



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik

A wide, horizontal banner with a wavy, water-like pattern, rendered in a light gray color, spanning across the width of the page.

E

XAMENSARBETE / Ledningsteknik

Strömningssimulering i en dagvattendamm
- verifierad FE-analys i FIDAP

JONAS GERMAN OCH HENRIK KANT

Examensarbete 1997:8

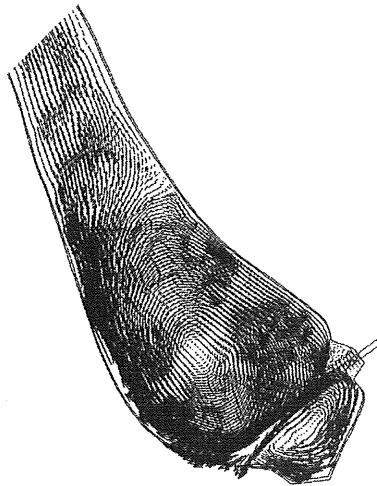
Rättelser

”Strömningssimulering i en dagvattendamm
-verifierad FE-analys i FIDAP”

<u>Sidan</u>	<u>placering</u>	<u>står</u>	<u>skall stå</u>
v	2:a stycket, rad 12	...Niklas på Geotronics.	Mattias på Geotronics
12	tabell 3.1	0,52 ha	0,62 ha
45	tabell 6.1	$1,304 \cdot 10^{-3}$	$1,307 \cdot 10^{-3}$
Bilaga A	Planritning skala...	skala 1:200	skala 1:1000

Det finns också en engelsk titel på examensarbetet vilken är:
”Simulation of the flow pattern in a detention pond
-verified FE-analyses with FIDAP”

Dessutom har felaktiga k och ϵ värden för samtliga simuleringar. Värden enligt sidan 65 har använts, men beräknats felaktigt. Korrekta värden är, för flödet 800 l/s, $k=0,10375$ och $\epsilon=0,66839$. Detta påverkar dock endast resultatet marginellt, jämför figur nedan med figur 7.4.



Strömningssmönster i inloppsdelen beräknat med korrekta randvillkor för k och ϵ .

SEMVARIUM - eksperimentel plan.

vid indtaget $2 \times 2 \text{ cm}^2 \rightarrow 1 \times 1 \text{ m}^2$ vid udtaget

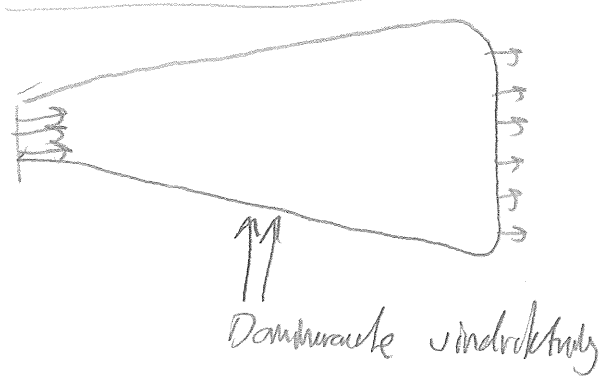
• placere demmens ledssiden mot demmens indretning

"Omstruktural analyse i FIDAP:

fel densitet $\bar{\rho}$ bare vore $S_{\text{org.}} \text{ e } S_{\text{org.}}$

Forklaring • jet

"Droem - magasin"



Sam. 24 st. ändringar

Strömningssimulering av en dagvattendamm -verifierad FE-analys i FIDAP

Examensarbete vid institutionen för VA-teknik

Utfört av

Jonas German
&
Henrik Kant

hävdyg.yta 167 km
Ansträngs om 485 Nm
Volym 6000 m³
Yta 5200 m²

0,2 m/s sterrivret
0,3-0,4 m/s

Varsågod, första versionen av ex-jobbet. Några kompletteringar kommer säkert att ske. En ordförklaring håller på att tas fram, så hittar ni några ord som passar där, hör av er! Önskar ni få se mer fina vektor-, strömlinje-, hastighets-, och partikelbaneplotar så hör av er. Jag kan locka med att många finns i färg. En bilaga (minst) saknas, ritningar över dammen. Det finns plan och sektioner på A1-format som skall kopieras ned, som sagt hör av er om ni vill se mer.

Första rättningen:

viss text på bilagan med 2D-simuleringar har fallit bort vid kopiering.

bilagenumrering saknas.

hänvisningar till bilagor sker således alltid till bilaga x.

överallt där det står Shaw, 1997 skall det stå Shaw et. al., 1997

figur 7.15 det står: hastighet vid nod närmast botten, skall strykas (noden ligger i origo)

sid 15 ett tillägg, Frescati ligger i Stockholm.

Sid 50 det står kapitel 11.4, det skall stå 6.4.

lunnehältsfarteknikering ej uppdaterad

MVH

vhyjghk, johex

genom: Jonas German

e-post: vhyjghk@vsect.chalmers.se eller v92gerjo@vtek.chalmers.se

tel: 031-772 21 71 eller 031- 16 76 95

VA-teknik. fcp.chalmers.se

Till Thomas

*Tack för en trevlig
examensarbetar led*

Henrik o Jonas

Nyckelord **dagvatten**
strömning
utjämningsmagasin
avskiljning
simulering
FEM
FIDAP

EXAMENSARBETE / Ledningsteknik

Strömningssimulering i en dagvattendamm
- verifierad FE-analys i FIDAP

JONAS GERMAN OCH HENRIK KANT

SAMMANFATTNING

Den utbyggnad av reningsverken som har skett under de senaste årtiondena med effektivare rening har gjort att dagvattnets relativa betydelse som recipientförorenare har ökat. Ett sätt att rena dagvattnet är att bygga dagvattendammar, där föroreningarna kan sedimentera. I Sverige har en del dagvattendammar byggts men det finns idag inga bra metoder för att dimensionera dessa. På institutionen för VA-teknik pågår idag ett forskningsprojekt för att försöka klarlägga reningsförmågan och funktionen hos olika dammar samt att försöka få fram bättre dimensioneringskriterier. Detta examensarbete är en del i det projektet.

Syftet med detta examensarbete är att visa hur strömningsförhållanden och avskiljning i ett specifikt dagvattenmagasin kan simuleras m.h.a. finita elementprogrammet FIDAP. Den dagvattendamm som simulerats är Järnbrotts stora dagvattendamm i Göteborg som tar emot dagvatten från främst Dag Hammarskjöldsleden. Flödet till dammen varierar mellan 10 och 1100 l/s. För att kunna bygga upp en modell av dammen har den mätts in med en totalstation. Strömningsförhållandena simulerades både i 2D och 3D för flöden mellan 20 och 1100 l/s.

För att kunna verifiera datorsimuleringarna gjordes fältmätningar med strömkors vid flödena 14 l/s och 800 l/s. Resultaten av dessa mätningar är strömningsmönster och strömningshastigheter i större delen av dammen. I delen närmast utloppet kunde inte strömkorsmätningar göras p.g.a. att strömkorsen fastnade i vegetationen.

2D simuleringarna ger en ganska bra uppfattning om strömningsmönstret i dammen. 2D-modellerna har den fördelen att det går lätt att ändra geometrin. Försök gjordes med olika geometrier och det kunde konstateras att det var fördelaktigt att placera något hinder framför utloppet som gör att den inkommande "jeten slås sönder". Härigenom kan ett likformigt strömningsmönster erhållas tidigare och förhoppningsvis en bättre avskiljning nås. Dock bör en 3D simulering göras för att få en bättre uppfattning om hur ändringar i geometrin påverkar strömningsmönstret.

3D simuleringarna var mer komplicerade att utföra men ger en god överensstämmelse till storlek, riktning och mönster av strömningen. I en 3D-modell är det också möjligt att simulera avskiljningen i dammen. Detta gjordes på ett flöde på 400 l/s. Resultatet från simuleringen kunde sedan jämföras med mätningar från ett regn som genererade ett inflöde på maximalt 380 l/s. Partikelräkning utfördes på detta regn. Med partikelräkning på ingående och utgående flöde är det möjligt att beräkna vilken avskiljning dammen har för olika stora partiklar. Eftersom partikelräkning var utförd på provserier tagna under en längre tidsperiod, fick resultat från ett prov in och ett prov ut väljas. Proven valdes utifrån en uppehållstid som uppskattats, så att det utgående provet ungefär skall motsvara samma vatten som det ingående. Partiklar i storleksintervallet 5-40 μ m räknades och avskiljningen simulerades. Vid simuleringen gavs partiklarna en densitet på 1300 kg/m³. Mätningen gav en avskiljning på 56-80%. Simuleringen gav en avskiljning på 100%. Skillnaden kan bl.a. bero på att det inte går att simulera resuspension. För att se om avskiljningen i vår modell förändrades vid ett högre flöde gjordes också en simulering vid flödet 800 l/s. Avskiljningen varierade då mellan 92 och 100 %.

Utifrån de simuleringar som har utförts har vissa slutsatser kunnat dras. Det går att konstatera att FIDAP är ett användbart verktyg vid simulering av strömningsförhållandena i dagvattendammar. Även avskiljningsförmågan går att uppskatta, dock är felet vid denna simulering större än när strömningen simuleras.

Förhållandena i den specifika damm, Järnbrotts stora damm, som har studerats här har visat sig vara tämligen lika oberoende av flödet. Dock kan en viss tendens till att färre virvlar bildas i utlopps-bassängen vid höga flöden än vid låga konstateras. Vidare framgår det att vi har några inaktiva zoner i dammen. Främst i den del som är närmast utloppet är en relativt stor del inaktiv, speciellt tydligt är detta vid låga flöden. Det finns också två kraftiga recirkulationszoner på ömse sidor om tilloppsröret, vilket inte är önskvärt. Visserligen går en del av partiklarna in i dem vid simuleringen av avskiljningen, men sannolikt skulle avskiljningseffekten bli ännu bättre om ett uniformt flöde kunde uppnås snabbare.

Några detaljer att tänka på vid utformning av sedimenteringsbassänger presenteras också. Det är en fördel om ett hinder kan placeras framför tilloppet. Avsmalnande och uppgrundande partier bör också undvikas. Istället skall det eftersträvas att tvärsnittsarean ökar från tilloppet mot utloppet.

SUMMARY

The aim of this M.Sc. Thesis is to show how simulation of the hydraulic conditions and particle removal in a stormwater detention pond can be made using a finite element program, FIDAP.

In this study an open stormwater detention pond, Järnbrott, located 5 km south of the Göteborg city centre, was investigated. There are two stormwater detention ponds at Järnbrott. The larger one of the two has been hydraulically investigated in this study. The catchment area consists of a city highway and domestic urban areas around it. The highway has an annual mean traffic load of 24 000 vehicles/day. Total impervious area feeding the pond is 161 ha. The flow to the pond vary between 10 and 1100 l/s.

- To be able to simulate the hydraulic conditions in the pond 2- and 3-dimensional models were made for flows between 20 and 1100 l/s.

Verification is important to have to get reliable models. Field measurements with streamcrosses was made, twice, one during base flow, 14 l/s, and one during 800 l/s. The results from these measurements were the twodimensional velocities of the flow field in the pond. The part of the pond which is closest to the outlet could not be measured due to problems with the streamcrosses that got stucked in the vegetation.

The 2-dimensional models give quite a good view of the flow field in the pond at different inflow conditions. 2-dimentional models have the advantage of beeing easy to change geometrically. Attempts were made with different geometries and it was confirmed that it was advantageous to place a small "island", 1-3 meter in front of the inlet tube. This change of the geometry contributes to that an uniform flow appears earlier in the pond, which is advantageous for the particle removal. To get a better view of how changes of the geometry will influence the flow, a 3-dimensional simulation must be done.

The 3-dimensional model was more complicated to construct. But the flow velocities has a very good agreement with the measurements. Simulations were using two turbulence models, mixing length and k- ϵ . The k- ϵ turbulens model predicted the flow net much better than the mixing length-model.

In a 3-dimensional model it is also possible to simulate particle removal. From one storm event, November 11 1997, particles were counted in samples from the inlet and the outlet. At the inflow of the pond a flowpeak of 380 l/s ocured during the storm event. Particles in the size range of 5-40 μm , with a density of 1300 kg/m³, were used in the simulation of particle removal and then compared with measured removal. The particle trace function in FIDAP were also used for the flow 400 l/s. Järnbrott stormwater detention pond had a particle removal, varying from 56-80% during this stormevent. In our simulation the particle removal was 100% for all particle sizes. The difference between the measured value and the simulated can be explained by the lack of resuspension simulation in the model. To find out if the particle removal change with different flowintensities, a particle trace was made for an inflow of 800 l/s. The particle removal in our model was 92-100% for the same particle size range as above.

From the simulations which have been made, some conclusions have been drawn. It can be seen that some parts of the pond is inactive, *e.g.* the flow velocities are low compared to other parts of the pond. To avoid this, pond design should be made, so that the cross section area is increasing from the inlet towards the outlet.

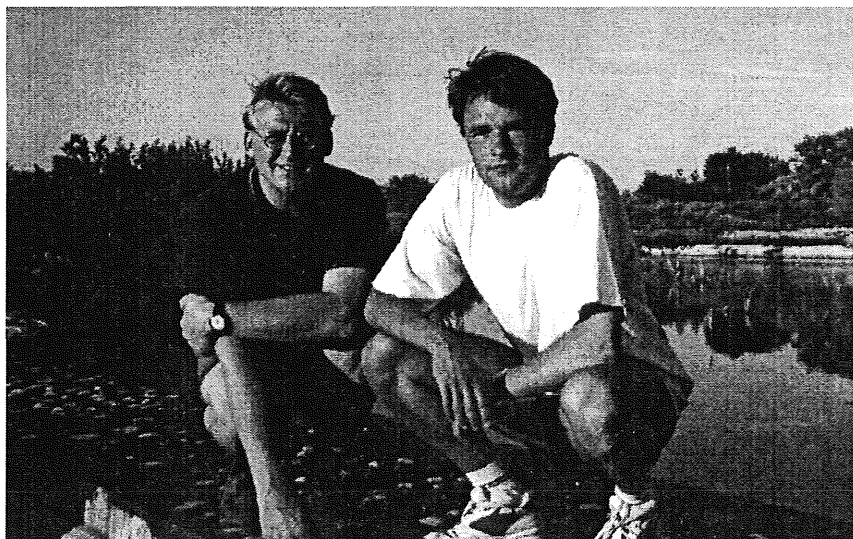
It is also shown that the flow field is quite independent of the inflow. But the number of eddies seem to decrease with increasing flowintensities.

FÖRORD

Detta examensarbete har genomförts under juni till november 1997, på institutionen för VA-teknik på Chalmers tekniska högskola.

Vi vill tacka vår handledare och examinator doc. Gilbert Svensson, vår handledare tekn. lic. och doktorand ^wTomas Pettersson som hjälpt oss fortlöpande under hela examensarbetet, Jens-Uwe Friemann, doktorand på institutionen för vattenbyggnad för givande diskussioner om problem med FIDAP och de ständigt gäckande datorerna på UNICC, Olle Ljungren, VA-verkets projekteringsavdelning som försåg oss med material rörande Järnbrottsdammen, Bo Wiberg, byggnadsmekanik som hjälpt oss vid problem med datasystemen, Clas Arkborn och Lars-Erik Sörman som hjälpt oss i samband med fältmätningarna, Jan Erik Högström och Roy Johansson, GF Konsult, Kartteknik som lånade ut en Psion fältdator och gjorde CAD-ritningar över dammen, Rene von Staffeldt Beck, MacNeal-Schwedler Nordic AS som hjälpte oss med de mer bekymmersamma problemen i FIDAP, Gunnar Lannér, Institutionen för Väg- och trafikplanering som lånade ut viss mätutrustning, Niklas på Geotronics för att han alltid hade inne en totalstation när vi skulle ut och mäta och Martin Asztély, Prosolvia för att han kom med kloka synpunkter på vår FIDAP modell under sena kvällar och tidiga morgnar.

Göteborg, november 1997



Henrik Kant

Jonas German

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	i
SUMMARY	iii
FÖRORD.....	v
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	2
1.3 Metod.....	2
2. DAGVATTEN	3
2.1 Inledning	3
2.2 Sammansättning och miljöpåverkan.....	3
2.2.1 Dagvattnets sammansättning	3
2.2.2 Dagvattnets miljöpåverkan	4
2.2.3 Anledning till utjämning.....	4
2.3 Olika typer av utjämningsmagasin.....	5
2.4 Reningsmetoder för dagvatten	8
2.4.1 Vegetativa metoder.....	8
2.4.2 Dammar	8
2.4.3 Våtmarker	9
2.4.4 Infiltrationsanläggningar.....	10
2.5 Synpunkter på val av reningsmetod.....	10
3. JÄRNBROTTS ÖPPNA UTJÄMNINGSMAGASIN	11
3.1 Beskrivning av magasinet	11
3.1.1 Bakgrund	11
3.1.2 Belastning och mått	11
3.2 Iakttagelser på platsen	15
3.2.1 Växter och djur	15
3.2.2 Sedimentering.....	15
4. MÄTNINGAR	19
4.1 Terrängmodell.....	19
4.1.1 Syfte.....	19
4.1.2 Metod.....	19
4.1.3 Resultat	19
4.2 Strömningsmätningar.....	20
4.2.1 Syfte.....	20
4.2.2 Metod.....	20
4.2.3 Utrustning	22
4.2.4 Utprovning.....	22
4.2.5 Genomförande	23
4.2.6 Mätningar 1997.08.26.....	23
4.2.7 Mätningar 1997.10.01.....	24
4.2.8 Felkällor och bearbetning av data.....	24
4.2.9 Strömningsförhållandena i dammen.....	24
5. MODELLERING	28
5.1 Inledning	29
5.2 Strömning i vatten.....	29
5.2.1 Laminär och turbulent strömning	29
5.2.2 Turbulensmodeller.....	30

5.3	Maxflöde.....	31
5.4	Avrunnen volym.....	31
5.5	Utformning av dagvattenmagasin.....	32
5.5.1	Magasinsvolym.....	32
5.5.2	Sedimentation.....	33
5.5.3	Strömningsberäkning.....	35
5.5.4	Generella rekommendationer för utformning av dagvattendammar.....	37
5.6	Modellering av öppna dagvattenmagasin.....	37
5.6.1	Inledning.....	37
5.6.2	Finita differens metoden.....	38
5.6.3	Finita volym metoden.....	38
5.6.4	Finita element metoden.....	38
6.	UPPBYGGNAD AV FE-MODELL I FIDAP.....	39
6.1	Inledning.....	39
6.2	Syfte.....	39
6.3	Metod.....	39
6.4	Genomförande.....	40
6.4.1	Preprocessing.....	40
6.4.2	Solver.....	45
6.4.3	Postprocessing.....	45
6.5	Sammanfattning av modelluppbyggnad.....	46
7.	RESULTAT.....	47
7.1	Modeller.....	47
7.2	Jämförelse mellan simuleringar och fältnätningar.....	47
7.2.1	2D simuleringar.....	48
7.2.2	3D-simuleringar.....	49
7.2.3	Felkällor.....	54
7.3	Resultat från simuleringar med verklig geometri i 2D och 3D.....	55
7.4	Resultat från simuleringar med förändrade geometrier i 2D.....	57
7.4.1	Försök med hinder framför rörmynningen.....	57
7.4.2	Försök med annan placering av rörmynningen.....	59
7.4.3	Försök med olika turbulensförhållanden.....	61
7.5	Partikelspårning.....	61
7.5.1	Syfte.....	61
7.5.2	Metod.....	61
7.6	Partikelspårning 1997.10.07.....	62
7.7	Partikelspårning vid andra flöden.....	64
7.8	Diskussion om dammutformning.....	65
8.	SLUTSATSER.....	69
9.	FÖRSLAG TILL FORTSATT STUDIER.....	71
10.	REFERENSER.....	73
11.	KÄLLFÖRTECKNING.....	77

BILAGOR

- A.** Ritningar
- B.** Volymberäkningar för dammen
- C.** Beräkning av ekvivalenta sandråheter
- D.** Beräkning av flöde över överfall
- E.** Regn- och flödesdata 1997.08.26
- F.** Strömningsmätningar 1997.08.26
- G.** Flödesdata 1997.10.01
- H.** Strömningsmätningar 1997.10.01
- I.** Omvandlig, indatafi för koordinater 1, del av excelark
- J.** Indatafil för en komplett 3D modell med fyrkantigt inloppsrör
- K.** Indatafil för skapande av elementnät, randvillkor och lösningsmetodik för en 3D modell
- L.** Resultat 2D simuleringar
- M.** Resultat 3D simuleringar
- N.** Resultat 2D simuleringar med ändrade geometrier
- O.** Resultat 3D partikelspårningar
- P.** Bildbilaga
- Q.** Siffror m.m.

ORDFÖRKLARINGAR OCH DEFINITIONER

2D	Tvådimensionell
3D	Tredimensionell
Anisotropi	Olika fysikaliska egenskaper i olika riktningar, d.v.s. ej isotrop.
CFD	Computational fluid dynamics, datorstödda beräkningar inom fluiddynamik
Dagvatten	Vatten som rinner av i dagen, företrädesvis regnvatten.
FDM	Finita differensmetoden, numerisk lösningsmetodik för differentialekvationer.
FE	Finita element
FEM	Finita elementmetoden, numerisk lösningsmetodik för differentialekvationer
FIDAP	Det CFD program som använts vid dessa simuleringar.
FI-GEN	FIDAPs modul för att skapa geometri och elementnät.
FIPREP	FIDAPs modul för inmatning av randvillkor, t.ex. inflöde, råhet på väggar, viskositet m.m.
FVM	Finita volymmetoden, numerisk lösningsmetodik för differentialekvationer, i princip FDM tillämpad tredimensionellt
Hastighetsplot	Bild över hastighetsfördelningen.
Jet	Den stråle som bildas då vatten med hög hastighet strömmar in i en större vattenvolym med en mycket lägre vattenhastighet.
Kortslutningsström	En vattenström som transporterar vatten inom en begränsad del av exempelvis en damm, d.v.s. hindrar ett effektivt utnyttjande av hela dammen.
Mesh	En uppdelning av en kropp i många små element, som används t.ex. i en FEM-modell.
Meshgenerering	Skapande av ovanstående elementnät.
Oscillerande rörelse	Fram och tillbakagående rörelse
Postprocessor	Del av ett beräkningsprogram, t.ex. ett FEM-program, där efterbearbetning och presentation av beräkningsresultat sker.

Preprocessor	Del av ett beräkningsprogram, t.ex. ett FEM-program, där inmatning av data till beräkning sker samt geometri, elementnät och randvillkor definieras.
Relaxation	Parameter, i lösningen, som bestämmer hur stor del av lösningen från aktuell iteration som skall användas i efterföljande iteration, d.v.s. hur snabbt man tillåter en förändring i resultatet. Används för att minska risken för att en beräkning divergerar.
Residual	Det beräknade felet i varje iteration i en FEM-beräkning.
Resuspension	Uppgrumling av sediment, t.ex. orsakat av en ökning av flödet.
Solver	Beräkningsdelen i t.ex. ett FEM-program.
Strömlinje	Linje längs vilken hastighetsvektorna är tangentiella linjen.
Subkritisk strömning	Strömning med lägre hastighet än våghastigheten, en störning påverkar strömningen uppströms.
Terrest miljö	Landmiljö, torr.
TSS	Total suspenderad substans
Uniform	Likformig, här använt om strömning, uniform eller likformig strömning, strömning där hastighetsfördelningen är jämn över tvärsnittet.
Upwinding	Parameter, i lösningen, för att bromsa oscillerande rörelser.
Vektorplot	En bild som visar strömningsmönster m.h.a. hastighetsvektorer.

Riktningar i dammen har genomgående definierats från huvudströmriktningen. Positivt från inlopp till utlopp.

**”When a city takes a bath,
what do you do with the dirty water”**

A.W. Breidenbach

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har uppmärksamheten återigen riktats mot dagvattenhanteringen. Under 1980-talet var uppmärksamheten främst riktad mot avloppsvatten. Efter den utbyggnad som skett av avloppsreningsverken och effektivare reningsmetoder införts har dagvattnet alltmer hamnat i fokus eftersom dess relativa betydelse ökat. Antingen dagvattnet leds i separata ledningssystem direkt till recipienten eller leds till ett avloppsreningsverk i ett kombinerat system ger det upphov till bekymmer. I första fallet kommer recipienten att belastas av föroreningar som kommer stötvis i samband med regn, dessutom ändras den naturliga vattenföringen genom den snabba avrinning som sker inom urbana områden. Om vattnet istället leds till ett reningsverk kommer reningsverket belastas hårt vid kraftiga regn, detta leder då till att örenat avloppsvatten bräddas ut till recipienten. Samtidigt kommer de föroreningar, företrädesvis oorganiska, som dagvattnet transporterar med sig till reningsverket att förorena slammet som produceras i avloppsreningsverk.

För att minska dagvattnets påverkan på miljön kan flera olika åtgärder vidtas. Det mest önskvärda vore naturligtvis att minska föroreningsinnehållet, alltså minska spridningen av de ämnen som spolas bort av dagvattnet. På kort sikt är detta inte möjligt eftersom spridningen sker diffust från många olika källor. De lösningar som används idag bygger ofta på att dagvattnet skall tas om hand lokalt och infiltreras i marken. Sådana lösningar har fördelen att den hydrologiska balansen lättare upprätthålls och att en enstaka recipient inte ensam får ta emot de kraftiga flödestoppar som kan bli fallet om ett större område avvattnas. Lokala lösningar kan emellertid vara svåra att genomföra i tät bebyggelse där dagvattnet sedan länge har avletts till en recipient långt bort. Det saknas helt enkelt plats. I sådana fall får man försöka lösa problemen på något annat sätt.

Det är främst två problem som skall lösas. För det första skall mängden föroreningar som går ut till recipienten minskas, sedan bör också flödet ut till recipienten utjämnas så att inte kraftiga regn orsakar översvämningar, eller andra olägenheter, nedströms. Man har tidigare använt sig av olika typer av utjämnings eller fördröjningsmagasin för att utjämna flödet. I dessa magasin har man ibland haft problem med att sediment har satt igen delar av magasinet. Denna effekt skulle istället kunna utnyttjas för att rena dagvattnet på ett relativt billigt sätt. Dammar för detta ändamål har också byggts i ett antal kommuner runt om i landet, och även utomlands. Idag har man begränsade kunskaper om dessa dammars reningsförmåga.

Vid dimensioneringen av dammarna har man fått gå på gamla erfarenheter och gissningar. Vissa analogier till dimensionering av sedimenteringsbassänger i reningsverk har funnits, men några klara kriterier hur de skall utformas har inte förelegat. Man kan alltså idag uppskatta den volym som behövs men inte utforma volymen på ett optimalt sätt. På institutionen för VA-teknik på Chalmers tekniska högskola pågår nu ett projekt för att försöka klarlägga reningsförmågan och funktionen hos olika dammar samt försöka få fram

bättre dimensioneringskriterier. Detta examensarbete är en del i detta projekt och behandlar de hydrauliska förhållandena i ett specifikt magasin.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att beskriva de hydrauliska förhållandena, d.v.s. strömningsmönster, strömningshastigheter och sedimentationsförlopp i ett specifikt utjämningsmagasin för dagvatten, beläget i Järnbrott sydväst om Göteborgs centrum. Några olika ändringar av geometrin, skall också göras, för att se om en bättre strömningsbild kan uppnås. Simuleringarna skall också verifieras. För veriferingen skall en lämplig metod väljas.

1.3 Metod

För att uppnå syftet skall CFD-programmet FIDAP användas för att modellera strömningsförhållandena i dammen. Uppbyggnaden av modellen skall göras i FIDAPs egen preprocessor.

För att verifiera modellen skall strömningsförhållandena i dammen mätas. Strömningsmätningar skall ske under några olika flödessituationer. Helst skall tillflödet till dammet vara stationärt under mättiden. Vid vilken tidpunkt mätningarna skall ske och hur många mätningar som skall utföras, avgörs av om och när regn som ger flöden lämpliga för mätning inträffar.

2. DAGVATTEN

2.1 Inledning

I Sverige gjordes många undersökningar om dagvattnets sammansättning, utjämning och rening under 1970-talet och början av 1980-talet (Malmqvist et al. 1994). Under en period under 1980-talet ägnades inte så stort intresse för dagvattnet, men under senare år har återigen intresset riktats mot dagvatten från de separerade systemen.

2.2 Sammansättning och miljöpåverkan

2.2.1 Dagvattnets sammansättning

Källor till dagvattenföroreningar kan t.ex. vara trafik, atmosfäriskt nedfall, korrosion samt spillning från fåglar och hundar. I takt med att avloppsreningen har blivit allt bättre har dagvattnets relativa betydelse ökat. Dagvattnets sammansättning varierar med hur avrinningsytorna ser ut, d.v.s. vilka material vattnet rinner över och drar med sig. Dagvattnets sammansättning varierar också med tidpunkt under ett regn, regnets intensitet och årstid. Tillfälliga aktiviteter i avrinningsområdet kan också påverka dagvattnets sammansättning. Detta gör att dagvattnets föroreningsgrad varierar mycket.

Dagvattnets påverkan beror på dess sammansättning och förhållandena i recipienten. Dagvattnet kan påverka grundvattnet med de lösta ämnen det transporterar. Partikulära ämnen filtreras bort i marken före det når grundvattnet (Malmqvist et al. 1994). Halkbekämpning på vägar utgöres oftast av vägsalt som löses upp i regn- och smältvatten. Vägsaltets klorider är lösliga och följer med markvattnet i rörelsen mot grundvattnet. Därför är det rimligt att mängden klorid är väsentligt större i grundvattenprov taget strax intill vägbanan än på långt avstånd. Natriumjonen i vägsaltet kan till viss del fastläggas temporärt i marken medan kloridjonen rör sig obehindrat genom marken. (Lundberg och Lindmark 1994).

Tabell 2.1 Ungefärligt innehåll av olika ämnen i dagvatten

TSS	pH	Olja	Bakterier	Cd	Hg
50-400mg/l	6,0-7,2	0-2,7mg/l	varierar stort	0,5-5µg/l	0,050,2µg/l

Suspenderat material varierar beroende på ytornas utformning och regnets häftighet (Malmqvist et al. 1994). Så höga halter som 520 mg TSS/l har uppmätts (Pettersson 1994). Dessa extremvärden föreligger dock under mycket kort tid. För vägdagvatten ligger halten suspenderat material vanligen mellan 30-60 mg/l (Lundberg och Lindmark 1994). Dagvattnet har ett relativt högt pH, men med en låg buffertkapacitet vilket gör att det lättare blir försurat (Malmqvist et al. 1994). Dagvattnets innehåll av olja varierar beroende på vilka källor som finns i avrinningsområdet. Innehållet av bakterier varierar stort

beroende på vilka källor som finns i avrinningsområdet och några typiska värden kan därför inte ges.

Dagvattnets sammansättning varierar också med årstiden. Andelen luftföroreningar ökar i atmosfären p.g.a. ökad uppvärmning. På vintern ökar föroreningarna p.g.a. t.ex. ökat användande av choke och dubbdäck. Detta gör att blyhalterna kan vara 40% högre på vintern än på sommaren. Kväve och fosfor har dock små variationer över året.

Vid ett regn är det dagvatten som kommer först som är mest förorenat. Detta förorenade vatten kallas first flush och om man skall behandla någon del av dagvattnet skall man behandla denna del.

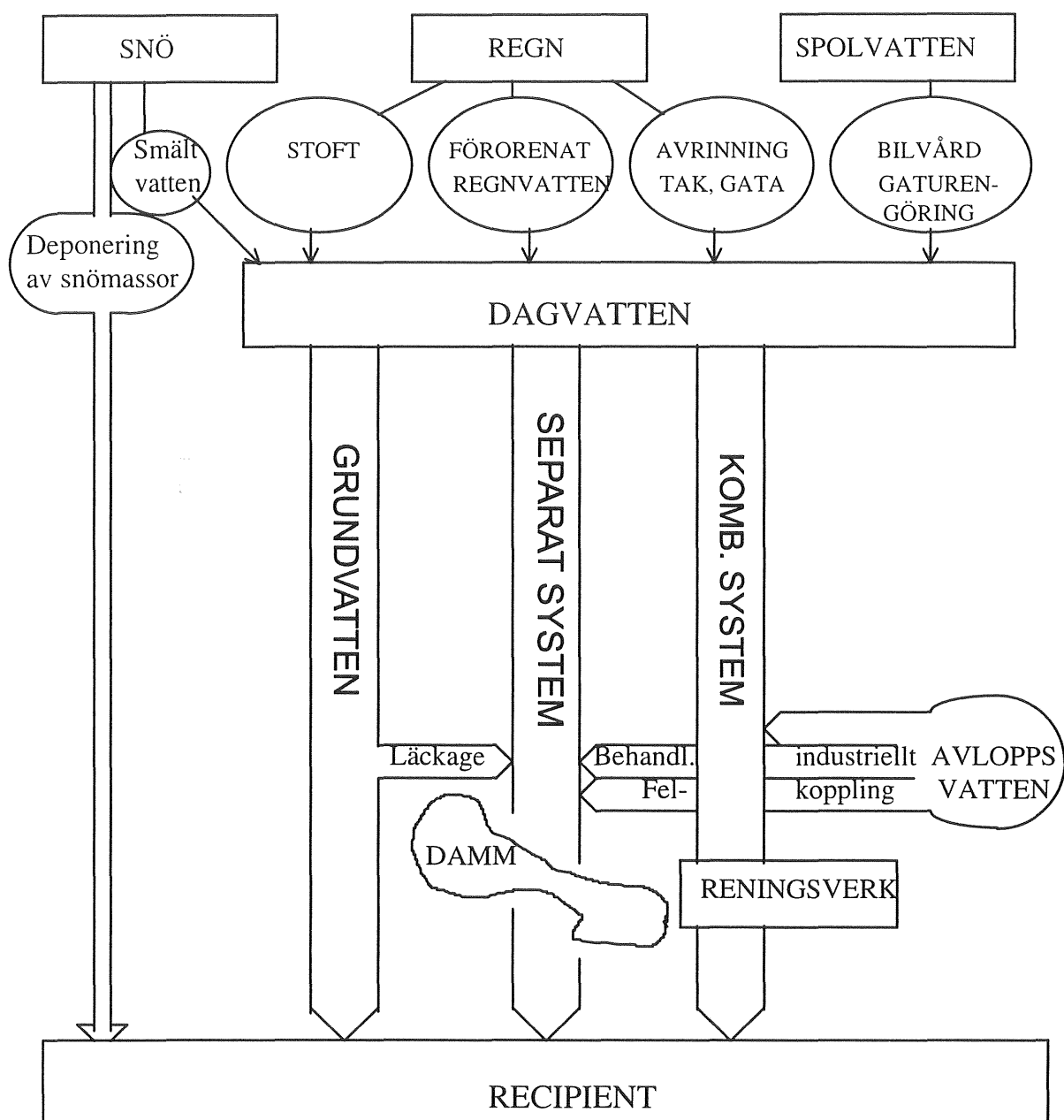
2.2.2 Dagvattnets miljöpåverkan

Dagvattnet kan genom sitt innehåll av fosfor och kväve bidra till övergödningen i hav och sjöar. Innehållet av tungmetaller kan lagras i bottensediment eller hamna i kretsloppet genom att det tas upp av någon organism.

2.2.3 Anledning till utjämning

En utjämning av dagvatten betyder att dagvattnet fördröjs i ett magasin av någon typ. Dagvatten utjämnas av tre skäl.

- För att få en utjämning så att ett eventuellt efterföljande nät utnyttjas mer effektivt, dvs så att ledningsdimensionen kan hållas nere och att bräddning inte behöver göras på nätet.
- För att inte allt dagvatten skall rinna ut på en gång och ge en föroreningschock i recipienten.
- För att dagvattnet skall fördröjas så att vattenhastigheterna minskar och de värsta föroreningarna kan sedimentera och senare tas omhand.



Figur 2.1 Vattnets väg till recipienten. Modifierad efter Ryding (1982). Här ses en sedimenteringsdamm i ett större sammanhang.

2.3 Olika typer av utjämningsmagasin

Stahre (1981) beskriver olika typer av utjämningsmagasin i sin bok *Flödesutjämning i avloppsnät*. Nedan följer ett kortare referat.

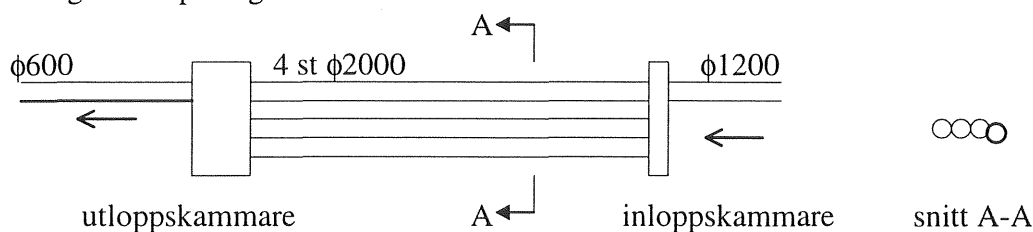
Man kan skilja mellan spridd och samlad utjämning. Med spridd utjämning menas att utjämnningen sker nära källan. Fördelar med detta är att det möjliggör ett effektivare utnyttjande av befintliga ledningsnät nedströms magasinet. Man kan också standardisera

utformningen av magasinen. Eftersom magasinen inte behöver vara så stora långt upp i ledningsnätet så har man stor frihet vid lokaliseringen av magasinet. Många och små magasin ökar å andra sidan kostnaderna för drift och underhåll. Ett alternativ till flödesutjämning som blivit vanligare de senaste åren är lokalt omhändertagande av dagvattnet (LOD). Detta innebär i princip att man leder bort vattnet från de hårdgjorda ytorna och låter det infiltrera på omgivande ytor eller i särskilt anlagda magasin. Samlad utjämning innebär att utjämningen sker i närheten av recipienten. Denna metod kan vara lämplig för områden där utrymme för spridd utjämning saknas och där det idag finns bra ledningssystem som kan ta hand om vattnet.

Utjämningen kan ske genom att man utformar avrinningsområdet så att man får en utjämnande effekt redan där. Detta kan ske genom att man förlänger rinntiden på markytan, antingen genom längre rinnsträcka eller lägre rinhastighet. Man kan också tillåta översvämningar på vissa hårdgjorda ytor, t.ex. parkeringsplatser

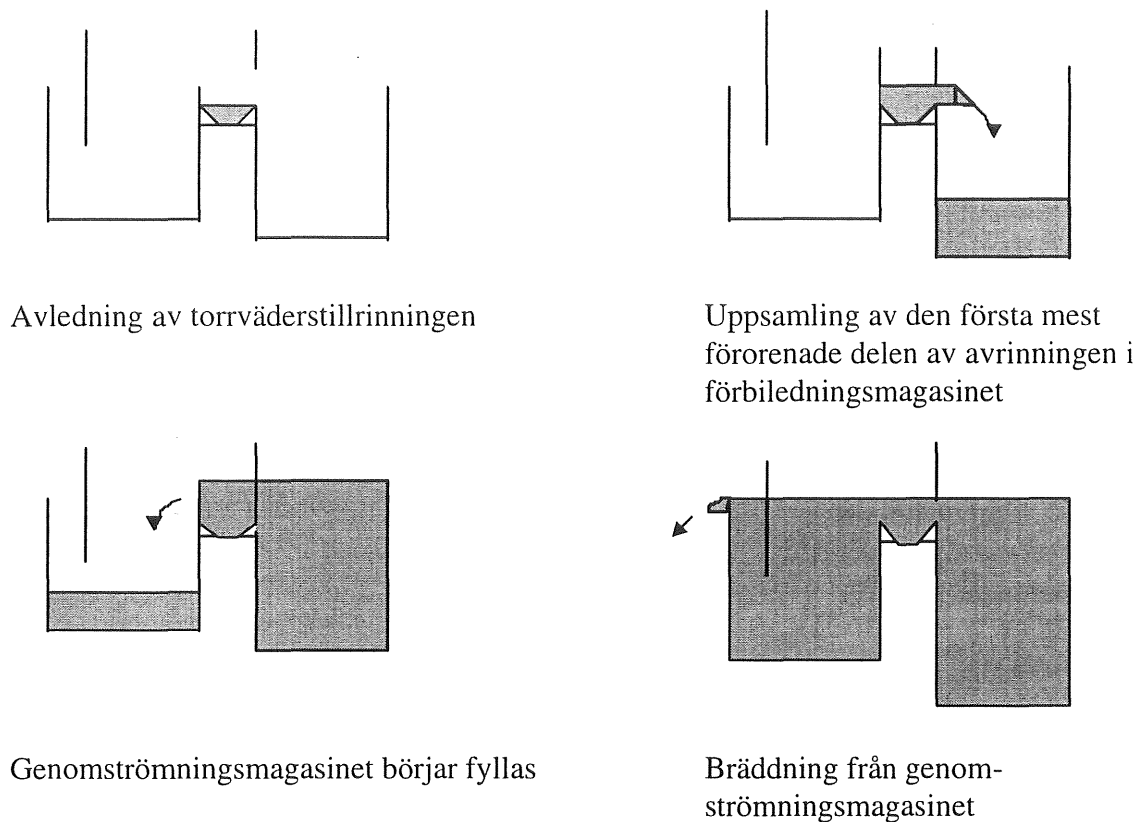
Möjligheter att utnyttja överkapacitet i befintligt ledningsnät för att utjämna flöden finns också. Detta kan vara en intressant metod ur ekonomisk synpunkt. Men det är svårt att förutse hur en åtgärd verkar. En uppdamning i ledningsnätet kan medföra olägenheter såsom oftare förekommande översvämningar och bräddningar uppströms.

Ett bättre alternativ är att utnyttja ett rörpaket för utjämning. Detta utformas vanligen genom att flera rör anläggs parallellt i ledningsnätet och förses med ett strypt utlopp. En variant på detta är utjämning i tunnlar, där man helt enkelt överdimensionerar en tunnel för vattentransport och låter den fungera som utjämningsmagasin. Båda dessa varianter kommer att medföra en sedimentering eftersom vattnet kommer att få en lägre hastighet här. Detta innebär ökade krav på tillsyn och rensning av sediment. Samtidigt kan en sedimentering vara önskvärd, åtminstone om det är frågan om dagvatten som skall ledas direkt till recipient. Tunnelmagasin har, bl.a. i Stockholm, använts för att uppnå en reningseffekt på dagvatten.



Figur 2.2 Rörpaket för utjämning.

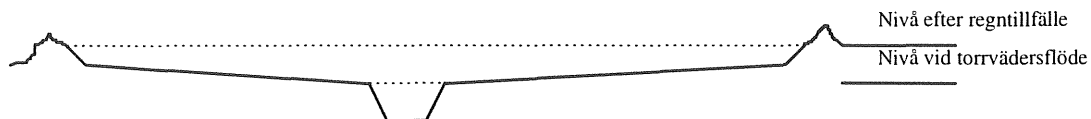
En relativt vanlig typ av utjämningsmagasin är betongbassänger. Dessa kan utformas på olika sätt, som genomströmningsmagasin eller som förbiledningsmagasin.



Figur 2.3 *Dubbelsidigt bräddöverfall för reglering av tillförseln till ett kombinationsmagasin anslutet parallellt till ledningsnätet. (Stahre 1981)*

De kan också göras täckta eller öppna. Betongbassänger har en avskiljande effekt på dagvattnet. Denna typ av bassänger kräver en regelbunden tillsyn och slamtömning för att fungera tillfredsställande. En driftstudie av en bassäng i Frescati, Stockholm, gjordes 1978 vid KTH (Lindberg et. al. 1979). Vid denna studie framkom hur viktigt det är med regelbundna kontroller och slamtömningar.

Den vanligaste typen av utjämningsmagasin i Sverige är det öppna utjämningsmagasinet. Detta kan utformas antingen så att det ständigt har en vattenspegel eller att det fylls upp vid regn när utjämningen behövs.



Figur 2.4 *Damm med ständig respektive tillfällig vattenspegel.*

2.4 Reningsmetoder för dagvatten

Det vanligaste sättet att ta om hand dagvatten har varit att släppa ut det direkt till en recipient eller att leda det tillsammans med spillvattnet till reningsverket. Den sistnämnda metoden är mindre bra eftersom reningsverket kommer att bli överbelastat vid kraftiga regn. Dessutom innehåller dagvattnet ofta föroreningar som inte är lämpliga att få in i ett reningsverk, som tungmetaller och oljeprodukter, dessa kan störa reningsprocessen och förorena slammet så att det inte går att använda som jordförbättringsmedel. Att istället lösa problemet genom att låta vattnet gå direkt till recipienten innebär bara att problemet flyttas till den.

Enligt Lundberg och Lindmark (1994) finns det fyra olika metoder som kan vara kostnadseffektiva för rening av vägdagvatten:

- Vegetativa metoder
- Våta fördröjningsdammar
- Våtmarker
- Infiltrationsanläggningar

Nedan följer ett kort referat av Lundberg och Lindmarks studie (1994)

2.4.1 Vegetativa metoder

Med vegetativa metoder menas att vattnet renas genom att passera ett område som är bevuxet, vanligtvis med gräs. Man skulle kunna säga att dagens vägdiken är en reningsmetod av vegetativ typ. Metodens största fördel är att den är relativt billig. Reningseffekten varierar med utformningen. Vad gäller vägdagvatten i landsbygdsområden kan den med fördel användas genom att göra dikena bredare och med flackare släntlutning. Om man istället för dikesrensningar använder sig av grässlåtter bibehålls vegetationen och reningseffekten bibehålls.

Nackdelen är att vid snösmältning och vid kraftiga regn försämras reningseffekten avsevärt. Det är heller ingen lämplig metod för rening av dagvatten som avleds genom kulvertar, eftersom de stora volymer som då skulle behöva renas, kräver orimligt stora arealer. Den ger också en begränsad reningseffekt på kväve och fosfor.

2.4.2 Dammar

Man kan skilja mellan torra dammar och våta dammar. Torra dammar fylls med vatten endast vid regntillfällen och ligger under torrperioder torrlagd. Våta dammar har en permanent vattenspegel. Ett magasin med ständig vattenspegel har en bättre reningsförmåga (Improving Wet Weather Quality 1994, s 119) än ett "torrt" magasin. Ett magasin med ständig vattenspegel får också anses ha ett estetiskt värde i landskapet, samtidigt som det utgör en oas för djurlivet. Ett magasin som endast utnyttjas vid regn tillåter å andra sidan att ytorna kan användas till annat vid torrväder. I princip skulle man kunna använda naturliga sjöar för utjämning. Om detta övervägs bör man ha i åtanke att dagvattnet sannolikt kommer att påverka sjön (Stahre 1981);

- Man kan räkna med att få en fastläggning av tungmetaller och oljerester i bottensedimenten
- Sjön kommer att gödas vilket kan leda till igenväxning.
- Dagvattnet vintertid och vid snösmältningen innehåller höga salthalter vilket kan påverka växt och djurliv samt ge upphov till densitetsskiktningar vilket kan förhindra en naturlig omblandning av vattnet.
- Risk för kraftiga surstötter vid snösmältning, samt föroreningschocker vid kraftiga regn.

Reningsprinciperna i dammar är:

- Slamavskiljning genom sedimentation eller uppflytning.
- Biologisk nedbrytning och upptagning.

Dammar kan med fördel användas tillsammans med andra metoder t.ex. vegetativa metoder, eller som förbehandling före en våtmark eller infiltrationsanläggning. De lämpar sig också för att behandla vatten som avleds kulverterat. Eftersom de kan ta hand om relativt stora vattenvolymer.

Dammar har visat sig ge tämligen goda reningsresultat, inte minst på suspenderat material. Men även tungmetaller, fosfor och kväve reduceras bra. Reningsförmågan i dammen påverkas av vattnets uppehållstid, strömningsförhållanden och andra förhållanden (djup, aeroba/anaeroba miljöer m.m.). Kunskaper om hur dammarna skall konstrueras på ett sätt så att bästa möjliga rening uppnås till lägsta möjliga kostnad saknas, men vissa generella regler finns (se kapitel 5, Modellering).

2.4.3 Våtmarker

Med våtmarker menas här marker som står under så gott som ständig påverkan av vatten, men som saknar större vattenspegel. Man kan skilja mellan naturliga, återskapade eller anlagda våtmarker. Naturliga är befintliga våtmarker, återskapade är en tidigare utdikad våtmark, som återställts. Med anlagda våtmarker menas här marker som människan har förändrat från en terrest miljö till en våtmarksmiljö.

För rening av dagvatten kan samtliga typer användas. Vid användning av befintliga våtmarker bör man dock tänka på att miljön kommer att förändras vid ett tillskott av dagvatten.

Reningsprocessen i en våtmark består av en kombination av de processer som verkar vid vegetativ rening och de processer som verkar i dammar. Alltså upptag av växter, sedimentering och mikrobiell nedbrytning.

Våtmarker ger goda reningsresultat, speciellt reningsförmågan för kväve och fosfor är god, men även andra föroreningar reduceras bra. Det bör dock påpekas att, liksom för dammar, är reningseffekten sämre vintertid.

Några dimensioneringskriterier finns inte och kunskapen om hur en våtmark fungerar, både hydrauliskt och biokemiskt, är begränsad.

2.4.4 Infiltrationsanläggningar.

En infiltrationsanläggning är en anläggning där vattnet lagras temporärt för infiltration i marken.

Reningen av vattnet i en infiltrationsanläggning sker genom att jorden fungerar som ett filter och avskiljer de partikulära föroreningar som är för stora att passera genom porerna. Kemiska reaktioner sker vid infiltrationen och även en biologisk nedbrytning sker.

Vid anläggandet av en infiltrationsanläggning måste det först konstateras om jorden är tillräckligt genomsläpplig för att kunna ta emot allt det vatten som tillförs den. Avståndet till grundvattenytan måste också vara tillräckligt stort så att inte en förorening av grundvattnet sker. Man bör också ha i åtanke att föroreningar, främst tungmetaller, kommer att ackumuleras i jorden.

2.5 Synpunkter på val av reningsmetod.

Skillnad måste göras på rening av vägdagvatten från vägar i landsbygdsmiljö, och dagvatten från stadsmiljö. På landsbygden är kanske inte föroreningsbelastningen så hög att det är nödvändigt att rena vattnet annat än vid speciellt känsliga områden. En lämplig metod kan vara att utnyttja diken, kanske breddade och med flackare sidor, för vegetativ rening. Kanske en utjämningsdamm kan anläggas före det att vattnet går ut i en naturlig våtmark.

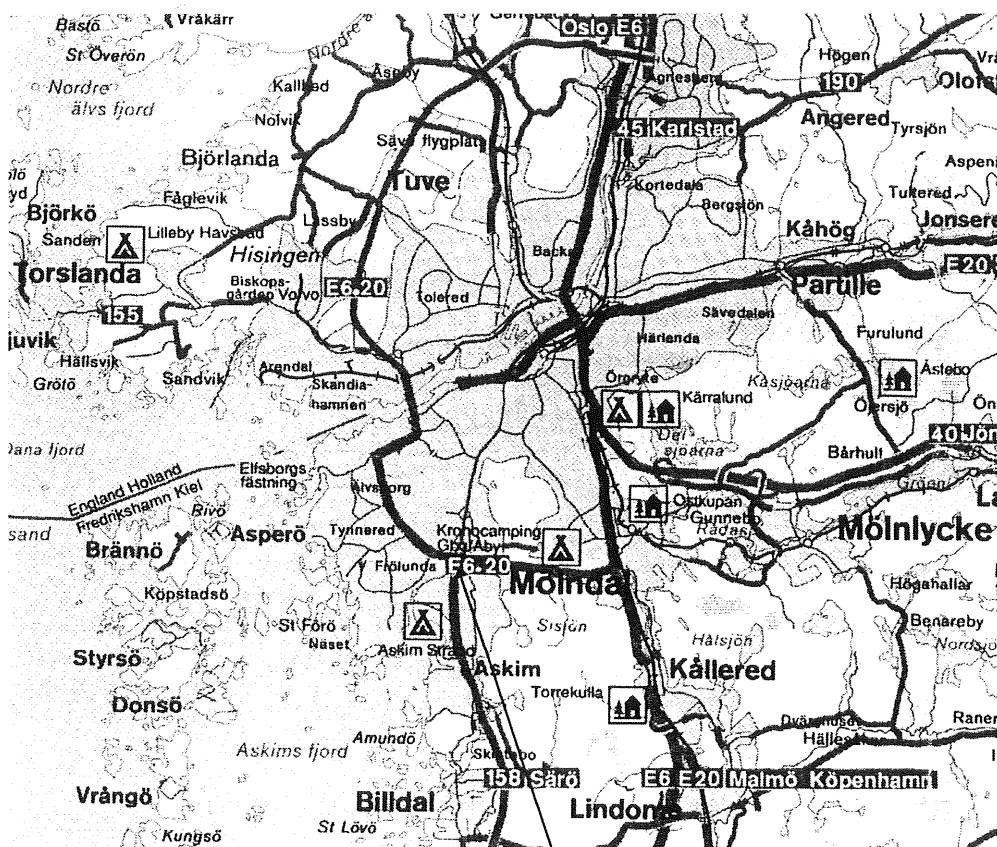
I stadsmiljö är användandet av vegetativa metoder svårt eftersom utrymme ofta saknas, dessutom avleds det mesta dagvattnet kulverterat. Här är istället utjämnings / sedimentationsdammar lämpligare, eftersom de kräver mindre arealer, kan placeras relativt fritt inom avrinningsområdet. De ger dessutom en utjämnande effekt på flödet vilket kan vara av fördel då avrinningen sker snabbt från alla hårdgjorda ytor.

3. JÄRNBROTTS ÖPPNA UTJÄMNINGSMAGASIN

3.1 Beskrivning av magasinet

3.1.1 Bakgrund

Vid Järnbrottsmotet har två öppna utjämningsmagasin byggts, en mindre tidigare beskriven av Thomas J.R. Pettersson (1996) samt en större som behandlas i detta examensarbete. De två dammarna byggdes för att få erfarenheter och uppföljning av reningseffekten av i första hand suspenderat material och tungmetaller.



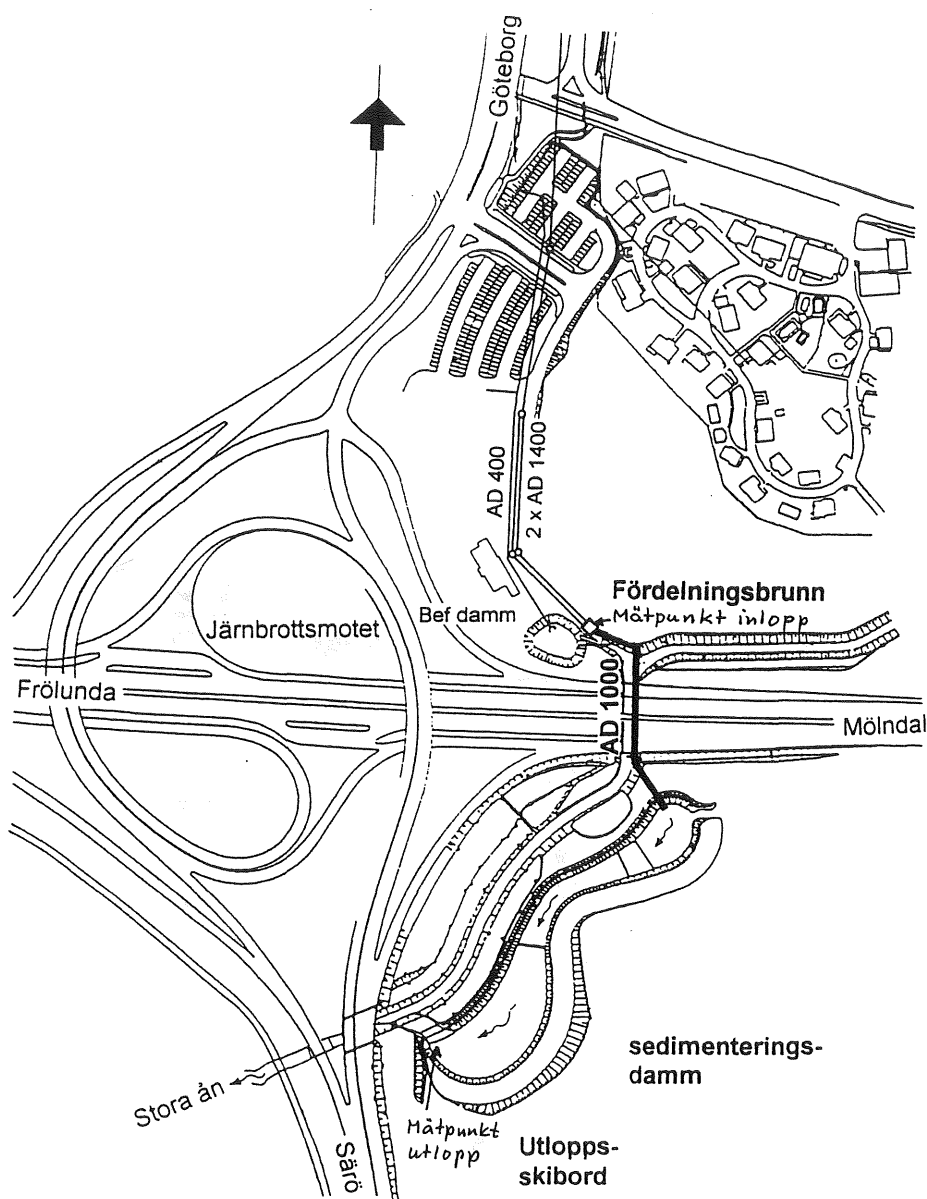
Järnbrotts stora dagvattendamm

Figur 3.1 Järnbrotts stora dagvattendamm ligger i korsningen mellan Söderleden och Dag Hammarskjöldsleden.

3.1.2 Belastning och mått

Den stora dammen avvattnar Dag Hammarskjöldsleden och vattnets leds via det stora dagvattensystemet under leden till en bräddningsstation och över Stora Ån, under Söderleden i en ≈ 1000 mm ledning. Allt vatten som kommer genom dagvattenledningen

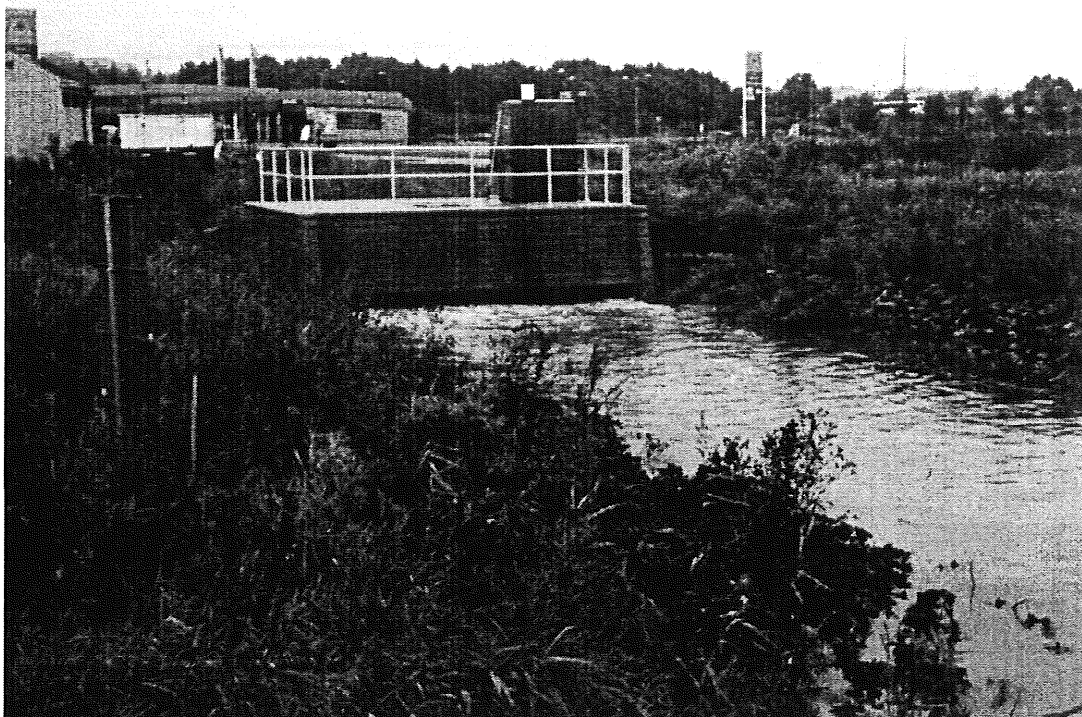
leds till dagvattendammen upp till ett flöde av ca 725 l/s. Vid ökande flöde bräddas en del av överskottet till recipienten, Stora Ån. Maxflödet till dammen blir då ca 1,1 m³/s.



Figur 3.2 Järnbrottsdammen vid korsningen Söderleden, Dag Hammarskjölds väg och Säröleden.

Tabell 3.1 Dimensionerande data:

Avrinningsområdets anslutna yta	485 ha
Därav hårdgjord yta (Ared)	161 ha
Sedimenteringsbassängens yta	0,52 ha
Sedimenteringsbassängens volym	6000 m ³ (varierar med vattenstånd)



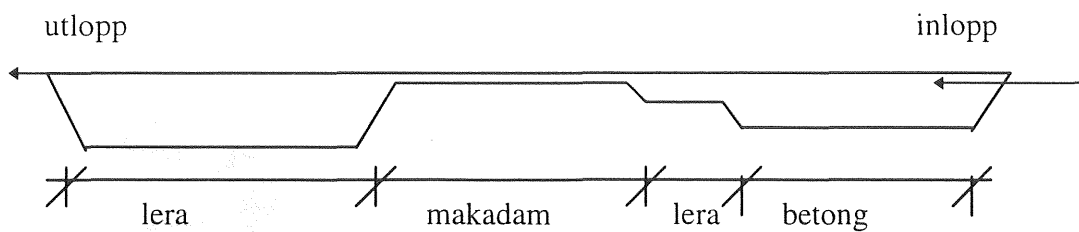
Figur 3.3 Bräddningsstationen i funktion den 26/8

Tabell 3.2 Dimensionerande data

	Kritisk regnintensitet (l/s · ha (Ared))	Ytbelastning (Q/Ared) (m/h)
Vid flödet 0,9 m ³ /s	4,5	0,5
Vid maxflöde 1,5 m ³ /s	(6,9)	0,76

Av årsflödet bedöms 75% komma att ledas via sedimenteringsbassängen.

Bassängens utformning har till stor del styrts av geotekniska förhållanden. Platsen där dammen byggdes var förut en trafikplats. P.g.a. risk för bottenuppressning fick dammen göras något smalare och grundare än det från början var tänkt. Vid inloppet finns en djupare del belagd med en betongplatta som är körbar för att möjliggöra utlastning av uppsamlat sediment. Mittemot inloppet finns ett parti som vid torrväder ligger precis i vattenytan, men som vid regn översvämmas med vatten. Detta skulle gjorts djupare, men urschaktningen fick avbrytas p.g.a. geotekniska problem. Mellan inloppet och utloppet finns ett grundare och smalare parti. Här består botten av makadam. Vid utloppet finns en djupare del med lerbotten. Här har växter slagit rot och spridit sig i denna del av dammen. Bassängen kan tömmas med självfall till Stora Ån. Se ritningar i bilaga A, samt foton i bilaga P.



Figur 3.4 Ungefärlig bottenprofil. Dammen är ca 1,5 meter djup vid inloppsdel, 0,5 meter djup vid det grunda partiet och 1,6 meter djup i utloppsbassängen. Lägga märke till de olika bottenmaterialen

Tilloppet är anordnat genom att tilloppsledningen mynnar under lågvattenytan några meter ut i bassängen (se figur 3.7, samt bilaga P). Utloppet sker via ett betongöverfall (se figur 3.5, samt bilaga P).



Figur 3.5 Foto på överfall, juli 1997

Flödet över överfallen kan beräknas enligt (för härledning, se bilaga D):

$$Q = 15,65 \cdot H^{3/2} + 3 \cdot H^{5/2}$$

Q=utflödet (m³/s)

H=höjden över överfallet (m)

3.2 Iakttagelser på platsen

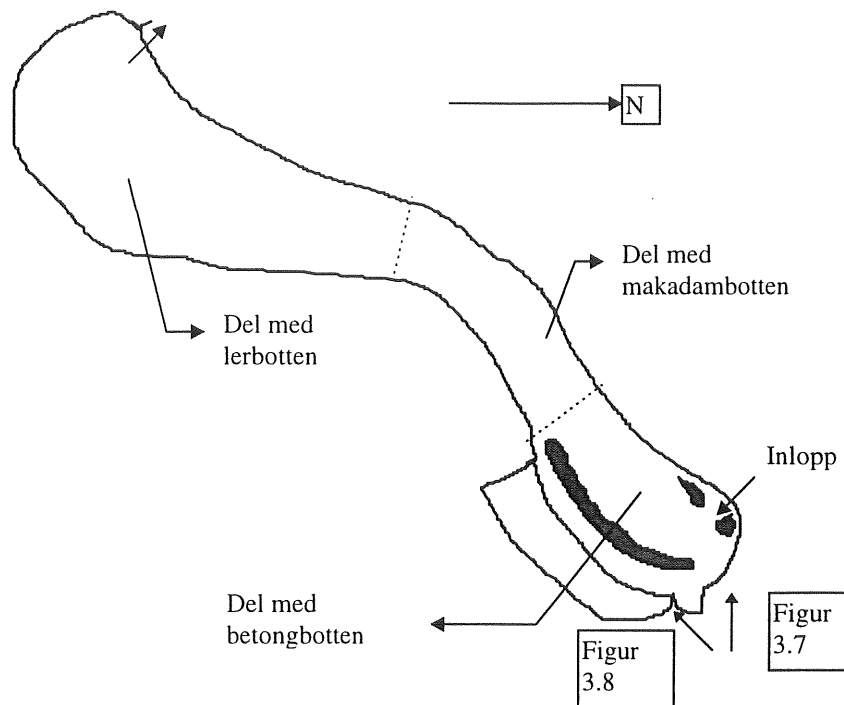
3.2.1 Växter och djur

I samband med inmätningarna i juni 1997 kunde vissa iakttagelser av växt- och djurlivet göras. I inlopps bassängen, som har en betongplatta, finns naturligt nog ingen vegetation, förutom på slänterna. I den östra delen av inlopps bassängen finns dock ett grundare parti som vid låg tillrinning är torrlagt, men som vid regnväder fylls upp med vatten. Här finns en riklig vegetation med våtmarksväxter. I det grundare partiet som har makadambotten finns inte heller någon vegetation. Utlopps bassängen i dammens södra del har lerbotten och här utbreder sig vass och kaveldun. Det är en tydligt markerad gräns mellan avsnittet med makadambotten och lerbotten.

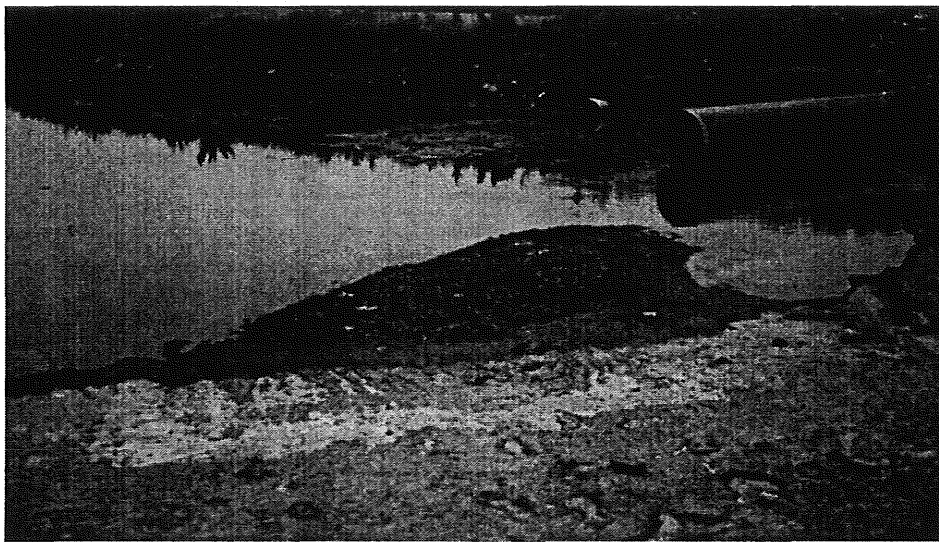
Vi har under våra besök vid dammen kunnat iaktta att dammen varit ett tillhåll för flera fågelarter. Bl.a. har änder, sothöns och måsar iakttagits och troligen häckat kring dammen. Ett problem för fågellivet är att det finns risk för oljespill i dammen, eftersom ingen oljeavskiljare finns. En mindre fläck av en tjockare olja kunde iaktas vid ett tillfälle under juli månad.

