

A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

**HASKONING NEDERLAND BV**  
**COASTAL & RIVERS**

Berekeningen NCP Westerschelde

30 november 2001

Eindrapport

RIKZ Middelburg

A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

**HASKONING NEDERLAND BV**  
**COASTAL & RIVERS**

Heer Bokelweg 145

Postbus 91

3000 AB Rotterdam

+31 (0)10 467 13 61

Telefoon

+31 (0)10 4674559

Fax

info@rotterdam.royalhaskoning.com

E-mail

www.royalhaskoning.com

Internet

Arnhem 09122561

KvK

Documenttitel    Berekeningen NCP Westerschelde

Status    Eindrapport

Datum    30 november 2001

Projectnaam    Berekeningen NCP Westerschelde

Projectnummer    1213

Opdrachtgever    RIKZ Middelburg

Referentie    1213/R1553/MJ/Rott2b

Opgesteld door    M.H.P. Jansen

Gecontroleerd door    E.A. Collard

Datum/paraaf controle    28 nov. 01

Goedgekeurd door    B. Bliet

Datum/paraaf

## INHOUDSOPGAVE

|                                                                   | Blz. |
|-------------------------------------------------------------------|------|
| 1 INLEIDING                                                       | 1    |
| 1.1 Doelstelling                                                  | 1    |
| 1.2 Aanpak van het onderzoek                                      | 1    |
| 1.3 Leeswijzer                                                    | 2    |
| 2 BESCHRIJVING SCALWEST MODEL EN ALTERNATIEVEN                    | 3    |
| 2.1 Korte beschrijving SCALWEST model                             | 3    |
| 2.2 Beschrijving alternatieven                                    | 4    |
| 3 RESULTATEN                                                      | 6    |
| 3.1 Berekeningen met twee kribben                                 | 6    |
| 3.2 Berekeningen met meerdere lage kribben                        | 7    |
| 3.3 Berekeningen met geleidingsdammen                             | 8    |
| 4 CONCLUSIES                                                      | 11   |
| Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden: | 11   |
| 5 AANBEVELINGEN                                                   | 12   |
| 6 LITERATUUR                                                      | 13   |

## 1 INLEIDING

Voor het compenseren van natuur die op de Westerschelde verloren is gegaan, is het Natuur Herstelplan Westerschelde ontwikkeld.

In dit kader onderzoekt RWS directie Zeeland maatregelen om een verdere afname van de Schorren van Waarde te voorkomen en de achteruitgang van het voorgelegen slik om te buigen in een toename.

In 2000 is door ingenieursbureau Svašek onderzoek gedaan naar enkele maatregelen om een verdere afname van het Schor van Waarde en Zuidgors te voorkomen (lit. [1]). Hierbij werden verschillende alternatieven onderzocht, bestaande uit de aanleg van kribben en/of leidammen. Op basis van dit onderzoek is door het RIKZ een advies uitgebracht aan Rijkswaterstaat, directie Zeeland (lit. [2]).

In dit advies werden een aantal nieuwe alternatieven beschreven en werd de wens uitgesproken om meer inzicht te krijgen in de effecten van de ligging en de hoogte van leidammen en kribben op de waterbeweging.

Aan Ingenieursbureau Royal Haskoning (vh Svašek) is door het RIKZ gevraagd (opdrachtbon 67011783, dd. 24-10-2001) enkele berekeningen met het SCALWEST model uit te voeren ten behoeve van ingrepen op deze schorren. Deze berekeningen worden uitgevoerd om de invloed van leidammen en overlaten ter plaatse van schorranden op de stroming te onderzoeken. Doel van het onderzoek is inzicht te krijgen in de effectiviteit van nieuw aan te leggen kribben en leidammen op het stroombeeld ter plaatse van het Schor van Waarde. Met name de stroming ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse, waar nu erosie plaatsvindt, verdient speciale aandacht.

Het project is uitgevoerd door M. H. P. Jansen. Vanuit het RIKZ was de begeleiding in handen van J. Consemulder.

### 1.1 Doelstelling

De doelstelling van dit project is om na te gaan wat de gevolgen zijn van de aanleg van kribben en/of leidammen op de waterbeweging en daardoor op het patroon van sedimentatie en erosie van het Schor van Waarde in de Westerschelde. Het doel is het voorkomen van schorerosie en erosie van het slik waarbij de wens is uitgesproken om sedimentatie van slib/zand rijk materiaal op het slik (met name ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse) te krijgen.

Hierbij is gebruik gemaakt van het SCALWEST model (lit [3]).

### 1.2 Aanpak van het onderzoek

Het onderzoek is op de volgende manier uitgevoerd:

- berekenen van de huidige situatie (T00)
- inbrengen en berekenen van de alternatieven
- verwerken en interpreteren van de resultaten van de berekeningen



Bij dit rapport hoort een CD-ROM met daarop de modelinvoer, alle resultaten digitaal en van elk alternatief een animatie.

### 1.3

#### Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal het SCALWEST model beschreven worden en zullen de alternatieven aan bod komen. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd en uiteindelijk volgen in hoofdstuk 4 de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek.

## 2 BESCHRIJVING SCALWEST MODEL EN ALTERNATIEVEN

### 2.1 Korte beschrijving SCALWEST model

Het SCALWEST 2DH model is een numeriek waterbewegingsmodel van de Westerschelde dat gebaseerd is op WAQUA in SIMONA. Het model strekt zich uit van het mondingsgebied van de Westerschelde tot en met de Zeeschelde in België, zie figuur 2.1. Het model heeft ongeveer 75000 rekenpunten en de bodemgegevens van deze punten zijn bepaald uit lodingen uit 1996 (figuur 2.2). De roosterafstand varieert in breedterichting van 10 tot 400 meter en in lengterichting van 40 tot 700 meter. Ter plaatse van de onderzochte schorren varieert het rooster in breedterichting tussen de 45 en 50 meter en in lengterichting tussen de 60 en 80 meter.

Het model wordt aan de zeekant aangedreven door waterstanden bij de Vlakte van de Raan, Westkapelle en Zeebrugge en op de Zeeschelde door een debiet. Zie voor een verdere beschrijving lit [3]. Er is gerekend met WAQUA versie 2000-01 op het rekencluster van Svašek.

Er is gerekend met een gemiddeld springtij. Hiervoor is de periode van 10 t/m 12 juni 1995 (GC=1.15) gebruikt, waarbij op 12 juni van 0:00 uur t/m 16:00 uur om het half uur uitvoer is gegenereerd. Dit getij is ook tijdens eerder onderzoek gebruikt (lit [4]). Er is met wind, gemeten bij Hansweert, en zout gerekend.

Als bodemschematisatie is de bodem uit het project 'Verbeteren van het SCALWEST-model' (lit.[5]) gebruikt. Hierbij is de bodemschematisatie ter plaatse van metingen op het slik aangepast. Onder andere is er gemeten op het slik van Waarde. De bodemruwheid komt uit hetzelfde project. De bodemruwheid is aangepast waarbij gelet is op het geomorfologische eenheden in het intergetijdengebied. Hierbij is de eenheid laagdynamisch slibrijk nogmaals aangepast.

## 2.2 Beschrijving alternatieven

In het kader van het Natuurcompensatieprogramma zijn verschillende maatregelen voorgesteld om de verder afname van het schor en slik bij Waarde te voorkomen. In figuur 2.1 is de ligging van het gebied gepresenteerd.

Het doel van de alternatieven is om door vermindering van de stroming het verlies van schor areaal tegen te gaan.

