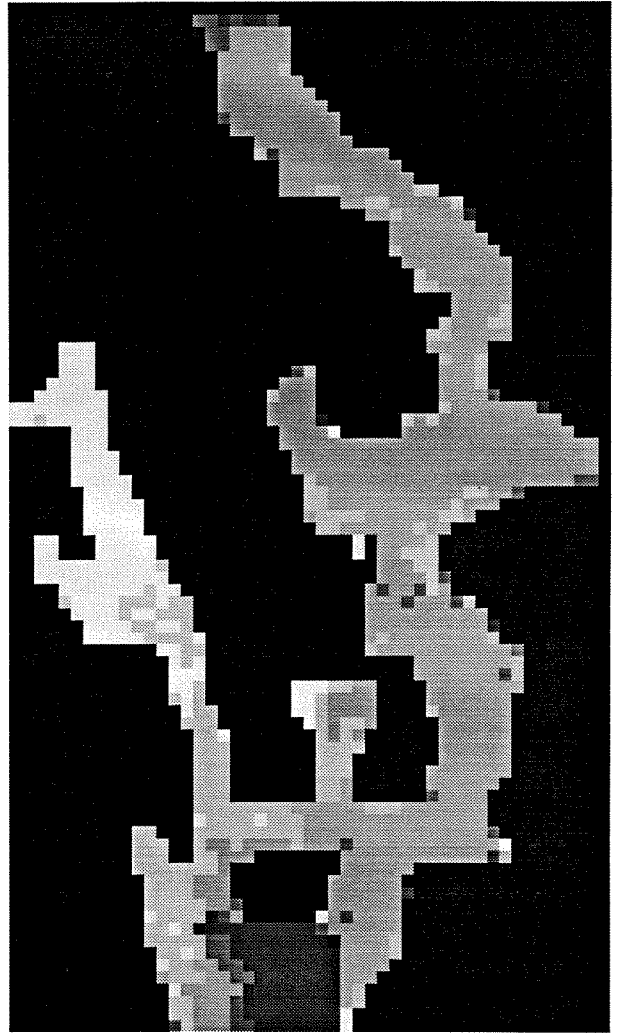
SJIKT 1 : 0 - 5 M



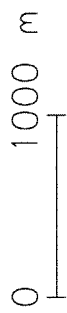
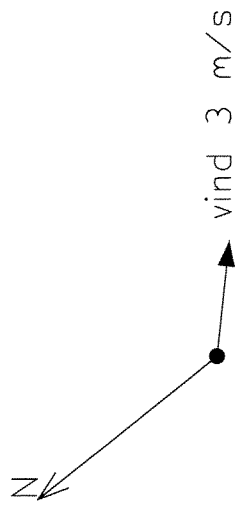
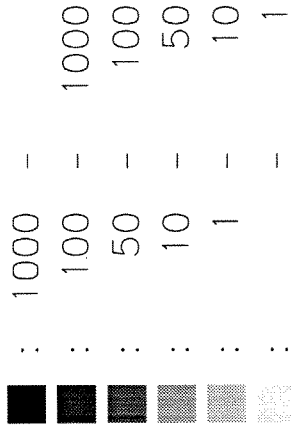
konsentrasjon (- /l)



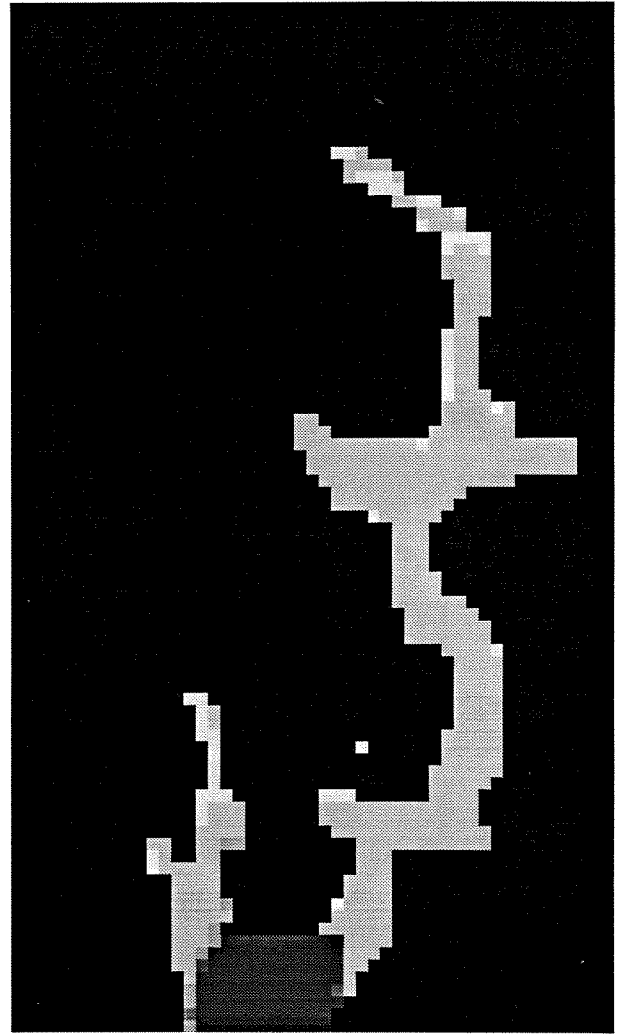
SJIKT 2 : 5 - 20 M



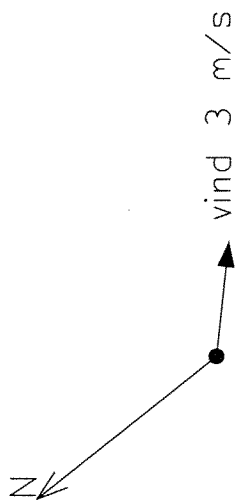
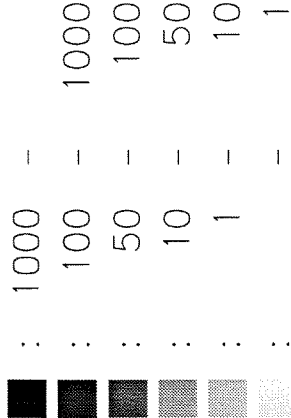
konsentrasjon (- /l)



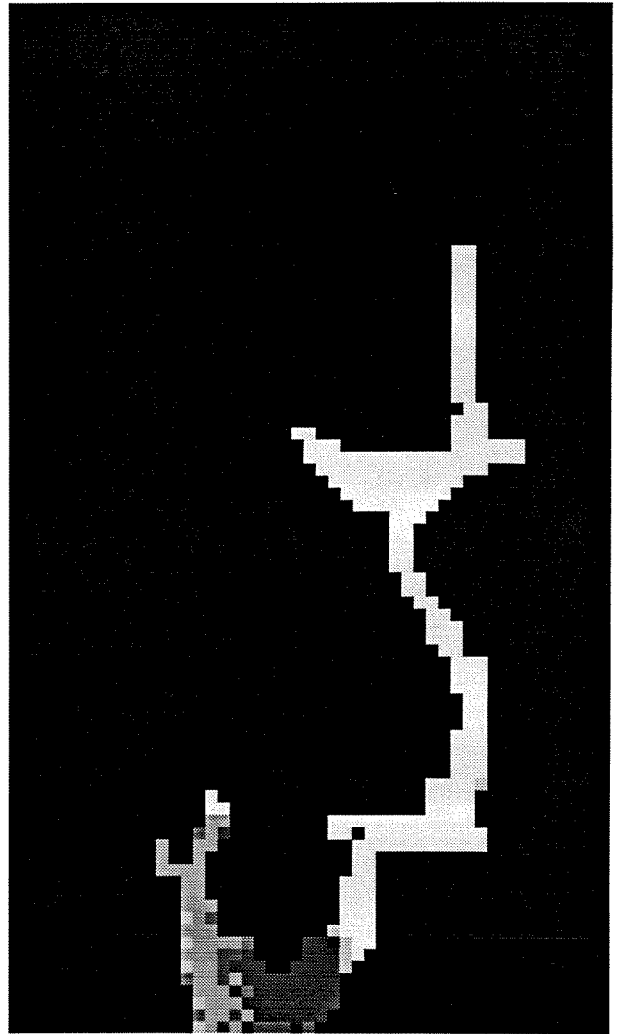
SJIKT 3 : 20 - 40 M



konsentrasjon (- /l)

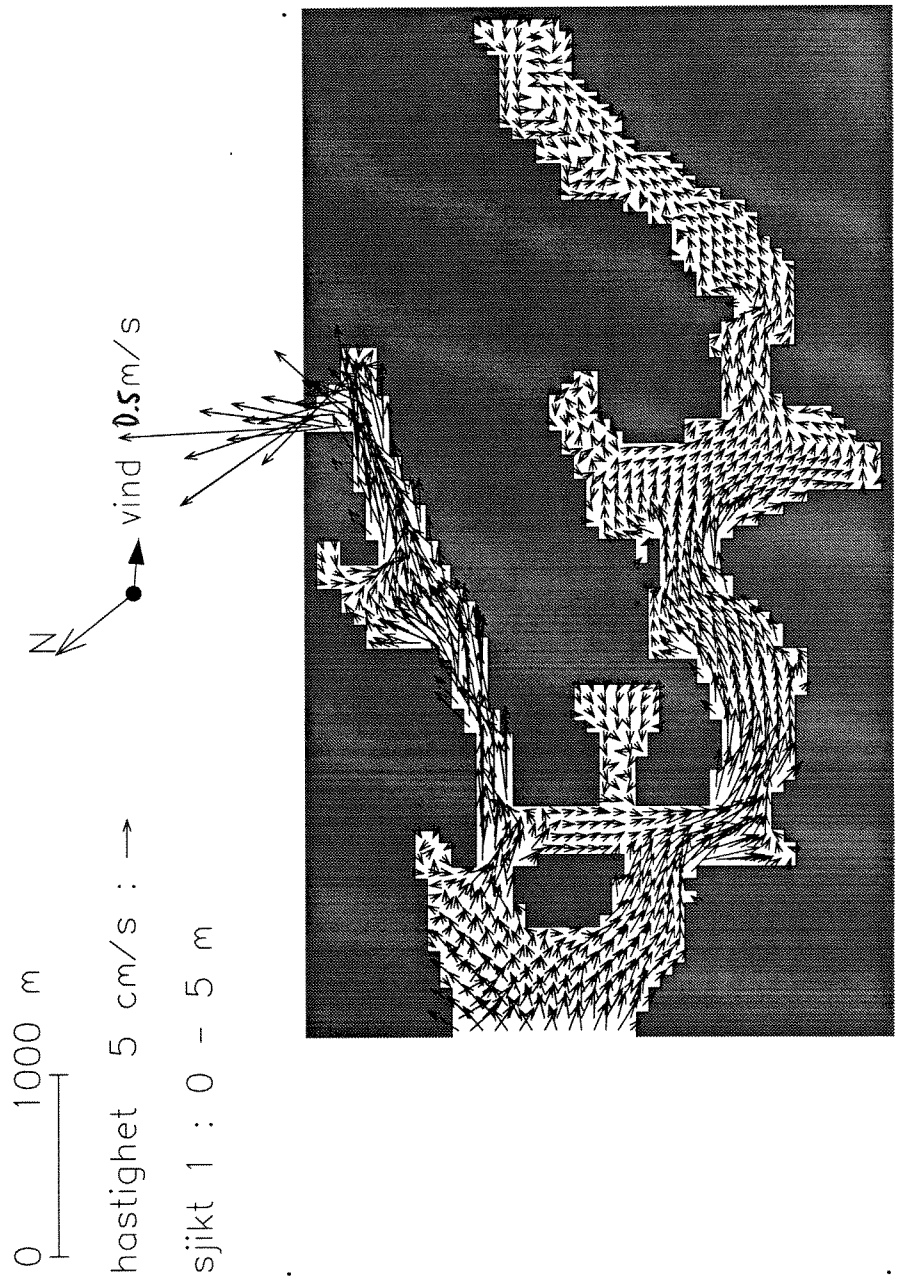


SJIKT 4 : 40 - 70 M



**Fig. 3**

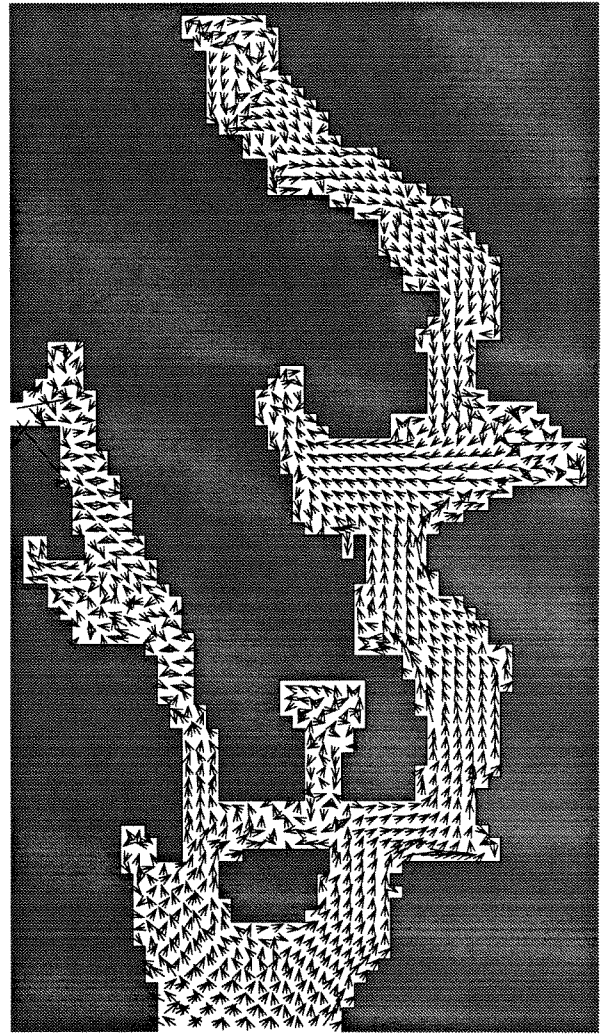
**Vind: 0.5 m/s mot sør-øst  
Med sprangsjikt**



0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

vind 0.5 m/s



sjikt 2 : 5 - 20 m

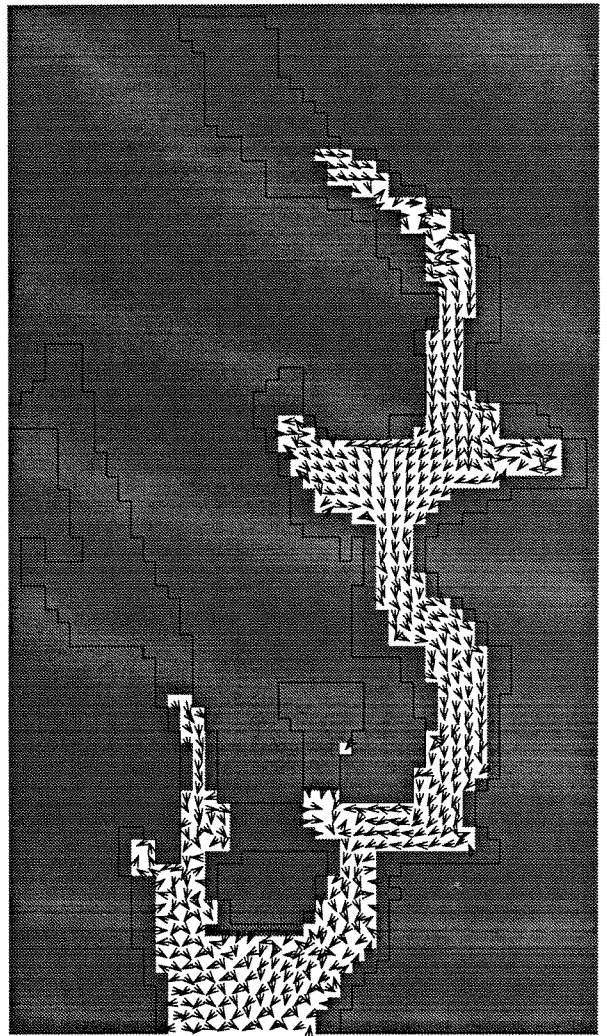


0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

vind 0.5 m/s

sjikt 3 : 20 - 40 m

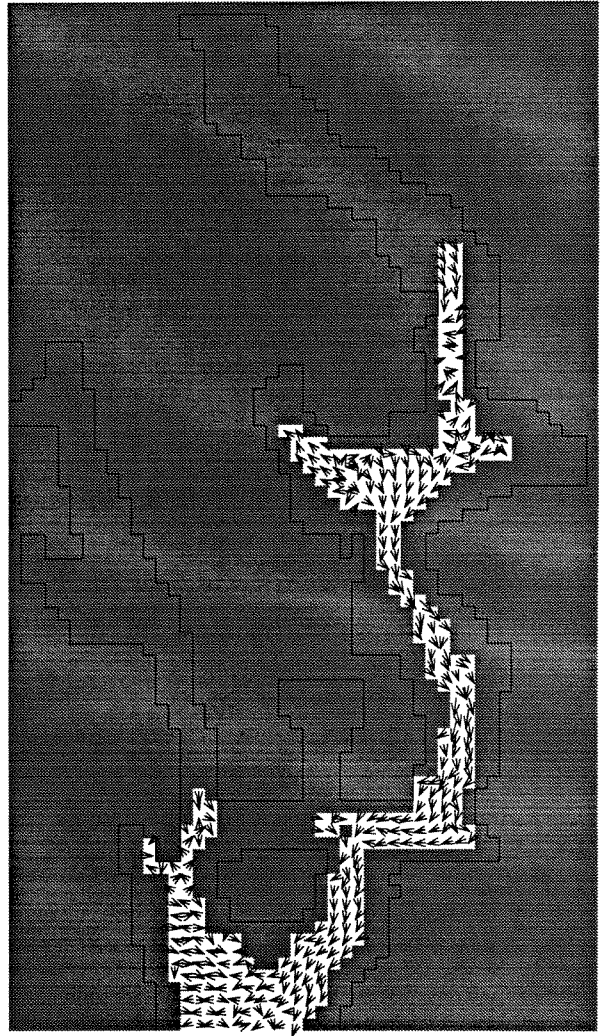


0 ——— 1000 m

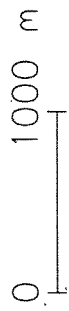
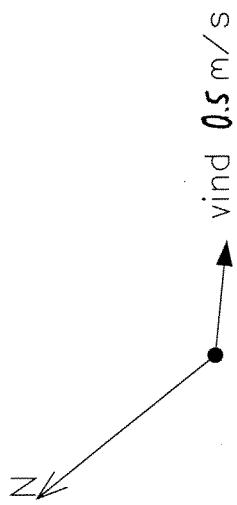
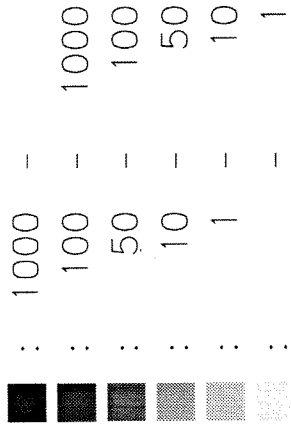
hastighet 5 cm/s : →

vind 0.5 m/s

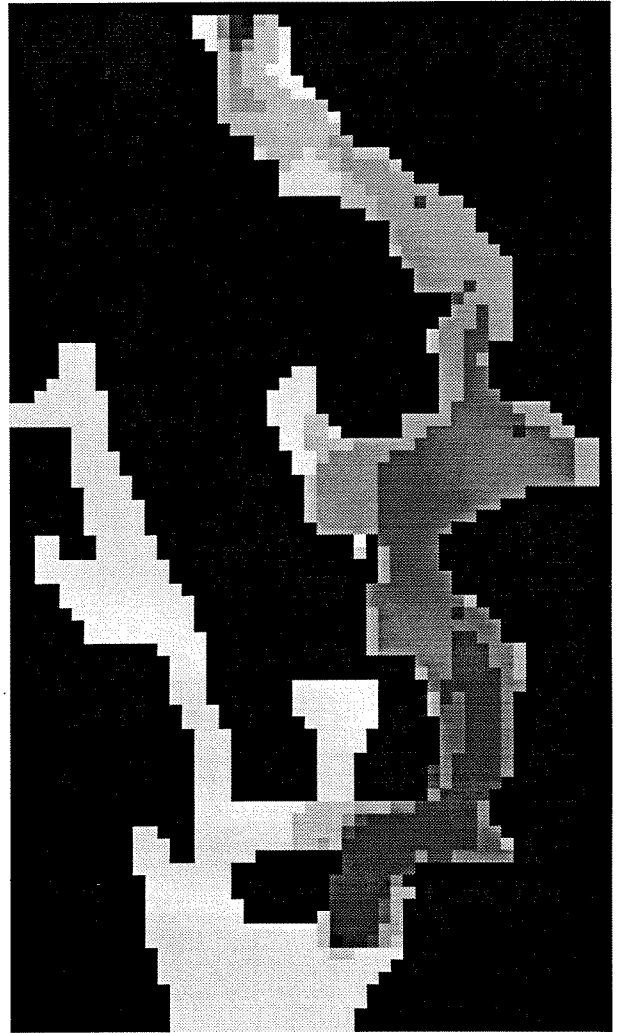
sjikt 4 : 40 m - bunn



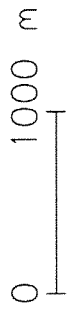
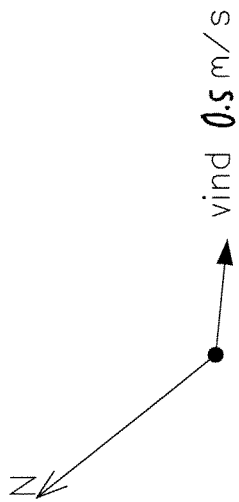
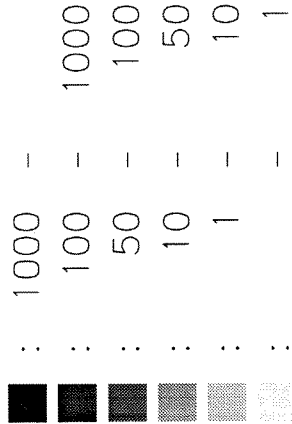
konsentrasjon (- /l)



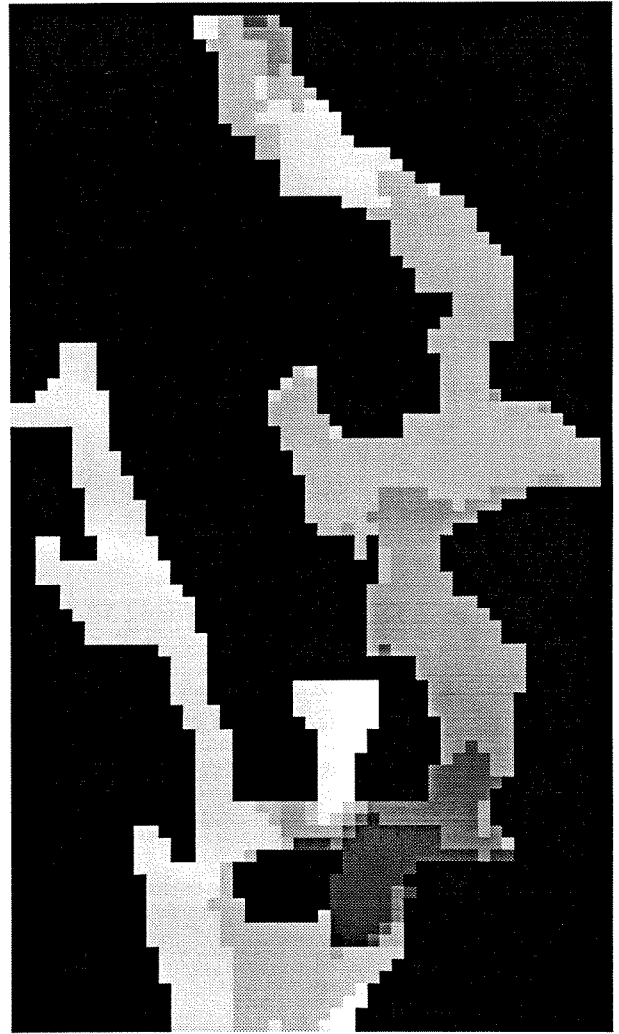
SJIKT 1 : 0 - 5 M



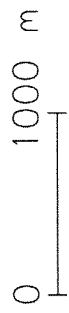
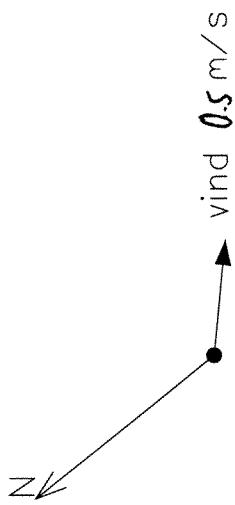
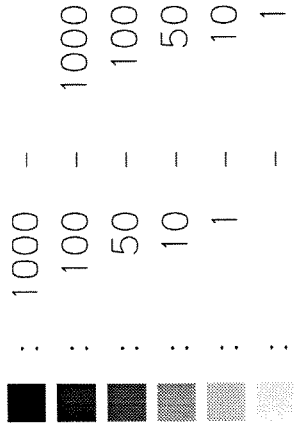
konsentrasjon (- /l)