3.2.2 Sedimentering

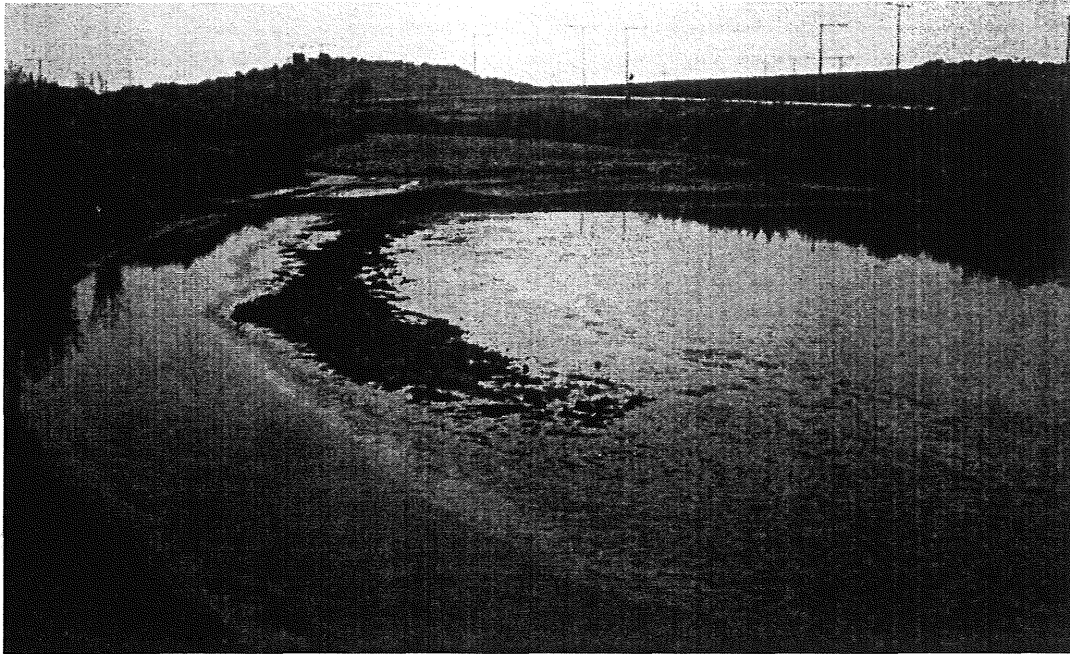
Dammen har läckt över kortare tidsperioder två gånger i den södra delen vid utloppet mot Stora Ån. Båda gånger har Skanska, som byggt dammen, tätat den. I början av juli tätades dammen senast och då var den också tömd så att det gick att se och dokumentera hur dammen var konstruerad. Den djupare delen närmast utloppet var dock delvis vattenfylld. Vid detta tillfälle kunde man tydligt se var sedimenteringen hade skett. Det fanns en ca 1 m bred sedimentsträng som sträckte sig längs den östra kanten i inlopps bassängen. Dessutom fanns det sedimentavlagringar på båda sidor om utlopps röret (se figur 3.6-3.8, samt bilaga P). I det grundare smala partiet med makadambotten fanns enbart finare sediment på makadambotten vilket avtog ju närmare utlopps bassängen man kom. Hur sedimenteringseffekten var i utlopps bassängen gick inte att se, p.g.a. att den delvis var vattenfylld.



Figur 3.6 Dammen med de sedimentsträngar, som kunde observeras i juli 1997. Notera var figur 3.7 och 3.8 är fotograferade från (anges med pil i figur).



Figur 3.7 Dammen vid inloppet då den var i det närmaste tömd. Notera sedimentansamlingen runt inloppsröret.



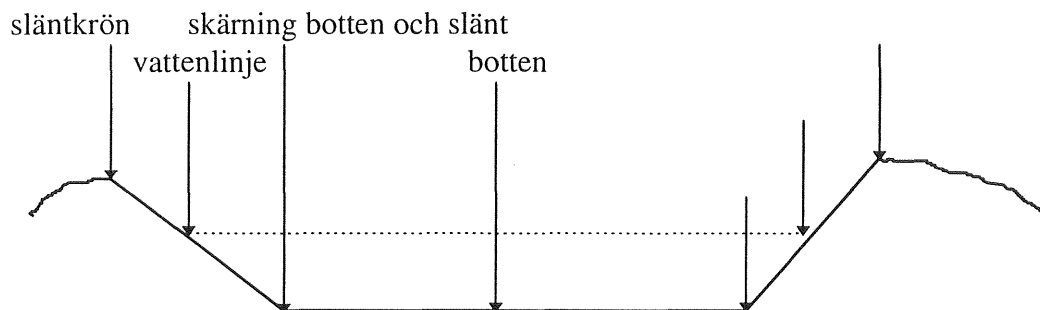
Figur 3.8 Här ses inlopps-bassängen när dammen är i det närmaste tömd. Notera den markerade sedimentsträngen.

4. MÄTNINGAR

4.1 Terrängmodell

4.1.1 Syfte

För att få indata till modelluppbyggnaden i FIDAP var en inmätning av dammen nödvändig. Den typ av indata som var intressant av var x-, y- och z-koordinater för ett antal punkter i och längs dammen. De punkter som var intressantast var främst punkter i släntkrön, vattenlinje, brytpunkt mellan botten och slänt samt även punkter i profiler på botten av dammen.



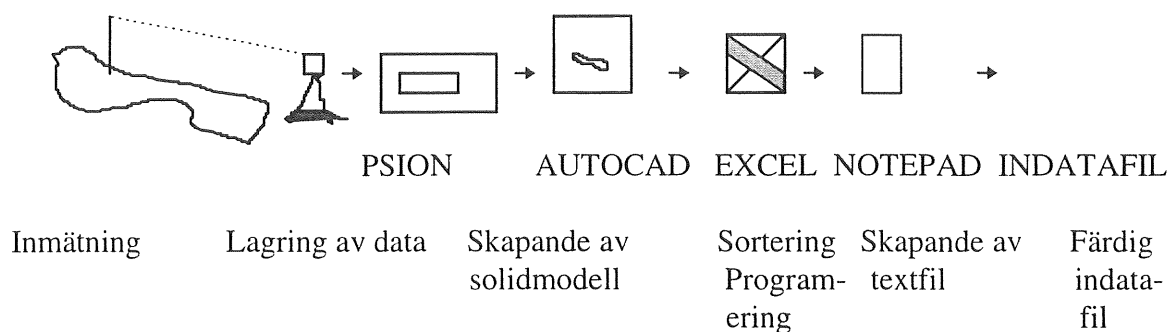
Figur 4.1 Principsektion av dammen där inmätningpunkterna visas.

4.1.2 Metod

För inmätning av dammen användes en totalstation, Geodimeter 400. För att lagra inmätta punkter användes en fältdator, Psion. Cirka 250 punkter mättes in i x-, y- och z-led. För att kontrollera djupförhållandena i dammen mättes botten in i form av sektioner. 2/3 av dammen kunde mätas ifrån vadarstövlar medan den djupa delen vid utloppet mättes från båt. Vid mätningarna användes rikets koordinatsystem.

4.1.3 Resultat

Resultatet från mätningarna överfördes från Psion till autocad format. I autocadformat kunde en solidmodell göras utav dammen. Från autocad skrevs en koordinatfil ut i .ode format som kunde tolkas av Excel.



Figur 4.2 *Processen från inmätning till färdig indata*

Då det finns två eller flera punkter i slänten som är inmätta kan man ställa upp en ekvation för slänkrönets lutning i de sektioner som mätts in. Detta gör att nya x-, y- och z-koordinater för varje vattenstånd kan beräknas.

I Excel gjordes efter sortering av punkterna ett kalkylark där möjlighet ges för att få ut x-, y och z-koordinater för dammen vid valfritt flöde/vattenstånd. Detta gör det möjligt att generera indatafiler för alla upptänkliga flöden i dammen. Slutligen exporteras Excel-filen till en texteditor, Notepad, och är därefter färdig att läggas på en unixserver för inmatning i FIDAP.

4.2 Strömningsmätningar

4.2.1 Syfte

För att man skall kunna lita på de resultat som simuleringarna med FIDAP ger, måste en verifiering av resultaten göras. Detta har gjorts genom att mäta strömningshastigheter och strömningsmönster i dammen.

4.2.2 Metod

Några olika metoder för mätning av strömmar finns. Dels sådana där man registrerar positionen för ett föremål som flyter med strömmen. Dels sådana där man inte behöver registrera läget av rörliga föremål.

Vid oceanografiska strömningsmätningar använder man sig ibland av en typ av mätare som består av en kompassnål och en fritt pendlande nål. Dessa nålar är då inbyggda i en behållare som är fylld med ett geléaktigt material som stelnar när det kyls av. Flera sådana behållare är fastsatta på olika djup längs en lina som sänks ner i vattnet. Genom att kompassnålen registrerar vilken riktning behållaren får i vattnet och pendelnålen hur behållaren lutar, kan strömmens storlek och riktning bestämmas. Denna typ av mätning skulle säkert gå att utföra i dammen. Det finns dock flera orsaker till att den uteslöts. Man måste registrera var någonstans mätningen är utförd och då hade det ändå behövts ett instrument för att registrera läget på linorna. Vi var också något tveksamma om precisionen man kan få i mätningar av det här slaget. Detta undersökte vi dock aldrig.

En annan metod är att nyttja teknik som är baserad på dopplereffekten. Sådana instrument är dock relativt dyra och finns inte tillgängliga här. Vi vet inte heller om det

överhuvudtaget finns dopplermätare som lämpar sig för den typen av mätningar skall utföras. Det finns dock en fördel med dessa metoder, de skulle möjliggöra mätningar i området som är vassbevuxet.

Metoder där man mäter in föremål som förflyttar sig kräver både ett bra registreringsinstrument och ett föremål som följer med och håller samma hastighet som vattnet. För att uppfylla dessa krav bör föremålet ha en stor area under vattenytan och en liten area ovan ytan som kan påverkas av vind. Föremålet skall också vara lätt för att kunna följa ändringar i hastighet och riktning utan att tröghetskrafter påverkar riktningen. Dessa villkor uppfylls genom att man använder ett strömkors som bärs upp av en flytkropp.

Eftersom hastighetsgradienten i t.ex. en kanal varierar olinjärt med djupet fås ett medelvärde på den längd i djupled som korset representerar. Därför är det ofördelaktigt att ha ett kors som är för djupt. Korset skall också vara så lätt som möjligt och kan byggas av segelduk uppspänt på stålramar, tunn aluminiumplåt eller plast.

För denna studie valdes att använda strömkors, eftersom denna metod använts till liknande studier (visserligen för mätning i havsfjordar) med tillfredsställande resultat, de är också relativt enkla att tillverka. Det finns flera alternativa metoder för bestämning av hastighet och position för strömkorsen.

Nackdelen med en metod som baserar sig på strömkorsmätningar är att strömkorsen kommer att fastna i vassen som finns i delen av dammen närmast överfallen. Strömningsmönstret i denna del skulle eventuellt kunna observeras genom att slänga i föremål som flyter relativt djupt och inte fastnar så lätt. Exempelvis skulle apelsiner eller delvis vattenfyllda flaskor kunna användas.

För att registrera läget på strömkorsen finns några olika metoder. Ett system som bygger på infraröd kamerateknik heter MacReflex och marknadsförs av Qualisys. Med två kameror är det möjligt att bestämma position och hastigheter för ett stort antal strömkors. Ju fler kameror som används desto bättre blir precisionen i mätningarna. Systemet har en tillhörande Macintoshbaserad programvara med vilken bl.a. hastighetsvektorer, acceleration, strömningsbanor och hastigheter kan erhållas. Systemet kräver dock att en dator samt en videoprocessor för varje dator tas med ut i fält. Är man enbart intresserad av att bestämma ett strömningsmönster, där inte hastigheter eller exakta positioner är så viktiga, kan man använda sig av en videokamera.

Det går också att använda sig av olika typer av inmättningsinstrument, t.ex. två teodoliter eller en totalstation.

Vi valde att använda en totalstation p.g.a. att:

- totalstationen är beprövad under fältmässiga förhållanden.
- det går fort att etablera en totalstation och komma igång med mätning.
- totalstationen har bra precision.
- den inte behöver tillgång till annan strömförsörjning än batteri.

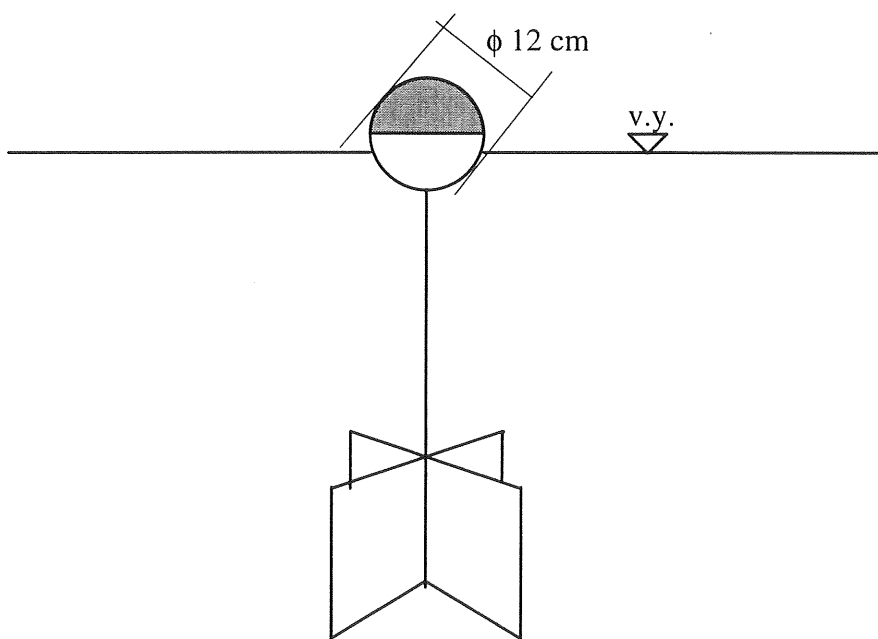
4.2.3 Utrustning

Det finns olika typer av strömkors, bland andra TS-modellen, Uppsala-modellen, SMHI-modellen och CTH-modellen (Gilljam och Österlind 1970). Gilljam och Österlind rekommenderade TS modellen under de förhållanden som deras mätningar skulle utföras i. De var tvungna att ha ett lätthanterligt kors för transporter eftersom de skulle mäta strömningsförhållandena i Byfjorden, Uddevalla.

Våra förhållanden är annorlunda eftersom vi har en relativt liten mätvolym och relativt låga strömningshastigheter. Detta gör att korset bör vara mindre i storlek. Vi bestämde oss för att använda CTH-modellen dels för att den var lätt att bygga och dels för att den var väl utprovad.

Flytkroppen skall vara okänslig för vindbelastning och ha en flytkraft så att den precis kan klara att bära flytkorset. En utformning som en diskus och i material som expanderande polystyrencellplast eller trä är vanligast.

Strömkorsen byggdes av tunn aluminiumplåt som limmades ihop med tvåkomponents epoxilim. På varje strömkors fästes en ögla av ståltråd. Flytkropparna utgjordes av massiva frigolitklot, $\phi 120$ mm, där reflextejp fästes. Genom frigolitklotet trycktes en ståltråd för att fästa linan i. Flytkroppen och strömkorset förbands med en nylonlina med beteslås. Denna konstruktion gör det möjligt att lätt byta nivå för strömkorset. De nivåer som undersöktes är direkt-, 0,5 m- och 1 m under vattenytan. Tre stycken strömkors tillverkades.



Figur 4.3 Den strömkorsmodell som använts i denna studie.

4.2.4 Utprovning.

Utrustningen provades i vattenhallen på Chalmers (se foto i bilaga P). Dock blev strömningshastigheterna i den bassäng som användes något för låga för att ge realistiska förhållanden. Avståndet mellan totalstationen och flötena blev också bli kortare än önskat. Detta test visade dock att utrustningen fungerade som tänkt. Strömkors och flöte tycktes

uppföra sig på ett lämpligt sätt, de tycktes inte vara alltför känsliga för påverkan på flötet (t.ex. av vind) utan det var korset som "bestämde".

4.2.5 Genomförande

Totalstationen ställdes upp så att reflextejp på flöten kunde förväntas ge tillräcklig reflex för att totalstationen skall kunna bestämma avståndet till flötet. Användandet av sfäriskt flöte med reflextejp och diametern 12 cm ger upphov till ett systematiskt mätfel, eftersom avståndet som ges är avståndet fram till sfärens yta, medan det önskade avståndet är till sfärens centrum. Detta fel går dock lätt att korrigera, vilket också gjordes genom att lägga till 6 cm på varje längdmätning. Totalstationens mätningar går bra att registrera ner i ett minne och "tanka" över direkt till en pc. Tyvärr kan inte tidpunkten för mätningarna registreras på detta vis med den totalstation som användes, istället valdes att föra ett protokoll med tidpunkt för mätningen och mätdata.

Mätdata som bestod av uppmätta avstånd, vinkel och tidsnotering fördes in i ett Excelark där korrigering med hänsyn till flytkroppens form, beräkning av x- och y-koordinat samt hastighet mellan de olika mätpunkterna beräknas. Även medelhastigheten kan beräknas i arket. (se bilaga F och H)

4.2.6 Mätningar 1997.08.26

Mätningarna gjordes under de mycket kraftiga regn som drog över Göteborg den 26/8. Under tiden för mätningen fungerade inte flödesmätaren vid inloppet. Vid utloppet hade dammen dock ett utflöde på max ca 800 l/s. En Mouse-simulering av detta regntillfälle har gjorts av Anders Månsson. Denna simulering visar att flödet bör ha varit över 1000 l/s när mätningarna började. Enligt simuleringen skall också tillflödet ha avklingat mycket snabbt när regnet slutade, vilket är fel. Under tiden för mätningarna kunde det observeras att inflödet var kraftigt och att de bräddades vatten i bräddningsstationen större delen av dagen (bräddningen slutade omkring kl 16). Felet vid Mouse-simuleringen kan förklaras av att den inte tar hänsyn till magasineringen på markytan. Det stod nämligen mycket vatten på Dag Hammarskjöldsleden denna dag. De utflödesdata som finns tyder också på att flödet bör ha legat relativt högt (>500 l/s) hela dagen. Flödes- och regndata finns i bilaga E.

Vid mätningarna upptäcktes att det inte gick att få reflex från flöten på längre håll än ca 55 m. Detta gjorde att en något mindre del av dammen än förväntat kunde mätas in från en och samma uppställningsplats. Från den första uppställningsplatsen täcktes dock de delar som bedömdes vara intressantast. En flyttning av totalstationen gjordes i slutet av dagen för att kunna mäta in den virvel som finns till vänster om utloppet. Registreringen av tid skedde genom avläsning från en analog klocka. Under mätningarna förlorade vi två av de tre strömkorsen. Det ena genom att linan gick av när det skulle plockas upp efter att ha fastnat i vassen och det andra när infästningen i korset gick av. Nya strömkors fick tillverkas för kommande mätning.

Det konstaterades också att det som väntat inte gick att genomföra strömkorsmätningar i den del av dammen som har lerbotten eftersom strömkorsen här fastnar i vegetationen alltför snabbt.

4.2.7 Mätningar 1997.10.01

Denna mätning gjordes främst för att se hur dammen uppförde sig under ett torrvädersflöde. Flödet in till dammen var ca 14 l/s (se bilaga G). Denna gång valdes en uppställningspunkt närmare inloppsröret för att bättre kunna registrera vad som hände i detta område. Tre strömkors användes, dessa släpptes efter varandra på olika positioner. Denna gång hade vi en digital klocka med oss för att få en säkrare tidsregistrering.

I början av mätningarna var det helt vindstilla, vilket gjorde att mätningarna på det låga flödet gav tillförlitliga resultat. Senare på dagen började det blåsa alltmer och vid lunchtid fick mätningarna avbrytas p.g.a. att vinden nu drev strömkorsen baklänges. Detta är förklaringen till den relativt lilla mätvolym som finns från detta tillfälle.

4.2.8 Felkällor och bearbetning av data

Användandet av en analog klocka visade sig ofördelaktig och detta kan vara en felkälla. En digital klocka är att föredra. Vidare kan för hård vind göra att flytkropparna påverkas av vinden så att det är en blandning av vind och vattenström som mäts. Mätningarna måste göras när det är vindstilla eller med flytkroppar som ej är vindkänsliga.

Under bearbetningen av data rensades några mätningar bort p.g.a. att de var orimliga, vanligen att hastigheten ändrades kraftigt mellan två registreringar. Orimligheten kan bero på att mätdata antecknats fel eller missuppfattats.

4.2.9 Strömningsförhållandena i dammen

Vid samtliga djup och vid båda mättillfällena finns en tydlig kortslutningsström till höger om tillflödet, som sträcker sig fram till uppgrundningen. En liknande ström kan också observeras till vänster om inloppet, denna är dock enbart uppmätt vid ytan vid första mättillfället. I kortslutningsströmmarna minskar hastigheterna vilket betyder att även lättare och mindre partiklar kan sedimentera. De observationer som gjordes av sedimentationen när dammen delvis var torrlagd stämmer väl överens med strömningsbilden som observerades

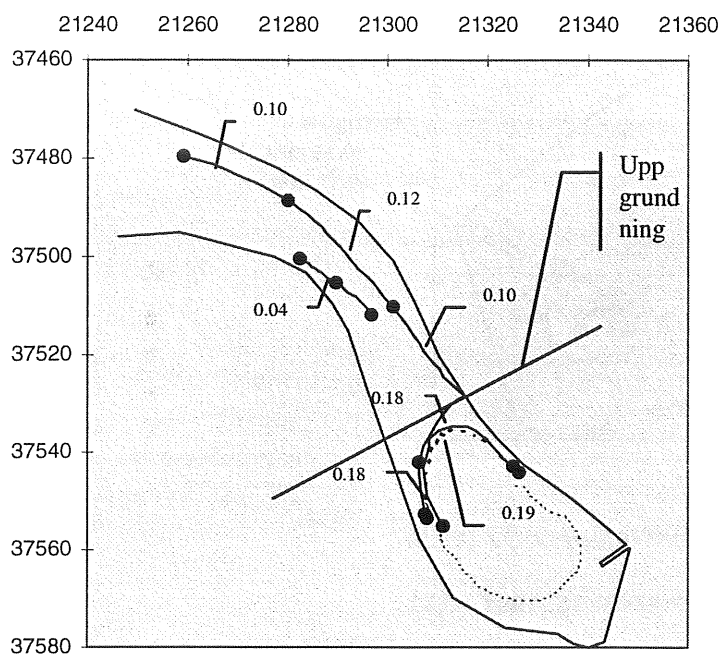
Vid uppgrundningen mot det smala och grunda mittenpartiet styrs huvudströmmen över åt höger. Huvudströmmen fortsätter sedan på dammens högra sida så länge strömkorsen går att följa. De fastnar sedan i vassen i den djupare delen närmast utloppet. På den vänstra sidan i det grunda partiet kan en relativt svag returström observeras. Denna är dock enbart uppmätt vid 0,5 m djup, men den kunde observeras i ytan på kringflytande skräp. Dessa strömmar är endast uppmätta vid det kraftiga flödet. Strömningen tycks vara tämligen likformig över djupet. Några stora skillnader mellan strömningsmönstret kan inte konstateras. Vid mätningar på 1 m djupet fastnar strömkorsen i makadamen där det börjar grunda upp.

De streckade linjerna i nedanstående figurer visar hur strömkorsen förflyttade sig när de var för lång bort för att kunna registreras av totalstationen. Det är alltså våra egna observationer av rörelserna som redovisas med grå streckad linje i figur 4.4-4.7.

Vid mättillfället den 26/8 gjordes dessutom vissa iakttagelser av strömningsförhållandena i ytan, genom skräp som flöt omkring på vattnet. Vi kunde observera den returström som

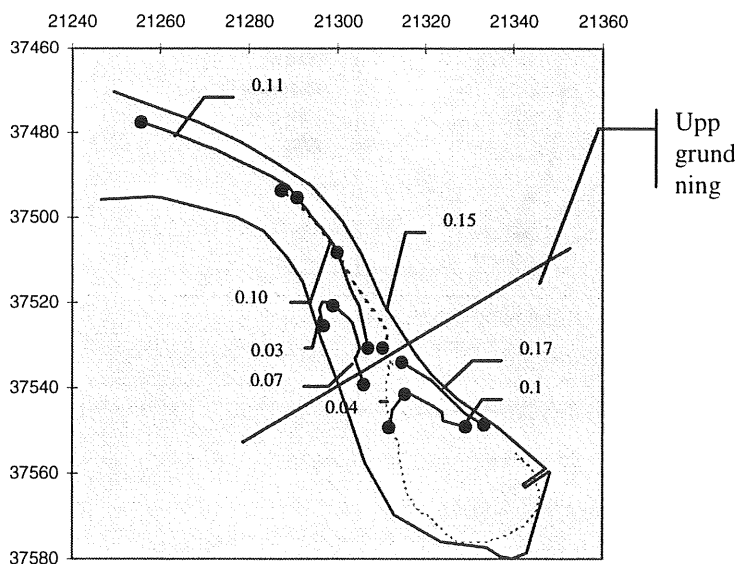
finns längs vänstra stranden, och som också kunde mätas upp vid något tillfälle. Vidare syntes det att vatten strömmade in i det mycket grunda parti som ligger mittemot utloppsröret. Dessa iakttagelser redovisas i figur 4.8.

Mätning i ytan, 15.38-1640, 1997.08.26



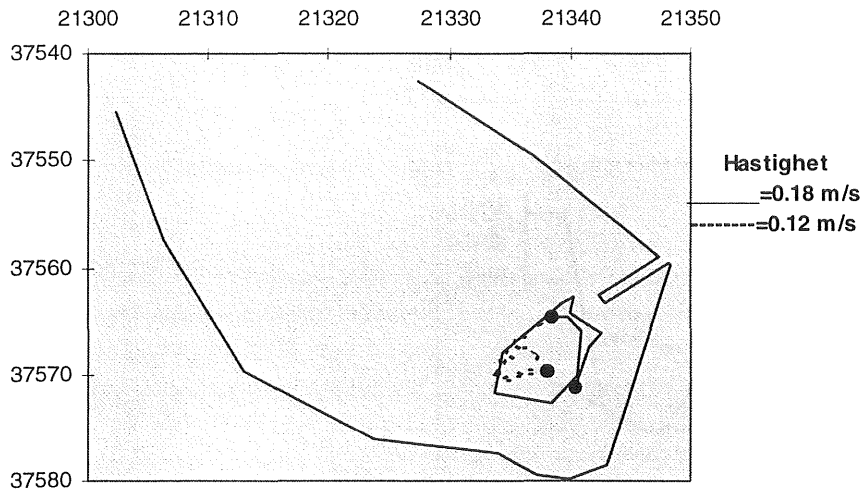
Figur 4.4 Strömningsbild från mätningar i ytskiktet 97.08.26. Hastigheterna är angivna i m/s. Den grå streckade linjen är observerad strömning i övrigt.

Mätning på 0,5m 13:00-15:02 1997.08.26



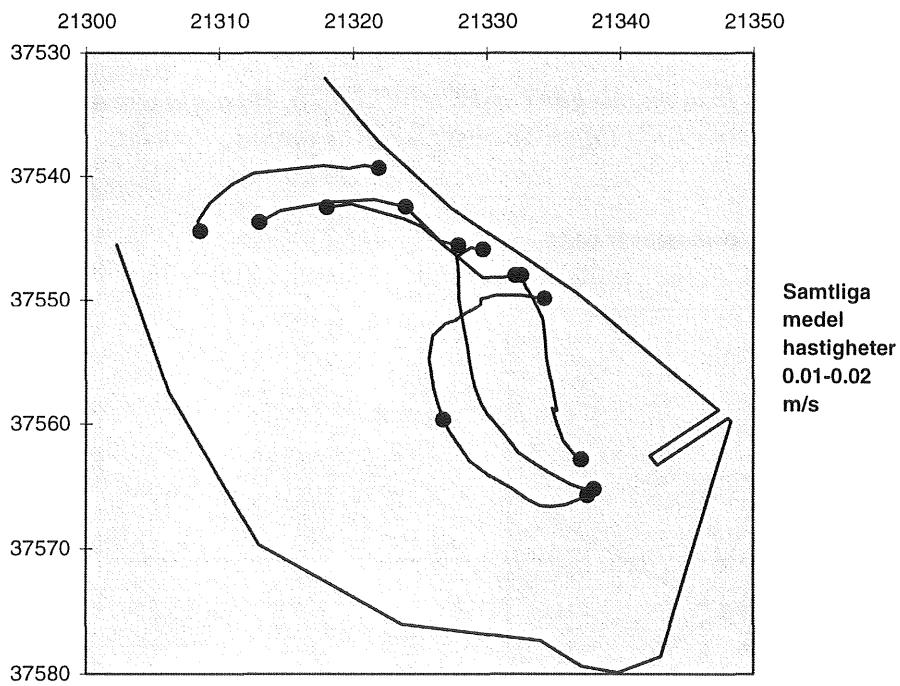
Figur 4.5 Hastighetsmätningar på 0,5 meter djup 97.08.26. Hastigheterna är angivna i m/s. Den grå streckade linjen är observerad strömning i övrigt.

Mätningar, yta 17:09-17:17, 1997.08.26



Figur 4.6 Hastigheter vid ytan runt inloppet 97.08.26.

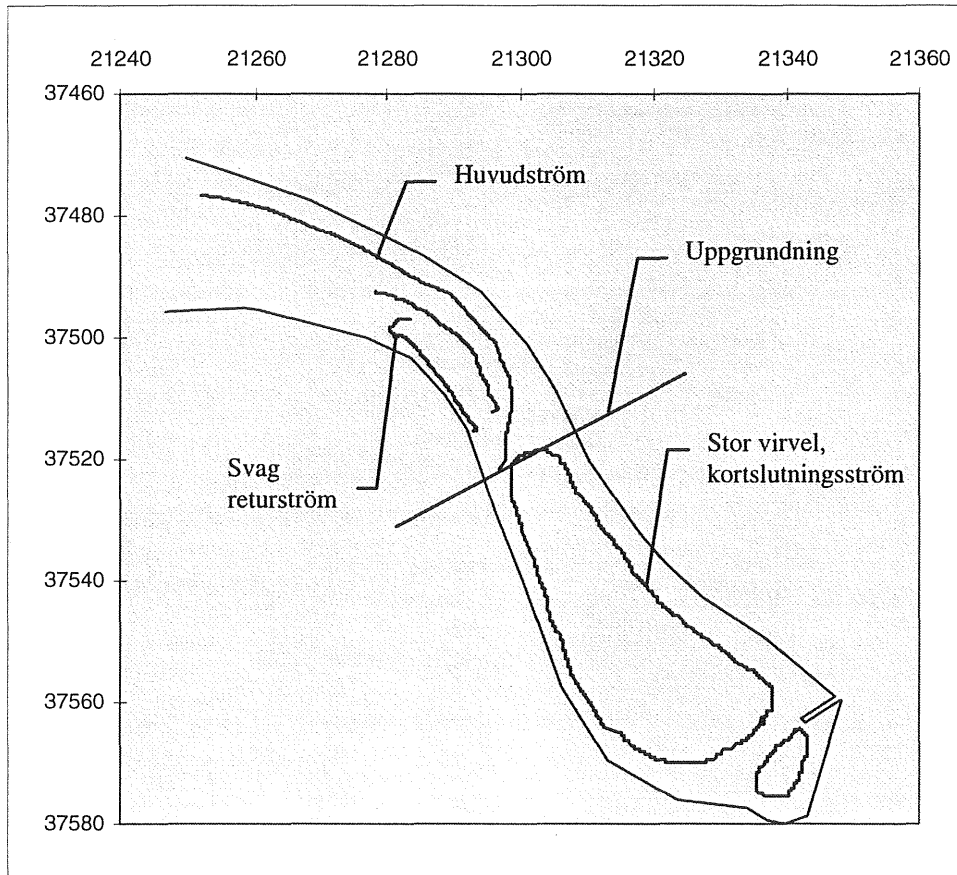
Mätning i ytan kl 9:27-10:16, 1997.10.01



Figur 4.7 Hastigheter vid ytan vid inloppet 97.10.01.

Vid mätningen 97.08.26 med utflödet 800 l/s ligger hastigheten vid ytan för den runtgående stora virveln på runt 0.18-0.19 m/s. Över det grunda smalare partiet ligger hastigheterna på 0.04-0.12 m/s. På 0.5 och 1 meters djup ligger hastigheterna i den stora virveln på 0.1-0.12 m/s vilket är något lägre än vid ytan. Vid det grundare partiet ligger hastigheten på 0.5 meters djup på 0.15 m/s för att senare minska till 0.11 m/s. Vid 0.5 m kunde alltså inte någon hastighetsökning över det grundare partiet uppmätas.

Vid mätningarna 97.10.01 med inflöde runt 20 l/s kunde vi bara mäta i ytan eftersom vindförhållandena blev för svåra när vi skulle övergå till mätningar på större djup. Hastigheterna i ytan i hela inlopps-bassängen varierade mellan 0.01 och 0.02 m/s.



Figur 4.8 Det strömningsmönster vi kunde observera vid mättillfället 97.08.26

5. MODELLERING

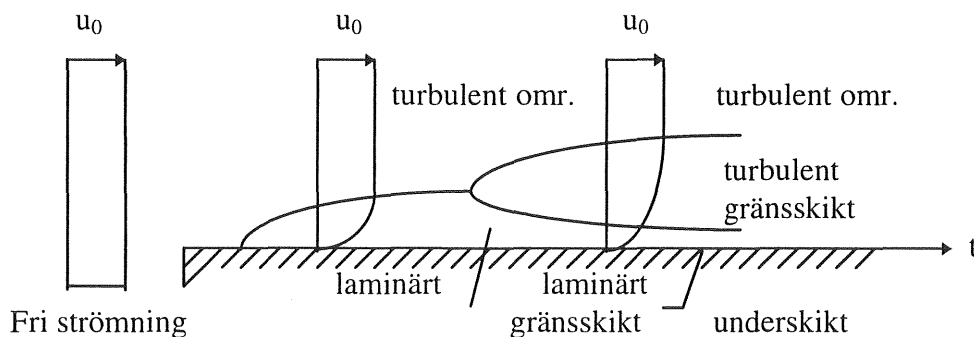
5.1 Inledning

När det gäller utjämning och fördröjning av dagvatten finns olika typer av metoder att tillgå. Nyligen har flera kommuner byggt öppna dagvattenmagasin. Det finns dock ingen exakt modell för dimensionering av dessa magasin. De flesta beräkningsmetoder bygger på att laminära förhållanden råder vilket oftast inte är fallet.

5.2 Strömning i vatten

5.2.1 Laminär och turbulent strömning

Det går att dra en skarp skiljelinje mellan laminär respektive turbulent strömning, vilka representerar två helt olika strömningstillstånd. Vattnet har laminär strömning om hastigheten varierar på ett regelbundet sätt. Man kan säga att vätskan rör sig i skikt. Det laminära rörelsemönstret är ordnat jämfört med det turbulenta där hastigheten varierar oregelbundet dels från punkt till punkt dels i tiden. Turbulent strömning kan dock klassificeras som stationär, trots att strömningshastigheten varierar i tiden. Detta beror på att tidsmedelvärdet av hastigheten är konstant i tiden samt att även hastighetsfluktuationerna har egenskaper som är konstanta i tiden (Häggström 1992, Cederwall och Larsen 1981). Turbulens kan uppstå antingen vid gränssytan mellan en strömmande fluid och en fast kropp eller vid gränssytan mellan två fluider med olika hastighet. Den turbulenta strömningen är tredimensionell och innebär ur energisynpunkt att kinetisk energi övergår till större virvlar för att senare övergå i till mindre virvlar och slutligen omvandlas till värme (Appelqvist et. al. 1978).



Figur 5.1 Fri strömning påverkad av en yta. Till en början är hela gränsskiktet laminärt. Hastighetsgradienterna ökar nära väggen vilket gör att ett turbulent gränsskikt bildas (Häggström 1992)

Strömningen nära en yta är påverkad av ytan och dess egenskaper. Skiktet nära ytan kallas för gränsskikt och definieras som det skikt inom vilket hastigheten underskrider 99% av hastigheten i den fria vattenströmningen. Intill väggen är strömningshastigheten noll, relativt väggen. Nära ytan är strömningen laminär. Beroende på ytans råhet, strömningens egenskaper och vätskans viskositet kan turbulens uppstå i gränsskiktet utanför det laminära. (Häggström 1992)

5.2.2 Turbulensmodeller

Turbulensmodeller är matematiska modeller som beskriver vattnets turbulenta beteende. Det finns flera olika turbulensmodeller, t.ex. mixing length och k-ε. Vi kommer inte gå in på hur de olika modellerna är konstruerade utan försöker istället ge en bild av vilka fördelar och nackdelar de olika modellerna har.

En av de mer väletablerade modellerna är k-ε. Den skall användas vid höga Reynolds tal som kan beräknas enligt nedanstående formel. Reynolds tal definieras olika beroende på vilket strömningsfenomen som avses.

$$Re = \frac{U \cdot H}{\nu} \quad (5.1)$$

Re=Reynolds tal (dimensionslös)

U=medelhastighet [m/s]

H=vattendjup [m]

ν=kinematisk viskositet [m²/s]

Re<2000 laminär strömning

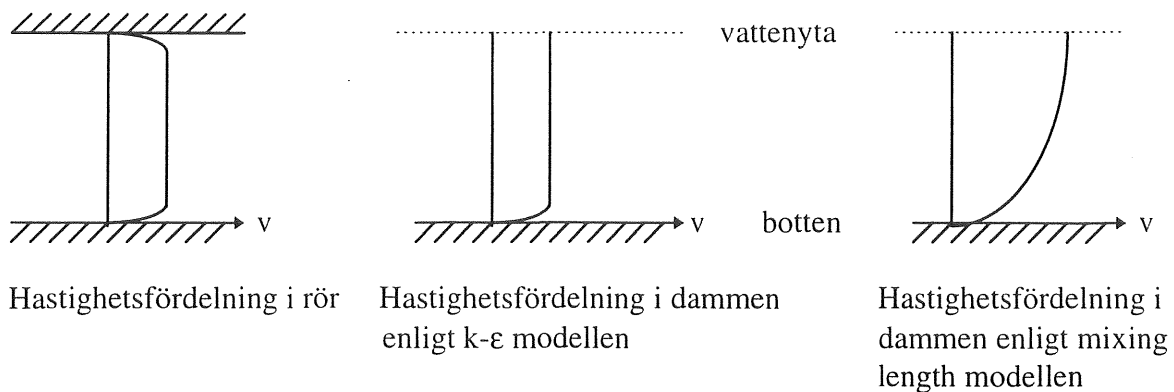
Re>2300 turbulent strömning

re =2000-2300 obestämt strömningstillstånd

K-ε modellen måste användas ihop med en ”nära vägg modell” eftersom k-ε modellen endast gäller i lager med fullt utbildad turbulens. Närmast väggar är strömningen laminär för att senare övergå till turbulent i en övergångszon. I FIDAP läggs specialelement in nära väggar då k-ε modellen används, så att van Driest (1956) mixing length modell används här. Modellen är bättre än de flesta tror, om den används korrekt. Den har dock svårt för att förutspå svåra flödessituationer med stark anisotropi (Haroutunian och Engelman 1993).

För detta utjämningsmagasin skall både mixing length och k-ε modellen prövas vid simuleringen. Troligen är det så att vattnet i dammen ”känner av” botten vilket medför att k-ε modellen endast gäller i inloppsröret då k-ε modellen endast gäller vid fullt utbildad turbulens. I inloppsröret fås troligen en fullt utbildad turbulens. Detta medför att mixing length troligen är den bättre turbulensmodellen för 3D simuleringen. Det skulle också kunna vara aktuellt att byta turbulensmodell beroende på vilket flöde som simuleras. I 2D modellen simuleras ett förhållande då dammen inte påverkas av bottenförhållandena. Detta skulle då innebära att full turbulens utbildas lättare (muntlig kontakt Jens Uwe Friemann). Vi skall pröva bägge turbulensmodellerna och jämföra med mätningarna för att avgöra vilken som är mest lämplig.

Enligt vår kännedom finns två försök som har gjorts för att simulera dagvattendammar med datorhjälpmedel i 3D, nämligen Pettersson (1996) och Shaw et. al. (1997). Pettersson har gjort sin modell i FIDAP och Shaw et. al. har använt sig av PHOENICS. Båda modellerna har det gemensamt att de båda använder sig av k-ε modellen med gott resultat.



Figur 5.2 Hastighetsfördelning i inloppsrör och damm med olika turbulensmodeller.

5.3 Maxflöde

För beräkning av maxflöden av dagvatten från ett avrinningsområde används ofta den rationella metoden (Kompendium i VA-ledningsteknik 1995), där hänsyn tas till medelintensitet under en viss varaktighet, avrinningskoefficient och avrinningsområdets storlek.

$$Q_{\max} = i \cdot \varphi \cdot A \quad (5.2)$$

Q_{\max} = maximalt flöde [m^3/s]

i = medelintensiteten under en viss varaktighet t_c och med en viss återkomsttid T . [$\text{l/s}\cdot\text{ha}$]

φ = avrinningskoefficient, beroende av markbeskaffenhet. [ha, m^2]

A = avrinningsområdets storlek.

Formeln kan också skrivas om, så att det flöde som beräknas är dimensionerande flöde per ytenhet för en vald återkomsttid. [$\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$]

5.4 Avrunnen volym

Den avrunna volymen från ett område kan beräknas om man antar att den deltagande ytan är konstant och att det blir en förlust i början av ett regn p.g.a. magasinering i hålrum, vatten som avdunstar eller blir kvar efter regnet och dylikt.

$$V_{\text{avr}} = a(V_{\text{regn}} - V_{\text{förlust}}) \quad (5.3)$$

V_{avr} = avrunnen volym för ett enstaka regn [m^3]

V_{regn} = regnvolymen för ett enstaka regn [m^3]

$V_{\text{förlust}}$ = initiell regnförlust [m^3]

a = andelen deltagande area av totala arean [-]

Den avrunna volymen kan också beräknas för flera regntillfällen genom att summera avrunnen volym under den tidsperiod som önskas.

Tid-area-metoden (Stahre 1979, Kompendium i VA-ledningsteknik 1995 samt Stahre och Urbonas 1993) är en utveckling av rationella metoden. Metoden har fått sitt namn av att man vid beräkningarna utnyttjar kurvor över den tid i avrinningen deltagande reducerade arean vid olika tidpunkter. Tid-area kurvorna konstrueras under följande förenklade antaganden:

- Deltagande reducerad area är konstant
- Tid-areakurvan för varje område är linjär
- Koncentrationstiden, d.v.s. den längsta rinntiden inom varje delområde är beroende av nederbördsintensiteten
- Flödes hastigheten på mark och i ledningar är konstant

Vid samma indata kan dock säkrare resultat idag erhållas genom t.ex. modellering i programmet Mouse och användningen är därför begränsad idag. I Mouse går det att bygga upp en modell över ett område och simulera olika flödessituationer. Resultatet visar hur områdets ledningsnät fungerar både vid normal belastning och maxbelastning.

5.5 Utformning av dagvattenmagasin

5.5.1 Magasinsvolym

När beräkningar utförs för att dimensionera dagvattendammar gör ofta antaganden om att laminärt flöde gäller i hela dammen samt att det är ett pluggflöde genom hela dammen. Det går att ställa upp en kontinuitetsekvation för hur volymen i dammen förändras med tiden under dessa förutsättningar. För magasin dimensionering gäller generellt (Stahre och Urbonas 1993 och Kompendium i VA-ledningsteknik 1995):

$$V = \int_0^{t_0} (Q_{in} - Q_{ut}) dt \quad (5.4)$$

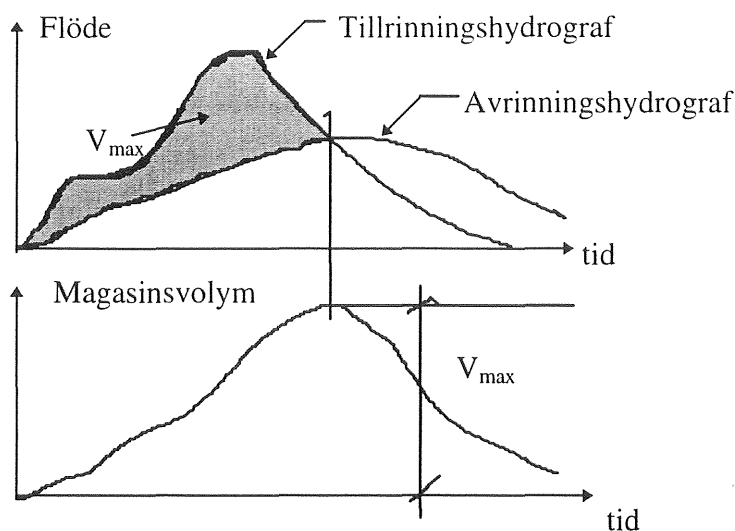
V = magasinvolym [m^3]

t_0 = tid vid magasineringens början [s]

Q_{in} = tillrinnande flöde [m^3/s]

Q_{ut} = avrinnande flöde [m^3/s]

Den dimensionerande magasinvolymen kan lösas numeriskt eller grafiskt. Om tillrinningen i ett flödes-tidsdiagram representeras av en tillrinningshydrograf och avrinningen representeras av en avrinningshydrograf, representeras den erforderliga magasinvolymen av arean mellan tillrinnings- och avrinningshydrograf. Denna erforderliga volym gäller då för det regn tillrinningshydrografen är konstruerad för.



Figur 5.3 Grafisk bestämning av magasinsvolym

Denna grundekvation kan förfinas med blockregn med och utan hänsyn till att rinntiden inom området tas (Stahre och Urbonas 1993 och Kompendium i VA-ledningsteknik 1995).

Det går också bra att bygga ut kontinuitetsekvationen (ekv. 5.4) så att den tar hänsyn till lagervolym, avbördningskoefficient, ytarea och dammlängd. Ekvationen kan bara lösas numeriskt. Denna ekvation tar inte heller hänsyn till viskositet eller turbulens (Pettersson 1996).

$$\frac{d V_T(t)}{dt} = Q_i(t) - Q_{ut}(t) = Q_i(t) - C_d L \left(\frac{V_T(t) - V_P(t)}{A_S(t)} \right)^2 \quad (5.5)$$

$V_T(t)$ = total dammvolym [m^3]

t = tid [s]

$Q_i(t)$ = inflöde [m^3/s]

$Q_{out}(t)$ = utflöde [m^3/s]

C_d = avbördningskoefficient [-]

L = dammens längd [m]

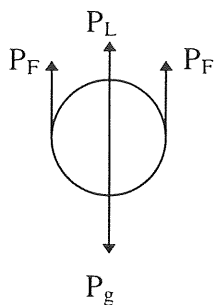
$V_P(t)$ = lagervolym dagvatten i dammen [m^3]

$A_S(t)$ = ytarean på dammen [m^2]

5.5.2 Sedimentation

För partiklar med kornstorleken $< 1\mu m$, som kallas findispersa system, dominerar de ytaktiva egenskaperna och sedimentationsförloppet är mycket långsamt. För partiklar $> 10\mu m$, sk grovdispersa system, kan man bortse från de ytaktiva egenskaperna och förloppet bestäms av de hydrauliska faktorerna (Kompendium i vattenbehandling 1997).

I det grovdispersa området gäller för en diskret sfärisk partikel Newtons andra lag. Härur kan sedimenteringshastigheten för en diskret partikel härledas. Newtons formel definierar den maximala hastigheten för en sfärisk partikel som faller genom en vätska.



P_L =lyftkraft
 P_F =kraft orsakad av strömningsmotståndet
 P_g =gravitationskraften

Figur 5.4 *Krafter som verkar på en sjunkande partikel.*

$$v_s = \sqrt{\frac{2g(\rho_s - \rho_v) V_p}{C_D \rho_v A_p}} \quad (5.6)$$

v_s =maximal sjunkhastighet [m³]
 C_D = newtons motståndskoefficient [-]
 ρ_s = partikelns densitet [kg/m³]
 ρ_v = vätskans densitet [kg/m³]
 A_p = partikels projicerade area i ett plan vinkelrätt mot strömningsriktningen. [m²]
 V_p = partikelns volym [m³]

Stokes lag beskriver vid vilken hastighet en sfärisk partikel med en viss densitet sedimenterar. Vid beräkningar för dagvattendammur definieras den kritiska hastigheten som dammens djup dividerat med uppehållstiden i dammen. Vid sedimentationshastigheter över den kritiska så kan man anta att partiklarna med den aktuella storleken sedimenterar fullständigt. Vid sedimentationshastigheter under den kritiska kan man bara räkna med att partiklarna delvis sedimenterar (Curtis och McCuen 1977).

$$v_{kr} = \frac{h_{damm}}{t_u} \quad (5.7) \quad v_s = \frac{g}{18} (\rho_s - \rho_f)_s \frac{d_p^2}{\eta}$$

v_{kr} = kritisk sedimentations hastighet [m/s]
 h_{damm} = dagvattendammens djup [m]
 t_u = uppehållstiden i dammen [s]

v_s = sedimentationshastighet
 g = gravitationskonstant [m/s²]
 ρ_s = partikeldensitet [kg/m³]
 ρ_f = fluidens densitet [kg/m³]
 η = dynamisk viskositet [m²/s]
 d_p = partikel diameter [m]

$v_{kr} \geq v_s \rightarrow$ allt sedimenterar i dammen
 $v_{kr} < v_s \rightarrow$ allt kommer inte att sedimentera

För att beräkna vid vilken hastighet partiklar sedimenterar i en specifik sedimenteringsbassäng kan Hazens ytbelastningsteori användas. Hazens ytbelastningsteori säger att för en partikel skall kunna sedimentera i en bassäng måste den nå botten före vattnet rinner ur bassängen.

Partikelns sjunkhastighet kan beräknas som $v_f > H/T$, men eftersom $T=V/Q$ och $V=A \cdot H$ kan v_f skrivas:

$$v_f = \frac{Q}{A} \quad (5.7)$$

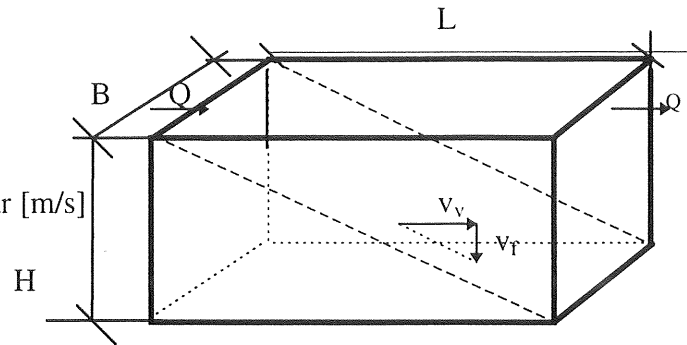
v_f = hastighet då partikeln sedimenterar [m/s]

T = tid för att rinna igenom bassäng [s]

A = ytarean ($B \cdot L$) [m^2]

Q = inkommande flöde [m^3/s]

v_v = vattnets strömningshastighet [m/s]



Hastigheten då partikeln sedimenterar, v_f , kallas ytbelastningen och uttrycks ofta i m/h ($m^3/h \cdot m^2$). Teorin bygger på laminärt flöde vilket inte är fallet i verkligheten, som ofta uppvisar turbulenta avsnitt och cirkulation. Vissa undersökningar har visat att ca 60% av den avskiljning som Hazens metod uppnås (Stahre och Urbonas 1993). Enligt Hazens ytbelastningsteori är ytbelastningen avgörande för sedimenteringsegenskaperna. Djupet på bassängen har alltså enligt Hazen inte något att göra med hur partiklar avskiljs. I verkligheten kan dock sediment bli upplöst igen i en alltför grund bassäng på grund av turbulens och lokala hastighetsvariationer. En sedimentationsbassäng bör inte vara grundare än ca 1,10 m. En generell rekommendation är att djupet bör vara mellan 1,5-3,5 m. (Stahre och Urbonas 1993). En rektangulär sedimenteringsbassäng bör ha ett förhållande mellan längd och bredd på 8:1 till 10:1 (Kompendium i vattenbehandling 1997). Längden på bassängen har viss betydelse för hur partiklar avskiljs. Kuo (1976) visade att en längre bassäng ger en bättre avskiljning för större partiklar.

När dammen ska dimensioneras är det lämpligt att utgå från det aktuella dagvattensystemet, ta prover och bestämma vilken partikelstorlek som finns i det aktuella vattnet och fördelningen dem emellan. Därefter finns lämpliga steg att följa t.ex. i Urbonas och Stahre (1993).

5.5.3 Strömningsberäkning

I naturen förekommer sällan laminära flödessituationer, utan turbulenta situationer dominerar. Det är svårt att simulera vattnets rörelser i ett öppet dagvattenmagasin utan att använda sig av en ekvation som tar hänsyn till vattnets viskositet och turbulens. En ekvation som tar hänsyn till vattnets viskositet men inte turbulensens mindre skalor är Navier-Stokes ekvation. I nedanstående version gäller den för stationära förhållanden.

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2}{\partial x_j \partial x_j} \quad (5.8)$$

U_i = hastighetsvektorn i x, y och z riktningen, (u, v, w) [m/s]

U_j = hastighetsvektorn i x, y och z riktningen, (u, v, w) [m/s]

t = tiden [s]

$x_i = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$

$x_j = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$

g = gravitationen [m/s²]

ρ = fluidens densitet [kg/m³]

ν = fluidens kinematiska viskositet [m²/s]

P = hydrodynamiskt tryck [N/m²]

Navier-Stokes ekvation skriven på vektorform, d.v.s. skriven med alla komponenter (Daily och Harlemann 1966).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -g \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right], \quad (5.9)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -g \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right],$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -g \frac{\partial h}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right],$$

Navier-Stokes ekvation stämmer för infinitesimalt små kontrollvolymer där ingen turbulens förekommer. För att praktiskt kunna använda sig av Navier-Stokes ekvation vid turbulens adderas en virvelviskositet till viskositeten. Turbulent flöde känns igen som små fluktuationer för trycket och hastigheten i alla riktningar (Pettersson 1996). Navier-Stokes ekvation "klarar av" att beräkna turbulenta virvlar ner till den skala som elementen har, men virvlar inuti elementen kan ej beräknas. För att kunna beräkna dessa små virvlar skulle det krävas en orimligt hög upplösning i modellen, vilket skulle gjort den extremt tidskrävande att beräkna. Så istället för att ha en hög upplösning införs turbulensmodeller, som t.ex. k-ε modellen, för att "simulera" dessa små virvlar. Reynolds separerade hastighetsvektorn, U_i , och tryckvektorn, p, till medelhastighet, medeltryck och hastighetsfluktuation, tryckfluktuation (Rodi 1993).

Tidsmedelvärdesbildning av hastighet och tid. (5.10)

$$U_i = \bar{U} + u_i$$
$$P = \bar{P} + p$$

\bar{U}_i, \bar{P} = hastighet och tryck i x, och z riktningen [m/s]

U, P = medelhastighet och medeltryck i x, och z riktningen [m/s]

u_i, p = hastighet- och tryckfluktationer i x, och z riktningen [m/s]

Ovanstående ekvation kan sättas in i Navier-Stokes ekvation. Vi kommer inte att gå in på hur detta går till utan konstaterar bara att ekvationen då får nedanstående utseende.

$$\frac{\partial U_j}{\partial x_j} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu}{\rho} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \overline{u_i u_j} \right] \quad (5.11)$$

Termen $\overline{u_i u_j}$ kallas Reynolds spänningsterm och kräver ett antagande .

Det är omöjligt att lösa denna ekvation analytiskt. De metoder som finns till hands är bland annat finita differensmetoden (FDM) eller finita elementmetoden (FEM).

5.5.4 Generella rekommendationer för utformning av dagvattendammar

Det finns inga beräkningsmodeller för hur dammen skall utformas m.a.p. geometri utan de ger i regel en lämplig ytbelastning så att en lämplig area för bassängen kan bestämmas. Enligt Stahre och Urbonas (1993) finns det generella rekommendationer vad gäller vattendjup och bredd för en damm. Det finns också andra generella utformningskriterier:

- Förläng flödeslängden på dammen så mycket som möjligt mellan inlopp och utlopp
- Minimera den hydrauliska ytbelastningen under regelbundet återkommande dimensionerande regn
- Undvik att få flödesbanor som går runt i cirklar
- Skapa förutsättningar för biologisk rening mellan regntillfällena.

En tumregel kan vara att göra längd:bredd-förhållandet 3:1. Om dammen är utformad så att den är smalare vid inloppet och blir gradvis bredare närmare utloppet. Detta gör att vattnet går i ett pluggflöde och sprids ut jämt och ersätter det vatten som redan finns i dammen. Det blir då heller inga döda punkter i dammen som är inaktiva (Urbonas och Stahre 1993).

5.6 Modellering av öppna dagvattenmagasin

5.6.1 Inledning

Många kommuner har byggt dagvattendammar men det är få som vet om de är effektiva och om de kan förbättras. Mycket få dagvattendammar har följts upp med något kontrollprogram där kontinuerliga mätningar gjorts. Dock har Pettersson (1996) och Johansson (1997) redovisat en uppföljning av ett mindre dagvattenmagasin i Järnbrott, Göteborg. Ett sätt att komma närmare en lösning på problematiken är att modellera befintliga dammar verifiera modellen och därefter föreslå eventuella förbättringar.

Kunskaperna från modellering av ett antal verkliga fall kan därefter användas för att ta fram dimensioneringskriterier vid design av nya dammar.

Vattenmassorna i ett magasin kan bringas i cirkulation av en rad mekanismer. De mekanismer som är direkt strömningsinducerande är (Bengtsson 1973):

- Vinden, från vilken rörelsemängd överföres till vattenytan
- Månen och solens dragningskraft (tidvatten)
- Olikartade förändringar i luftens atmosfärstryck över sjön
- Genomströmning
- Ytavkylning eller på vintern ytuppvärmning, vilket ger upphov till konvektionsströmmar

I den skala som en dagvattendamm utgör går det dock att bortse från alla faktorer utom genomströmning och vind.

5.6.2 Finita differens metoden

Under mitten av 1970 talet utvecklades ett dataprogram som byggde på Navier-Stokes grundläggande ekvationer för strömningsteknik (Sandberg 1977 och Strömningsmodellens tillämpning på sjöar och kustnära områden 1982). Ekvationerna löstes med en finita differensmodell. Detta ger ett system av finita differenser istället för differentialekvationer. I ränderna läggs randvillkor in. Vidare bygger modellen (Sandberg 1977) på tvådimensionell strömning vilket betyder att inga vertikala transporter antas ske, homogent vatten, d.v.s. temperatur eller saltskiktningar, subkritisk strömning i hela området och långsamt föränderlig strömning utan chocker (diskontinuiteter) som t.ex. vattensprång. Dessutom bygger modellen på hydrostatisk tryckfördelning. Beräkningarna går till så att randvillkoren anges och man stegar sig fram i tiden tills stationaritet uppnås. Det finns flera kommersiella program som bygger på finitadifferens metoden t.ex. Mike 21 (muntlig ref. Jesper Persson). Dessa program har det gemensamma draget att endast tvådimensionella modeller är möjliga att bygga.

5.6.3 Finita volym metoden

Finita volymmetoden (FVM) är uppbyggd på samma sätt som finita differens metoden, skillnaden ligger i att man har en tredimensionell differensstjärna istället för en tvådimensionell. De program som finns på området är bl.a. Fluent, CFX och Phoenix. Med dessa går det att bygga tredimensionella modeller. Det är dock möjligt att få ickefysikaliska lösningar med finita volymprogram (muntlig ref. Jens-Uwe Friemann).

5.6.4 Finita element metoden

Finita element metoden är en vanlig analysmetod främst inom konstruktionsområdet. Hur metoden är uppbyggd kommer vi inte gå in på här. Det finns en uppsjö av FEM-program, dock inte inom fluiddynamikområdet där troligen FIDAP är det mest utvecklade. Att det går att bygga upp 2D och 3D modeller i FIDAP visas i denna uppsats. För vidare läsning om finita elementmetoden se Samuelsson och Wiberg (1997) och FIDAP Theory manual (1993).

6. UPPBYGGNAD AV FE-MODELL I FIDAP

6.1 Inledning

De hydrauliska förhållandena i dagvattenmagasin har inte studerats i någon större omfattning tidigare. Några beräkningar på 2D modeller har gjorts. En del mätningar och beräkningar på kraftverksdammar, sjöar och havsfjordar också gjorts. Företrädesvis 2D-modeller eller genom att bygga skalenliga modeller att mäta på. 3D simulering av dagvattendammar har, oss veterligen, endast genomförts av Thomas J.R. Pettersson (1996) och Shaw et. al. (1997). Pettersson simulerade en mindre damm i Järnbrott. Denna simulering har dock inte verifierats på annat sätt än genom visuella observationer vid regnväder. Shaw et. al. har med hjälp av FVM-programmet PHOENICS simulerat en dagvattendamm i Kingston, Ontario (Canada). I denna simulering togs även hänsyn till vindens påverkan.

6.2 Syfte

Syftet med vår modellering är att få fram både 2D och 3D modeller som är användbara för att förutsäga hur detta specifika magasin uppför sig samt att verifiera detta. Vi skall även jämföra 2D och 3D modellerna. 3D modellen skall även användas till att bedöma dammens avskiljningsförmåga. Målsättningen är också att vi skall kunna ge kunskaper om fördelar och nackdelar vid olika sätt att bygga upp modeller i FIDAP, samt modellens användbarhet.

6.3 Metod

Vid simuleringen har det kommersiella programmet FIDAP använts, som preprocessor, solver och postprocessor. FIDAP är ett FEM-program för flödessimuleringar i såväl vätska som gaser, fasövergångar och värmeströmningar kan simuleras. Simuleringar kan göras av transienta förlopp och med fri vattenyta. I FIDAP finns också en funktion för att simulera förlopp där partiklar och vätskor släpps in och sedan sprids. Vi har begränsat våra simuleringar till stationära förhållanden. Modellen kan alltså ses som en ögonblicksbild av förhållandet i dammen. Under vissa förutsättningar är dock förhållandena så gott som stationära. Nämligen vid långvariga kraftiga regn, då bräddningsstationen har trätt i funktion och vid torrväder då ett relativt jämnt basflöde rinner till dammen.

För att definiera geometrin kan man använda den enkla CAD-funktion som finns i FIDAPs preprocessor, eller skriva indatafiler. Eftersom det är lättare att komma igång med CAD-funktionen började vi med detta. Det är också lättare att hantera komplexa geometrier i ett grafiskt gränssnitt.

6.4 Genomförande

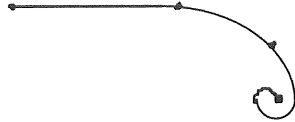
6.4.1 Preprocessing

De indata vi hade från inmätningen användes för att bygga upp en terrängmodell av dammen i CAD. Denna modell var tänkt att importeras till FIDAP för att användas vid elementgenereringen. Detta är möjligt om man från CAD-programmet kan få ut en fil i IGES-format, vilket är en standard för att beskriva geometrier. Tyvärr visade det sig att CAD-point tagit bort stödet av IGES i de senare versionerna. De utdata från terrängmodellen vi kunde använda var koordinaterna från vilka vi skapade en indata-fil. Vid Fluents User-seminar (1997), framkom det att användandet av CAD-filer inte är helt problemfritt. Detta beror på att de ytor som skapas av CAD-programmen ofta inte ansluter riktigt till varandra eller överlappar varandra något. Detta gör att mycket arbete går åt till att rensa dessa modeller för att ett CFD-program skall kunna använda det.

Från koordinaterna byggdes sedan 2D-modellen, till en början interaktivt genom FIDAPs CAD-funktion. Vi gick därefter över till att skriva indatafiler. Fördelen med att rita interaktivt är att man relativt snabbt kan få upp en bra modell det är dessutom lättare att få den " snygg" eftersom man hela tiden ser hur den växer fram. Problemet är att om geometrin skall ändras så måste stora delar av modellen raderas för att sedan återigen byggas upp. 3D-modellen avsågs att ritas interaktivt. Därefter, när modellen var klar, avsågs att använda den funktion (create funktionen) som finns i FIDAP för att skapa en indatafil. När vi försökte använda denna funktion visade det sig dock att FIDAP inte klarade av att tolka geometrin. Enligt Rene von Staffeldt Beck beror detta på en "bug" i FIDAP.

2D modellen gick tämligen smidigt att bygga upp. Dock uppstod problem med att vissa ytor har konvexa hörn, vilket inte FIDAP tillåter, något som återkom vid ett flertal tillfällen både vid 2D och 3D modellerna. Detta problem kan hänföras till FEM-metodiken, eftersom svårigheter då uppkommer när elementen får sidor med konvexa hörn. Detta kan lösas antingen genom att "mjuka" upp linjeföringen något, eller att ändra antalet noder längs linjen. Eventuellt kan problemet lösas genom att man placerar en nod i den punkt som är konvex. Detta har inte prövats, eftersom det kräver en del extra arbete, samt att det många gånger kan vara svårt att veta var konvexiteten finns. Till 2D modellen gjordes en indatafil så snart vi fått grepp om FIDAP. Härigenom blev det relativt enkelt att gå in och ändra geometrier och pröva olika lösningar för att förbättra strömningsförhållandena i dammen.

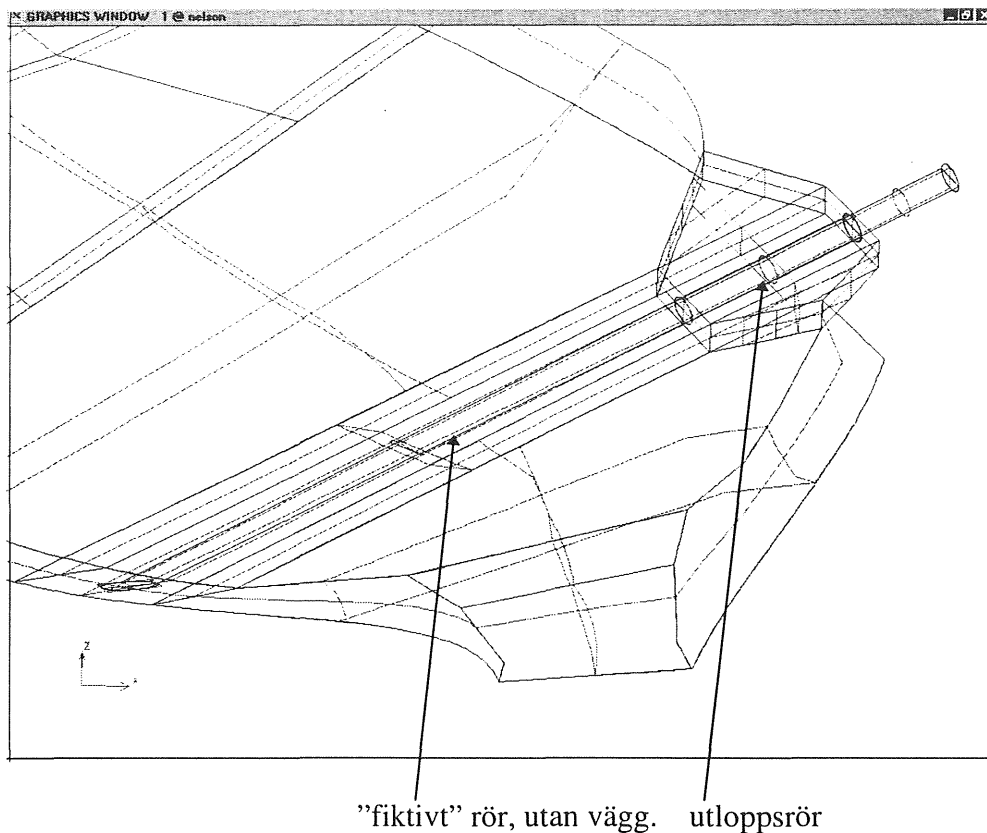
För 3D modelleringen användes FI-GEN, FIDAPs modul för att skapa geometri och elementnät, för att bygga upp modellen interaktivt. Under detta skede stötte vi på ett antal problem och brister i FIDAP. Som exempel kan nämnas att kurvanpassningsfunktionen kan, om en linje avslutas vid en skarp krök, få linjen att "slå knorr" på sig själv (se figur 6.1). Detta kan undvikas genom att linjen dras längs en lång sträcka utan avbrott och sedan delas där det skall vara delningar. På så vis får man en bra linje anpassad till punkterna.



Figur 6.1 Linje med "knorr" på sig själv. Detta kan hända när programmet skall göra en kurvanpassning efter ett antal punkter.

Betydligt större problem uppstod när vi skulle få ihop geometrin kring inloppsörret. Inloppet sker genom ett rör som sticker in i dammen. För att vattnet skall erhålla fullt utbildad turbulens i modellen när det når dammen måste det rinna genom en sträcka på minst 10 gånger diametern (muntlig ref. Thomas Pettersson). Det här betyder att röret måste sticka ut utanför dammen och således måste en genomföring genom väggen göras. Tyvärr kan inte FIDAP lösa detta med att sätta upp en linje där två ytor skär varandra utan här gjordes en förenkling av geometrin. Väggen fick helt enkelt vara vertikal här så att det för hand gick att räkna ut koordinaterna där ytorna skär varandra (se figur 6.3). Denna förenkling torde inte påverka slutresultatet allt för mycket eftersom vatten hastigheterna här är relativt låga.

När det sedan gäller att skapa elementnätet vid inloppsörret uppstår nästa problem. Den nuvarande versionen av FIDAP kan inte skapa och elementindela volymer som innehåller inneslutna hålrum eller hål som sticker in i volymen. Endast genomgående hål kan skapas. Detta är dock svårt att utläsa ur manualen, eftersom den i ena meningen förklarar hur ett hålrum definieras för att i nästa mening tala om att detta tyvärr inte går att göra i den nuvarande versionen av programmet! Problemet löstes genom att låta inloppsörret gå genom hela dammen och dela av mantelytan vid den verkliga mynningen för att skapa ett "fiktivt" rör, utan rörvägg, som sträcker sig över hela dammen. Sedan gavs den del av röret som går för långt ett randvillkor som medger att vatten fritt kan strömma igenom rörväggen.