De volgende alternatieven zijn onderzocht:

| Alternatief | Beschrijving                                                                                                  | Gemiddelde hoogte | Motivatie/bijzonderheden                                                                                               |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| K01         | Twee kribben verlopend van NAP +3 m tot NAP +1m (resp. NAP + 0,5 m)                                           | NAP + 2 m         | Vervolg op alt W2 uit het vorige onderzoek. Verlaging van de kop van de kribben om stroming rond de kop te verminderen |
| K02         | Twee kribben verlopend van NAP +2 m tot NAP +1m (resp. NAP + 0,5 m)                                           | NAP + 1.75 m      | Meer stroming over de kribben                                                                                          |
| K03         | Twee kribben verlopend van NAP +2 m tot NAP +1m, lager dan K02                                                | NAP + 1.5 m       | Meer stroming over de kribben                                                                                          |
| KK1         | Negen kleine kribben 1 meter boven maaiveld                                                                   | NAP – 0.4 m       | Meer kribben die lager zijn. Ter plaatse van het dorp ligt krib op enkele plaatsen 1,5 m boven mv.                     |
| KK2         | Vijf kleine kribben 1,5 meter boven maaiveld                                                                  | NAP + 0,1 m       | Combinatie van K03 en KK1. Ter plaatse van het dorp ligt krib op enkele plaatsen 2 m boven mv.                         |
| KK3         | Vier kleine kribben. Drie op 1,5 meter boven maaiveld, de krib oostelijk van het dorp op 2,5 m boven maaiveld | NAP +0.1 m        | Ter plaatse van het dorp krib op enkele plaatsen 2 m boven mv.                                                         |
| G01         | Westelijke geleidingsdam op NAP + 3 m. Ligging Geleidingsdam op LW-lijn                                       | NAP + 3 m         | Variant w3 uit vorige onderzoek (lit.[1])                                                                              |
| G02         | Kortere westelijke geleidingsdam op NAP + 3 m.                                                                | NAP + 3 m         |                                                                                                                        |
| G03         | Twee geleidingsdammen op NAP + 3 m.                                                                           | NAP + 3 m         | Meest vergaande alternatief                                                                                            |
| G04         | Twee geleidingsdammen op NAP + 1,5 m.                                                                         | NAP + 1,5 m       | Water kan over de dammen stromen                                                                                       |
| G05         | Vijf geleidingsdammen op NAP + 2 m.                                                                           | NAP + 2 m         | Water kan tussen en over de dammen stromen                                                                             |
| G06         | Westelijke geleidingsdam op NAP + 1.5 m. en krib oostelijk van het dorp                                       | NAP + 1,5 m       | Combinatie van G04 en KK3                                                                                              |
| G04         | Twee geleidingsdammen op NAP + 1,5 m met in de westelijke dam een verlaging van 200 m op NAP + 0.8 m          | NAP + 1,5 m       | Er ontstaat een tegendruk tegen de retourstroming ter plaatse van het dorp                                             |

|     |                                                                              |             |                           |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------|
| G08 | Westelijk geleidingsdam op NAP + 1,5 m met een verlaging en oostelijke krib. | NAP + 1,5 m | Combinatie van G06 en G07 |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------|

### Tabel 2.1 Beschrijving alternatieven

In figuur 3.3.1 t/m 3.16.1 zijn de verschillende alternatieven gepresenteerd. In de figuren is ook de ligging van het Verdrongen dorp van Valkenisse weergegeven.

De alternatieven G01 t/m G03 zijn met schotjes in het model ingebracht. Voor de overige varianten zijn weirs (overlaten) gebruikt.

Het project is gestart met drie alternatieven: twee hoge kribben, negen lage kribben en twee geleidingsdammen. Deze drie alternatieven zijn op basis van de berekeningsresultaten, verder ontwikkeld.

### 3 RESULTATEN

#### 3.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zullen alle berekeningsresultaten beschreven worden. In paragraaf 3.1 zullen de resultaten van de berekeningen met twee kribben aan bod komen, in paragraaf 3.2 de berekeningen met enkele kleine kribben en in paragraaf 3.3 de berekeningen met een geleidingsdam.

Per lokatie worden per alternatief het ruimtelijk stroombeeld besproken.

In dit hoofdstuk worden de stroombeelden op maximum eb en maximum vloed voor de verschillende alternatieven gepresenteerd. Maximum stroming is het tijdstip waarop rond de schorren de maximale stroomsnelheid optreedt. Dit kan dus een ander tijdstip zijn dan het tijdstip van maximum stroming in de diepe geulen.

Maximum eb vindt bij het Schor van Waarde plaats rond 3:30 uur en maximum vloed rond 13:30 uur. De waterstanden zijn gepresenteerd in figuur 3.1.

Naast de in dit rapport gepresenteerde resultaten zijn van elk alternatief ook animaties gemaakt van de stroming. Deze animaties staan op de bijgeleverde CD-ROM.

Alle varianten zijn vergeleken met de resultaten van de huidige situatie. De maximum eb en vloed stroming in de huidige situatie is gepresenteerd in figuur 3.2.2 en 3.2.4. Het gele blokje geeft de ligging van het Verdrongen dorp van Valkenisse weer.

#### 3.2 Berekeningen met twee kribben

In figuren 3.3.1 en 3.4.1 zijn de schematisaties van de kribben van alternatief **K01 en K02** gepresenteerd.

De kribben lopen van NAP + 1 m en NAP + 0,5 m vanaf de laagwaterlijn tot NAP + 3 m (K01) en NAP + 2 m (K02) op het schor. Ter hoogte van het Verdrongen dorp van Valkenisse is de hoogte van de dammen NAP + 2 m.

In figuur 3.3.2 en 3.3.4 en 3.4.2 en 3.4.4 zijn de maximum eb en vloed snelheden gepresenteerd.

Het enige verschil in configuratie tussen variant K01 en K02 is de hoogte van de kribben op het schor en het hoge slik. Dit heeft echter nauwelijks invloed op de resultaten; deze zijn nagenoeg identiek.

Het verschil tussen deze berekeningen en de berekening tijdens het vorige project zijn:

- Aan de kop van de kribben is de snelheidstoename minder groot 0,2 m/s ipv 0,4 m/s
- De neervorming die optreedt is nu minder groot dan bij de vorige berekeningen en daardoor is de snelheid van de retourstroom tijdens max vloed minder groot (0,25 m/s ipv. 0,6 m/s).

Varianten K01 en K02 zijn een verbetering tov. de hoge kribben (tot NAP+3 m) van alternatief W2 van het vorige onderzoek (lit.[1]). De ontgroning aan de koppen zal minder groot zijn en de snelheden tussen de kribben zijn minder groot. Bovendien wordt

een groot deel van het slik (en dus ook schor) beschermd. De snelheden tussen de kribben en op het slik zijn te laag om een slib/zand achtige bodem te krijgen.

In figuur 4.3.1 t/m 4.3.5 zijn de resultaten van alternatief **K03** gepresenteerd. Bij deze variant zijn de kribben nog verder verlaagd tov. alternatief K02.

De resultaten zijn ten opzichte van K02 nauwelijks veranderd. De stroming schuift iets verder het slik op, maar de stroming ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse verandert weinig.

Alternatief K03 is goedkoper dan alternatief K01 en K01, vanwege de kleinere hoogte van de kribben. De snelheidsafname is bij alle drie alternatieven echter te groot om een slib/zand achtige bodem te krijgen.

### 3.3 Berekeningen met meerdere lage kribben

In figuren 3.6.1 is de schematisatie van de kribben van alternatief **KK1** gepresenteerd. De negen kribben liggen 1 meter boven maaiveld. Ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse liggen de kribben 1,5 meter boven maaiveld omdat hier de bodem laag ligt (kruin van de kribben ligt op NAP).

In figuur 3.6.2 en 3.6.4 zijn de maximum eb en vloed snelheden gepresenteerd.