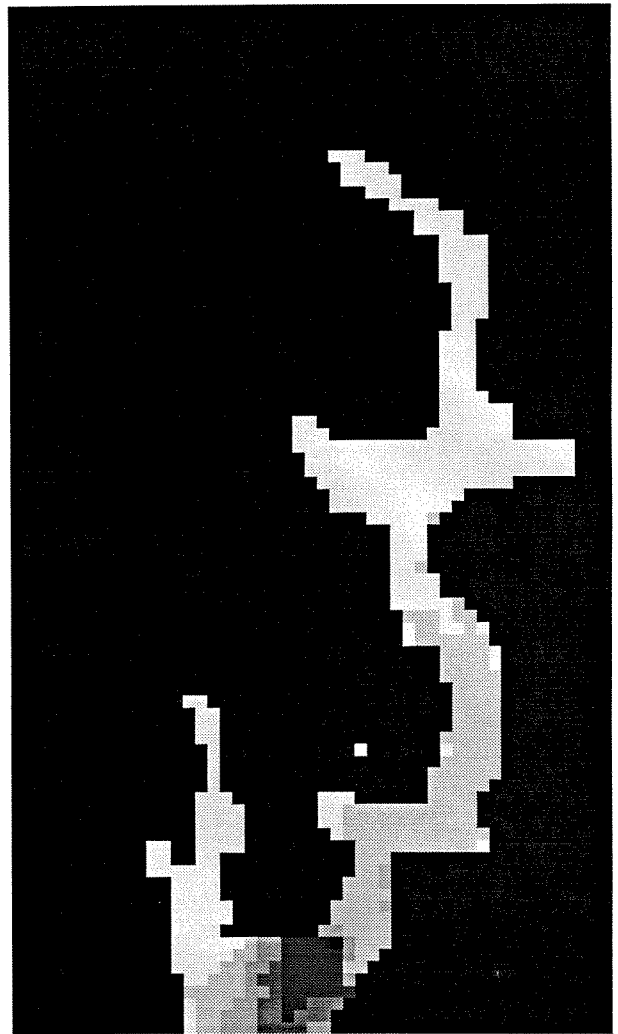
SJIKT 2 : 5 - 20 M

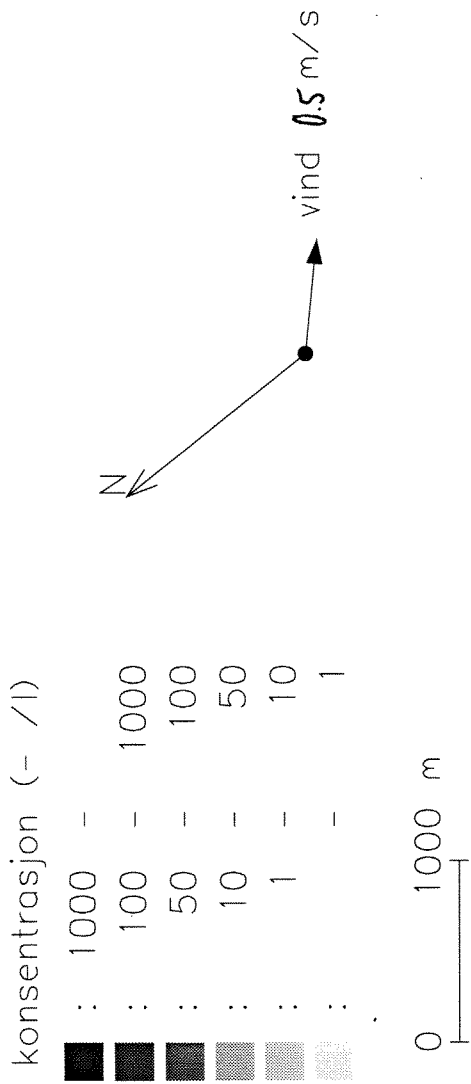


konsentrasjon (- /l)

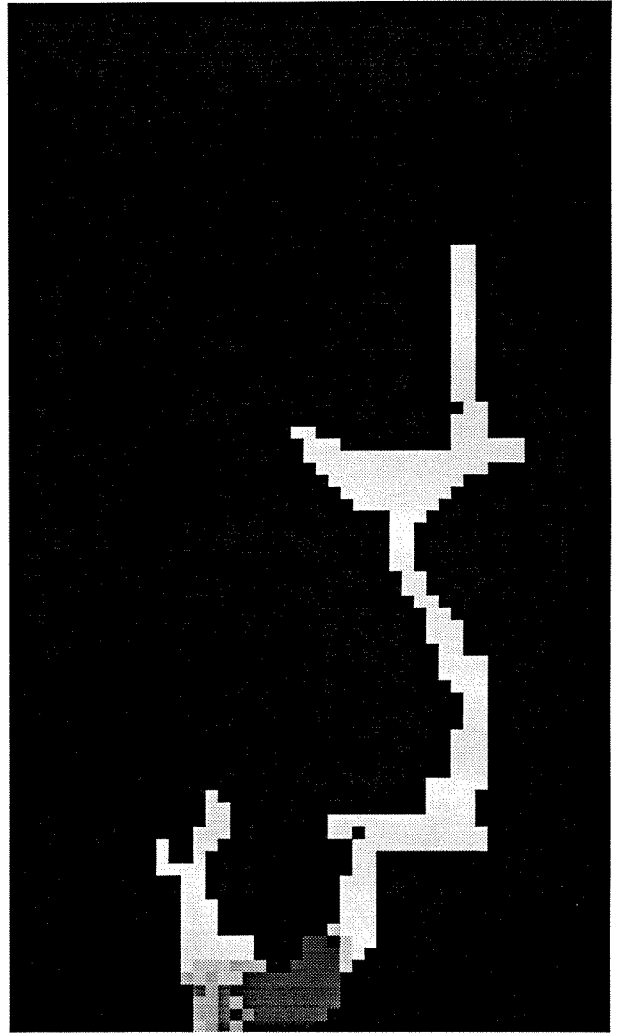


SJIKT 3 : 20 - 40 M





SJIKT 4 : 40 - 70 M



**Fig. 4**

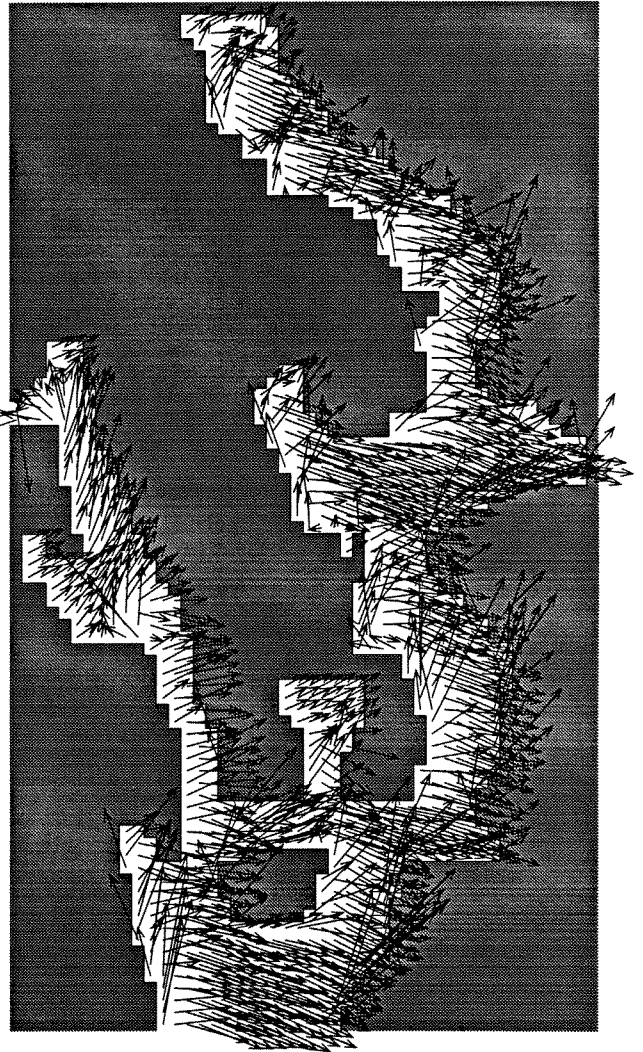
**Vind: 3 m/s mot sør-øst  
Med sprangsjikt**

0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

sjikt 1 : 0 - 5 m

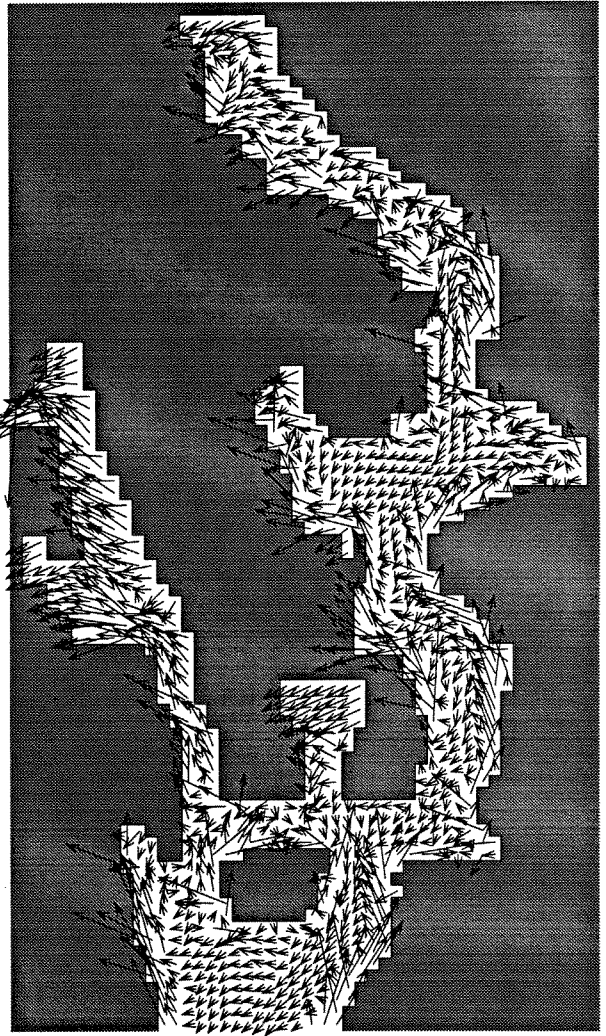
↑ vind 3 m/s





0 ——— 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
vind 3 m/s : →

sjikt 2 : 5 - 20 m

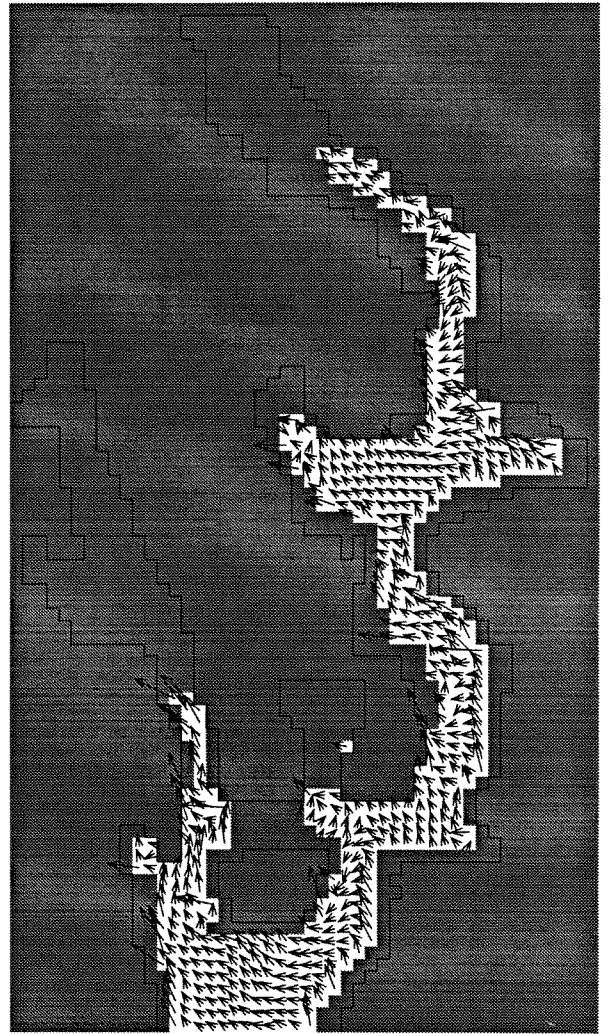


0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

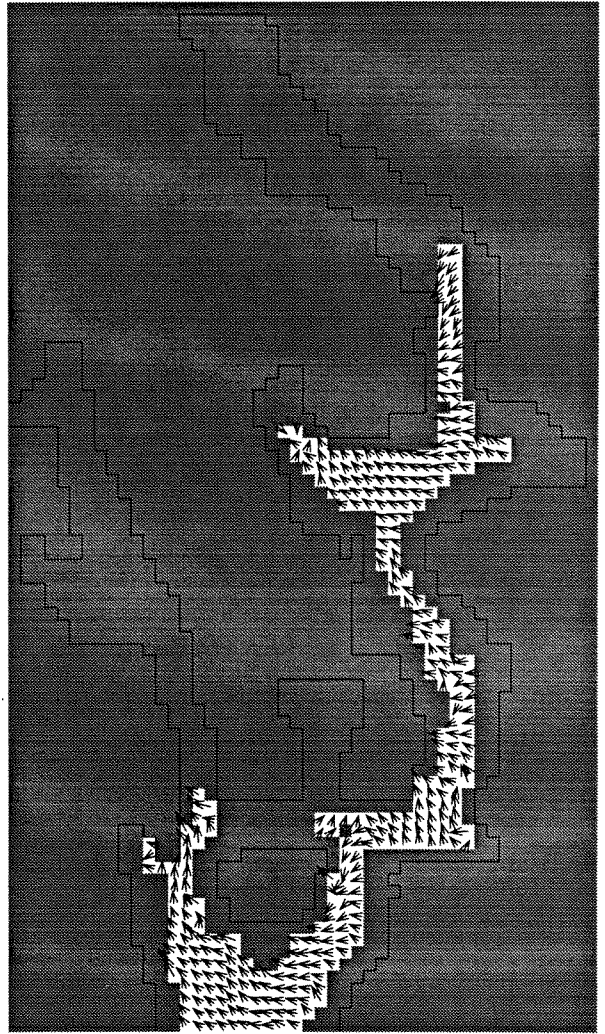
vind 3 m/s

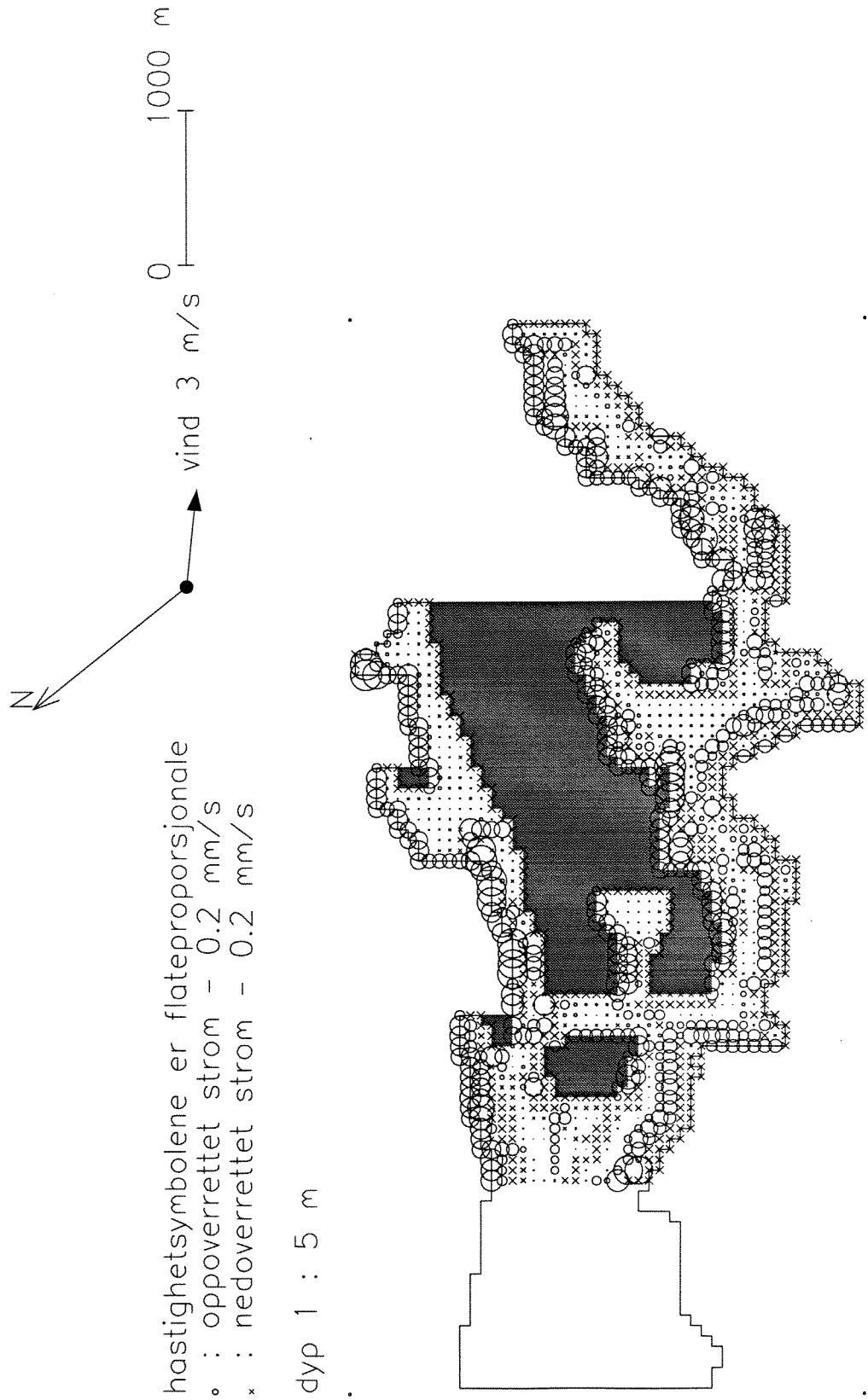
sjikt 3 : 20 - 40 m

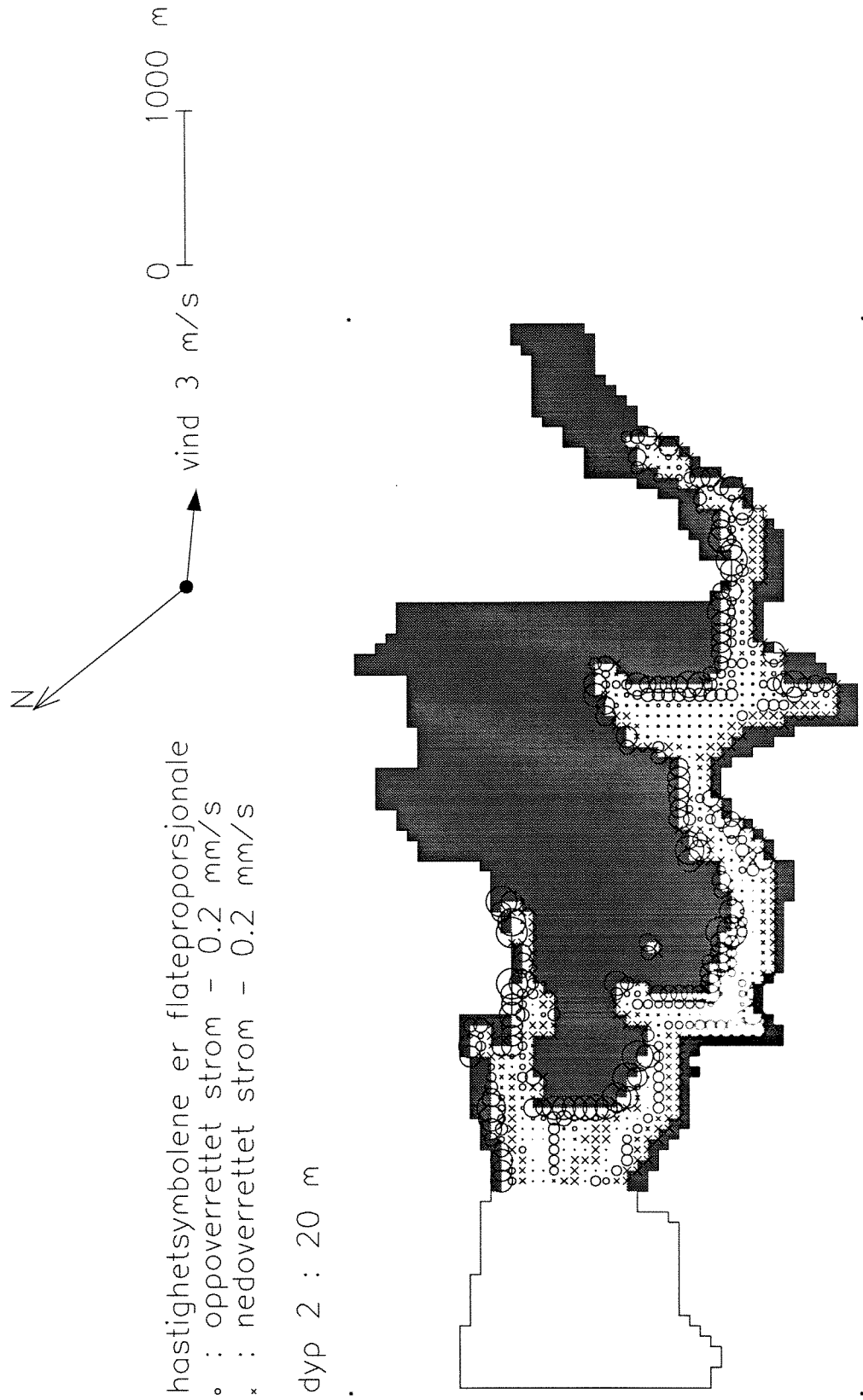


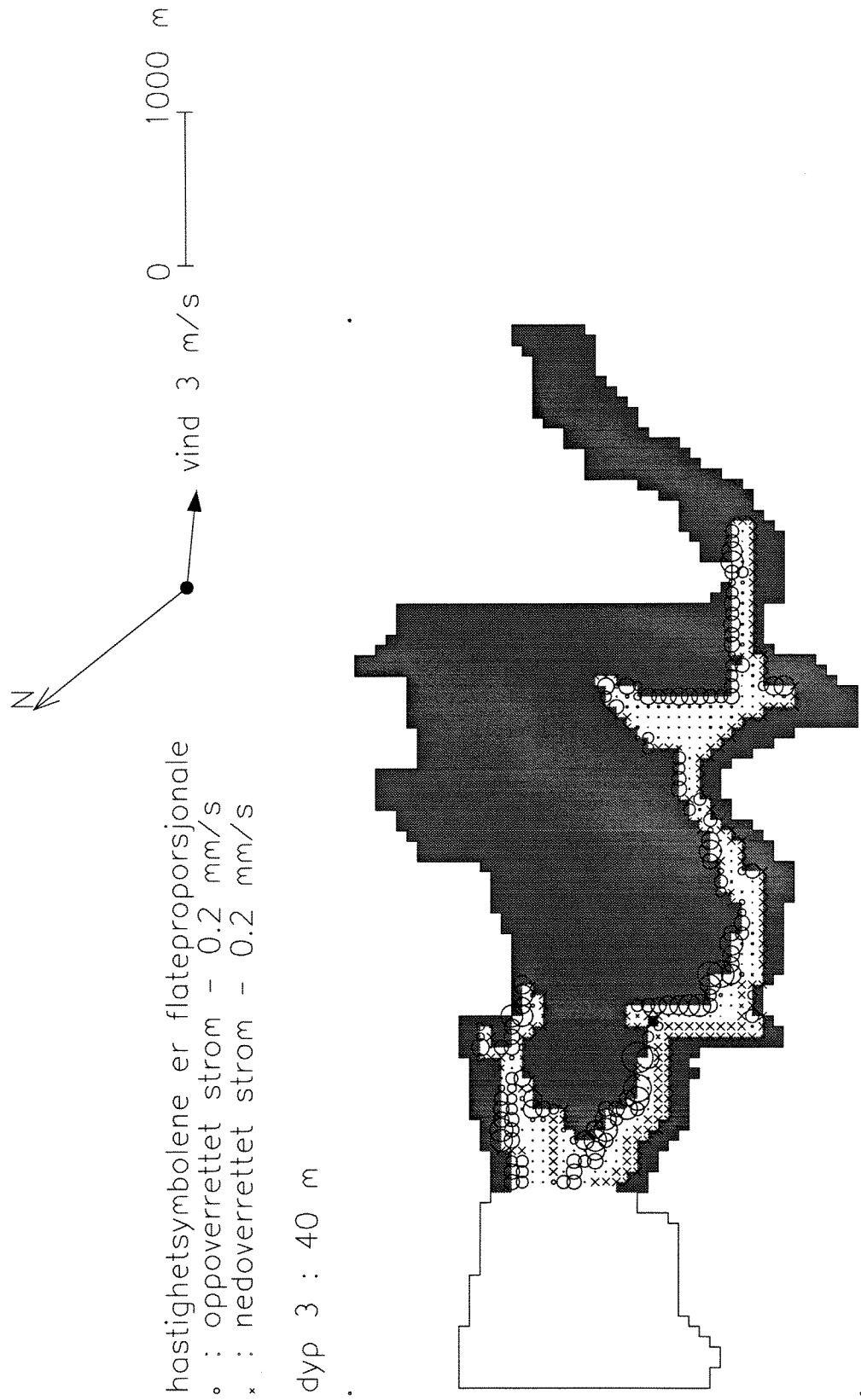
0 ——— 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
vind 3 m/s

sjikt 4 : 40 m - bunn

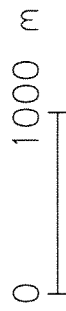
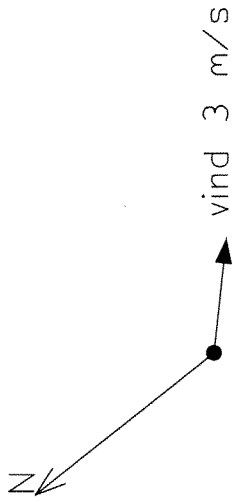
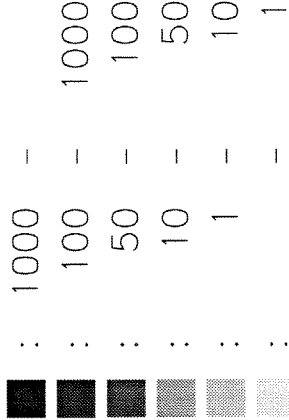