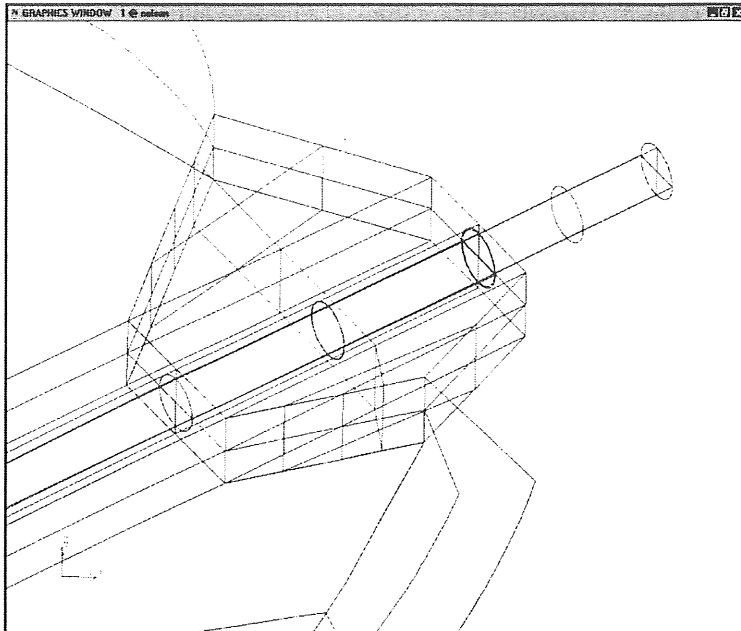


”fiktivt” rör, utan vägg. utloppsrör

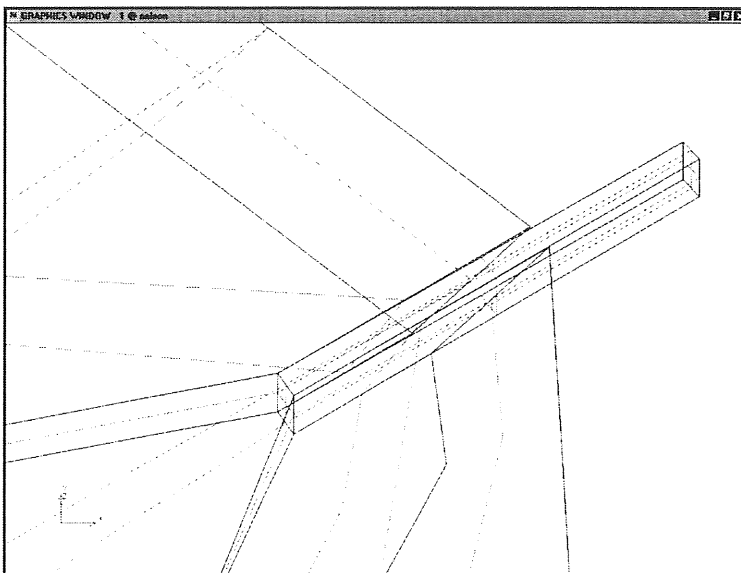
Figur 6.2 Utloppsrör och ”fiktivt” rör, med genomsläpplig vägg.

På grund av ovan nämnda ”bug” i programmet kunde inte en ny modell med högre liggande vattenyta skapas utan detta fick lösas genom att låta den övre begränsningsytan, vattenytan, höja sig närmast överfallet så att den vertikala utloppsytan fick ungefär samma area som den verkliga har vid samma flöde. Detta innebär att hastigheterna överskattas något i dammen eftersom inte volymen ökar, vilket den egentligen skulle göra.

En indatafil med ett förenklat inlopp har också gjorts (se bilaga J). Förenklingen av inloppet gjordes genom att låta inloppet vara en rektangulär kanal, med en area motsvarande rörets. Kanalen sträcker sig från vattenytan till botten, någon strömning under eller över inloppet kan alltså inte ske i denna modell (se figur 6.4). Sidoytorna har gjorts kantiga och botten antas vara platt, förutom den uppgrundning som sker i mitten. Dock kan vattenytan enkelt regleras över hela dammen och anpassas till de olika flödena. Denna modell innebär alltså en ytterligare förenkling av geometrin, men bör ändå ge en god bild av strömningsförhållandena. Dock kan strömningsbilden i närheten av utloppet vara något tveksam.

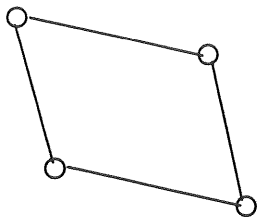


Figur 6.3 Inloppsöret sett snett uppifrån. Från geometrin skapad interaktivt.

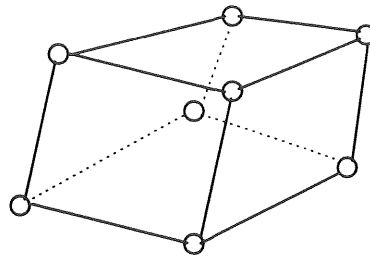


Figur 6.4 Inloppsöret sett snett uppifrån. Från geometrin skapad med indatafil.

Vid elementgenereringen har vi använt oss av FIDAPs standardelement i 2D modellen "4-node quadrilateral" och i 3D-modeller "8-node brick". Vi har inte fördjupat oss i de olika elementtyperna utan använt oss av de element som finns förhandsdefinierade i FIDAP.



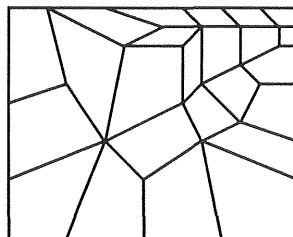
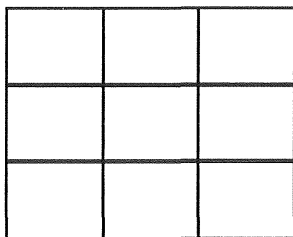
2D, 4-node quadrilateral



3D, 8-node brick

Figur 6.5 De olika element typerna vi använt oss av.

Vid skapandet av elementnätet kan man välja mellan att göra en "mapped mesh" eller "paved mesh", se figur 6.6. "Mapped mesh" innebär att elementen skapas genom att noder på motstående sidor av en yta sammanbinds med linjer så att ett rutnät bildas, det måste då vara lika många noder på de motstående sidorna. I princip får vi ett "schackbrädessliknande" rutnät. En "paved mesh" medger att mer än två linjer kan stråla samman i en nod, detta innebär att man kan ha olika antal noder längs de olika sidorna på en yta. Detta är en fördel eftersom man då lättare kan styra tätheten på elementnätet, nackdelen är att det tar längre tid att generera nätet. I princip skulle man kunna uppnå samma effekt genom att dela in ytan i flera små och använda "mapped mesh" på dessa, ett sådant förfarande skulle dock kräva mycket arbete. I 2D modellen blandades de två olika typerna beroende på dammens geometri. I 3D modellen var botten och ytan "paved mesh" medan sidorna fick lov att göras med "mapped mesh". Detta eftersom endast två motstående ytor får vara "paved mesh". Alltså är antalet elementlager i vertikalled lika stort över hela dammen, oberoende av djupet. I modellen med kanal som inlopp användes genomgående "mapped mesh". I en "mapped mesh" ansluter endast fyra element till varje nod i elementnätet medan noder i en "paved mesh" kan ha flera anslutande element än fyra. Elementnätet gjordes tätast där stora hastighetsgradienter förväntades. Elementstorleken varierar således beroende på var i dammen elementet är beläget. Det totala antalet element varierar något mellan de olika modellerna men ligger i storleksordningen 50 000 till 90 000 element för 3D modellerna. För de beräkningar som finns redovisade med runt inloppsrör är antalet element 84 825 stycken.



Figur 6.6 "Mapped" och "paved mesh". I en "mapped mesh" ansluter sig endast fyra element till varje nod medan i en nod i en "paved mesh" kan ha fler element anslutna.

Vattenytan har definierats som en yta där hastigheten i vertikalled är satt till noll, men hastigheten parallellt ytan får variera fritt. Övriga ytor har villkoret att hastigheten närmast ytan är noll. Ekvivalenta sandrårheter har räknats ut för ytorna utgående från Mannings tal

(se bilaga C). Inflödes hastigheten har beräknats utifrån det givna inflödet dividerat med inloppsrörets area. Följande indata har använts i övrigt, vattentemperaturen antas vara 10°C:

Tabell 6.1 Konstanter använda för vattnet i simuleringen. Densiteten har avrundats från 999,7 kg/m³. Värdena tagna från Häggström (1988).

Konstanter

Dynamisk viskositet:	$1,304 \cdot 10^{-3}$	Ns/m ²
Densitet:	1000	kg/m ³

Värdena för k och ϵ har beräknats till 0,0025 respektive 0,0125, enligt FIDAP Tutorial (1993).

6.4.2 Solver

Vad gäller lösningsmetodiken har vi valt att inte fördjupa oss alltför mycket i teorin utan valt att använda de värden och metoder som rekommenderats. En kortfattad redogörelse för vilka lösningsalgoritmer som använts redovisas här. Två olika lösningsmetodiker finns tillgängliga i FIDAP, "fully coupled" eller "segregated". Enligt FIDAP Theory (1993) är "segregated" den metodik som är mest lämpad för 3D modeller och har också använts här. Denna kräver fler iterationer, men varje iteration går snabbare än med "fully coupled". Residualkraven, d.v.s. felet mellan två iterationssteg har satts till 10^{-6} , vilket är det högsta värde som rekommenderas i manualen. För att få lösningarna att konvergera lättare har en relativt kraftig relaxation satts. Detta innebär att iterationen inte tillåts ha för stora skillnader mellan varje steg. Vilket gör att det krävs fler iterationer för att nå en lösning, men att risken för att lösningen divergerar minskar. Relaxationer mellan 0,5 och 0,8 har använts på tryck, hastigheter, k , och ϵ , för att nå konvergerande lösningar. För att stabilisera lösningen har också "upwinding" använt. Denna funktion skall bromsa oscillerande rörelser. Genomgående har ett värde på 2 ansatt på hastigheter i x -, y - och z -led och 10 ansatt på k och epsilon använts för "upwinding".

6.4.3 Postprocessing

För att analysera och presentera lösningarna har vi använt oss av FIDAPs postprocessor (FIDAP, FIPOST 1993). Vi har valt att använda några olika typer av diagram för att presentera lösningarna. Den typ som visar mest information samtidigt är en vektorplot där hastigheten och riktningen i varje nod representeras av en vektor. Ur denna kan man utläsa var höga hastigheter förekommer, man ser också strömriktningar. I 2D modellerna har även strömlinjer redovisats, vilket gör det lätt att hitta de virvlar som finns i dammen. En strömlinje definieras som en linje längs vilken hastighetsvektorn är tangent till linjen. Det sker alltså inget utbyte av vätska tvärs en yta som består av strömlinjer (Häggström 1992).

För 3D-modeller är inte strömlinjefunktionen definierad utan där har vi nöjt oss med att presentera vektorploten samt en hastighetskontur. Dessa kan visas antingen på hela dammen eller genom att man definierar en yta och på den ytan visar vektor- och hastighetskonturplot. Hastigheten över en yta kan även presenteras 3-dimensionellt. Det

finns så många olika möjligheter att presentera data att man måste sortera ut de data som representerar det man är intresserad av på bästa möjliga sätt.

6.5 Sammanfattning av modelluppbyggnad

Vid uppbyggandet av modellen (preprocessingen) bör man, åtminstone om man har komplexa geometrier, pröva att använda en annan preprocessor. FIDAP skall enligt manualen, vilken för övrigt inte är helt pålitlig, kunna importera filer från bl.a. FEM-programmen Patran och I-DEAS. Det rekommenderas att man provar någon av dessa och se hur det fungerar. Om man ändå väljer att användas FI-GEN som preprocessor, skall man vara rädd om *ident.FI Jour*-filen (*ident* är namnet på filen man arbetar med). Detta är den fil där alla utförda kommandon lagras. Denna kan nämligen användas som indata fil, eventuellt efter en rensning av onödiga och felaktiga kommandon.

För att lyckas väl med strömningssimuleringar bör man ha kunskap om de bakomliggande fysikaliska samband som finns för de olika turbulensmodellerna. Detta underlättar felsökningen om man får lösningar som inte konvergerar. Har man också en grundläggande kunskap om FEM underlättar detta förståelsen av både den viktiga preprocessingen och beräkningen.

7. RESULTAT

7.1 Modeller

Vi har byggt upp ett stort antal modeller i 2D och 3D. För att få en översikt över de modeller vi byggt upp redovisas vilka modell som använts för respektive flöde i figur 7.1.

	2D m. råheter		2D m. rå olika geom	3D u. råheter gles mesh 4 kant rör		3D m. råheter gles mesh 4 kant rör		3D m. råheter tät mesh runt rör		Mät- ning- ar
	Turb. mod.	k-ε	m l	k-ε	m l	k-ε	m l	k-ε	m l	
20 l/s	X			X	X	X	X	X	X	X
50 l/s	X			X						
100 l/s	X	X	X	X		X				
400 l/s	X			X	X	X	X	X	X	
800 l/s	X			X	X	X	X	X	X	X
1100 l/s	X									

Figur 7.1 Matris som vilka simuleringar som gjorts och vid vilka flöden mätningar genomförts.

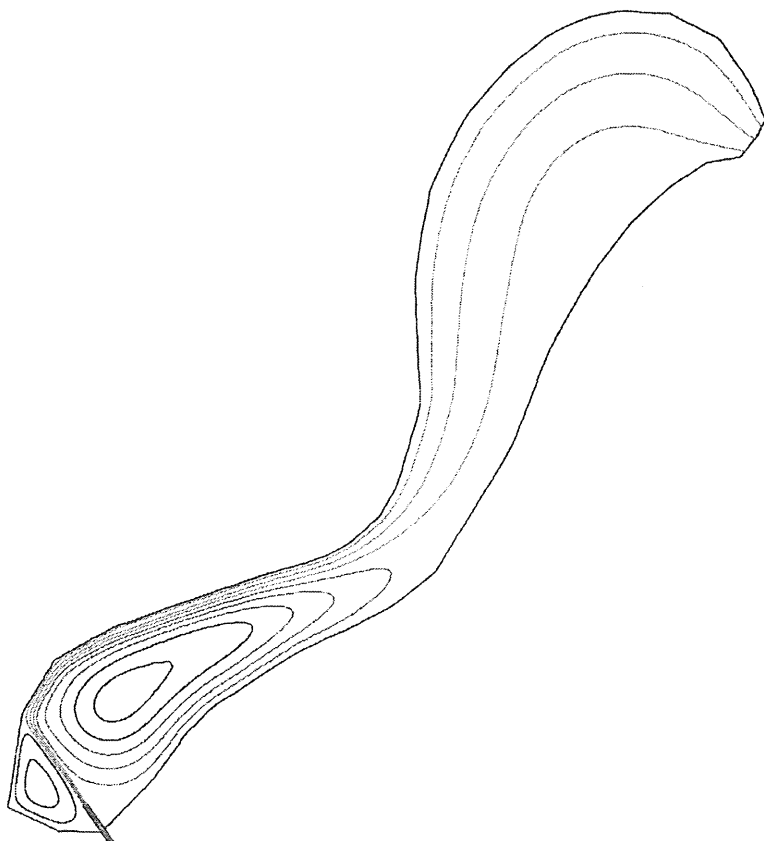
En 2D modell simulerar en bassäng där ingen hänsyn tas till olika storheters vertikalkomponenter. En 3D modell tar hänsyn till botten variationer och de förändringar i strömningsmönstret som botten ger. Om en damm har ett konstant vattendjup kan en 2D modell ge nästan lika bra resultat som en 3D modell. Fördelen med 3D modellen är att man kan få ut mer information från den.

7.2 Jämförelse mellan simuleringar och fältmätningar

För att kunna visa att FIDAP är ett lämpligt verktyg att använda för simulering av strömningsförhållanden i dagvattendammar har försök att verifiera modellen gjorts. Vi har gjort mätningar av strömningsmönstret och strömningshastigheter, vilka är beskrivna i kapitel 4.2. Eftersom simuleringarna är gjorda för ett stationärt flöde, skulle också mätningarna vara gjorda under stationära förhållanden. De mätningar vi utfört har gjorts under förhållanden som inte är riktigt stationära. Regnvädersmätningarna gjordes när bräddningsstationen var i drift och torrvädersmätningen gjordes vid basflödet, vilket får anses relativt konstant. Se flödesdata från mättillfällena, bilaga E och G.

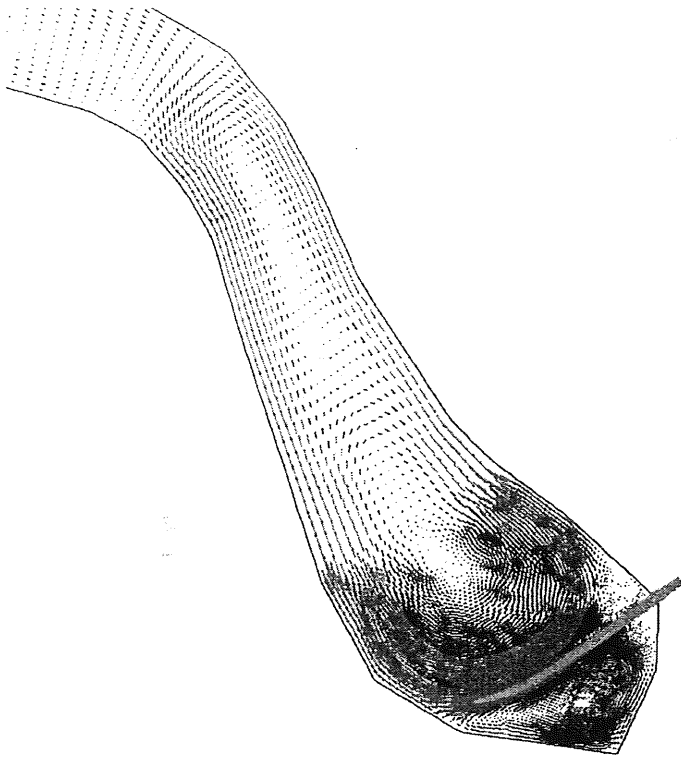
7.2.1 2D simuleringar

2D modellen för basflödet visar en tämligen god överensstämmelse med de mätningar som har utförts, se figur 7.3. Mätningarna i basflödet fick avbrytas ganska tidigt p.g.a. en tilltagande vind, men de mätningar som finns, verifierar den stora virvel som finns nedströms utloppsroret. Vid mättillfället 97.08.26 uppskattades flödet till minst 800 l/s, se kapitel 4. Följaktligen har vi använt oss av denna mätning för att verifiera den körning som finns på 800 l/s. För övrigt kan sägas att resultaten från FIDAP-simuleringen över 800 l/s och 1100 l/s är snarlika. Här går det att se vissa brister i 2D simuleringen. Den övergång av strömbanan åt höger i strömriktningen vid uppgrundningen, som tydligt ses i mätningarna, saknas i 2D modellen, se figur 7.2, samt bilaga L. Detta förhållande skulle kunna förklaras av att den uppgrundning som sker här inte finns med i 2D modellen. Vidare finns ingen antydning till den returström som finns till vänster om huvudströmmen i det grunda partiet. Men även i den här simuleringen finns kortslutningsströmmarna på ömse sidor om inloppet med.



Figur 7.2 Strömlinjer för 800 l/s, med $k-\epsilon$ som turbulensmodell, 2D.

Hastigheterna stämmer ganska väl överens med mätningarna. De skillnader som föreligger beror främst på att huvudströmmen inte byter sida, så som den gjorde vid mättillfället. Detta gör att vi vid simuleringarna får höga hastigheter på några ställen där vi uppmätt låga hastigheter (vid det grunda partiet). I 2D modellerna kan man naturligt nog inte heller se några variationer över djupet.



Figur 7.3 Hastighetsvektorer för 20 l/s, med $k-\epsilon$ som turbulensmodell, 2D.

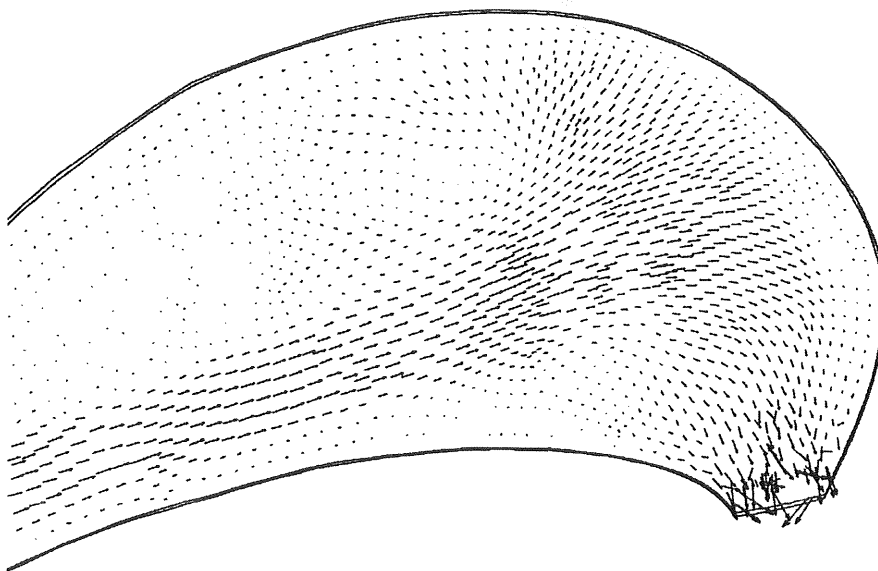
Utifrån detta kan man dra slutsatsen att 2D modellen stämmer tämligen bra överens med mätningen, men att den missar vissa detaljer. Den är användbar för att testa olika ändringar i geometrierna för att se om man kan förbättra strömbilden något, se kapitel 7.4. Fördelen med att använda 2D modeller till detta är att det är relativt enkelt att ändra geometrin i en sådan. För att kunna bedöma ett magasins avskiljningsförmåga och få en bättre bild av strömningsförhållandena måste dock en 3D-modell byggas upp. För ett magasin som inte har de skiftningar i djup som föreligger i detta magasin, kanske en 2D-modell kan ge bättre överensstämmelse med verkliga strömningsförhållandena. Detta har vi inte studerat.

7.2.2 3D-simuleringar

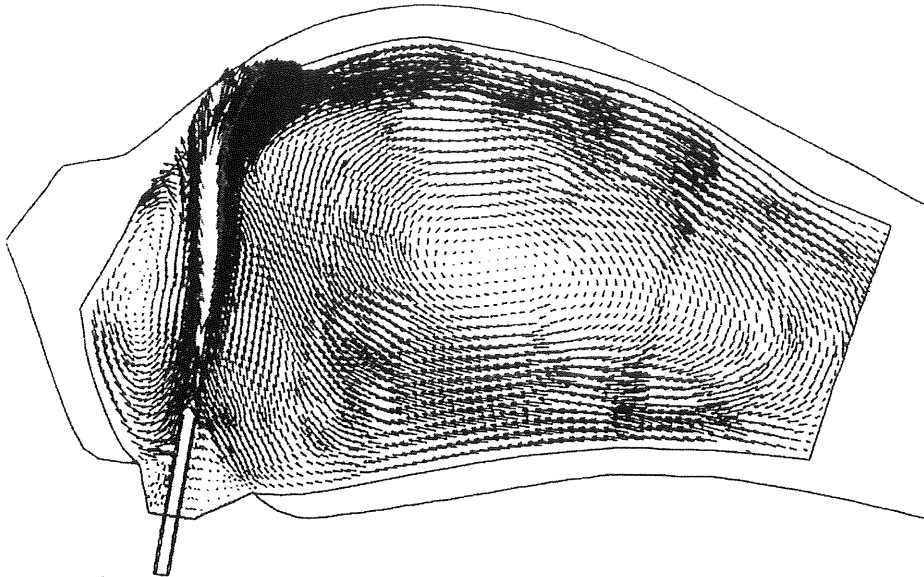
Vid verifieringen av 3D-modellen kan de mätningar som gjorts vid olika djup utnyttjas. Vi kan här visa de framräknade strömningsförhållandena i FIDAP i olika plan. Från fältmätningarna är det känt att förhållandena inte varierar särskilt mycket över de olika djupen. Om man studerar det djupare partiet närmast rörmynningen, för flödet 800 l/s och geometrin med riktigt inloppsrör, kan det konstateras att överensstämmelsen mellan simuleringen och mätningarna är bra. Utbredningen av virvlarna på bägge sidor om mynningen stämmer mycket väl överens med vad som har mätts och observerats. Det simulerade strömningsmönstret visar på samma sätt som det mätta att förhållandena på de olika djupen är snarlika, se figur 7.4-7.6 samt bilaga M. Beloppet på hastigheterna kan vara svårt att utläsa ur FIDAP-simuleringarna, men hastighetsfördelningen kan ses genom att studera längd och färg på vektorerna. Man kan då konstatera att hastighetsfördelningen stämmer bra överens med våra mätningar, även beloppet på hastigheten tycks ha en god överensstämmelse.



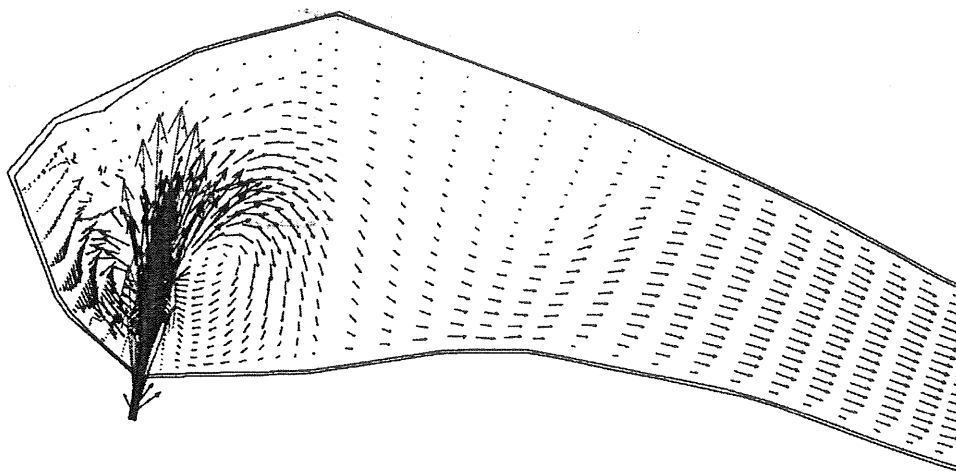
Figur 7.4 Hastighetsvektorer 800 l/s, med $k-\varepsilon$ som turbulensmodell, 3D, 0,12m under ytan. Vid inloppet.



Figur 7.5 Hastighetsvektorer 800 l/s, med $k-\varepsilon$ som turbulensmodell, 3D, 0,12m under ytan därigenom skär planet genom överfallet.



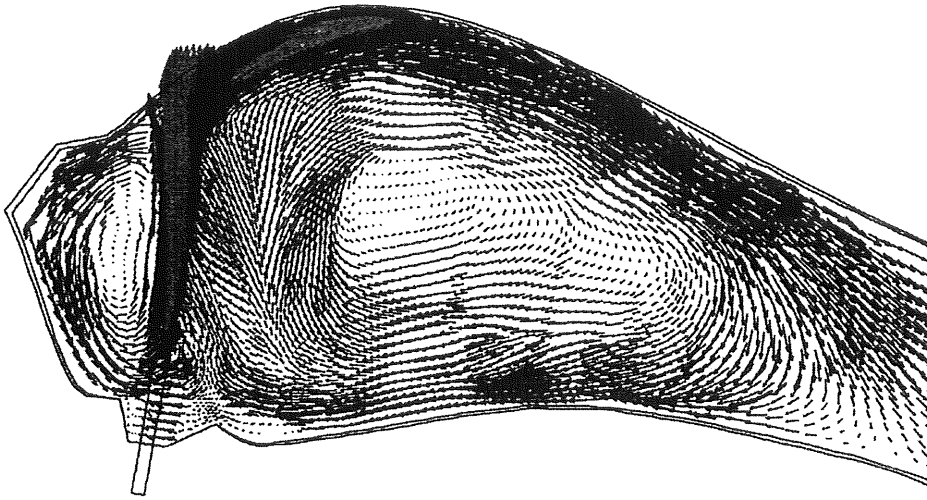
Figur 7.6 Hastighetsvektorer 800 l/s, med $k-\epsilon$ som turbulensmodell, 3D, 1m under ytan. Vid inloppet.



Figur 7.7 Hastighetsvektorer 800 l/s, med $k-\epsilon$ som turbulensmodell, 3D, 1m under ytan. Vid inloppet. Men nu med kanal som inlopp och den glesa elementindelningen som fungerade.

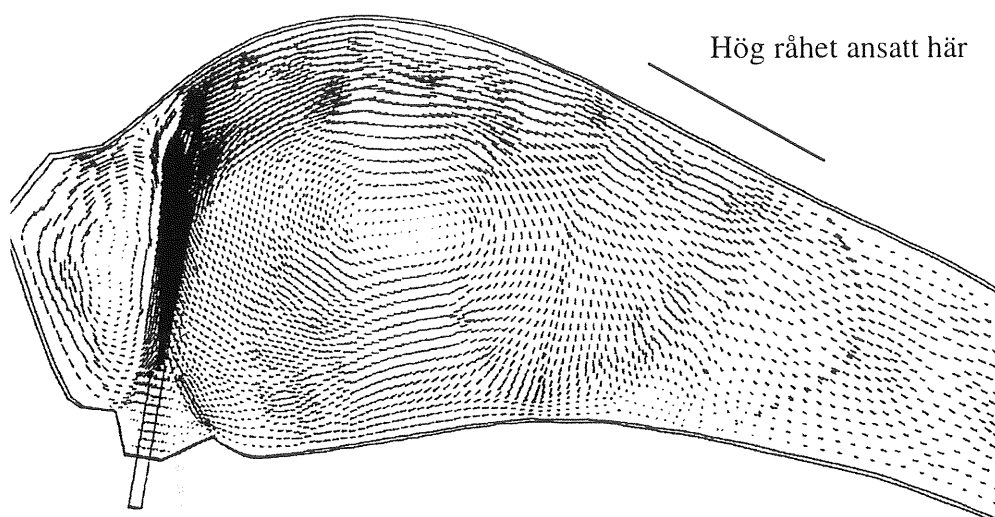
De simuleringar som gjordes med det fyrkantiga inloppet krånglade när elementnätet skulle tätas upp, det blev någon slags "kuber" i dammen. Vi kan inte förklara vad detta kommer sig av. Detta gjorde att beräkningarna divergerade. Några simuleringar på ett glesare elementnät gjordes och dessa konvergerade. Dessa simuleringar visar dock på en dålig överensstämmelse med mätningarna, se figur 7.7. Om detta beror på ett alltför gles elementnät, att förenklingen med fyrkantrör är för stor, eller en kombination av dessa är osäkert.

Resultaten från simuleringarna på 20 l/s uppvisar ett strömningsmönster som i stort sett är likadant som det vid 800 l/s, se figur 7.8. Även här visar hastigheterna upp en god överensstämmelse med de uppmätta hastigheterna.



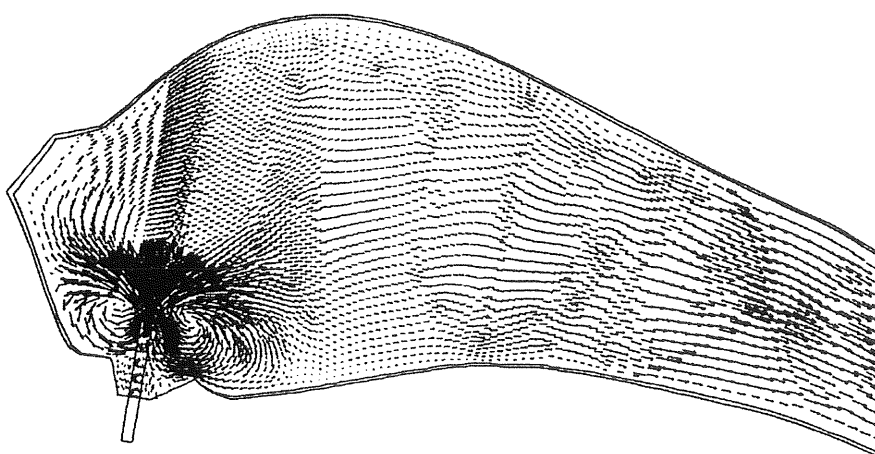
Figur 7.8 Hastighetsvektorer 20 l/s, med $k-\epsilon$ som turbulensmodell, 3D, 0,12m under ytan. Vid inloppet.

Eftersom strömbilden inte kunnat mätas i den djupare delen av dammen närmast överfallet går det inte uttala sig om FIDAP-simuleringen är korrekt här. Vi har i detta partiet en ganska riklig vegetation, vilket gör att strömningsmotståndet ökar. Det kan dock konstateras att den riktning som den uppmätta strömmen hade när strömkorset fastnade stämmer bra med den strömriktning som beräknats i FIDAP. En körning med hög råhet ansatt på bottenpartiet finns också, dock endast för 800 l/s. Tyvärr är det även satt en hög råhet på den del av botten, mellan betong plattan och makadamen, som består av lera. Denna bit är inte bevuxen än. Men resultaten från körningen visar att det är möjligt att ansätta en råhet som är större än vattendjupet och ändå få en lösning, men också att den höga råheten inte ger några stora förändringar i strömningsmönstret, se figur 7.9. Det som sker är att virveln inte blir lika stor och utpräglad, utan vi får en jämnare hastighetsfördelning och därmed lägre hastigheter.

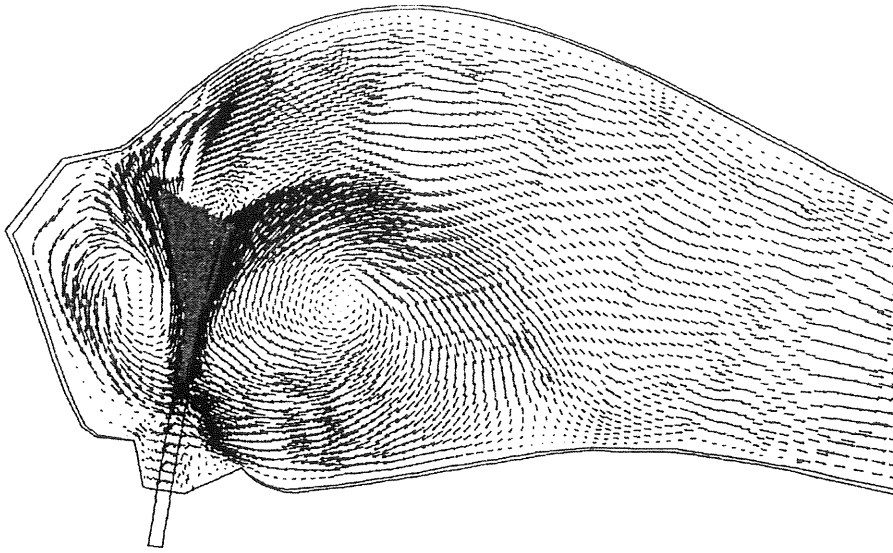


Figur 7.9 Hastighetsvektorer 800 l/s, med $k-\epsilon$ som turbulensmodell, 3D, 0,12m under ytan. Hög råhet ansatt dels där det är markerat i figuren, dels på lerbotten vid utloppet.

En körning med turbulensmodellen mixing length, med i övrigt samma förutsättningar som för $k-\epsilon$ -modellen har också gjorts. Denna visar på en betydligt sämre överensstämmelse av flödesfördelningen. Endast små virvlar närmast rörmynningen uppstår i denna modell. I övrigt övergår strömningen mycket snabbt till en likformig strömning över hela dammen, se figur 7.10 och 7.11. Vi kan konstatera att mixing length är olämplig som turbulensmodell under dessa förutsättningar.



Figur 7.10 Hastighetsvektorer 800 l/s, med $m-l$ som turbulensmodell, 3D, 0,12m under ytan. Jämför figur 7.4.



Figur 7.11 Hastighetsvektorer 20 l/s, med m-l som turbulensmodell, 3D, 0,12m under ytan. Jämför med figur 7.8.

Vi provade också en körning utan råheter med k- ϵ och i övrigt samma förutsättningar. Denna uppvisar en viss likhet med de uppmätta förhållandena, men modellen med råheter ansatta ger en betydligt bättre överensstämmelse. Råheterna i modellen får alltså inte försummas.

7.2.3 Felkällor

En av de större felkällorna torde vara att alla simuleringar är gjorda med en modell som är uppbyggd för flödet 20 l/s. Detta gör att den höjning av vattennivån som sker när flödet ökar inte har tagits med i beräkningarna. Skillnaden i nivå mellan 20 l/s och 800 l/s är ca 12 cm, vilket troligen inte är försumbart. Störst inverkan har sannolikt detta fel på det grunda partiet i mitten och i närheten av överfallen, eftersom nivåhöjningen, relativt sett, är som störst här. Anledningen till att hänsyn inte kunnat tas till detta, är den tidigare beskrivna ”bugen” (se kapitel 6.3) i programmet, som gjorde att det skulle krävas mycket arbete för att ta fram en modell för varje flöde. Tyvärr gjordes den första modellen på flödet 20 l/s, vilket gör att felet ökar med flödet. Eftersom simuleringen för flödet 800 l/s är gjord på en geometri för 20 l/s, borde de simulerade hastigheterna vara något högre än de uppmätta. Detta kan vara förklaringen till att den returström i det grunda partiet, som kunde observeras vid mättillfället inte finns med i simuleringen. Den mindre volymen som finns tillgänglig kanske inte ger utrymme för en returström.

Geometrin har också fått förenklas på ett antal punkter, främst kring inloppsröret. Även bottenprofilen har förenklats något, eftersom endast släntfot och en punkt i mitten medtagits vid modelluppbyggnaden. Botten är plan så denna förenkling kan med stor sannolikhet sägas vara försumbar. Kring inloppsröret är däremot förenklingarna större. Detta skulle kunna påverka strömbilden något. Hastigheterna runt röret är relativt låga så förenklingen borde inte ha en avgörande betydelse för strömningen. Fel kan även ha uppstått vid inmätningen av dammen, men detta får nog anses försumbart.

En annan sak som skulle kunna ge upphov till felaktigheter i resultatet är att simuleringen här är gjord under stationära förhållanden där ett flödet momentant ökar till föreskrivet värde. I verkligheten byggs alltid flöde upp från basflödet till ett toppvärde, som skulle kunna vara relativt konstant under en tid om bräddning sker. En sådan uppbyggnad av flödet skulle kunna ge upphov till andra strömningsmönster än om ett kraftigt flöde inkommer momentant såsom sker vid de simuleringar som har genomförts här.

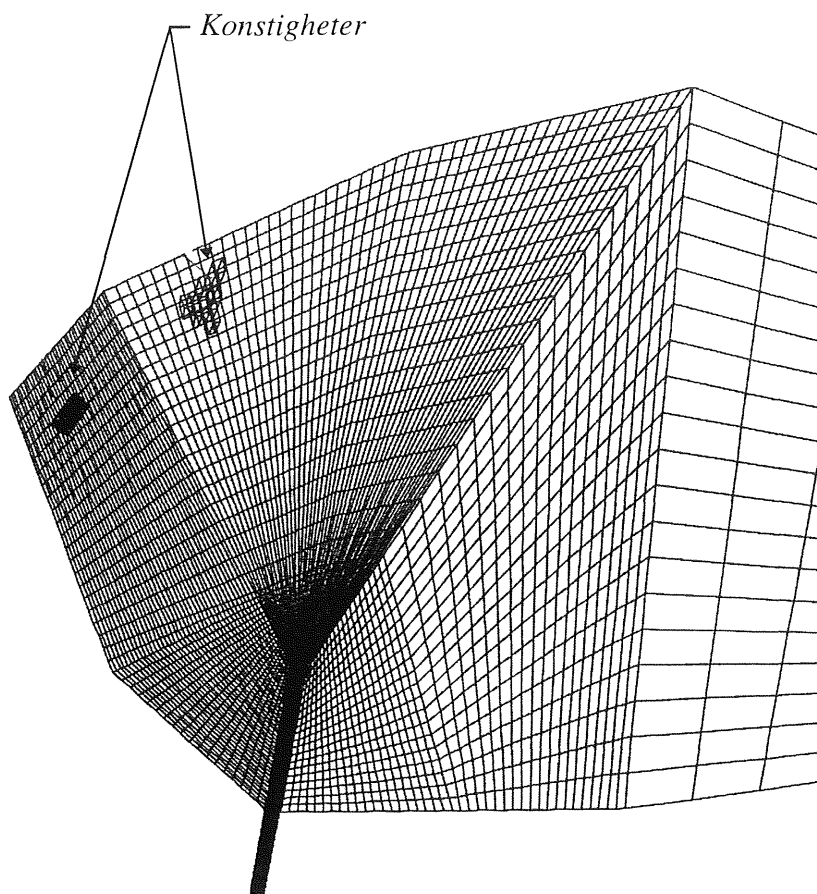
Råheterna som ansatts på botten och slänter är svåra att göra några riktiga bedömningar av. De värden som använts här har tagits från tillgänglig litteratur, där det har uppskattats hur ytorna i dammen ser ut. Men efter att ha simulerat olika flöden med och utan råheter och likaså någon med höga råheter så anser vi att det fel som kan ligga i felaktiga råheter inte kan ha någon avgörande roll för strömningsmönstret. Däremot är det svårare att uttala sig om huruvida växtligheten i dammen påverkar flödet. Växtligheten har simulerats genom att en hög råhet har ansatts för växtligheten. Värdet på råheten här är emellertid ganska grovt uppskattad från de beskrivningar som finns i Chow (1959). Det finns också en möjlighet att simulera växtligheten som ett poröst media i FIDAP (FIDAP THEORY 1993). Detta har inte prövats.

Ytterligare en felkälla är den påverkan som vinden har på strömningssituationen. Detta är ett fel som inte i så hög grad berör dessa simuleringar och verifieringar. Verifieringen här grundar sig på mätningar som är gjorda under förhållanden då vindens påverkan är försumbar. När mätningen på det kraftiga flödet gjordes, var det lugna förhållanden, dessutom torde en svag vind inte kunna påverka den kraftiga strömning som var denna dag. Mätningen i basflödet skulle kunna påverkas av vindförhållandena. Den fick faktiskt avbrytas p.g.a. den tilltagande blåsten. Men problemet här var att det var flytkropparna i första hand och inte strömningen som påverkades av vinden. Om en damm är så placerad att den utsätts för vinden längs med en lång sträcka, kommer dock vinden sannolikt påverka strömningförhållandena, åtminstone vid torrvädersflöde. Shaw et. al. (1997) har försökt att visa att så är fallet men inte kommit till någon entydig slutsats.

7.3 Resultat från simuleringar med verklig geometri i 2D och 3D

Alla 2D simuleringar vi gjort uppvisar stora likheter med varandra. Vid samtliga flöden uppkommer minst två virvlar i inlopps-bassängen, en större inåt dammen och en mindre åt andra hållet. Den största skillnaden mellan flödena är vattenhastigheterna, samt att antalet virvlar i utlopps-bassängen minskar vid ökande flöde. Att antalet virvlar minskar vid ökande flöde kan bero på att vattnet med en högre hastighet inte har lika stor tendens att bilda stora kortslutningsströmmar som det hade vid en lägre hastighet.

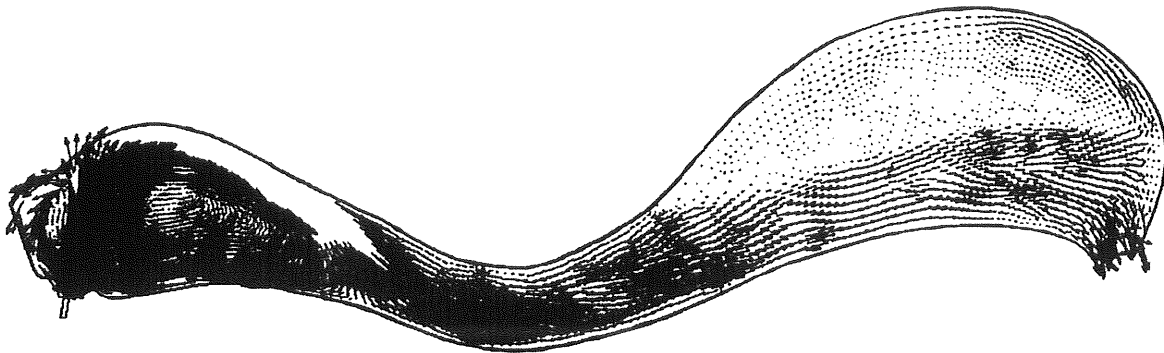
Vid låga flöden, 20 l/s - 100 l/s, stämmer 2D och 3D körningarna relativt väl överens. Med den glesare meshen och fyrkantrör fås inte lika markerad virvel vid inloppet som när tätare elementindelning och runt rör användes. Detta kan bero på att geometrin runt rörmyningen överensstämmer sämre med fyrkantrör än med runt rör. Vattnet tillåts t.ex. inte att cirkulera under och över röret eftersom röret är modellerat som en kanal ut i dammen. Den glesare elementindelningen kan också vara en bidragande orsak till den sämre överensstämmelsen. Simuleringar med ett tätare elementnät försökte också göras för geometrin med ett fyrkantigt inlopp. Detta resulterade dock i att lösningarna divergerade och konstiga kuber uppträdde vid meshgenereringen, se figur 7.12.



Figur 7.12 Bild av meshen i inlopps-bassängen med fyrkantrör. Lägg märke till de markerade konstigheterna i elementnätet.

Mixing length modellen uppvisar mindre virvlar vid inloppet än de andra modellerna och strömningen övergår tidigt till kanalströmning med en relativt ”snäll” strömbild. I mixing length modellen viker också strålen ut från inloppsröret vid ett tidigare stadium än på de andra modellerna. I modellen med runt rör och tätare elementindelning finns det en mer tydlig virvel i inlopps-bassängen. Se figur 7.10 och 7.11.

Utifrån de simuleringar av olika flöden som gjorts kan man nu dra några slutsatser om dammens uppförande. Vid utloppsdelen är en ganska stor del av dammen inaktiv, speciellt gäller detta vid låga flöden. Det bildas också en stor kortslutningsström vid inloppet till dammen, vilket får anses negativt.



Figur 7.13 Hastighetsvektorer 20 l/s, med $k-\epsilon$ som turbulensmodell, 3D, 0,12m under ytan. Här syns tydligt att en del av dammen är inaktiv.

7.4 Resultat från simuleringar med förändrade geometrier i 2D

Vi har provat några olika förändringar i geometrin, för att kunna se om det finns några enkla sätt att "förbättra" strömningsförhållandena i dammen. Dessa tester har enbart gjorts i 2D, eftersom det är betydligt enklare att ändra geometrierna i 2D än i 3D. Detta bör man ha i åtanke när resultaten tolkas. Vi har konstaterat att 2D stämmer ganska bra för strömningen närmast utloppsröret. Vi har till största delen valt att koncentrera oss på ett flöde, nämligen 100 l/s. Utifrån resultatet från 2D-körningarna med befintlig geometri och olika flöden kan vi konstatera att ändringar i strömningsmönstret visserligen sker, men att de är så pass små att man kan börja med att studera ett flöde. När man sedan har funnit några ändringar man tror är bra, kan man pröva lite olika flöden. Syftet med våra försök är enbart att se om någon, relativt enkel, förändring i geometrin ger en stor förbättring av strömningsmönstret.

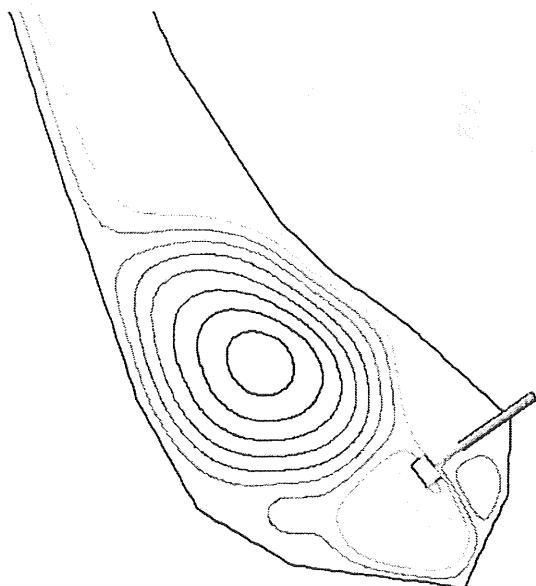
De olika geometrier vi har provat bygger på två huvudprinciper, antingen placeras ett hinder en bit framför rörmynningen, eller så ändras rörets läge. De olika hinder vi provat är rektangulär ö, oregelbunden ö, samt att ha flera små öar framför röret. Ändringar i rörets placering har gjorts dels genom att låta det sluta direkt i strandkanten, dels genom att flytta det till dammens kortsida. Syftet med att placera hinder framför mynningen är att omvandla rörelseenergi i det inströmmande vattnet, för att snabbare uppnå ett lugnt strömningstillstånd. Vi provade också att förlänga röret bakåt för att se om detta gav en mer utvecklad turbulens som skulle kunna påverka strömningen.

7.4.1 Försök med hinder framför rörmynningen

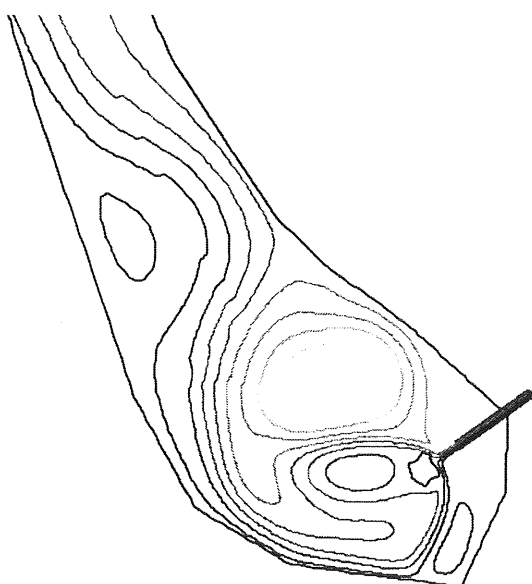
Försöken med olika öar framför mynningen har alla det gemensamt att de splittrar upp inloppsströmmen och att flera virvlar skapas. Strömningen går också snabbare över till en likformig strömning, virvlarna har helt enkelt en mindre utbredning.

Geometrierna med en ö framför mynningen resulterade i att en likformig strömning snabbare utbildades än med flera små. Se figur 7.14-7.16. Att ha flera små öar framför

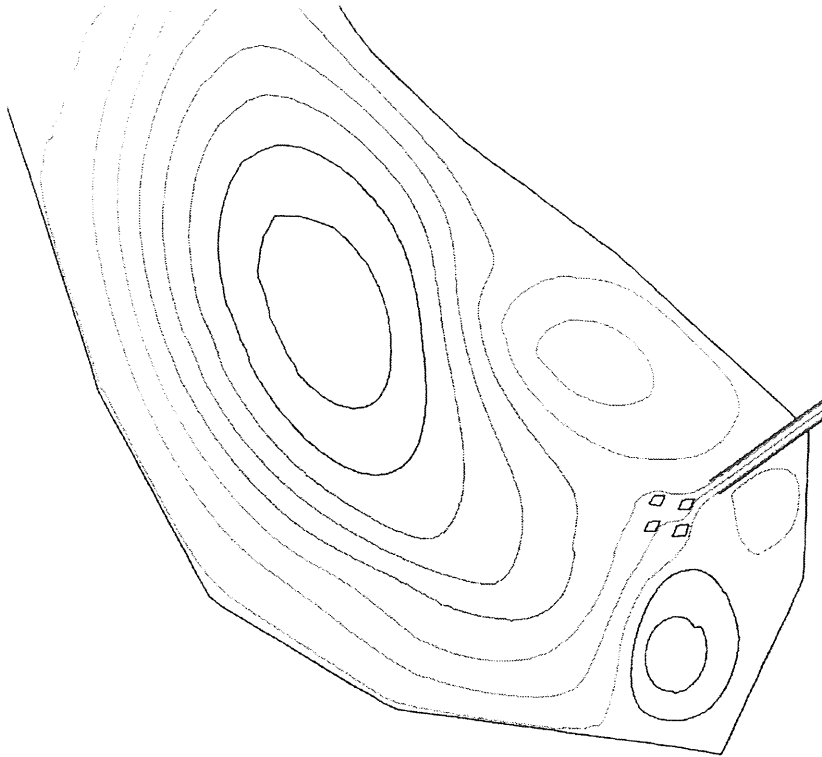
myningen ger också en strömbild som mer liknar den som är med nuvarande utformning. Detta kan förklaras med att vattnet till stor del går mellan och runt öarna. Skillnaderna mellan den rektangulära och den oregelbundna ön är svårare att förklara. Den oregelbundna utformningen tvingar vattnet att ta en längre väg och framkallar också, som väntat, mer komplexa virvelbildningar än den rektangulära.



Figur 7.14 Försök med rektangulär ö framför utloppet. Strömlinjer, flödet 100 l/s.



Figur 7.15 Försök med oregelbunden ö framför utloppet. Strömlinjer, flödet 100 l/s.



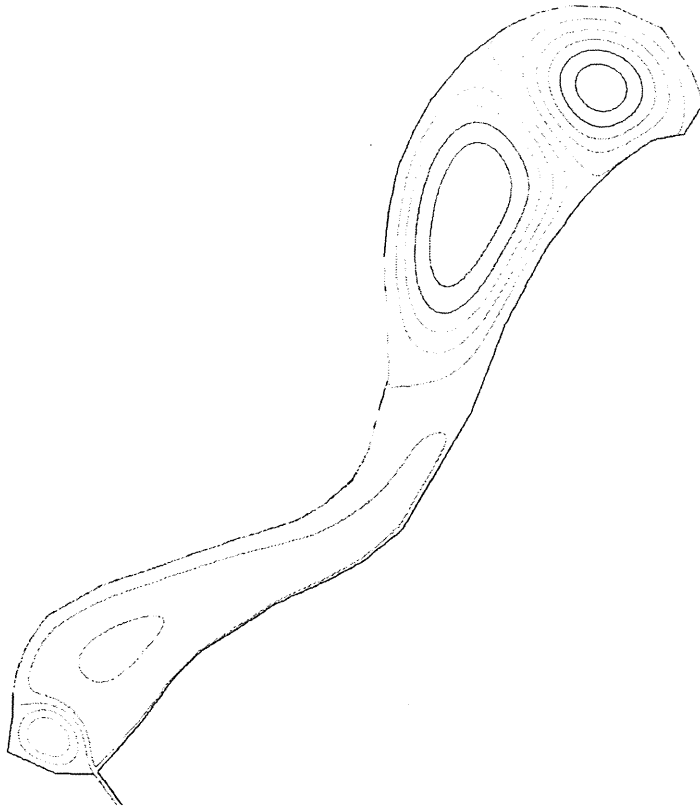
Figur 7.16 Försök med fyra små öar framför utloppet. Strömlinjer, flödet 100 l/s.

Att enkelt bedöma om en lösning är bättre än de andra låter sig inte enkelt göras. Eftersom ett likformigt flöde är det som eftersträvas kan det konstateras att en något större ö är bättre än några små. Alla försöken med hinder vid rörmynningen visar på att ett mer komplext mönster av virvlar uppkommer. Hur detta kan påverka sedimentationsförmågan är svårt att förutsäga. Vi har inte provat dessa geometrier för mer än ett flöde. Det är troligt att virvelmönstret förändras sig en del vid olika flöden. Det är möjligt att dessa system med öar ger upphov till större förändringar i strömningsmönstret än ett utan öar vid olika flöden. En förändring av strömningsmönstret mellan olika flöden kan orsaka en resuspension av sediment, vilket inte är önskvärt. Detta skulle i så fall kunna motverka den förbättring som uppnås genom ändringen i strömningsbilden. Vilken effekt som är störst är omöjligt att förutsäga utifrån de resultat vi har fått fram. Vi har inte möjlighet att utreda detta närmare inom ramen för examensarbetet.

7.4.2 Försök med annan placering av rörmynningen.

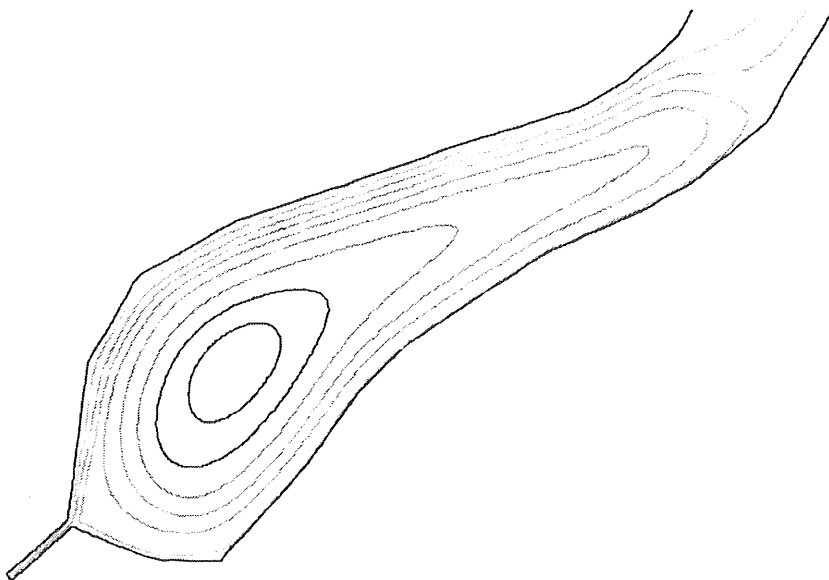
Vi har genomfört färre försök med ändrad placering av rörmynningen, än med olika hinder. Detta dels för att vi inte tror att det ger så stora effekter, dels eftersom en flyttning av röret är så gott som omöjligt på den damm vi studerar.

Resultatet från försöket med ett rör som slutar direkt i strandkanten ger vissa svårförklarade effekter vid utloppsändan av dammen, se figur 7.17. Här bildas två stora virvlar som inte finns i dammen med ett utstickande rör. Förhållandena vid inloppet förändras också något. Man får en kraftig virvel till vänster om mynningen, men i övrigt är virvlarna mindre markerade. Vi kan inte hitta någon hållbar förklaring till varför en så relativt liten ändring i geometrin vid mynningen ger så stora förändringar vid utloppet. I övrigt är skillnaderna ganska små, som man kan förvänta sig.



Figur 7.17 Försök med rör som slutar direkt i strandkant. Strömlinjer, flödet 100 l/s.

Även försöket med röret placerat vid dammens kortsida gav något oväntade, men mer begripliga resultat. Vi har låtit röret sluta i strandkanten, främst av den anledningen att en sådan modell är lättare att skapa. Det resultat vi hade förväntat oss var att det skulle bildas en virvel på vardera sidan om rörmynningen och att strömningen relativt snabbt skulle övergå till en likformig strömning, utan stora virvlar. Istället fick vi en stor utbredd virvel på höger sida, se figur 7.18 samt bilaga N. Försök som gav likartade resultat gjordes både för 400 l/s och 100 l/s. Resultatet kan förklaras av att dammen inte är symmetrisk och att röret är en aning vinklat i förhållande till dammens huvudriktning.



Figur 7.18 Försök med inlopp vid kortsidan. Strömlinjer, flödet 100 l/s.

Ingen av dessa försök visar på någon ändring som gör att man skulle kunna förvänta sig att dammen får ett bättre verkningssätt.

7.4.3 Försök med olika turbulensförhållanden

Ett försök med en annan turbulensmodell har gjorts för flödet 100 l/s. Den modell som använts i detta försöket är mixing length modellen, i övrigt har k-ε modellen använts (se kap 7.2.1). Den enda 2D-körningen som gjordes med mixing length, gjordes för flödet 100 l/s. Mixing length modellen genererar här en mindre, inte lika utbredd, virvel som k-ε gör. Vilket som är det korrekta för detta flödet är svårt att säga, eftersom vi inte har några mätningar på detta flödet. Skillnaden mellan de olika modellerna för detta flödet och i 2D är relativt liten.

Försök gjordes också med att förlänga röret bakåt, för att på så sätt se om detta skulle ge en förbättring i modellen genom att full turbulens lättare skulle kunna hinna uppstå innan vattnet når rörmynningen. Detta resulterade dock i ett likartat utseende på strömningsmönstret. En liten skillnad kan dock iakttas, nämligen att strömmen inte viker av åt höger lika skarpt i det grunda området, se bilaga N.5. För att utreda detta bättre borde fler körningar göras med olika rörlängder och flöden göras. Vilket tyvärr inte hunnits med.

7.5 Partikelspårning

7.5.1 Syfte

För att se hur dammen fungerar avskiljningsmässigt tas det fortlöpande prov i fält på inkommande och utgående flöde i dammen. Det går också att göra partikelspårning i FIDAP. Syftet är att jämföra den uppmätta avskiljningen med den som fås genom simulering i FIDAP.

7.5.2 Metod

I den större av Järnbrottsdammarna har prover tagits sedan den 17:e juli 1997. Proverna tas med hjälp av en flödesstyrd provtagare med 24 flaskor om 1 liter. Tre prover har tagits per flaska. Provtagaren börjar ta prover om flödet överstiger 50 l/s. För vissa av proverna har partikelräkning gjorts med en partikelräknare, Met One particle analyser WGS 260, som beräknar partikelstorlek genom att lysa igenom den passerande vätskan och beräkna arean på de partiklar som blockerar ljuset. Med FIDAP är det möjligt att simulera sedimentering med partiklar med valfri storlek och densitet. Pettersson (1996) har visat att partiklarna i dagvattnet mestadels har en form som kan approximeras till sfärisk och en densitet runt 1300 kg/m^3 . Förhållandena kan vara annorlunda i denna damm men eftersom vi inte har några andra värden att gå på och dessa värden gällde i den närliggande mindre dammen i Järnbrott används dessa i simuleringarna.

Pettersson (1996) har vid sina försök jämfört partiklar med storlek 1,5, 10, 20 och $40 \mu\text{m}$ varför dessa storlekar används vid denna simulering.

7.6 Partikelspårning 1997.10.07

Den 10/7 1997 regnade det 2,4 mm. För proverna tagna genomfördes en partikelräkning. Det hade tidigare regnat den 1, 2, 3 och 4:e oktober. Flödesmätningen gav ett max inflöde om ca 380 l/s. Proven in i dammen var delat på 4 flaskor och proven ut ur dammen på 9 flaskor á 1 liter. För att få en viss säkerhet i analysen av antalet partiklar utfördes räkning på tre serier av varje flaska. För att veta vilka flaskor som var aktuella att använda för jämförelse med FIDAP simuleringen gjordes en enkel beräkning av uppehållstiden. Vi antog att 75% av dammen var aktiv efter att ha granskat 2D och 3D körningar på det aktuella flödet 400 l/s.

$$t = \frac{V}{Q} \cdot c = \frac{6534}{0,4 \cdot 60 \cdot 60} \cdot 0,75 = 3,4 \text{ h} = 3 \text{ h och } 24 \text{ min} \quad (7.1)$$

t = uppehållstid [h]

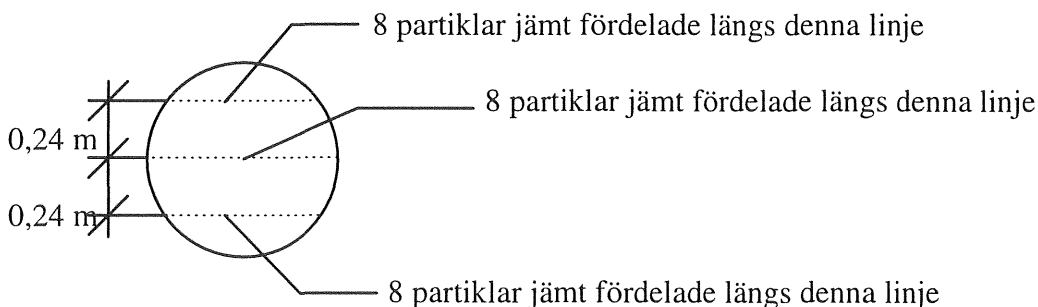
V = volym i dammen vid aktuellt flöde [m³]

Q = aktuellt inflöde till dammen [m³/s]

c = andel av dammen som är verksam [-]

Uppehållstiden beräknades till ca tre och en halv timme. Det måste poängteras att beräkningen av uppehållstiden är mycket grov. Regnet startade kl 22.36 och slutade kl 22.59. För jämförelse med simuleringen valdes prover ut som överensstämde bra med regnstart och den beräknade uppehållstiden vilket innebär att flaska 2 valdes på ingående flöde som var tagen kl 22.49 och flaska 6 på utgående flöde som var tagen kl 01.58. anledningen till att en flaska på inkommande flöde togs så nära regnstart beror på att "first flush" som innehåller mycket partiklar, skulle komma med i beräkningen.

24 st partiklar fördelades runt rörmynningen enligt figur 7.19. Ju fler partiklar som används vid simuleringen desto bättre statistiskt urval fås. Att ha många partiklar medför dock att det blir mycket svårt att urskilja enskilda partiklar och att simuleringen blir beräkningstung och därigenom tar lång tid att utföra.



Figur 7.19 Figuren visar hur de 24 partiklarna är fördelade i rörmynningen. Rörets diameter är 1m.

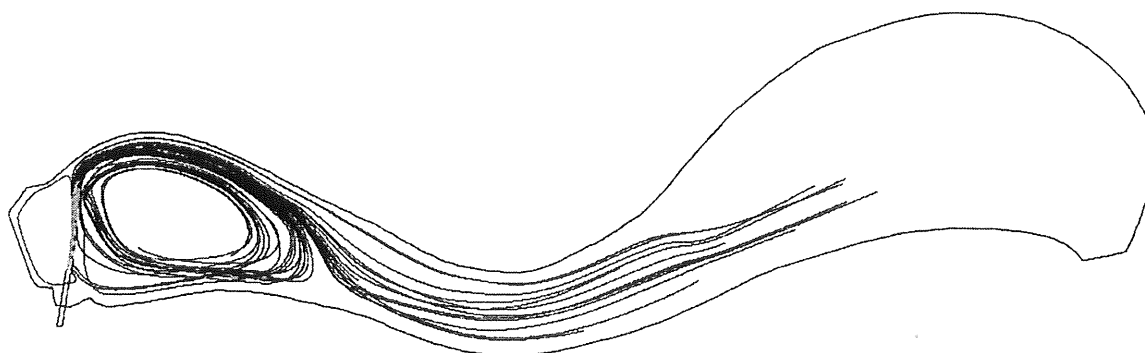
Partikelräknaren räknar alla partiklar och redovisar dem i steg om 0,5µm. Eftersom det inte är en helt säker metod och att stegen är små har medelvärden tagits för större intervall än

de som använts för simulering i FIDAP. Nedan redovisas medelvärdet för tre serier ur ingående och utgående prov både för den specifika storleken och för ett större intervall. Den aktuella avskiljningen och avskiljningen med FIDAP-modellen redovisas också här.

Tabell 7.2 *Antalet partiklar i de olika fraktionerna på ingående och utgående vatten samt den verkliga avskiljningen och avskiljningen i FIDAP vid 400l/s.*

Partikel storlek	IN. Flaska 2. Medel 3 serier [partiklar/ml]	UT. Flaska 6. Medel 3 serier [partiklar/ml]	Avskiljning Medel 3 serier	Avskiljning FIDAP
1,5 μ m	122 650	53 930	56%	100%
10 μ m	963	414	57%	100%
20 μ m	45	15	67%	100%
40 μ m	5	1	80%	100%

Pettersson (1996) visar att FIDAP-modellen överskattar avskiljningen vilket också detta försök visar. Dock visar Pettersson (1997) på en god överensstämmelse mellan verklig och simulerad avskiljning. Pettersson (1996) baserades på medelvärde på alla flaskor på in respektive ut. Pettersson(1997) har gjort på motsvarande vis, d.v.s. valt flaskor m.h.t. uppehållstid. I vår jämförelse överskattar FIDAP-modellen avskiljningen. De uppmätta resultaten visar på en ökande avskiljningsgrad med ökande partikelstorlek. De mindre fraktionerna, 1,5-10 μ m har en avskiljningsgrad på ca 56% medan fraktionerna 20-40 μ m visar på en avskiljning på 67-80%. Att avskiljningen inte är bättre kan bero på resuspension. Med resuspension menas att material som sedimenterat en gång virvlar upp och går ut ur dammen. Den avskiljning som uppnås i dammen får dock anses som bra.