De volgende conclusies zijn uit de figuren te trekken:

- De stroomsnelheden nemen ten opzichte van de T00 tijdens eb met 0,2 m/s af en tijdens vloed 0,3 m/s. Tijdens max vloed zijn de snelheden op het slik 0,5 à 0,6 m/s.
- De snelheden aan de schorrand (op het hoge slik) nemen meer af (ong. -0,5 m/s).
- Er is geen neervorming zichtbaar in het model. Dit is het gevolg van de modelschematisatie. Je hebt minimaal 5 gridcellen nodig voor een neervorming en de kribben liggen 3 gridcellen uit elkaar.

De stroomsnelheden tijdens max vloed zijn hoog (0,5 à 0,6 m/s). Waarschijnlijk zal hierdoor niet veel sedimentatie op het slik plaatsvinden. De schorranden worden wel redelijk beschermd.

In figuur 3.7.1 is de schematisatie van **KK2** gepresenteerd. Dit zijn 5 kribben op 1,5 meter boven maaiveld. Ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse liggen de kribben op 2,0 m boven maaiveld.

De belangrijkste resultaten zijn:

- De verschillen met KK1 (9 kribben met lagere kruinhoogte) zijn klein. Tijdens eb zijn de snelheden bij KK2 in het oostelijke deel iets kleiner en in het westelijk deel iets groter. De snelheidsafname ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse blijft gelijk en is erg klein (-0,2 m/s). Een zelfde beeld is ook tijdens vloed te zien, de snelheidsafname tijdens vloed ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse is -0,3 m/s à -0,4 m/s.
- De snelheidsafname op het slik is bij KK2 iets groter dan bij KK1. De verschillen zijn echter zeer plaatselijk en bedragen vaak niet meer 0,1 m/s
- De stroomsnelheden zijn nog steeds hoog op het slik, vooral tijdens vloed (max 0,5 à 0,6 m/s). Er zal geen grote sedimentatie plaatsvinden met deze stroomsnelheden. Dit komt omdat het slik ten zuiden van het Verdrongen dorp van Valkenisse erg laag ligt (NAP -1,5 m). Het Verdrongen dorp van Valkenisse zelf ligt op NAP -1 m. De



kribben bij KK2 hebben daarom ten zuiden van het dorp een kruinhoogte van rond NAP. Wanneer deze hoger komen te liggen zullen de stroomsnelheden verder afnemen.

Als laatste alternatief voor de meervoudige kribben is alternatief **KK3** (figuur 3.8.1) berekend. Hierbij is de meest oostelijke krib van alternatief KK2 weggelaten en de krib oostelijk van het Verdrongen dorp van Valkenisse 1 m hoger gelegd. In figuur 3.8.2 en 3.8.4 wordt de stroming rond maximum eb en vloed gepresenteerd.

Uit de figuren komt naar voren:

- De stroming ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse neemt zowel tijdens eb (max. 0,3 m/s) als tijdens vloed (max. 0,4m/s) met 0,1 m/s af ten opzichte van alternatief KK2.
- De stroming op het meest oostelijk gelegen deel van het slik neemt als gevolg van het ontbreken van de oostelijke krib toe. De stroomsnelheden blijven echter klein (eb 0,4 à 0,5 m/s, vloed 0,3 m/s).
- Ten opzichte van de huidige situatie nemen de snelheden tijdens eb met 0,3 m/s af ter hoogte van het dorp. Tijdens vloed is de grootste afname 0,6 m/s op het oostelijk deel van het slik. Ter plaatse van het dorp en op het westelijke deel is de afname tijdens eb 0,2 m/s tot 0,3 m/s.

### 3.4 Berekeningen met geleidingsdammen

In figuren 3.9.1 en 3.10.1 zijn de schematisaties van de geleidingsdammen van alternatief **G01** en **G02** gepresenteerd. Alternatief G01 is gelijk aan alternatief W3 van het vorige onderzoek (lit. [1]) en bestaat uit één lange westelijke geleidingsdam. Alternatief G02 is 200 m korter dan G01.

In figuur 3.9.2 en 3.9.4 en 3.10.2 en 3.10.4 zijn de maximum eb en vloed snelheden gepresenteerd.

In de figuren is duidelijk te zien dat de afname bij een kortere leidam kleiner is. In beide gevallen wordt het Verdrongen dorp van Valkenisse wel beter beschermd dan in de T00 situatie. Een verdere verkorting van de leidam is niet zinvol omdat het dorp dan te dicht bij de stroming over het slik komt te liggen.

In figuur 3.11.1 en 3.12.1 zijn de schematisaties gepresenteerd van alternatieven **G03** en **G04**. Bij deze alternatieven is een westelijke geleidingsdam (van variant G02) gecombineerd met een oostelijke geleidingsdam. Bij alternatief G03 ligt de kruin van beide dammen op NAP + 3 m. en bij alternatief G04 op NAP +1,5 m. Bij dit laatste alternatief kan dus tijdens hoog water, het water over de dammen stromen.

Uit de resultaten van deze alternatieven, zoals gepresenteerd in figuur 3.11.2 t/m 3.12.4 komt naar voren:

- Met name in het westelijk deel van het slik veranderen de stroomsnelheden. Tijdens eb is de afname in het westelijk deel -0.5 m/s en in het oostelijk deel -0.1 m/s. Dit heeft met name te maken met de bodemligging van het slik. In het westelijk deel is deze dieper, dus stroomt er zonder dammen veel meer water over dit slik dan in het oostelijk deel. De invloed van de dammen in het oostelijk deel is dus minder groot.

Ook de geometrie van de dammen (ligging van de opening ten opzichte van de stroming langs de dammen in de geul) speelt een rol.

- De stroomsnelheden op het oostelijk deel van het slik gaan flink omlaag (vloed -0.6 m/s eb -0.4 m/s) bij alternatief G03 omlaag.
- De stroomsnelheden ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse verschillen iets ten opzichte van G02.
- De stroomsnelheden aan de kop van de dam worden minder in vergelijking tot G02. Dit komt omdat het doorstroomprofiel ten oosten van de geleidingsdam kleiner blijft in vergelijking tot variant G01 en G02.
- Tijdens max vloed stroomt bij alternatief G04 veel water via de opening tussen de twee dammen het gebied in en daardoor nemen tijdens max. vloed de stroomsnelheden in het oostelijk deel de stroomsnelheden minder af (-0.1 à -0.3 m/s) dan in het westelijk deel (-0.6 m/s).
- Tijdens maximum vloed vindt er ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse een retourstroom plaats van 0,4 à 0,5 m/s)

Bij deze varianten is er veel sedimentatie in het westelijk deel van het schor (veel slib) en in het oostelijk deel verwacht minder sedimentatie bij alternatief G04 en dan met name zandachtig. Het Verdrongen dorp van Valkenisse wordt redelijk beschermd en zal afgedekt worden met slibrijk materiaal.

Alternatief **G05** wordt gepresenteerd in figuur 3.13.1. Dit alternatief bestaat uit een vijftal kleine geleidingsdammen op NAP + 2 m. waartussen de uitwisseling tussen het slik en de geul plaats kan vinden.

In figuur 3.13.2 t/m 3.13.5 zijn de resultaten van alternatief G05 gepresenteerd.

Uit de figuren blijkt:

- Bij de kleine dammen is heel duidelijk te zien dat de stroming via de gaten in en uit stroomt. De afname van de stroomsnelheden ligt over het hele slik in de orde van -0.1 m/s en -0.2 m/s. Dit is vrij weinig. In de openingen neemt de snelheid toe en ontstaan ontgrondingskuilen. Achter de dammen ontstaat in de luwte sedimentatie.
- Tijdens max vloed nemen de stroomsnelheden op het slik achter de eerste opening toe.
- De stroming ter plaatse van het dorp neemt nauwelijks af.
- Bij variant G05 ontstaat een stroming over het slik achter de leidammen langs. Kleinere openingen hebben waarschijnlijk meer effect dan hogere leidammen.