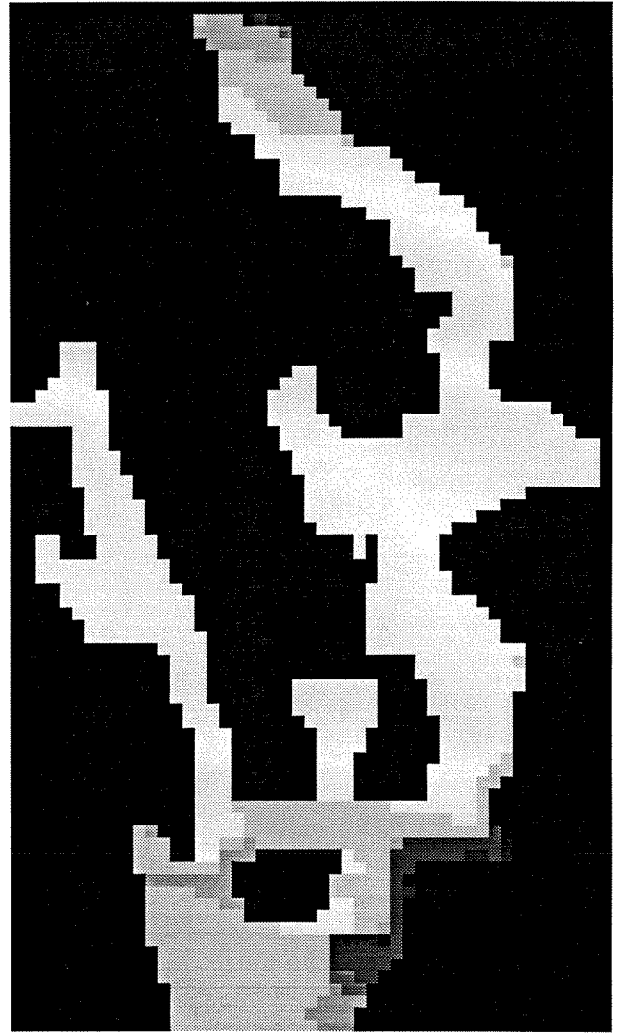




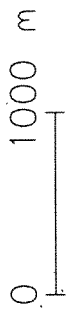
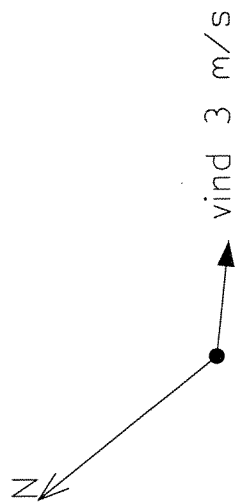
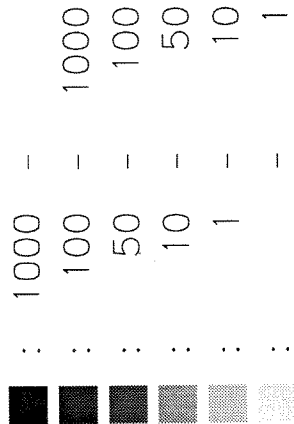
konsentrasjon (- /l)



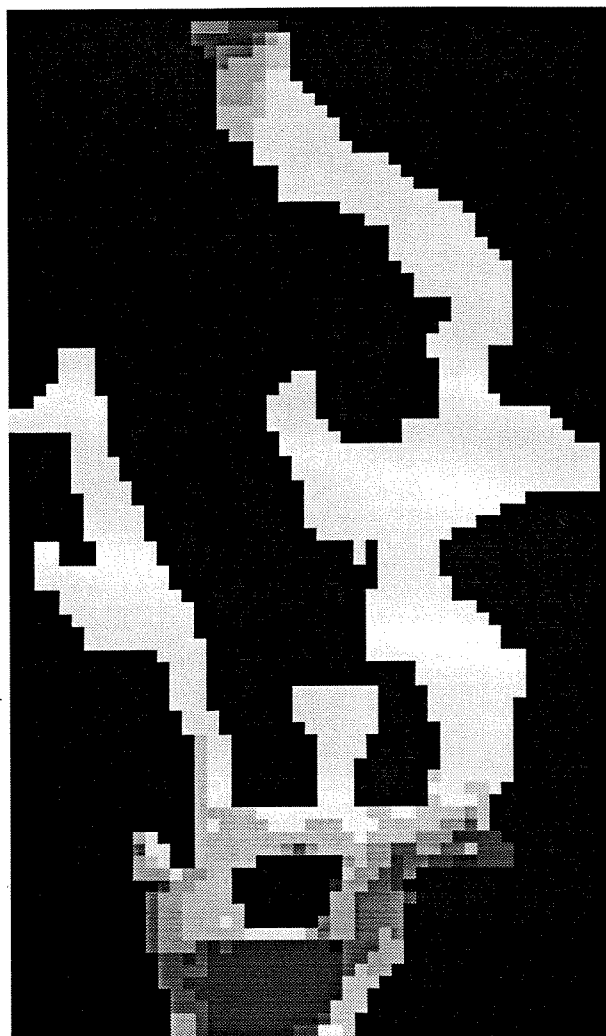
SJIKT 1 : 0 - 5 M



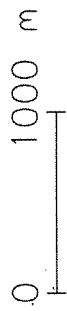
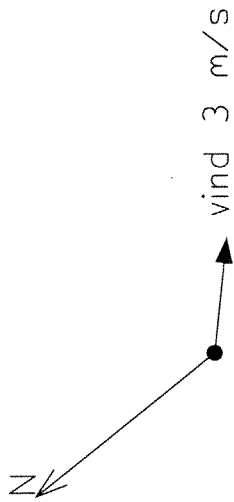
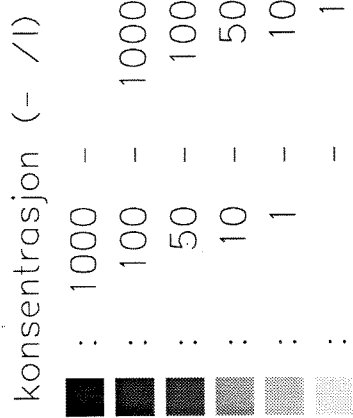
konsentrasjon (- /l)



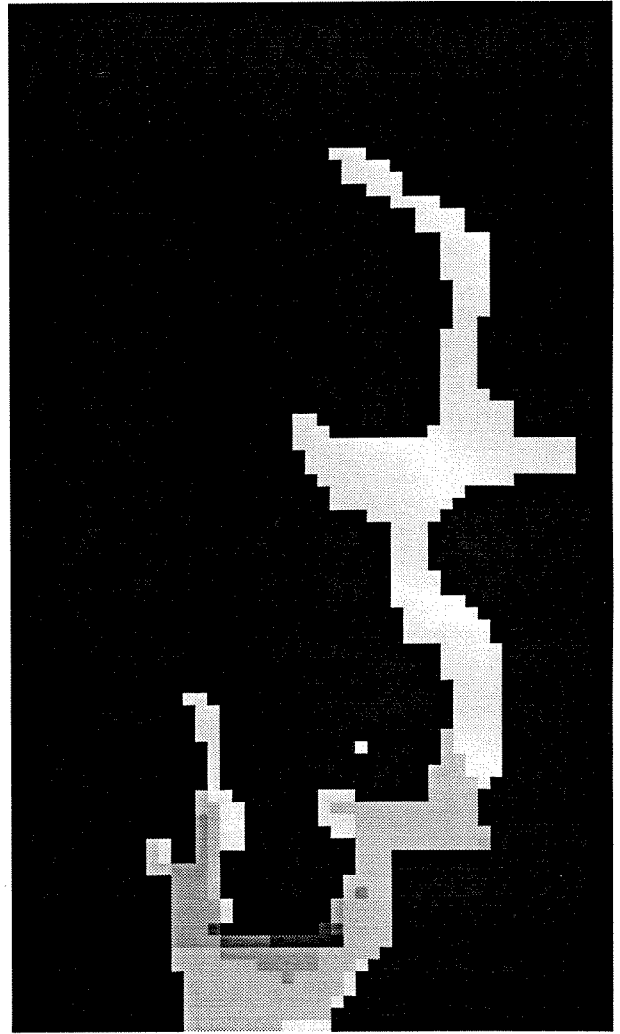
SJIKT 2 : 5 - 20 M



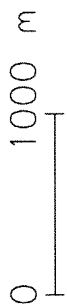
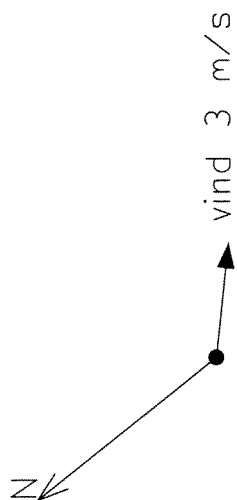
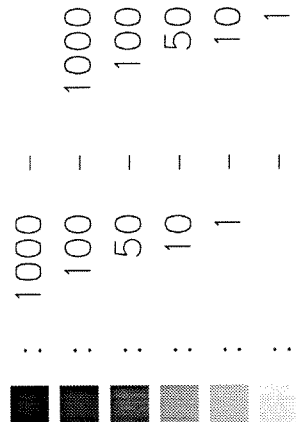




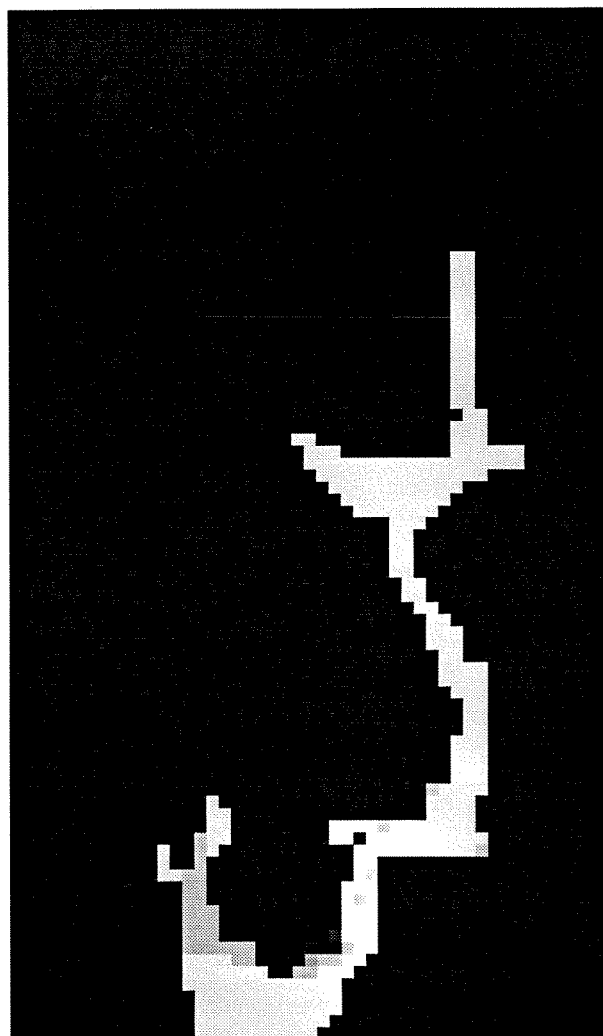
SJIKT 3 : 20 - 40 M



konsentrasjon (- /l)

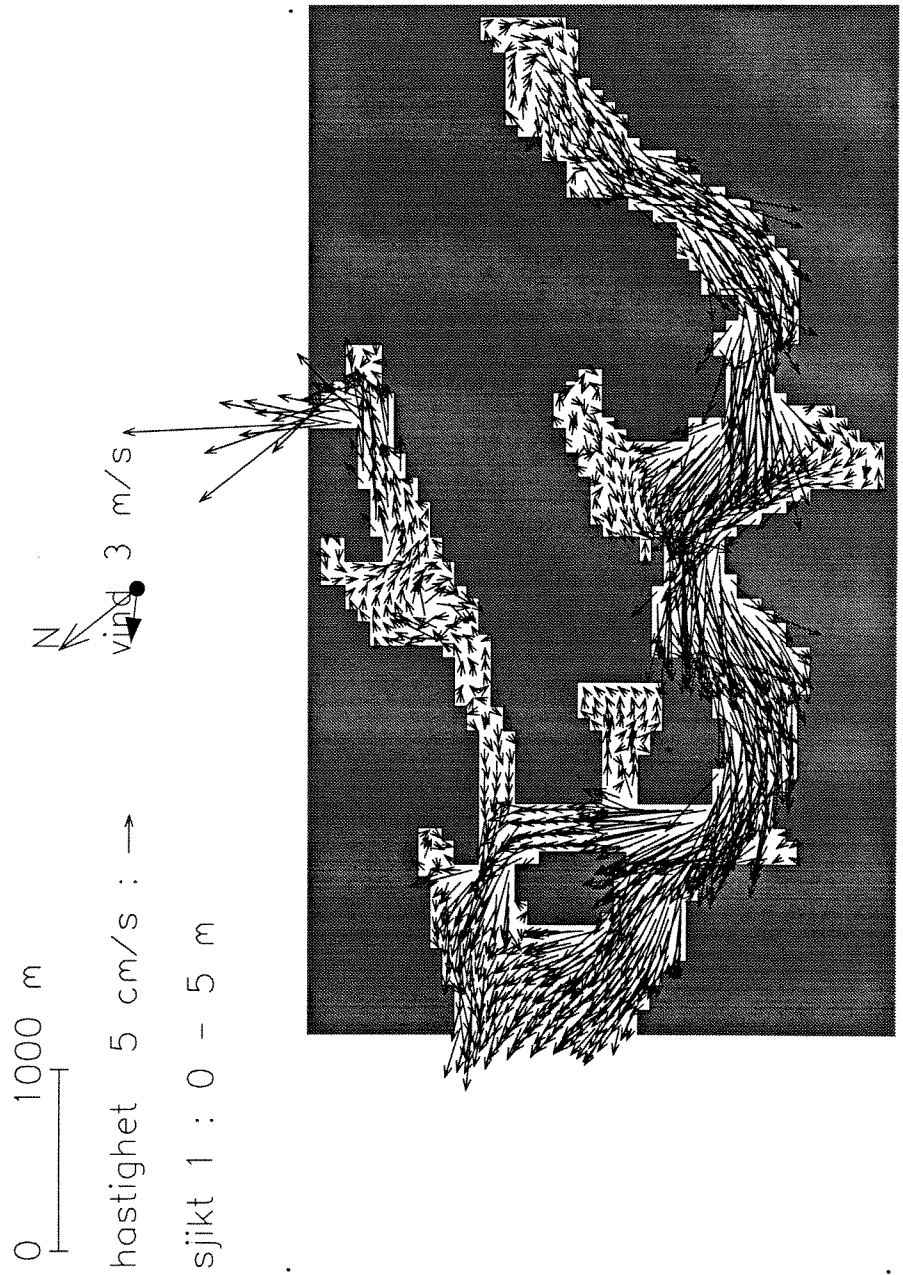


SJIKT 4 : 40 - 70 M

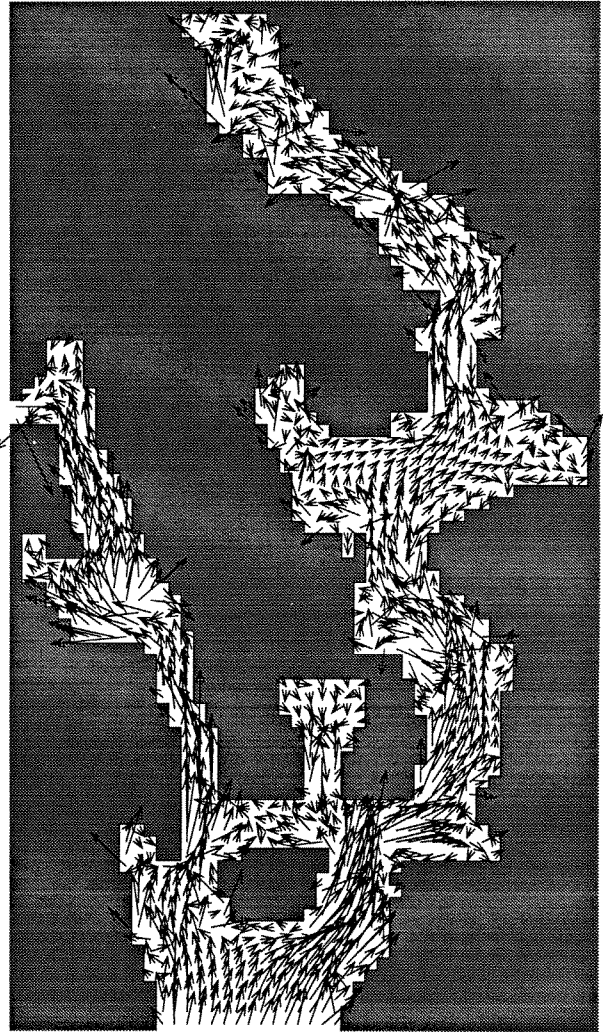


**Fig. 5**

**Vind: 3 m/s mot nord-vest  
Med sprangsjikt**

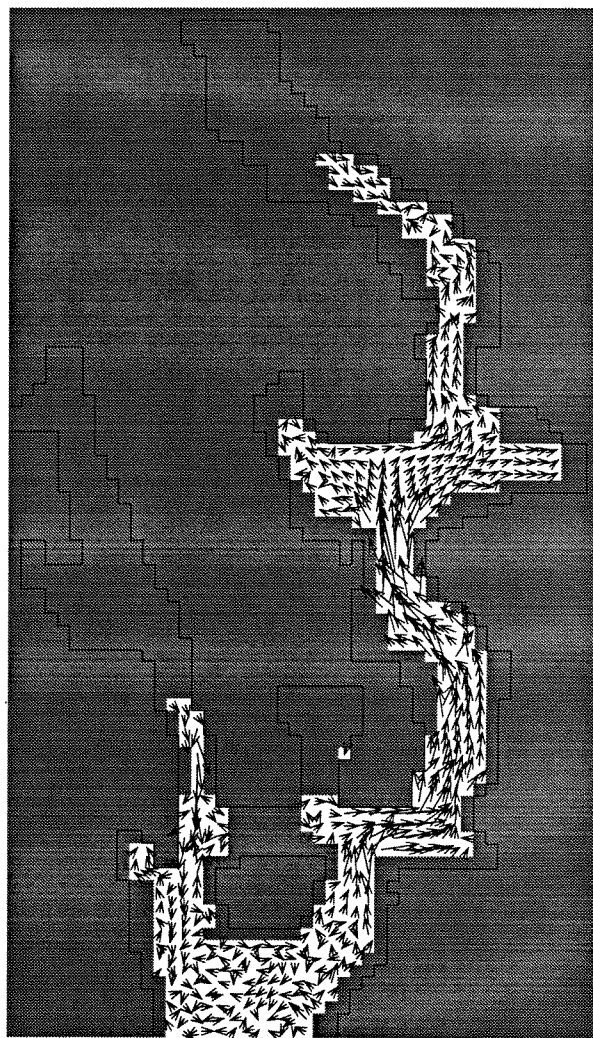


0 ——— 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
vind 3 m/s : ↘  
sjikt 2 : 5 - 20 m





0 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
vind 3 m/s



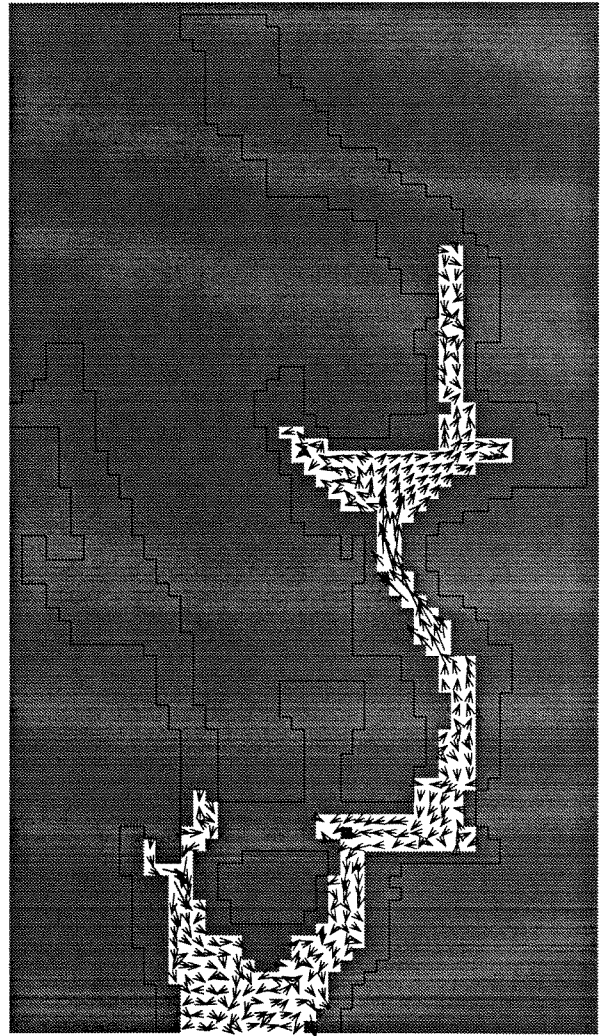


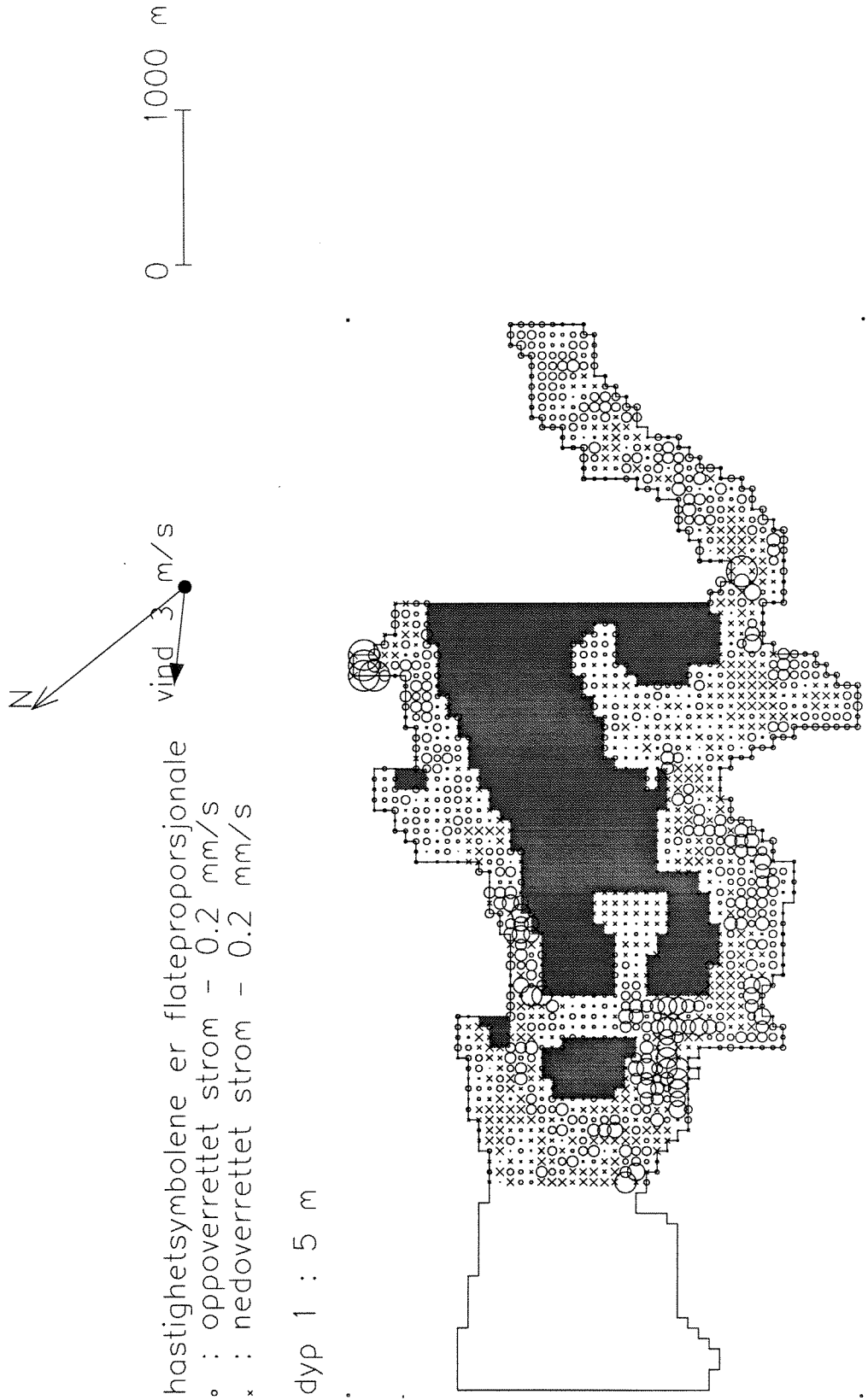
0 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

sjikt 4 : 40 m - bunn

vind 3 m/s

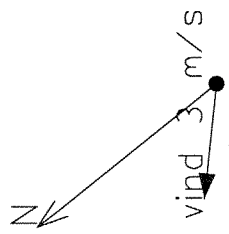







hastighetsymbolene er flateprosjonale  
o : oppoverrettet strøm - 0.2 mm/s  
x : nedoverrettet strøm - 0.2 mm/s