Figur 7.20 *Partikelspårning med 1,5 μ m stora partiklar vid flödet 400 l/s. Alla partiklar (24 st) sedimenterar i dammen.*

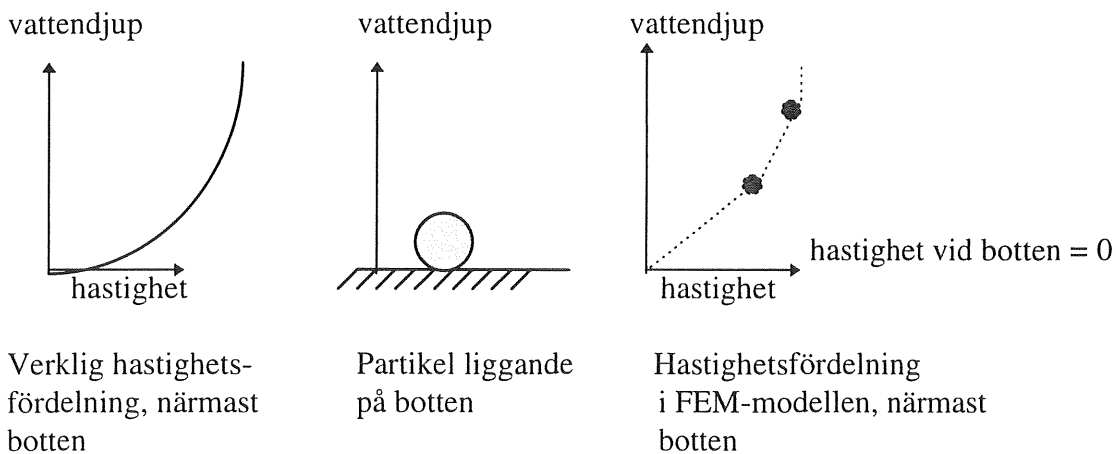
De stora avvikelserna mellan vår simulering och de verkligt uppmätta värdena kan också bero på att vi valt fel flaska att analysera eftersom uppehållstiden är felaktigt uppskattad. Det kan också vara så att modellen skulle ge bättre överensstämmelse om resuspensionen kunde simuleras, något som inte går att ta hänsyn till idag och troligen är mycket svårt att

skapa en modell av, som skulle gå att koppla samman med ett beräkningsprogram av FIDAPs typ.

För att kunna konstatera om FIDAP är ett lämpligt verktyg för avskiljningssimulering måste många jämförelser göras med mätningar i olika flödessituationer i olika dammar. Dock kommer alltid uppehållstiden i dammen vara en osäkerhetsfaktor vilket gör att det är möjligt att fel flaskor väljs ut för analys och jämförelse. Resuspensionsproblemen kommer också hela tiden att finnas vilket beskrivits ovan. För att komma närmare sanningen bör hela regn simuleras som transienta förlopp.

7.7 Partikelspårning vid andra flöden

Det är intressant att se vilken avskiljning modellen ger vid högre flöden, därför gjordes en partikelspårning vid flödet 800 l/s. Vid detta flöde sedimenterar partiklarna naturligt nog närmare utloppet. Några av dem sedimenterar på överfallet, vilket är orimligt eftersom vattnet accelererar här. De partiklar som sedimenterar på överfallet har valts att betraktas som partiklar som går ut ur dammen. Att partiklarna sedimenterar på överfallet beror på att programmet betraktar alla partiklar som krokar med en yta som sedimenterade. Detta kan förklaras av att hastigheten vid botten- och sidoytorna är noll. När sedan en partikel slår i väggen får den per definition hastigheten noll och blir kvar där. (FIDAP THEORY, 1993). Enligt teori manualen skulle det också gå att simulera att partikeln studsar mot väggen. Partikeln skulle då tilldelas en stötkoefficient som beskriver hur stor del av rörelseenergin som blir kvar efter studs. Tyvärr har vi inte lyckats hitta hur detta definieras i programmet. En sådan simulering skulle inte heller den vara riktigt korrekt. Detta eftersom partikeln då aldrig skulle stanna helt, den skulle alltid vara påverkad av en kraft från det förbiströmmande vattnet.



Figur 7.21 Figuren visar hur en partikel i verkligheten ligger i flera hastighetsskikt vilket gör att den kan glida iväg om hastighetsgradienterna är stora.

Tabell 7.3 Avskiljning med FIDAP-modellen vid flödet 800 l/s.

Partikelstorlek	Avskiljning
1,5 μ m	92%
10 μ m	92%
20 μ m	96%
40 μ m	100%

Det kan konstateras att avskiljningen blir sämre i modellen vid dubbelt så stort flöde vilket är logiskt.

Partikelspårningsfunktionen kan också användas för att se om nytt vatten som kommer in i dammen blandas med virvlarna runt inloppet eller bara går förbi. Om inte de partiklar som släpps in går in i virvlarna är det svårt att säga om nytt vatten går in i virvlarna eller ej. Det går då att göra en körning med partiklar som har samma densitet som vatten, $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$. Om partiklarna då går in i virvlarna kan man konstatera att inkommande vatten går in i virvlarna och att det ej bara är gammalt vatten som står och snurrar. Dock går det att stöta på problem genom att programmet fortfarande betraktar partikeln som en partikel oavsett densitet vilket gör att den inte studsar mot t.ex. lutande strandkanter utan istället "sedimenterar". Vidare behöver antagligen många simuleringar med många partiklar göras för att någorlunda korrekt kunna avgöra hur stort vattenutbyte som sker i en virvel. Det bästa borde alltså fortfarande vara att sträva efter ett uniformt flöde, utan kortslutningsströmmar.

I denna simulering gick partiklarna med korrekt densitet in i virvlarna. Därigenom kunde det konstateras att virvlarna i dammen, enligt simuleringen troligen var "aktiva" så att en del av det nya vattnet gick in i dem, det är däremot svårt att förutsäga hur stor del av vattnet i virvlarna som byts ut.

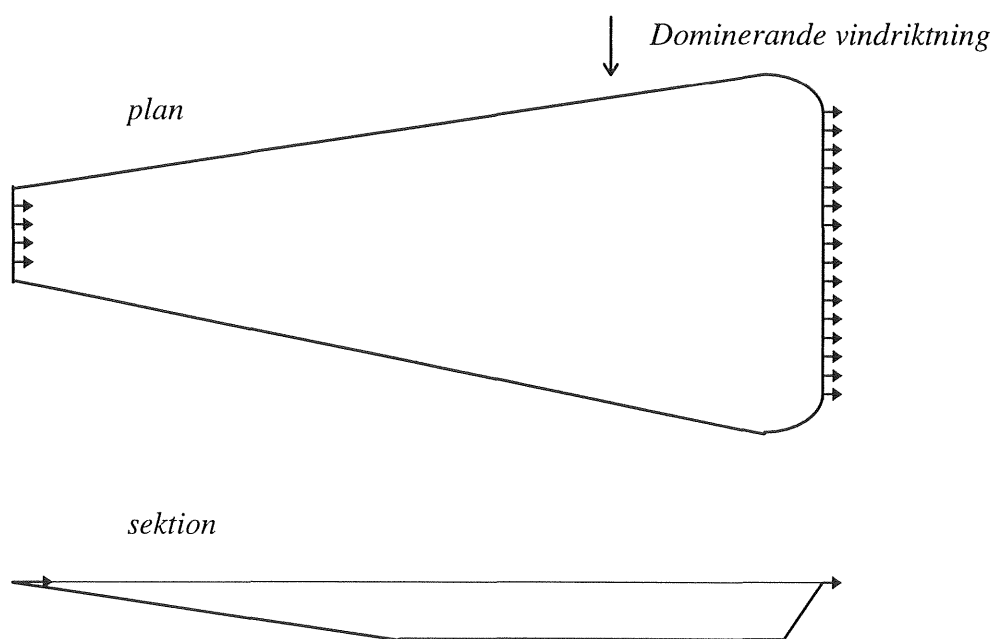
7.8 Diskussion om dammutformning

Utifrån de simuleringar som gjorts kan vissa slutsatser dras, om hur en sedimenteringsbassäng bör utformas. Det är en nackdel att ha ett parti mitt i dammen där vattnet måste accelerera. Partiklar som sedimenterar här vid låga flöden dras sannolikt upp vid ett kraftigare flöde, vilket bidrar negativt till dammens avskiljningsförmåga. Det finns också ett område i delen närmast utloppet som är inaktivt. Detta gäller främst vid låga flöden. Vid högre flöden blir en något större del av dammen aktiv, vilket är positivt, men det bästa skulle vara om dammen hade ett jämnt flöde där hela dammvolymen hade en jämn strömningshastighet och utnyttjades vid alla flöden.

En lämplig utformning av en damm är troligen en damm som är som smalast och grundast vid inloppet för att sedan bli större närmare utloppet. Detta gör att hastighetsgradienterna minskar ju längre ut i dammen som vattnet kommer. Om utflödet tillåts att ske på flera ställen skulle man kunna få en större del av dammen verksam. Dammen bör placeras så att den dominerande vindriktningen inte ligger i dammens längdriktningen (Shaw et. al.,

1997). Tillåts vinden verka på en lång sträcka av dammen finns risk för att det vid låga flöden och kraftiga vindar kan bildas strömmar som kan flytta sediment till platser där de lättare resuspenderas vid kraftigare vattenflöden.

En punkt som bör ägnas en del tankemöda vid dammutformningen är inloppet. I den damm som har simulerats här bildas två kraftiga virvlar på ömse sidor om inloppsöröret. Det har också visats att det är svårt att undvika dessa virvelbildningar. Försök med olika sätt att "slå sönder" jetstrålen och på så sätt förhindra virvelbildningen har simulerats med viss framgång. Att på något sätt placera ut hinder framför mynningen skulle alltså kunna vara positivt. En sådan utformning kan dock ha det negativa med sig att det blir svårare att avlägsna sediment som samlas i närheten av inloppet. Det är också en fördel om avbördningen från dammen sker genom ett brett utlopp då hastighetsgradienterna blir mindre ju bredare utlopp den har.



Figur 7.22 Principiell utformning av en dagvattendamm.

Något som inte tagits upp här men som är en viktig del av ett sedimenteringsmagasins reningsförmåga är dess förmåga att avlägsna närsalter ur vattnet. Reningsförmågan för närsalter har studerats av Pettersson (1996) och Johansson (1997). Johansson visar på en mycket god reningsförmåga medan Pettersson visar på en något sämre reduktion.

Ett annat område som enbart har berörts översiktligt här är växtlighetens betydelse för dammens reningsförmåga. Rimligen har växtligheten en positiv effekt både på avskiljningen av partiklar och närsalter. En alltför kraftig växtlighet kan å andra sidan göra att mycket växtmaterial förs till botten, vid nedbrytningen av detta åtgår syre. Om alltför mycket material förs ned till botten riskeras att syrebrist uppträder. Vid låga syrgashalter kan både fosfor och vissa tungmetaller som tidigare varit bundna i botten sedimenten vid botten frigöras och transporteras ut ur dammen. För att en sådan situation skall undvikas bör sedimentavlagringarna på botten borttransporteras med jämna mellanrum för att

undvika att tungmetaller och fosfor frigörs ur bottensedimentet, men detta bör undersökas vidare. Borttransporten görs lämpligen på hösten så att inte alltför mycket sediment finns kvar i dammen under vintern när risken för låga syrehalter är som störst, dessutom är det en fördel om inte för mycket sediment finns kvar vid snösmältningen på våren, när kraftiga flöden förekommer som kan orsaka resuspension.

8. SLUTSATSER

Detta arbete har visat att det går att bygga upp och verifiera en finita elementmodell med programmet FIDAP över ett dagvattenmagasin i både två och tre dimensioner.

En 2D modell går snabbt att bygga upp men ger inte lika mycket information som en 3D modell. En 2D modell ger dock en bra uppfattning om strömningsförhållandena i dammen. 2D modeller har den fördelen att geometrin lätt låter sig ändras. Speciellt smidigt låter sig ändringar göras i en indatafil. De ändringar i geometrin vi gjorde tyder på att det är möjligt att få en likformig strömning fortare om den inkommande jetens energi minskas genom att placera något föremål framför utloppet. För att kunna dra några säkra slutsatser om detta bör dock en 3D modell göras med dessa förutsättningar.

En 3D modell är relativt komplex att bygga upp. Det är lättare att bygga upp modellen interaktivt för att senare låta programmet generera en indatafil för den uppbyggda modellen. Denna automatiska generering fungerar dock inte alltid felfritt. För att lättare bygga upp en 3D modell bör en annan preprocessor än FI-GEN i FIDAP provas. 3D modellen ger en god överensstämmelse med verkligheten m.a.p. strömningsmönster och hastigheter. De partikelspårningar vi gjort visar att FIDAP överskattar avskiljningsförmågan i dammen jämfört med verkliga förhållanden. Att avskiljningen blir större kan dock till viss del förklaras med att FIDAP inte kan simulera den resuspension som sker, d.v.s. att partiklar som sedimenterat rivs upp. Med de olika modeller som byggts upp kan det konstateras att det är av betydelse att inte göra för stora förenklingar av geometrin.

För verifiering av de simuleringar som gjorts har strömkorsmätningar använts. Strömkorsen mättes in med totalstation och detta visade sig vara en bra metod. För ännu bättre resultat bör dock en totalstation med tidsregistrering användas.

För att göra modeller som bättre beskriver verkliga förhållanden än de som byggts upp här krävs att ett helt regn kan simuleras i en transient körning och att vattenytan görs fri. En faktor som inte tagits med i dessa simuleringar, som troligen har en stor inverkan på strömningsförhållandena i dammen mellan regnen är vinden.

9. FÖRSLAG TILL FORTSATTA STUDIER

Detta examensarbete har begränsats till vissa delar. Allteftersom arbetet fortskridit har det konstaterats att förenklingar har fått införas och vissa frågetecken inte kunnat utredas inom ramen för examensarbetet. I detta kapitel skall några förslag till fortsatta studier som kan rätta ut en del frågetecken eller förbättra lösningen presenteras.

I de försök som gjorts här har alla simuleringar gjorts med stationära flöden och med en och samma geometri. För att förbättra detta skulle dels en eller flera geometrier som stämmer överens bättre med de flöden som är viktigast, för det magasin som behandlats här, 200 l/s till 800 l/s, skapas. Om en geometri som ligger någonstans mitt i detta intervall tas fram kan denna modell användas för att genomföra simuleringar där man tar hänsyn till variationer i flödet. Detta kan ske antingen genom att ett transient förlopp simuleras, där man låter flödet variera i tiden, eller också använder man sig av den funktion som tillåter återstart från en färdig lösning, där man ändrat någon parameter. Om man då börjar med att simulera ett lågt flöde för att sedan återstarta den lösning man fått med ett högre flöde, kan man få ett förlopp som efterliknar det transienta, men inte kräver de indata som det transienta gör. Fördelen med att göra en riktig transient körning är att det då går att göra en partikelspårning på ett helt regnförlopp, samt att man då inte får de hopp i flödet som ett förfarande med återstart skulle ge. För att ytterligare förbättra överensstämmelsen i modellen kan man istället för att använda sig av ett konstant, genomsnittligt, vattendjup under simuleringen använda sig av en fri vattenyta. Detta innebär att FIDAP under simuleringen själv beräknar på vilken nivå vattenytan ligger i ett visst ögonblick och låter höjden variera med tiden. En sådan simulering eliminerar felet med att hastigheterna blir för höga vid större flöden än vad geometrin är byggd för. Om den transienta simuleringen tillåts innehålla flera regn med mellanliggande torrvädersperioder skulle också den sedimentering av partiklar som blir kvar i vattenmassan efter ett regn tas med vid beräkningen. En sådan simulering skulle sannolikt kräva mycket datorkraft och ta lång tid att genomföra. Huruvida det går att simulera ett kontinuerligt partikelinflöde under ett transient förlopp i FIDAP vet vi inte.

En mindre och enklare förändring som borde kontrolleras närmare är att pröva att förlänga inloppsröret så att full turbulens verkligen har hunnit utbildats. En sådan ändring låter sig göras relativt lätt. En annan ändring i geometrin som är mindre enkel att göra men som också skulle vara intressant är att försöka göra en bättre genomföring av röret genom slänten. Detta skulle antagligen gå att göra bättre, men ett riktigt bra resultat går nog inte att uppnå utan att byta till en annan preprocessor.

Utifrån de resultat som har presenterats från simuleringar av ändrade geometrier i 2D-modellen skulle det gå att fortsätta. Först genom att testa ytterligare några geometrier och när man sedan funnit några intressanta, pröva dessa även i 3D. I detta arbete har visats att 2D simuleringen ger tillräcklig noggrannhet för att sålla ut några intressanta geometrier, men otillräcklig för att detaljstudera strömningsmönstret och peka ut en bästa lösning. För att gå vidare bör några olika, relativt enkla, geometrier prövas både i 2D och 3D för att se om 2D-simuleringar under vissa förhållanden är tillräckligt noggranna.

Det skulle också kunna vara av intresse att göra flera strömningsmätningar i en damm. Dessa skulle då kunna ske genom att vid torrvädersflöde öppna några brandposter och få ett

stationärt flöde under en längre tid. Om transienta förlopp simuleras skulle också strömningsförhållandena under ett helt regn mätas in, för att sedan jämföras med simuleringen. Kanske bör man också undersöka andra mätmetoder för strömningsmätningarna än den här valda.

Vid bedömningen av dammens avskiljningsförmåga av partiklar har vi kommit fram till ett något sämre resultat än Pettersson (1996) gjorde. Det finns många parametrar som kan inverka på avskiljningen. Här skulle det behöva studeras fler magasin och fler regntillfällen för att reda ut om och när FIDAP är ett lämpligt verktyg för att bedöma avskiljningsförmågan. Dessutom måste uppehållstiden i magasinet bestämmas, eller åtminstone uppskattas, på ett bättre sätt än vi gjort, för att få riktigare värden på dammens avskiljningsförmåga. På detta området finns mycket att göra, t.ex. tas ingen hänsyn till resuspension vid simuleringarna, något som knappast är försumbart. Det är också dåligt utrett vad som sker med de små partiklar som finns i dagvattnet, när de sedimenterar. Det är oklart om och i så fall hur starka de kohessiva krafterna mellan småpartiklarna är. Enligt Shaw et. al. (1997) är detta något som skall studeras i Canada.

Det är också dåligt utrett hur stor vindens påverkan är på strömningen i dagvattendammar. Den vinddrivna strömningen skulle kunna få partiklar att sedimentera på platser där de vid ett regn lättare resuspenderas och transporteras ut ur dammen

10. REFERENSER

Appelqvist Bo, Frössling Nils, Loyd Dan, Strömningslära strömning med friktion, Göteborg 1978, Institutionen för Tillämpad termodynamik och strömningslära, Chalmers tekniska högskola

Bengtsson Lars; Modellstudier av cirkulationsprocesser i sjöar, Lund 1973, Institutionen för Vattenbyggnad, Tekniska Högskolan i Lund

Cederwall Klas, Larsen Peter; Hydraulik för väg- och vattenbyggnad, Lund 1981, LiberLäromedel, Malmö

Chow Ven Te; Open-Channel Hydraulics, New York 1959, McGraw-Hill Civil Engineering series

Curtis D. C. McCuen R. H.; Design efficiency of stormwater detention basins, 1980, Journal of Water Resources Planning and Management Division, ASCE.

Daily J. W., Harleman D. R. F.; Fluid Dynamics, Massachusetts, USA 1966, Addison-Wesley publishing Compant Inc.

Van Driest E.R. On turbulent flow near a wall, Journal of Aeronautical Science, 23.1007-1011, 1956

Ekbäck Dan, Hedman Börje; Rörbok, 1983, Svensk Byggtjänst

FIDAP FIPOST, 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAP THEORY, 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAP TUTORIAL 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

Fluents User-seminar (1997), seminarium på Novotel Klippan, Göteborg 1997.09.18-1997.09.19.

Gilljam Claes och Österlind Bertil; Strömkors, Göteborg 1970, Examensarbete i vattenbyggnad 1970:5, Chalmers tekniska högskola

Friemann Jens Uwe, dipl.fys., doktorand på Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola.

Haroutunian V, Engelman M.S.; Equation simulation of turbulent flows: A commentary om physical and numerical aspects, Evanston, Illinois, USA 1993, Papers presented at ASME 1993 Winter annual meeting in New Orleans, Louisiana, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

Häggström Steffen; Hydraulik för V-teknologer, Göteborg 1992, Undervisningsskrift Nr 1988.8, Upplaga 2 1992, Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola

Improving Wet Weather Water Quality: Urban and Rural Nonpoint Source Control, Proceedings of the Conference Seminar, October 16, 1994, 67 th Annual Water Environment Federation Conference & Exposition, Chicago, Illinois, Alexandria, USA 1994, Water Environment Federation

Johansson Malin, Driftuppföljning av Bäckaslövs våtmark, Göteborg 1997, Examensarbete i VA-teknik, Institutionen för VA-teknik, Chalmers tekniska högskola (Ej tryckt när detta skrivs)

Kompendium i VA-ledningsteknik, Göteborg 1995, Institutionen för Vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola, Kurslitteratur i kursen VA-ledningsteknik

Kompendium i Vattenbehandling, Göteborg 1997, Institutionen för Vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola, Kurslitteratur i kursen Vattenbehandlingsteknik

Kuo, C. Y.; Sedimentation Routing in an In-Stream Settling Basin, Kentucky 1976, Proceedings of the national Symposium on Urban Hydrology, hydraulics and Sediment Control, University of Kentucky

Lindberg Eva, Pettersson Britta, Stahre Peter; Avskiljningsbassäng Frescati, Studier av möjligheterna till sedimentering av dagvatten, Stockholm 1979, Vattenvårdsteknik, Kungliga tekniska högskolan, Rationella avloppssystem, Meddelande 12

Lundberg Karin, Lindmark Per; Rening av vägdagvatten, Linköping 1994, Statens Geotekniska Institut, ISSN 110-6692 SGI Vägledning

Malmqvist Per-Arne, Svensson Gilbert, Fjellström Caroline, Dagvattnets sammansättning, Stockholm 1994, Svenska vatten- och avloppsföreningen, VAV, VA-forsk, Rapport 1994-11

Persson Jesper, tekn.lic., doktorand på Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola.

Pettersson Thomas J. R., tekn.lic., doktorand på Institution på VA-teknik, Chalmers tekniska högskola.

Pettersson Thomas J.R; Pollution in Stormwater Detention Ponds, Field study and modelling experiments, Licentiat avhandling, Licentiate Thesis, Report 1996:3, Göteborg 1996, Department of Sanitary Engineering, Chalmers University of Technology, Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola

Pettersson Thomas J.R; FEM-modelling of open stormwater detention ponds, Artikel insänd till Nordic Hydrology, 1997, ej publicerad när detta skrivs.

Rodi W.; Turbulence models and their application in hydraulics, Delft 1993, State of the art review, IAHR, Delft, Netherlands

Ryding Sven-Olof; Dagvatten, Kunskapsöversikt samt synpunkter på framtida forsknings- och försöksverksamhet med inriktning på dagvattnets recipientpåverkan, Stockholm 1982, Rapport SNV PM 1563, Statens naturvårdsverk

Samuelsson Alf, Wiberg Nils-Erik, The finite element method, basics, Göteborg 1997, Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för byggnadsmekanik, Undervisningsskrift 95/96:7

Sandberg Mats; Tvådimensionell modell för horisontell storskalig strömning, (Numerisk lösning av shallow-water ekvationerna), Forsknings och utvecklingsprojekt nr 41 vid BKL, Älvkarleby 1977, Statens Vattenfallsverk, Vattenlaboratoriet, Älvkarleby

Shaw J.K.E., Watt W.E., Marsalek J., Anderson B.C., Crowder A.A., Flow Pattern Characterization in an Urban Stormwater Detention Pond and Implications for Water Quality, Kingston, Ontario 1997, Water Quality Research, volume 32, No 1, 53-71, Canada.

von Staffeldt Beck Rene, M.Sc., Teknisk konsult och support för FIDAP på MacNeal-Schwedler Nordic AS, Oslo, Norge, Samtal för hjälp med FIDAP

Stahre Peter; Överslagsmässig dimensionering av fördröjningsmagasin, Stockholm 1979, Rationella avloppssystem meddelande 14, Vattenvårdsteknik, Kungliga tekniska högskolan

Stahre Peter; Flödesutjämning i avloppsnet, Stockholm 1981, Bygghögningsrådet, T13:1981

Symposium rörande strömningsmodellens tillämpning på sjöar och kustnära områden 15-16 november 1982, International Hydrological Decade, Internationella hydrologiska programmet, Stockholm 1983 Naturvetenskapliga forskningsrådet, NFR:s komité för hydrologi, Stockholm

Urbanas Ben, Stahre Peter, Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage, and CSO Management, New Jersey 1993, ISBN 0-13-847492-3, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA

11. KÄLLFÖRTECKNING

Andréasson Torbjörn, Skansholm Jan; Unix och X från början, Göteborg 1993, Studentlitteratur, Lund.

Bjelkås Jan, Lindmark Per; Förorening av mark och vägdagvatten på grund av trafik, Linköping 1994, Statens Geotekniska Institut, Varia 420, VV objektnummer 422

Dagvattenhantering, planering och miljöeffekter, Stockholm 1983, Naturvårdsverket meddelande 1/1983, Statens naturvårdsverk

FIDAP FI-GEN, 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAP, 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAP EXAMPLES, 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAP ERROR, 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAP UPDATE 7.5, 1995, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAPUPDATE 7.6, 1996, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

FIDAP FIPREP, 1993, Fluid Dynamics International, Inc. Evanston, Illinois, USA

Lager John A et al; Urban stormwater management and technology, An Assessment, Cincinnati, Ohio, USA 1974, EPA-670/2-74-040, United States Environmental Protection Agency

Lindgren Birgitta, e-post angående hur förkortningar generellt skall skrivas, Svenska Språknämnden, Stockholm, info@spraknamnden.se

Malmqvist Per-Arne; Urban Stormwater Pollutant Sources, An analysis of Inflows and Outflows of Nitrogen, Phosphorus, Lead, Zinc and Copper in Urban Areas, Göteborg 1983, Department of Sanitary Engineering, Chalmers University of Technology, Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola

Morrison Gregory MP; Urban Stormwater Pollution, Research Report 8, Heavy Metal Spectation studies of natural waters. A review, Göteborg 1984, Publication 2:84, Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola, Middlesex Polytechnic, Research & Consultancy

Svensson Torbjörn; Water exchange and Mixing in Fjords, Mathematical Models and Field Studies in the Byfjord, doktorsavhandling, Report Series A:7, Göteborg 1980, Department of Hydraulics, Chalmers University of Technology

BILAGA A.

Ritningar över dammen

A.1	Planritning	skala 1:200
A.2	Sektioner	skala 1:200
A.3	Sektioner	skala 1:200

BILAGA L.

Resultat 2D simuleringar

- L.1 Elementnät 2D
- L.2 Elementnät 2D vid inloppsbasängen
- L.3 Strömlinje 20 l/s, 2D, k- ϵ
- L.4 Strömlinje 50 l/s, 2D, k- ϵ
- L.5 Strömlinje 100 l/s, 2D, k- ϵ
- L.6 Vektorplot 100 l/s, 2D, k- ϵ
- L.7 Vektorplot 100 l/s, 2D, mixing length
- L.8 Strömlinje 400 l/s, 2D, k- ϵ
- L.9 Strömlinje 800 l/s, 2D, k- ϵ
- L.10 Vektorplot 800 l/s, 2D, k- ϵ

BILAGA B.

Volymberäkningar för dammen

BILAGA B.

DAMMVOLYM

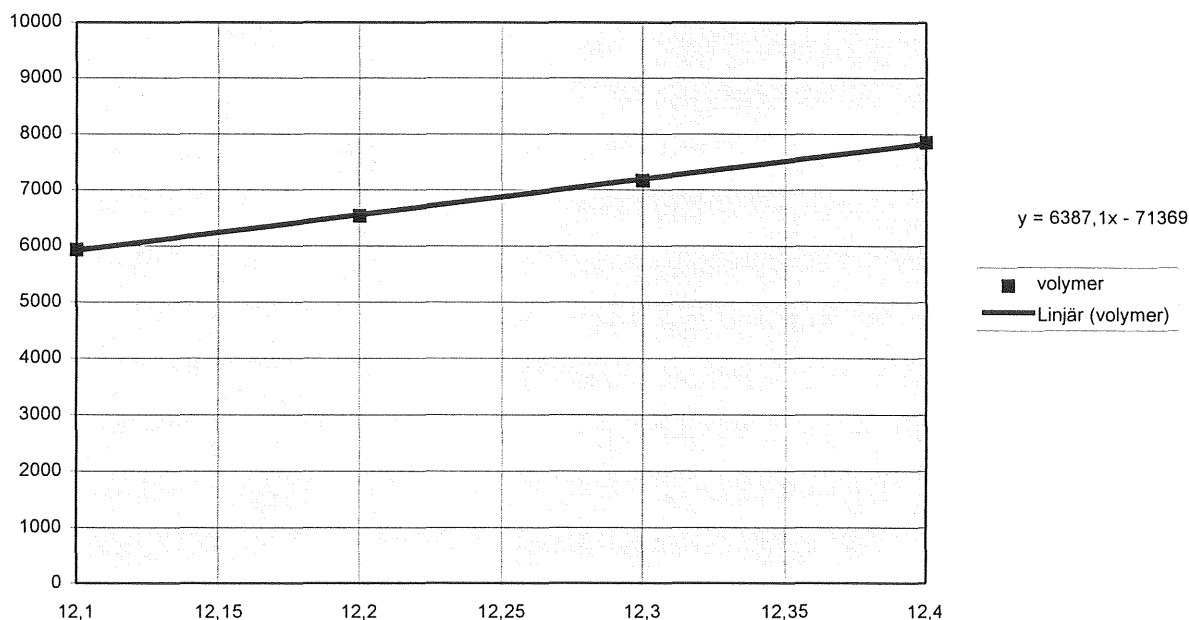
Beräkning av Järnbrottsdammens volym mha mätning i sektioner med planimeter. Volymerna för de olika vattenstånden mättes. Därefter gjordes en kurvanpassning med minsta kvadrat metoden så att en funktion för volymens beroende av vattenstånd erhöles.

Sektion	A, +12,1	A, +12,2	A, +12,3	A, +12,4	V, +12,1	V, +12,2	V, +12,3	V, +12,4
0/010	1,625	2,64	3,64	5	8,125	13,2	18,2	25
0/020	46,8	50,6	52,6	55,7	468	506	526	557
0/030	47,6	50,9	54,4	59,9	476	509	544	599
0/040	51,5	53,2	55,2	60,5	515	532	552	605
0/050	46,7	49,1	54	59,6	467	491	540	596
0/060	50,6	52,6	55	62,2	506	526	550	622
0/070	47,6	49,9	52,2	53,7	476	499	522	537
0/080	33,7	44	50,6	53,5	337	440	506	535
0/090	38,7	40	42,9	46,6	387	400	429	466
0/100	19,5	22	25,2	27	195	220	252	270
0/110	12	14,5	16	19	120	145	160	190
0/120	10	11,2	12,9	14,8	100	112	129	148
0/130	9,5	11,5	13,5	15,2	95	115	135	152
0/140	8,4	9,3	11,3	13,7	84	93	113	137
0/150	9,1	11	15,5	16,3	91	110	155	163
0/160	10,5	12,5	15,5	17	105	125	155	170
0/170	20	26	28	30	200	260	280	300
0/180	28,7	31,7	35,4	39,8	287	317	354	398
0/190	33,8	38,5	42	46,1	338	385	420	461
0/200	36,9	39,4	45	49,3	369	394	450	493
0/210	29,4	32,3	35,2	38,7	294	323	352	387
0/220	3,2	4,6	5,3	8,4	16	23	26,5	42

plushöjd	V (m3)
12,1	5934,125
12,2	6538,2
12,3	7168,7
12,4	7853

Dammvolumens beroende av vattenhöjd beskrivs med följande ekvation $V(h)=6387,1h-71369$, där h är höjd enligt rikets höjdsystem
6387,125

Rubrik



BILAGA C.

Beräkning av ekvivalenta sandrårheter

BILAGA C.

BERÄKNING AV EKVIVALENTA SANDRÅHETER

Som indata till FIDAP krävs ekvivalenta sandråheter för de olika begränsningsytorna. Sandråheten har beräknats ur mannings tal, vilket finns tabellerat i ett flertal böcker. Sambandet mellan mannings tal och ekvivalenta sandråheten är (Rörboken, 1983, sid 92) :

$$M = \frac{25}{\sqrt[6]{k}}$$

M= mannings tal

k= ekvivalenta sandråheten

M= 1/n, då engelska enheter användes är M=1,49/n (gäller värden tagna ur Chow)

Betong

M=65 (Häggström, 1992) vilket ger k=3,3 mm

Lera

n=0,022 (Chow, 1959) vilket ger k=2,5 mm

Makadam

n=0,04 (Chow, 1959) vilket ger k=91,4 mm

Lerbotten, bevuxen med vass och säv

n=0,07 (Chow, 1959) vilket ger k=2,625 * 10³ mm

Detta värde får anses mycket ungefärligt.

BILAGA D.

Beräkning av flöde över överfall

BILAGA D.

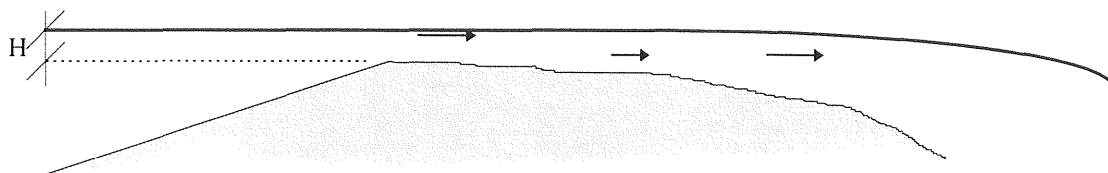
BERÄKNING AV FLÖDE ÖVER ÖVERFALL

Utredningen är utförd av civ.ing. Olle Ljunggren på VA-verkets projekteringsavdelning, beteckningar och referenser modifierade av oss.

Generell formel (Häggström, 1988):

$$Q = C \cdot 2/3 \cdot (2g)^{1/2} \cdot b_e \cdot H^{3/2}$$

Vid överfall av den typ som finns i Jämbrott, med profil enligt figur, kan avbördningskoefficienten, C, antagas till 0,65 - 0,70.



Figur D.1 Profil på överfall

Med en överfallsbredd på 8,15 m blir flödet:

$$Q = C \cdot 2/3 \cdot (2g)^{1/2} \cdot 8,15 \cdot H^{3/2}$$

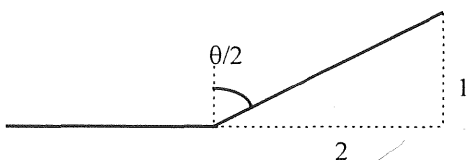
Om C sätts till 0,65 fås flödet:

$$Q = 15,65 \cdot H^{3/2}$$

Vid ränderna är lutningen på överfallet 1:2. Flödesbidraget från ränderna kan beräknas som för ett V-format överfall, enligt följande formel (Häggström, 1988):

$$Q = C \cdot 8/15 \cdot (2g)^{1/2} \cdot H^{5/2} \cdot \tan(\theta/2)$$

där θ vinkeln för överfallet.



Vid en släntlutning på 1:2 är $\tan(\theta/2)=2$, vilket ger ett tillskott på:

$$Q = 3 \cdot H^{5/2}$$

Totalflödet med betongöverfall blir:

$$Q = 15,65 \cdot H^{3/2} + 3 \cdot H^{5/2}$$

Om vinkeljärn sätts upp vid överfallet (vilket är planerat, men inte genomfört) kan avbördningskoefficienten uppskattas till 0,6, åtminstone för låga flöden. Totalflödet blir då:

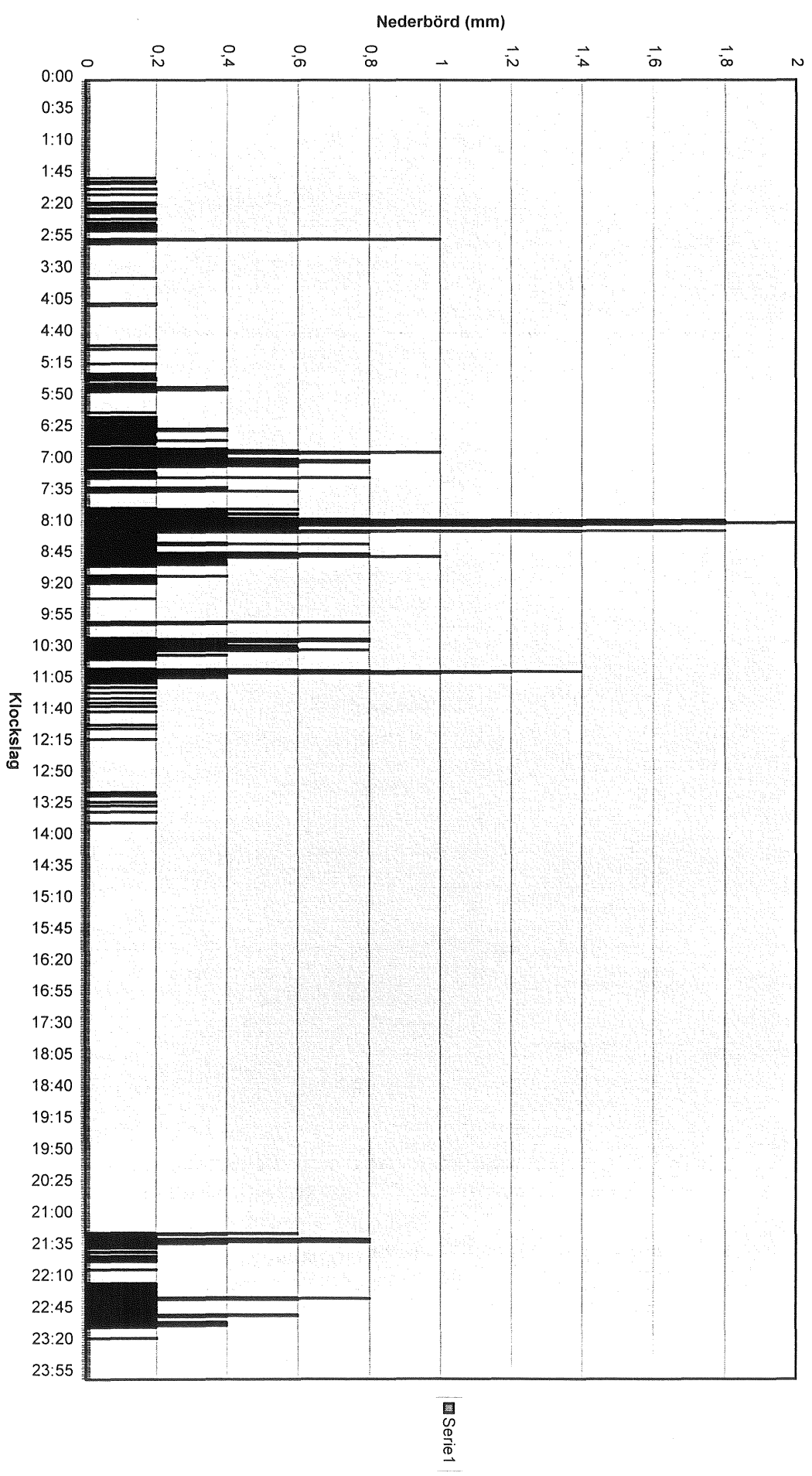
$$Q = 14,45 \cdot H^{3/2} + 2,8 \cdot H^{5/2}$$

BILAGA E.

Regn- och flödesdata 1997.08.26

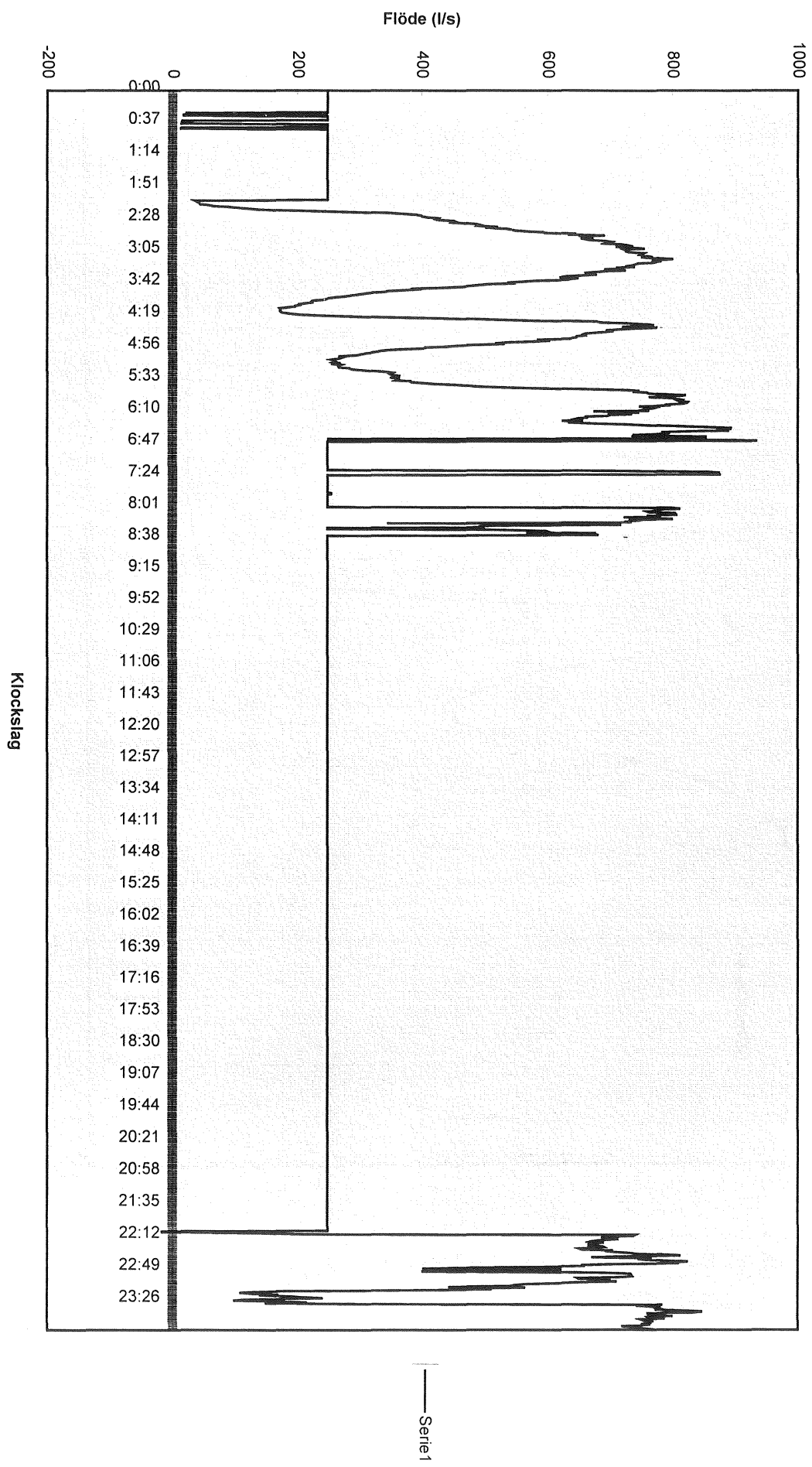
- E.1** Regndata 1997.08.26
- E.2** Inflöde till dammen 1997.08.26 (mätaren sporadiskt ur funktion)
- E.3** Simulerat inflöde ur dammen 1997.08.26
- E.4** Utflöde ur dammen 1997.08.26

11



BILAGA II

F.2.

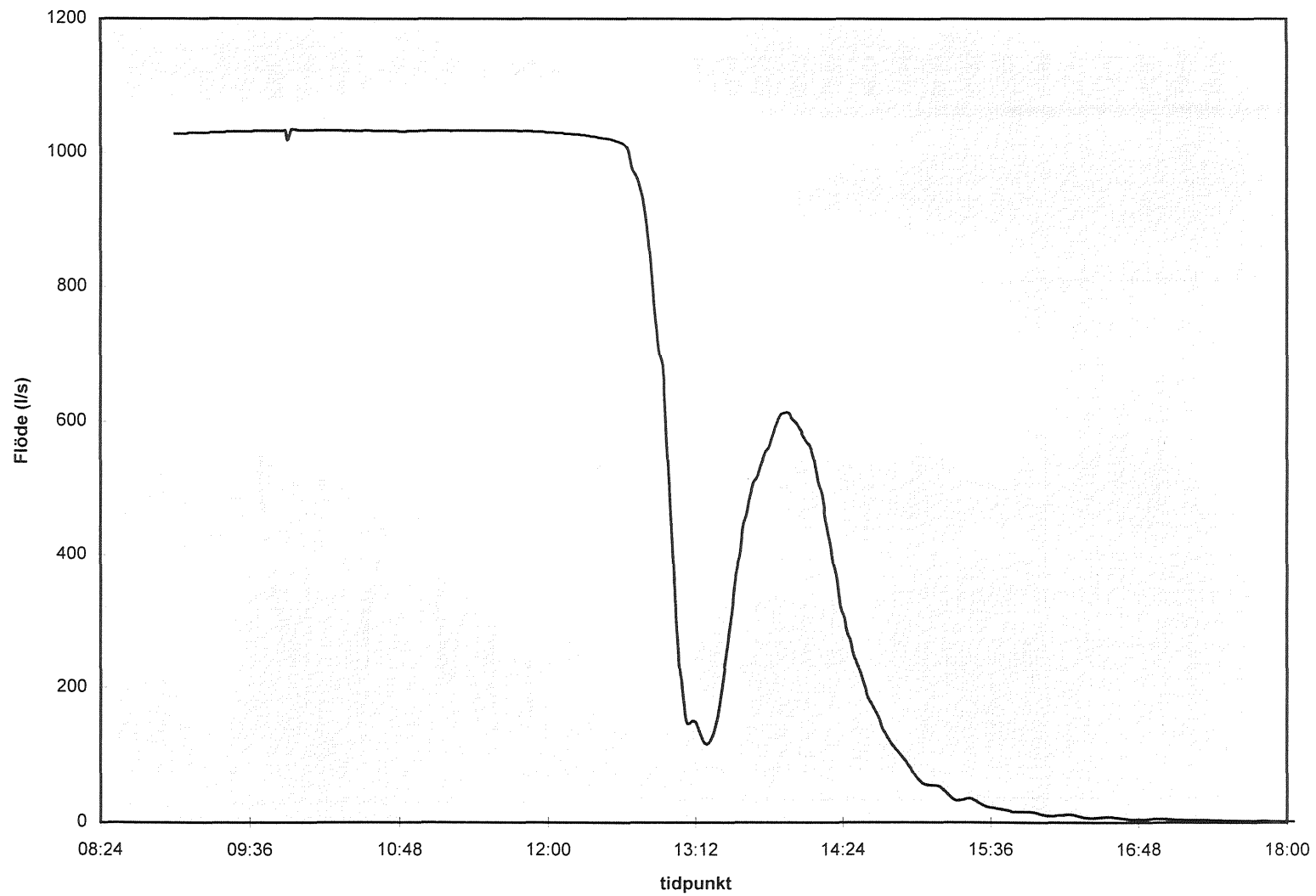


Inflöde, 1997.08.26

Series1

BILAGA F.

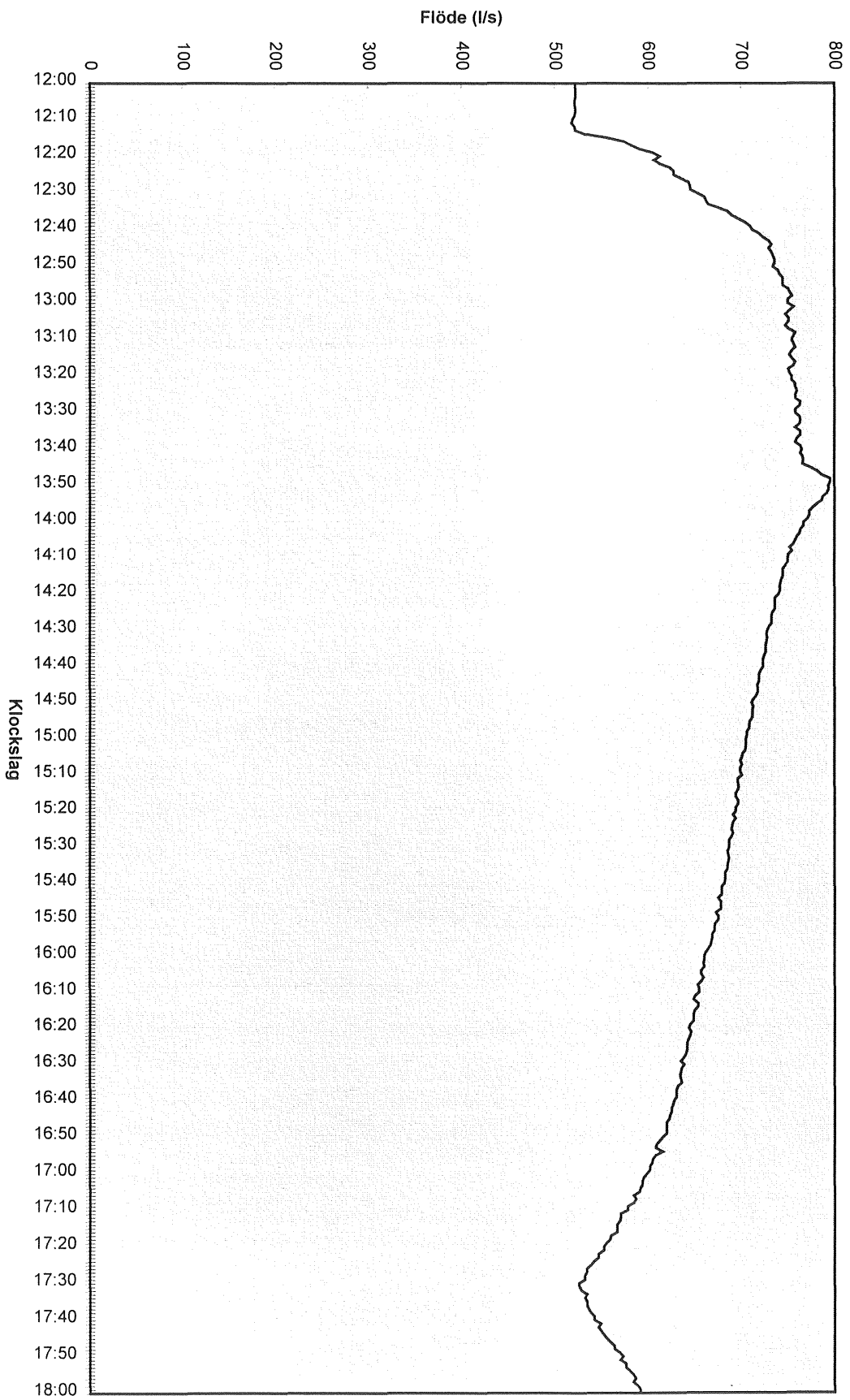
Simulerat inflöde (09.00-18.00)



BILAGA III

F.3.

E.4.



Utflöde 1997.08.26 Kl 12.00-18.00

Serie 1

BILAGA E.

BILAGA F.

Strömningsmätningar 1997.08.26

BILAGA F

HASTIGHETS OCH POSITIONSBESTÄMNING FÖR STRÖMKORS 1997.08.26

x = 21288,7198
 y = 37513,6308
 Uppst. pkt

Tid	Kod	HV	HL	Bearing	HL just	x	y	Avstånd	dt	Hastighet	Med.hast
NY MÄTN	12:29:00 RV	166.81	58.78	71.076	58.84	21314.54272	37566.50161				
1M DJUP	12:30:00 RV	167.08	46.72	71.346	46.78	21309.07153	37555.75176	12.06205251	60.00	0.20	
	12:31:30 RV	146.75	31.19	51.016	31.25	21310.46143	37536.07771	19.72308534	90.00	0.22	
FASTNAT	12:33:30 RV	146.3	31.2	50.566	31.26	21320.62657	37535.9306	0.221154316	120.00	0.00	0.21
	12:35:00 RV	146.42	31.19	50.686	31.25	21310.5775	37535.96471	0.059756942	90.00	0.00	
RÖR SIG I SAMMA	12:35:35 RV	146.63	31.2	50.896	31.26	21310.51068	37536.04386	0.103583785	35.00	0.00	
BANA SOM V	12:36:00 RV	146.68	31.2	50.946	31.26	21310.49307	37536.06097	0.024551546	25.00	0.00	
	12:30:00 V	164.746	53.17	69.012	53.23	21313.61884	37560.67834				
	12:31:10 V	162.94	48.12	67.206	48.18	21312.45545	37555.55849	5.250362695	70.00	0.08	
	12:33:00 V	157	38.77	61.266	38.83	21310.91432	37545.49257	10.18321669	110.00	0.09	
	12:33:50 V	149	35.41	53.266	35.47	21312.48173	37539.96503	5.745471724	50.00	0.11	
	12:34:35 V	142.35	37.02	46.616	37.08	21316.29535	37538.42022	4.11462207	45.00	0.09	
	12:35:00 V	141.13	41.61	45.396	41.67	21320.23697	37540.88987	4.651400451	25.00	0.19	0.11
	12:36:00 V	142.01	47.07	46.276	47.13	21323.93708	37544.9514	5.494255968	60.00	0.09	
	12:37:10 V	143.6	57.94	47.866	58	21331.08346	37553.24545	10.9481482	70.00	0.16	
	12:37:20 V	144.57	59.83	48.836	59.89	21332.48361	37555.19808	2.092489491	10.00	0.21	
	12:37:35 V	145.37	60.94	49.636	61	21332.09923	37556.51699	1.344989532	15.00	0.09	
	12:38:00 V	146.22	61.92	50.486	61.98	21332.21043	37557.79057	1.278432093	25.00	0.05	0.12
NY MÄTN	12:52:40 R	169.31	49.68	73.576	49.74	21308.77753	37559.14734				
1M DJUP	12:53:10 R	167.31	40.34	71.576	40.4	21306.16436	37550.07044	9.445566682	30.00	0.31	
	12:53:45 R	163.24	33.8	67.506	33.86	21305.26173	37543.17507	6.954192345	35.00	0.20	
	12:54:00 R	165.33	32.18	69.596	32.24	21303.53845	37542.26339	1.94957815	15.00	0.13	
	12:54:25 R	163.71	30.95	67.976	31.01	21303.66922	37540.79944	1.469780921	25.00	0.06	0.18
	12:54:55 R	163.81	29.6	68.076	29.66	21302.97758	37539.6391	1.35084026	30.00	0.05	
	12:55:25 R	163.97	29.23	68.236	29.29	21302.73512	37539.34996	0.377342607	30.00	0.01	
NY MÄTN	RV	159.25	42.41	63.516	42.47	21311.74832	37549.31536				
0,5 M DJUP	13:18:00 RV	158.03	41.8	62.296	41.86	21312.08738	37548.36142	1.012408686			
	13:18:20 RV	157.06	41.1	61.326	41.16	21312.21426	37547.4266	0.943392948	20.00	0.05	
	13:18:55 RV	154.68	39.49	58.946	39.55	21312.49324	37545.23817	2.20613095	35.00	0.06	
	13:20:20 RV	148.8	38.6	53.066	38.66	21314.70881	37542.2519	3.718412035	85.00	0.04	
	13:20:40 RV	148.14	38.55	52.406	38.61	21314.97013	37541.94426	0.403645794	20.00	0.02	
	13:21:00 RV	147.12	38.6	51.386	38.66	21315.45496	37541.55618	0.62102403	20.00	0.03	0.04
	13:21:15 RV	145.7	39.09	49.966	39.15	21316.41781	37541.29924	0.996541485	15.00	0.07	
	13:22:30 RV	143.09	45.16	47.356	45.22	21321.99521	37544.25098	6.310320258	75.00	0.08	
	13:22:50 RV	142.76	47.55	47.026	47.61	21323.92055	37545.6873	2.402071801	20.00	0.12	
	13:23:05 RV	144.45	49.04	48.716	49.1	21324.13188	37547.64248	1.966565444	15.00	0.13	
	13:23:50 RV	141.53	53.75	45.796	53.81	21329.1971	37549.08647	5.267022635	45.00	0.12	0.10
	13:24:55 R	143.74	24.9	48.006	24.96	21306.91325	37530.71881				
	13:26:10 R	122.12	17.61	26.386	17.67	21304.89368	37520.7466	10.17465692	75.00	0.14	
	13:26:25 R	118.05	16.39	22.316	16.45	21304.16944	37519.2798	1.635859193	15.00	0.11	
	13:26:40 R	114	15.34	18.266	15.4	21303.49024	37517.98902	1.458567774	15.00	0.10	
	13:26:50 R	107.79	14.28	12.056	14.34	21302.80343	37516.33024	1.795343243	10.00	0.18	
	13:27:40 R	82.44	12.55	-13.294	12.61	21301.05586	37511.01665	5.593582758	50.00	0.11	
	13:28:00 R	64.05	12.46	-31.684	12.52	21299.72096	37507.65378	3.618134161	20.00	0.18	
	13:28:25 R	56.2	12.63	-39.534	12.69	21299.04055	37506.24715	1.562546616	25.00	0.06	
	13:28:35 R	47.33	12.8	-48.404	12.86	21298.03828	37504.76821	1.786563875	10.00	0.18	
	13:28:50 R	35.73	13.33	-60.004	13.39	21296.58956	37502.79757	2.445857538	15.00	0.16	
	13:29:00 R	28.1	13.73	-67.634	13.79	21295.43255	37501.58492	1.676065001	10.00	0.17	
	13:29:30 R	18.9	14.84	-76.834	14.9	21294.02219	37499.70646	2.34855017	30.00	0.08	
	13:29:50 R	12.05	16.21	-83.684	16.27	21292.84416	37497.89223	2.163535275	20.00	0.11	
	13:30:15 R	3.28	18.26	-92.454	18.32	21290.88623	37495.43935	3.138489189	25.00	0.13	0.13
	13:31:00 R	395.9	21	300.166	21.06	21288.77471	37492.57087	3.561832056	45.00	0.08	
	13:31:15 R	390.34	22.27	294.606	22.33	21286.83007	37491.38091	2.279838205	15.00	0.15	
	13:31:30 R	386.29	23.53	290.556	23.59	21285.23314	37490.29989	1.928413673	15.00	0.13	
	13:31:45 R	382.1	24.73	286.366	24.79	21283.45121	37489.40713	1.993063458	15.00	0.13	
	13:32:00 R	378	26.07	282.266	26.13	21281.53467	37488.50809	2.116931185	15.00	0.14	
	13:33:00 R	370.51	29.3	274.776	29.36	21277.38884	37486.5454	4.586941079	60.00	0.10	
	13:33:30 R	366.73	31.61	270.996	31.67	21274.78514	37485.19114	2.934838462	30.00	0.18	
	13:33:45 R	363.65	33.77	267.916	33.83	21272.38297	37484.00688	2.678227278	15.00	0.18	
	13:34:15 R	360.4	35.98	264.666	36.04	21269.72799	37483.00087	2.839184084	30.00	0.09	
	13:34:45 R	357.56	38.55	261.826	38.61	21266.93056	37481.75665	3.061647181	30.00	0.10	
	13:35:10 R	354.79	41.26	259.056	41.32	21263.93951	37480.56602	3.21931489	25.00	0.13	
	13:35:35 R	352.78	43.49	257.046	43.55	21261.51505	37479.62339	2.601264519	25.00	0.10	
DÄREFTER	13:36:15 R	350.21	46.78	254.476	46.84	21258.00752	37478.26498	3.761386912	40.00	0.09	
UR SIKTE	13:37:05 R	348.62	48.79	252.886	48.85	21255.77849	37477.55875	2.338231476	50.00	0.05	0.11
	13:38:40 RV	138.31	27.46	42.576	27.52	21310.31137	37530.69405				
	13:38:50 RV	135.27	27.34	39.536	27.4	21311.00366	37529.57413	1.316627848	10.00	0.13	
	13:39:20 RV	131	26.6	35.266	26.66	21311.39279	37527.65547	1.95771822	30.00	0.07	
	13:39:35 RV	127.72	25.1	31.986	25.16	21310.77034	37525.74687	2.007529018	15.00	0.13	
	13:39:55 RV	124.92	23.54	29.186	23.6	21309.88283	37524.07524	1.892627897	20.00	0.09	
	13:40:15 RV	121.25	20.72	25.516	20.78	21307.85293	37521.73831	3.095437023	20.00	0.15	
	13:40:50 RV	116.48	18.47	20.746	18.53	21306.27457	37519.563	2.687600989	35.00	0.08	
	13:41:00 RV	108	16.15	12.266	16.21	21304.62985	37516.73476	3.271706963	10.00	0.33	
	13:41:30 RV	79.91	12.74	-15.824	12.8	21301.12642	37510.48186	7.167478723	30.00	0.24	
	13:42:00 RV	67.4	12.35	-28.334	12.41	21299.92083	37508.28804	2.503253704	30.00	0.08	0.15
	13:42:20 RV	57.26	12.23	-38.474	12.29	21298.8329	37506.6473	1.968651373	20.00	0.10	
	13:43:00 RV	40.66	12.69	-55.074	12.75	21296.98899	37503.92601	3.287172152	40.00	0.08	
	13:43:20 RV	27.34	13.67	-68.394	13.73	21295.25969	37501.5584	2.931896067	20.00	0.15	
	13:43:45 RV	17.27	14.72	-78.464	14.78	21293.62486	37499.68846	2.483817397	25.00	0.10	
	13:44:00 RV	10.11	15.73	-85.624	15.79	21292.25523	37498.24169	1.992242554	15.00	0.13	
	13:44:20 RV	4.05	16.85	-91.684	16.91	21290.92243	37496.86487	1.916243909	20.00	0.10	
	13:44:45 RV	397.4	18.47	301.666</							

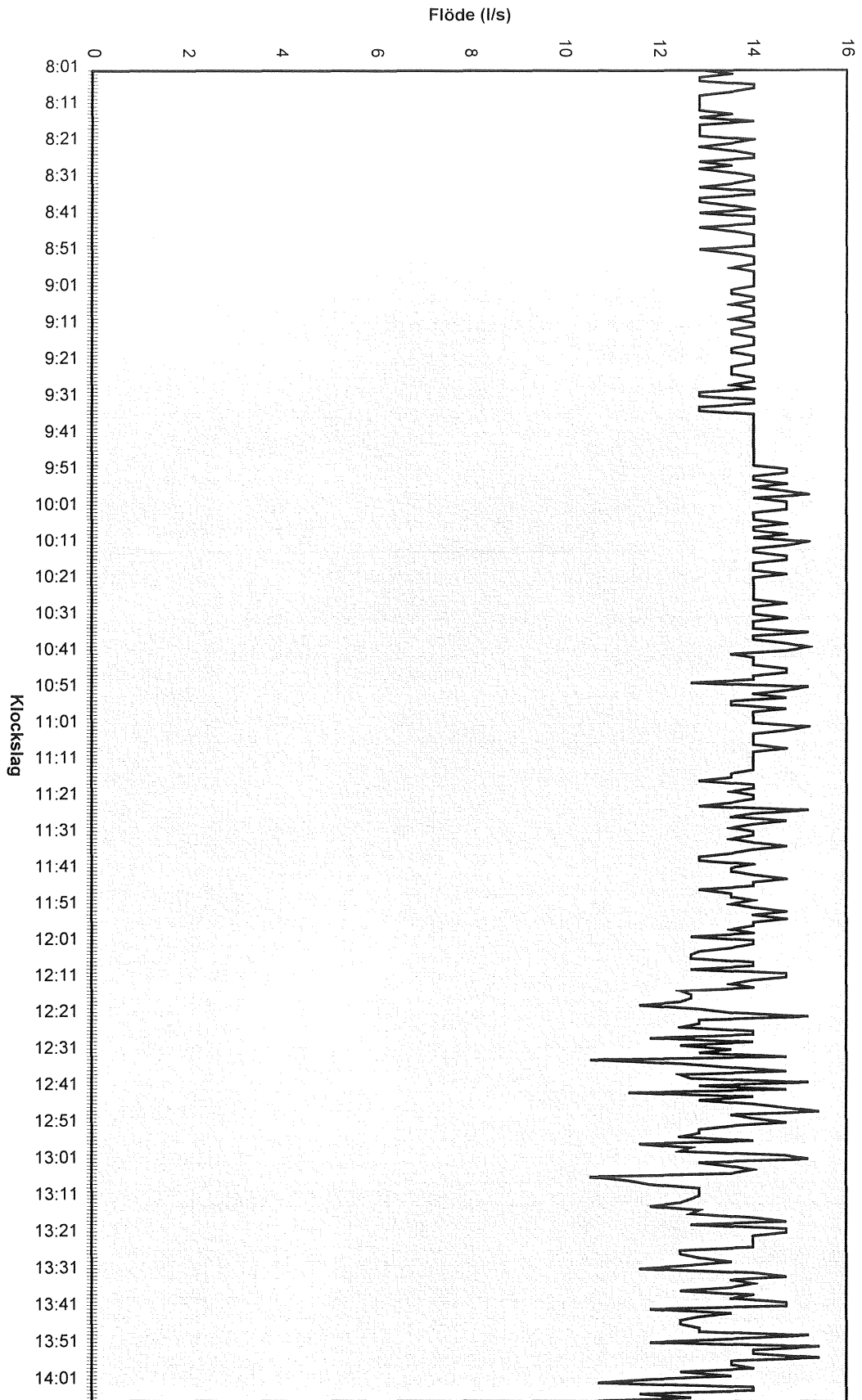
BILAGA F

NY MÄTNING	14:59:40 RV	138	33,03	42,266	33,09	21314,78106	37534,02096					
(EFTER LUNCH)	15:00:30 RV	136,71	40,91	40,976	40,97	21321,49215	37538,21766	7,915240398	50,00	0,16		
O,5 M DJUP	15:01:15 RV	138,66	51,64	42,926	51,7	21329,1056	37545,90892	10,8222019	45,00	0,24		
	15:02:00 RV	138,11	56,67	42,376	56,73	21333,33915	37548,66516	5,051713579	45,00	0,11		0,17
	14:59:00 R	157,95	30,8	62,216	30,86	21305,97899	37539,21321					
	15:00:05 R	153,36	24,58	57,626	24,64	21303,93595	37533,01116	6,529889727	65,00	0,10		
	15:01:00 R	152	24,47	56,266	24,53	21304,2767	37532,59666	0,536589794	55,00	0,01		
	15:01:30 R	147,12	23,52	51,386	23,58	21305,02645	37530,6634	2,073547207	30,00	0,07		
	15:02:30 R	137,12	18,44	41,386	18,5	21303,44635	37524,82807	6,04548016	60,00	0,10		
	15:02:40 R	135,44	16,85	39,706	16,91	21302,44603	37523,50696	1,657089445	10,00	0,17		
	15:03:10 R	134,82	14,94	39,086	15	21300,98038	37522,27245	1,916287485	30,00	0,06		
	15:03:40 R	134,25	14	38,516	14,06	21300,28412	37521,62769	0,948950403	30,00	0,03		
	15:03:55 R	134,074	13,02	38,34	13,08	21299,49859	37521,04052	0,980716874	15,00	0,07		
	15:04:05 R	134,32	12,44	38,586	12,5	21298,9932	37520,75171	0,582100794	10,00	0,06		0,07
	15:04:20 R	134,72	11,9	38,986	11,96	21298,50638	37520,50571	0,545437443	15,00	0,04		
	15:04:50 R	134,92	11,06	39,186	11,12	21297,7989	37520,05141	0,840780952	30,00	0,03		
	15:05:05 R	136,2	10,43	40,466	10,49	21297,16103	37519,85862	0,666374323	15,00	0,04		
	15:05:45 R	138,25	10	42,516	10,06	21296,61852	37519,86087	0,542509586	40,00	0,01		
	15:06:20 R	140,95	10,05	45,216	10,11	21296,38518	37520,22277	0,430599398	35,00	0,01		
	15:07:20 R	148,78	10,68	53,046	10,74	21295,94221	37521,57966	1,42736851	60,00	0,02		
	15:08:30 R	157,45	14,3	61,716	14,36	21296,84422	37525,47155	3,995052792	70,00	0,06		0,03
O,5 M	15:18:45 R	140,9	18,03	45,166	18,09	21302,44486	37525,41514					
	15:19:00 R	139,94	17,22	44,206	17,28	21301,99856	37524,68851	0,852749349	15,00	0,06		
	15:19:10 R	138,32	16,53	42,586	16,59	21301,73432	37523,91916	0,813464813	10,00	0,08		
	15:19:30 R	136,2	15,16	40,466	15,22	21300,96722	37522,66678	1,468633195	20,00	0,07		
	15:19:50 R	135,2	14,5	39,466	14,56	21300,57046	37522,08985	0,700198025	20,00	0,04		
	15:20:00 R	134,54	13,67	38,806	13,73	21299,977	37521,49135	0,842843997	10,00	0,08		
	15:20:30 R	133,14	12,31	37,406	12,37	21299,01522	37520,48801	1,389868039	30,00	0,05		
	15:20:50 R	132,39	11,51	36,656	11,57	21298,42427	37519,93065	0,812319954	20,00	0,04		
	15:21:05 R	131,13	10,54	35,396	10,6	21297,72316	37519,2254	0,994454785	15,00	0,07		
	15:21:20 R	130,64	9,9	34,906	9,96	21297,21977	37518,82234	0,644867842	15,00	0,04		
	15:21:40 R	130,39	9,22	34,656	9,28	21296,65839	37518,43676	0,681047257	20,00	0,03		
	15:22:00 R	129,06	8,64	33,326	8,7	21296,25472	37517,97993	0,609620077	20,00	0,03		
	15:22:15 R	128,81	8,33	33,076	8,39	21296,00265	37517,7964	0,311810267	15,00	0,02		
	15:24:05 R	129,16	7,07	33,426	7,13	21294,88937	37517,20478	1,260717302	110,00	0,01		
	15:25:00 R	128,17	6,71	32,436	6,77	21294,62992	37516,93283	0,375862903	55,00	0,01		
	15:25:30 R	127,22	6,38	31,486	6,44	21294,38808	37516,68763	0,34439589	30,00	0,01		
	15:26:30 R	130,83	6,27	35,096	6,33	21294,11202	37516,94635	0,378347833	60,00	0,01		
	15:27:10 R	136,4	7,1	40,666	7,16	21294,46802	37517,89971	1,017658448	40,00	0,03		0,04
	15:27:45 R	139,75	7,95	44,016	8,01	21294,89033	37518,73812	0,938761036	35,00	0,03		
	15:28:00 R	140,64	8,34	44,906	8,4	21295,11526	37519,07673	0,406509486	15,00	0,03		
	15:28:20 R	141,35	8,79	45,616	8,85	21295,39346	37519,44326	0,460159145	20,00	0,02		
	15:28:40 R	142,52	9,11	46,786	9,17	21295,52292	37519,77949	0,360291796	20,00	0,02		
	15:29:25 R	148,09	10,08	52,356	10,14	21295,61966	37521,06124	1,285396882	45,00	0,03		0,02
												0,04
NY MÄTNING	15:38:00	166,86	44,35	71,126	44,41	21308,17853	37553,5508					
DJUP: YTA	15:38:10	164,6	40,1	68,866	40,16	21307,58653	37549,08319	4,506653582	10,00	0,45		
	15:38:30	160,56	35,75	64,826	35,81	21307,51386	37544,11259	4,971134941	20,00	0,25		
	15:38:50	153,55	32,52	57,816	32,58	21308,76263	37539,31623	4,956261946	20,00	0,25		
	15:39:10	149,01	31,91	53,276	31,97	21310,13329	37537,36986	2,380554729	20,00	0,12		
	15:39:25	144,53	32,03	48,796	32,09	21311,83592	37535,88868	2,256728464	15,00	0,15		
	15:39:40	141,21	32,82	45,476	32,88	21313,56159	37535,17099	1,868963302	15,00	0,12		
	15:39:55	138,75	34,77	43,016	34,83	21315,89672	37535,41483	2,347825345	15,00	0,16		
	15:40:10	138,16	36,85	42,426	36,91	21317,73239	37536,44785	2,106375458	15,00	0,14		
	15:40:25	138,02	39,03	42,286	39,09	21319,49901	37537,72785	2,181599777	15,00	0,15		
	15:41:00	138,8	44,81	43,066	44,87	21323,70861	37541,72173	5,802731823	35,00	0,17		
UR SIKTE	15:41:15	138,92	46,8	43,186	46,86	21325,20501	37543,03639	1,991876172	15,00	0,13		0,19
	15:47:50	164	46,96	68,266	47,02	21311,1995	37554,92903					
	15:48:05	164,2	45,67	68,466	45,73	21310,45647	37553,86449	1,298199464	15,00	0,09		
	15:48:30	163,61	40,23	67,876	40,29	21308,19839	37548,89932	5,454525491	25,00	0,22		
	15:48:50	160,52	34,8	64,786	34,86	21307,03391	37543,29244	5,726528885	20,00	0,29		
	15:49:10	153,67	31,83	57,936	31,89	21308,29073	37538,80918	4,656093402	20,00	0,23		
	15:49:35	151,09	30,7	55,356	30,76	21308,56571	37537,13223	1,69934408	25,00	0,07		
	15:49:45	146,47	30,77	50,736	30,83	21310,26642	37535,68147	2,235421931	10,00	0,22		
	15:50:00	141,2	31,9	45,466	31,96	21312,86979	37534,56449	2,832875316	15,00	0,19		
	15:50:20	137,92	34,31	42,186	34,37	21315,81576	37534,77567	2,953533906	20,00	0,15		
	15:50:45	136,8	36,26	41,066	36,32	21317,74172	37535,46816	2,046669991	25,00	0,08		
	15:51:00	137,07	39,2	41,336	39,26	21319,99057	37537,36867	2,944358767	15,00	0,20		
	15:51:20	138,69	44,1	42,956	44,16	21323,20268	37541,21769	5,013242636	20,00	0,25		
	15:51:50	139,05	48,48	43,316	48,54	21326,45078	37544,16774	4,387817735	30,00	0,15		0,18
NY MÄTNING	16:06:40	167,02	43,37	71,286	43,43	21307,65095	37552,71758					
DJUP: YTA	16:06:55	165,12	38,92	69,386	38,98	21306,7505	37548,18994	4,616309043	15,00	0,31		
	16:07:00	162,76	35,25	67,026	35,31	21306,20192	37544,30932	3,9192053	5,00			
	16:07:40	160,58	33,31	64,846	33,37	21306,22435	37542,04114	2,26829064	40,00	0,06		0,18
	?	155,19	31,14	59,456	31,2	21307,27372	37538,7145	3,488222249	?			
	?	150,34	30,22	54,606	30,28	21308,52721	37536,53375	2,51534164	?			
	?	143,8	29,29	48,066	29,35	21310,09419	37533,74443	3,199330017	?			
	16:08:05	140,82	29,12	45,086	29,18	21310,88283	37532,61165	1,380264933	?			
	16:08:30	134,59	29,16	38,856	29,22	21312,66408	37530,37834	2,856669135	25,00	0,11		
FASTNADE	16:08:45	132,86	29,29	37,126	29,35	21313,21881	37529,79314	0,80633539	15,00	0,05		
LOSSTAGEN	16:09:05	130,21	29,78	34,476	29,84	21314,29005	37529,01221	1,325675253	20,00	0,07		

BILAGA G.