In figuur 3.14.1 wordt alternatief **G06** gepresenteerd. Dit alternatief is een combinatie van alternatief G04 en alternatief KK3 en bestaat uit een westelijke geleidingsdam (op NAP +1.5 m) in combinatie met een oostelijke krib (1,5 m boven maaiveld).

De volgende conclusies kunnen uit figuur 3.14.1 t/m 3.14.5 getrokken worden:

- Ten opzichte van alternatief G04 verandert zowel tijdens max. eb als max. vloed weinig op het westelijke deel van het slik.
- De stroming op het oostelijke deel van het slik verandert wel tov. alt G04. De stroming langs het schor neemt af en op het meest oostelijke deel toe. Met name de afname tijdens maximum vloed is groot (-0,5 m/s tov. T00)
- Tijdens maximum vloed vindt er ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse een retourstroom plaats van 0,4 à 0,5 m/s.



Om de retourstroming tijdens maximum vloed te verminderen bij alternatief G04 en G06 is alternatief **G07** bedacht, waarbij over 200 meter in de westelijke geleidingsdam een verlaging op NAP+0,8 m aangebracht wordt (fig. 3.15.1) om tegendruk te geven aan de retourstroom. Tevens wordt hiermee ook de stroomsnelheid op het westelijke deel van het slik verhoogd.

Uit de figuren 3.15.2 t/m 3.15.5 komt het volgende:

- Er vindt meer stroming plaats over het slik bij alternatief G06 in vergelijking met alternatief G04. Met name in het westelijke deel van het slik. Tijdens max. eb zijn de stroomsnelheden rond de 0,3 m/s en tijdens max. vloed rond de 0,5 m/s.
- De retourstroom tijdens maximum vloed die over het Verdronken dorp van Valkenisse gaat neemt af ten opzichte van alternatief G04 (van 0,4 m/s naar 0,2 m/s).
- De afname ten opzichte van de huidige situatie is met name groot in het middengedeelte van het slik (-0,3 m/s tot -0,4 m/s) en net achter de geleidingsdammen. Aan de west- en oostkant van het slik is de afname minder groot.

Waarschijnlijk zal op het hele slik sedimentatie plaatsvinden. In het midden van het slik zal het meer slibrijk zijn en aan de randen meer zandrijk. Ter plaatse van de verlaging in de westdam en de opening in het midden zal erosie plaatsvinden. Aan weerszijden van de dammen zal sedimentatie plaatsvinden.

In figuur 3.16.1 wordt alternatief **G08** gepresenteerd. Dit alternatief is een combinatie van de westelijke dam van alternatief G07 en een krib van alternatief KK3. In figuur 3.16.2 t/m 3.16.5 zijn de resultaten gepresenteerd.

Uit de figuren zijn de volgende conclusies te trekken:

- Alternatief G08 zorgt voor een verlaging van de stroomsnelheden op het oostelijk deel van het slik in vergelijking tot alternatief G07.
- De stroming op het westelijk deel van het slik verandert niet ten opzicht van alt. G07. Ook de retourstroming van G04 wordt tegengegaan.
- Tijdens maximum eb is de verlaging van de stroomsnelheden ten opzichte van de huidige situatie ongeveer -0,3 m/s. Tijdens vloed is de verlaging het grootst in het middendeel en het oostelijk deel van het slik (-0,5 m/s).

Bij dit alternatief zal sedimentatie plaatsvinden in het middendeel en het oostelijk deel van het slik. In het westelijk deel zal geringe sedimentatie plaatsvinden. Ter plaatse van de verlaging in de westdam zal enige erosie plaatsvinden. Aan weerszijde van de dam en krib zal sedimentatie plaatsvinden.

## CONCLUSIES

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

Het alternatief van twee hoge kribben zorgt voor een grote verlaging (-0,5 m/s tot -0,6 m/s) van de stroomsnelheden. De effectiviteit neemt nauwelijks af wanneer de kruinhoogte wordt verlaagd naar NAP+1,5 m.

De erosie aan de kop van de kribben kan voorkomen worden door de krib in hoogte af te laten lopen.

Een nadeel van deze constructie is wel de zichtbaarheid van het constructie. Deze zal na verloop van tijd door sedimentatie afnemen, behalve bij de kop van de kribben.

Het alternatief van meerdere lagere kribben (met kruinhoogte tussen NAP en NAP+ 0,5 m) is minder effectief dan de constructies met hoge kribben of geleidingsdammen.

Veel lage kribben hebben een kleiner effect dan minder iets hogere kribben. Ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse hebben deze kribben om effectief te zijn toch een hoogte van 1,5 m boven maaiveld. De extra investering om de kribben verder te verhogen tot NAP+ 1 m. loont waarschijnlijk wel omdat dan de stroomsnelheden flink zullen afnemen.

De constructie van één of twee geleidingsdammen zijn zeer effectief. Bij hoge geleidingsdammen neemt de stroomsnelheid fors af. Er zal dan snel een slibrijk gebied ontstaan dat zal tenderen naar een schor.

Bij lagere geleidingsdammen (NAP+1,5 m) zal het slik weliswaar ophogen maar wel zandig blijven. Een westelijke dam is effectiever dan een oostelijke geleidingsdam om het achterliggende slik te beschermen. Dit komt door de configuratie van de opening tussen de dammen en de huidige hoogte van het slik.

Een punt van aandacht is de retourstroom ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse. Deze kan vermindert worden door in de westelijke dam een verlaging aan te brengen. Hierdoor nemen de stroomsnelheden over het westelijk deel van het slik toe, maar ter plaatse van het Verdrongen dorp van Valkenisse af.

Geleidingsdammen zullen waarschijnlijk in aanleg duur zijn. Ook de zichtbaarheid is groot maar zal afnemen wanneer in de omgeving van de dam sedimentatie optreedt.

Een krib op het oostelijke deel van het slik is effectiever dan een oostelijke geleidingsdam.

## AANBEVELINGEN

Uit dit onderzoek zijn de volgende aanbevelingen naar voren gekomen:

- In eerder onderzoek is gebleken dat de stroomsnelheden berekend met het SCALWEST model in het intergetijde gebied 50 % te laag liggen [5]. De berekende stroomsnelheden bij het Slik van Waarde zijn 30 % te laag. Momenteel wordt hiernaar door ingenieursbureau Royal Haskoning onderzoek naar verricht. Waarschijnlijk zullen de stroomsnelheden dus toenemen wanneer de stroomsnelheden beter berekend worden. Bij de toetsing van het uiteindelijke alternatief is het raadzaam om dit nogmaals te onderzoeken.
- De berekende stroomsnelheden treden op na aanleg van de dammen of kribben. Na verloop van tijd zal het stroombeeld en de komberging als gevolg van sedimentatie en erosie in het gebied veranderen. Voor het verkrijgen van een indruk van de eindsituatie is het nodig om voor het gekozen alternatief de toekomstige bodemligging te schatten en met deze nieuwe bodem opnieuw het stroombeeld te bepalen.
- Bekend is dat WAQUA de stroming rond kribben en bij neervorming niet goed kan reproduceren [6]. Hoewel dit van minder belang is voor dit onderzoek kan de stroming achter de leidammen en/of kribben anders zijn dan berekend. Toetsing met een ander model of met een verdicht rooster kan hierover uitsluitsel geven.
- Om de morfologische ontwikkeling van het schor te onderzoeken kunnen in het vervolg morfologische berekeningen gedaan worden. Voorwaarde voor betrouwbare resultaten is wel dat de stroomsnelheden in het intergetijdengebied goed gereproduceerd moeten worden en naast bodemligging ook de bodemsamenstelling bekend moet zijn.