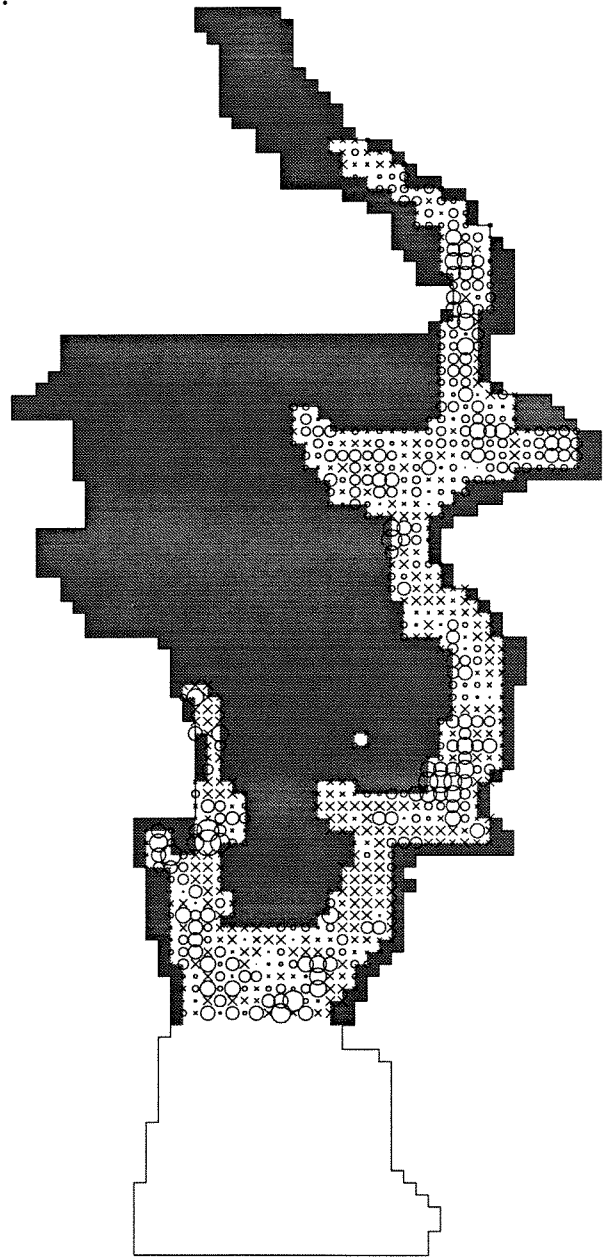
vind 3 m/s

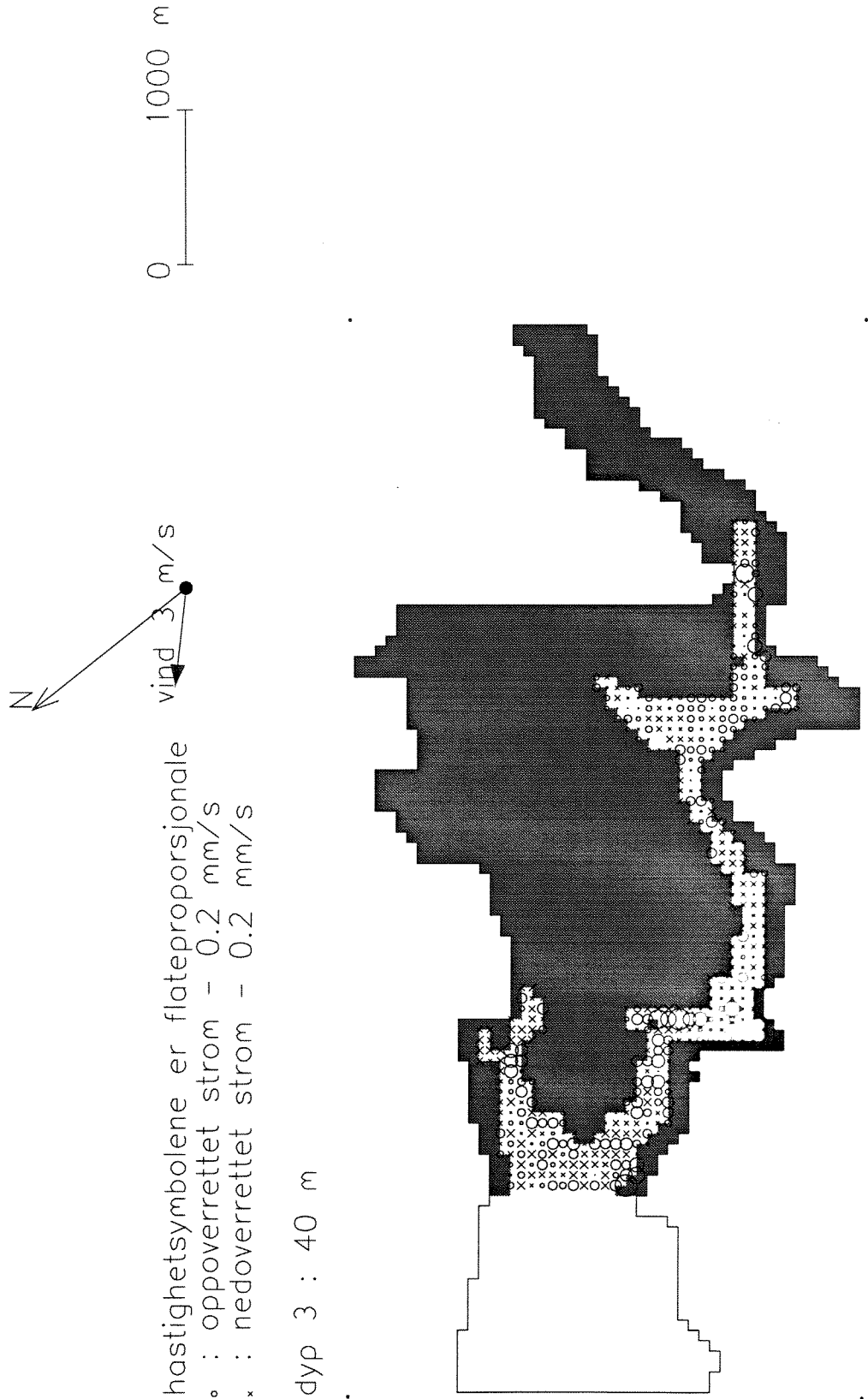


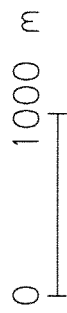
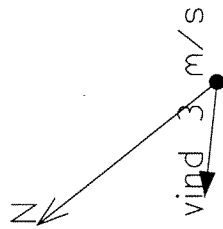
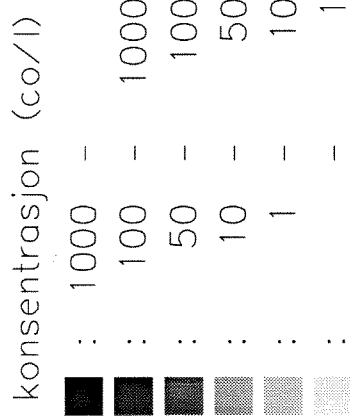
0 1000 m



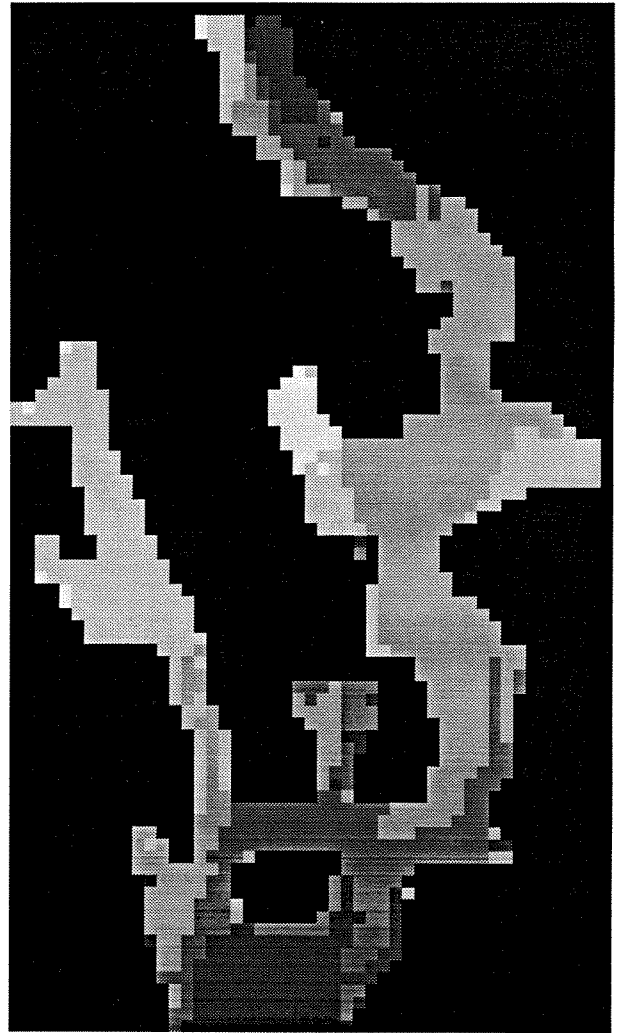
dyp 2 : 20 m

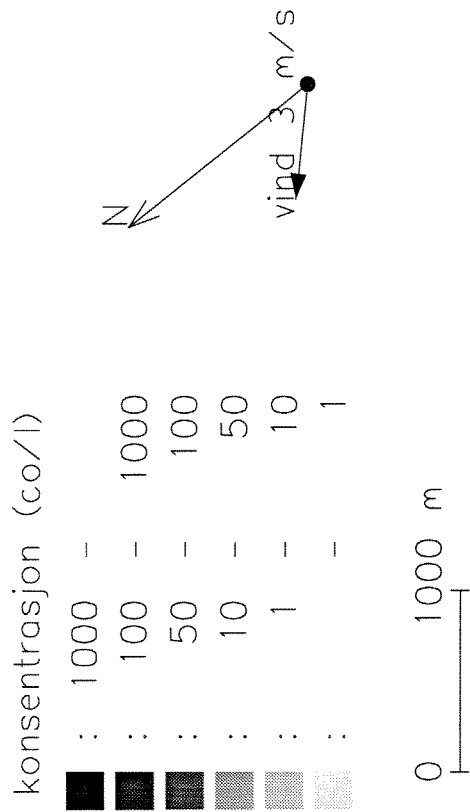




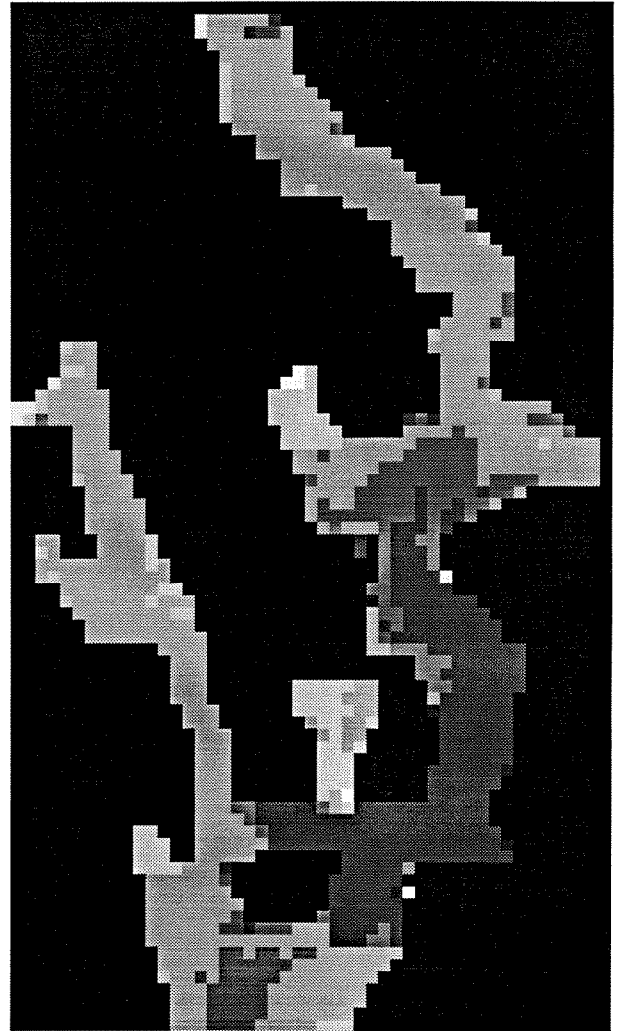


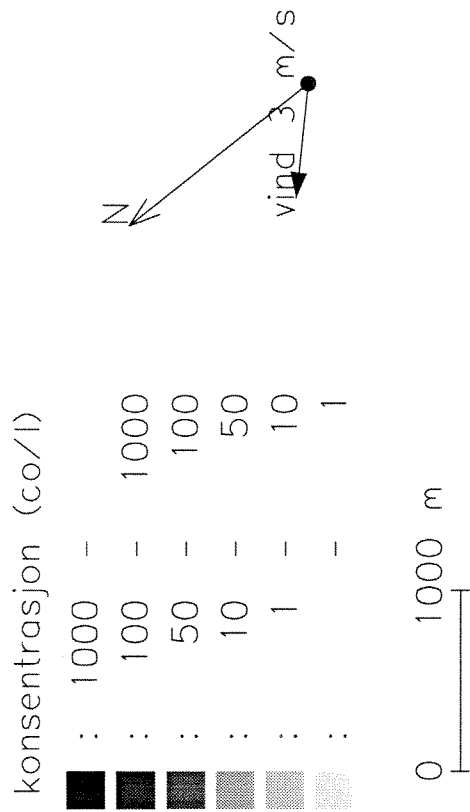
SJIKT 1 : 0 - 5 M



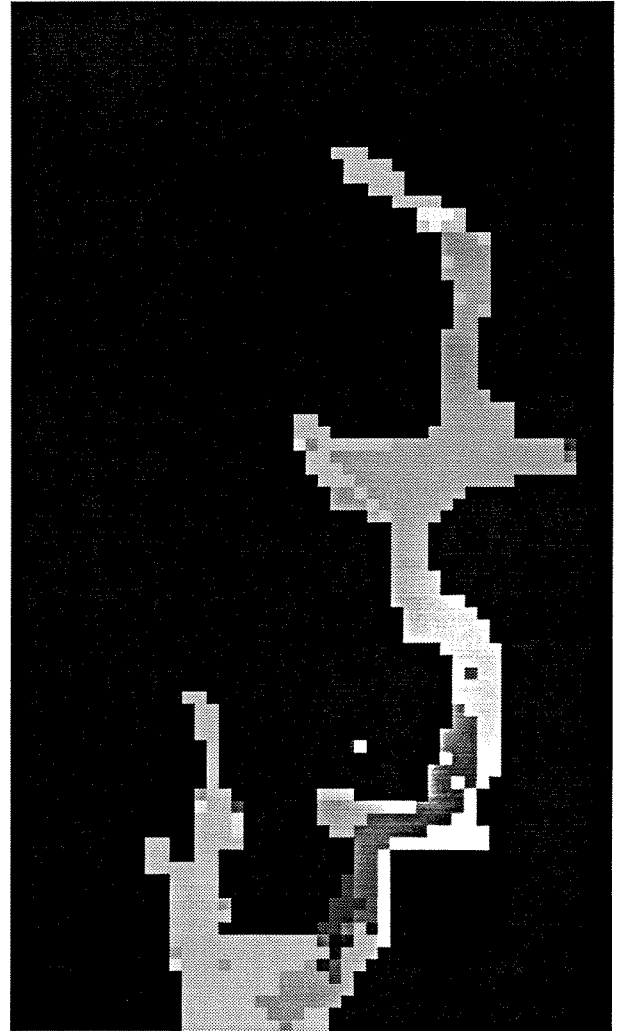


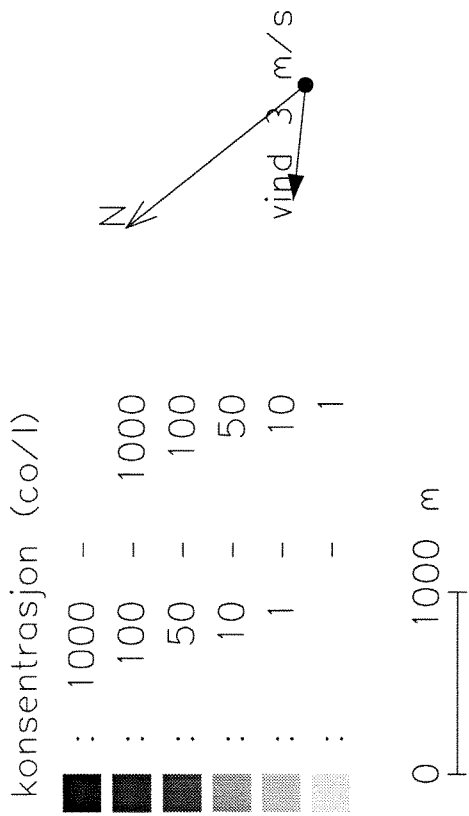
SJIKT 2 : 5 - 20 M



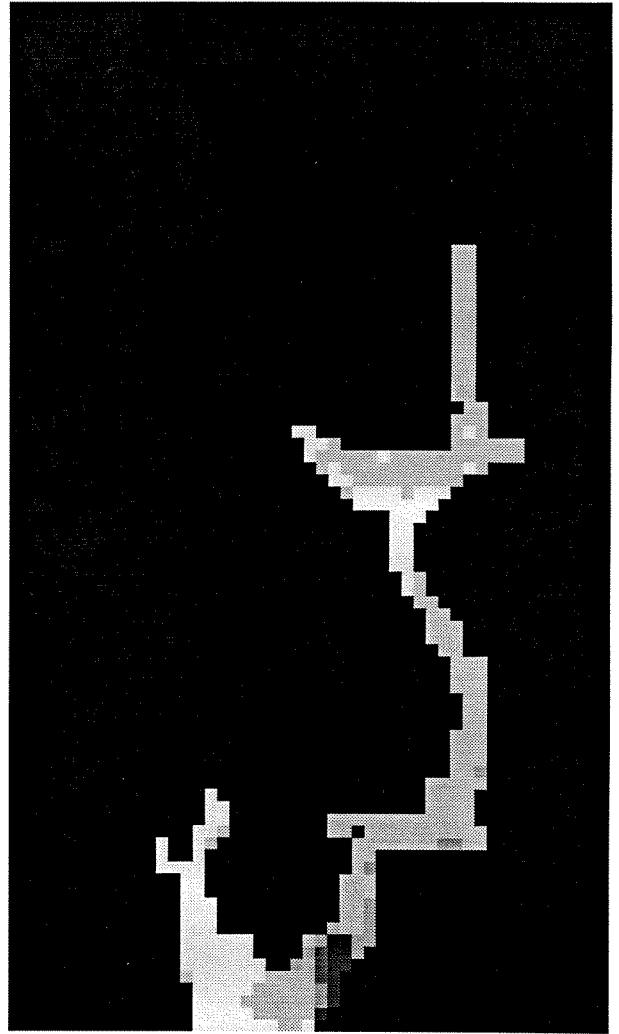


SJIKT 3 : 20 - 40 M

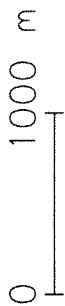
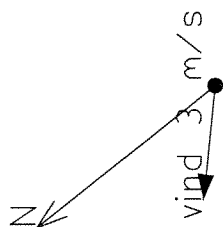
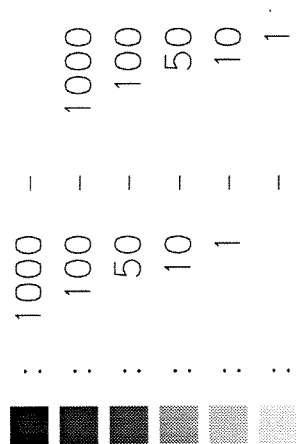




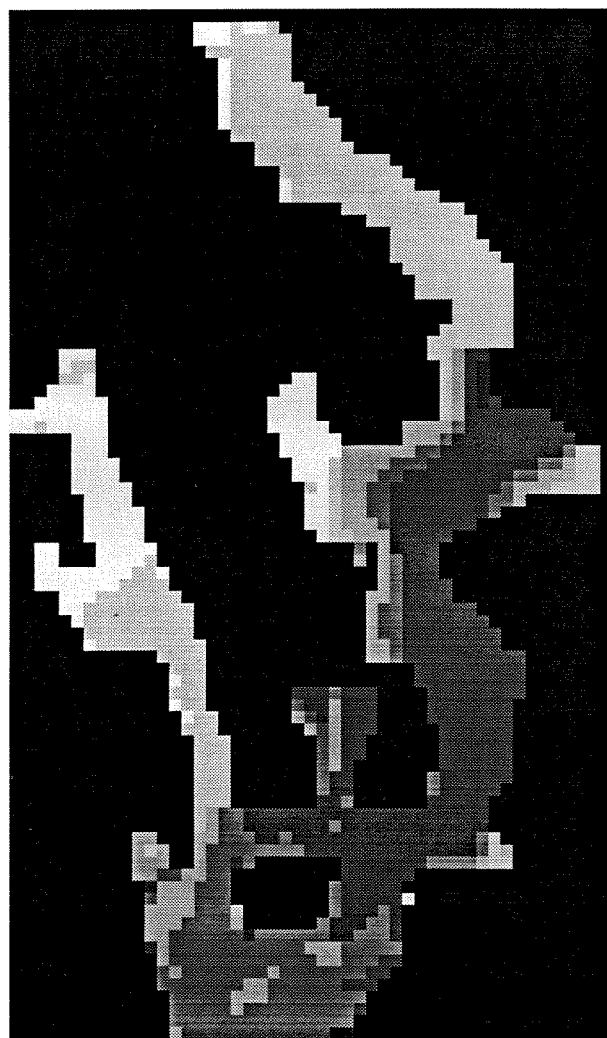
SJIKT 4 : 40 - 70 M



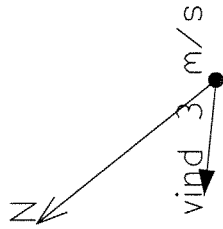
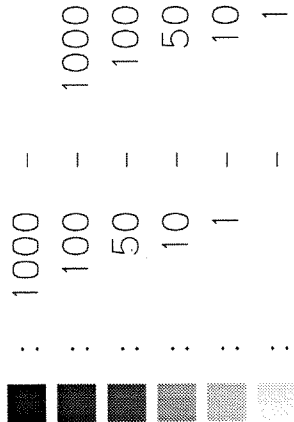
konsentrasjon (- /l)



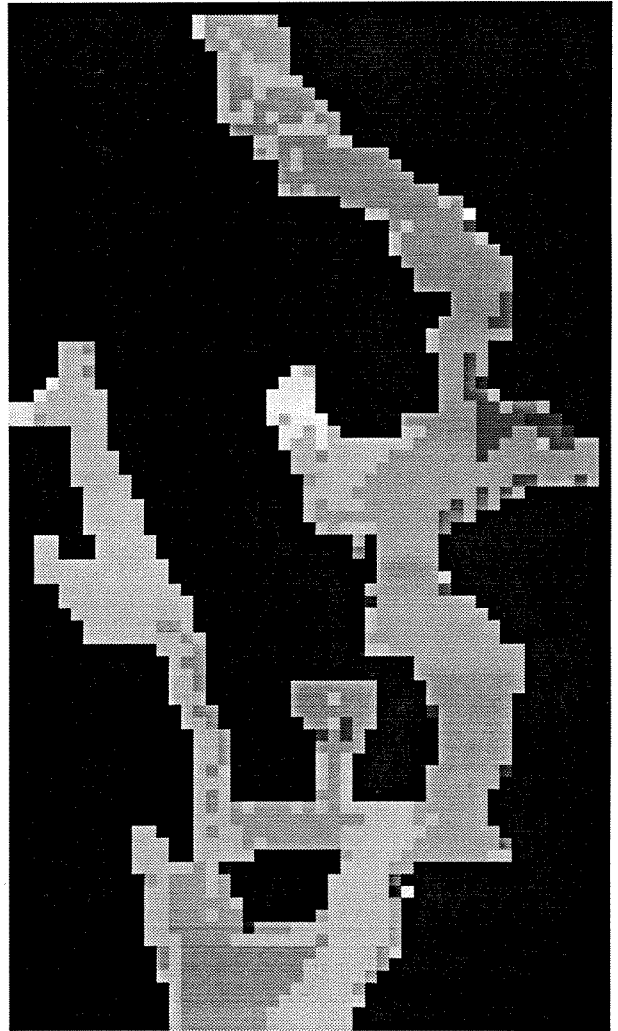
SJIKT 1 : 0 - 5 M



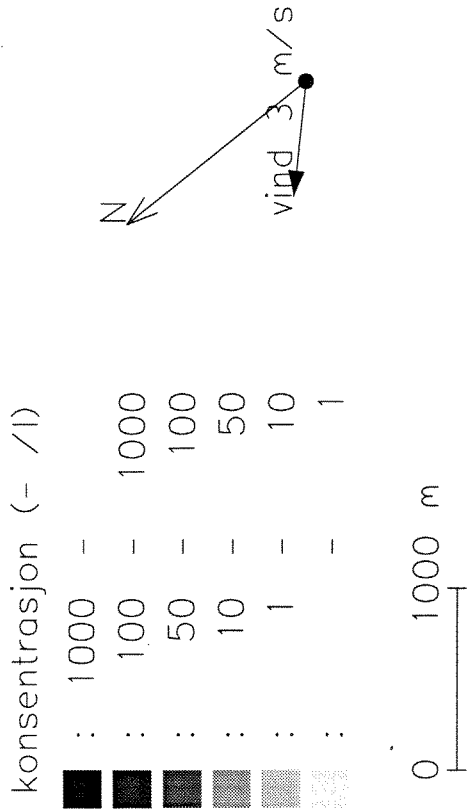
konsentrasjon (- /l)



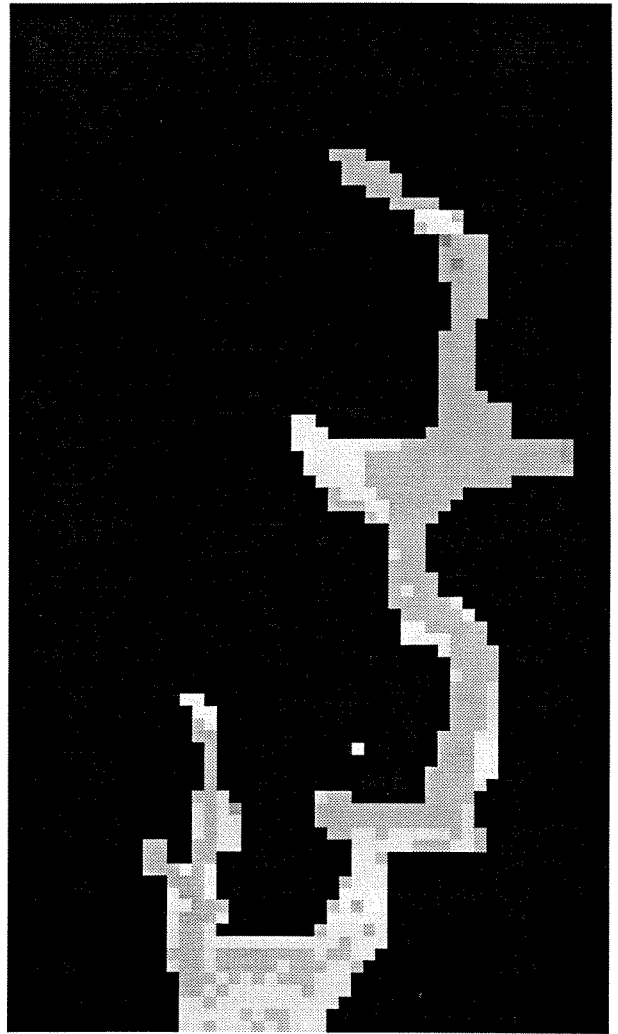
SJIKT 2 : 5 - 20 M



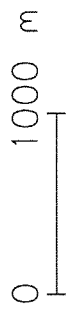
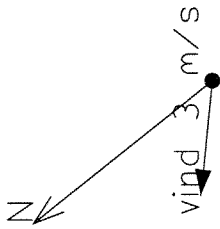
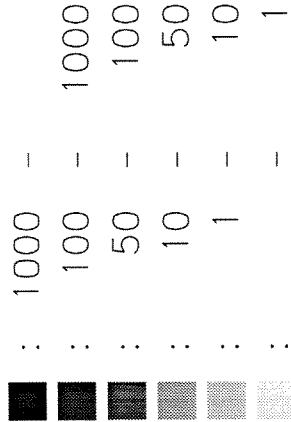