Utflydesdata 1997.10.01

BILAGA G.



Utföde. 1997.10.01

— Series1

BILAGA H.

Strömningsmätningar 1997.10.01

BILAGA H.

HASTIGHETS OCH POSITIONSBESTÄMNING FÖR STRÖMKORS 1997.10.01													
		x	y										
	Upppt. pkt	21329,129	37540,811										
Tid	Kod	HV	HL	Bäring	HL just	x	y	Avstånd	dt	Hastighet	Med.hast		
NY MÄTN	9:27:10	V	70,85	26,16	77,8114	26,22	21338,08375	37565,45447					
YTA	9:27:50	V	72,3	26,23	79,2614	26,29	21337,54259	37565,71834	0,602067931	40,00	0,02		
	9:28:50	V	74,19	26,35	81,1514	26,41	21336,83455	37566,07189	0,79140008	60,00	0,01		
	9:29:40	V	75,63	26,43	82,5914	26,49	21336,28285	37566,31674	0,603596511	50,00	0,01		
	9:30:00	V	76,53	26,48	83,4914	26,54	21335,93439	37566,46365	0,378163714	20,00	0,02		
	9:31:40	V	79,11	26,37	86,0714	26,43	21334,86559	37566,61093	1,078892039	100,00	0,01		
	9:33:05	V	81,03	26,16	87,9914	26,22	21334,04562	37566,56591	0,821211392	85,00	0,01		
	9:34:40	V	82,98	25,58	89,9414	25,64	21333,16329	37566,13163	0,983414566	95,00	0,01		
	9:36:50	V	86,05	24,39	93,0114	24,45	21331,80765	37565,11383	1,695190061	130,00	0,01		
	9:39:22	V	90,129	23,25	97,0904	23,31	21330,19399	37564,09666	1,907496642	152,00	0,01		
	9:41:40	V	94,13	22,08	101,0914	22,14	21328,74946	37562,94775	1,845714921	138,00	0,01		
	9:43:24	V	96,2	21,09	103,1614	21,15	21328,07914	37561,93493	1,214548666	104,00	0,01		
	9:46:03	V	99,26	19,77	106,2214	19,83	21327,19419	37560,54638	1,646570806	159,00	0,01		
	9:47:51	V	100,973	18,91	107,9344	18,97	21326,77082	37559,63386	1,005954432	108,00	0,01	0,01	
	9:50:48	V	103,437	17,49	110,3984	17,55	21326,27515	37558,12741	1,585896554	177,00	0,01		
	9:52:51	V	105,205	16,4	112,1664	16,46	21326,00245	37556,97133	1,187806234	123,00	0,01		
	9:54:58	V	106,616	15,27	113,5774	15,33	21325,88425	37555,79367	1,183575268	127,00	0,01		
	9:56:21	V	108,39	14,31	115,3514	14,37	21325,69731	37554,76523	1,045298007	83,00	0,01		
	10:00:57	V	109,34	12,43	116,3014	12,49	21325,96562	37552,89376	1,890599557	276,00	0,01		
	10:02:05	V	105,47	11,25	112,4314	11,31	21326,93448	37551,90605	1,383567405	68,00	0,02		
	10:03:27	V	101,738	10,89	108,6994	10,95	21327,63734	37551,65892	0,745034427	82,00	0,01		
	10:05:13	V	97,14	10,19	104,1014	10,25	21328,4691	37551,03974	1,036933168	106,00	0,01		
	10:06:19	V	94,17	9,92	101,1314	9,98	21328,95164	37550,78942	0,543600592	66,00	0,01		
	10:07:48	V	90,08	9,49	97,0414	9,55	21329,57266	37550,35069	0,760363047	89,00	0,01		
	10:08:53	V	89,73	9,02	96,6914	9,08	21329,60069	37549,87874	0,472780056	65,00	0,01		
	10:10:40	V	81,16	8,88	88,1214	8,94	21330,78744	37549,59583	1,220008528	107,00	0,01		
	10:13:31	V	69,38	9,35	76,3414	9,41	21332,54608	37549,57865	1,758727272	171,00	0,01		
	10:15:10	V	62,37	10,11	69,3314	10,17	21333,84099	37549,82355	1,31786608	99,00	0,01		
	10:16:42	V	59,87	10,4	66,8314	10,46	21334,33554	37549,88313	0,498123954	92,00	0,01	0,01	
	9:27:25	R	71,03	23,36	77,9914	23,42	21337,06522	37562,84536					
	9:28:13	R	72,05	22,64	79,0114	22,7	21336,47808	37562,28845	0,80924162	48,00	0,02		
	9:29:10	R	72,73	21,98	79,6914	22,04	21336,04126	37561,73902	0,701912324	57,00	0,01		
	9:29:55	R	73,18	21,47	80,1414	21,53	21335,73664	37561,30197	0,532737546	45,00	0,01		
	9:32:00	R	73,32	19,98	80,2814	20,04	21335,23739	37559,89736	1,490700034	125,00	0,01		
	9:33:40	R	73,16	18,76	80,1214	18,82	21334,91056	37558,72094	1,220975963	100,00	0,01		
	9:35:40	R	72,26	19,09	79,2214	19,15	21335,26897	37558,95	0,425357214	120,00	0,00		
	9:38:40	R	69,41	14,78	76,3714	14,84	21334,51138	37554,64052	4,375563424	180,00	0,02		
	9:40:30	R	67,31	13,32	74,2714	13,38	21334,39044	37553,1131	1,532200188	110,00	0,01		
	9:42:25	R	64,91	11,83	71,8714	11,89	21334,21324	37551,55915	1,564024628	115,00	0,01		
	9:45:06	R	64,75	9,87	71,7114	9,93	21333,39768	37549,77667	1,960190241	161,00	0,01		
	9:46:46	R	65,52	8,9	72,4814	8,96	21332,88257	37548,94687	0,976686167	100,00	0,01		
Fastnat, puttas ut	9:49:50	R	64,66	7,9	71,6214	7,96	21332,56098	37547,99314	1,006486566	184,00	0,01	0,01	
	9:57:58	R	77,88	9,49	84,8414	9,55	21331,38153	37550,09155	2,407158843	488,00	0,00		
	10:01:39	R	43,16	8,89	50,1214	8,95	21335,44553	37547,15166	5,015874279	221,00	0,02		
	10:02:58	R	66,78	8,97	73,7414	9,03	21332,74888	37549,08369	3,317322005	79,00	0,04		
	10:04:27	R	61,16	8,83	68,1214	8,89	21333,39693	37548,60952	0,802995172	89,00	0,01		
	10:05:46	R	58,41	9,1	65,3714	9,16	21333,86944	37548,64897	0,474159212	79,00	0,01	0,02	
Fastnade igen.....													
	9:27:40	RV	70,76	25,91	77,7214	25,97	21338,03287	37565,20694					
	9:28:35	RV	72,81	25,56	79,7714	25,62	21337,13346	37565,14848	0,90131021	55,00	0,02		
	9:29:25	RV	74,48	25,03	81,4414	25,09	21336,34002	37564,84242	0,850418036	50,00	0,02		
	9:31:20	RV	78	23,66	84,9614	23,72	21334,68031	37563,87225	1,922469187	115,00	0,02		
	9:33:20	RV	81,21	22,51	88,1714	22,57	21333,29849	37562,99253	1,638087464	120,00	0,01		
	9:34:55	RV	83,62	21,65	90,5814	21,71	21332,32923	37562,28384	1,200717807	95,00	0,01		
	9:37:30	RV	86,34	19,92	93,3014	19,98	21331,22745	37560,6805	1,945407727	155,00	0,01		
	9:40:00	RV	89,926	18,27	96,8874	18,33	21330,02484	37559,1191	1,970843798	150,00	0,01		
	9:41:10	RV	91,26	17,51	98,2214	17,57	21329,61981	37558,37414	0,847942582	70,00	0,01		
	9:42:50	RV	93,06	16,11	100,0214	16,17	21329,12356	37556,981	1,478888335	100,00	0,01		
	9:45:31	RV	94,668	14,06	101,6294	14,12	21328,76764	37554,92638	2,085223659	161,00	0,01		

BILAGA H.

	9:47:22	RV	95,727	12,84	102,6884	12,9	21328,5844	37553,6995	1,240484503	111,00	0,01	
	9:50:21	RV	98,901	10,57	105,8624	10,63	21328,1515	37551,39596	2,343862158	179,00	0,01	
	9:52:17	RV	101,528	9,07	108,4894	9,13	21327,91511	37549,85994	1,554102668	116,00	0,01	
	9:54:17	RV	103,409	7,61	110,3704	7,67	21327,88509	37548,37946	1,480786834	120,00	0,01	
	9:55:33	RV	105,22	6,6	112,1814	6,66	21327,8624	37547,34945	1,030259631	76,00	0,01	
	9:57:00	RV	108,34	5,75	115,3014	5,81	21327,74595	37546,45398	0,903006467	87,00	0,01	
	10:01:05	RV	96,73	4,88	103,6914	4,94	21328,84272	37545,7427	1,307220785	245,00	0,01	
sitter i vassen	10:02:37	RV	85,308	5,07	92,2694	5,13	21329,75042	37545,90322	0,92178373	92,00	0,01	0,01
	10:31:11	V	57,57	27,22	64,5314	27,28	21343,55358	37563,96548				
	10:32:32	V	55,79	27,67	62,7514	27,73	21344,44379	37563,92831	0,890983444	81,00	0,01	
	10:33:38	V	54,71	28,08	61,6714	28,14	21345,06595	37564,0031	0,626633482	66,00	0,01	
	10:36:06	V	52	29,55	58,9614	29,61	21346,9218	37564,47888	1,915867026	148,00	0,01	
	10:37:09	V	51,59	30,35	58,5514	30,41	21347,55869	37565,00015	0,823011201	63,00	0,01	
fastnat i kanten	10:39:50	V	51,62	30,69	58,5814	30,75	21347,75321	37565,27937	0,340305239	161,00	0,00	0,01
	10:32:57	RV	63,19	28,85	70,1514	28,91	21342,19257	37566,60114				
	10:34:46	RV	62,04	29,49	69,0014	29,55	21342,95575	37566,92658	0,82967415	109,00	0,01	
	10:36:33	RV	58,49	30,12	65,4514	30,18	21344,71515	37566,65484	1,780261307	107,00	0,02	
	10:37:26	RV	57,4	30,59	64,3614	30,65	21345,40492	37566,78246	0,701472658	53,00	0,01	
fastnat i vassen	10:40:17	RV	56,33	31,28	63,2914	31,34	21346,2153	37567,08369	0,864550726	171,00	0,01	0,01
					6,9614							
	10:33:13	R	64,23	29,23	71,1914	29,29	21341,93568	37567,15285				
	10:35:25	R	62,46	29,75	69,4214	29,81	21342,9033	37567,24781	0,97226558	132,00	0,01	
	10:36:48	R	59,16	30,48	66,1214	30,54	21344,62497	37567,12766	1,725859185	83,00	0,02	
	10:37:49	R	58,28	31,04	65,2414	31,1	21345,27804	37567,38954	0,703618869	61,00	0,01	
fastnat i vassen	10:40:36	R	57,53	31,79	64,4914	31,85	21345,987	37567,83377	0,836645721	167,00	0,01	0,01
	10:46:34	V	183,37	11,17	190,3314	11,23	21318,02827	37542,51				
	10:48:47	V	183,48	9,32	190,4414	9,38	21319,85453	37542,21409	1,850084995	133,00	0,01	
	10:53:35	V	164,24	5,88	171,2014	5,94	21323,78648	37543,40735	4,109021919	288,00	0,01	
	10:55:03	V	150,75	5,12	157,7114	5,18	21325,05043	37544,00438	1,39786631	88,00	0,02	0,01
fastnat, lösgöres	11:04:09	V	87,66	7,31	94,6214	7,37	21329,75093	37548,15471	6,270559096	546,00	0,01	
	11:06:18	V	76,41	7,54	83,3714	7,6	21331,09163	37548,15321	1,340708073	129,00	0,01	
	11:07:47	V	67,94	7,72	74,9014	7,78	21332,11741	37547,99416	1,038028352	89,00	0,01	0,01
	10:45:51	R	181,826	20,81	188,7874	20,87	21308,58187	37544,4678				
	10:47:21	R	184,39	20,88	191,3514	20,94	21308,38193	37543,647	0,844800433	90,00	0,01	
	10:49:54	R	188,52	19,86	195,4814	19,92	21309,25916	37542,22369	1,671916489	153,00	0,01	
	10:54:00	R	193,46	18,16	200,4214	18,22	21310,9094	37540,6904	2,252621971	246,00	0,01	
	10:56:14	R	197,16	16,56	204,1214	16,62	21312,54382	37539,73579	1,892772352	134,00	0,01	
	11:02:18	R	202,4	11,46	209,3614	11,52	21317,73333	37539,1231	5,225553059	364,00	0,01	
	11:04:44	R	202,67	9,55	209,6314	9,61	21319,62877	37539,36265	1,910521219	146,00	0,01	
	11:06:43	R	206,03	8,42	212,9914	8,48	21320,82496	37539,09249	1,226317015	119,00	0,01	
	11:08:39	R	205,91	7,3	212,8714	7,36	21321,91892	37539,33305	1,120098994	116,00	0,01	0,01
	10:46:06	RV	181,826	16,33	188,7874	16,39	21312,99256	37543,68282				
	10:47:45	RV	184,58	14,64	191,5414	14,7	21314,55856	37542,75841	1,818491887	99,00	0,02	
	10:50:20	RV	185,69	11,05	192,6514	11,11	21318,09294	37542,0906	3,596908186	155,00	0,02	
	10:54:45	RV	184,164	7,58	191,1254	7,64	21321,56311	37541,87258	3,477019996	265,00	0,01	
	10:56:46	RV	173,65	5,4	180,6114	5,46	21323,92027	37542,44829	2,42643877	121,00	0,02	0,02
fastnat, lösgöres	11:03:47	RV	126,96	5,06	133,9214	5,12	21326,52815	37545,22121	3,806598261	421,00	0,01	
	11:05:44	RV	109,25	4,85	116,2114	4,91	21327,89215	37545,56266	1,406084196	117,00	0,01	0,01
0,5 M	11:23:44	V	75,87	26	82,8314	26,06	21336,07208	37565,92907				
	11:24:52	V	75,35	26,95	82,3114	27,01	21336,53759	37566,78508	0,97440321	68,00	0,01	
	11:25:44	V	75,187	27,56	82,1484	27,62	21336,77289	37567,3522	0,61399561	52,00	0,01	
	11:26:34	V	74,96	28,32	81,9214	28,38	21337,08041	37568,05434	0,766528631	50,00	0,02	
	11:27:43	V	74,5	29,49	81,4614	29,55	21337,61296	37569,11692	1,188564177	69,00	0,02	
	11:29:56	V	73,71	31,32	80,6714	31,38	21338,51067	37570,75576	1,86860652	133,00	0,01	
	11:31:07	V	73,43	32,01	80,3914	32,07	21338,85147	37571,37173	0,703965452	71,00	0,01	
	11:32:26	V	72,75	32,39	79,7114	32,45	21339,2964	37571,62701	0,512963757	79,00	0,01	
	11:35:07	V	70,9	32,51	77,8614	32,57	21340,22838	37571,43139	0,952288032	161,00	0,01	0,01
	11:23:05	RV	62,83	25,31	69,7914	25,37	21340,72075	37563,37797				

BILAGA I.

Omvandling koordinater till indatafil, del av excelark

I denna bilaga finns s I.1-I.2, I.5, I.17 och I.24, d.v.s. de sidor där förändringar sker.

BILAGA I.

Flöde med betongskibord													1.100869901 m ³ /s
Flöde med vinkeljärmskibord													1.018060681 m ³ /s
punkt	x	y	z	punkt	x	y	z	avstånd	x ny	y ny	z ny	←- fyll i z	
1	P=54	21184,35	37435,82	12,050	P=97	21183,76	37435,28	12,41	0,799812478	21183,97633	37435,478	12,278	
2	P=53	21179,7	37445,63	1,21E+01	P=96	21178,94	37445,32	12,305	0,8207923	21179,02208	37445,35348	12,278	
3	P=55	21193,92	37429,27	12,111	P=98	21193,66	37428,49	12,428	0,822192192	21193,78303	37428,85909	12,278	
4	P=52	21179,32	37455,45	1,21E+01	P=95	21178,34	37455,75	12,321	1,024890238	21178,50208	37455,70038	12,278	
5	P=56	21201,01	37426,45	12,109	P=99	21200,12	37425,77	12,443	1,120044642	21200,55967	37426,10593	12,278	
6	P=51	21180,81	37462,77	1,21E+01	P=94	21179,98	37463,13	12,369	0,904709898	21180,25267	37463,01173	12,278	
7	P=57	21204,68	37428,8	12,099	P=101	21204,46	37428,53	12,135	0,348281495	21203,58611	37427,4575	12,278	
8	P=50	21184,09	37469,81	1,21E+01	P=93	21183,41	37470,15	12,346	0,760263112	21183,57754	37470,06623	12,278	
9	P=58	21207,93	37430,93	12,112	P=103	21208,79	37431,33	12,483	0,948472456	21208,3148	37431,10898	12,278	
10	P=59	21209,06	37437,96	1,21E+01	P=104	21211,01	37437,52	12,894	1,999024762	21209,56451	37437,84616	12,278	
11	P=49	21190,95	37478,5	1,21E+01	P=92	21190,43	37478,89	12,459	0,65	21190,67072	37478,70946	12,278	
12	P=60	21214,61	37445,9	1,21E+01	P=105	21215,84	37444,95	12,835	1,554155719	21214,94208	37445,64351	12,278	
13	P=48	21200,5	37486,11	12,093	P=91	21200,11	37486,52	12,305	0,565862174	21200,15967	37486,46778	12,278	
14	P=237	21221,74	37453,09	1,21E+01	P=242	21222,98	37452,12	12,988	1,574325252	21222,03027	37452,86293	12,278	
15	P=236	21208,21	37490,18	1,21E+01	P=243	21207,73	37491,55	12,693	1,451654229	21208,05338	37490,62703	12,278	
16	P=61	21232,18	37460,97	1,21E+01	P=106	21233,11	37459,62	12,882	1,639329131	21232,41908	37460,62295	12,278	
17	P=47	21215,39	37493,45	12,108	P=90	21215,16	37494,08	12,363	0,670671305	21215,23667	37493,87	12,278	
18	P=238	21239,98	37465,38	1,21E+01	P=241	21240,63	37464,03	12,774	1,498332406	21240,17399	37464,9771	12,278	
19	P=235	21224,34	37495,26	12,095	P=244	21224,2	37496,53	12,723	1,277693234	21224,2992	37495,63008	12,278	
20	P=46	21234,16	37496,31	12,097	P=89	21234,21	37496,79	12,232	0,48259714	21234,22704	37496,95356	12,278	
21	P=62	21249,52	37470,34	12,104	P=107	21250,41	37468,92	12,892	1,675857989	21249,71652	37470,02645	12,278	
22	P=45	21246,53	37495,81	1,21E+01	P=88	21246,62	37496,56	12,351	0,755380699	21246,59549	37496,35571	12,278	
23	P=63	21268,42	37477,46	12,093	P=108	21269,32	37475,89	12,882	1,809668478	21268,63103	37477,09188	12,278	
24	P=44	21260,46	37495,34	1,21E+01	P=87	21260,57	37495,94	12,423	0,61	21260,52267	37495,68184	12,278	
25	P=43	21277,1	37499,96	12,1	P=85	21276,75	37500,9	12,578	1,003045363	21276,96967	37500,31004	12,278	
26	P=42	21283,48	37503,22	1,20E+01	P=84	21282,83	37504,04	12,479	1,046374694	21283,1236	37503,66962	12,278	
27	P=65	21294,1	37492,54	1,21E+01	P=110	21295,16	37491,45	12,876	1,520427571	21294,35558	37492,27718	12,278	
28	P=234	21288,63	37509,37	1,21E+01	P=245	21287,99	37509,87	12,604	0,81215762	21288,39591	37509,55288	12,278	
29	P=41	21292,12	37515,18	12,109	P=83	21290,95	37515,26	12,534	1,172731853	21291,65475	37515,21181	12,278	
30	P=239	21301,14	37500,92	1,21E+01	P=240	21302,31	37499,87	13,026	1,572068701	21301,376	37500,70821	12,278	
31	P=66	21305,32	37508,47	12,095	P=111	21306,83	37508,95	12,983	1,514760707	21305,63118	37508,44527	12,278	
32	P=40	21296,38	37528,58	1,21E+01	P=82	21295,13	37528,25	12,468	1,292826361	21295,74211	37528,41116	12,278	
33	P=38	21291,04	37550,47	1,20E+01	P=80	21287,26	37551,13	13,036	3,837186469	21290,15711	37550,62416	12,278	
34	P=67	21310,47	37520,27	1,20E+01	P=112	21312,75	37519,54	13,072	2,394013367	21311,00259	37520,09948	12,278	
35	P=39	21302,31	37545,53	1,21E+01	P=81	21301,7	37545,14	12,315	0,724016574	21301,80031	37545,20413	12,278	
36	P=68	21321,83	37537,13	12,1	P=113	21323,44	37535,99	13,077	1,972739212	21322,12333	37536,9223	12,278	
37	P=69	21327,35	37542,57	1,21E+01	P=114	21328,74	37541,46	12,966	1,778819833	21327,66306	37542,32	12,278	
38	P=37	21308,37	37578,03	12,113	P=78	21306,61	37579,87	13,021	2,546212874	21308,05018	37578,36436	12,278	

BILAGA I.

39	P=70	21336,64	37549,31	1,21E+01	P=115	21337,78	37548,15	12,916	1,626407083	21336,92834	37549,0166	12,278
40	P=36	21333,78	37583,71	12,071	P=76	21334,04	37584,9	12,52	1,218072247	21333,89987	37584,25862	12,278
41	P=71	21348,32	37559,75	1,21E+01	P=116	21350,1	37559,51	12,651	1,796106901	21348,92696	37559,66816	12,278
42	P=64	21278,04	37482,15	12,065	P=109	21279,48	37481,05	12,873	1,812070639	21278,4196	37481,86002	12,278
43	P=72	21347,89	37568,17	12,127	P=117	21349,53	37568,95	12,716	1,816039647	21348,31044	37568,36997	12,278
44	P=73	21343,07	37578,58	12,1	P=118	21343,41	37583,06	12,662	4,492883261	21343,17769	37579,99893	12,278
45	P=75	21337,15	37579,37	12,105	P=119	21336,98	37583,19	12,688	3,823780851	21337,09955	37580,50355	12,278
									Punkt nr			
46					Fasta kompletteringspunkter				P=35	21334,04	37577,34	12,278
47									P=34	21323,72	37576,01	12,278
48									P=33	21313	37569,66	12,278
49									P=32	21306,23	37557,43	12,278
50									P=77	21321,75	37586,86	12,278
51									P=79	21293,97	37564,46	12,278
52										21181,34	37454,41	10,912
53										21182,11	37445,47	10,93
54										21182,58	37462,34	11,16
55										21185,35	37468,81	11,126
56										21186,37	37436,28	11,045
57										21191,33	37444,52	10,839
58										21191,98	37476,11	10,878
59										21194,37	37448,56	10,86
60										21196,39	37429,38	11,462
61										21198,71	37428,86	11,284
62										21199,15	37453,65	10,841
63										21199,95	37427,4	11,664
64										21201,28	37431,16	10,999
65										21201,76	37484,22	10,842
66										21203,47	37430,31	11,537
67										21203,76	37455,83	10,773
68										21206,35	37433,78	11,224
69										21206,41	37436,25	10,794
70										21207,12	37432,03	11,659
71										21207,35	37432,24	11,651
72										21207,84	37438,59	11,04
73										21208,39	37488,49	10,912
74										21209,97	37461,96	10,744
75										21212,78	37446,33	10,781
76										21212,88	37446,6	10,838
77										21216,39	37490,9	10,808
78										21221,08	37476,36	10,874

BILAGA I.

158						21326,37	37574,1	10,836
159						21335,88	37575,59	11,3
160						21342,62	37577,38	11,808
161						21337,31	37578,42	11,836
162					P=35	21334,04	37577,34	12,117
163					P=34	21323,72	37576,01	12,013
164					P=33	21313	37569,66	12,034
165					P=32	21306,23	37557,43	12,073

Här sammanfogas koordinaterna till användbara x-, y- och z-värden

Sx1	=	33,976	Sx1=33,976
Sx2	=	29,022	Sx2=29,022
Sx3	=	43,783	Sx3=43,783
Sx4	=	28,502	Sx4=28,502
Sx5	=	50,560	Sx5=50,56
Sx6	=	30,253	Sx6=30,253
Sx7	=	53,586	Sx7=53,586
Sx8	=	33,578	Sx8=33,578
Sx9	=	58,315	Sx9=58,315
Sx10	=	59,565	Sx10=59,565
Sx11	=	40,671	Sx11=40,671
Sx12	=	64,942	Sx12=64,942
Sx13	=	50,160	Sx13=50,16
Sx14	=	72,030	Sx14=72,03
Sx15	=	58,053	Sx15=58,053
Sx16	=	82,419	Sx16=82,419
Sx17	=	65,237	Sx17=65,237
Sx18	=	90,174	Sx18=90,174
Sx19	=	74,299	Sx19=74,299
Sx20	=	84,227	Sx20=84,227
Sx21	=	99,717	Sx21=99,717
Sx22	=	96,595	Sx22=96,595
Sx23	=	118,631	Sx23=118,631
Sx24	=	110,523	Sx24=110,523
Sx25	=	126,970	Sx25=126,97
Sx26	=	133,124	Sx26=133,124
Sx27	=	144,356	Sx27=144,356
Sx28	=	138,396	Sx28=138,396
Sx29	=	141,655	Sx29=141,655
Sx30	=	151,376	Sx30=151,376

BILAGA I.

\$z160=1,808					
\$z161=1,836					
\$z162=2,117					
\$z163=2,013					
\$z164=2,034					
\$z165=2,073					
Sedan ovanstående rad kopierats in och komma bytts mot punkt kopieras nedanstående fil in. Dokumentet sparas som en .txt-fil (blankstegsformaterat)					
/					
/PUNKTER					
/vattenytan					
/					
point (add,coord,label="Point1")					
\$x1 \$y1 \$z1					
point (add,coord,label="Point2")					
\$x2 \$y2 \$z2					
point (add,coord,label="Point3")					
\$x3 \$y3 \$z3					
point (add,coord,label="Point4")					
\$x4 \$y4 \$z4					
point (add,coord,label="Point5")					
\$x5 \$y5 \$z5					
point (add,coord,label="Point6")					
\$x6 \$y6 \$z6					
point (add,coord,label="Point7")					
\$x7 \$y7 \$z7					
point (add,coord,label="Point8")					
\$x8 \$y8 \$z8					
point (add,coord,label="Point9")					
\$x9 \$y9 \$z9					
point (add,coord,label="Point10")					
\$x10 \$y10 \$z10					
point (add,coord,label="Point11")					
\$x11 \$y11 \$z11					
point (add,coord,label="Point12")					
\$x12 \$y12 \$z12					
point (add,coord,label="Point13")					
\$x13 \$y13 \$z13					
point (add,coord,label="Point14")					
\$x14 \$y14 \$z14					
point (add,coord,label="Point15")					
\$x15 \$y15 \$z15					
point (add,coord,label="Point16")					
\$x16 \$y16 \$z16					
point (add,coord,label="Point17")					
\$x17 \$y17 \$z17					
point (add,coord,label="Point18")					
\$x18 \$y18 \$z18					
point (add,coord,label="Point19")					
\$x19 \$y19 \$z19					
point (add,coord,label="Point20")					
\$x20 \$y20 \$z20					
point (add,coord,label="Point21")					
\$x21 \$y21 \$z21					
point (add,coord,label="Point22")					
\$x22 \$y22 \$z22					
point (add,coord,label="Point23")					
\$x23 \$y23 \$z23					
point (add,coord,label="Point24")					
\$x24 \$y24 \$z24					
point (add,coord,label="Point25")					
\$x25 \$y25 \$z25					
point (add,coord,label="Point26")					
\$x26 \$y26 \$z26					
point (add,coord,label="Point27")					
\$x27 \$y27 \$z27					
point (add,coord,label="Point28")					
\$x28 \$y28 \$z28					
point (add,coord,label="Point29")					
\$x29 \$y29 \$z29					
point (add,coord,label="Point30")					
\$x30 \$y30 \$z30					
point (add,coord,label="Point31")					
\$x31 \$y31 \$z31					
point (add,coord,label="Point32")					
\$x32 \$y32 \$z32					
point (add,coord,label="Point33")					
\$x33 \$y33 \$z33					

BILAGA J.

Indatafil för en komplett 3D modell med fyrkantigt inloppsror

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

BILAGA J.

```

.....
*****THE BIG STORMWATER DETENTION POND*****
*****OF JÄRNBROTT, GÖTEBORG, SWEDEN*****
.....
.....3D.....
*****THIS FILE IS PART OF A THESIS FOR A*****
*****MASTER OF SCIENCE DIPLOMA*****
.....
*****CIVIL ENGINEERING*****
*****CIVILINGENJÖRSKAMEN, VAG & VATTEN*****
*****G*****
*****HENRIK KANT & JONAS GERMAN*****
.....
/
*****PHYSICAL CONSTANTS*****
/VISCOSITY (kg/m.s)
$viscosity=13.04E-4
/
/DENSITY (kg/m3)
$density=1000
/
*****INFLOW*****
/INFLOW (l/s)
$inflow=50
/
/VELOCITY (calculated from the flow with a tube diameter of 1.0 m)
$velocity=$inflow/1000/0.785398163397
/
/VELOCITY IN THE X- AND Y-DIRECTION (cos and sin for 53.2525 degrees)
$ux=0.801279918754*$velocity
$uy=0.58289638708*$velocity
/
*****NUMBER OF NODES*****
/FOR CURVE 3, 16, 1, 15 (must be the same for a mapped mesh)
$3o16=60
$1o15=60
/
/FOR CURVE 6, 19, 5, 18 (must be the same for a mapped mesh)
$6o19=60
$5o18=60
/
/FOR CURVE 9, 22, 8, 21 (must be the same for a mapped mesh)
$9o22=60
$8o21=60
/
/FOR CURVE 4, 14(outlet), 2, 17, 7, 20, 10, 23, 63, 64 (must be the same for a mapped mesh)
$4o14=60
$2o17=60
$7o20=60
$10o23=60
$63o64=60
/
/FOR CURVE 11, 24; 59,60; 62, 61; 37, 38 (must be the same for a mapped mesh)
$11o24=40
$59o60=40
$61o62=40
$37o38=40
/
/IN THE z-DIRECTION OF THE WHOLE POND
$zdir=5
/
/FOR CURVE 65, 66; 26, 12 (must be the same for a mapped mesh)
$65o66=40
$12o26=40
/
/TUBE UNDER AND OVER, CURVE 13o25
$run=50
/
/TUBE IN THE LENGTH DIRECTION
$tor=100
/
*****TURNING TO FI-GEN TO GENERATE POINTS, CURVES, MESHFACES, SHELLS, SOLIDS*****
FI-GEN
*****XYZ-KOORDINATES*****
/
$x1=33.976
$x2=29.022
$x3=43.783
$x4=28.502
$x5=50.56
$x6=30.253
$x7=33.578
$x8=58.315
$x9=59.565
$x10=40.671
$x11=44.942
$x12=50.16
$x13=72.03
$x14=58.053
$x15=82.419
$x16=65.237
$x17=90.174
$x18=74.209
$x19=84.227
$x20=99.717
$x21=96.595
$x22=118.631
$x23=110.523
$x24=126.97
$x25=133.124
$x26=144.356
$x27=138.396
$x28=141.655
$x29=151.376
$x30=155.631
$x31=145.742
$x32=140.157
$x33=161.003
$x34=151.8
$x35=172.123
$x36=177.663
$x37=158.05
$x38=186.928
$x39=183.9
$x40=198.927
$x41=128.42
$x42=198.31
$x43=193.178
$x44=187.1
$x45=184.04
$x46=173.72
$x47=163
$x48=156.23
$x49=171.75
$x50=143.97
$x51=57.93
$x52=54.46
$x53=51.01
$x54=31.34
$x55=32.11
$x56=32.58
$x57=35.35
$x58=36.37
$x59=41.33
$x60=41.98
$x61=44.37

```

BILAGA J.

Point coordinates and labels for ANLETTUBE and POINTS AROUND THE INLETTUBE sections, including labels like Point1 through Point160 and various coordinate pairs.

BILAGA J.

```

mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="32")
/
curve (select,label="24")
curve (select,label="23")
curve (select,label="60")
curve (select,label="64")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="33")
/
curve (select,label="11")
curve (select,label="10")
curve (select,label="59")
curve (select,label="63")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="34")
/
curve (select,label="38")
curve (select,label="66")
curve (select,label="62")
curve (select,label="26")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="35")
/
curve (select,label="37")
curve (select,label="65")
curve (select,label="61")
curve (select,label="12")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="36")
/
curve (select,label="51")
curve (select,label="59")
curve (select,label="34")
curve (select,label="60")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="37")
/
curve (select,label="36")
curve (select,label="61")
curve (select,label="52")
curve (select,label="62")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="38")
/
curve (select,label="67")
curve (select,label="63")
curve (select,label="51")
curve (select,label="64")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="39")
/
curve (select,label="68")
curve (select,label="65")
curve (select,label="52")
curve (select,label="66")
mface(wreframe,edg1cnt=1,edg2cnt=1,edg3cnt=1,edg4cnt=1,label="40")
/
*****MESH EDGES*****
Number of nodes are specified before FI-GEN
/
curve (select,label="3")
medge (add,label="3node",interval=$3o16)
curve (select,label="16")
medge (add,label="16node",interval=$3o16)
/
curve (select,label="1")
medge (add,label="1node",interval=$1o15)
curve (select,label="15")
medge (add,label="15node",interval=$1o15)
/
curve (select,label="6")
medge (add,label="6node",interval=$6o19)
curve (select,label="19")
medge (add,label="19node",interval=$6o19)
/
curve (select,label="5")
medge (add,label="5node",interval=$5o18)
curve (select,label="18")
medge (add,label="18node",interval=$5o18)
/
curve (select,label="9")
medge (add,label="9node",interval=$9o22)
curve (select,label="22")
medge (add,label="22node",interval=$9o22)
/
curve (select,label="8")
medge (add,label="8node",interval=$8o21)
curve (select,label="21")
medge (add,label="21node",interval=$8o21)
/
curve (select,label="13")
medge (add,label="13node",interval=$13o24)
curve (select,label="25")
medge (add,label="25node",interval=$13o24)
/
curve (select,label="11")
medge (add,label="11node",interval=$11o24)
curve (select,label="24")
medge (add,label="24node",interval=$11o24)
/
*!set
/
curve (select,label="12")
medge (add,label="12node",interval=$12o26)
curve (select,label="26")
medge (add,label="26node",interval=$12o26)
/
curve (select,label="65")
medge (add,label="65node",interval=$65o66)
curve (select,label="66")
medge (add,label="66node",interval=$65o66)
/
*!set
/
curve (select,label="4")
medge (add,label="4node",interval=$4o14)
curve (select,label="14")
medge (add,label="14node",interval=$4o14)
/
curve (select,label="27")
medge (add,label="27node",interval=$27o28)
/
curve (select,label="28")
medge (add,label="28node",interval=$27o28)
/
curve (select,label="29")
medge (add,label="29node",interval=$29o29)
/
curve (select,label="30")
medge (add,label="30node",interval=$29o29)
/
curve (select,label="31")
medge (add,label="31node",interval=$31o31)
/
curve (select,label="32")
medge (add,label="32node",interval=$32o32)
/
curve (select,label="33")
medge (add,label="33node",interval=$32o32)
/
curve (select,label="34")
medge (add,label="34node",interval=$34o34)
/
curve (select,label="35")
medge (add,label="35node",interval=$35o35)
/
/
curve (select,label="36")
medge (add,label="36node",interval=$36o36)
/
/
curve (select,label="2")
medge (add,label="2node",interval=$2o17)
curve (select,label="17")
medge (add,label="17node",interval=$2o17)
/
curve (select,label="7")
medge (add,label="7node",interval=$7o20)
curve (select,label="20")
medge (add,label="20node",interval=$7o20)
/
curve (select,label="10")
medge (add,label="10node",interval=$10o23)
medge (add,label="23")
medge (add,label="23node",interval=$10o23)
curve (select,label="63")
medge (add,label="63node",interval=$63o64)
curve (select,label="64")
medge (add,label="64node",interval=$63o64)
/
/
curve (select,label="38")
medge (add,label="38node",interval=$37o38)
curve (select,label="37")
medge (add,label="37node",interval=$37o38)
/
curve (select,label="51")
medge (add,label="51node",interval=$51o51)
curve (select,label="52")
medge (add,label="52node",interval=$51o51)
curve (select,label="55")
medge (add,label="55node",interval=$55o55)
curve (select,label="56")
medge (add,label="56node",interval=$55o55)
curve (select,label="67")
medge (add,label="67node",interval=$67o67)
medge (add,label="67node",interval=$67o67)
curve (select,label="68")
medge (add,label="68node",interval=$68o68)
/
/
curve (select,label="39")
medge (add,label="39node",interval=$39o39)
curve (select,label="43")
medge (add,label="43node",interval=$39o39)
medge (add,label="45node",interval=$39o39)
curve (select,label="42")
medge (add,label="42node",interval=$39o39)
curve (select,label="48")
medge (add,label="48node",interval=$48o48)
/
/
curve (select,label="44")
medge (add,label="44node",interval=$44o44)
curve (select,label="40")
medge (add,label="40node",interval=$44o44)
curve (select,label="46")
medge (add,label="46node",interval=$40o40)
curve (select,label="50")
medge (add,label="50node",interval=$40o40)
/
/
curve (select,label="59")
medge (add,label="59node",interval=$59o60,istrt=2,2ratio=1.5,pcntr=0.2)
curve (select,label="60")
medge (add,label="60node",interval=$59o60,istrt=2,2ratio=1.5,pcntr=0.2)
curve (select,label="61")
medge (add,label="61node",interval=$59o60,istrt=2,2ratio=1.5,pcntr=0.2)
curve (select,label="62")
medge (add,label="62node",interval=$59o60,istrt=2,2ratio=1.5,pcntr=0.2)
/
/
*****MESH SHELLS*****
/
mface(select,label="3")
mface(select,label="4")
mface(select,label="outlet")
mface(select,label="5")
mface(select,label="2")
mface(select,label="1")
mshell(adv,color=6,visible,label="shell1")
/
mface(select,label="8")
mface(select,label="9")
mface(select,label="10")
mface(select,label="6")
mface(select,label="7")
mshell(adv,color=6,visible,label="shell2")
/
mface(select,label="12")
mface(select,label="13")
mface(select,label="11")
mface(select,label="14")
mface(select,label="10")
mface(select,label="15")
mshell(adv,color=6,visible,label="shell3")
/
mface(select,label="17")
mface(select,label="18")
mface(select,label="37")
mface(select,label="16")
mface(select,label="38")
mface(select,label="22")
mshell(adv,color=6,visible,label="shell4")
/
mface(select,label="25")
mface(select,label="32")
mface(select,label="22")
mface(select,label="23")
mface(select,label="31")
mface(select,label="24")
mshell(adv,color=6,visible,label="shell5")
/
/
mface(select,label="33")
mface(select,label="34")
mface(select,label="19")
mface(select,label="15")
mface(select,label="37")
mface(select,label="39")
mshell(adv,color=6,visible,label="shell7")
/
/
mface(select,label="35")
mface(select,label="36")
mface(select,label="21")
mface(select,label="40")
mface(select,label="38")
mface(select,label="20")
mshell(adv,color=6,visible,label="shell8")
/
/
*****SOLIDS*****
/
mshell(select,label="shell1")
msolk(adv,color=8,visible,label="solk1")
/
mshell(select,label="shell2")
msolk(adv,color=8,visible,label="solk2")
/
mshell(select,label="shell3")
msolk(adv,color=8,visible,label="solk3")
/

```

BILAGA J.

```

/
mshell(select,labels='sheB4')
msolid( add, color=8, visible, labels='solid4')
/
mshell(select, labels='sheB5')
msolid( add, color=8, visible, labels='solid5')
/
mshell(select, labels='sheB7')
msolid( add, color=8, visible, labels='solid7')
/
mshell(select, labels='sheB8')
msolid( add, color=8, visible, labels='solid8')
/
/***** MESH GENERATION OF THE SOLIDS *****/
/
msolid( select, labels='solid1')
element( seldefaults, brick, nodes=8)
msolid( mesh, map, entity='fluid1', alg1)
/
msolid( select, labels='solid2')
element( seldefaults, brick, nodes=8)
msolid( mesh, map, entity='fluid2', alg1)
/
msolid( select, labels='solid3')
element( seldefaults, brick, nodes=8)
msolid( mesh, map, entity='fluid3', alg1)
/
msolid( select, labels='solid4')
element( seldefaults, brick, nodes=8)
msolid( mesh, map, entity='fluid4', alg1)
/
msolid( select, labels='solid5')
element( seldefaults, brick, nodes=8)
msolid( mesh, map, entity='fluid5', alg1)
/
msolid( select, labels='solid7')
element( seldefaults, brick, nodes=8)
msolid( mesh, map, entity='fluid7', alg1)
/
msolid( select, labels='solid8')
element( seldefaults, brick, nodes=8)
msolid( mesh, map, entity='fluid8', alg1)
/
/ MESH GENERATION OF SURFACES THAT WILL FORM BOUNDARY CONDITIONS
/
/ MUDSIDES OF THE DETENTION POND
/
mface( select, labels='1')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='2')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='6')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='7')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='11')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='14')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='16')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='19')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='20')
mface( mesh, map, entity='concrete')
/
mface( select, labels='21')
mface( mesh, map, entity='mud')
/
mface( select, labels='oulet')
mface( mesh, map, entity='oulet')
/
/ BOTTOM OF THE DETENTION POND
/
mface( select, labels='3')
mface( mesh, map, entity='mudb')
/
mface( select, labels='8')
mface( mesh, map, entity='mudb')
/
mface( select, labels='12')
mface( mesh, map, entity='makadam')
/
mface( select, labels='17')
mface( mesh, map, entity='concrete')
/
mface( select, labels='33')
mface( mesh, map, entity='concrete')
/
mface( select, labels='35')
mface( mesh, map, entity='concrete')
/
/ WATERSURFACES
/
mface( select, labels='4')
mface( mesh, map, entity='surface')
/
mface( select, labels='9')
mface( mesh, map, entity='surface')
/
mface( select, labels='13')
mface( mesh, map, entity='surface')
/
mface( select, labels='18')
mface( mesh, map, entity='surface')
/
mface( select, labels='34')
mface( mesh, map, entity='surface')
/
mface( select, labels='36')
mface( mesh, map, entity='surface')
/
/ steeltube
mface( select, labels='23')
mface( mesh, map, entity='steeltube')
/
mface( select, labels='24')
mface( mesh, map, entity='steeltube')
/
mface( select, labels='25')
mface( mesh, map, entity='steeltube')
/
mface( select, labels='32')
mface( mesh, map, entity='steeltube')
/
/
mface( select, labels='31')
mface( mesh, map, entity='inlet')
/
end()

```

```

*****
/***** FIPREP, WITH ALL BOUNDARY CONDITIONS, SOLVER METHODS *****/
/
FIPREP
/ SOLUTION BEHAVIOR
PROBLEM(NONLINEAR,3-D,TURBULENT)
EXECUTION(NEWJOB)
SOLUTION(SEGREGATED=1500,CGS,CR,PUPDATE=0,15,NGCONV=1E-7,SCGCONV=1E-7,PRECONDITION=21)
/
/... ENTITY TABLE ...
entity (fluid, name='fluid1')
entity (fluid, name='fluid2')
entity (fluid, name='fluid3')
entity (fluid, name='fluid4')
entity (fluid, name='fluid5')
entity (fluid, name='fluid7')
entity (fluid, name='fluid8')
entity (plot, name='surface')
entity (plot, name='mud', mrough='1')
entity (plot, name='makadam', mrough='2')
entity (plot, name='concrete', mrough='3')
entity (plot, name='mudb', mrough='4')
entity (plot, name='steeltube', mrough='5')
entity (plot, name='inlet')
entity (plot, name='oulet')
RELAXATION
7 7 7 0 0 65 65 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
OPTIONS(UPWINDING)
UPWINDING
2 2 2 0 0 0 10 10 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
/... PHYSICAL CONSTANTS SET UP ...
viscosity (K.E.constant=viscosity)
density (constant=density)
/... BOUNDARY CONDITIONS (kinetic, dissipation) ...
bcnode (kinetic, entity='inlet', constant=0.0025)
bcnode (dissipation, entity='inlet', constant=0.0125)
/... INITIAL CONDITIONS ...
icnode (kinetic, constant=0.0025, all)
icnode (dissipation, constant=0.0125, all)
/... BOUNDARY CONDITIONS (entity) ...
bcnode (velocity, zero, entity='mud')
bcnode (velocity, zero, entity='mudb')
bcnode (velocity, zero, entity='steeltube')
bcnode (velocity, zero, entity='makadam')
bcnode (velocity, zero, entity='concrete')
bcnode (uz, constant=flux, entity='inlet')
bcnode (uz, constant=flux, entity='inlet')
bcnode (uz, constant=0, entity='inlet')
bcnode (uz, constant=0, entity='oulet')
bcnode (uz, constant=0, entity='surface')
/... ROUGHNESS MODELS ...
/mud
roughness (sets='1', constant=0.0025, sand)
/makadam
roughness (sets='2', constant=0.0914, sand)
/concrete
roughness (sets='3', constant=0.003, sand)
/mudb (mudbottom)
roughness (sets='4', constant=2.625, sand)
/steeltube
roughness (sets='5', constant=0.001, sand)
/... DART WADER ...
deltaprint(control,nodes=2,elements=1,flux=1,initial=1,spines=1,general=1)
/postprocess(rack,all)
rnumber(profile)
end()
/... LORD HELMET ...
create( /hsv )
end()
end()

```

BILAGA K.

Indatafil för skapande av elementnät, randvillkor och lösningsmetodik för en 3d modell

BILAGA K.

```

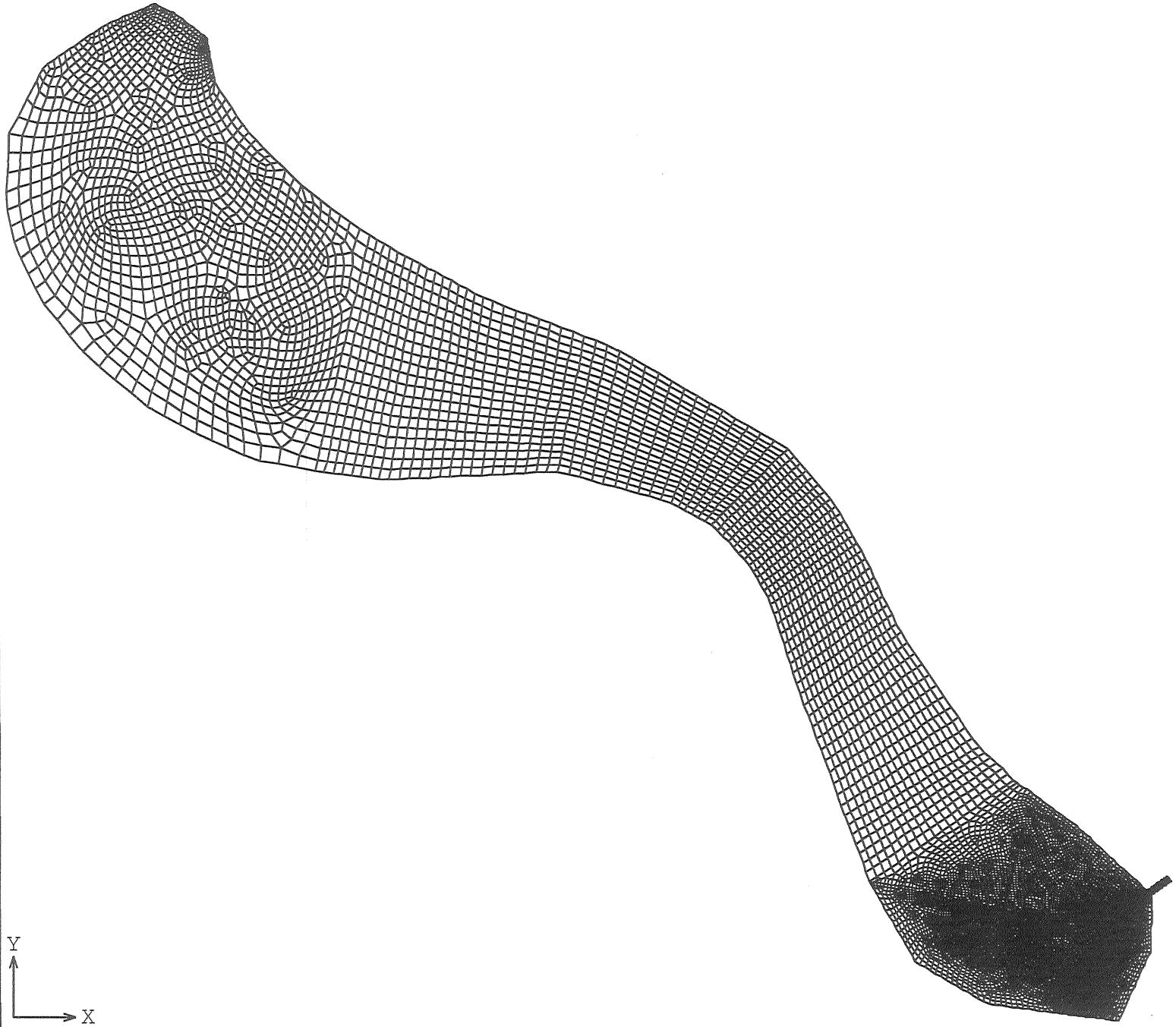
FI-GEN
/
/*****DEL AV FI-GEN*****/
/*****3D_20/s*****/
/
msolid (select_id=8)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk8",alg1)
/
mface (select_id=65)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="lera")
/
mface (select_id=59)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="plot59")
/
mface (select_id=55)
mface (mesh.map,entity="plot55")
/
mface (select_id=56)
mface (mesh.map,entity="plot56")
/
mface (select_id=57)
mface (mesh.map,entity="yta")
/
mface (select_id=58)
mface (mesh.map,entity="belong")
/
mface (select_id=66)
mface (mesh.map,entity="staltub")
/
mface (select_id=63)
mface (mesh.map,entity="staltub")
/
/*****
mface (select_id=61)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="plot61")
/
/*****
msolid (select_id=20)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk20",alg1)
/
mface (select_id=121)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="inlet")
/
mface (select_id=122)
mface (mesh.map,entity="staltub")
/
mface (select_id=123)
mface (mesh.map,entity="staltub")
/
/*****
msolid (select_id=12)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk12",alg1)
/
mface (select_id=87)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="belong")
/
mface (select_id=86)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=88)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=89)
mface (mesh.map,entity="plot89")
/
mface (select_id=90)
mface (mesh.map,entity="plot90")
/
/*****
msolid (select_id=13)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk13",alg1)
/
mface (select_id=91)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="belong")
/
mface (select_id=92)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=93)
mface (mesh.map,entity="plot93")
/
mface (select_id=94)
mface (mesh.map,entity="plot94")
/
mface (select_id=95)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
/*****
msolid (select_id=19)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk19",alg1)
/
mface (select_id=114)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="belong")
/
mface (select_id=120)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=119)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=99)
mface (mesh.map,entity="belong")
/
mface (select_id=96)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
/*****
msolid (select_id=15)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk15",alg1)
/
mface (select_id=103)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="lera")
/
mface (select_id=105)
mface (mesh.map,entity="plot105")
/
mface (select_id=106)
mface (mesh.map,entity="plot106")
/
/*****
msolid (select_id=14)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk14",alg1)
/
mface (select_id=104)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="lera")
/
mface (select_id=108)
mface (mesh.map,entity="belong")
/
mface (select_id=109)
mface (mesh.map,entity="plot109")
/
mface (select_id=110)
mface (mesh.map,entity="yta")
/
mface (select_id=107)
mface (mesh.map,entity="plot107")
/
/*****
msolid (select_id=16)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk16",alg1)
/
mface (select_id=111)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="belong")
/
mface (select_id=112)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=102)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=97)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=37)
mface (mesh.map,entity="plot37")
/
/*****
msolid (select_id=7)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk7",alg1)
/
mface (select_id=36)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="belong")
/
mface (select_id=40)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=39)
mface (mesh.map,entity="plot39")
/
mface (select_id=34)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=35)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
/*****
msolid (select_id=6)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk6",alg1)
/
mface (select_id=29)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="lerab")
/
mface (select_id=49)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=50)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=51)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=41)
mface (mesh.map,entity="plot41")
/
/*****
msolid (select_id=5)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk5",alg1)
/
mface (select_id=24)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="makadam")
/
mface (select_id=48)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=22)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=23)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=47)
mface (mesh.map,entity="plot47")
/
/*****
msolid (select_id=4)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk4",alg1)
/
mface (select_id=21)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="makadam")
/
mface (select_id=46)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=45)
mface (mesh.map,entity="plot45")
/
mface (select_id=19)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=20)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
/*****
msolid (select_id=3)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk3",alg1)
/
mface (select_id=3)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="lerab")
/
mface (select_id=44)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=13)
mface (mesh.map,entity="plot13")
/
mface (select_id=16)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=18)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
/*****
msolid (select_id=2)
element (setdefaults,brick,nodes=8)
msolid(mesh.map,entity="fluk2",alg1)
/
mface (select_id=15)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="lerab")
/
mface (select_id=43)
mface (mesh.pave.projection= 1,entity="yta")
/
mface (select_id=11)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=14)
mface (mesh.map,entity="lera")
/
mface (select_id=12)
mface (mesh.map,entity="outlet")
/
END ()
/*****FIPREP*****/
/*****JÄRNBROTT STORA DAMMEN*****/
/*****3D_20/s*****/
/*****SOLUTION PARAMETER SETING*****/
FIPREP
/.. SOLUTION BEHAVIOR ..
PROBLEM(NONLINEAR,3-D,TURBULENT)
EXECUTION(NEWJOB)
SOLUTION(SEGREGATED=2000,CGS.CR,PUPDATE=0.15,NGCONV=1E-6,SCGCONV=1E-6,PRECONDITION=2)
/..
/.. ENTITY TABLE ..
entity (fluid,name="fluk2")
entity (fluid,name="fluk3")
entity (fluid,name="fluk4")
entity (fluid,name="fluk5")
entity (fluid,name="fluk6")
entity (fluid,name="fluk7")
entity (fluid,name="fluk16")
entity (fluid,name="fluk14")
entity (fluid,name="fluk15")
entity (fluid,name="fluk19")
entity (fluid,name="fluk12")
entity (fluid,name="fluk13")
entity (fluid,name="fluk20")
entity (fluid,name="fluk8")
entity (plot,name="yta")
entity (plot,name="plot13",ATTACH="fluk2")
entity (plot,name="plot15",ATTACH="fluk3")
entity (plot,name="plot17",ATTACH="fluk4")
entity (plot,name="plot11",ATTACH="fluk5")
entity (plot,name="plot39",ATTACH="fluk6")
entity (plot,name="plot37",ATTACH="fluk7")
entity (plot,name="plot107",ATTACH="fluk16")
entity (plot,name="plot108",ATTACH="fluk14")
entity (plot,name="plot105",ATTACH="fluk12")
entity (plot,name="plot109",ATTACH="fluk19")
entity (plot,name="plot89",ATTACH="fluk16")
entity (plot,name="plot90",ATTACH="fluk16")
entity (plot,name="plot93",ATTACH="fluk19")
entity (plot,name="plot94",ATTACH="fluk19")
entity (plot,name="plot56",ATTACH="fluk13")
entity (plot,name="plot59",ATTACH="fluk14")
entity (plot,name="plot61",ATTACH="fluk15")
entity (wall,name="lera",mrough="lera")
entity (wall,name="makadam",mrough="makadam")
entity (wall,name="belong",mrough="belong")
entity (wall,name="staltub",mrough="staltub")
entity (wall,name="lerab",mrough="lerab")
entity (plot,name="inlet",ATTACH="fluk20")
entity (plot,name="outlet",ATTACH="fluk2")
RELAXATION
s 8 s 8 0 0 4 4 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
OPTIONS(UPWINDING)
UPWINDING
2 2 2 0 0 0 10 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
/..PHYSICAL CONSTANTS SET UP..
viscosity (K.E.constant=13.07E-4)
density (constant=1000)
/.. BOUNDARY CONDITIONS (kinetic dissipation) ..
bcnode (kinetic,entity="inlet",constant=0.0025)
bcnode (dissipation,entity="inlet",constant=0.0125)
/.. INITIAL CONDITIONS ..
icnode (kinetic,constant=0.0025,all)
icnode (dissipation,constant=0.0125,all)
/.. BOUNDARY CONDITIONS (entity) ..
bcnode (velocity,zero,entity="lera")
bcnode (velocity,zero,entity="lerab")
bcnode (velocity,zero,entity="makadam")
bcnode (velocity,zero,entity="belong")
bcnode (velocity,zero,entity="staltub")
bcnode (uz,constant= 0.23404,entity="inlet")
bcnode (uy,constant= 0.15235,entity="inlet")
bcnode (uz,constant=0,entity="inlet")
bcnode (uz,constant=0,entity="yta")
/.. roughness models ..
roughness (sals="lera",constant=0.0025,sand)
roughness (sals="lerab",constant=0.0025,sand)
roughness (sals="makadam",constant=0.0514,sand)
roughness (sals="belong",constant=0.003,sand)
roughness (sals="staltub",constant=0.001,sand)
/.. DART WADER ..
dataprin(control,nodes=2,elements=1,constraints=1,fluz=1,initals=1,spines=1,general=1)
/postprocess(isactual)
resumer(profile)
end()
/.. JABBA DE HUT ..
create(fisolv)
end()
/.. RUN(FISOLV) ..

```

Stalar - Abolthun

2D mesh

ELEMENT
MESH PLOT

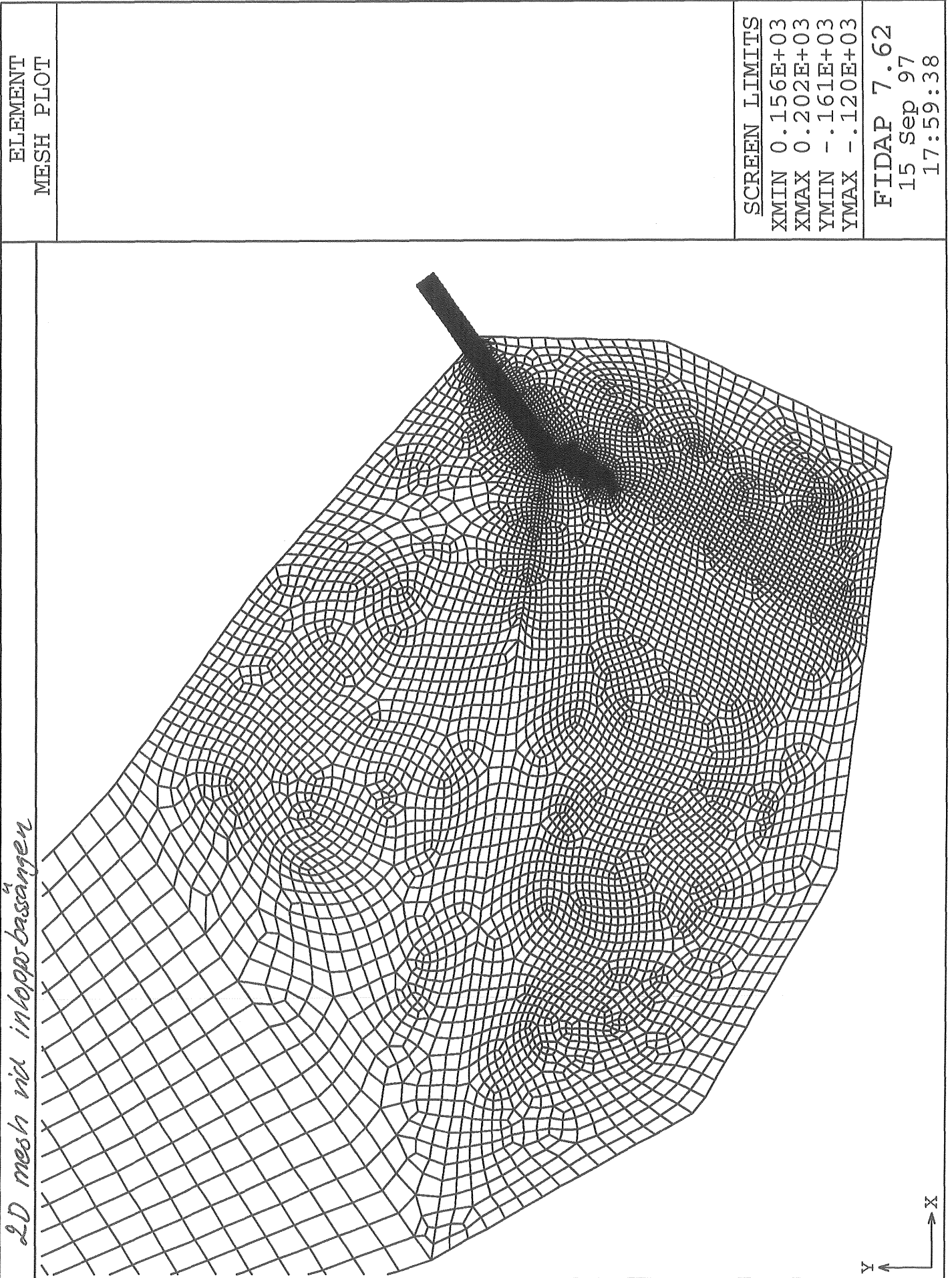


SCREEN LIMITS
XMIN 0.281E+02
XMAX 0.201E+03
YMIN -.159E+03
YMAX -.553E+01

FIDAP 7.62
25 Sep 97
16:34:10

L.I.

BILAKA L.