## LITERATUUR

1. Svašek, Berekeningen NCP Westerschelde, 00244, juli 2000
2. RIKZ, Studie naar de mogelijke maatregelen voor het behoud van het slik en schor van Waarde, project ZEEDELTAws/NCP, werkdocument RIKZ/AB/2001/825x, augustus 2001
3. RIKZ Middelburg, Het SCALWEST model, de berekening van water- en zoutbeweging en een aanzet voor sedimenttransport in het Schelde-estuarium, werkdocument RIKZ/OS/2000.814, april 2000
4. Svašek, Afbouw SCALWEST modellen t.b.v. project Verdieping, rapportage activiteit D, 98165/1047, juli 1998
5. Royal Haskoning, Verbeteren van het SCALWEST-model, Fase 1 rapport, 01513/1206, november 2001
6. Svašek, Herinrichting aansluiting Lek-Lekkanaal, 99574/1141, januari 2000

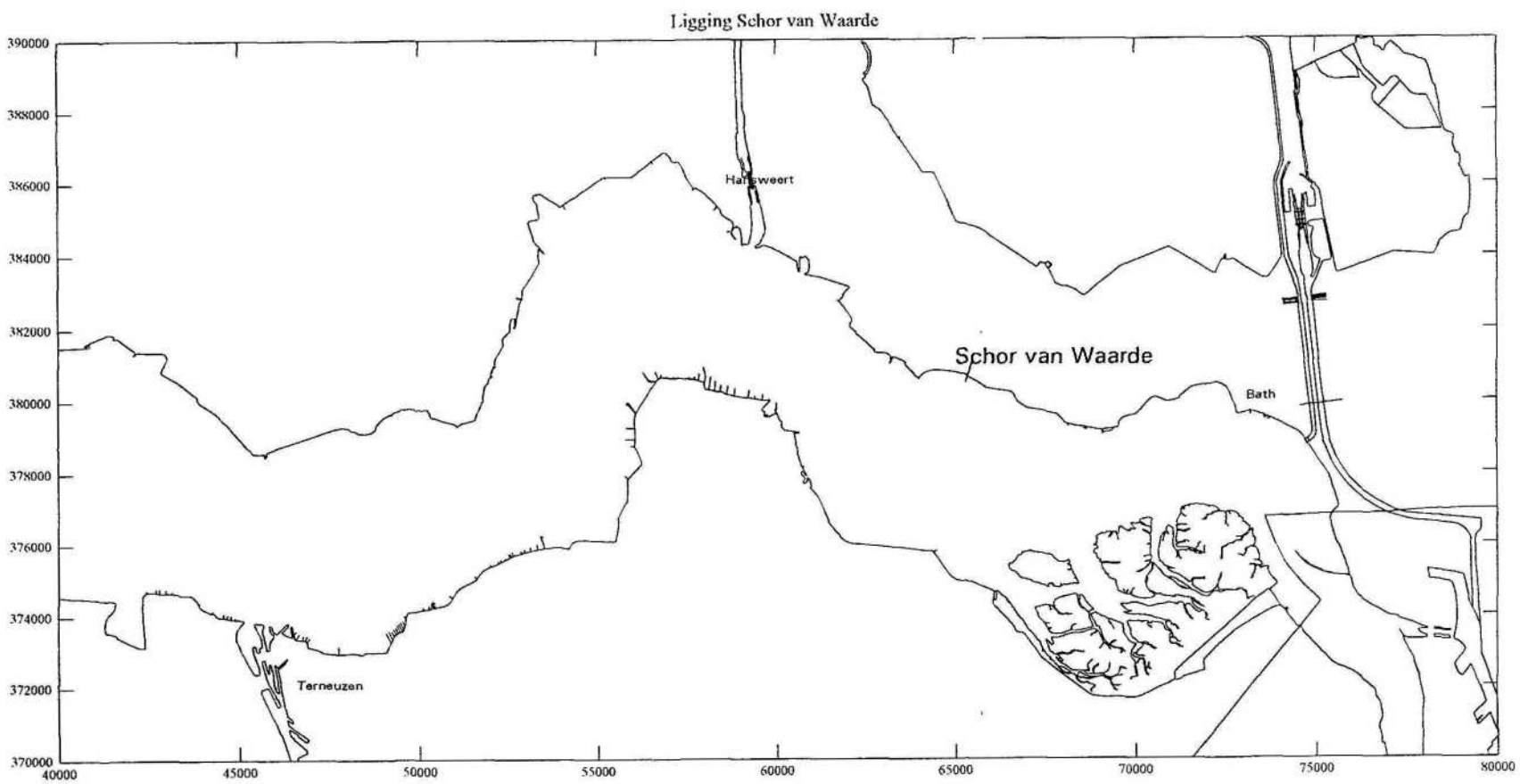
## Lijst van figuren

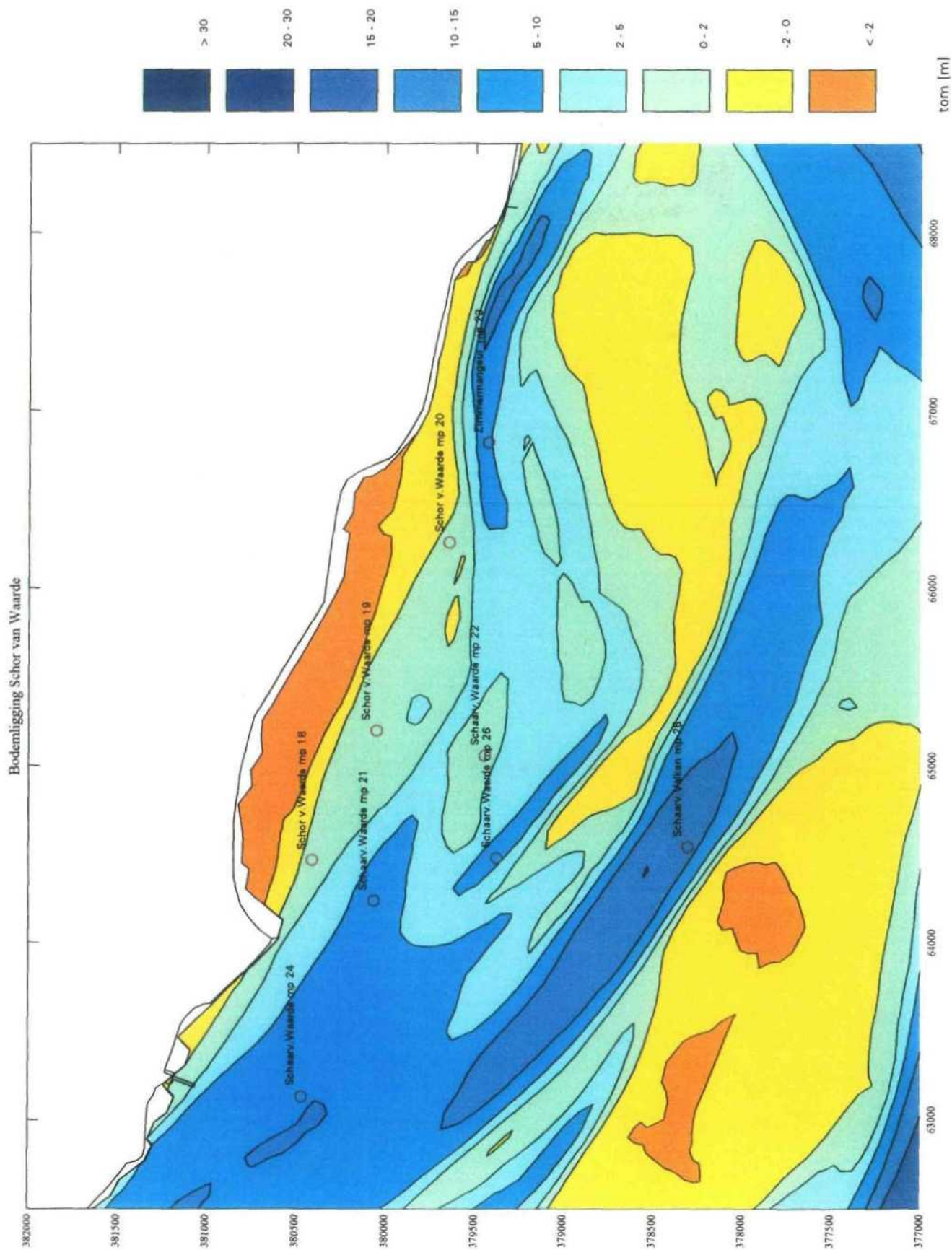
- 2.1 Ligging Schor van Waarde
- 2.2 Bodemligging Schor van Waarde en ligging meetpunten
- 3.1 Waterstand Schor van Waarde
  