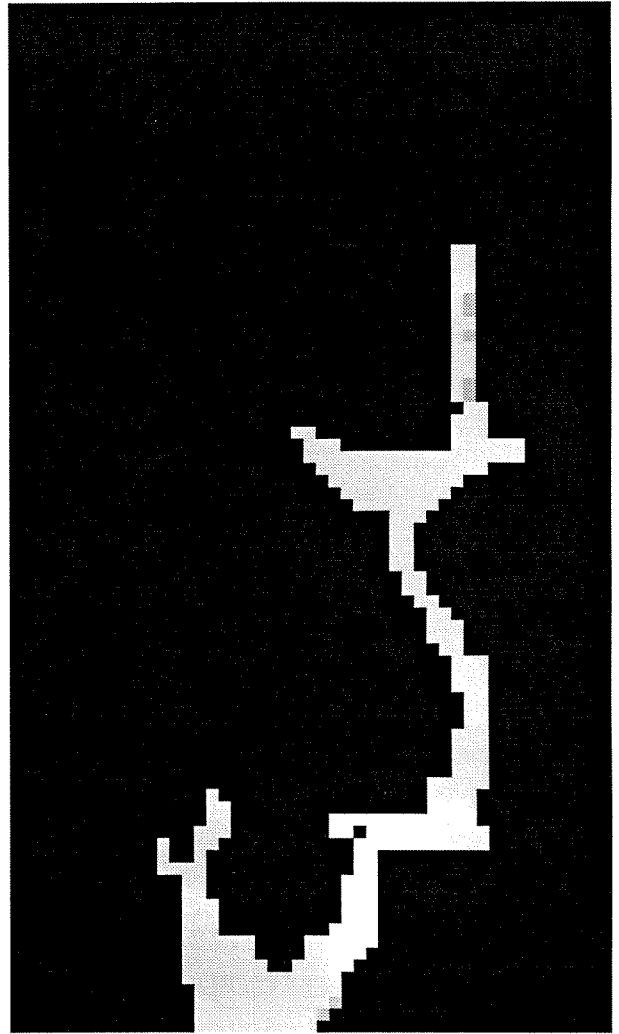
SJIKT 3 : 20 - 40 M



konsentrasjon (- /l)

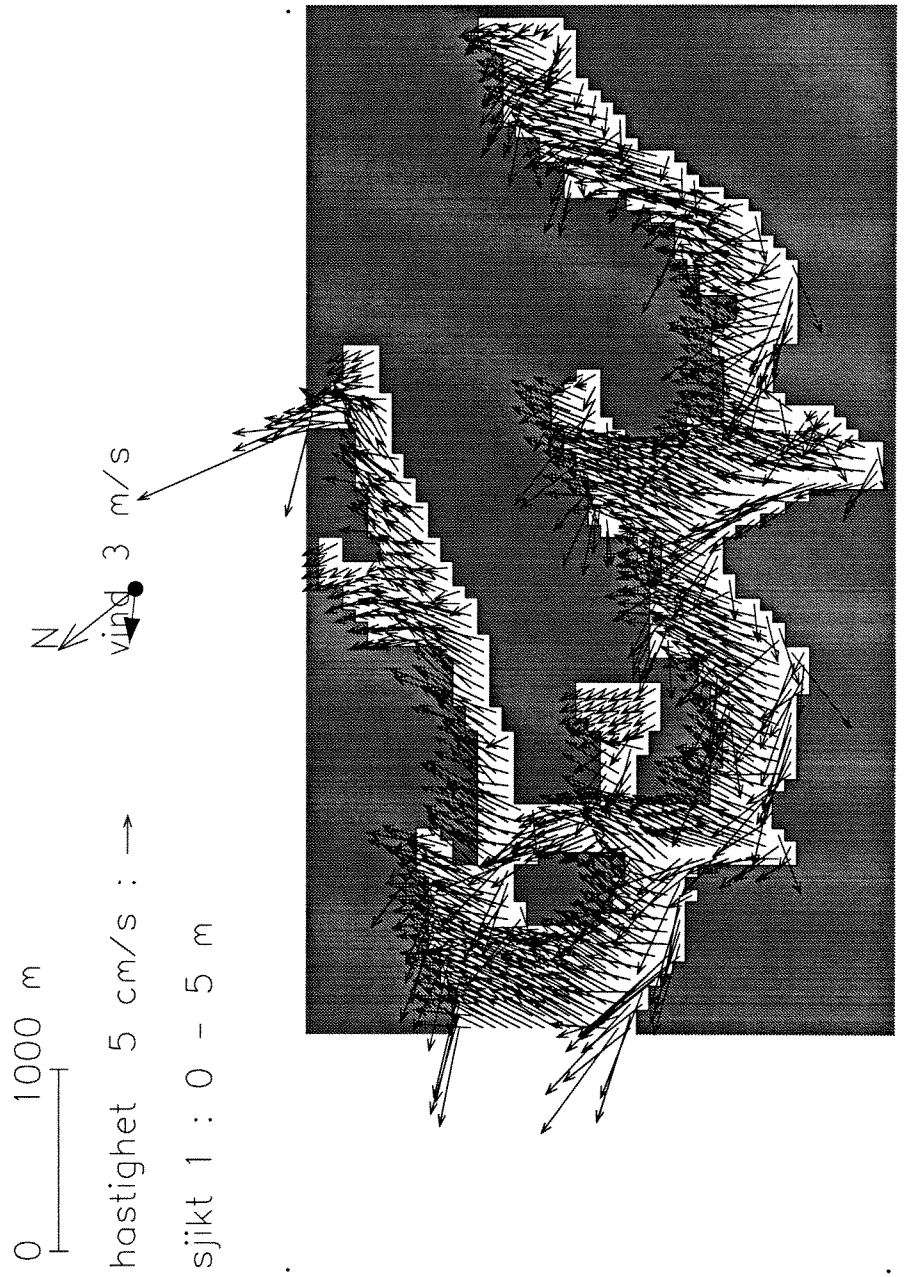


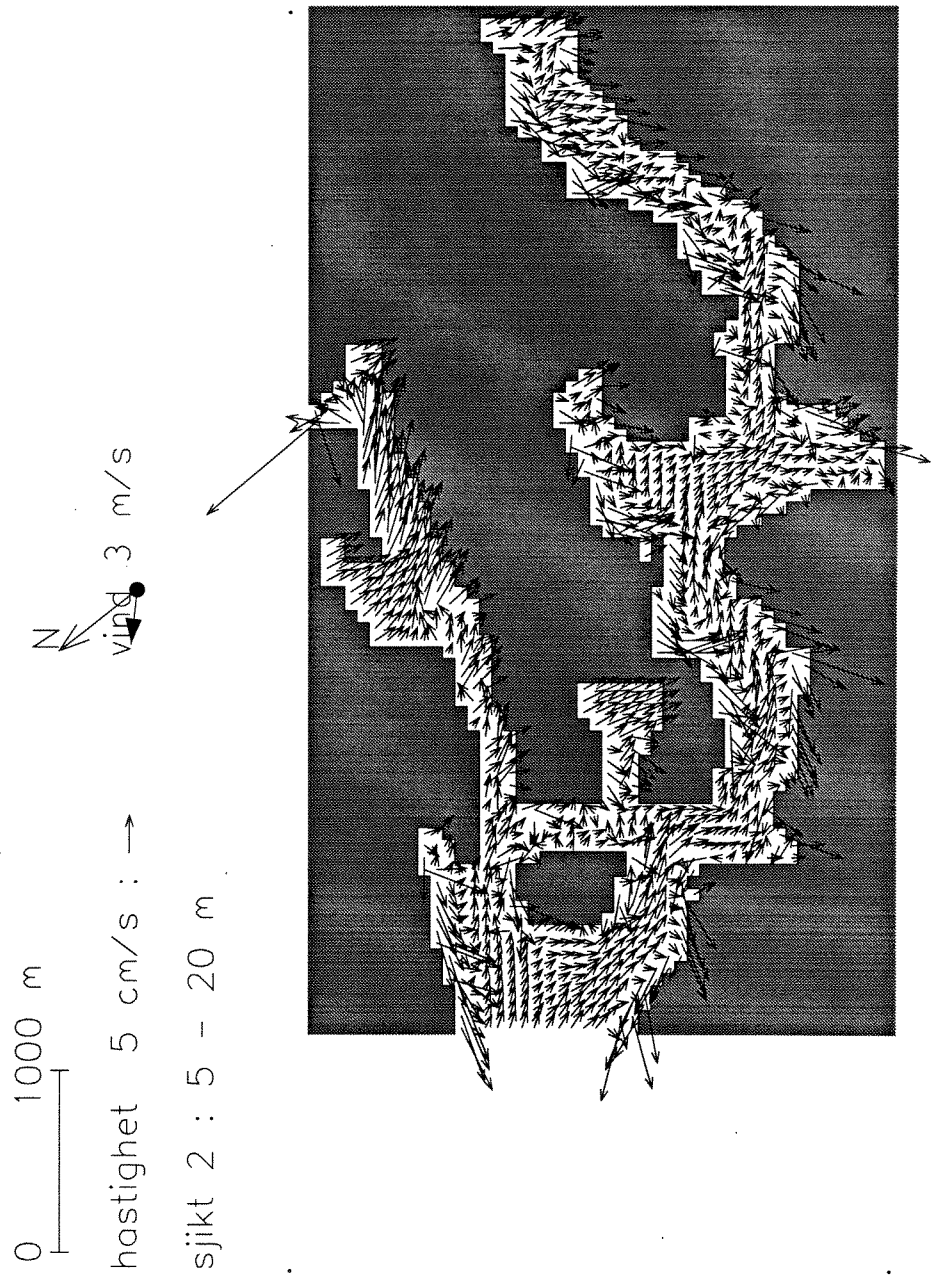
SJIKT 4 : 40 - 70 M



**Fig. 6**

**Vind: vind 3 m/s mot nord-vest  
Uten sprangsjikt**



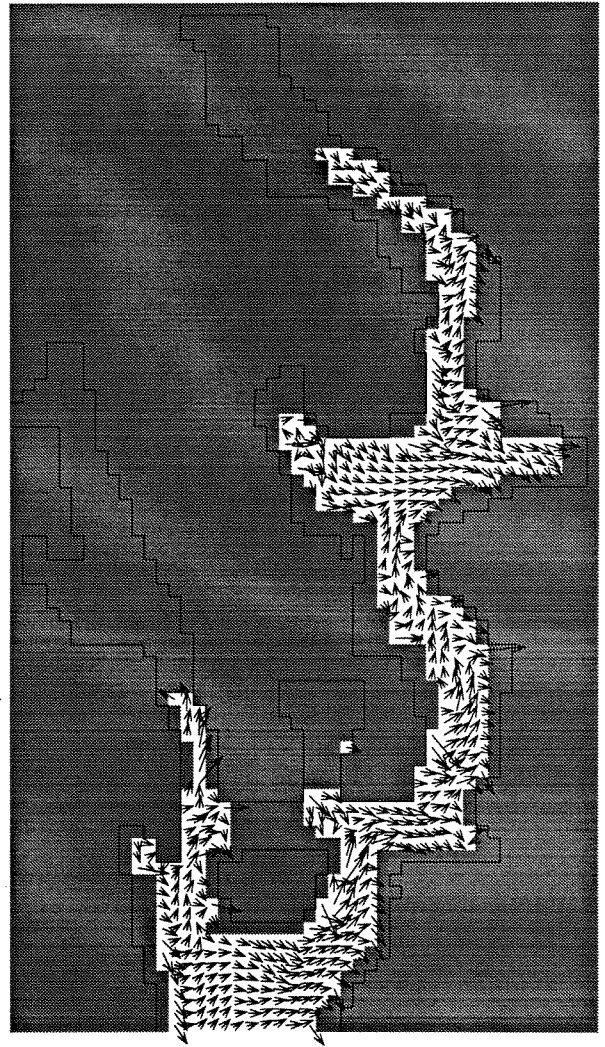


0 1000 m

vind 3 m/s

hastighet 5 cm/s : →

sjikt 3 : 20 - 40 m

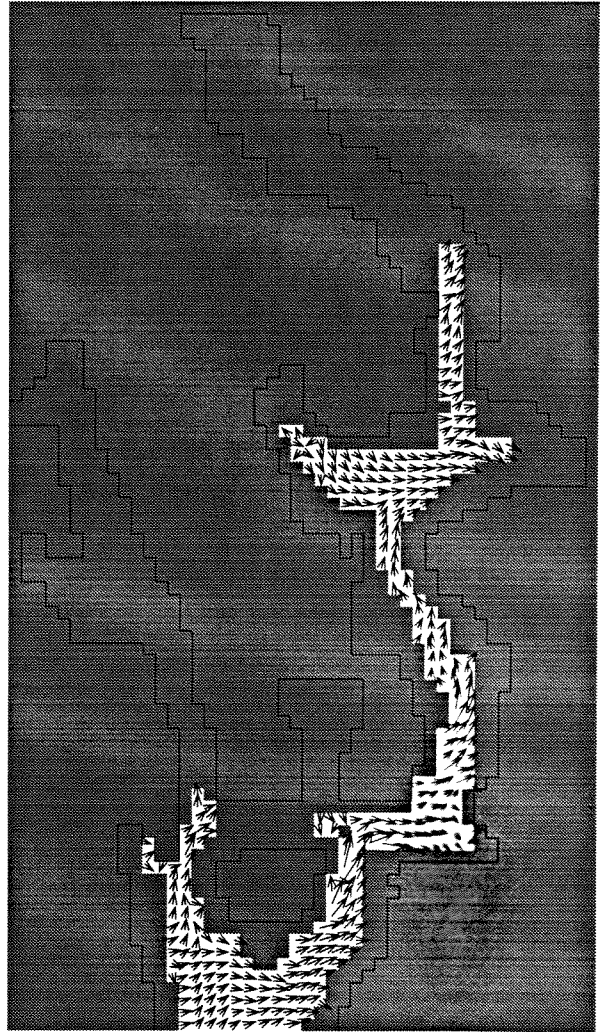


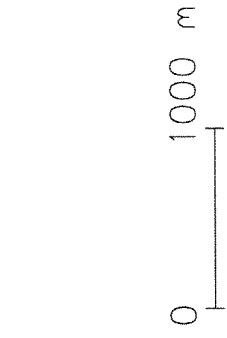
0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

vind 3 m/s

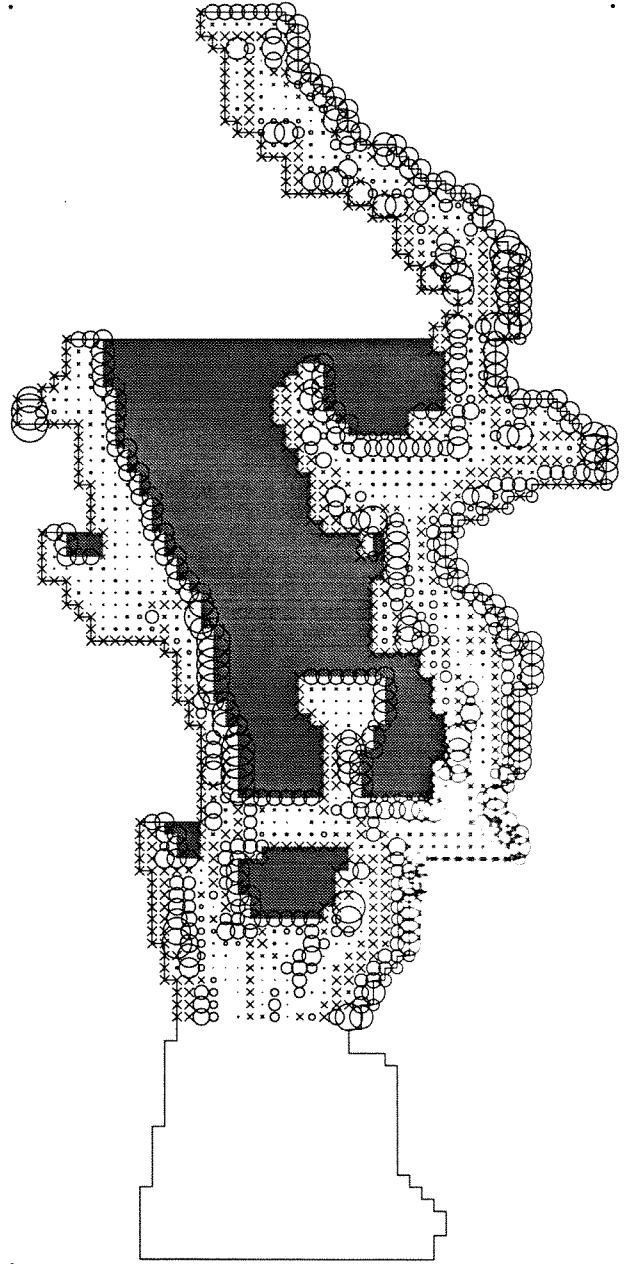
sjikt 4 : 40 m - bunn



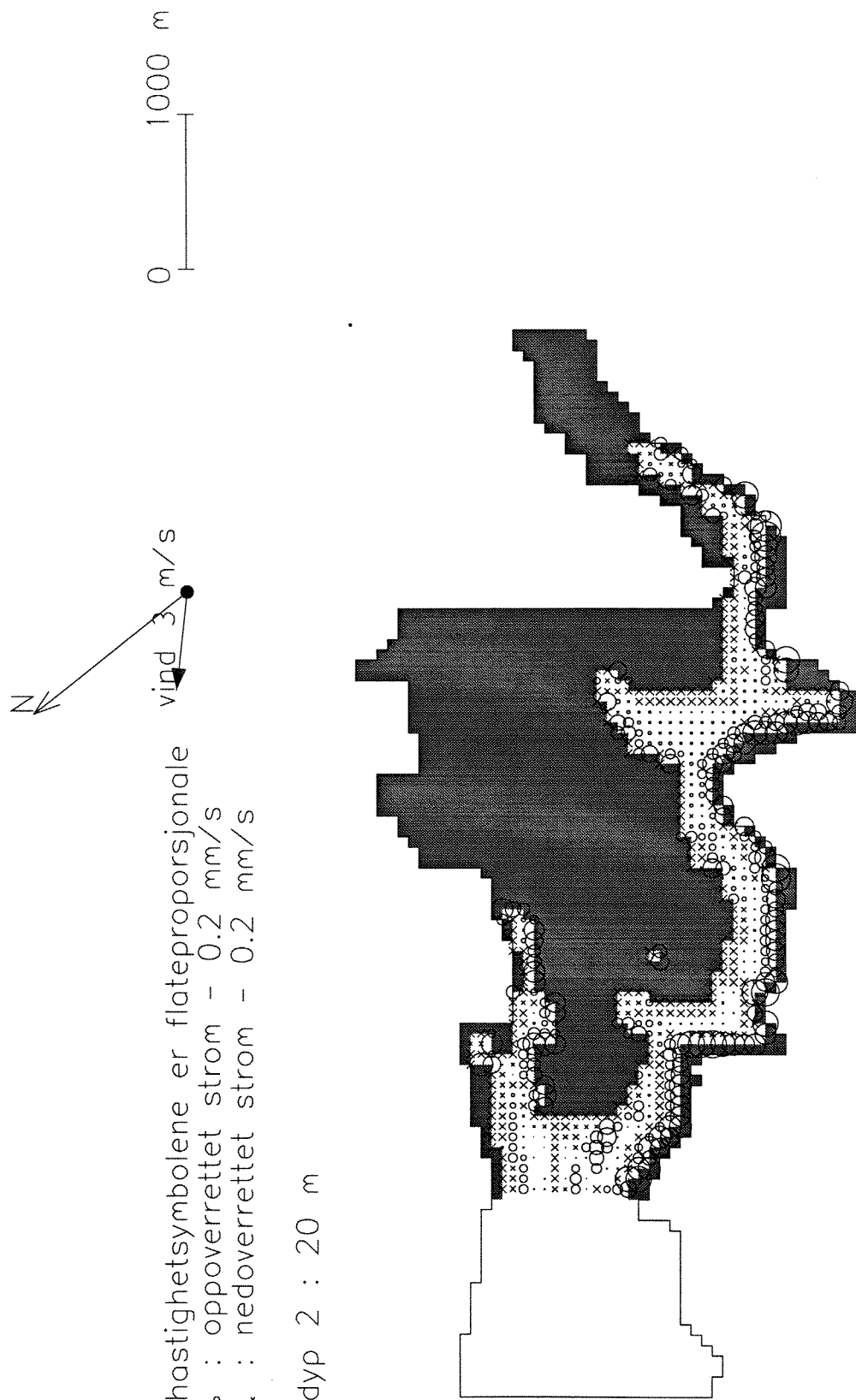


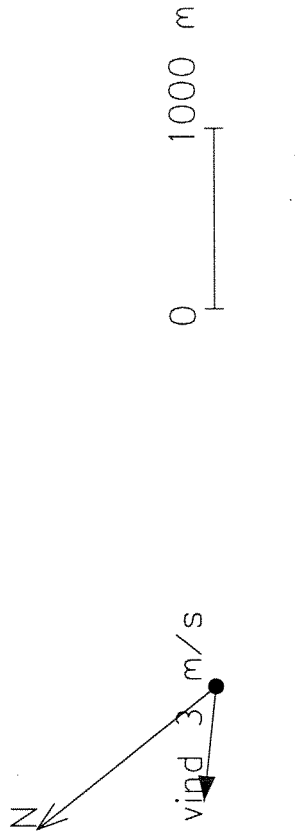
hastighetsymbolene er flateproporsjonale  
o : oppoverrettet strøm - 0.2 mm/s  
x : nedoverrettet strøm - 0.2 mm/s

dyp 1 : 5 m



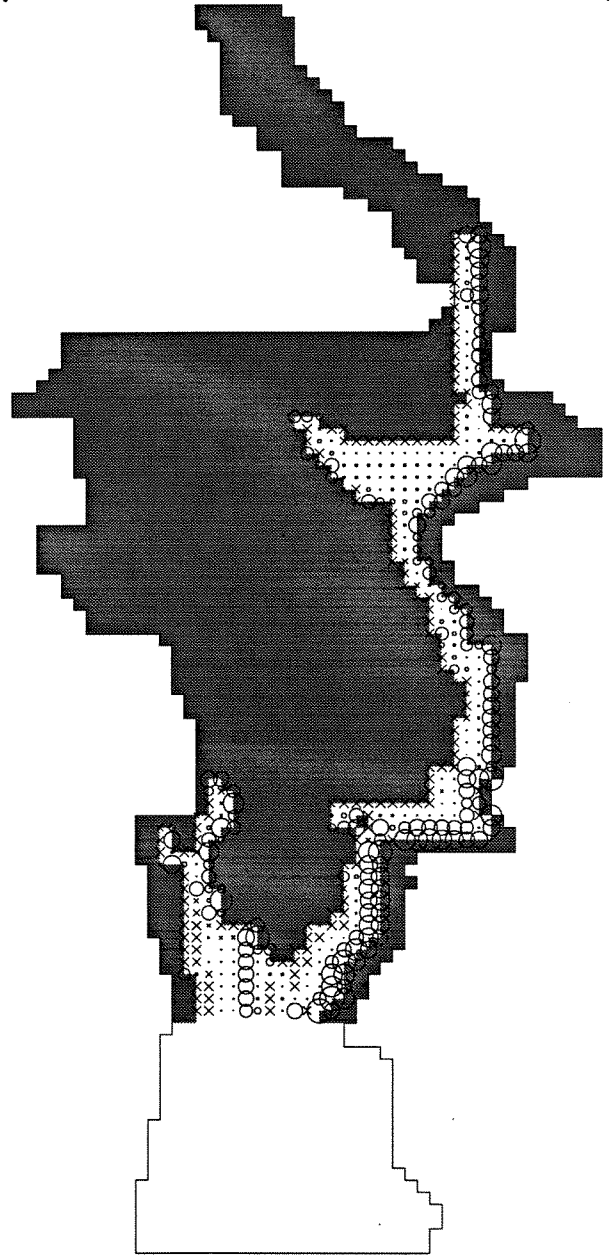




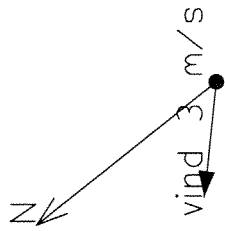
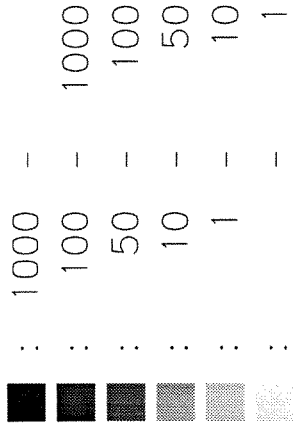


hastighetsymbolene er flateprosjonale  
o : oppoverrettet strøm - 0.2 mm/s  
x : nedoverrettet strøm - 0.2 mm/s

dyp 3 : 40 m

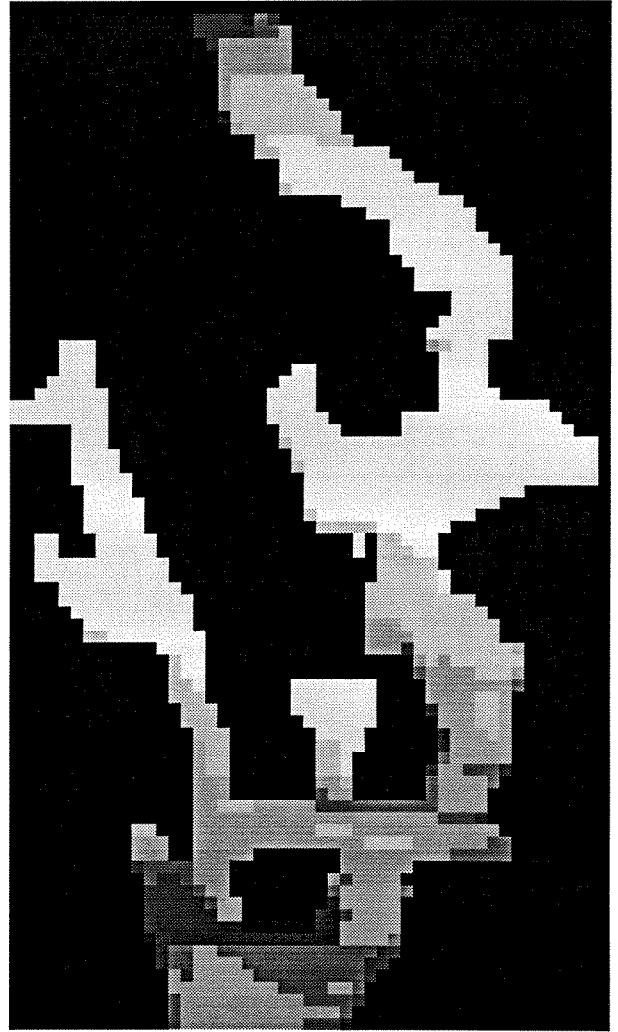


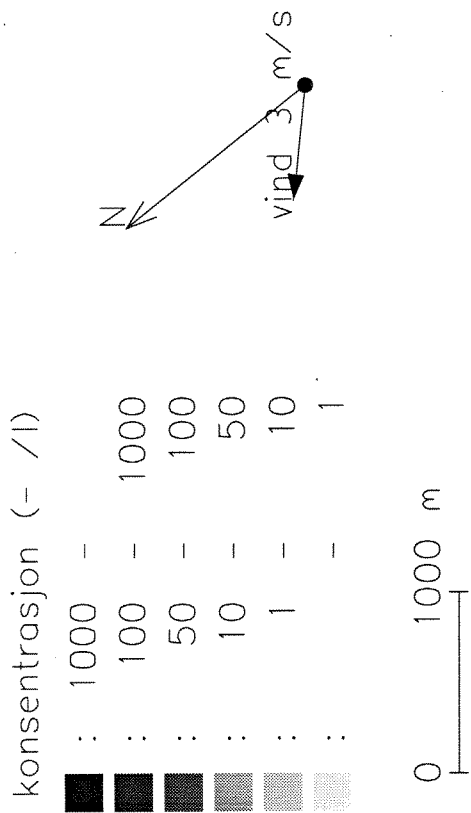
konsentrasjon (- /l)