2D 206/5

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

- -.7643E-01
- -.6404E-01
- -.5165E-01
- -.3927E-01
- -.2688E-01
- -.1449E-01
- -.2098E-02
- 0.1029E-01
- 0.2268E-01
- 0.3507E-01

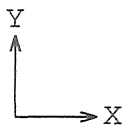
MINIMUM
-0.82627E-01

MAXIMUM
0.41263E-01

SCREEN LIMITS

XMIN 0.288E+02
XMAX 0.201E+03
YMIN -.159E+03
YMAX -.600E+01

FIDAP 7.62
15 Sep 97
09:29:32

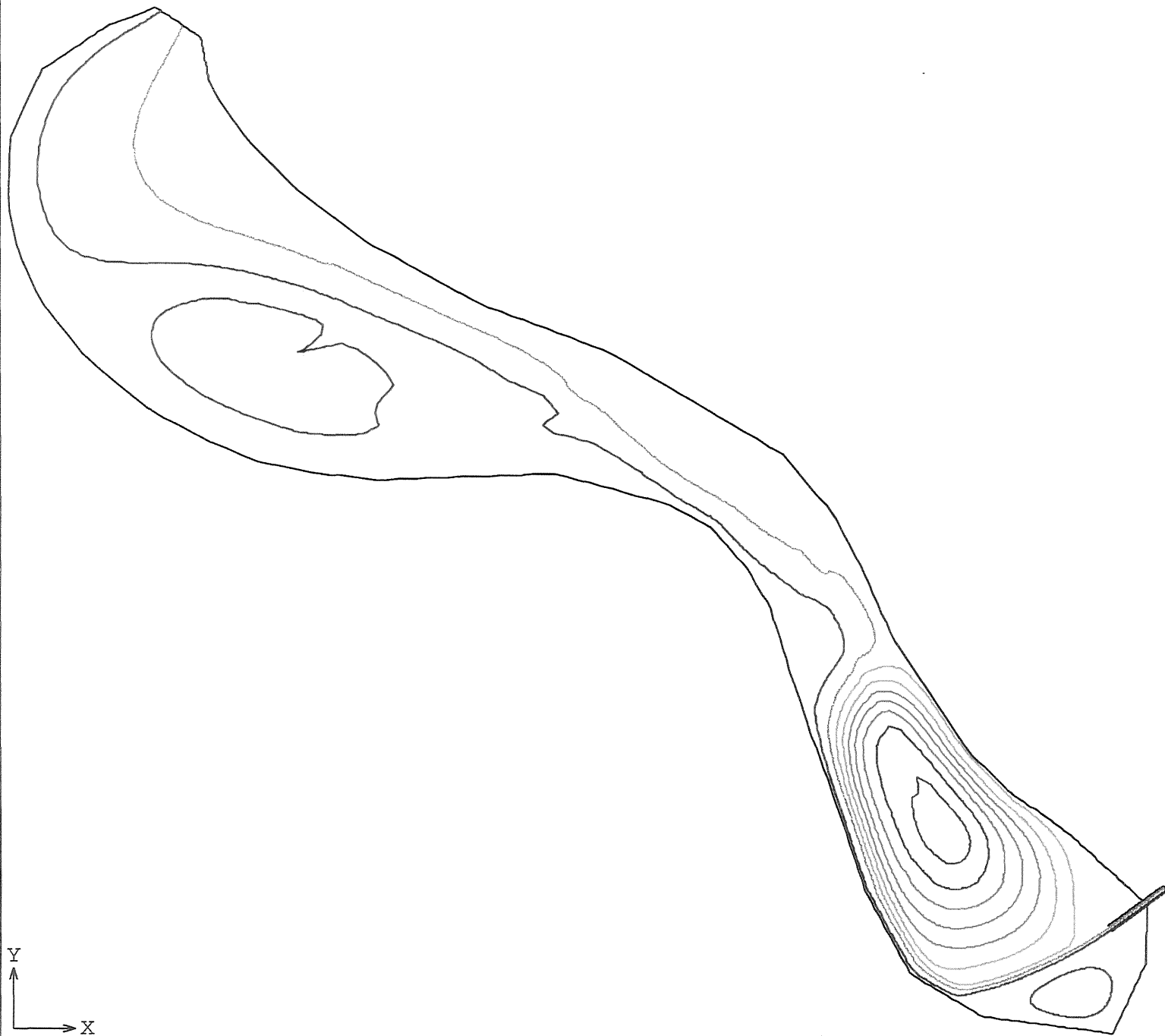


L.3.

BILAGA L.



2D 50 l/s hastighetslinjer



STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- -.1996E+00
-- -.1681E+00
-- -.1365E+00
-- -.1049E+00
-- -.7332E-01
-- -.4175E-01
-- -.1017E-01
-- 0.2141E-01
-- 0.5298E-01
-- 0.8456E-01

MINIMUM
-0.21542E+00

MAXIMUM
0.10035E+00

SCREEN LIMITS

XMIN 0.288E+02
XMAX 0.201E+03
YMIN -.159E+03
YMAX -.600E+01

FIDAP 7.62

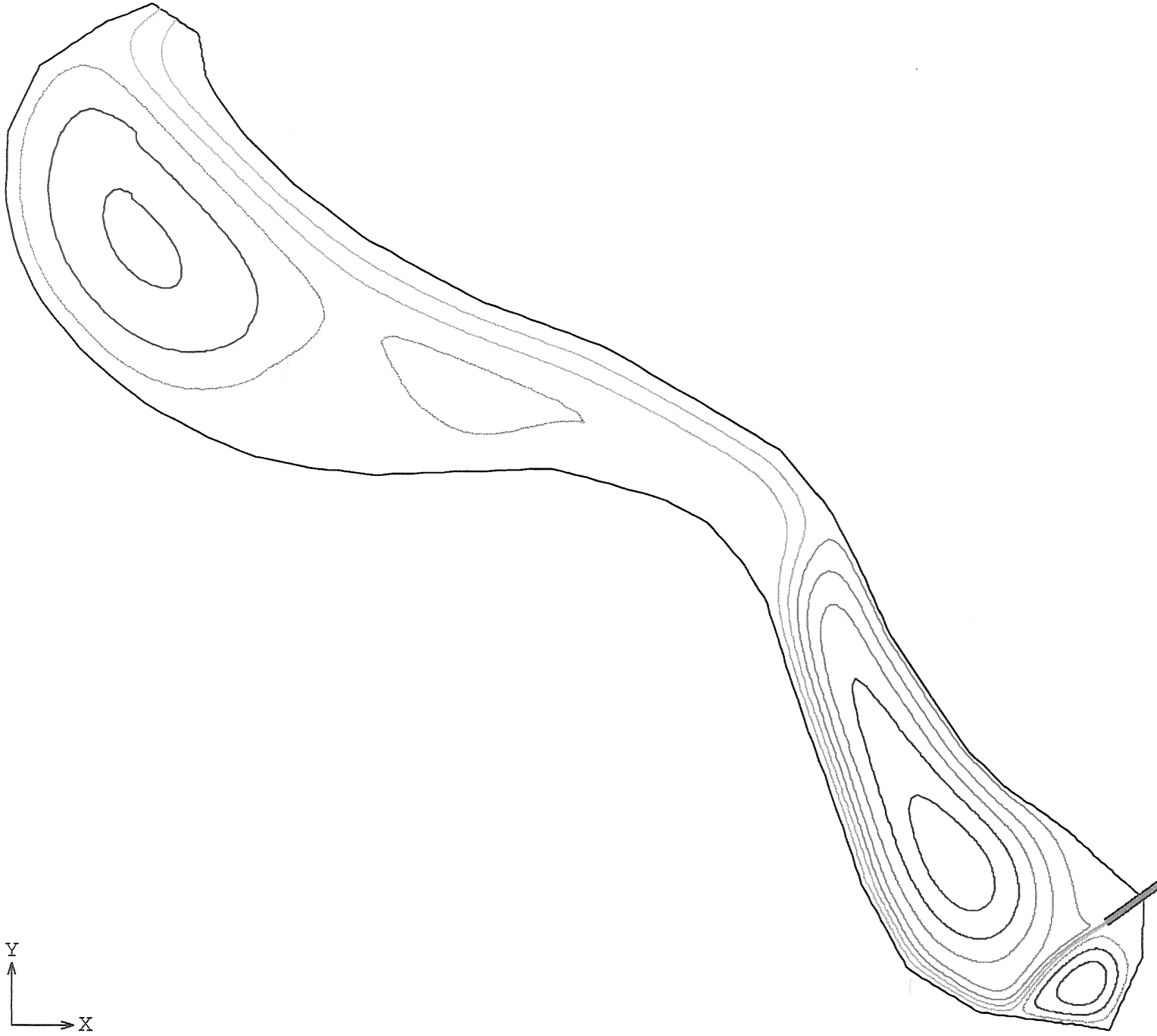
15 Sep 97

17:43:59

BILAGA L.

L.4.

20 100 l/s strömlinjer



L.5.

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

- -.2111E+00
- -.1611E+00
- -.1110E+00
- -.6100E-01
- -.1097E-01
- 0.3907E-01
- 0.8911E-01
- 0.1391E+00
- 0.1892E+00
- 0.2392E+00

MINIMUM
-0.23614E+00

MAXIMUM
0.26425E+00

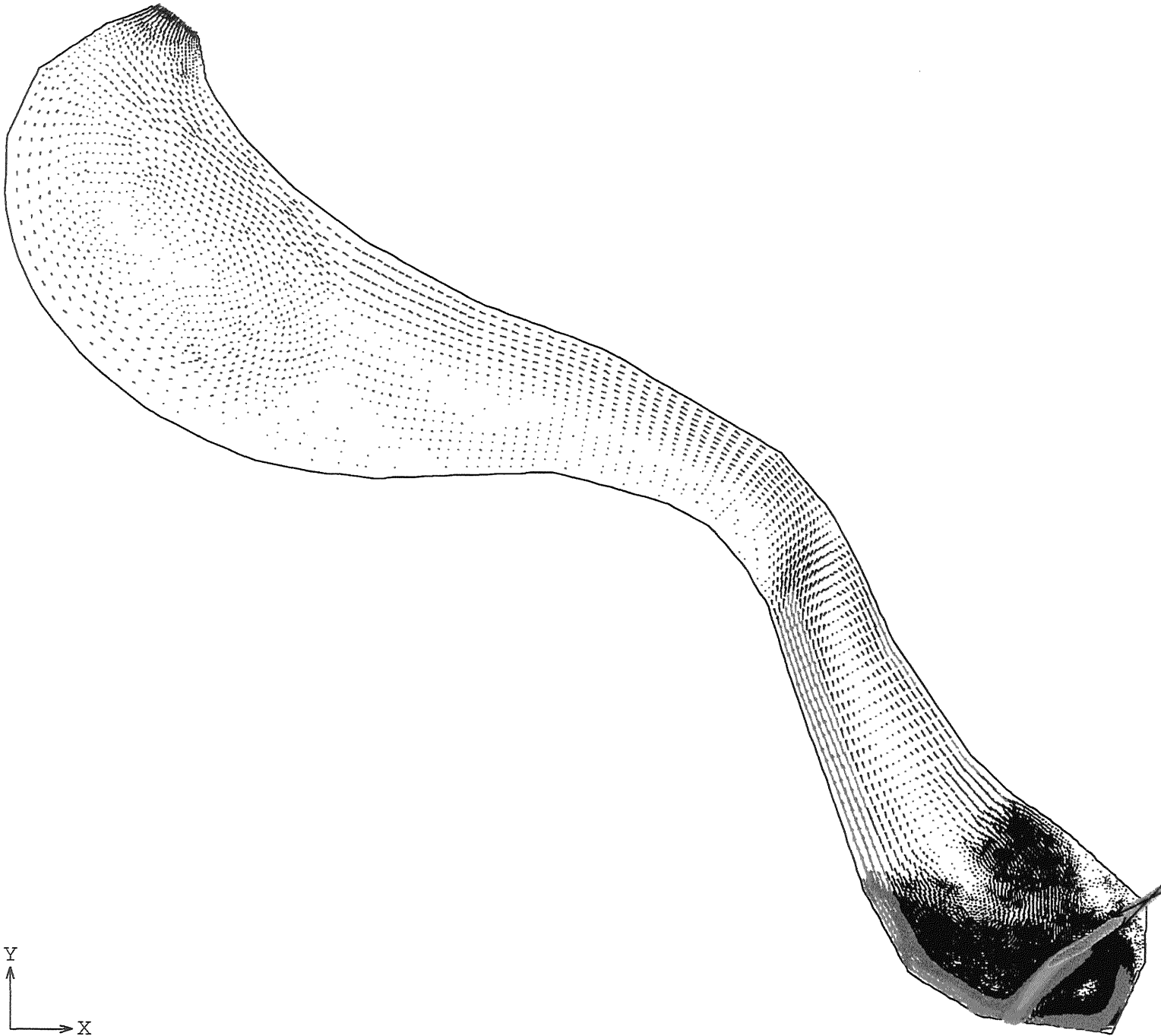
SCREEN LIMITS

XMIN 0.288E+02
XMAX 0.201E+03
YMIN -.159E+03
YMAX -.600E+01

FIDAP 7.62
15 Sep 97
18:25:32

BILAGA L.

2D 100 l/s vektorplot



VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+02

REFER. VECTOR

→ 0.2108E+00

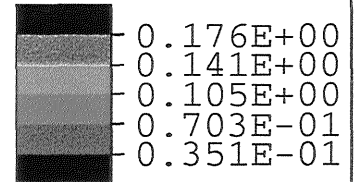
MAX. VEC. PLOT'D

0.2108E+00

AT NODE 5973

COLOR CODE:

VELOCITY



SCREEN LIMITS

XMIN 0.288E+02

XMAX 0.201E+03

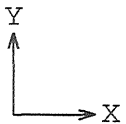
YMIN -.159E+03

YMAX -.600E+01

FIDAP 7.62

15 Sep 97

18:25:26



BILAGA L.

100 l/s ml

2D 100 l/s vektorplot mixing-length

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.2000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.4970E-01

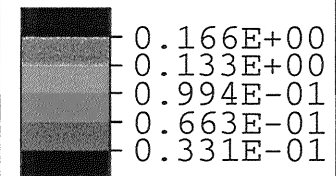
MAX. VEC. PLOT'D

0.5991E-01

AT NODE 11779

COLOR CODE:

VELOCITY



SCREEN LIMITS

XMIN 0.130E+03

XMAX 0.204E+03

YMIN -.159E+03

YMAX -.935E+02

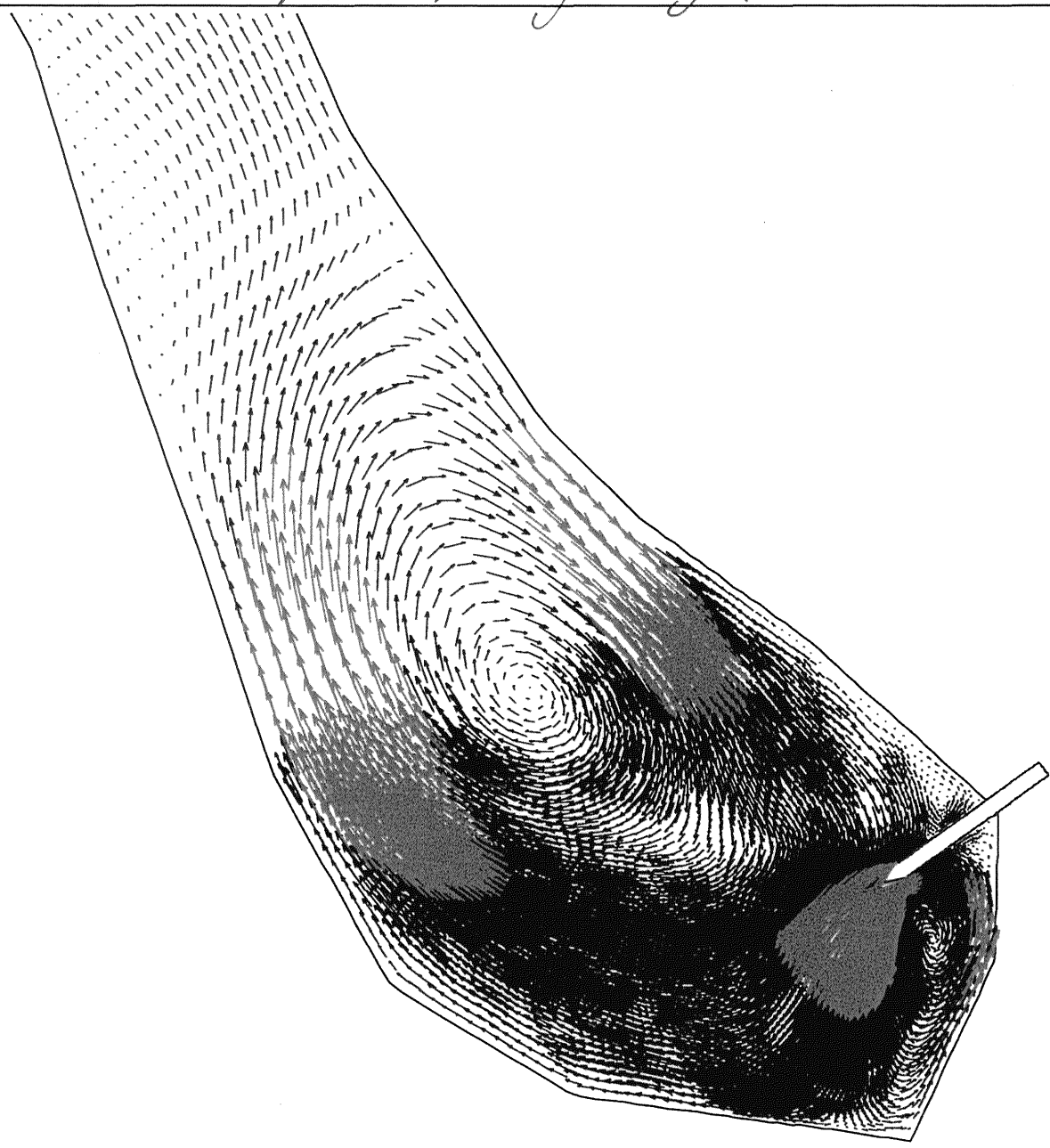
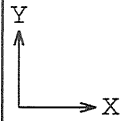
FIDAP 7.62

17 Sep 97

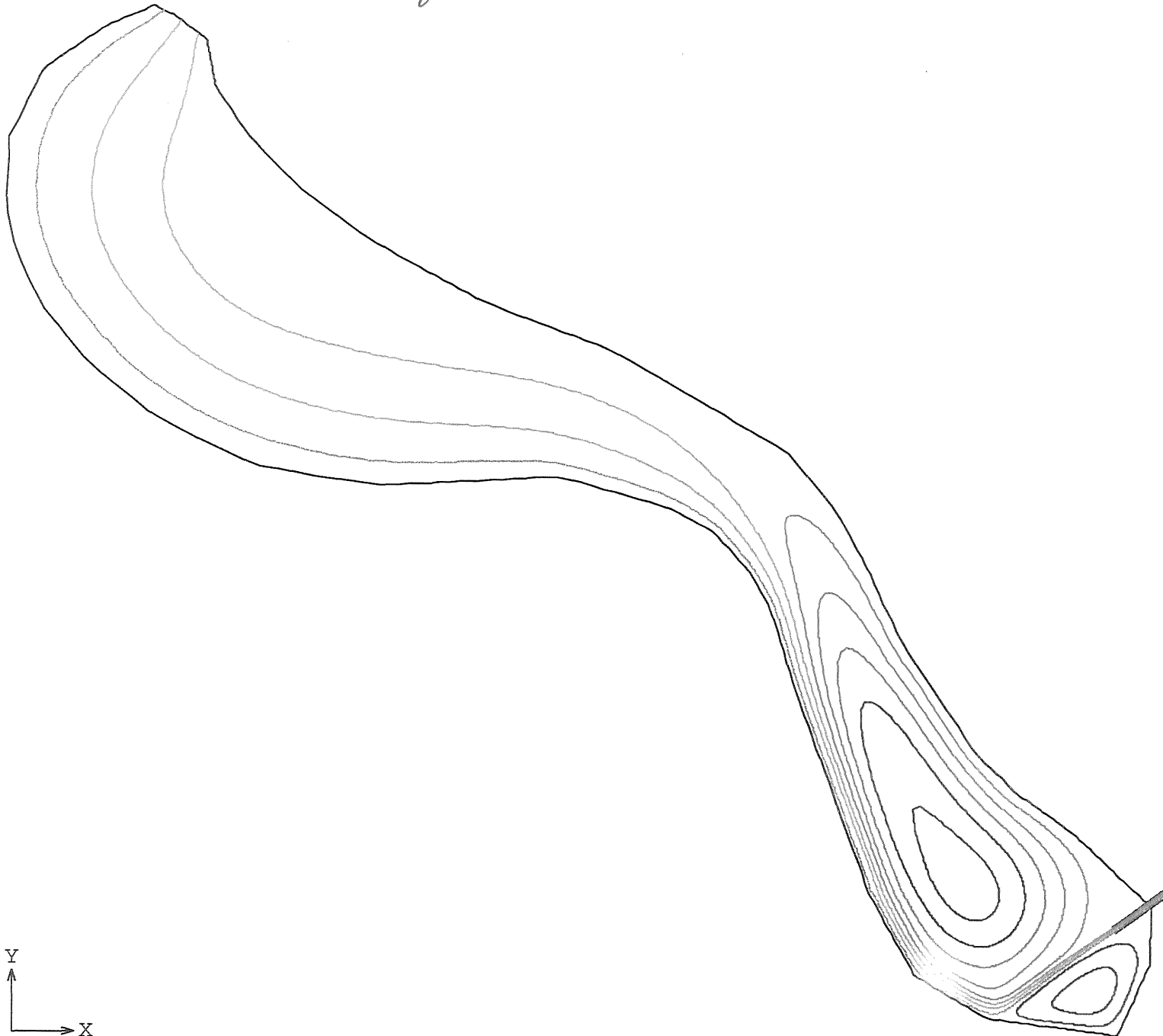
10:48:36

1.7

BILAGA L



2D 400 l/s strömlinjer



STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

- -.7997E+00
- -.6277E+00
- -.4557E+00
- -.2838E+00
- -.1118E+00
- 0.6020E-01
- 0.2322E+00
- 0.4042E+00
- 0.5761E+00
- 0.7481E+00

MINIMUM

-0.88569E+00

MAXIMUM

0.83411E+00

SCREEN LIMITS

XMIN 0.281E+02

XMAX 0.201E+03

YMIN -.159E+03

YMAX -.553E+01

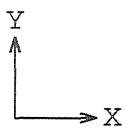
FIDAP 7.62

15 Sep 97

18:39:43

BILAGA 1

1.8



20, 800 l/s

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

- -.1613E+01
- -.1268E+01
- -.9231E+00
- -.5779E+00
- -.2328E+00
- 0.1124E+00
- 0.4576E+00
- 0.8028E+00
- 0.1148E+01
- 0.1493E+01

MINIMUM

-0.17861E+01

MAXIMUM

0.16657E+01

SCREEN LIMITS

XMIN 0.281E+02

XMAX 0.201E+03

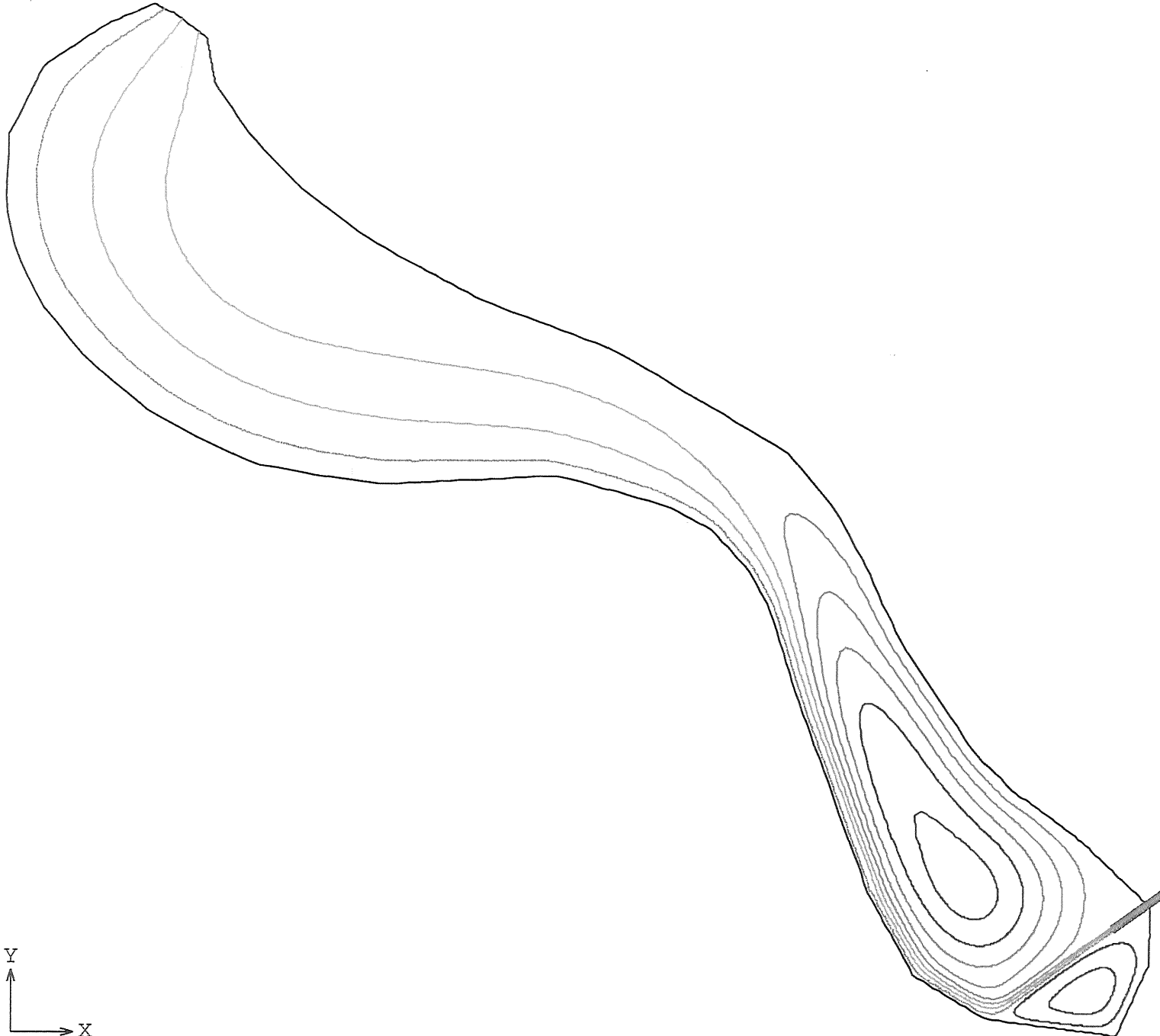
YMIN -.159E+03

YMAX -.553E+01

FIDAP 7.62

25 Sep 97

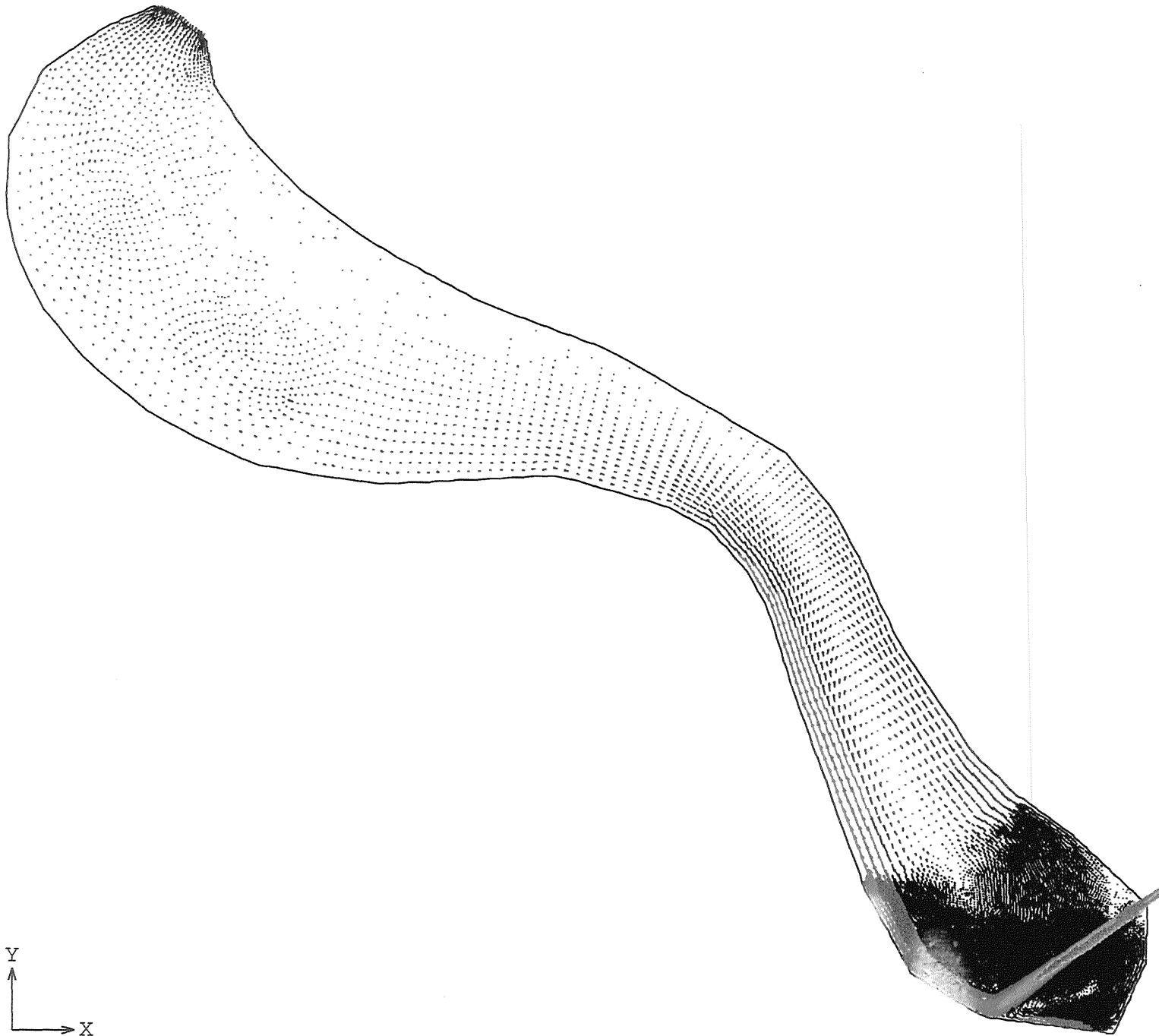
16:51:17



L.9.

BILAGGA L.

2D 800 L/S



VELOCITY VECTOR PLOT

SCALE FACTOR
0.5000E+02
REFER. VECTOR
→0.1636E+01
MAX.VEC.PLOT'D
0.1297E+01
AT NODE 5325

COLOR CODE:
VELOCITY

0.136E+01
0.109E+01
0.818E+00
0.545E+00
0.273E+00

SCREEN LIMITS
XMIN 0.281E+02
XMAX 0.201E+03
YMIN -.159E+03
YMAX -.553E+01

FIDAP 7.62
25 Sep 97
16:51:06

F.10.

BILKSA L.

BILAGA M.

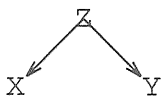
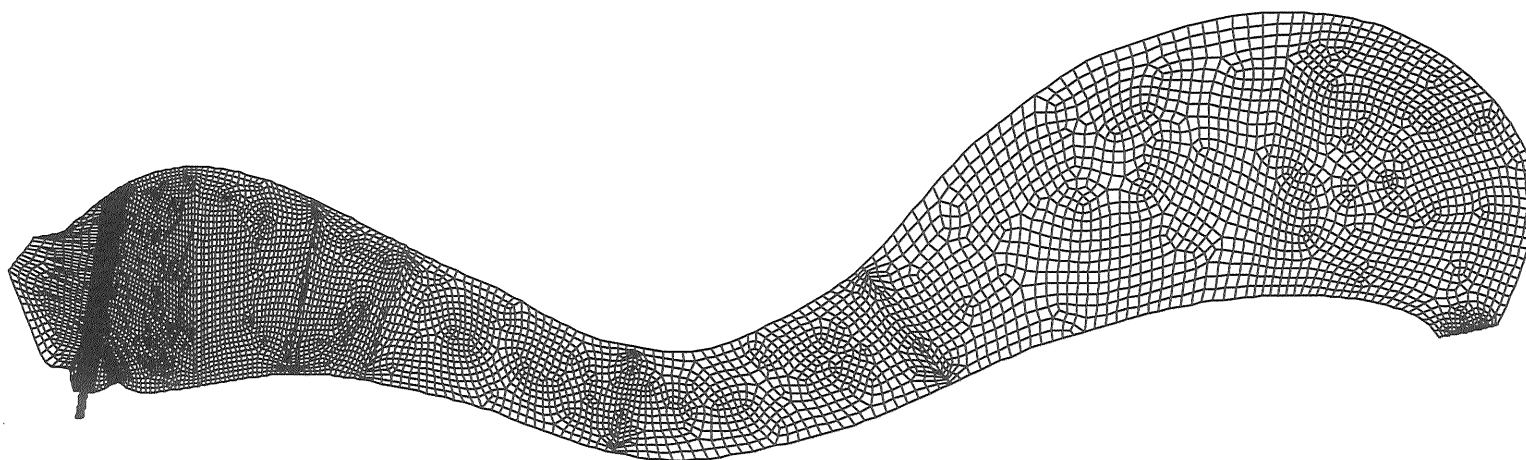
Resultat 3D simuleringar

- M.1 Elementnät, 3D, modell byggd interaktivt, ovanifrån, hela dammen
- M.2 Elementnät, 3D, modell byggd interaktivt, underifrån, hela dammen
- M.3 Elementnät, 3D, modell byggd interaktivt, underifrån vid inlopps bassäng
- M.4 Elementnät, 3D, modell byggd interaktivt, snett underifrån vid inlopps bassäng
- M.5 Vektorplot 20 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, hela dammen
- M.6 Hastighetsplot 20 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, hela dammen
- M.7 Vektorplot 20 l/s, 3D, k-ε, 0,5 m under yta, halva dammen
- M.8 Hastighetsplot 20 l/s, 3D, k-ε, 0,5 m under yta, hela dammen
- M.9 Vektorplot 20 l/s, 3D, mixing length, 0,12 m under yta, hela dammen
- M.10 Hastighetsplot 20 l/s, 3D, mixing length, 0,12 m under yta, hela dammen
- M.11 Vektorplot 20 l/s, 3D, mixing length, 0,5 m under yta, inlopps delen av dammen
- M.12 Vektorplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, hela dammen
- M.13 Vektorplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, inlopps bassäng
- M.14 Hastighetsplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, hela dammen
- M.15 Hastighetsplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, tvärsektion vid inlopps bassäng 1*
- M.16 Hastighetsplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, tvärsektion vid inlopps bassäng 2*
- M.17 Hastighetsplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, tvärsektion vid uppgrundning*
- M.18 Hastighetsplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, tvärsektion vid mitten av dammen*
- M.19 Hastighetsplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, tvärsektion vid gränsen till djupare*
- M.20 Hastighetsplot 400 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, tvärsektion vid utlopps bassängen*
- M.21 Vektorplot 800 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, inlopps del
- M.22 Vektorplot 800 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, utlopps del
- M.23 Hastighetsplot 800 l/s, 3D, k-ε, 0,5 m under yta, hela dammen
- M.24 Vektorplot 800 l/s, 3D, k-ε, 1 m under yta, hela dammen
- M.25 Vektorplot 800 l/s, 3D, k-ε, 1 m under yta, inlopps del
- M.26 Vektorplot 800 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, inlopps del, hög råhet ansatt
- M.27 Hastighetsplot 800 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, hela dammen, hög råhet ansatt
- M.28 Vektorplot 800 l/s, 3D, mixing length, 0,12 m under yta, inlopps del
- M.29 Elementnät, 3D, modell byggd med indatafil, fyrkantrör, ovanifrån, hela dammen
- M.30 Elementnät, 3D, modell byggd med indatafil, fyrkantrör, underifrån, hela dammen
- M.31 Vektorplot 20 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, fyrkantrör, gles elementnät, inlopps del
- M.32 Vektorplot 800 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, fyrkantrör, gles elementnät, inlopps del
- M.33 Hastighetsplot 800 l/s, 3D, k-ε, 0,12 m under yta, fyrkantrör, gles mesh, inlopps del

* Tvärsektionerna är tagna så att de börjar vid inlopps bassängen, M.15 och går ut emot utlopps bassängen, M.20.

Elementindelning, ovanifran

ELEMENT
MESH PLOT



VIEW DIRECTION

VX -.442E-02

VY -.442E-02

VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

13 Nov 97

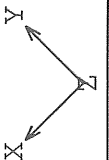
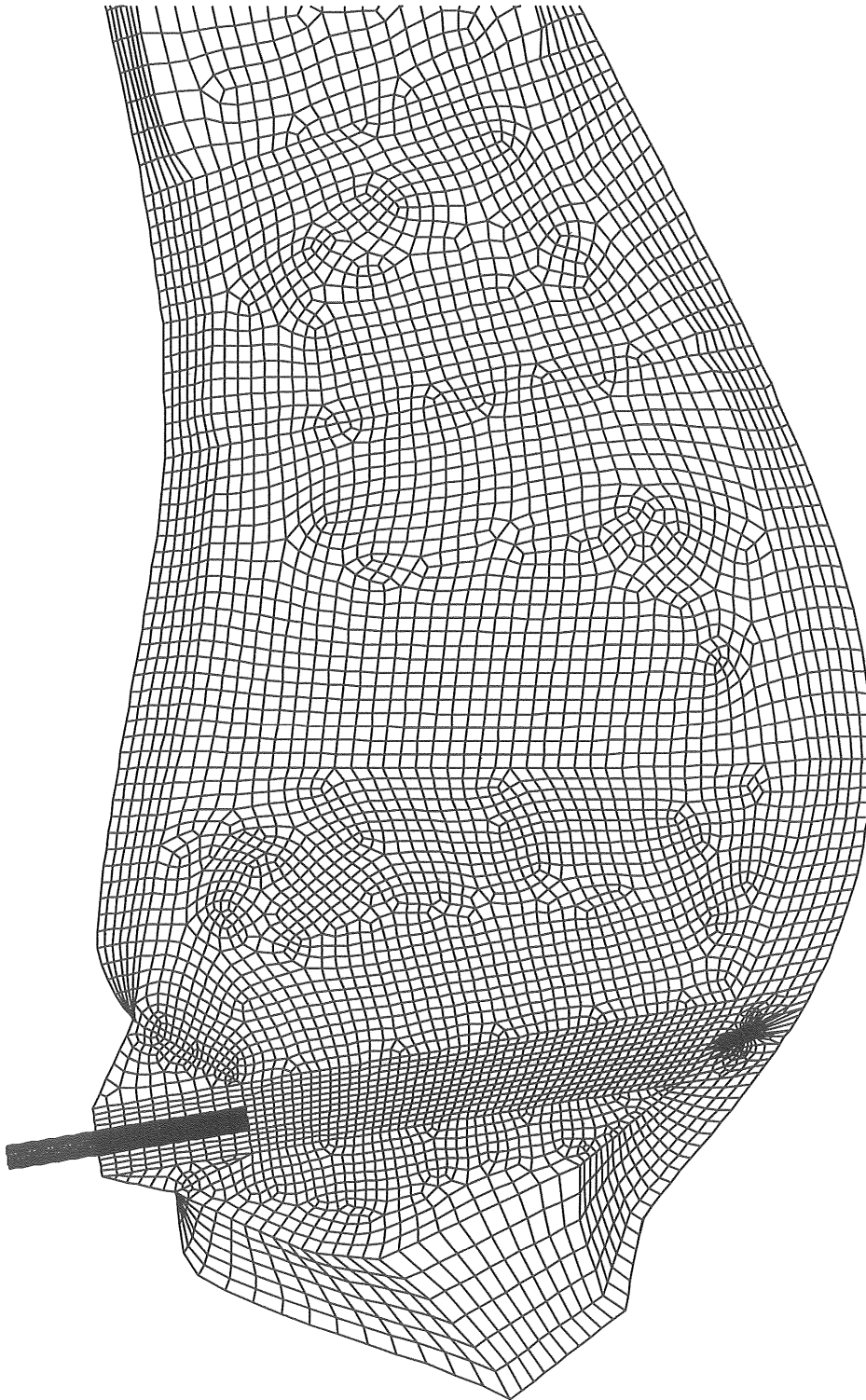
17:59:57

BILAGA M.

M.I.



Elementindelning, underifran

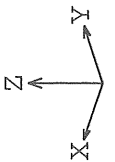
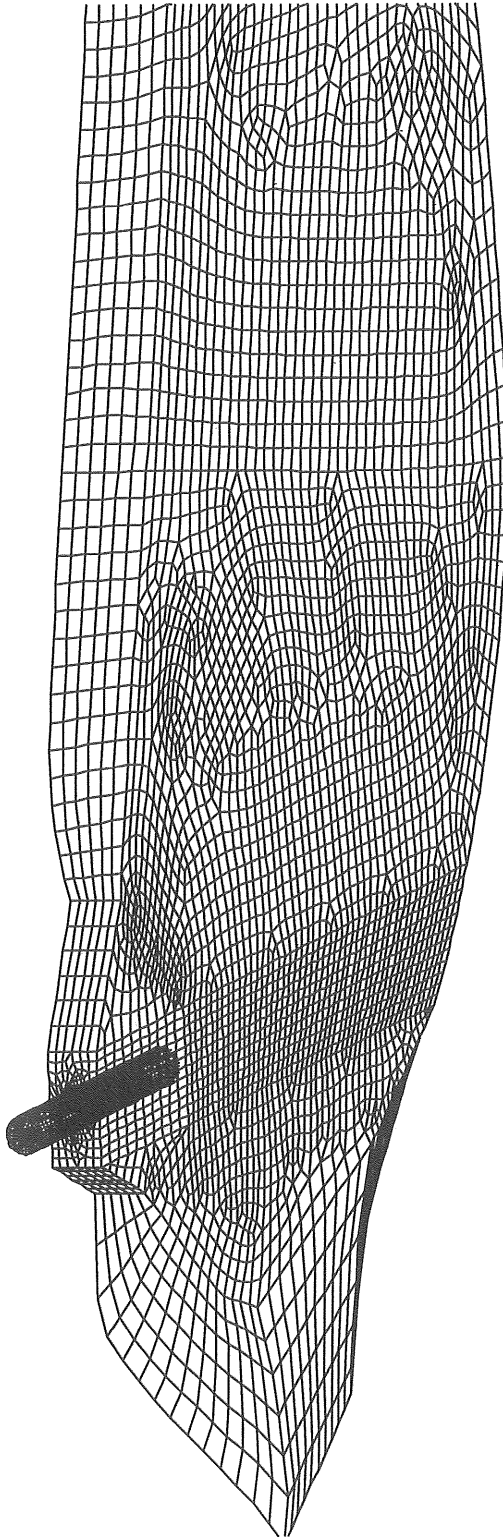


ELEMENT
MESH PLOT

VIEW DIRECTION
VX -.406E-01
VY -.406E-01
VZ -.100E+01
ANG -.180E+03

FIDAP 7.62
13 Nov 97
18:03:13

Elementindelning , sett underifrån



ELEMENT
MESH PLOT

VIEW DIRECTION
VX 0.100E+01
VY 0.100E+01
VZ -.510E+00
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
13 Nov 97
18:06:03

3d, 20 1/s, k-e, 0.12m under ytan

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.7551E-02

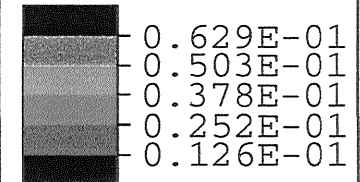
MAX.VEC.PLOT'D

0.4999E-02

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX 0.368E-02

VY 0.368E-02

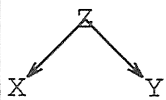
VZ 0.100E+01

ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62

2 Nov 97

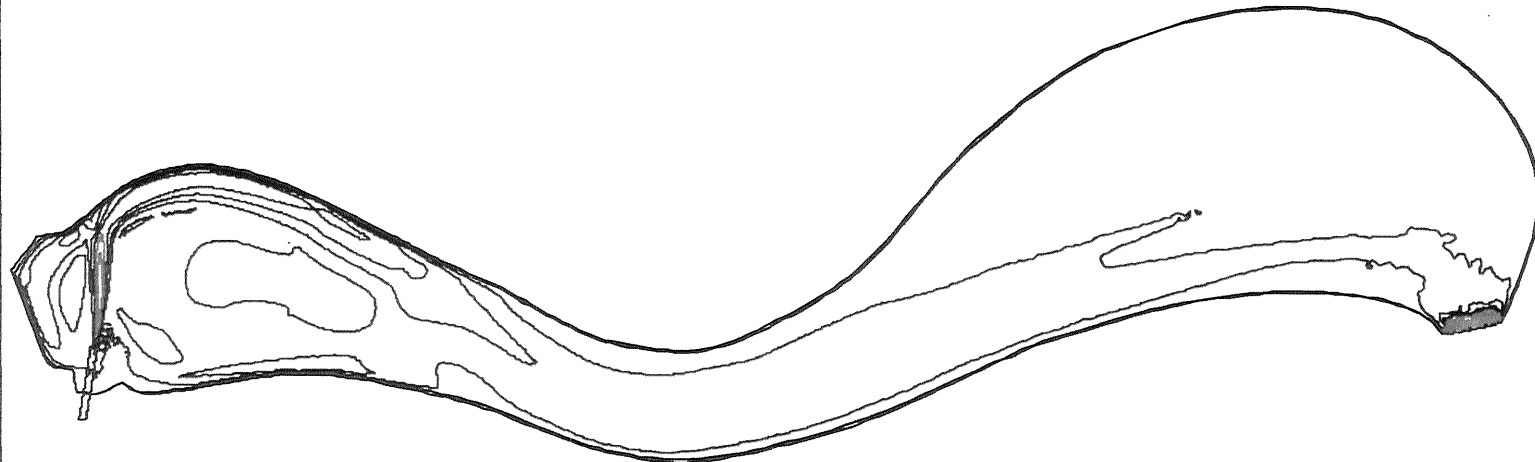
18:37:49



BILAGA M.

M.5.

3d, 20 l/s, k-e, 0.12m under ytan



SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.1510E-02
- 0.7551E-02
- 0.1359E-01
- 0.1661E-01
- 0.2265E-01
- 0.2869E-01
- 0.3172E-01
- 0.3776E-01
- 0.4380E-01
- 0.4682E-01
- 0.5286E-01
- 0.5890E-01
- 0.6192E-01
- 0.6796E-01
- 0.7400E-01

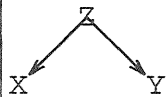
**SEE PRINTOUT

MINIMUM
0.00000E+00
MAXIMUM
0.75513E-01

PLANE COEFF.S
A 0.000E+00
B 0.000E+00
C 0.100E+01
D -.200E+01

VIEW DIRECTION
VX 0.368E-02
VY 0.368E-02
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
2 Nov 97
18:39:02



BILAK, A M.

M.6,

3d, 20 1/s, k-e, 0.5m under ytan

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.7551E-02

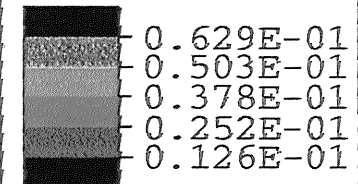
MAX. VEC. PLOT'D

0.9999E-02

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.162E+01

VIEW DIRECTION

VX 0.368E-02

VY 0.368E-02

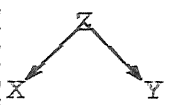
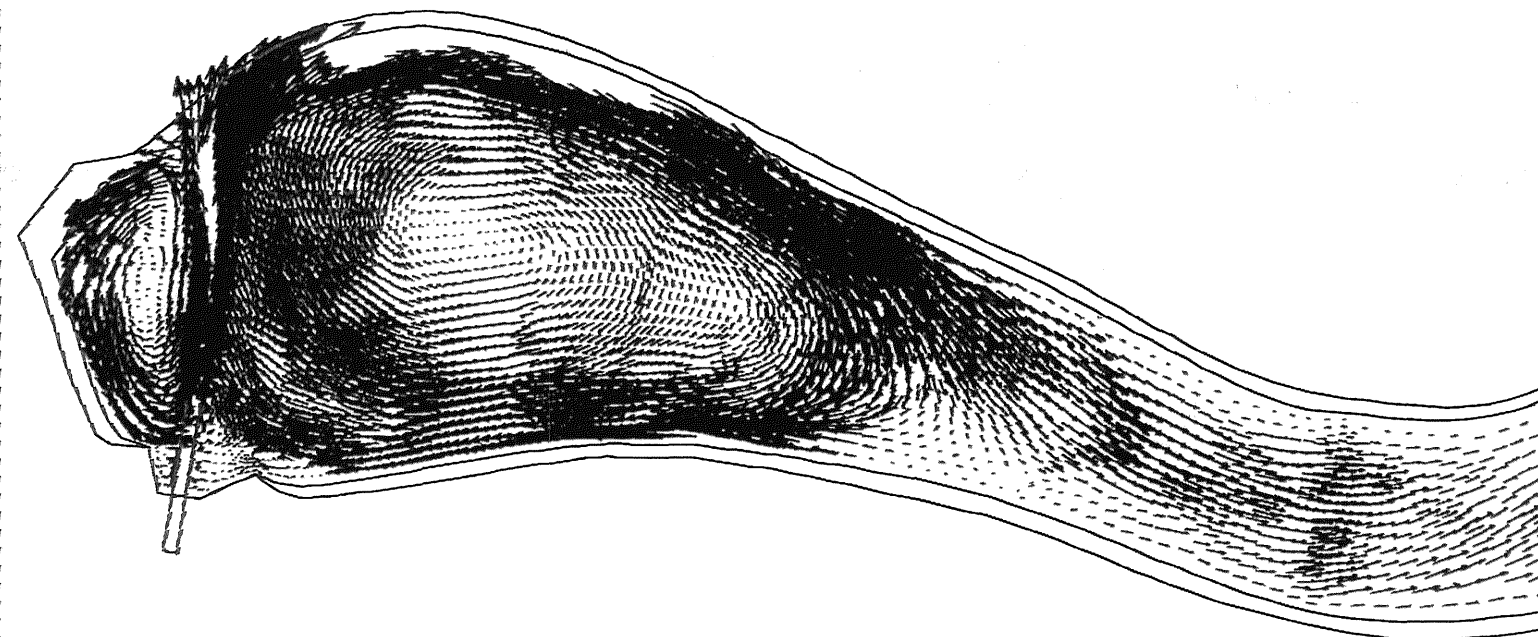
VZ 0.100E+01

ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62

2 Nov 97

18:43:05



M.7.

BILAGIA M.

3d, 20 1/s, k-e, 0.5m under ytan

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.1510E-02
 - 0.7551E-02
 - 0.1359E-01
 - 0.1661E-01
 - 0.2265E-01
 - 0.2869E-01
 - 0.3172E-01
 - 0.3776E-01
 - 0.4380E-01
 - 0.4682E-01
 - 0.5286E-01
 - 0.5890E-01
 - 0.6192E-01
 - 0.6796E-01
 - 0.7400E-01
- **SEE PRINTOUT

MINIMUM
0.00000E+00
MAXIMUM
0.75513E-01

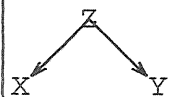
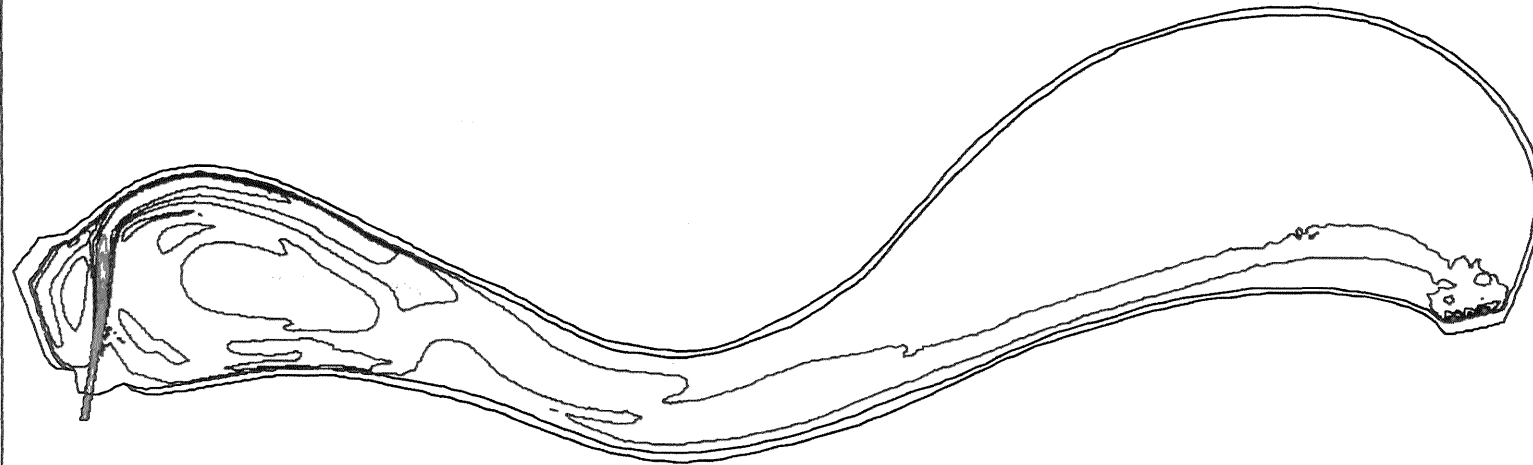
PLANE COEFF.S

- A 0.000E+00
- B 0.000E+00
- C 0.100E+01
- D -.162E+01

VIEW DIRECTION

- VX 0.368E-02
- VY 0.368E-02
- VZ 0.100E+01
- ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
2 Nov 97
18:44:21



BILAGA M.

M.8

3d, 201/s, m-1, 0.12m under ytan

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.7314E-02

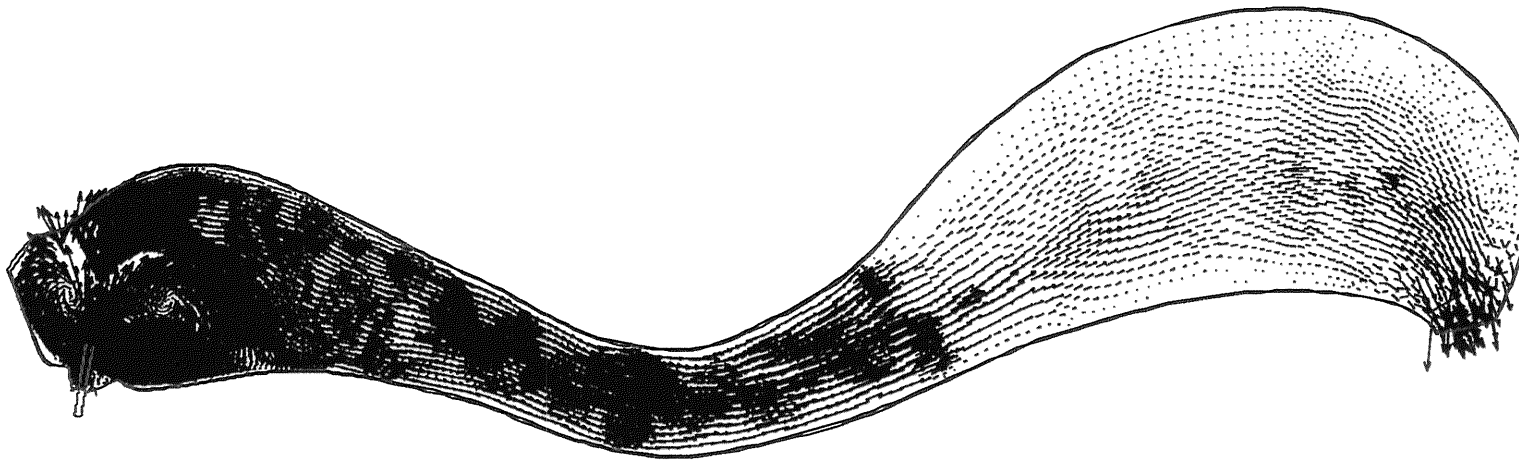
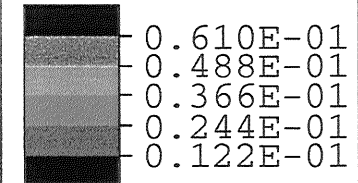
MAX.VEC.PLOT'D

0.5000E-02

AT NODE 13307

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX -.715E-01

VY -.715E-01

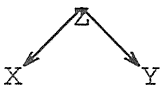
VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

3 Nov 97

10:51:53



M.9

BILAGAM

3d, 201/s, m-1, 0.12m under ytan

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.1463E-02
- 0.7314E-02
- 0.1317E-01
- 0.1609E-01
- 0.2194E-01
- 0.2779E-01
- 0.3072E-01
- 0.3657E-01
- 0.4242E-01
- 0.4535E-01
- 0.5120E-01
- 0.5705E-01
- 0.5998E-01
- 0.6583E-01
- 0.7168E-01

**SEE PRINTOUT

MINIMUM

0.00000E+00

MAXIMUM

0.73142E-01

PLANE COEFF.S

- A 0.000E+00
- B 0.000E+00
- C 0.100E+01
- D -.200E+01

VIEW DIRECTION

- VX -.715E-01
- VY -.715E-01
- VZ 0.100E+01
- ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

3 Nov 97

10:53:07



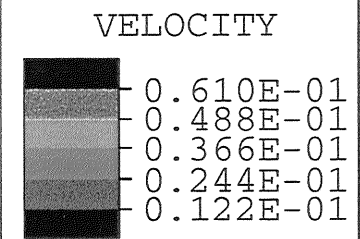
BILAGA M.

M.I.D.

3d, 20 1/s m-1, 0.5m under ytan

VELOCITY VECTOR PLOT

SCALE FACTOR
0.5000E+03
REFER. VECTOR
→ 0.7314E-02
MAX.VEC.PLOT'D
0.9986E-02
AT NODE 0
COLOR CODE:



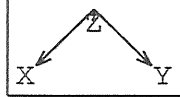
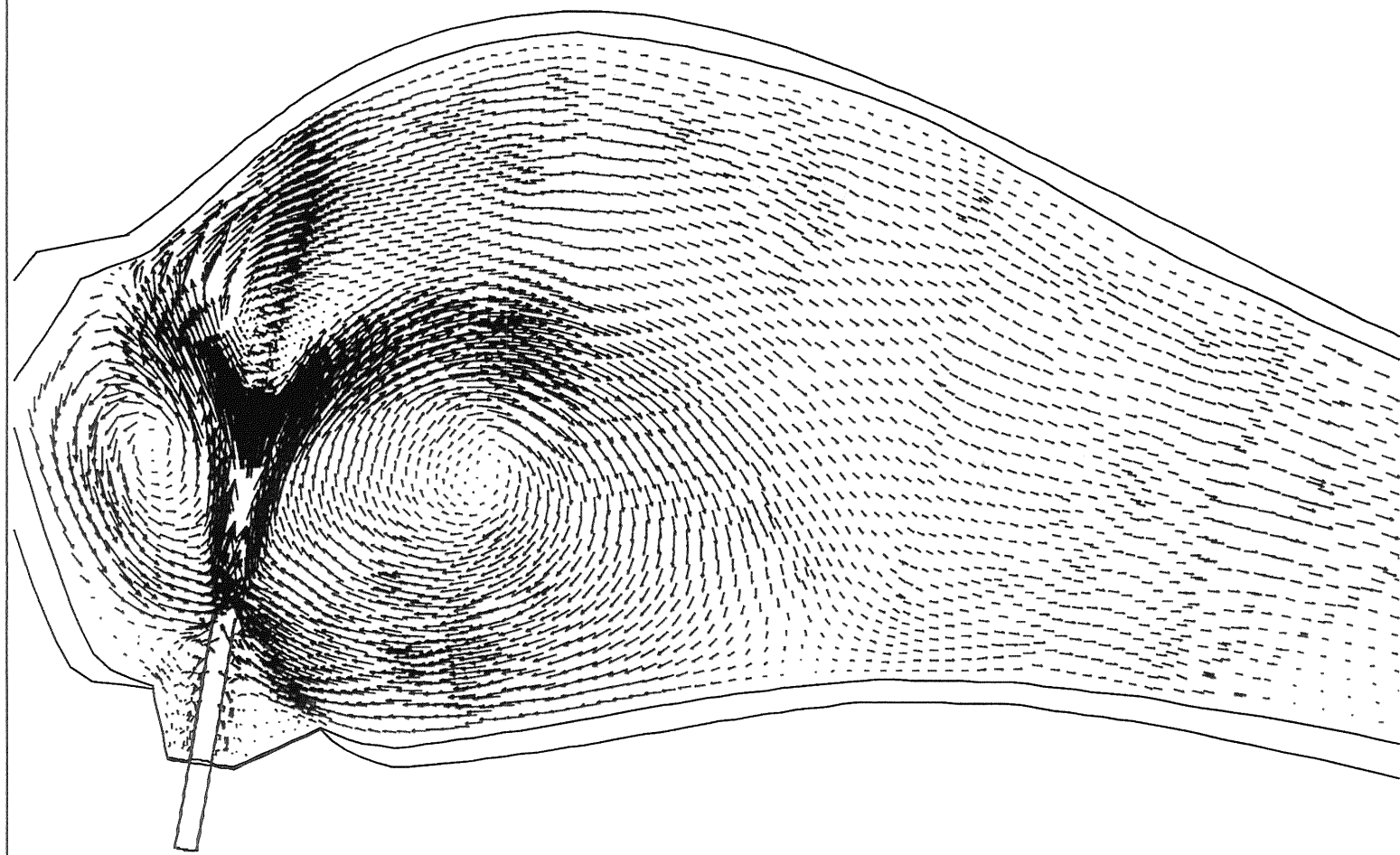
PLANE COEFF.S

A	0.000E+00
B	0.000E+00
C	0.100E+01
D	-.162E+01

VIEW DIRECTION

VX	-.110E+00
VY	-.110E+00
VZ	0.100E+01
ANG	-.180E+03

FIDAP 7.62
30 Oct 97
10:02:31



M.II.

BILAGA M.

3D, 400 1/s, k-e, 0.12m under ytan

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.1436E+00

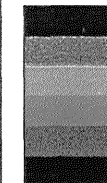
MAX. VEC. PLOT'D

0.1500E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



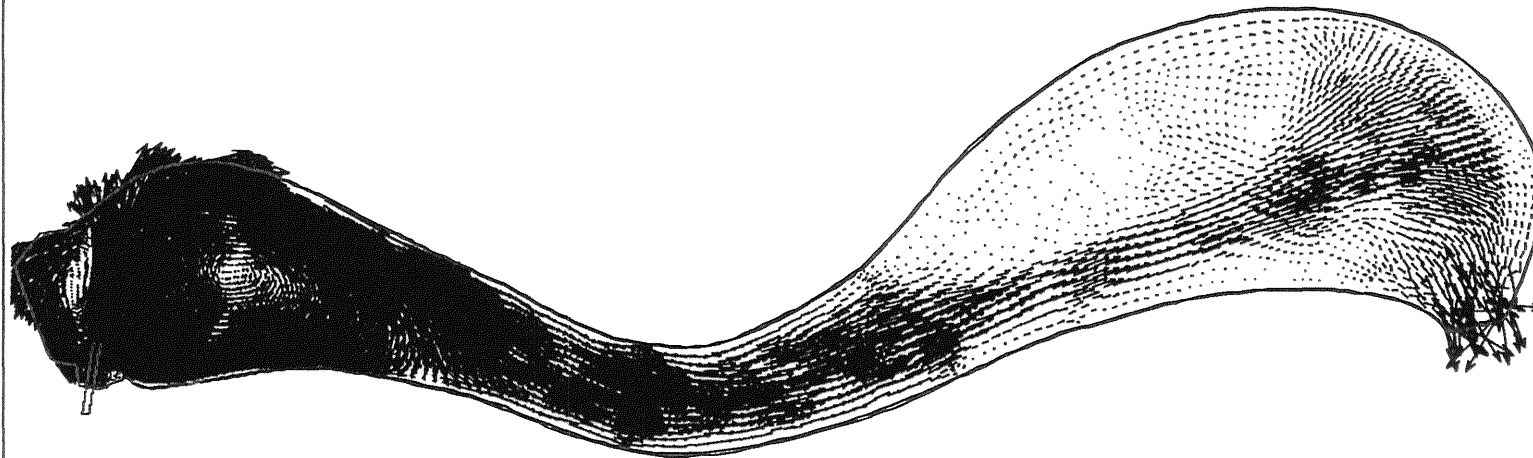
0.120E+01

0.958E+00

0.718E+00

0.479E+00

0.239E+00



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX -.754E-01

VY -.754E-01

VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

29 Oct 97

17:26:28



BILAGA M

M.12

3D, 400 1/s, k-e, 0.12m under ytan

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→0.1436E+00

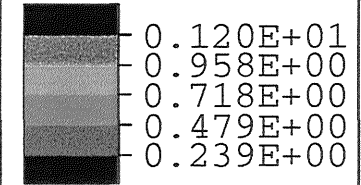
MAX.VEC.PLOT'D

0.3597E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX -.754E-01

VY -.754E-01

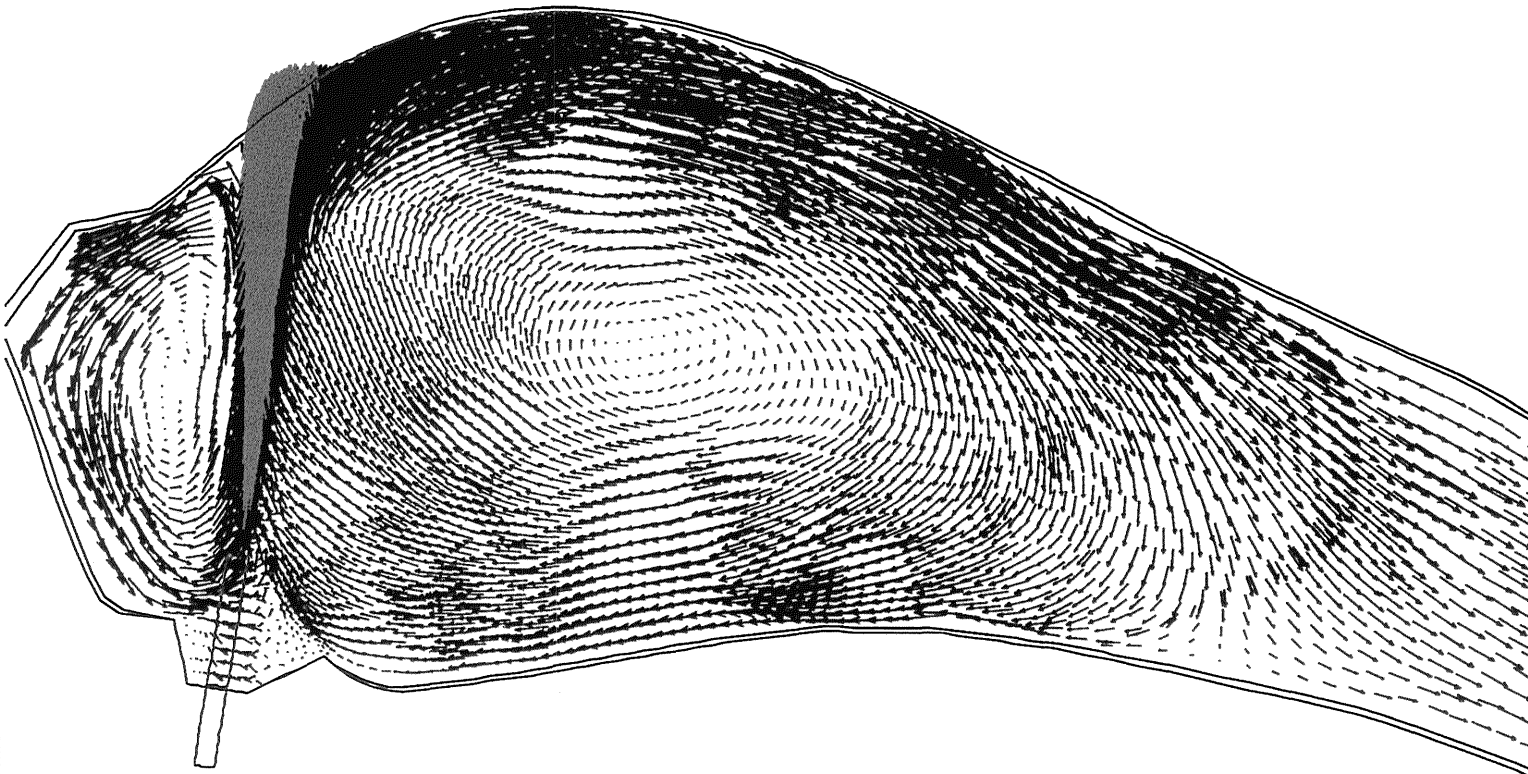
VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

29 Oct 97

17:22:08



M13.

BILAGA M.