- 3.2.2 Snelheden, alt. T00, Huidige situatie, max eb
- 3.2.4 Snelheden, alt. T00, Huidige situatie, max vloed
  
- 3.3.1 Layout alt. K01, Kribben hoog
- 3.3.2 Snelheden, alt. K01, Kribben hoog, max eb
- 3.3.3 Verschil snelheden, alt. K01, Kribben hoog, max eb
- 3.3.4 Snelheden, alt. K01, Kribben hoog, max vloed
- 3.3.5 Verschil snelheden, alt. K01, Kribben hoog, max vloed
- 3.4.1 Layout alt. K02, Kribben middel
- 3.4.2 Snelheden, alt. K02, Kribben middel, max eb
- 3.4.3 Verschil snelheden, alt. K02, Kribben middel, max eb
- 3.4.4 Snelheden, alt. K02, Kribben middel, max vloed
- 3.4.5 Verschil snelheden, alt. K02, Kribben middel, max vloed
- 3.5.1 Layout alt. K03, Kribben middel
- 3.5.2 Snelheden, alt. K03, Kribben middel, max eb
- 3.5.3 Verschil snelheden, alt. K03, Kribben middel, max eb
- 3.5.4 Snelheden, alt. K03, Kribben middel, max vloed
- 3.5.5 Verschil snelheden, alt. K03, Kribben middel, max vloed
- 3.5.6 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.7 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.8 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.9 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.10 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.11 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.12 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.13 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
- 3.5.14 Stroomsnelheden meetpunten, alt. K02 en K03
  
- 3.6.1 Layout alt. KK1, Kleine kribben mv +1 m
- 3.6.2 Snelheden, alt. KK1, Kleine kribben mv +1 m, max eb
- 3.6.3 Verschil snelheden, alt. KK1, Kleine kribben mv +1 m, max eb
- 3.6.4 Snelheden, alt. KK1, Kleine kribben mv +1 m, max vloed
- 3.6.5 Verschil snelheden, alt. KK1, Kleine kribben mv +1 m, max vloed
- 3.7.1 Layout alt. KK2, Kleine kribben mv +1,5 m
- 3.7.2 Snelheden, alt. KK2, Kleine kribben mv +1,5 m, max eb
- 3.7.3 Verschil snelheden, alt. KK2, Kleine kribben mv +1,5 m, max eb
- 3.7.4 Snelheden, alt. KK2, Kleine kribben mv +1,5 m, max vloed
- 3.7.5 Verschil snelheden, alt. KK2, Kleine kribben mv +1,5 m, max vloed
- 3.8.1 Layout alt. KK3, Kleine kribben 1 hoog
- 3.8.2 Snelheden, alt. KK3, Kleine kribben 1 hoog, max eb
- 3.8.3 Verschil snelheden, alt. KK3, Kleine kribben 1 hoog, max eb
- 3.8.4 Snelheden, alt. KK3, Kleine kribben 1 hoog, max vloed
- 3.8.5 Verschil snelheden, alt. KK3, Kleine kribben 1 hoog, max vloed
- 3.8.6 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3

- 3.8.7 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
- 3.8.8 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
- 3.8.9 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
- 3.8.10 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
- 3.8.11 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
- 3.8.12 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
- 3.8.13 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
- 3.8.14 Stroomsnelheden meetpunten, alt. KK2 en KK3
  
- 3.9.1 Layout alt. G01, Leidammen lang
- 3.9.2 Snelheden, alt. G01, Leidammen lang, max eb
- 3.9.3 Verschil snelheden, alt. G01, Leidammen lang, max eb
- 3.9.4 Snelheden, alt. G01, Leidammen lang, max vloed
- 3.9.5 Verschil snelheden, alt. G01, Leidammen lang, max vloed
- 3.10.1 Layout alt. G02, Leidammen korter
- 3.10.2 Snelheden, alt. G02, Leidammen korter, max eb
- 3.10.3 Verschil snelheden, alt. G02, Leidammen korter, max eb
- 3.10.4 Snelheden, alt. G02, Leidammen korter, max vloed
- 3.10.5 Verschil snelheden, alt. G02, Leidammen korter, max vloed
- 3.11.1 Layout alt. G03, Twee leidammen
- 3.11.2 Snelheden, alt. G03, Twee leidammen, max eb
- 3.11.3 Verschil snelheden, alt. G03, Twee leidammen, max eb
- 3.11.4 Snelheden, alt. G03, Twee leidammen, max vloed
- 3.11.5 Verschil snelheden, alt. G03, Twee leidammen, max vloed
- 3.12.1 Layout alt. G04, Twee leidammen laag
- 3.12.2 Snelheden, alt. G04, Twee leidammen laag, max eb
- 3.12.3 Verschil snelheden, alt. G04, Twee leidammen laag, max eb
- 3.12.4 Snelheden, alt. G04, Twee leidammen laag, max vloed
- 3.12.5 Verschil snelheden, alt. G04, Twee leidammen laag, max vloed
- 3.13.1 Layout alt. G05, Vijf leidammen laag
- 3.13.2 Snelheden, alt. G05, Vijf leidammen laag, max eb
- 3.13.3 Verschil snelheden, alt. G05, Vijf leidammen laag, max eb
- 3.13.4 Snelheden, alt. G05, Vijf leidammen laag, max vloed
- 3.13.5 Verschil snelheden, alt. G05, Vijf leidammen laag, max vloed
- 3.14.1 Layout alt. G06, Leidam en Krib
- 3.14.2 Snelheden, alt. G06, Leidam en Krib, max eb
- 3.14.3 Verschil snelheden, alt. G06, Leidam en Krib, max eb
- 3.14.4 Snelheden, alt. G06, Leidam en Krib, max vloed
- 3.14.5 Verschil snelheden, alt. G06, Leidam en Krib, max vloed
- 3.15.1 Layout alt. G07, Twee leidammen west laag
- 3.15.2 Snelheden, alt. G07, Twee leidammen west laag, max eb
- 3.15.3 Verschil snelheden, alt. G07, Twee leidammen west laag, max eb
- 3.15.4 Snelheden, alt. G07, Twee leidammen west laag, max vloed
- 3.15.5 Verschil snelheden, alt. G07, Twee leidammen west laag, max vloed
- 3.16.1 Layout alt. G08, Lage leidam en Krib
- 3.16.2 Snelheden, alt. G08, Lage leidam en Krib, max eb
- 3.16.3 Verschil snelheden, alt. G08, Lage leidam en Krib, max eb
- 3.16.4 Snelheden, alt. G08, Lage leidam en Krib, max vloed
- 3.16.5 Verschil snelheden, alt. G08, Lage leidam en Krib, max vloed
- 3.16.6 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08