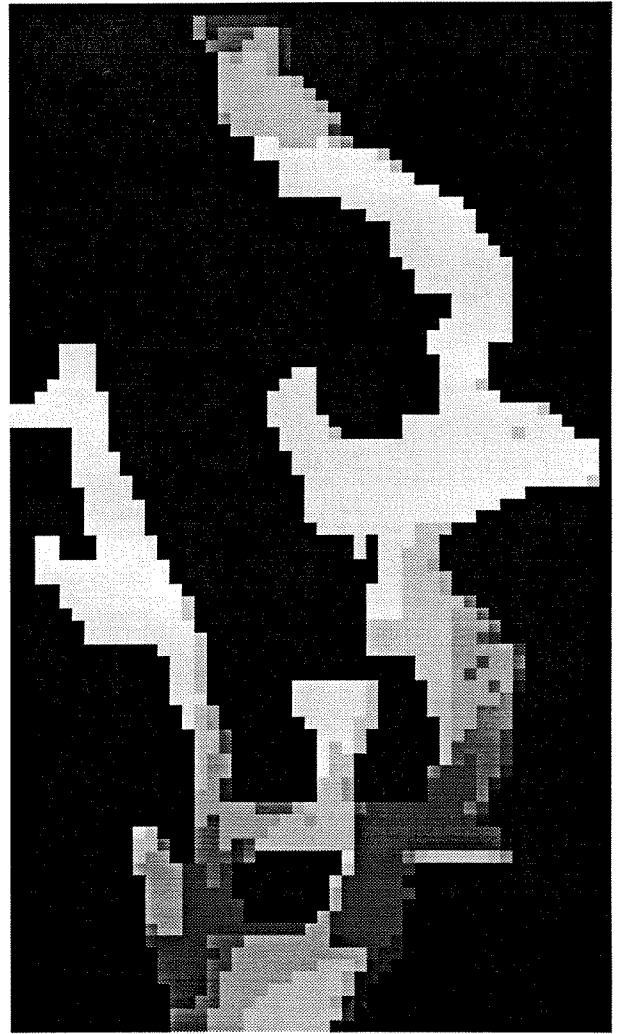
0 1000 m

SJIKT 1 : 0 - 5 M

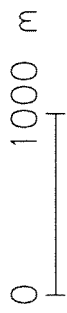
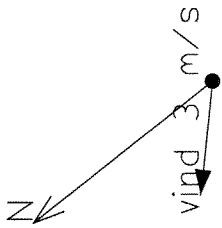
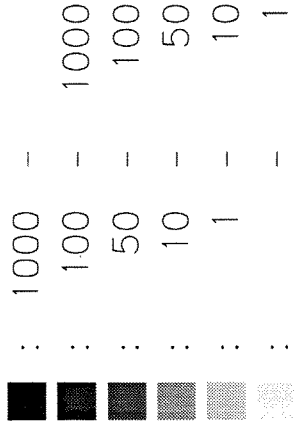




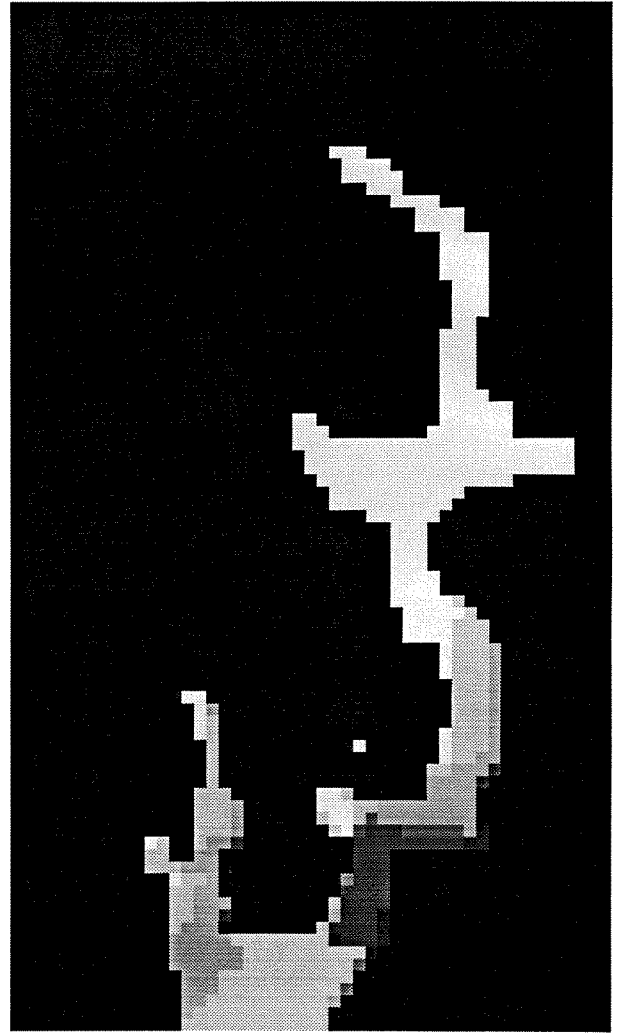
SJIKT 2 : 5 - 20 M



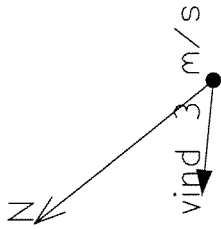
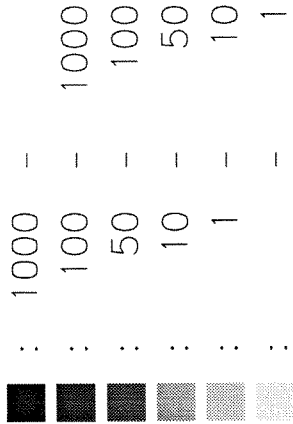
konsentrasjon (- /l)



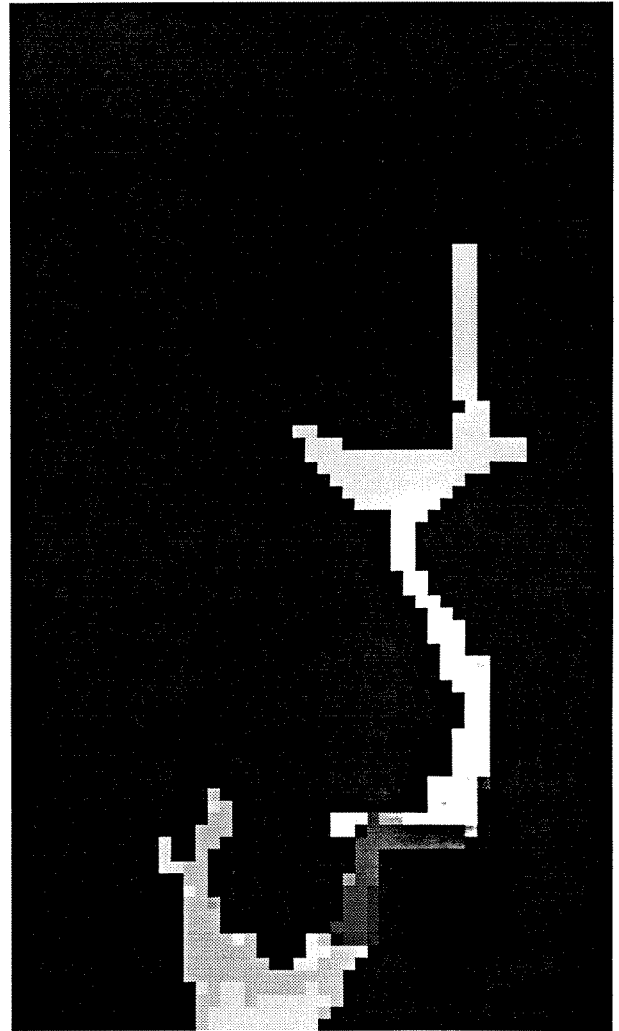
SJIKT 3 : 20 - 40 M



konsentrasjon (- /l)

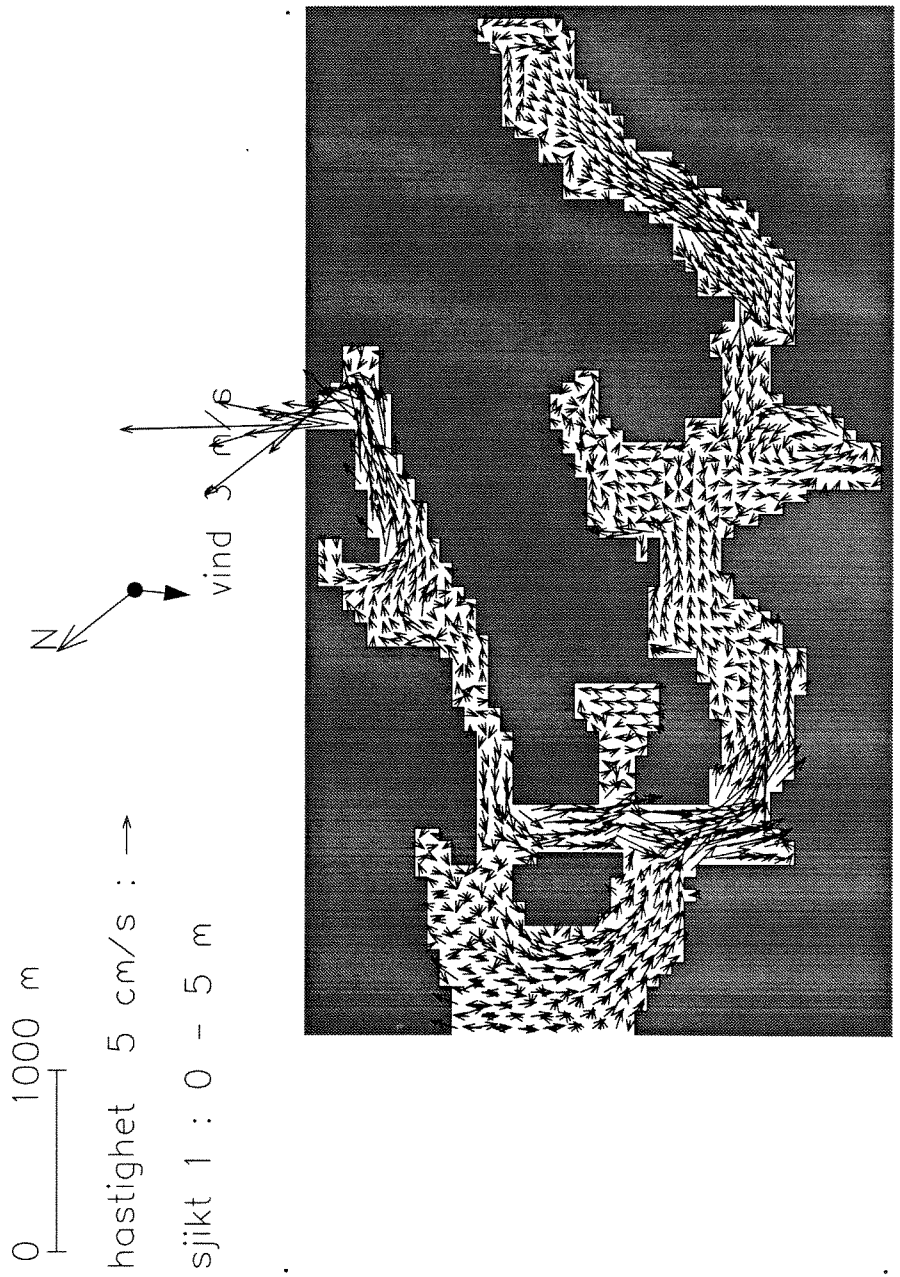


SJIKT 4 : 40 - 70 M



**Fig. 7**

**Vind 3 m/s mot sør-vest  
Med sprangsjikt**



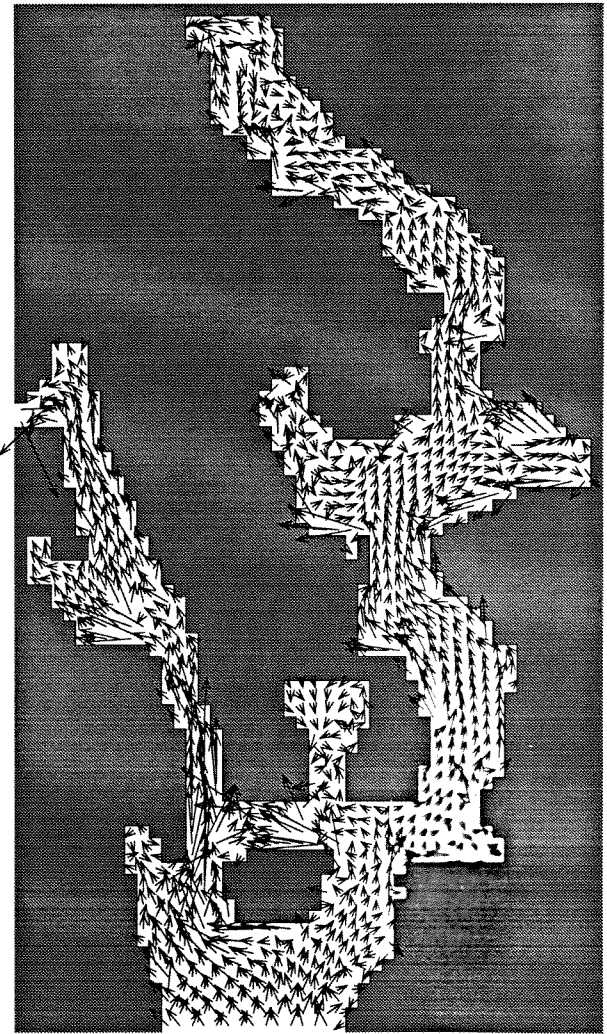


0 ——— 1000 m

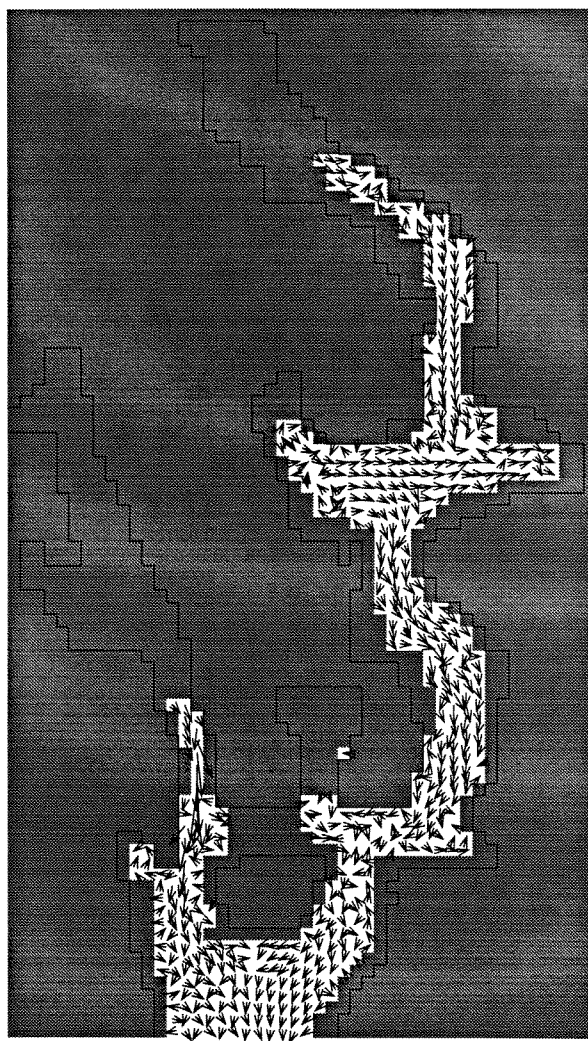
hastighet 5 cm/s : →

sjikt 2 : 5 - 20 m

vind 3 m/s



0 ——— 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
sjikt 3 : 20 - 40 m  
vind 3 m/s

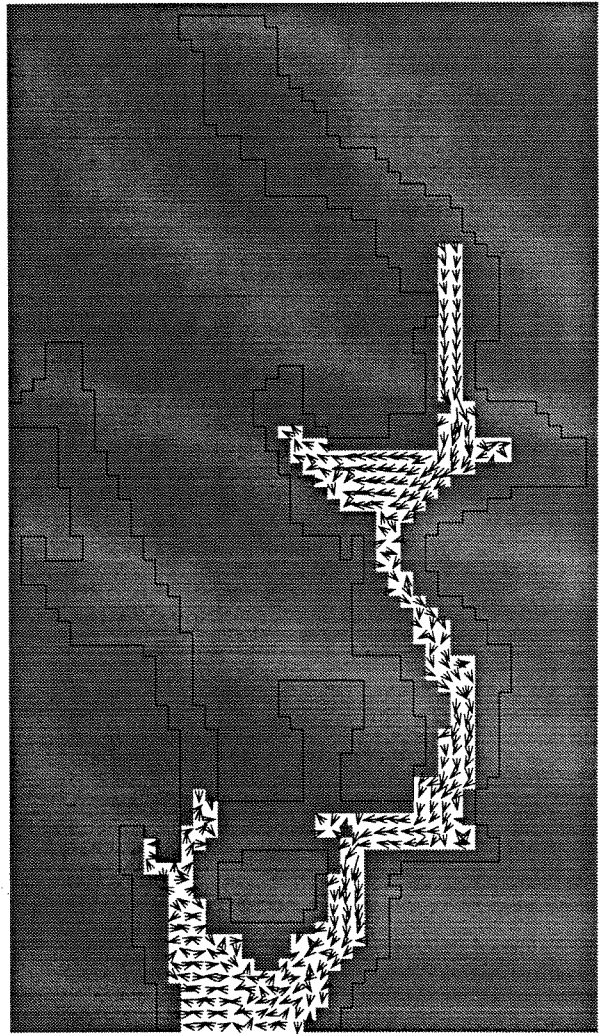


0 ——— 1000 m

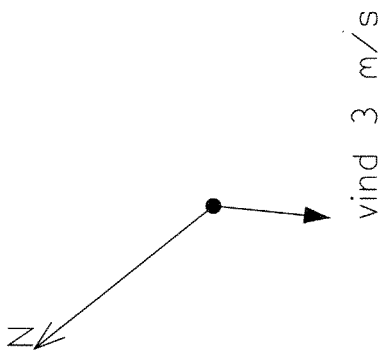
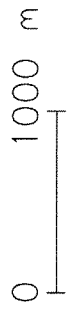
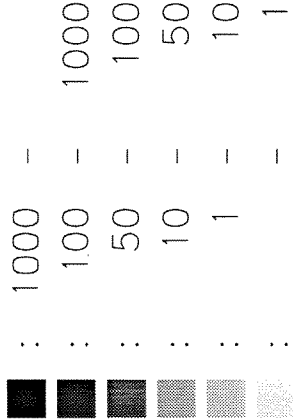
hastighet 5 cm/s : →

sjikt 4 : 40 m - bunn

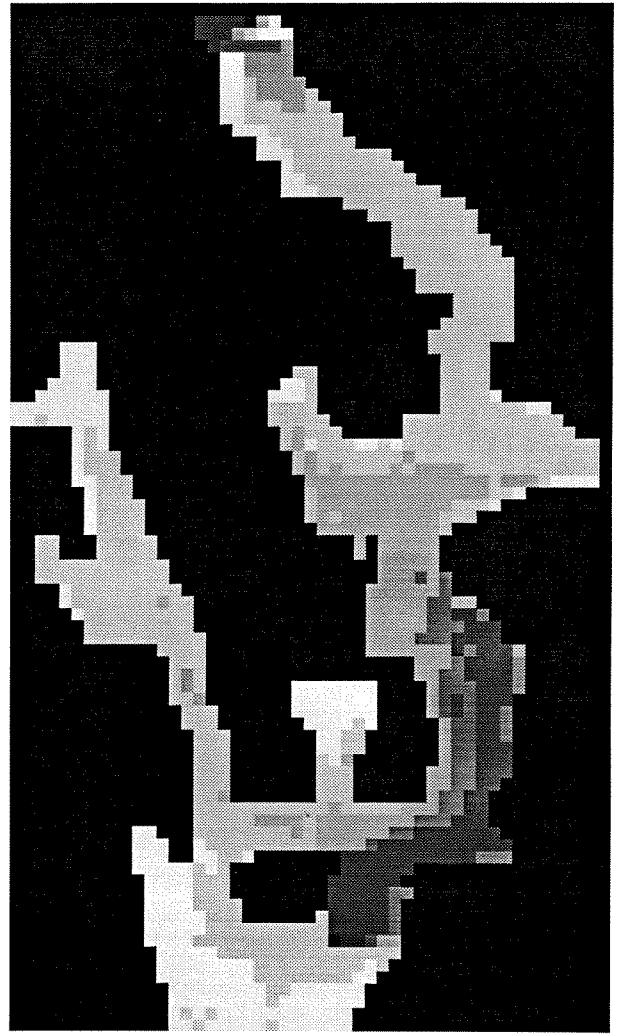
vind 3 m/s

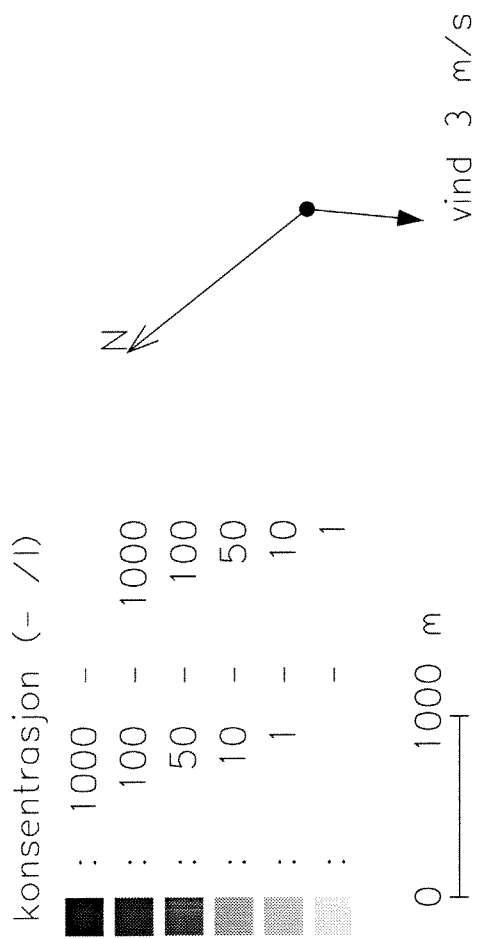


konsentrasjon (- /l)