3D, 400 1/s, k-e, 0.12m under ytan

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- 0.7182E-01
-- 0.2155E+00
-- 0.3591E+00
-- 0.5028E+00
-- 0.6464E+00
-- 0.7900E+00
-- 0.9337E+00
-- 0.1077E+01
-- 0.1221E+01
-- 0.1365E+01

MINIMUM
0.00000E+00

MAXIMUM
0.14364E+01

PLANE COEFF.S

A 0.000E+00
B 0.000E+00
C 0.100E+01
D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX -.754E-01
VY -.754E-01
VZ 0.100E+01
ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

29 Oct 97

17:27:46



BLAGAM

M.14

3d, 400 l/s, k-e, plotyta 37, tvärsektion vid inloppsbasäng

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.7182E-01
 - 0.1580E+00
 - 0.2729E+00
 - 0.3591E+00
 - 0.4453E+00
 - 0.5602E+00
 - 0.6464E+00
 - 0.7326E+00
 - 0.8475E+00
 - 0.9337E+00
 - 0.1020E+01
 - 0.11135E+01
 - 0.1221E+01
 - 0.1307E+01
 - 0.1422E+01
- **SEE PRINTOUT

MINIMUM

0.00000E+00

MAXIMUM

0.14364E+01

BOUNDARY GRP
SURFACE CUT

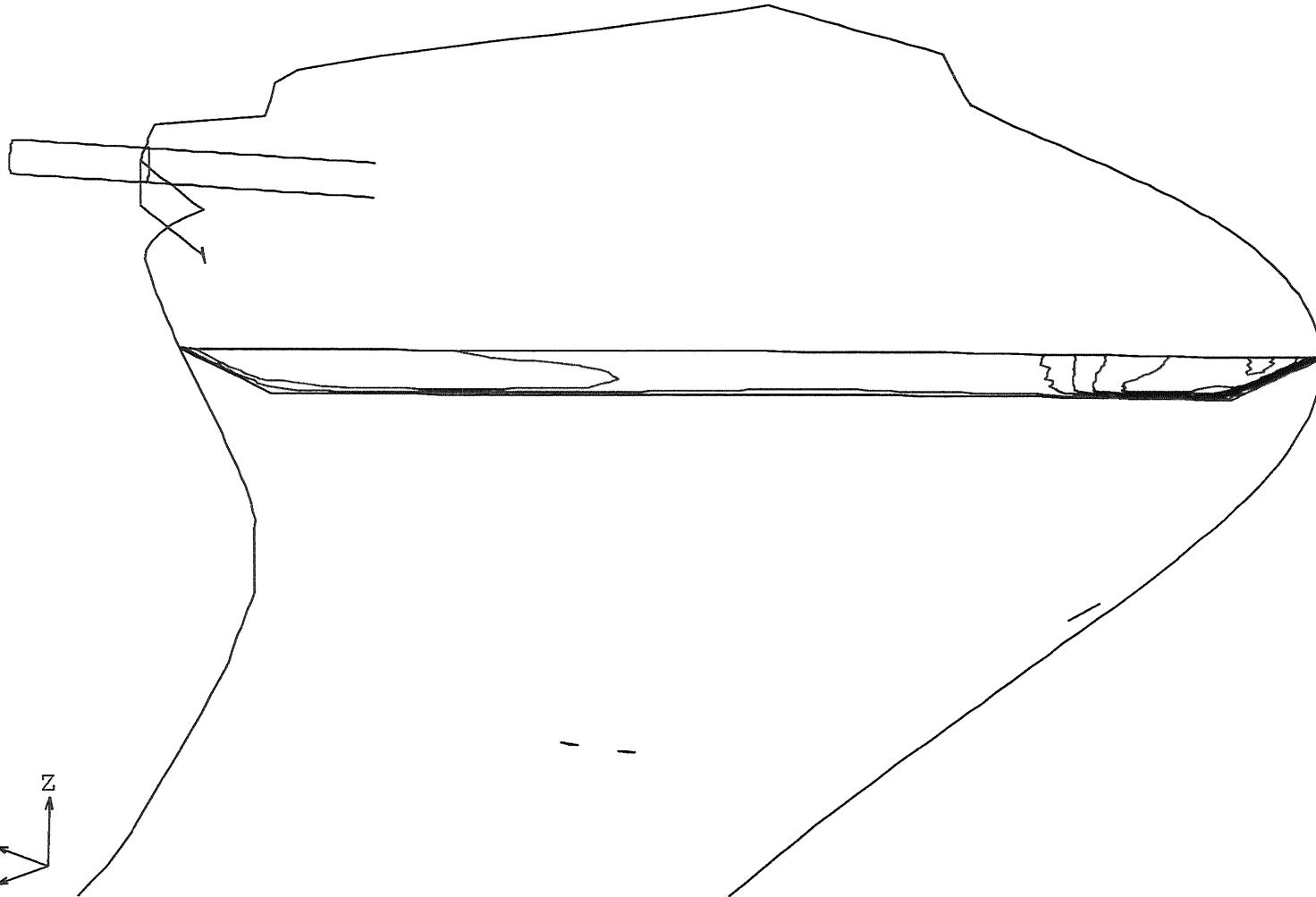
VIEW DIRECTION

VX -.977E+00
VY 0.100E+01
VZ 0.544E+00
ANG -.452E+00

FIDAP 7.62

3 Nov 97

20:14:23



M15.

BILAGA M.

3d, 400 l/s, k-e, plotyta 39, tvärsnitt vid inlopps båsäng

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.7182E-01
- 0.1580E+00
- 0.2729E+00
- 0.3591E+00
- 0.4453E+00
- 0.5602E+00
- 0.6464E+00
- 0.7326E+00
- 0.8475E+00
- 0.9337E+00
- 0.1020E+01
- 0.1135E+01
- 0.1221E+01
- 0.1307E+01
- 0.1422E+01

**SEE PRINTOUT

MINIMUM
0.00000E+00

MAXIMUM
0.14364E+01

BOUNDARY GRP
SURFACE CUT

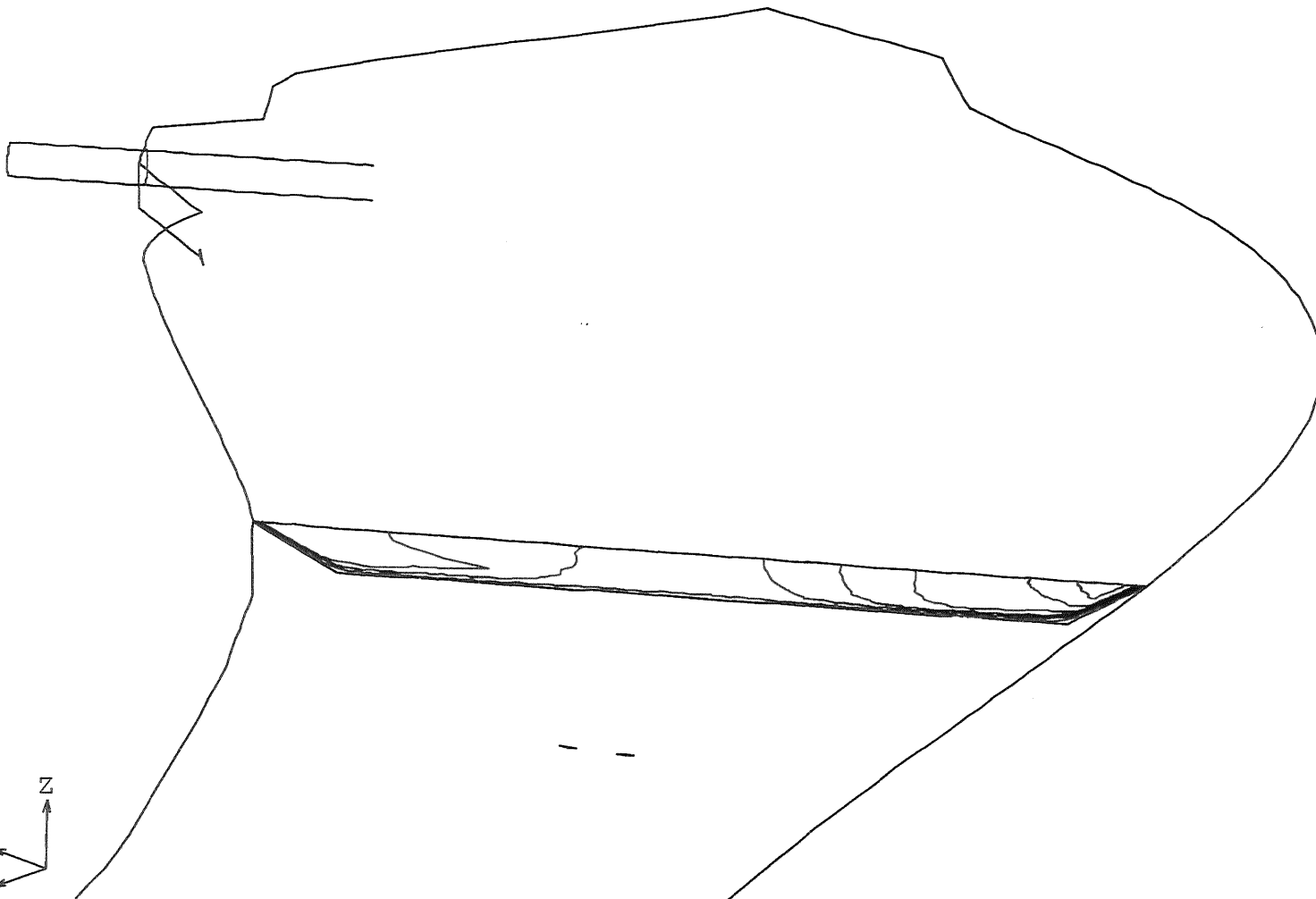
VIEW DIRECTION

VX -.977E+00
VY 0.100E+01
VZ 0.544E+00
ANG -.452E+00

FIDAP 7.62

3 Nov 97

20:15:18



BILAGA M.

M.16.

3d, 400 l/s, k-e, plotyta 41, tvärsektion vid inloppsbasering

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

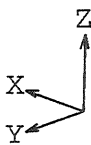
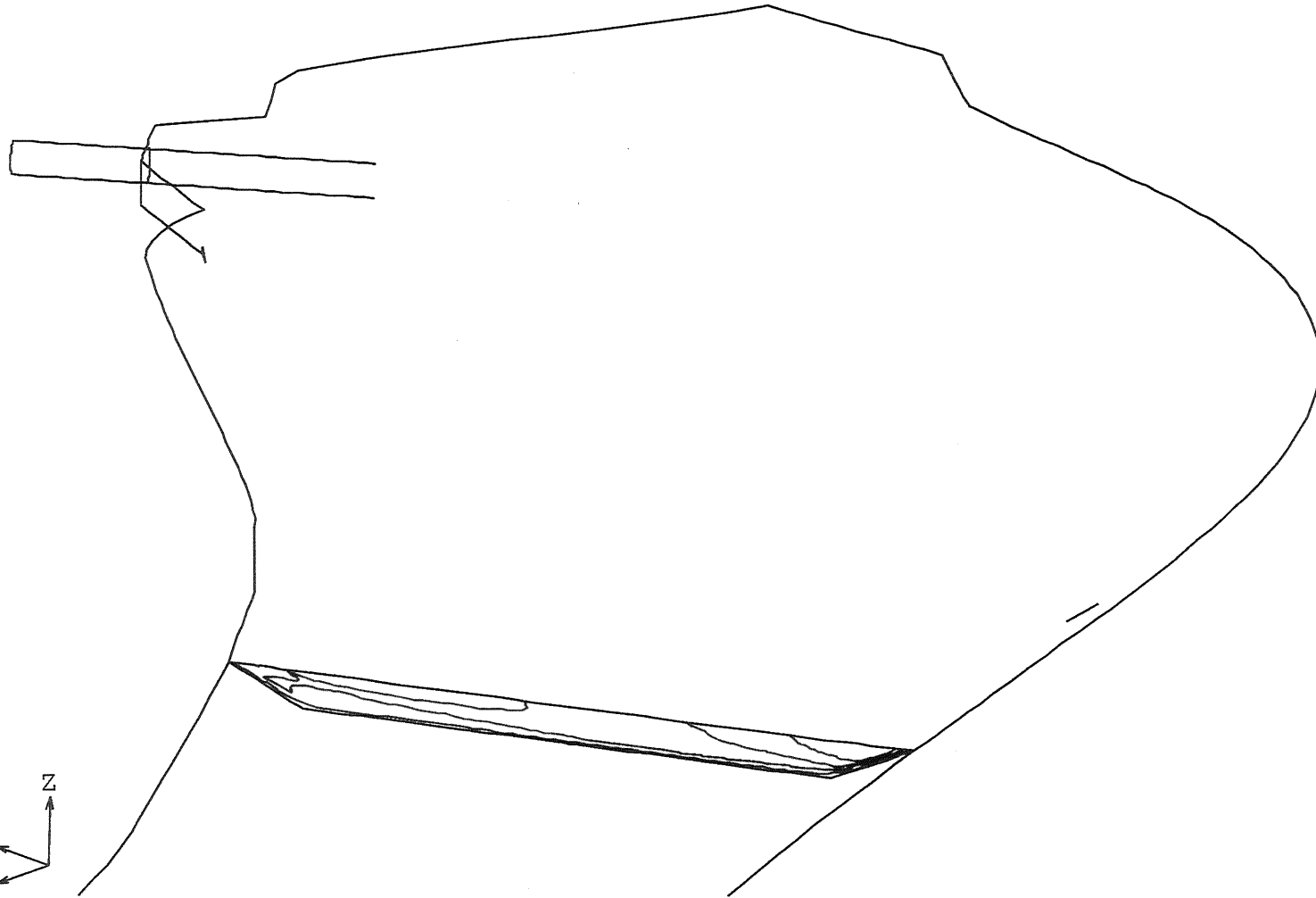
- 0.7182E-01
 - 0.1580E+00
 - 0.2729E+00
 - 0.3591E+00
 - 0.4453E+00
 - 0.5602E+00
 - 0.6464E+00
 - 0.7326E+00
 - 0.8475E+00
 - 0.9337E+00
 - 0.1020E+01
 - 0.11135E+01
 - 0.1221E+01
 - 0.1307E+01
 - 0.1422E+01
- **SEE PRINTOUT

MINIMUM
0.00000E+00
MAXIMUM
0.14364E+01

BOUNDARY GRP
SURFACE CUT

VIEW DIRECTION
VX -.977E+00
VY 0.100E+01
VZ 0.544E+00
ANG -.452E+00

FIDAP 7.62
3 Nov 97
20:17:02



M.17.

BILAGA M.

3d, 400 l/s, k-e, plotyta 47, tvärsektion vid grunt parki

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.7182E-01
- 0.1580E+00
- 0.2729E+00
- 0.3591E+00
- 0.4453E+00
- 0.5602E+00
- 0.6464E+00
- 0.7326E+00
- 0.8475E+00
- 0.9337E+00
- 0.1020E+01
- 0.11135E+01
- 0.1221E+01
- 0.1307E+01
- 0.1422E+01

**SEE PRINTOUT

MINIMUM

0.00000E+00

MAXIMUM

0.14364E+01

BOUNDARY GRP
SURFACE CUT

VIEW DIRECTION

VX -.977E+00

VY 0.100E+01

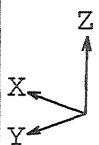
VZ 0.544E+00

ANG -.452E+00

FIDAP 7.62

3 Nov 97

20:18:58



BILAGA 19.

M.18

3d, 400 l/s, k-e, plotyta 45, tvärsektion vid grunt parti

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.7182E-01
- 0.1580E+00
- 0.2729E+00
- 0.3591E+00
- 0.4453E+00
- 0.5602E+00
- 0.6464E+00
- 0.7326E+00
- 0.8475E+00
- 0.9337E+00
- 0.1020E+01
- 0.1135E+01
- 0.1221E+01
- 0.1307E+01
- 0.1422E+01

**SEE PRINTOUT

MINIMUM

0.00000E+00

MAXIMUM

0.14364E+01

BOUNDARY GRP

SURFACE CUT

VIEW DIRECTION

VX -.100E+01

VY 0.217E+00

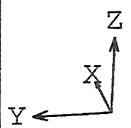
VZ 0.421E+00

ANG -.150E+01

FIDAP 7.62

3 Nov 97

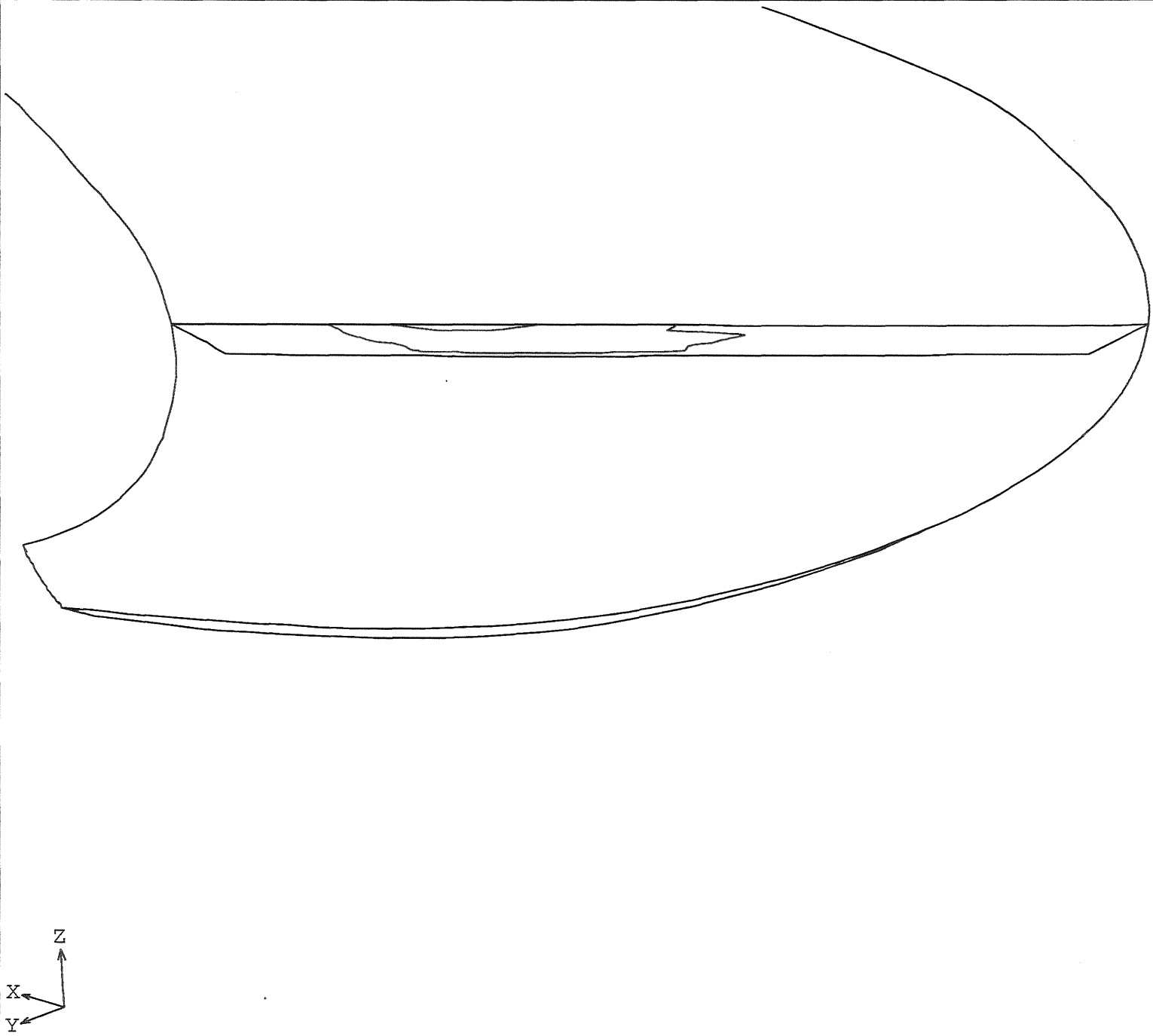
20:21:46



M.19.

BILAGA M.

3d, 400 l/s, k-e, plotyta 13, tvärsektion vid utlopps bassäng



SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.7182E-01
 - 0.1580E+00
 - 0.2729E+00
 - 0.3591E+00
 - 0.4453E+00
 - 0.5602E+00
 - 0.6464E+00
 - 0.7326E+00
 - 0.8475E+00
 - 0.9337E+00
 - 0.1020E+01
 - 0.1135E+01
 - 0.1221E+01
 - 0.1307E+01
 - 0.1422E+01
- **SEE PRINTOUT

MINIMUM
0.00000E+00
MAXIMUM
0.14364E+01

BOUNDARY GRP
SURFACE CUT

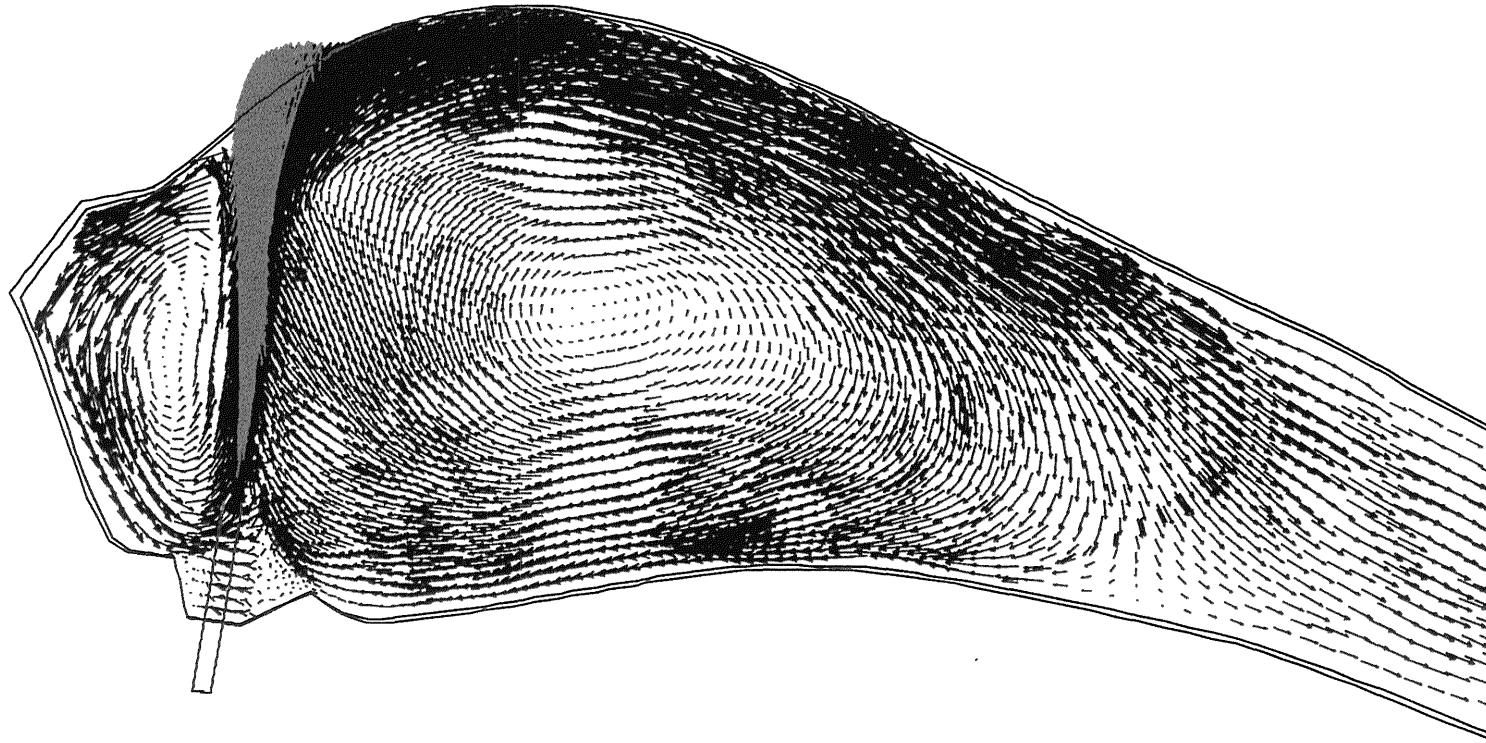
VIEW DIRECTION
VX -.100E+01
VY 0.931E+00
VZ 0.464E+00
ANG 0.375E+01

FIDAP 7.62
3 Nov 97
20:24:27

BILAGA M

M.20

3D, 800 l/s, k-e, snitt 0,12m under yta



VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.2877E+00

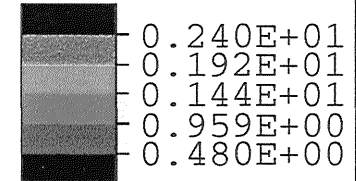
MAX. VEC. PLOT'D

0.7219E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX 0.332E-01

VY 0.332E-01

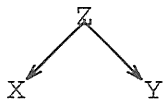
VZ 0.100E+01

ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62

29 Oct 97

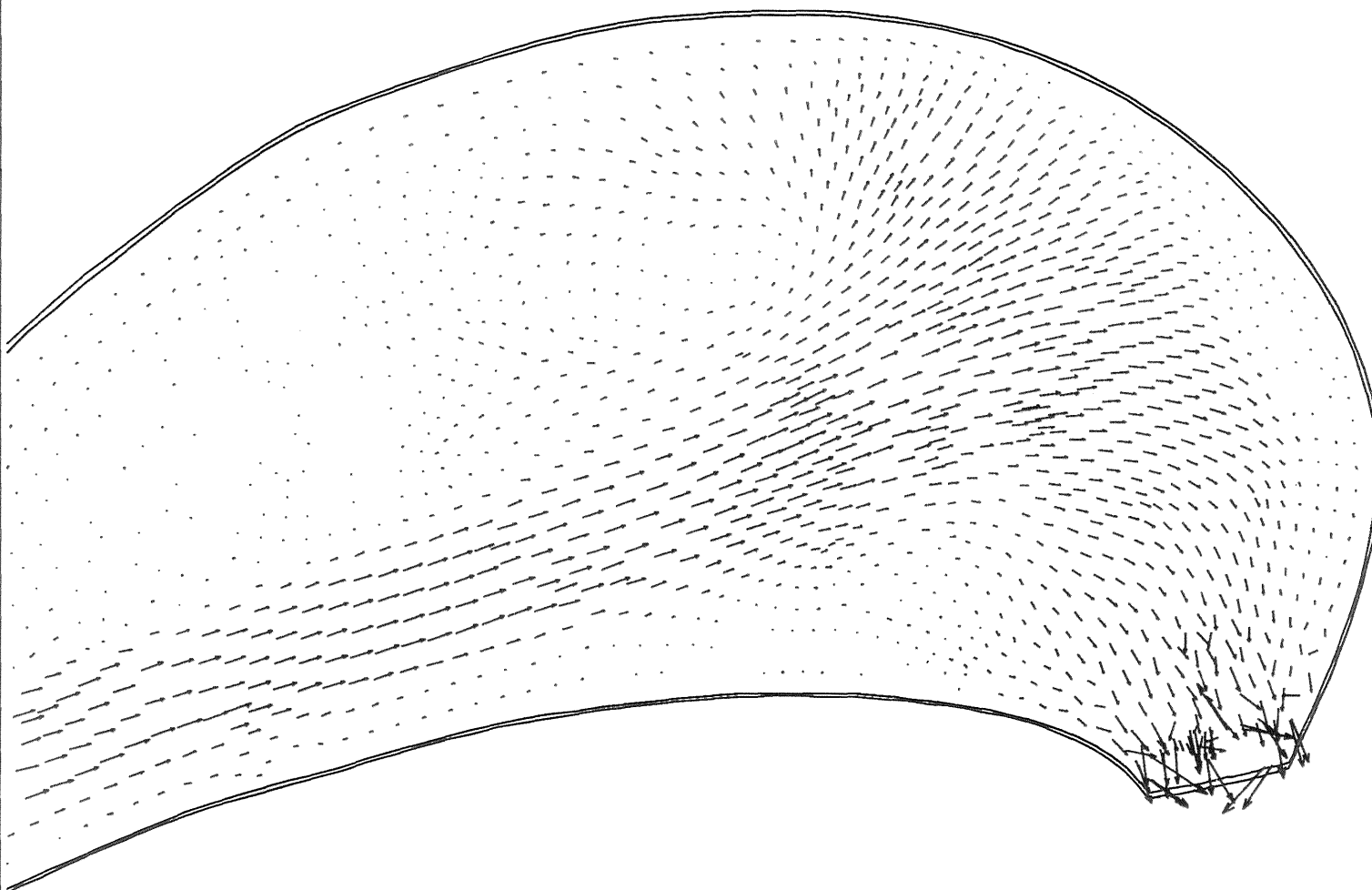
17:10:29



BILAGA M

M.21.

3D, 800 l/s, k-e, snitt 0,12m under yta



VELOCITY
VECTOR PLOT

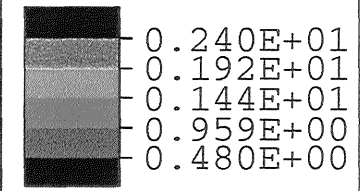
SCALE FACTOR
0.5000E+03

REFER. VECTOR
→ 0.2877E+00

MAX.VEC.PLOT'D
0.2814E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:
VELOCITY



PLANE COEFF.S

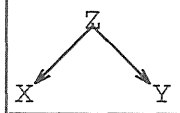
A 0.000E+00
B 0.000E+00
C 0.100E+01
D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX 0.332E-01
VY 0.332E-01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
29 Oct 97
17:32:50

SNITTET LIGGER 0,12 M
UNDER YTAN, ALLTID LIGGER
SNITTET INTE GENOM EN
FRI VATTENYTA VID SKI-
BORDEN.



M.22,

BILAGA M,

3d, 800 1/s, 0.5 m under yta

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- 0.1079E+00
-- 0.3237E+00
-- 0.5395E+00
-- 0.6834E+00
-- 0.8991E+00
-- 0.1115E+01
-- 0.1259E+01
-- 0.1475E+01
-- 0.1690E+01
-- 0.1834E+01
-- 0.2050E+01
-- 0.2266E+01
-- 0.2410E+01
-- 0.2626E+01
-- 0.2841E+01

**SEE PRINTOUT

MINIMUM
0.00000E+00

MAXIMUM
0.28773E+01

PLANE COEFF.S

A 0.000E+00
B 0.000E+00
C 0.100E+01
D -.162E+01

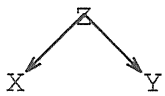
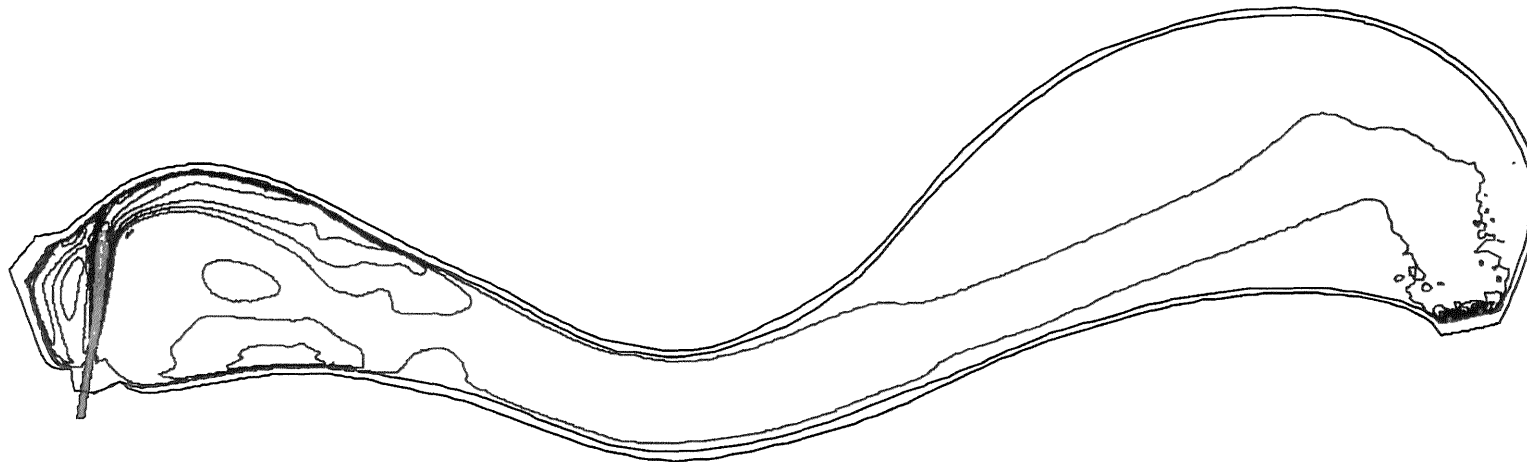
VIEW DIRECTION

VX -.233E-01
VY -.233E-01
VZ 0.100E+01
ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

11 Dec 97

19:00:37



31A6A M.

M.23.

3D, 800 l/s, k-e, snitt 1m under yta

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.2877E+00

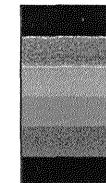
MAX.VEC.PLOT'D

0.4995E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



0.240E+01
0.192E+01
0.144E+01
0.959E+00
0.480E+00

PLANE COEFF.S

A 0.000E+00
B 0.000E+00
C 0.100E+01
D -.112E+01

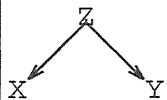
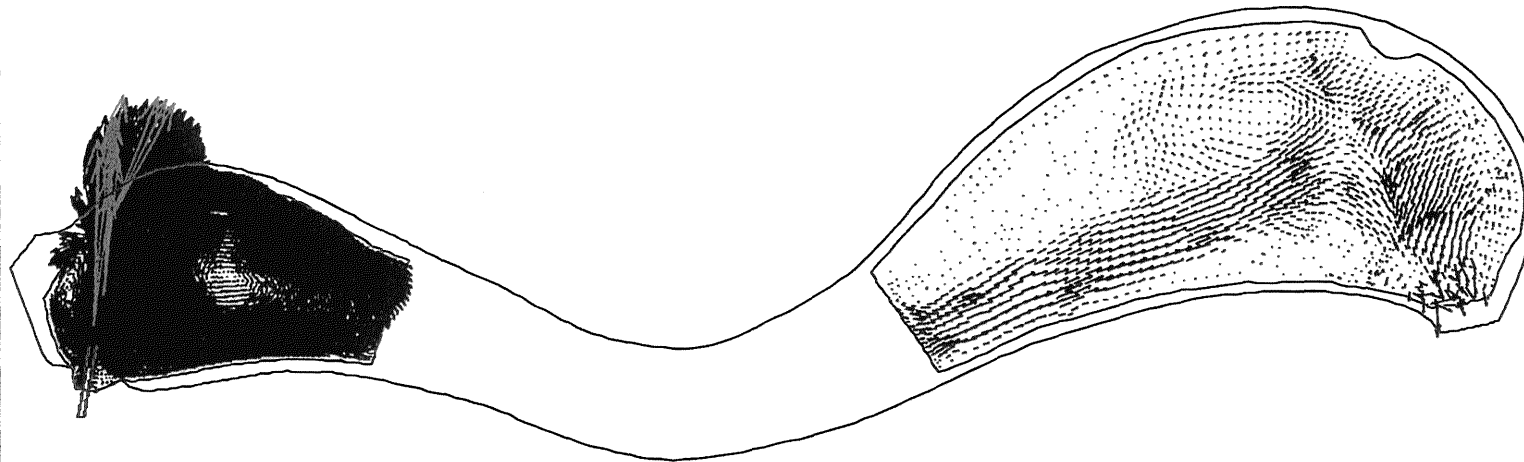
VIEW DIRECTION

VX 0.332E-01
VY 0.332E-01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62

29 Oct 97

17:01:41



BILAGA M.

M.24.

3D, 800 l/s, k-e, snitt 1m under yta

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.2877E+00

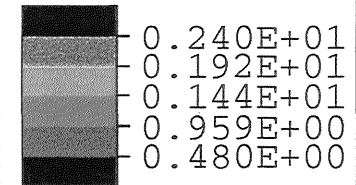
MAX. VEC. PLOT'D

0.4995E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.112E+01

VIEW DIRECTION

VX 0.332E-01

VY 0.332E-01

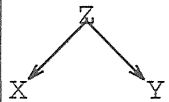
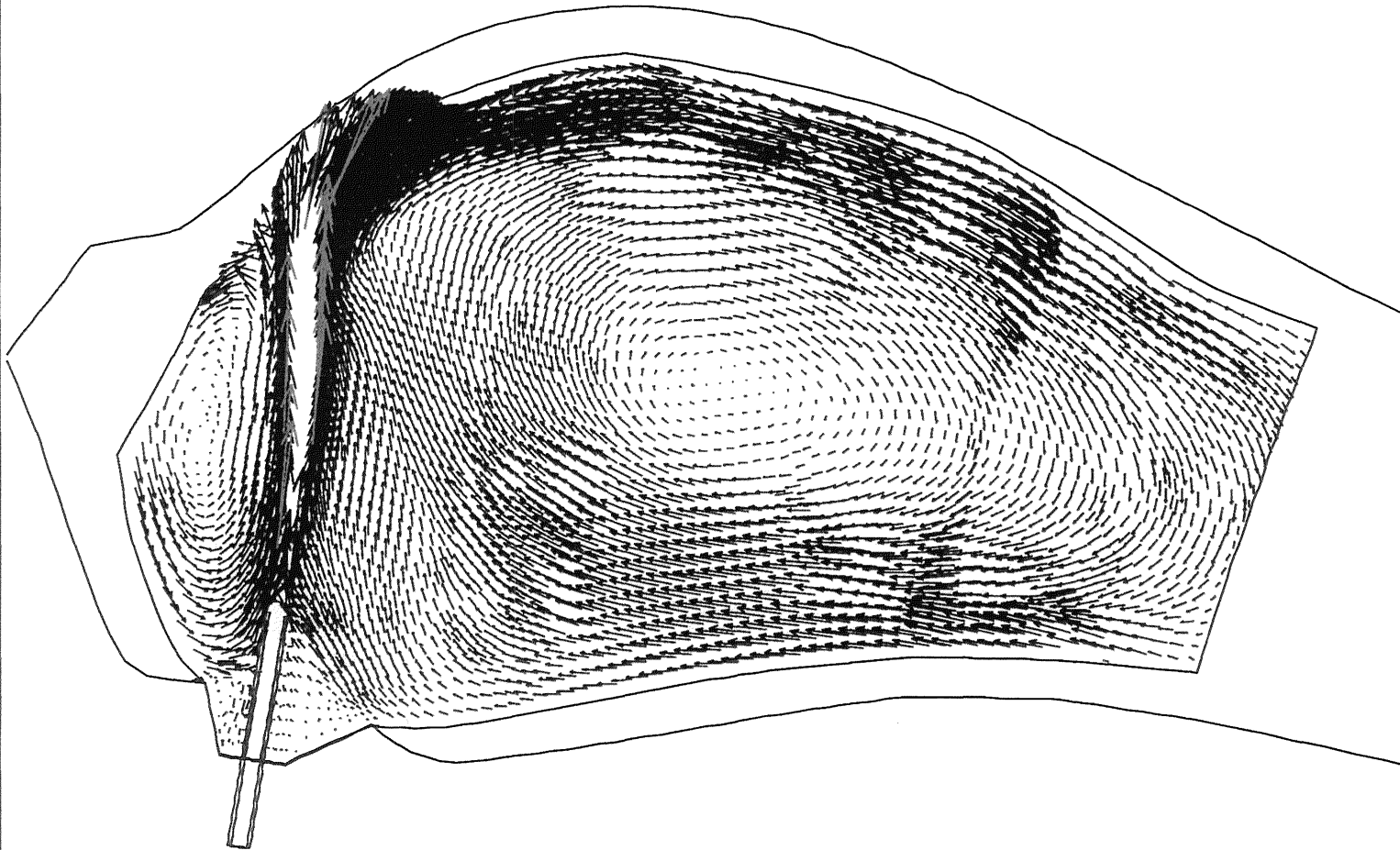
VZ 0.100E+01

ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62

29 Oct 97

16:10:36



BILAGA M.

M.25

3d, 8001/s, k-e, 0.12m under yta, hog rahet

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.9065E+00

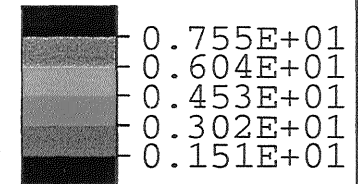
MAX. VEC. PLOT'D

0.7232E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX 0.711E-01

VY 0.711E-01

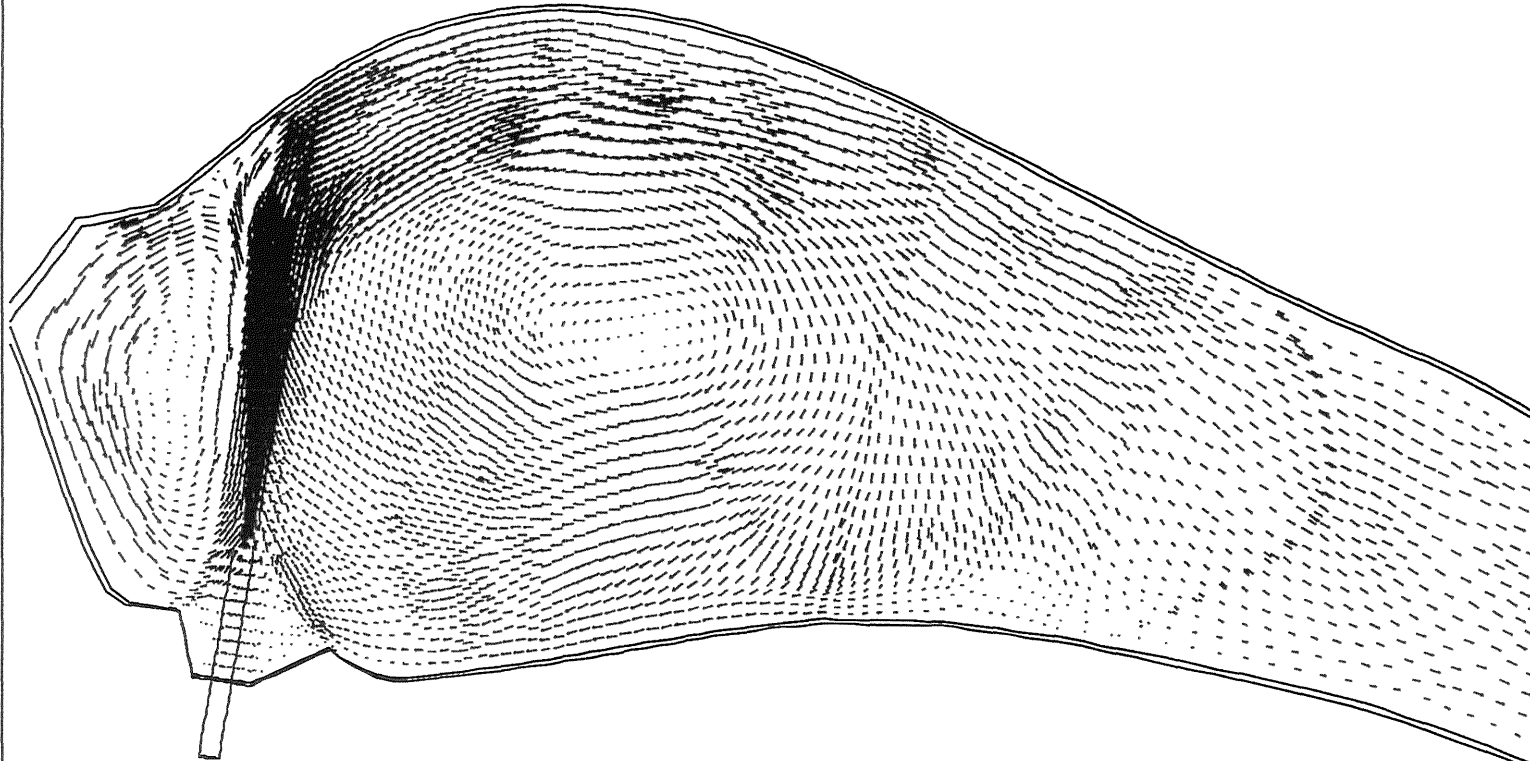
VZ 0.100E+01

ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62

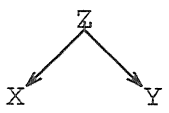
3 Nov 97

11:00:40



M.26.

BILAGA M.



3D, 800 l/s, K-E, 0.12 m under yta, hög röhret

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- 0.4533E+00
-- 0.9972E+00
-- 0.1722E+01
-- 0.2266E+01
-- 0.2810E+01
-- 0.3535E+01
-- 0.4079E+01
-- 0.4623E+01
-- 0.5348E+01
-- 0.5892E+01
-- 0.6436E+01
-- 0.7161E+01
-- 0.7705E+01
-- 0.8249E+01
-- 0.8974E+01

**SEE PRINTOUT

MINIMUM

0.00000E+00

MAXIMUM

0.90651E+01

PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX 0.711E-01

VY 0.711E-01

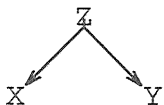
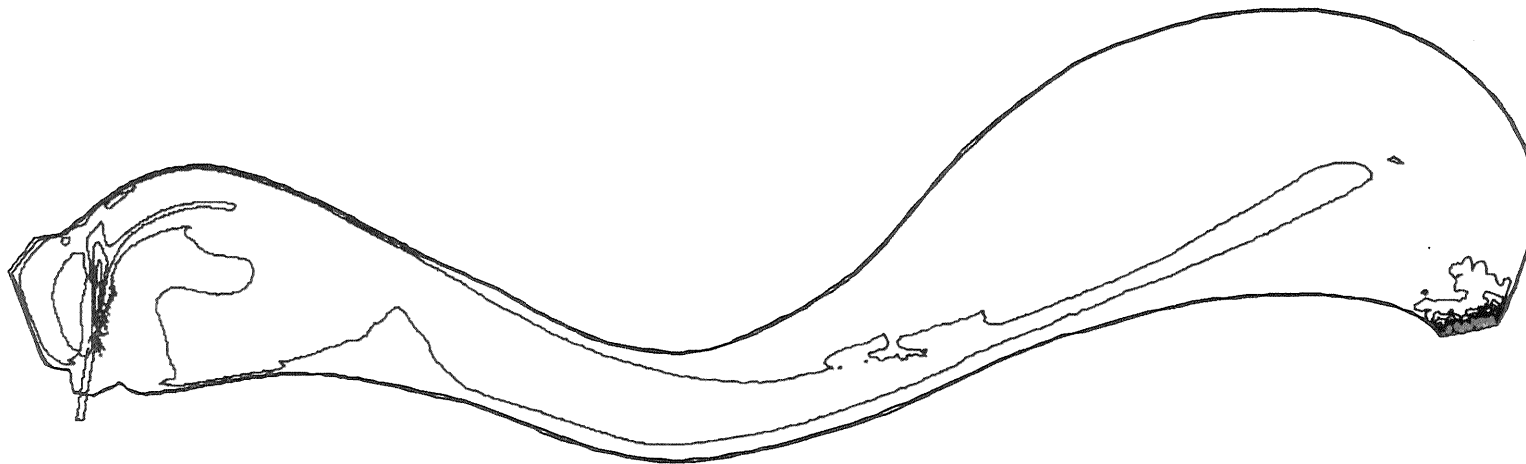
VZ 0.100E+01

ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62

3 Nov 97

10:58:23



BILAGA M.

M.27.

3D, 800 1/s, ml, snitt 12 cm under yta

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.2859E+00

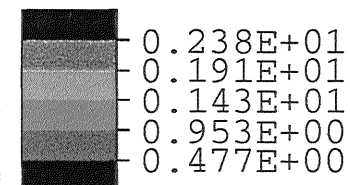
MAX. VEC. PLOT'D

0.4717E+00

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.200E+01

VIEW DIRECTION

VX -.615E-01

VY -.615E-01

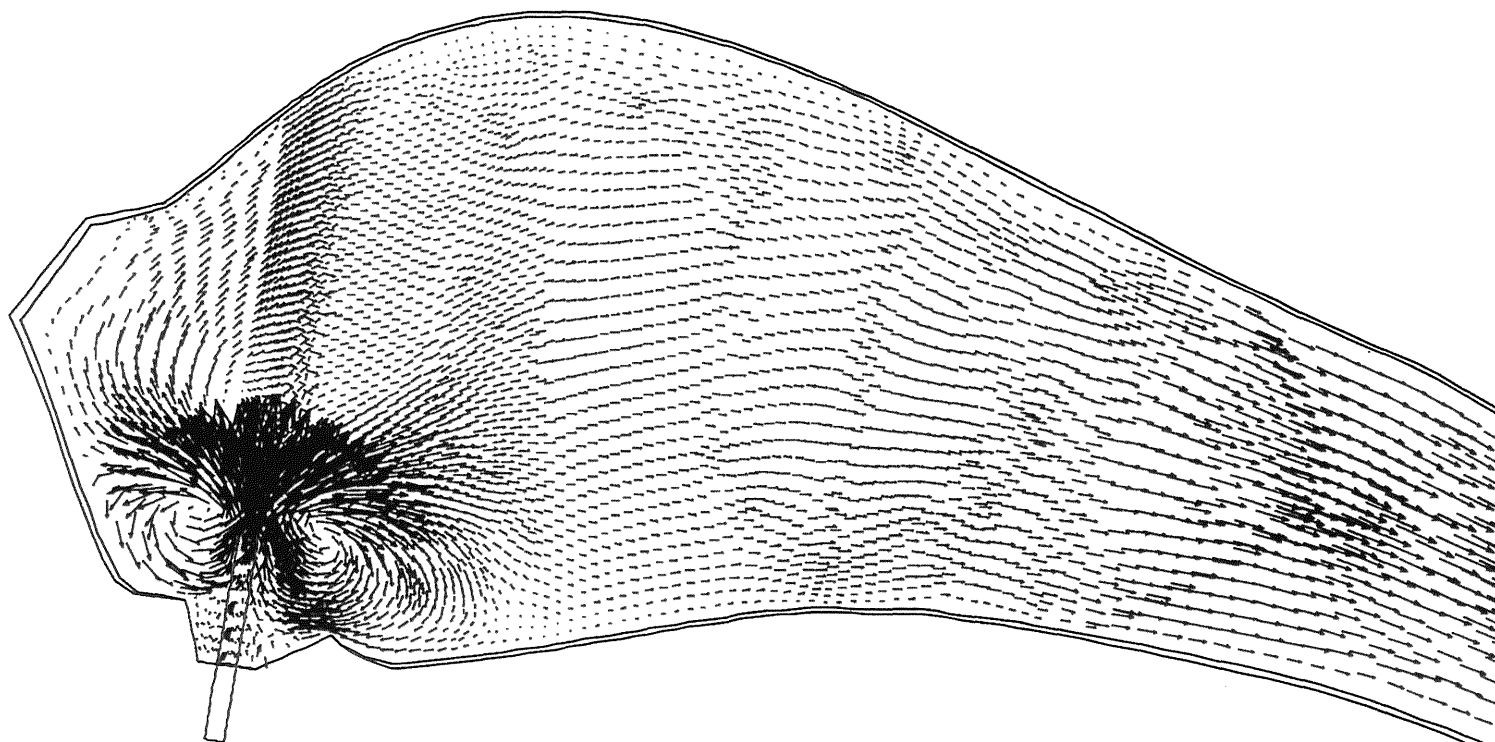
VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

29 Oct 97

17:01:51



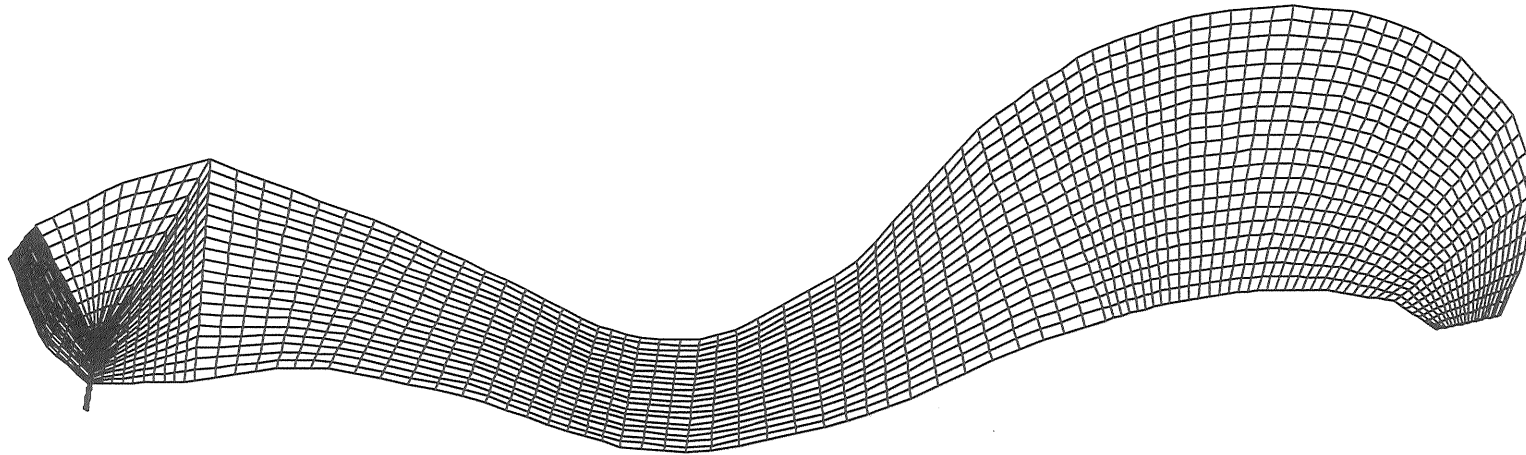
M.28.

BILAGA M.



J rnbrott, 3D, 20 l/s, k-e, gles mesh

ELEMENT
MESH PLOT



VIEW DIRECTION

VX -.233E-01

VY -.233E-01

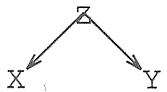
VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

22 Oct 97

09:11:13



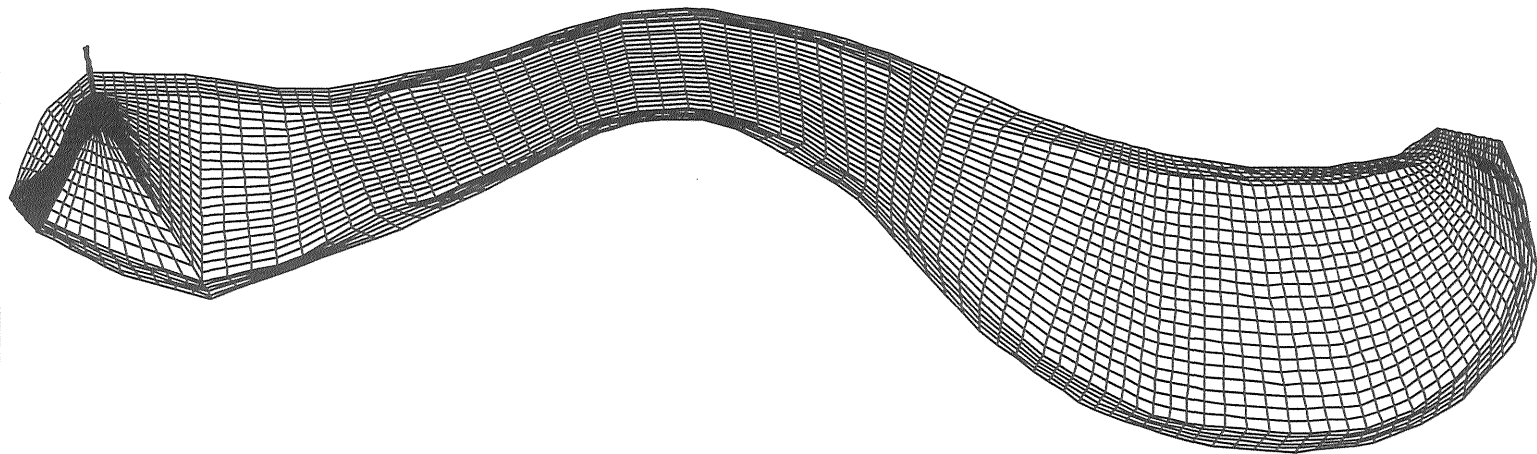
BILAGA M.

M.29.

SAMMA MESH VID ALLA FLÖDEN
(FYRKANTIG INLOPPSRÖR)

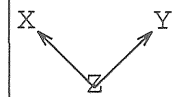
Jarnbrott, 3D, 20 l/s, k-e, gles mesh, undersida mesh

ELEMENT
MESH PLOT



M 20

BILAGA M.



VIEW DIRECTION

VX 0.287E-01
VY 0.287E-01
VZ -.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
22 Oct 97
09:28:32

3D, 20 1/s, k-e, raheter, fyrkantror, gles mesh, yta

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.3000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.1223E-01

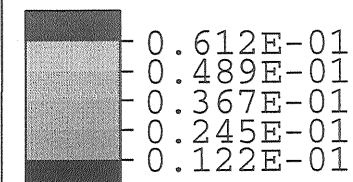
MAX. VEC. PLOT'D

0.2991E-01

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.215E+01

VIEW DIRECTION

VX -.995E-01

VY -.995E-01

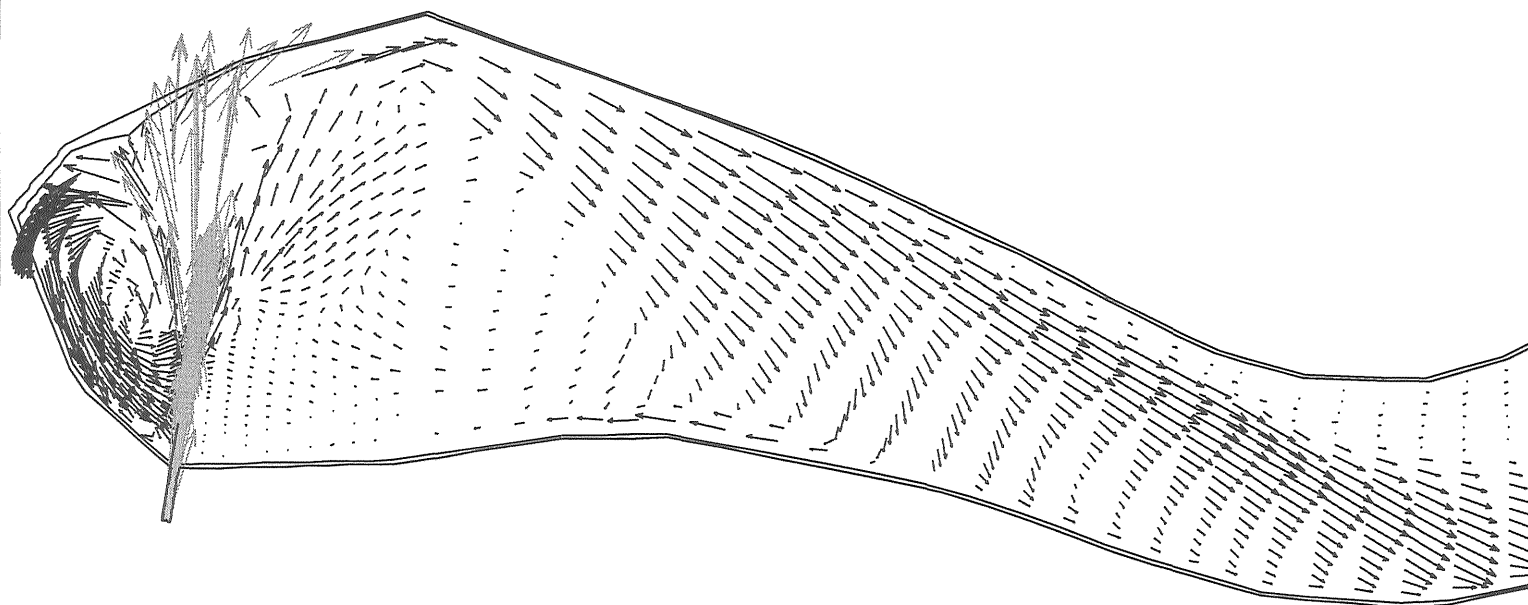
VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

3 Nov 97

19:50:16



BILAGA M.

M31

3D, 800 l/s, k-e, raheter, fyrkantror, gles mesh, yta

VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.5000E+03

REFER. VECTOR

→ 0.2620E+00

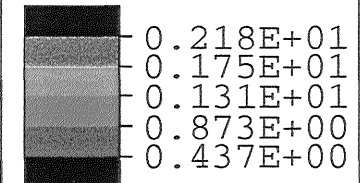
MAX.VEC.PLOT'D

0.1019E+01

AT NODE 0

COLOR CODE:

VELOCITY



PLANE COEFF.S

A 0.000E+00

B 0.000E+00

C 0.100E+01

D -.215E+01

VIEW DIRECTION

VX -.931E-01

VY -.931E-01

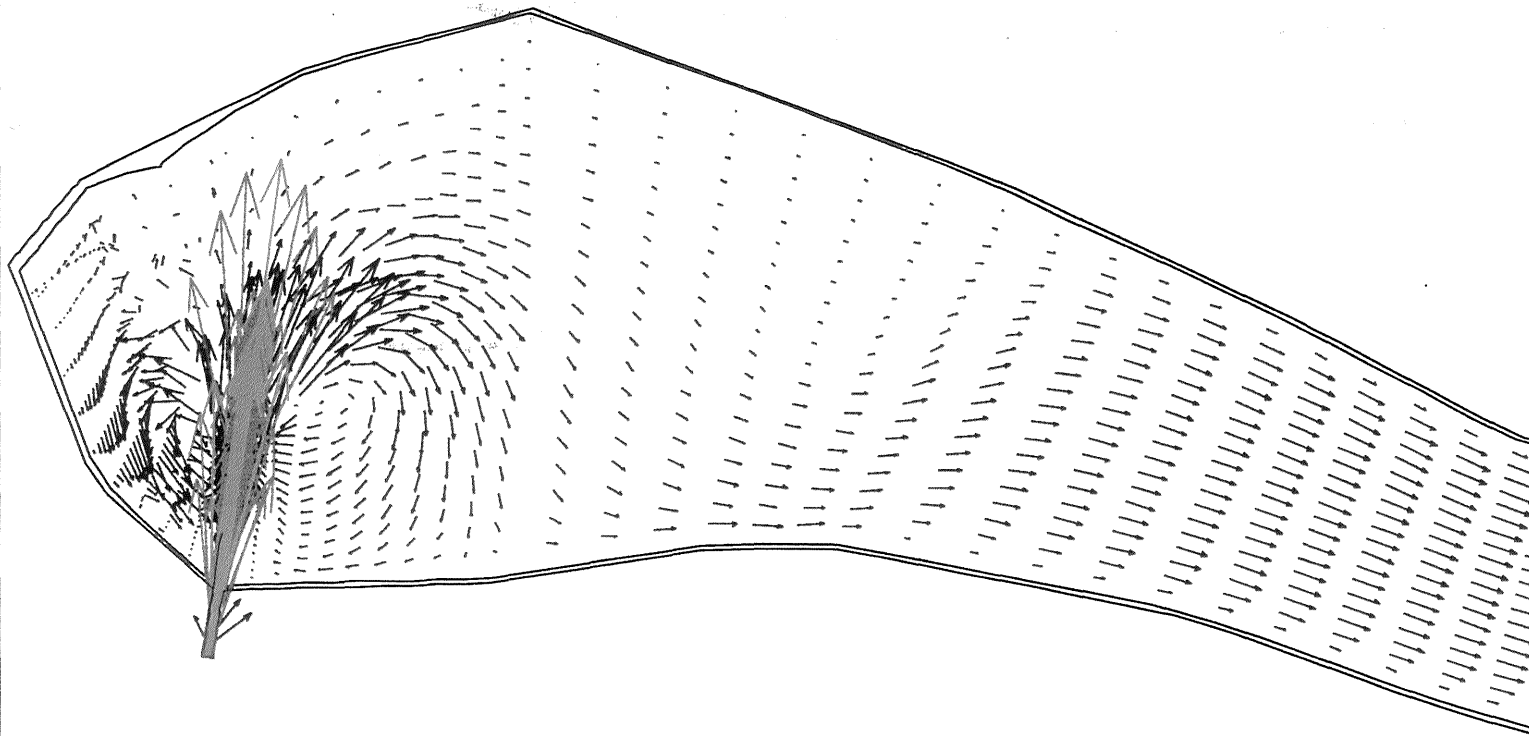
VZ 0.100E+01

ANG -.180E+03

FIDAP 7.62

3 Nov 97

19:55:01



BILAGA M.

M.32

3D, 800 1/s, k-e, raheter, fyrkantror, gles mesh, yta

SPEED
CONTOUR PLOT

LEGEND

- 0.1310E+00
- 0.3930E+00
- 0.6551E+00
- 0.9171E+00
- 0.1179E+01
- 0.1441E+01
- 0.1703E+01
- 0.1965E+01
- 0.2227E+01
- 0.2489E+01

MINIMUM
0.00000E+00

MAXIMUM
0.26203E+01

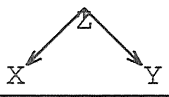
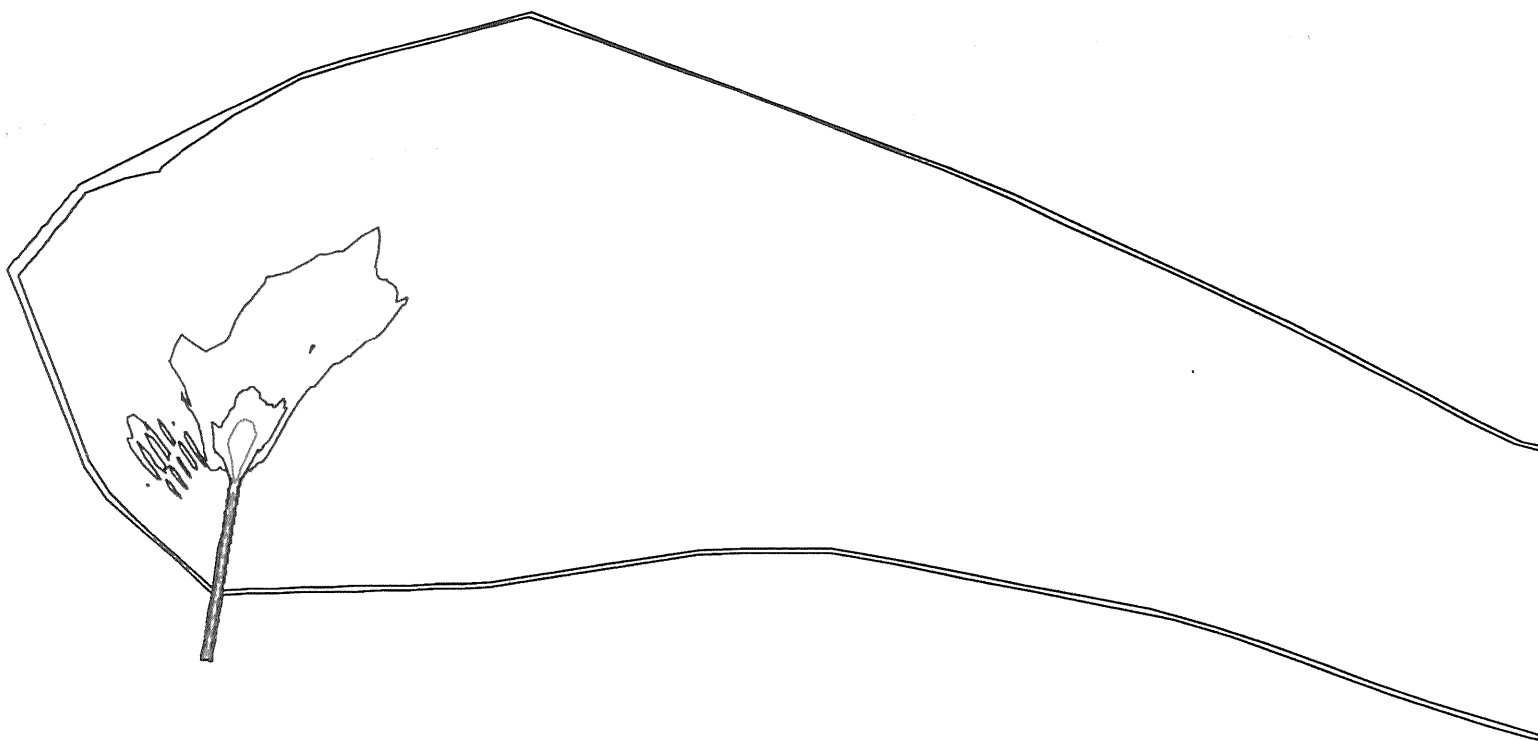
PLANE COEFF.S

- A 0.000E+00
- B 0.000E+00
- C 0.100E+01
- D -.215E+01

VIEW DIRECTION

- VX -.931E-01
- VY -.931E-01
- VZ 0.100E+01
- ANG -.180E+03

FIDAP 7.62
3 Nov 97
19:55:18



M. B. B.

BILAGA M.

BILAGA N.