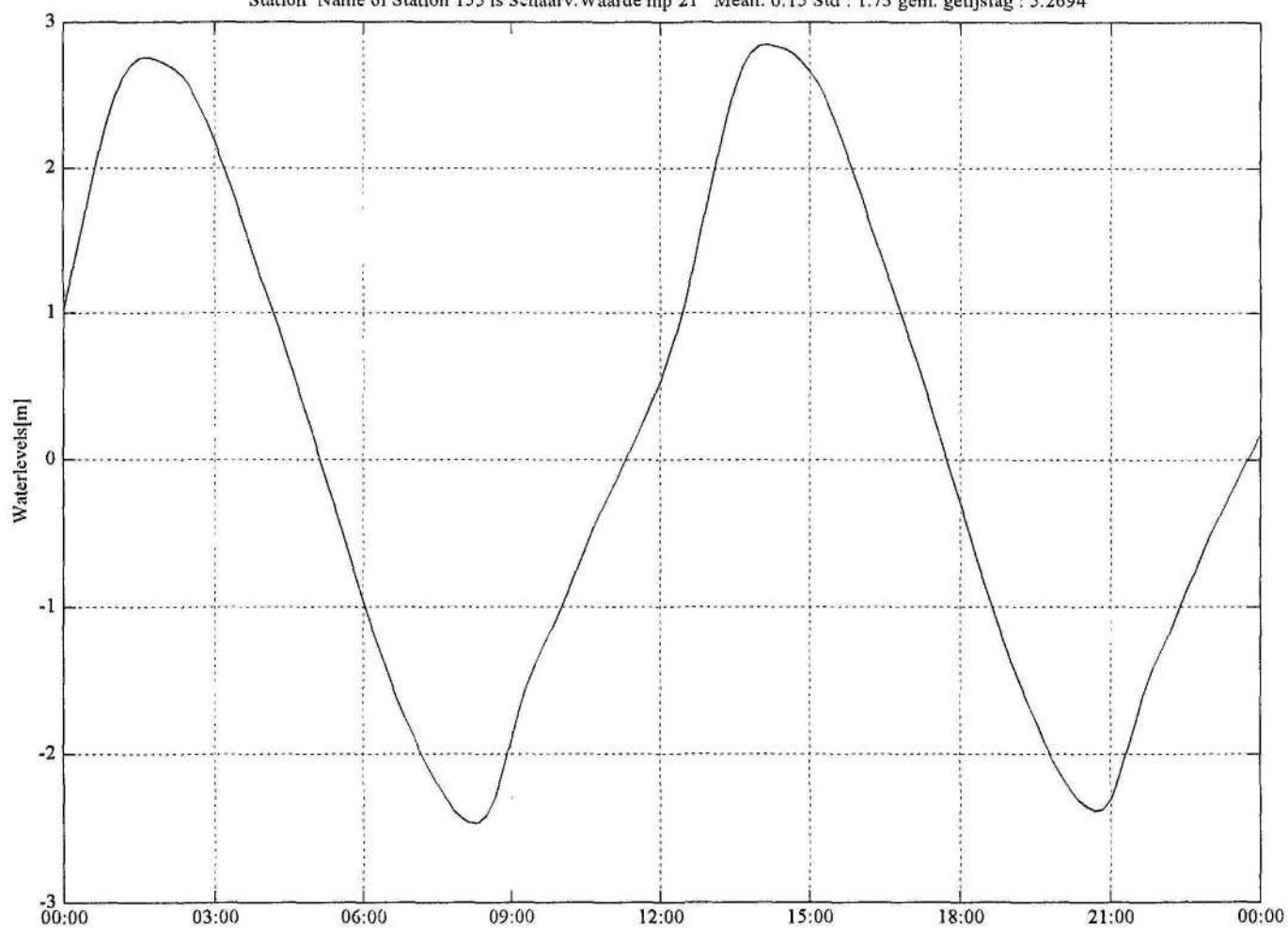
- 3.16.7 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08
- 3.16.8 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08
- 3.16.9 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08
- 3.16.10 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08
- 3.16.11 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08
- 3.16.12 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08
- 3.16.13 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08
- 3.16.14 Stroomsnelheden meetpunten, alt. G07 en G08







Station Name of Station 155 is Schaarv.Waarde mp 21 Mean: 0.15 Std : 1.73 gem. getijslag : 5.2694