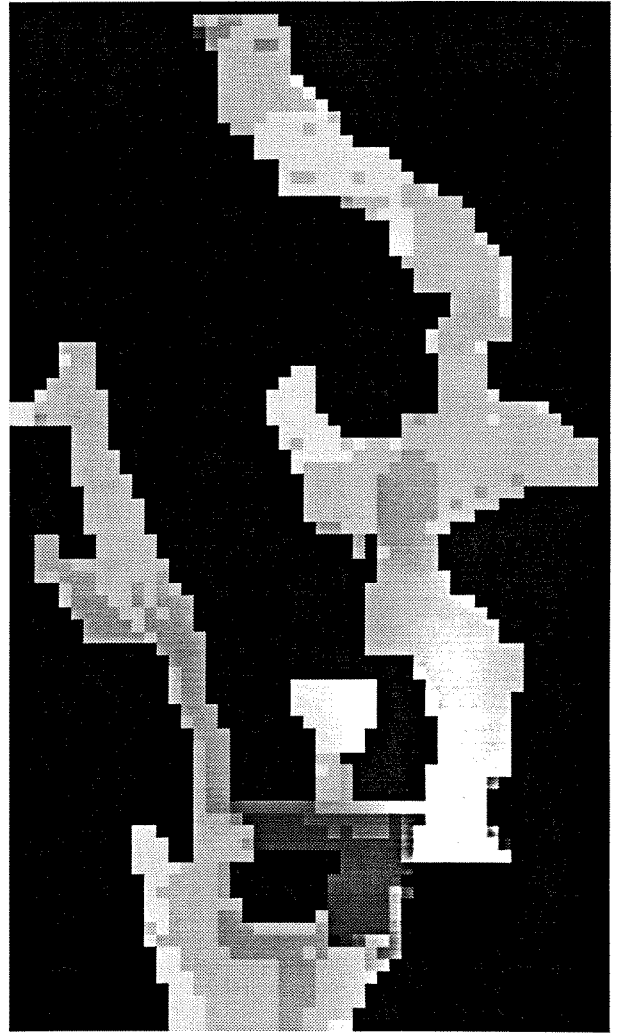


SJIKT 1 : 0 - 5 M

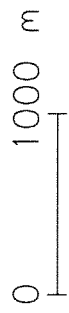
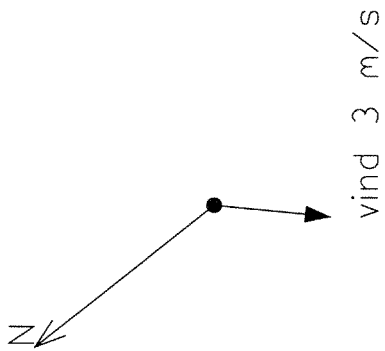
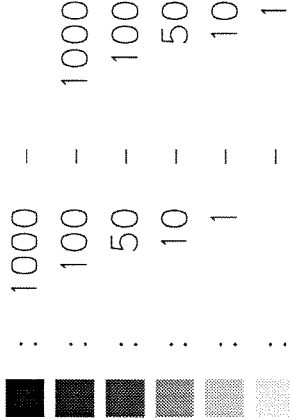




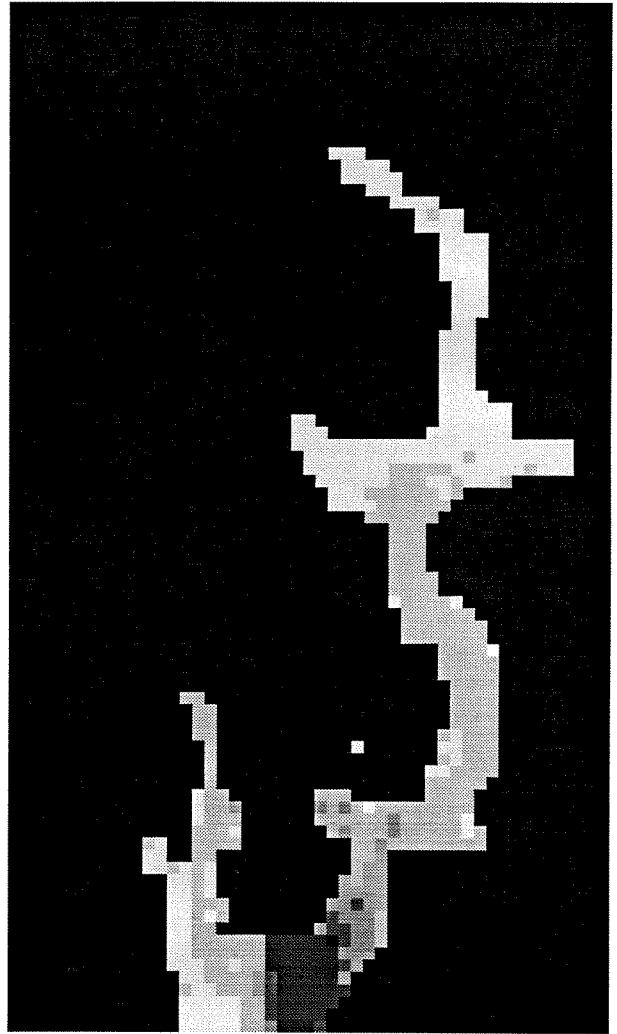
SJIKT 2 : 5 - 20 M

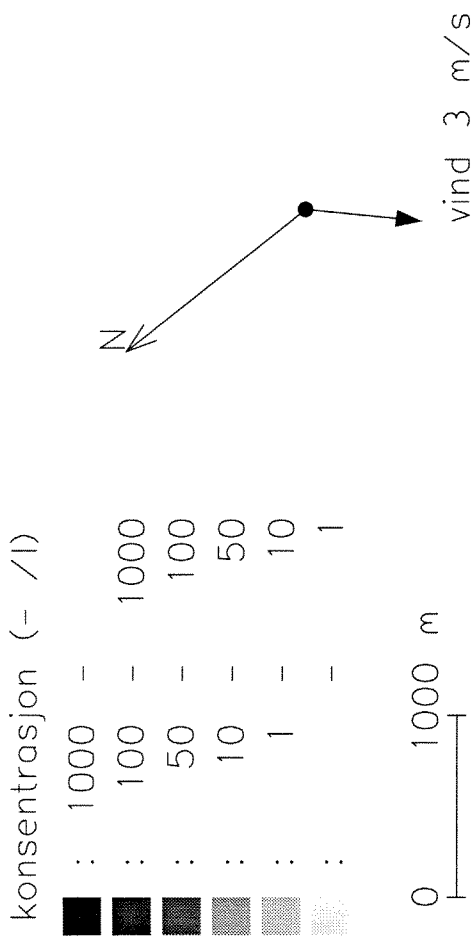


konsentrasjon (- /l)

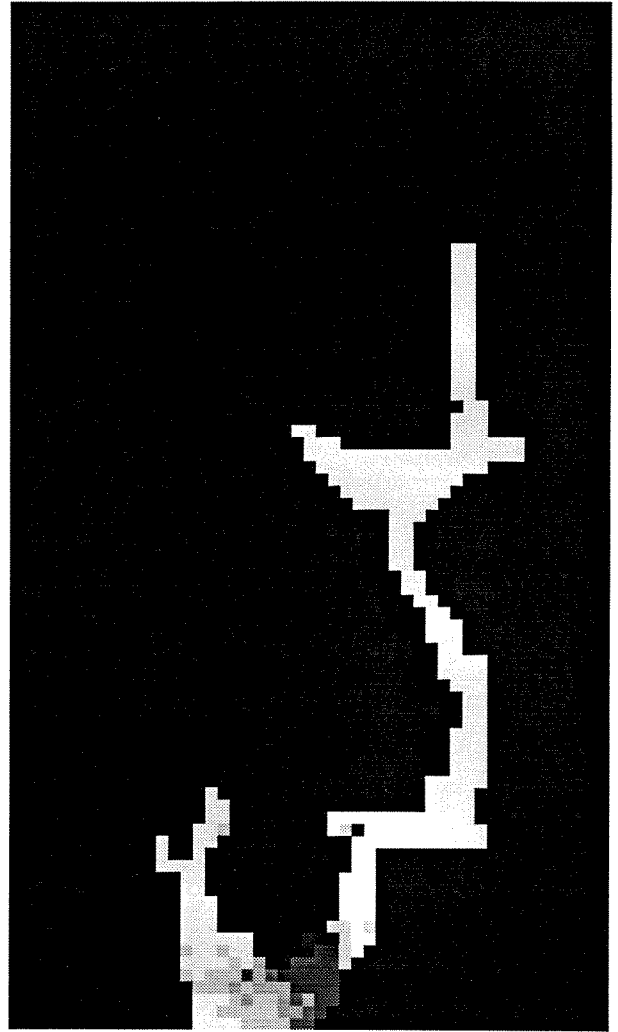


SJIKT 3 : 20 - 40 M





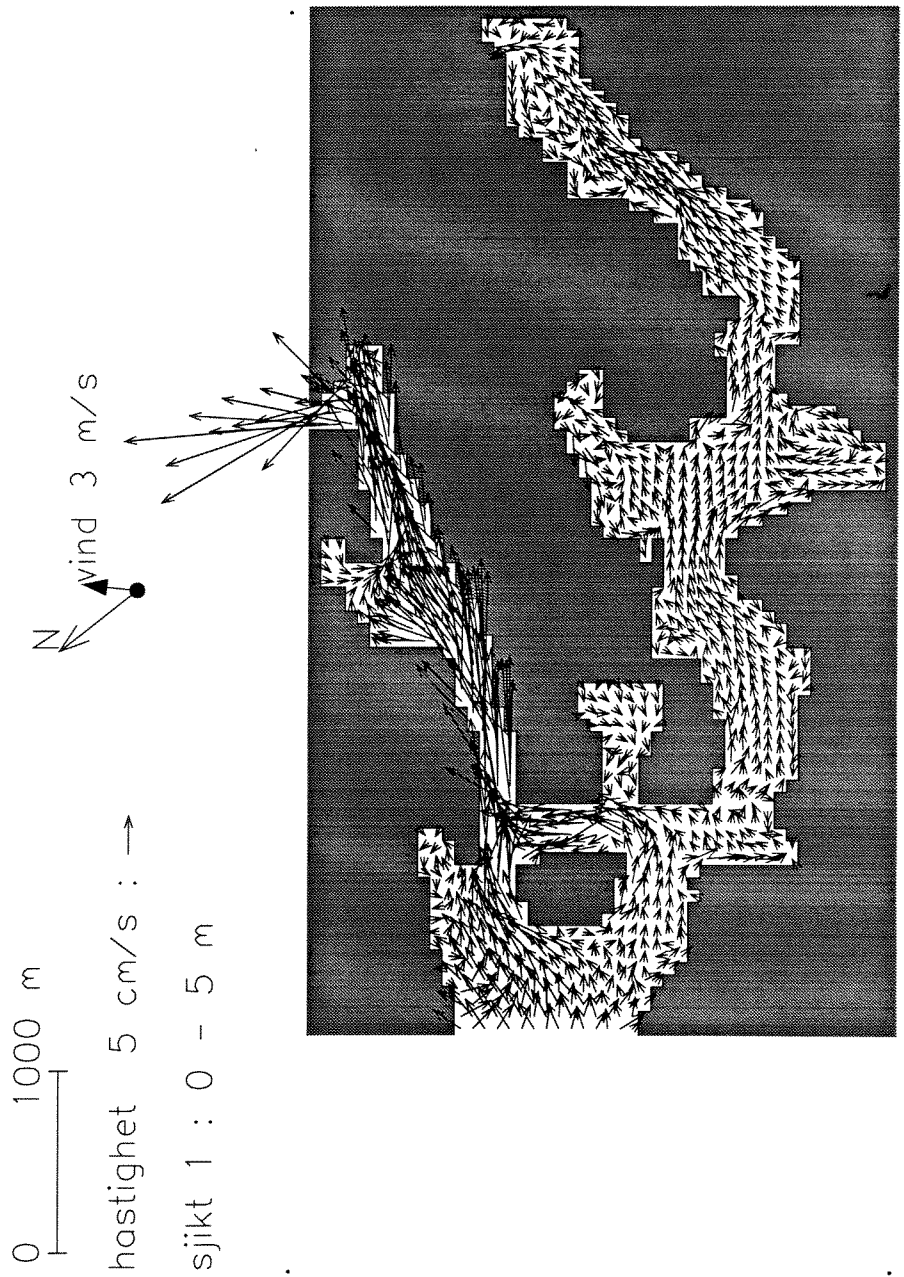
SJIKT 4 : 40 - 70 M



**Fig. 8**

**Vind 3 m/s mot nord-øst  
Med sprangsjikt**



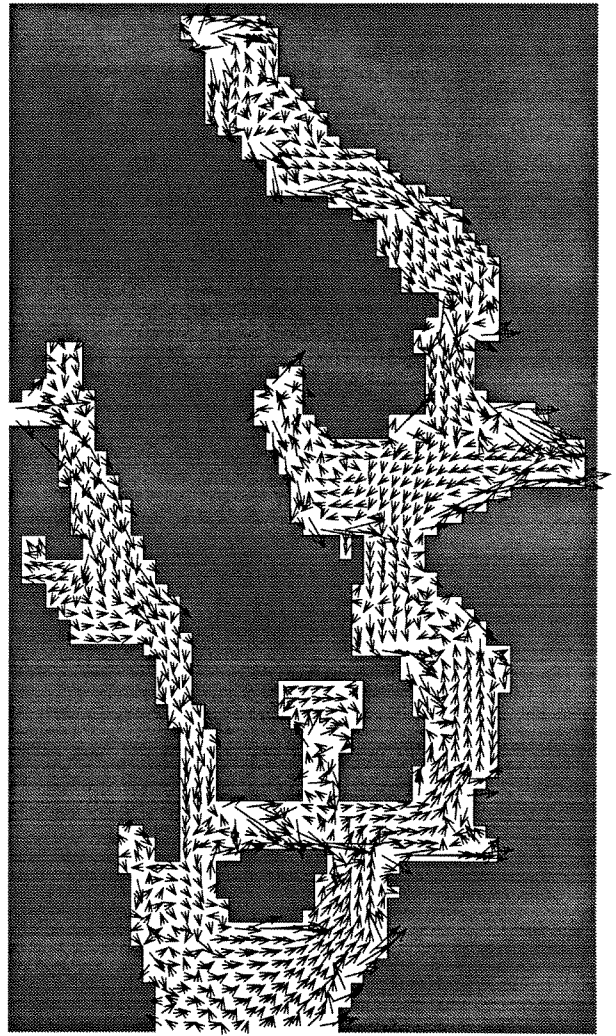


0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

wind 3 m/s

sjikt 2 : 5 - 20 m

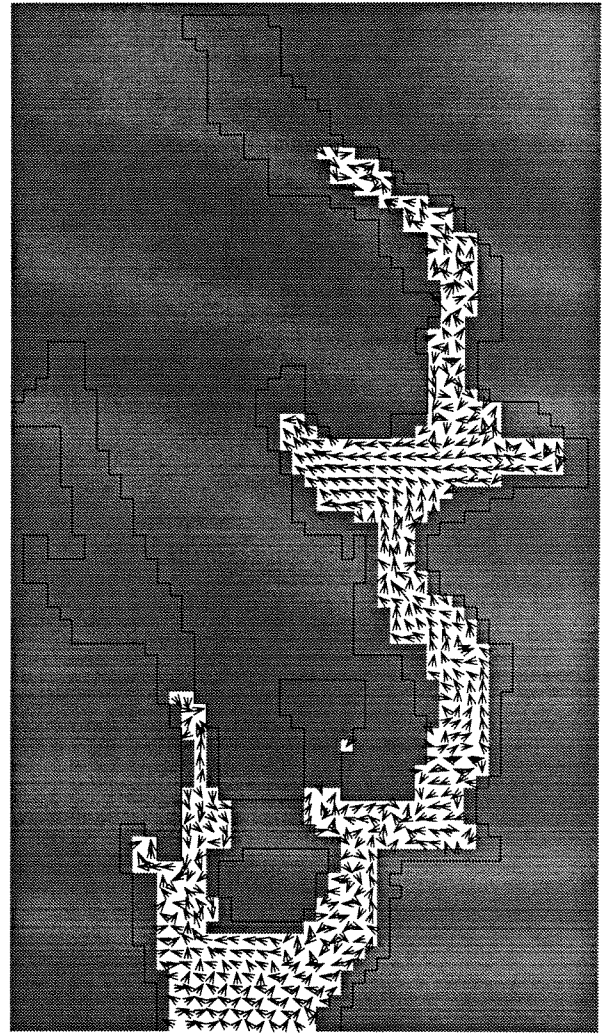


0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

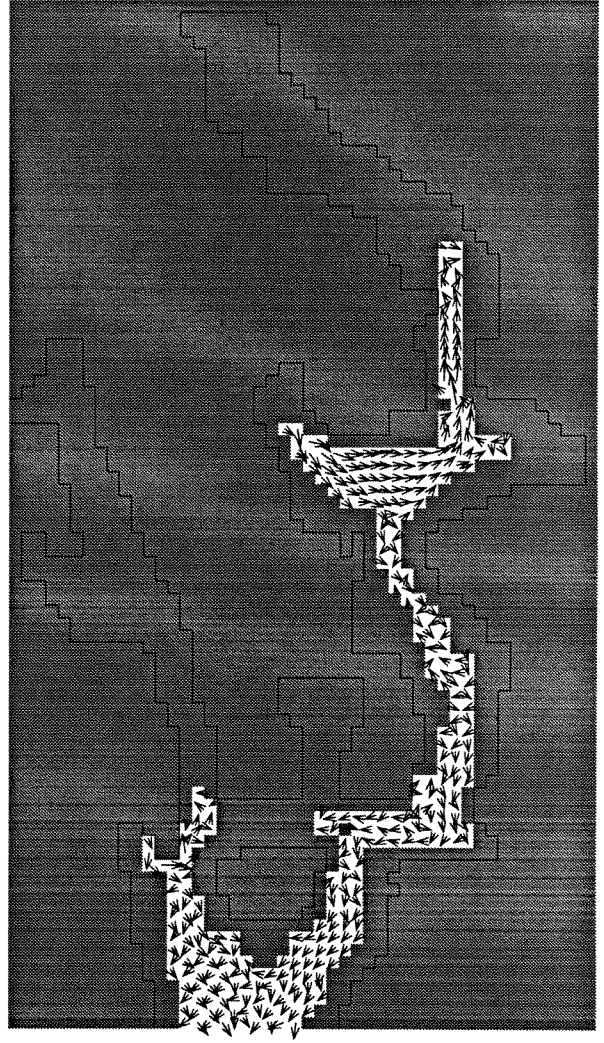
vind 3 m/s

sjikt 3 : 20 - 40 m

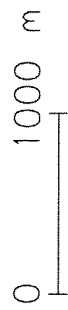
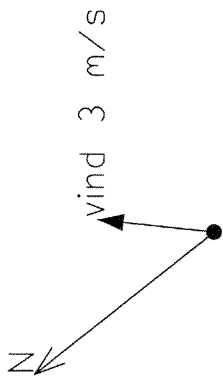
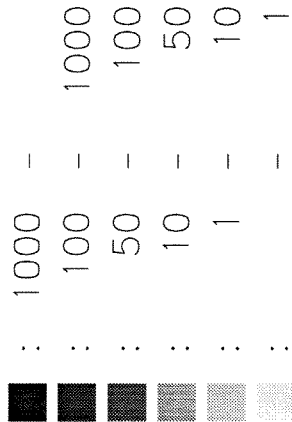


0 ——— 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
vind 3 m/s

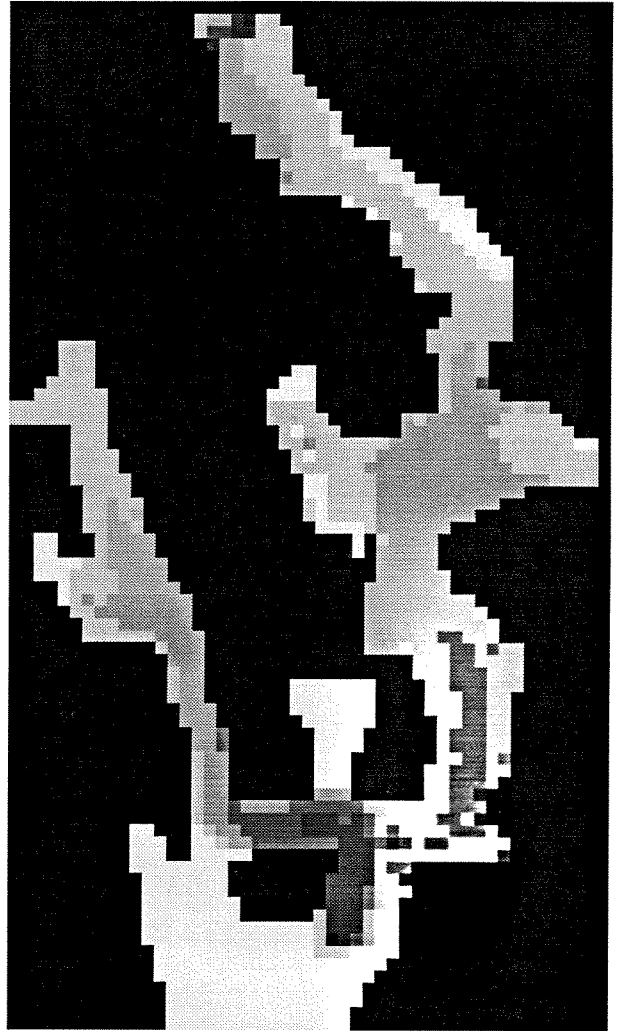
sjikt 4 : 40 m - bunn



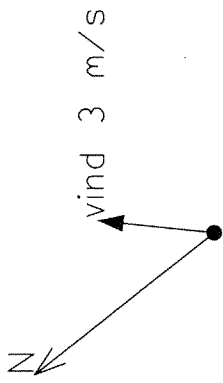
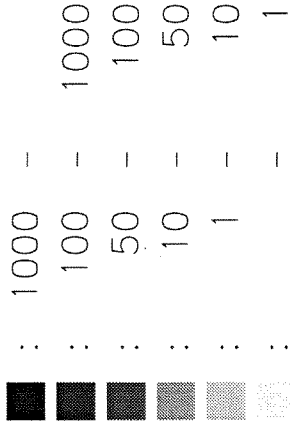
konsentrasjon (- /l)



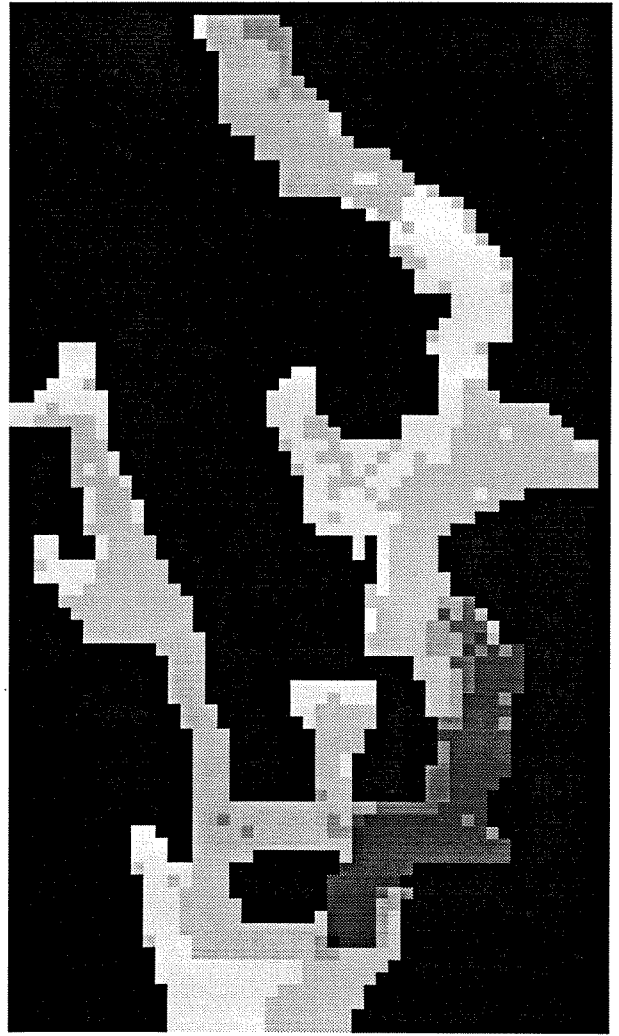
SJIKT 1 : 0 - 5 M



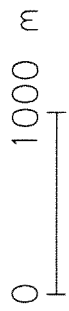
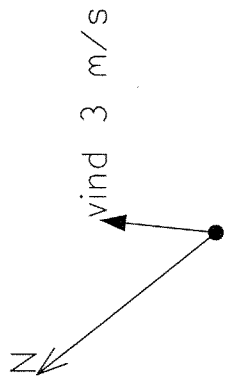
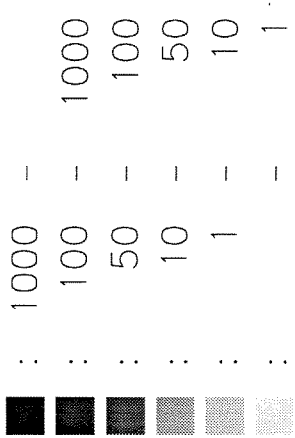
konsentrasjon (- /l)



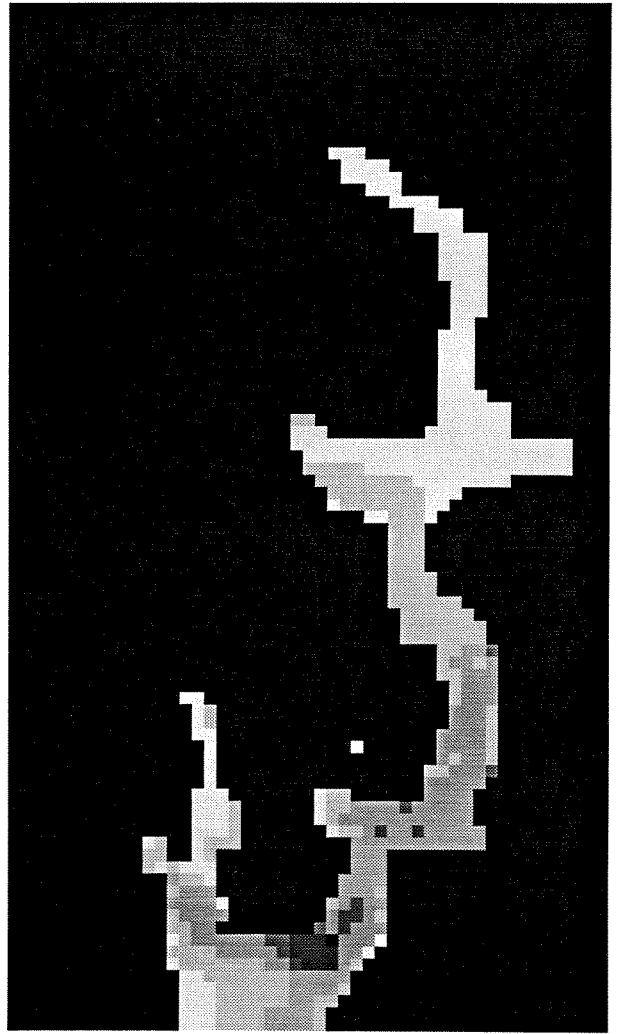
SJIKT 2 : 5 - 20 M



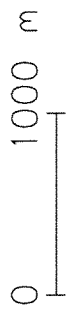
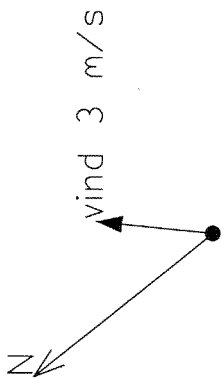
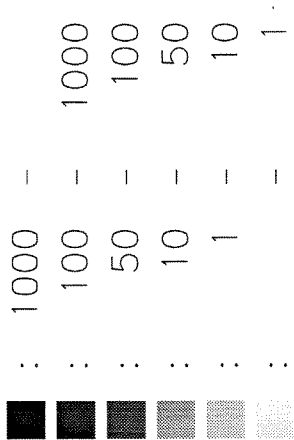
konsentrasjon (- /l)