Resultat 2D simuleringar med ändrade geometrier

- N.1** Strömlinje 100 l/s, 2D, k-ε, flyttat inlopp
- N.2** Vektorplot 100 l/s, 2D, k-ε, flyttat inlopp
- N.3** Strömlinje 400 l/s, 2D, k-ε, flyttat inlopp
- N.4** Strömlinje 100 l/s, 2D, k-ε, röröslut i strandkant
- N.5** Strömlinje 100 l/s, 2D, k-ε, förlängt inloppsrör (bakåt, ut från damm)
- N.6** Strömlinje 100 l/s, 2D, k-ε, rektangulär ö
- N.7** Strömlinje 100 l/s, 2D, k-ε, fyrkantig ö
- N.8** Strömlinje 100 l/s, 2D, k-ε, fyra småöar

2d, 100 l/s, rakt inlopp, streamline

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- -.3921E+00
-- -.3401E+00
-- -.2882E+00
-- -.2362E+00
-- -.1842E+00
-- -.1323E+00
-- -.8032E-01
-- -.2835E-01
-- 0.2361E-01
-- 0.7557E-01

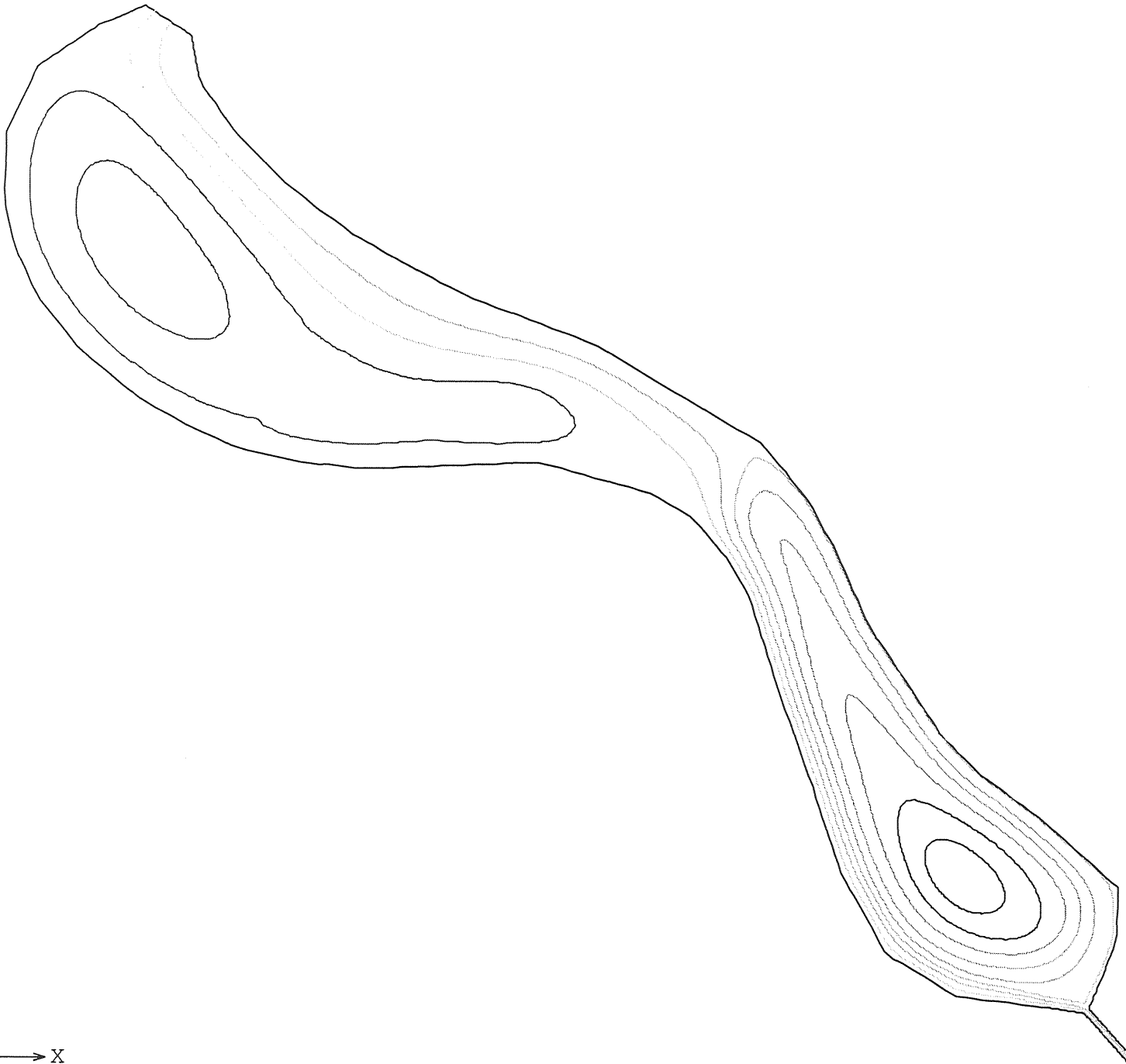
MINIMUM
-0.41808E+00

MAXIMUM
0.10155E+00

SCREEN LIMITS

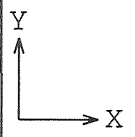
XMIN 0.243E+02
XMAX 0.205E+03
YMIN -.167E+03
YMAX -.607E+01

FIDAP 7.62
27 Oct 97
09:38:29

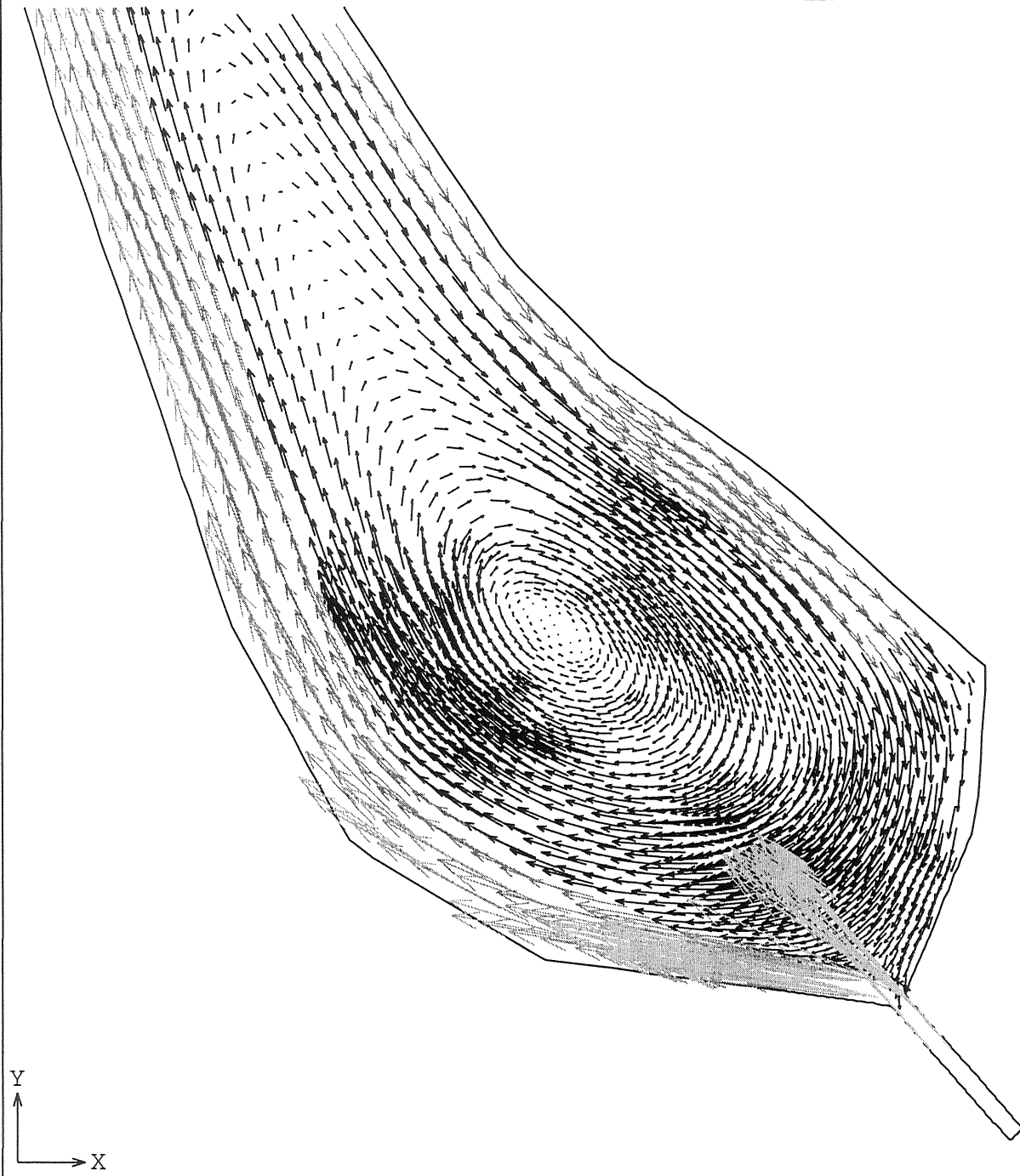


BILAGA N.

N.



2d, 100 l/s, rakt inlopp, sf250, mv0.12



VELOCITY
VECTOR PLOT

SCALE FACTOR

0.2500E+03

REFER. VECTOR

→ 0.3613E-01

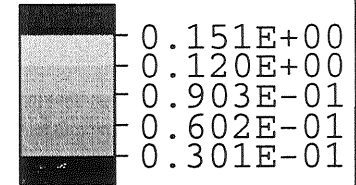
MAX.VEC.PLOT'D

0.1199E+00

AT NODE 948

COLOR CODE:

VELOCITY



SCREEN LIMITS

XMIN 0.144E+03

XMAX 0.217E+03

YMIN -.168E+03

YMAX -.103E+03

FIDAP 7.62

27 Oct 97

09:41:11

BILAGA N.

12

2D, rakt inlopp, 400 l/s, streamline

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- -.1545E+01
-- -.1365E+01
-- -.1185E+01
-- -.1005E+01
-- -.8252E+00
-- -.6454E+00
-- -.4655E+00
-- -.2857E+00
-- -.1059E+00
-- 0.7399E-01

MINIMUM

-0.16345E+01

MAXIMUM

0.16391E+00

SCREEN LIMITS

XMIN 0.243E+02

XMAX 0.205E+03

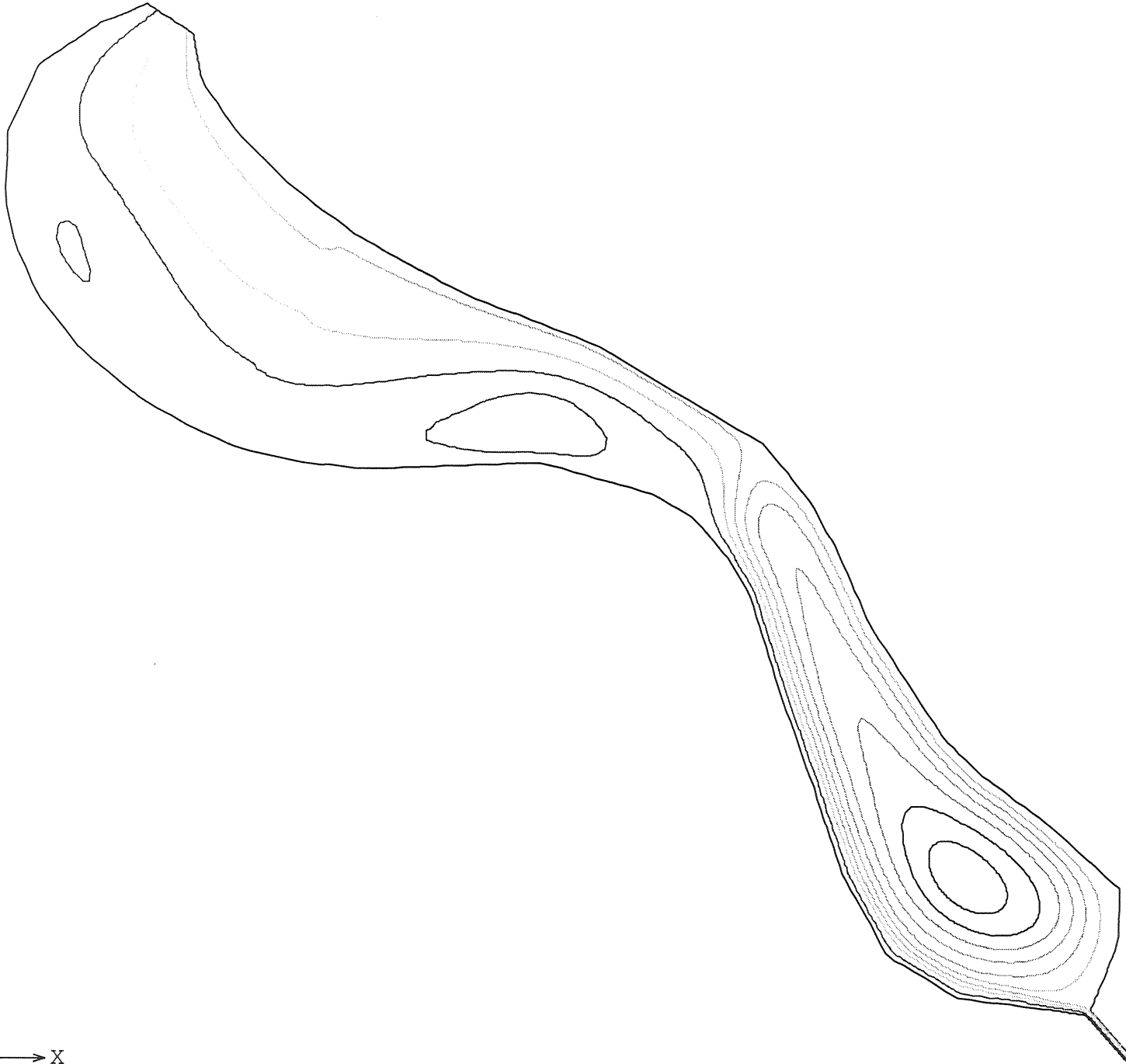
YMIN -.167E+03

YMAX -.607E+01

FIDAP 7.62

27 Oct 97

10:23:34



Y
↑
X
→

N.3.

BILAGA N.

2D, 1001/s, ror direkt i strandkant (100k)

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- -.4909E+00
-- -.3692E+00
-- -.2475E+00
-- -.1257E+00
-- -.4014E-02
-- 0.1177E+00
-- 0.2394E+00
-- 0.3611E+00
-- 0.4829E+00
-- 0.6046E+00

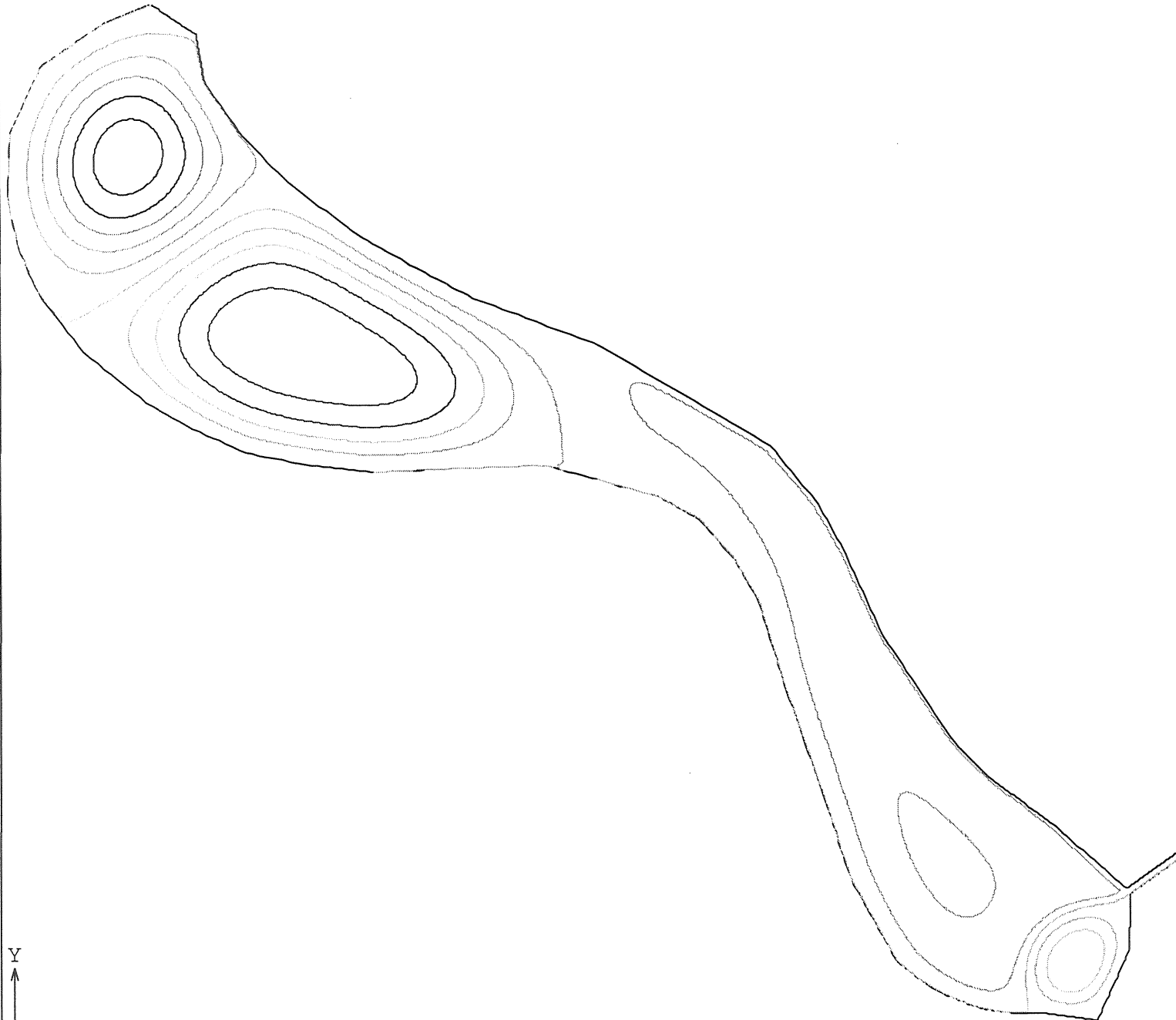
MINIMUM
-0.55176E+00

MAXIMUM
0.66545E+00

SCREEN LIMITS

XMIN 0.287E+02
XMAX 0.207E+03
YMIN -.161E+03
YMAX -.363E+01

FIDAP 7.62
28 Oct 97
19:12:50



BILAGA N.

N
4

2d 100 l/s, langt ror (100f)

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- -.1249E+00
-- -.7651E-01
-- -.2808E-01
-- 0.2036E-01
-- 0.6879E-01
-- 0.1172E+00
-- 0.1657E+00
-- 0.2141E+00

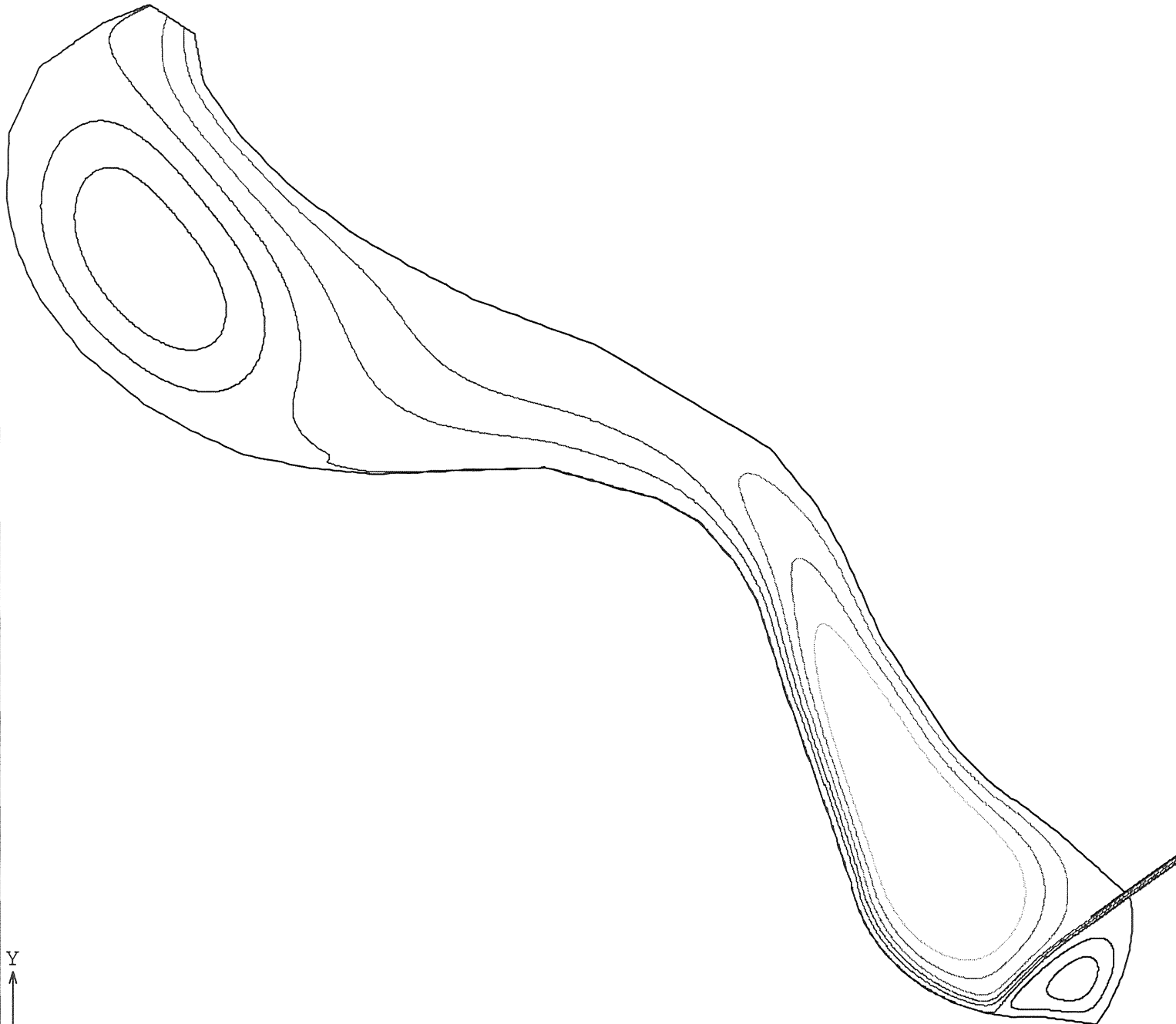
MINIMUM
-0.24603E+00

MAXIMUM
0.23831E+00

SCREEN LIMITS

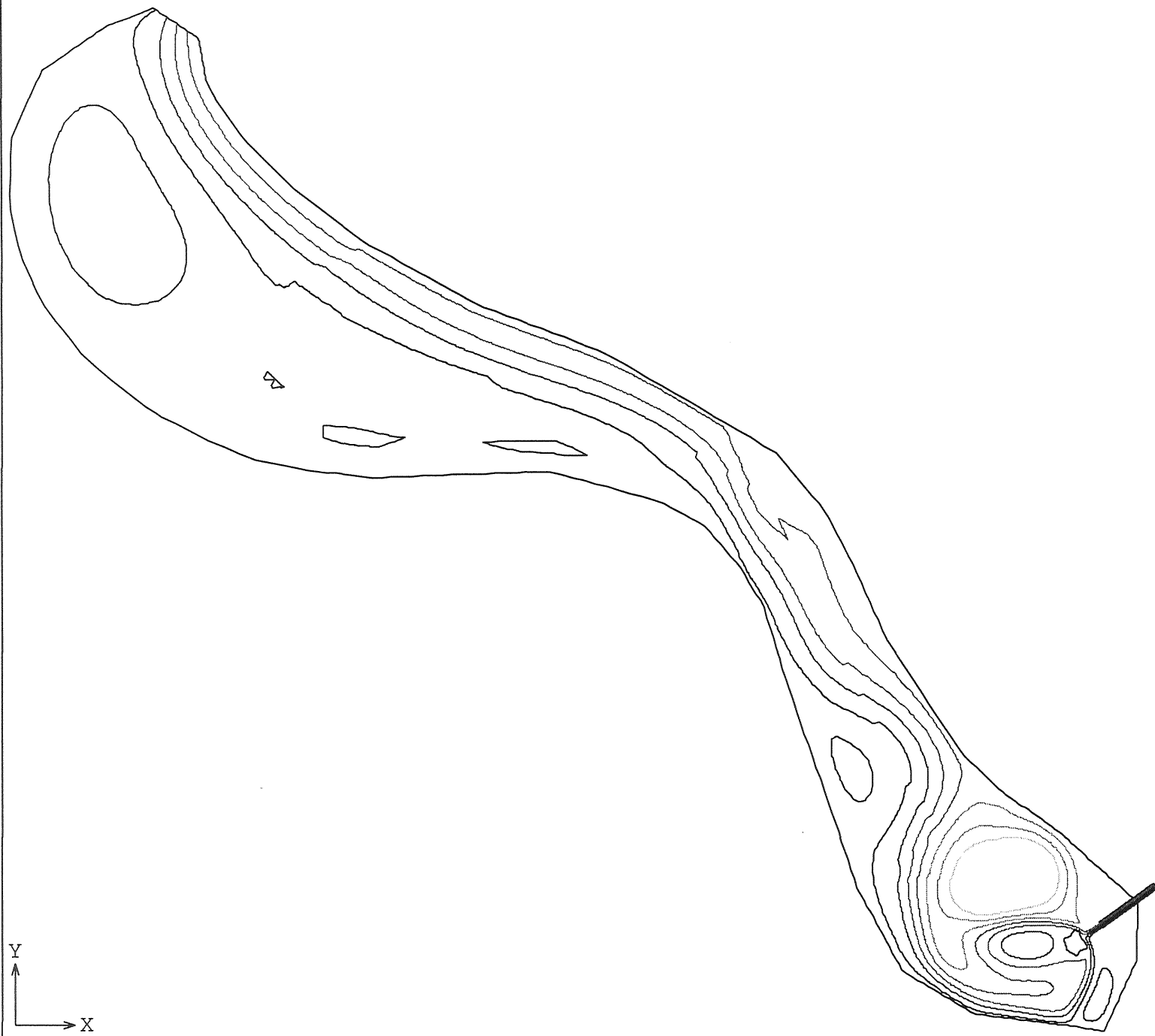
XMIN 0.287E+02
XMAX 0.207E+03
YMIN -.161E+03
YMAX -.363E+01

FIDAP 7.62
28 Oct 97
19:29:22



BILAGA N.

2d 1001/s, oregelbunden o (100q)



STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

-- -.8321E-01
-- -.5076E-01
-- -.1830E-01
-- 0.1415E-01
-- 0.4660E-01
-- 0.7905E-01
-- 0.1115E+00
-- 0.1440E+00

MINIMUM

-0.16434E+00

MAXIMUM

0.16018E+00

SCREEN LIMITS

XMIN 0.288E+02

XMAX 0.201E+03

YMIN -.159E+03

YMAX -.600E+01

FIDAP 7.62

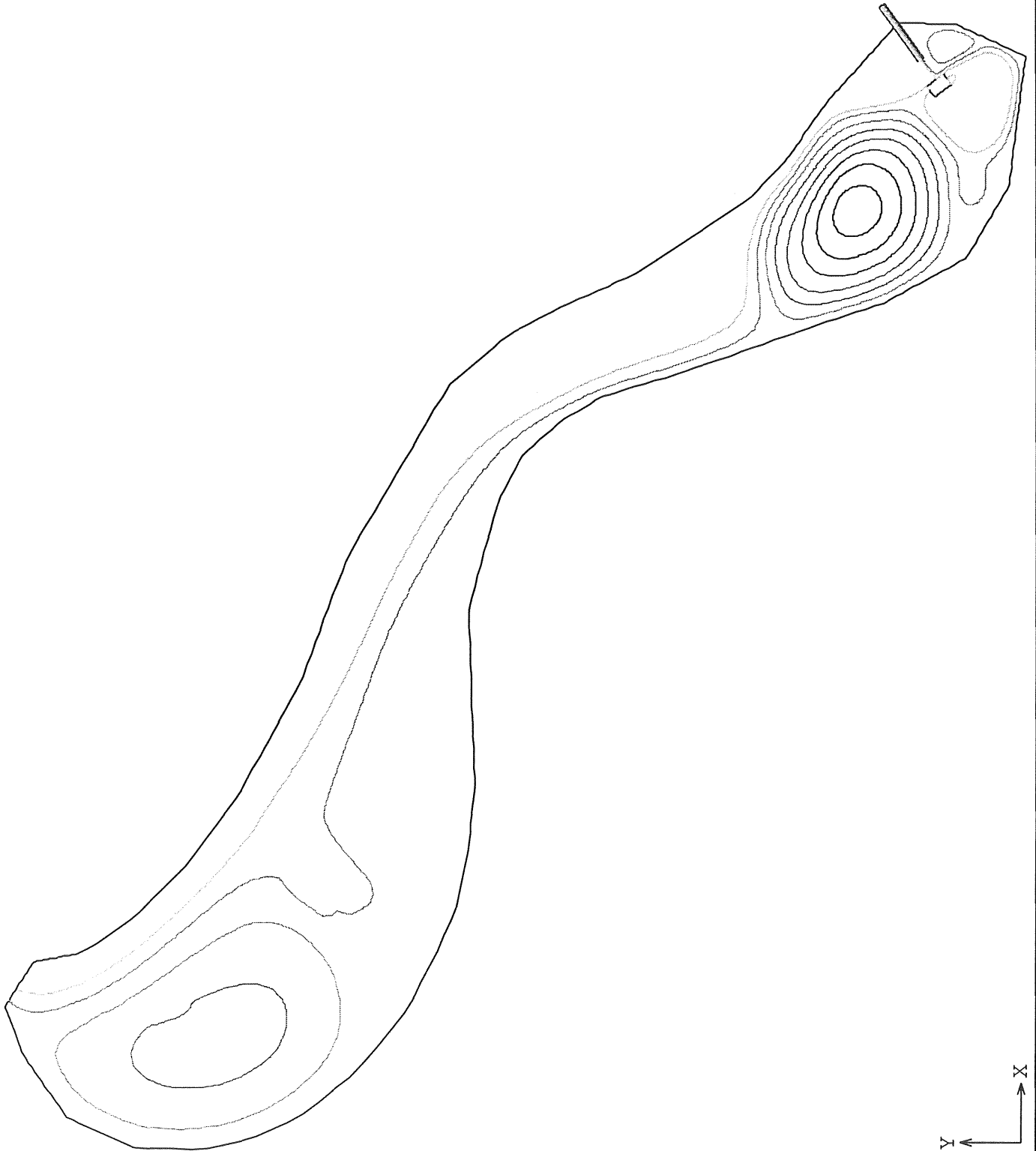
28 Oct 97

19:22:54

BILAGA N.

2d 100 l/s, rektangulär (100o)

FIDAP 7.62



tyra

2D, 1001/s, ~~tre~~ småöar, k-e (100p)

STREAMLINE
CONTOUR PLOT

LEGEND

- -.2402E+00
- -.1899E+00
- -.1397E+00
- -.8947E-01
- -.3924E-01
- 0.1099E-01
- 0.6123E-01
- 0.1115E+00
- 0.1617E+00
- 0.2119E+00

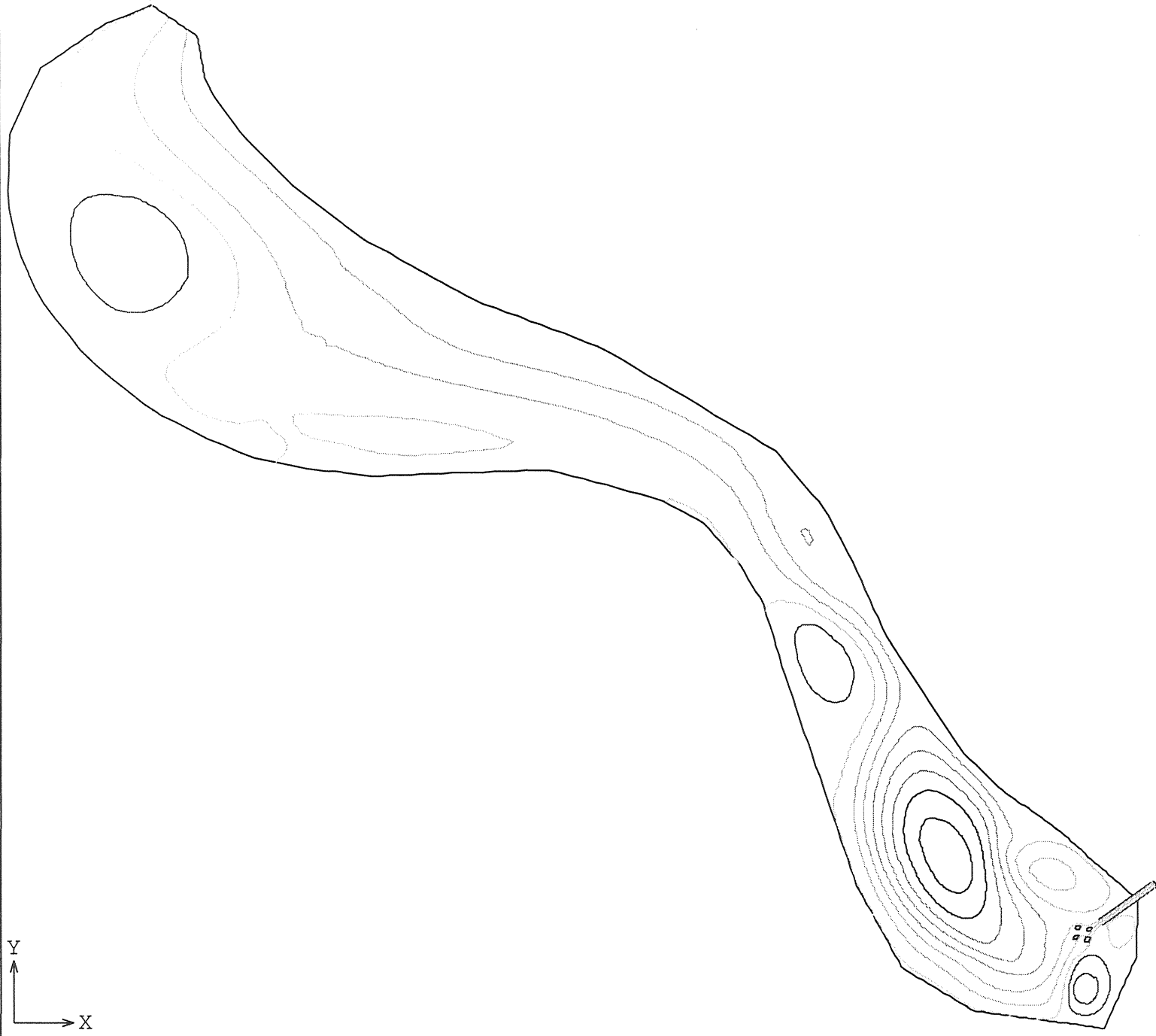
MINIMUM
-0.26529E+00

MAXIMUM
0.23704E+00

SCREEN LIMITS

XMIN 0.288E+02
 XMAX 0.201E+03
 YMIN -.159E+03
 YMAX -.600E+01

FIDAP 7.62
 28 Oct 97
 19:21:03



BILKA N.

z
x

Y
↑
→ X

BILAGA O.

Resultat 3D partikelspårningar

- O.1** Partikelspårning 400 l/s, 3D, k-ε, 1,5μm partiklar, densitet 1300 kg/m³
- O.2** Partikelspårning 400 l/s, 3D, k-ε, 10μm partiklar, densitet 1300 kg/m³
- O.3** Partikelspårning 400 l/s, 3D, k-ε, 20μm partiklar, densitet 1300 kg/m³
- O.4** Partikelspårning 400 l/s, 3D, k-ε, 40μm partiklar, densitet 1300 kg/m³
- O.5** Partikelspårning 400 l/s, 3D, k-ε, 40μm partiklar, densitet 1300 kg/m³, vid inlopp
- O.6** Partikelspårning 800 l/s, 3D, k-ε, 1,5μm partiklar, densitet 1300 kg/m³, vid utlopp

3D, 400 1/s, k-e, partiklar 1.5 micrometer, dens.=1300

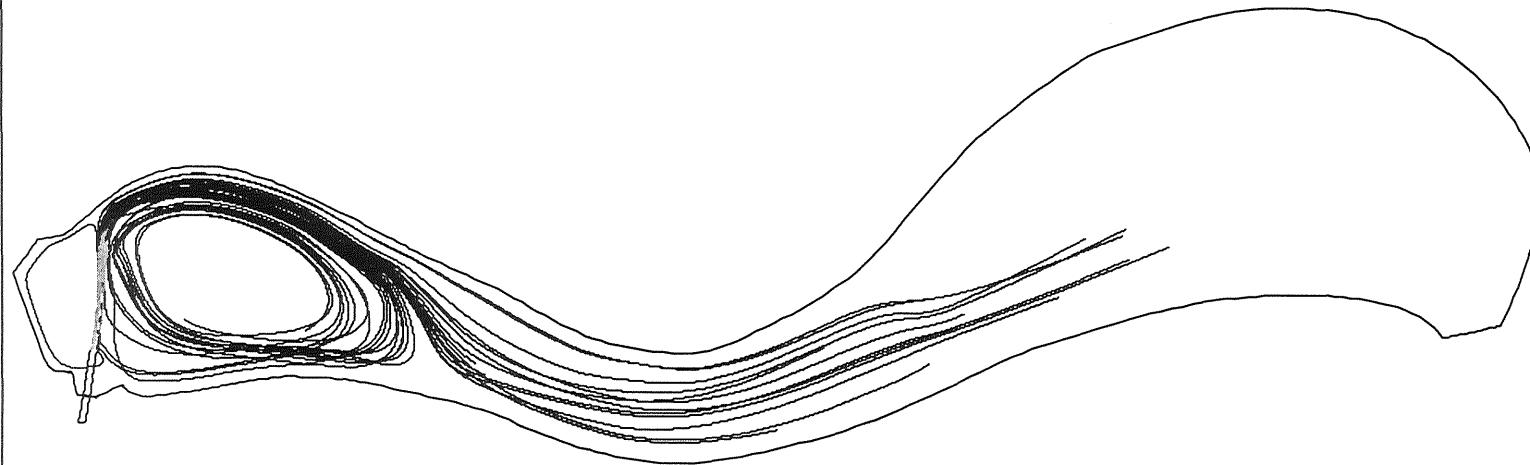
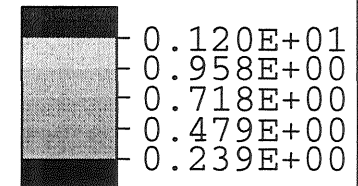
PARTICLE
PATH PLOT

PARTICLE PATH

FROM TIME:
0.0000E+00

TO TIME:
0.3600E+04

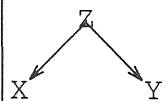
SPEED



VIEW DIRECTION

VX 0.271E-01
VY 0.271E-01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
30 Oct 97
20:36:52



31/10/97 0.

3D, 400 l/s, k-e, partiklar 10 micrometer, dens.=1300

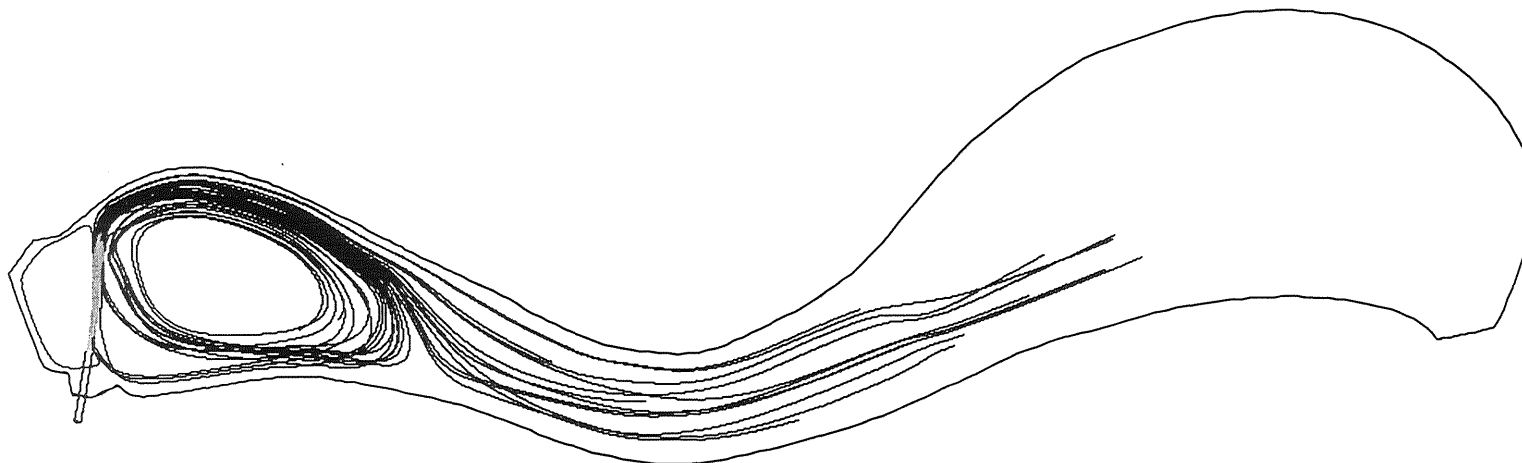
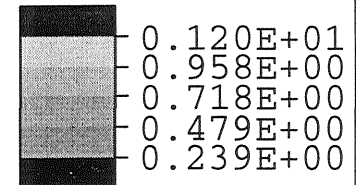
PARTICLE
PATH PLOT

PARTICLE PATH

FROM TIME:
0.0000E+00

TO TIME:
0.3600E+04

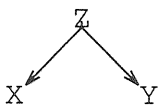
SPEED



VIEW DIRECTION

VX 0.587E-01
VY 0.587E-01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
30 Oct 97
20:46:29



BILAGA D.

3D, 400 1/s, k-e, partiklar 20 micrometer, dens.=1300

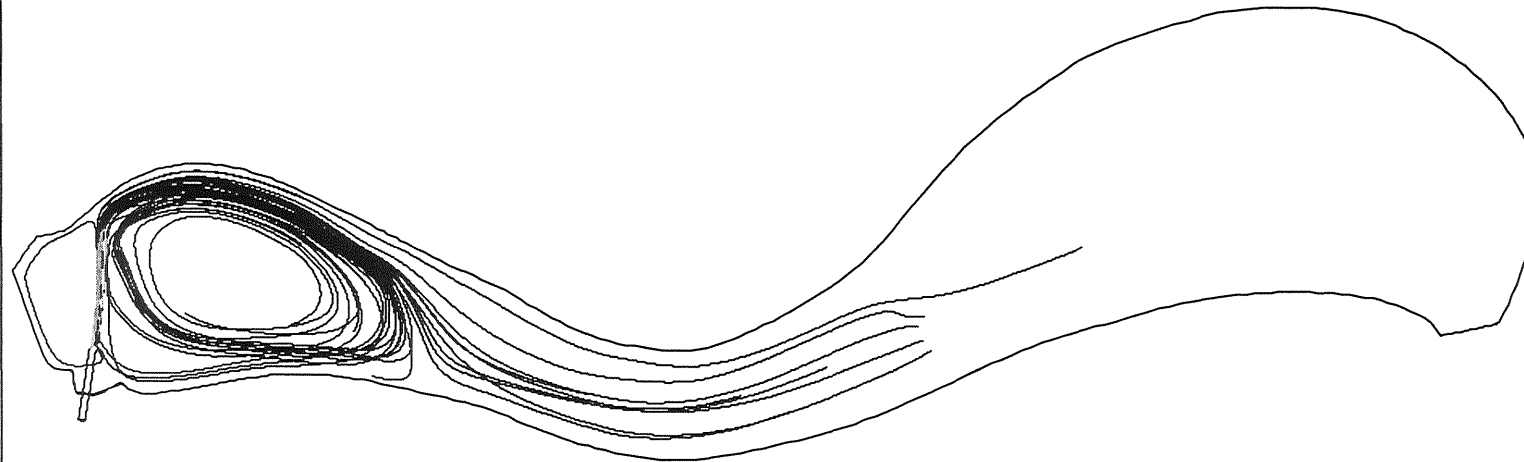
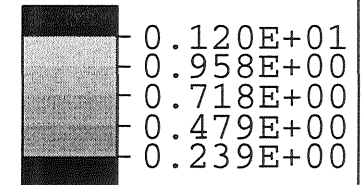
PARTICLE
PATH PLOT

PARTICLE PATH

FROM TIME:
0.0000E+00

TO TIME:
0.3600E+04

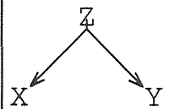
SPEED



VIEW DIRECTION

VX 0.841E-01
VY 0.841E-01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
30 Oct 97
20:56:25



BILAGA O,

03.

3D, 400 l/s, k-e, partiklar 40 micrometer, dens.=1300

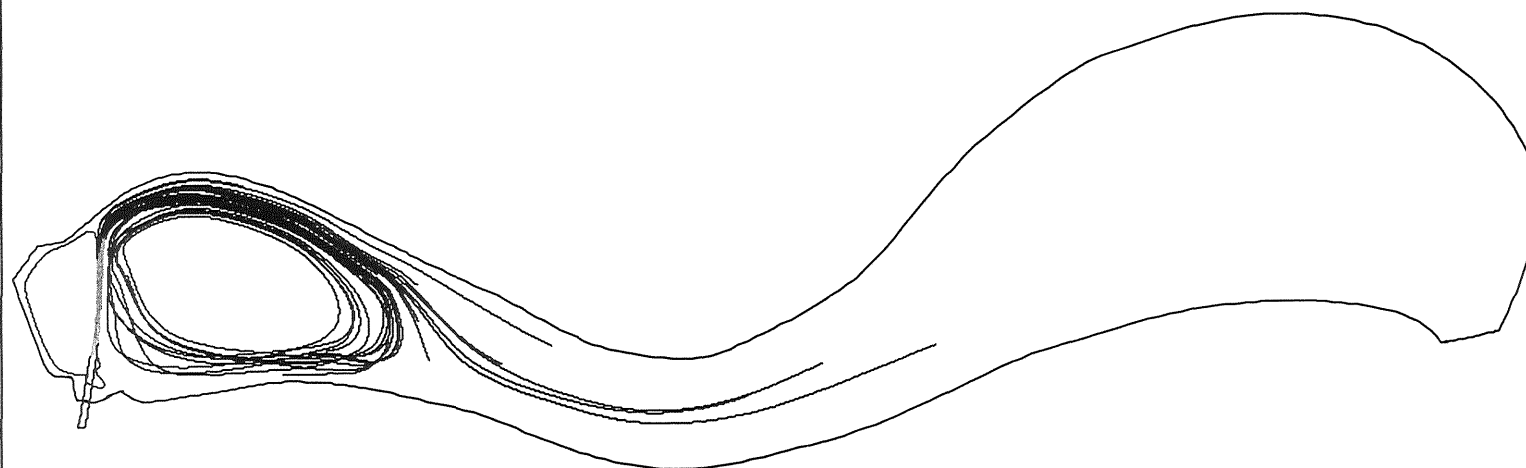
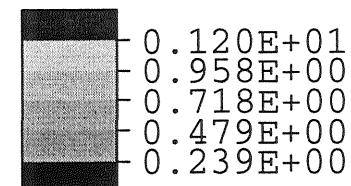
PARTICLE
PATH PLOT

PARTICLE PATH

FROM TIME:
0.0000E+00

TO TIME:
0.3600E+04

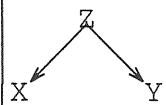
SPEED



VIEW DIRECTION

VX 0.334E-01
VY 0.334E-01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
30 Oct 97
21:12:56



BILAGA 0.

3D, 400 l/s, k-e, partiklar 40 micrometer, dens.=1300

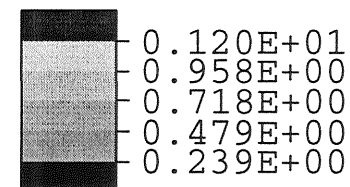
PARTICLE
PATH PLOT

PARTICLE PATH

FROM TIME:
0.0000E+00

TO TIME:
0.3600E+04

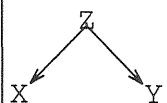
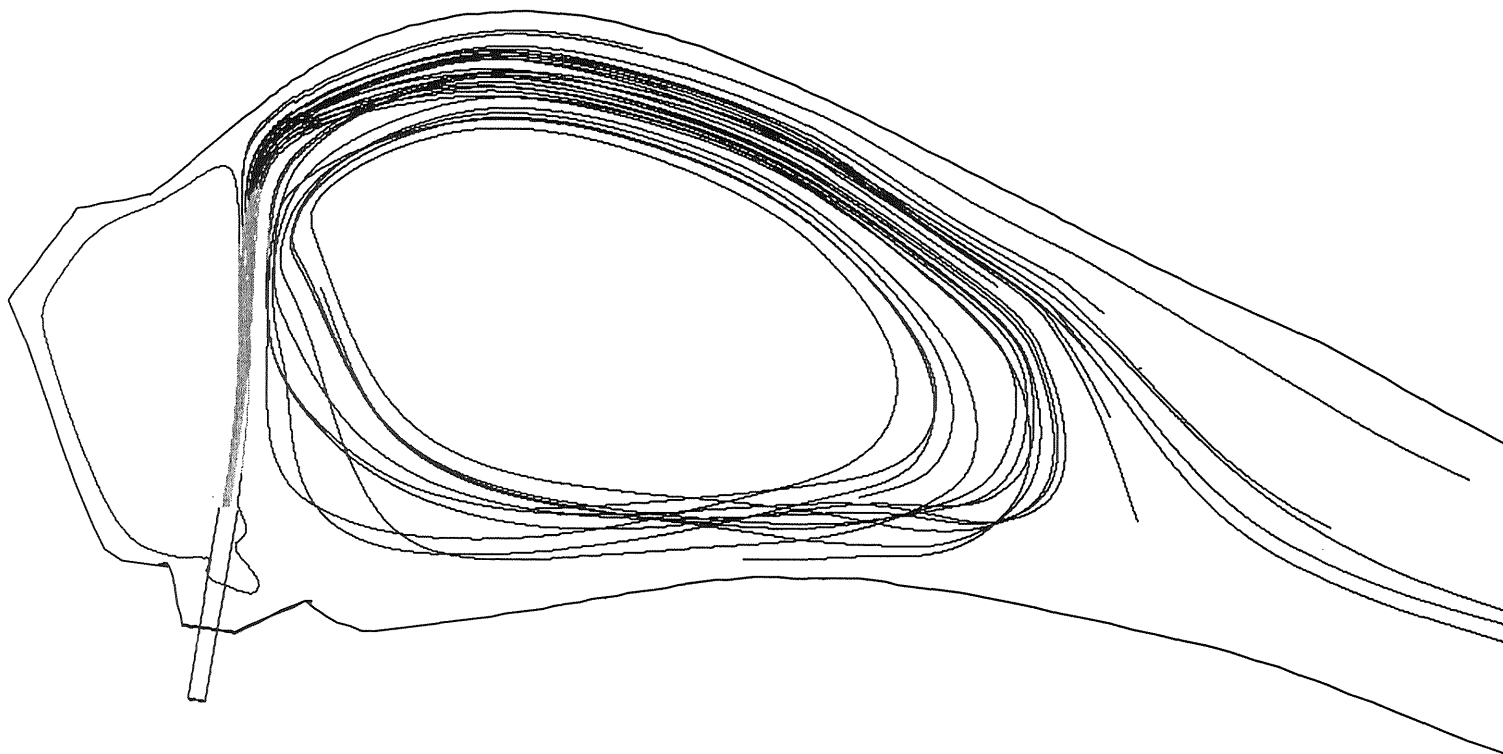
SPEED



VIEW DIRECTION

VX 0.334E-01
VY 0.334E-01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
30 Oct 97
21:13:47



BILAGA 0.

0.5.

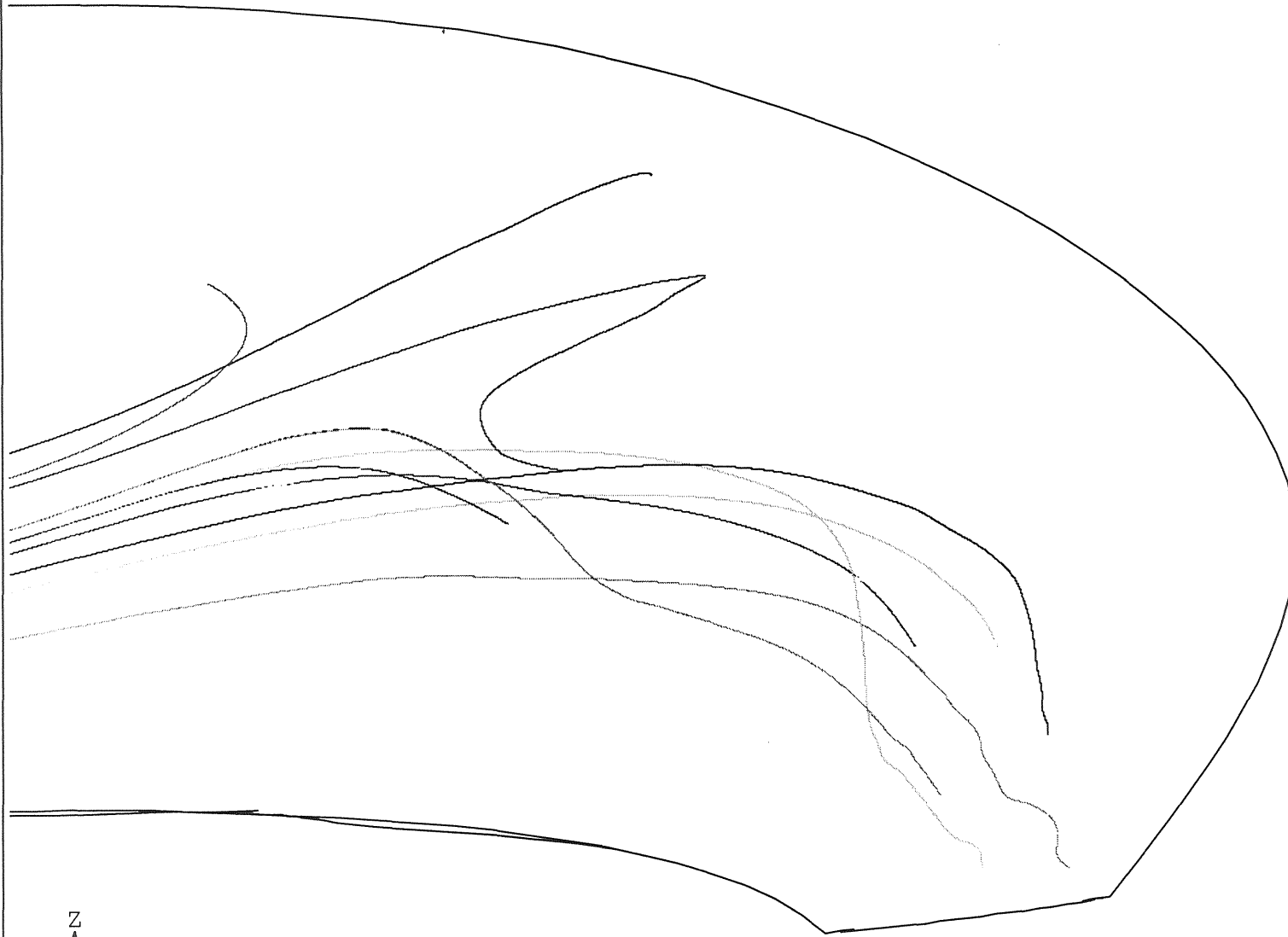
3D, 800 1/s, k-e, partikel 1.5 μ m

PARTICLE
PATH PLOT

PARTICLE PATH

FROM TIME:
0.0000E+00

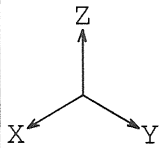
TO TIME:
0.3600E+04



VIEW DIRECTION

VX 0.100E+01
VY 0.100E+01
VZ 0.100E+01
ANG 0.000E+00

FIDAP 7.62
29 Oct 97
19:55:56



BILAGA 0.

BILAGA P.

Bildbilaga

BILAGA P.

BILDBILAGA



Bild 1. Dammen sedd från inloppsörets skärning med dammvallen.



Bild 2. Utloppet, skibordet rakt fram, mätbrunnen, där provtagare och flödesmätare finns, syns till vänster. Säröleden i bakgrunden.

BILAGA P.

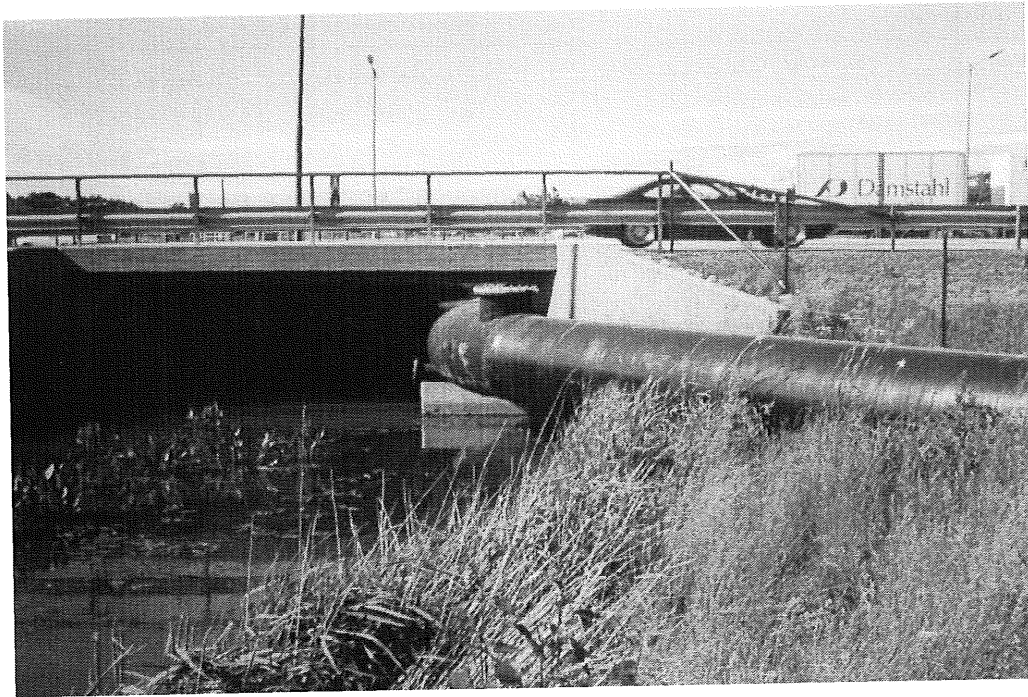


Bild 3. Tilloppsledningens passage under söderleden.

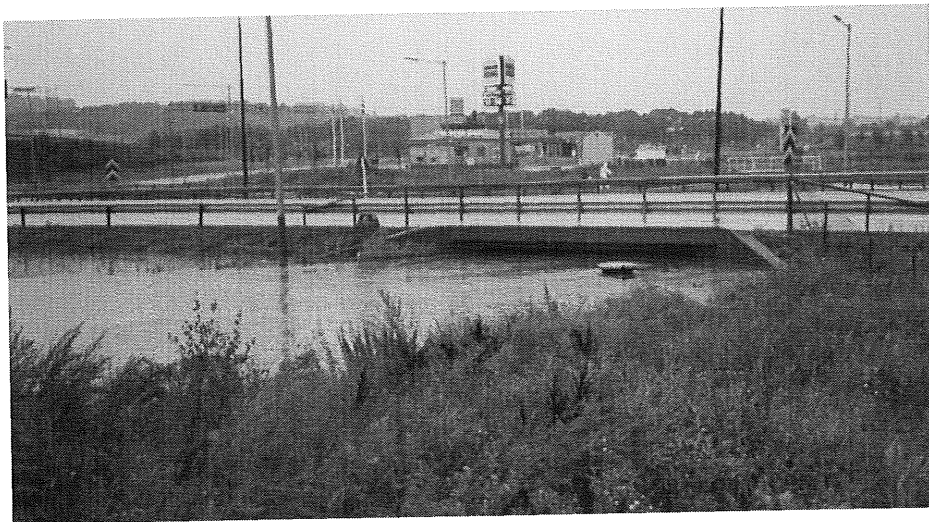


Bild 4. Vattenståndet i stora ån den 26/8. Jämför bilden ovan.

BILAGA P.



Bild 5. Bräddningsstationen i funktion den 26/8.



Bild 6. Skibordet, någon gång i juni månad.

BILAGA P.

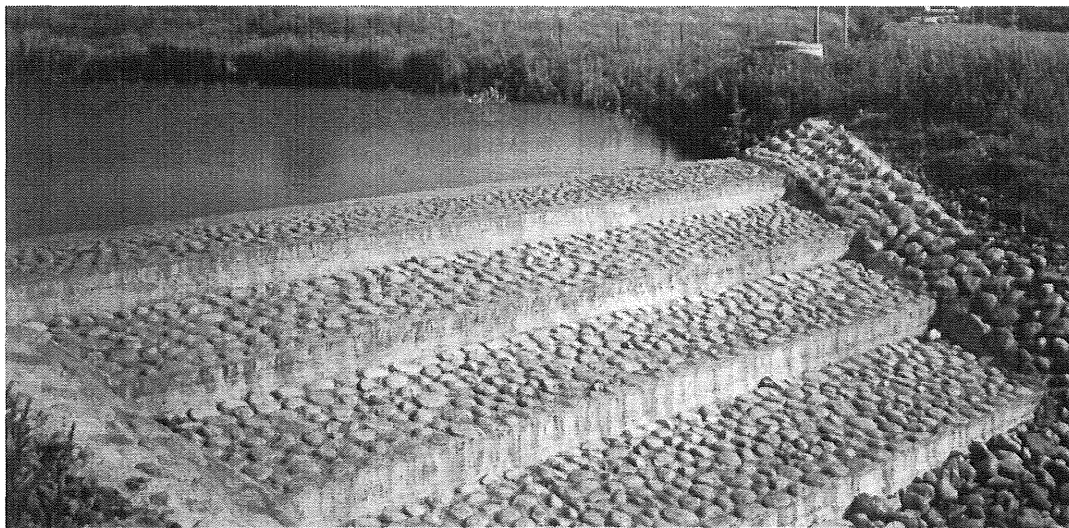


Bild 7. Skibordet torrlagt i juni.



Bild 8. Skibordet när dammen var tömd, ledningen in till mätbrunnen syns i bilden.

BILAGA P.



Bild 9. Övergången från det grunda partiet med makadam till den djupare delen med lerbotten.

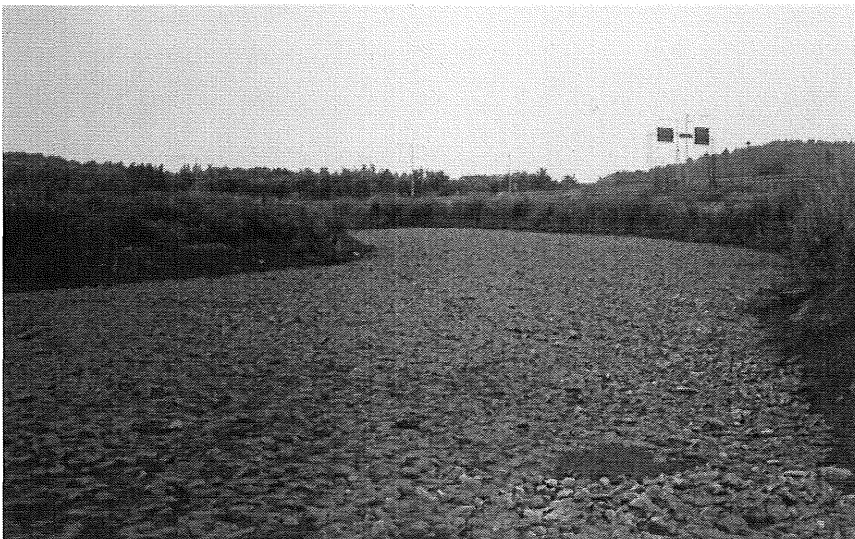


Bild 10. Början på partiet med makadam, observera sedimentavlagringarna.

BILAGA P.



Bild 11. Delen med betongbotten, samt det lilla parti med lera som finns mellan betong och makadambottnarna. Observera sedimentsträngen.



Bild 12. Sedimentsträng på betongbotten, i bakgrunden syns övergången betong till lera till makadam.

BILAGA P.



Bild 13. Mynningen av tilloppsledningen, sedimenthögar på ömse sidor om mynningen. I bakgrunden nedfartsrampen mot betongbotten.



Bild 14. Sedimentsträngar kring inloppsörret.

BILAGA P.



Bild 15. Stömkorsen, fr.v. 1m djup, 0,5m djup, yta.

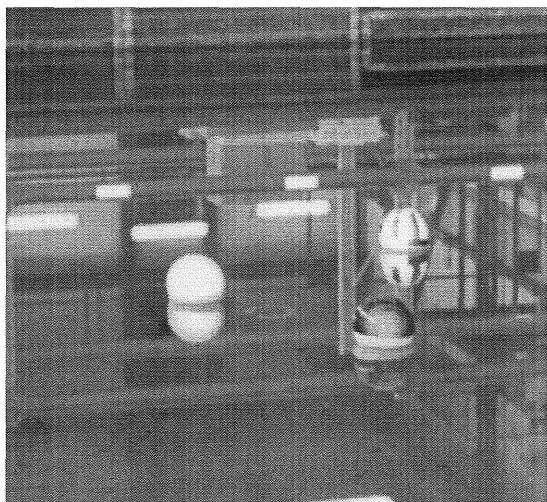


Bild 16. Test av strömkors i vattenhallen.

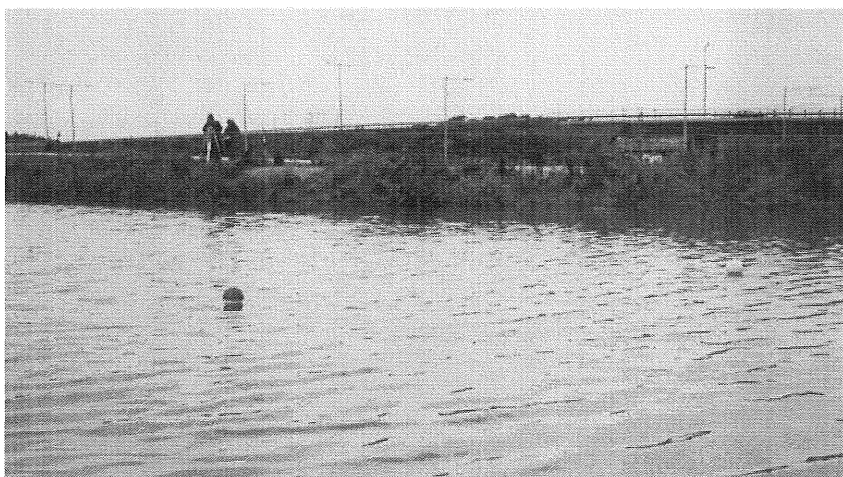


Bild 17. Strömningsmätningar den 1/10.

BILAGA P.

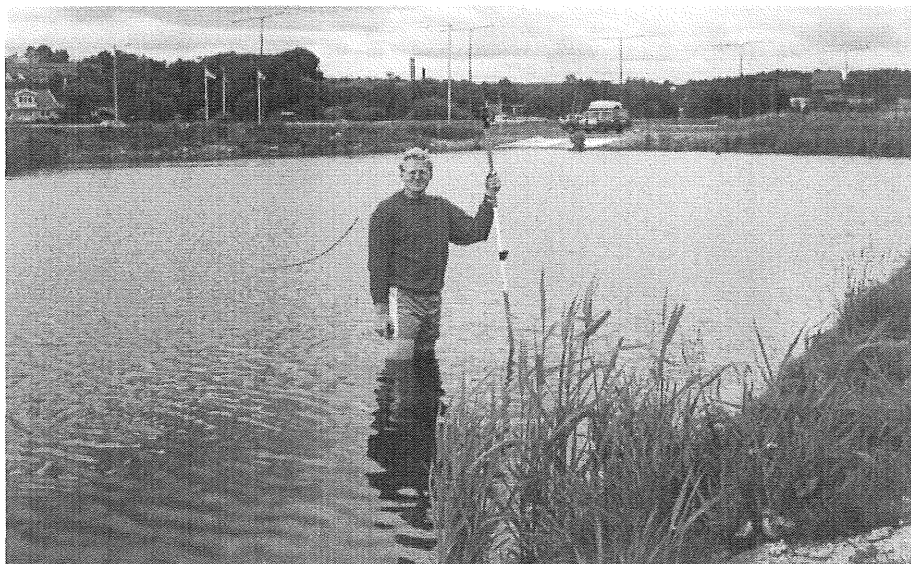


Bild 18. Henrik vid inmätning av grundpartiet.



Bild 19. Jonas under inmätning av partiet med betongbotten.

BILAGA Q.

Siffror m.m.

SIFFROR M.M.

2	Antalet strömkors Clas "satte" den 26/8
1	Antal bekräftade "buggar" i FIDAP
128	Antalet sidor i excel-arket som användes för att omforma mätdata till FIDAP-indata
4972	Antalet förbrukad CPU-timmar under oktober månad (31/10 kl 17.35)
6	Antalet fel av typen "This error should not occur, please contact FDI" som Rene tacksamt mottog. Vi fick minst lika många till.
2	Max nederbörd, i mm, under en minut den 26/8
146 283,81	Antal sekunder det tog att beräkna 800 l/s-simuleringen
23,6	Antal MB en vanlig databasfil tar i anspråk.
874	Antal förbrukade GB-timmar internminne under oktober månad (31/10 kl 17.35)
1	Antalet buggar eller felaktigheter i manualen, som Rene antytt.
1453	Antal förbrukade GB-timmar hårddisk under oktober månad (31/10 kl 17.35)
167	Antalet inmätta punkter som användes för att beskriva dammen i tre dimensioner
172	Antal sidor i Error-manualen.
7	Antal veckor Thomas hade ledigt i somras
6000	Antal m ³ som dammen rymmer vid torrväder.
8	Antal 1,2 volts batterier vi förbrukade när vi nyttjade Thomas radio.
350	Ungefärligt antal sekunder en genomsnittlig mesh-generering tar.
19	Maximalt (?) antal processorer utnyttjade samtidigt av oss.
8	Summan av antalet kaffemuggar och colaburkar på Bosses bord den 4/11.
11	Antalet böcker i FIDAP-manualen
84 825	Antalet element i 3D-modellen med runt inloppsrör
28	Antalet tomburkar i tomburkspyramiden den 17/11.

"You must verify your results, otherwise you just produce nice colour pictures"
Dr Tägnfors, FEM grunder.

"Det er desværre en bug i FIDAP som i er stødt på. Tak for de andre fejlmeddelser."
Rene von Staffeldt Beck, MacNeal-Schwendler Nordic AS.

"Att kalla datorernas användargränssnitt för användarvänliga är detsamma som att klä en chimpanse i kirurgkläder och helt allvarligt visa upp honom som en kirurg"
Michael Dertouzos, chef för MITs datavetenskapliga laboratorium
(Ur Ny Teknik)