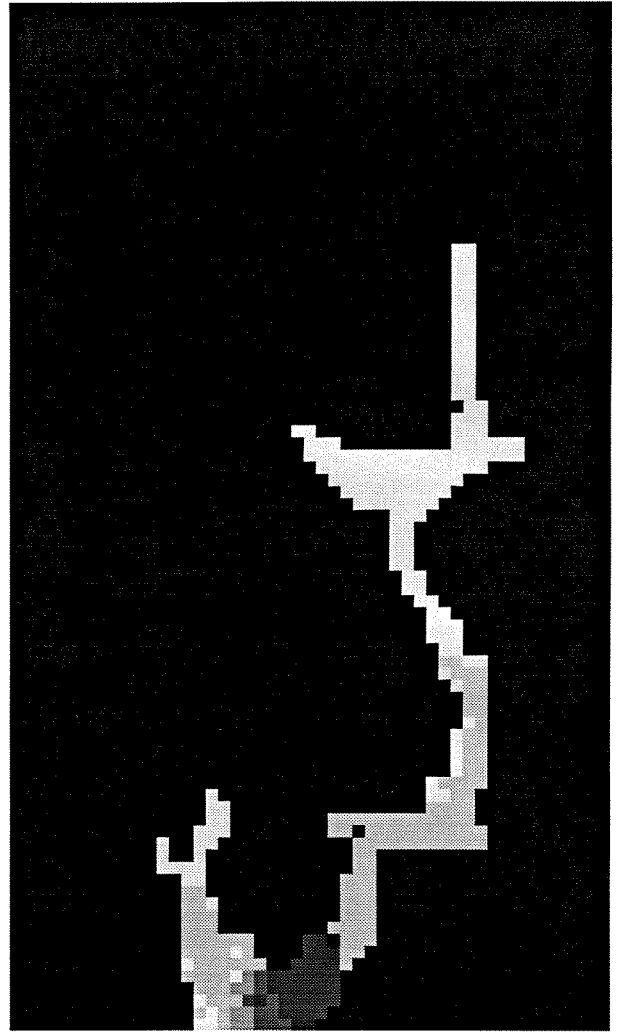
SJIKT 3 : 20 - 40 M



konsentrasjon (- /l)



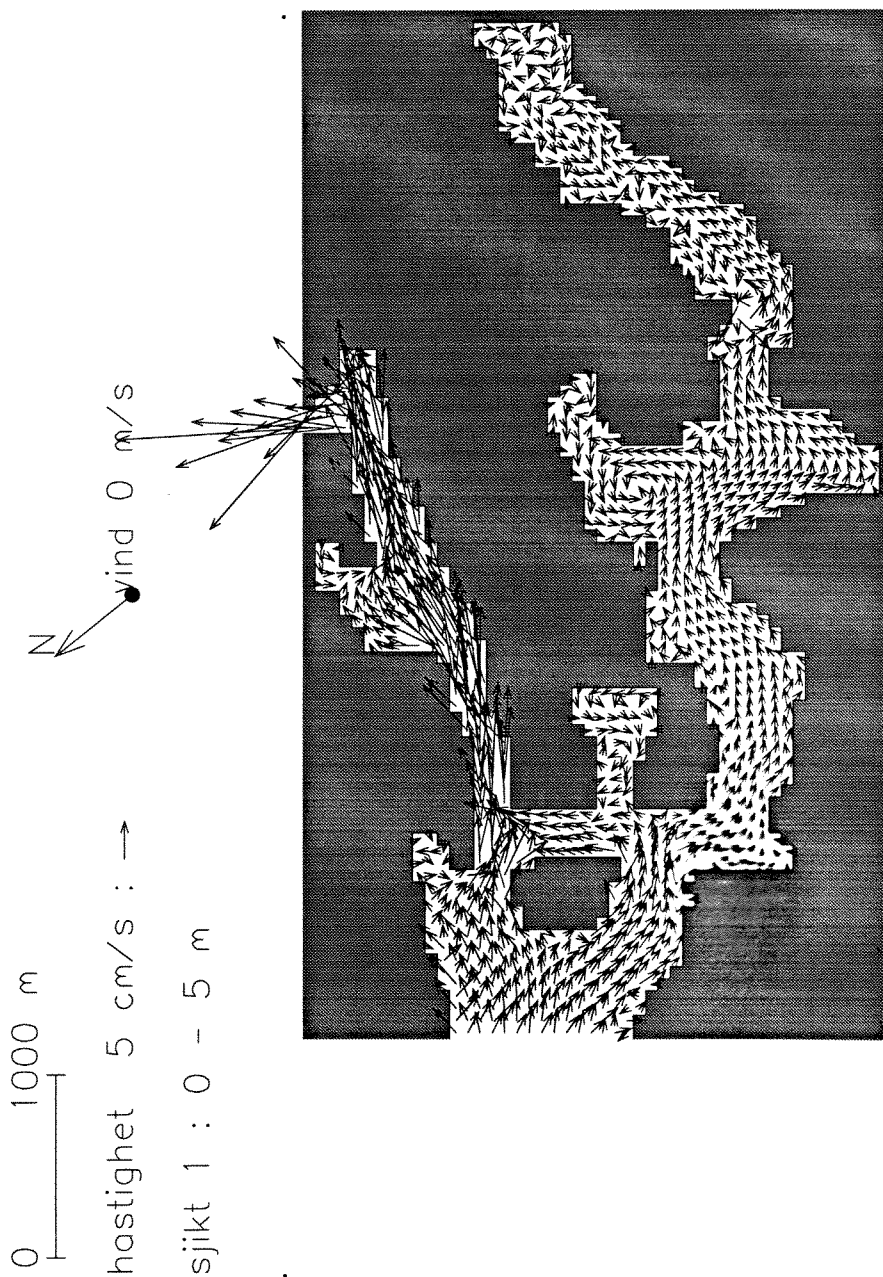
SJIKT 4 : 40 - 70 M





**Fig. 9**

**Vindstille  
Med sprangsjikt**

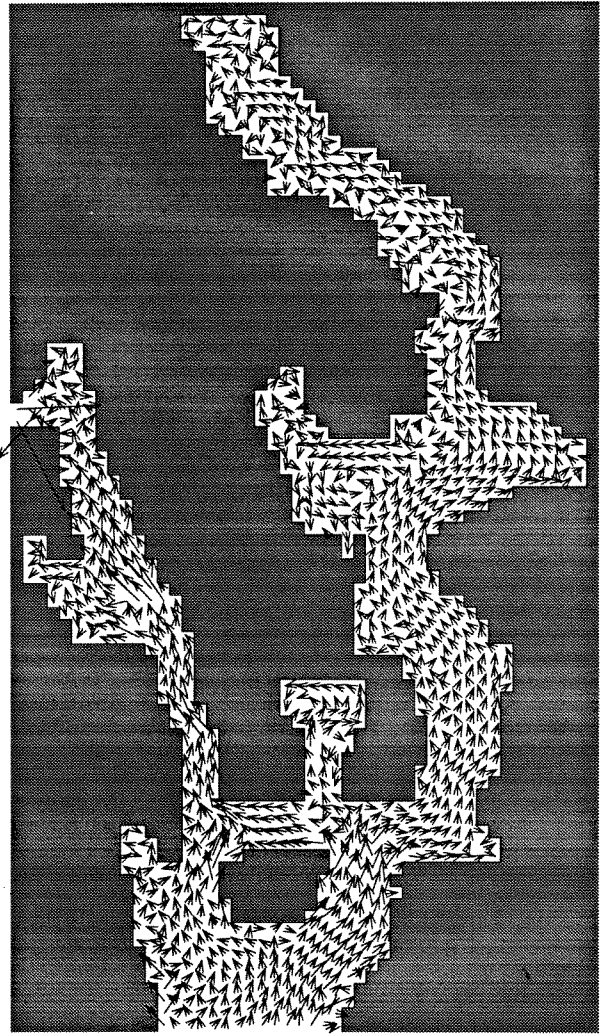


0 ——— 1000 m

hastighet 5 cm/s : →

vind 0 m/s

sjikt 2 : 5 - 20 m

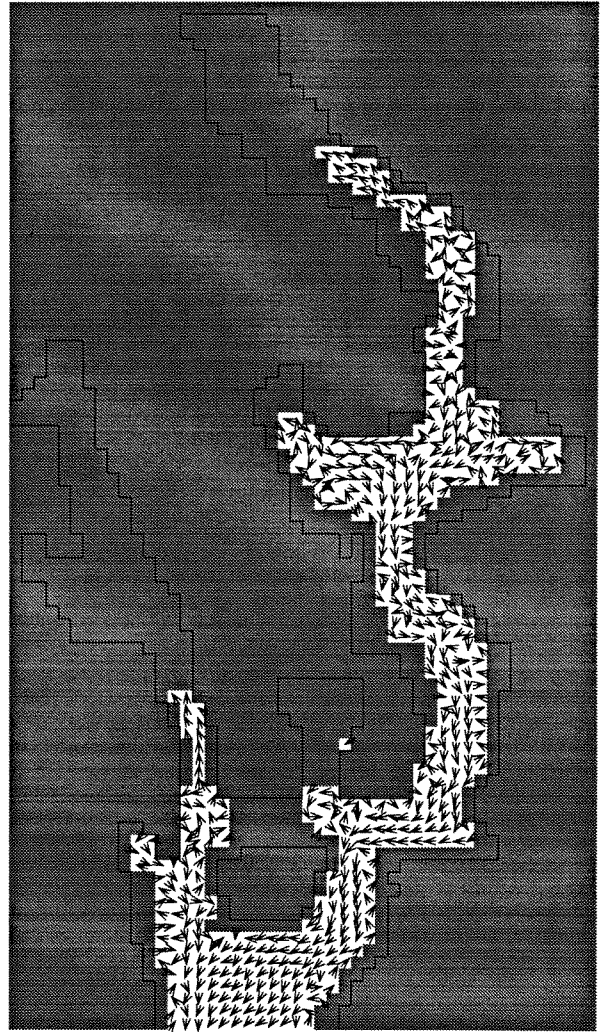


0 ——— 1000 m

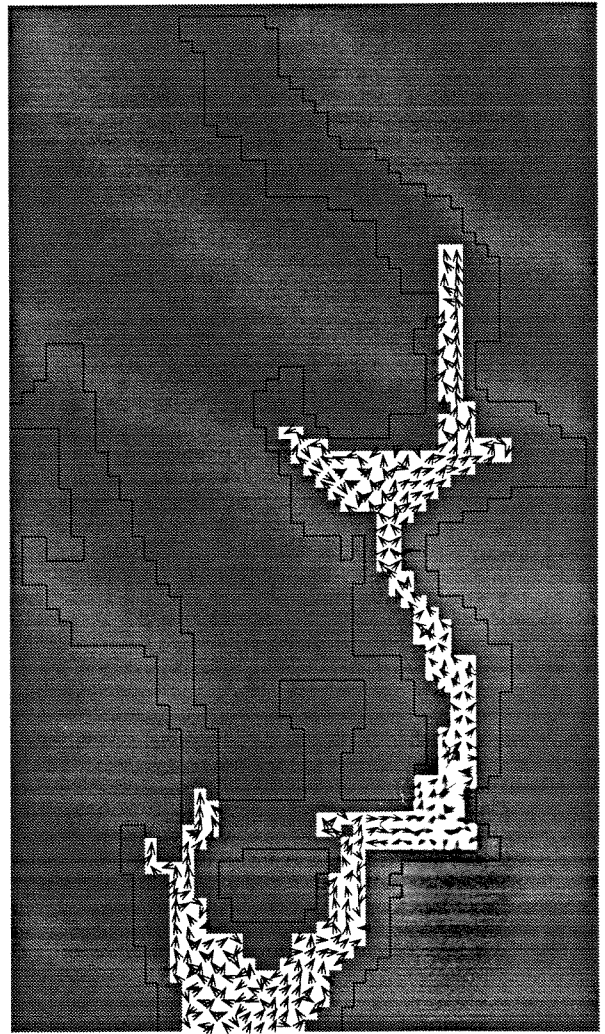
hastighet 5 cm/s : →

sjikt 3 : 20 - 40 m

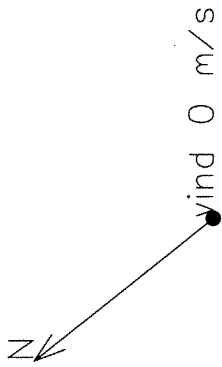
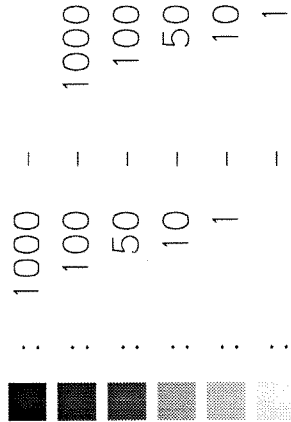
wind 0 m/s



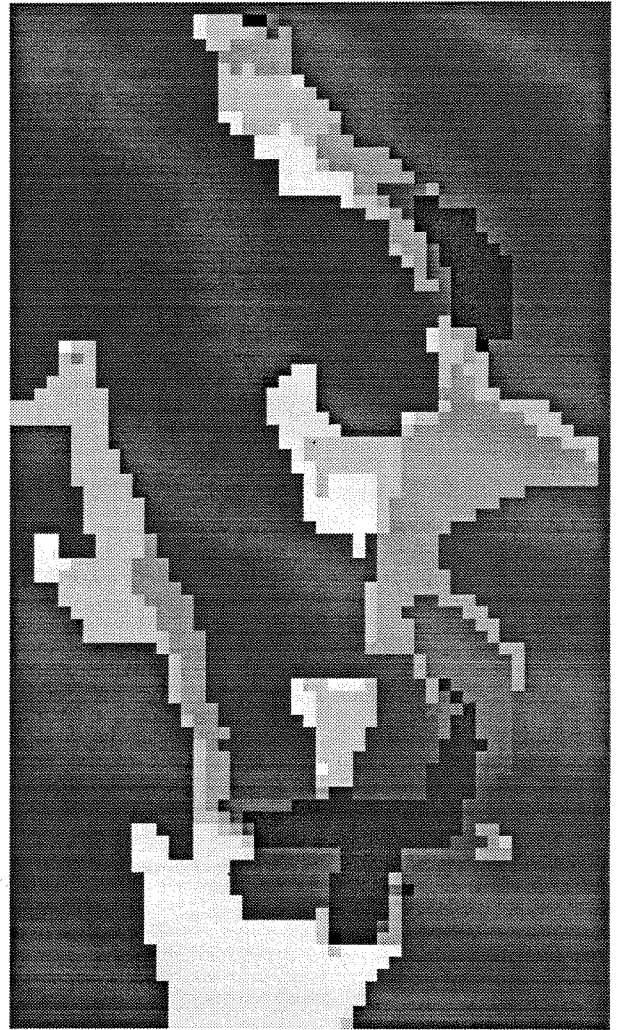
0 1000 m  
hastighet 5 cm/s : →  
sjikt 4 : 40 m - bunn  
wind 0 m/s

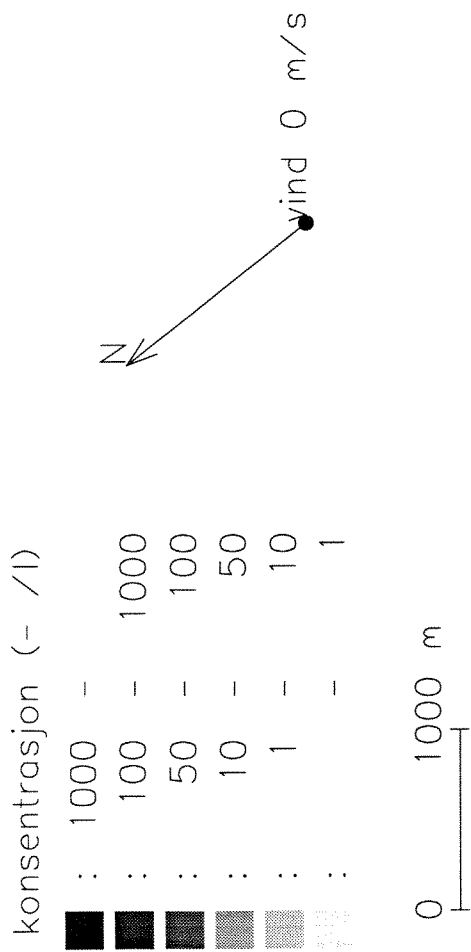


konsentrasjon (- /l)

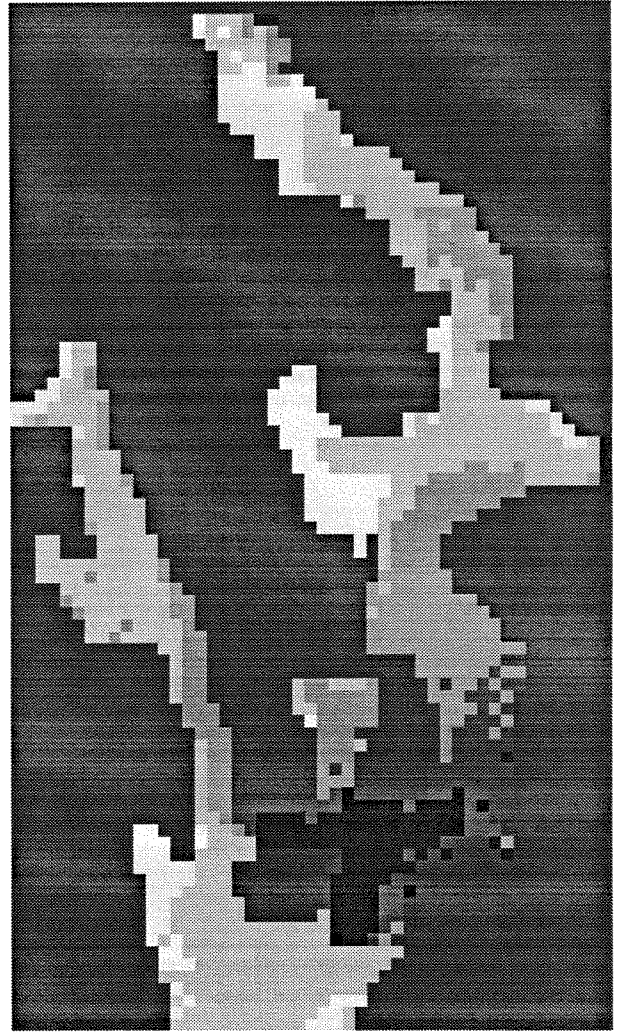


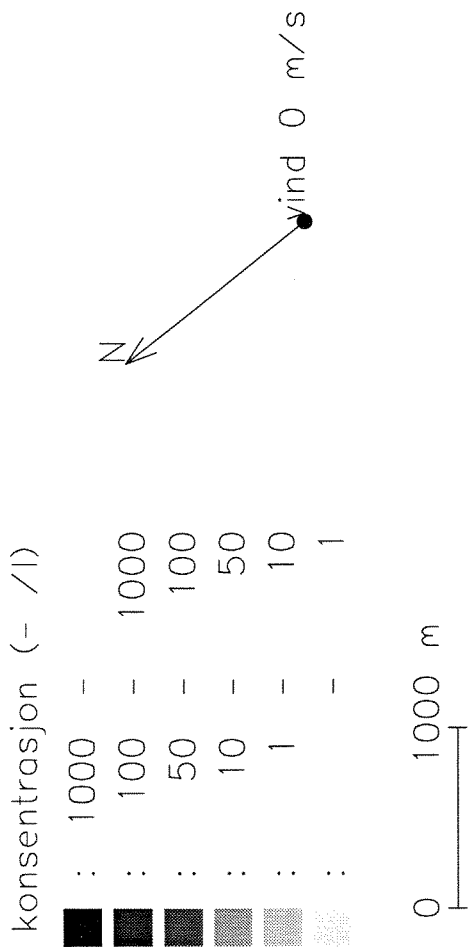
SJIKT 1 : 0 - 5 M



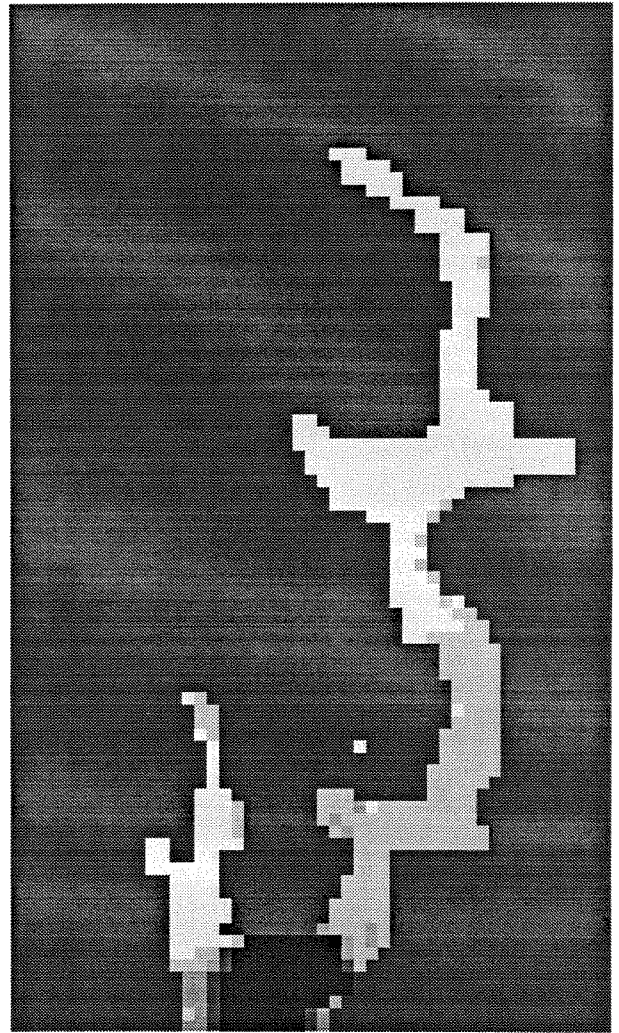


SJIKT 2 : 5 - 20 M



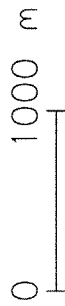
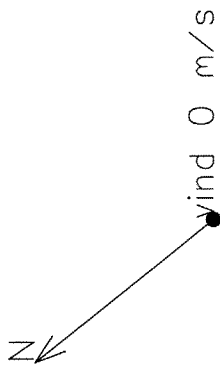
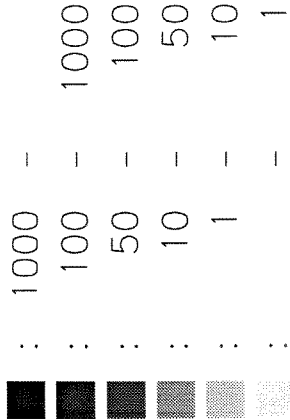


SJIKT 3 : 20 - 40 M

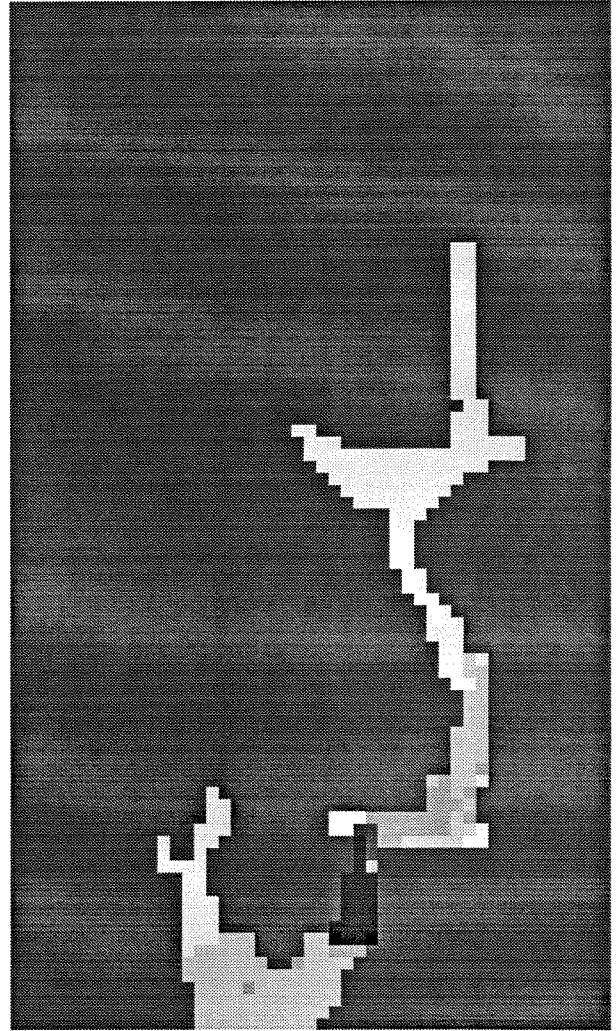




konsentrasjon (- /l)



SJIKT 4 : 40 - 70 M



---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2830-6