Waterstand Schor van Waarde

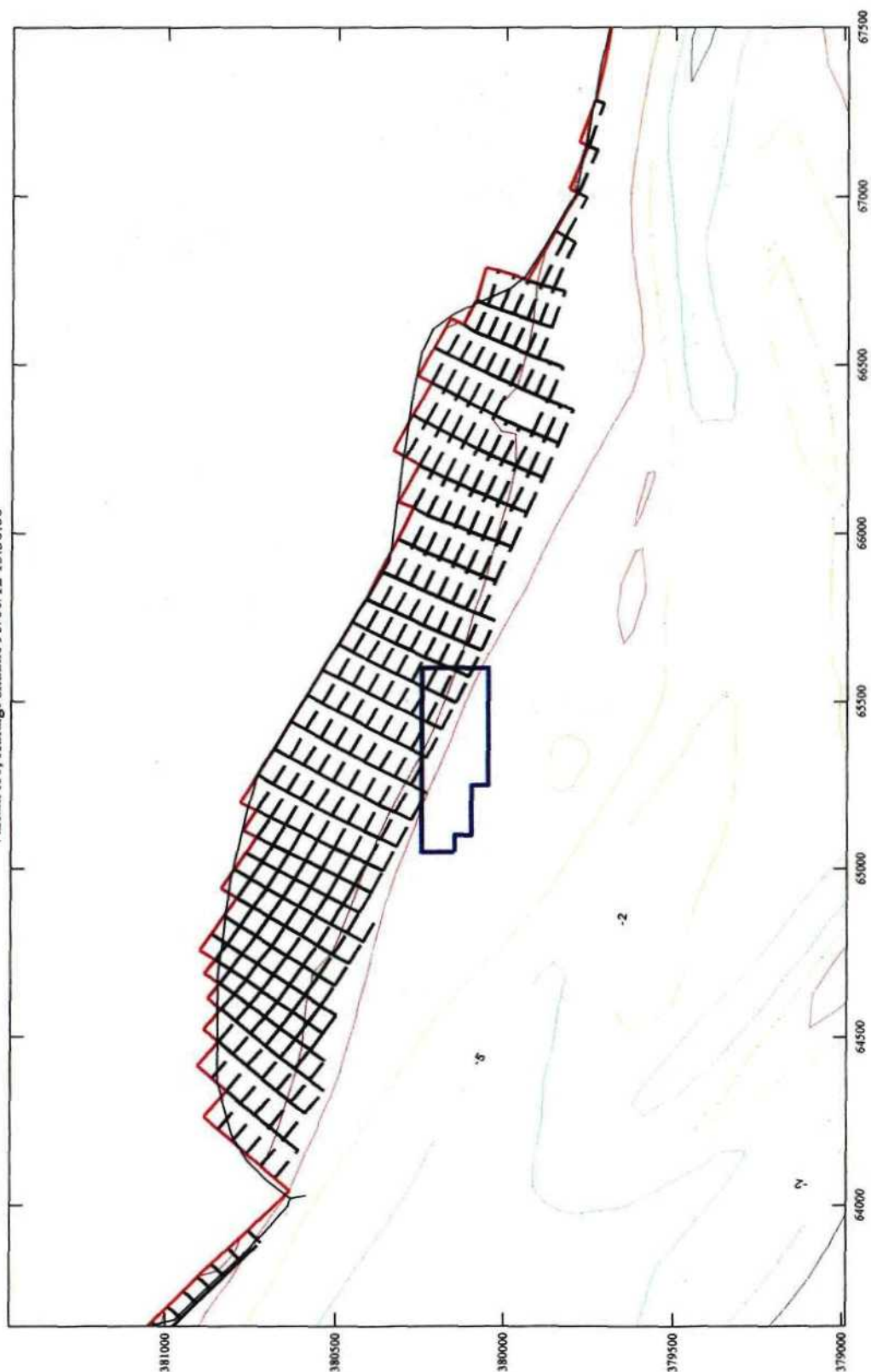
FIGUUR 3.1

1213

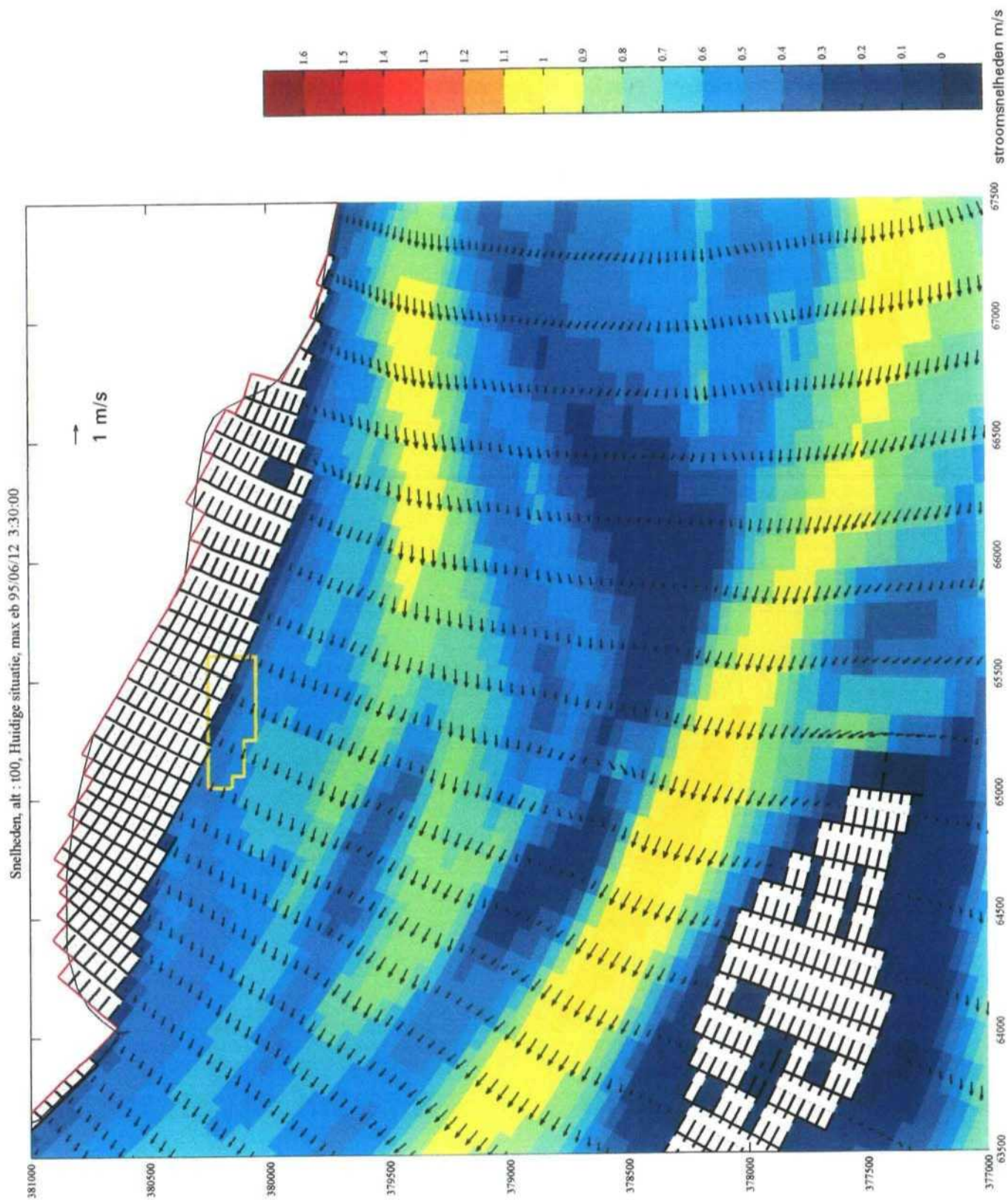
Modelsimulaties NCP Westerschelde

01-Dec-2001

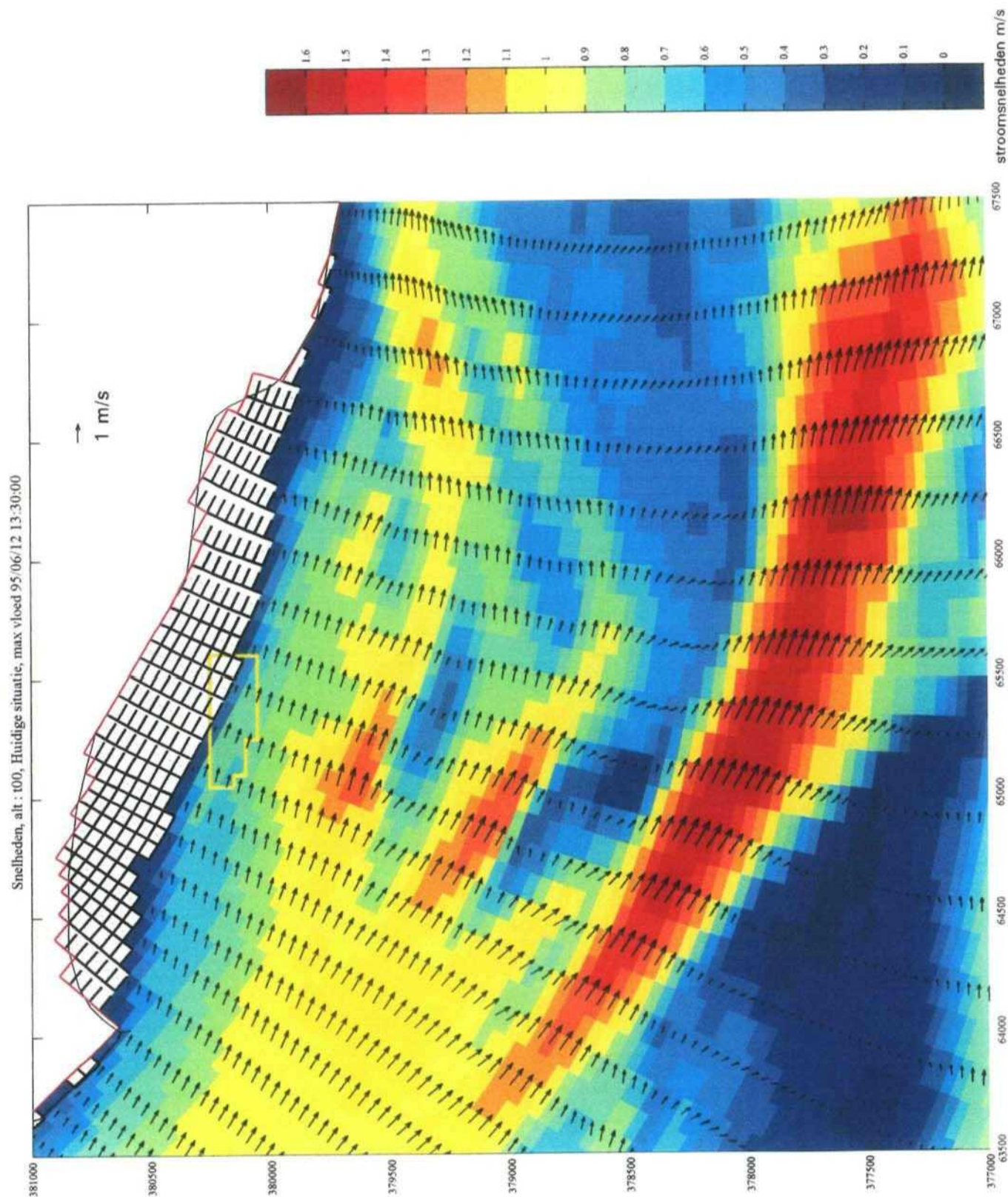
Variant t00, Huidige situatie 95/06/12 13:30:00





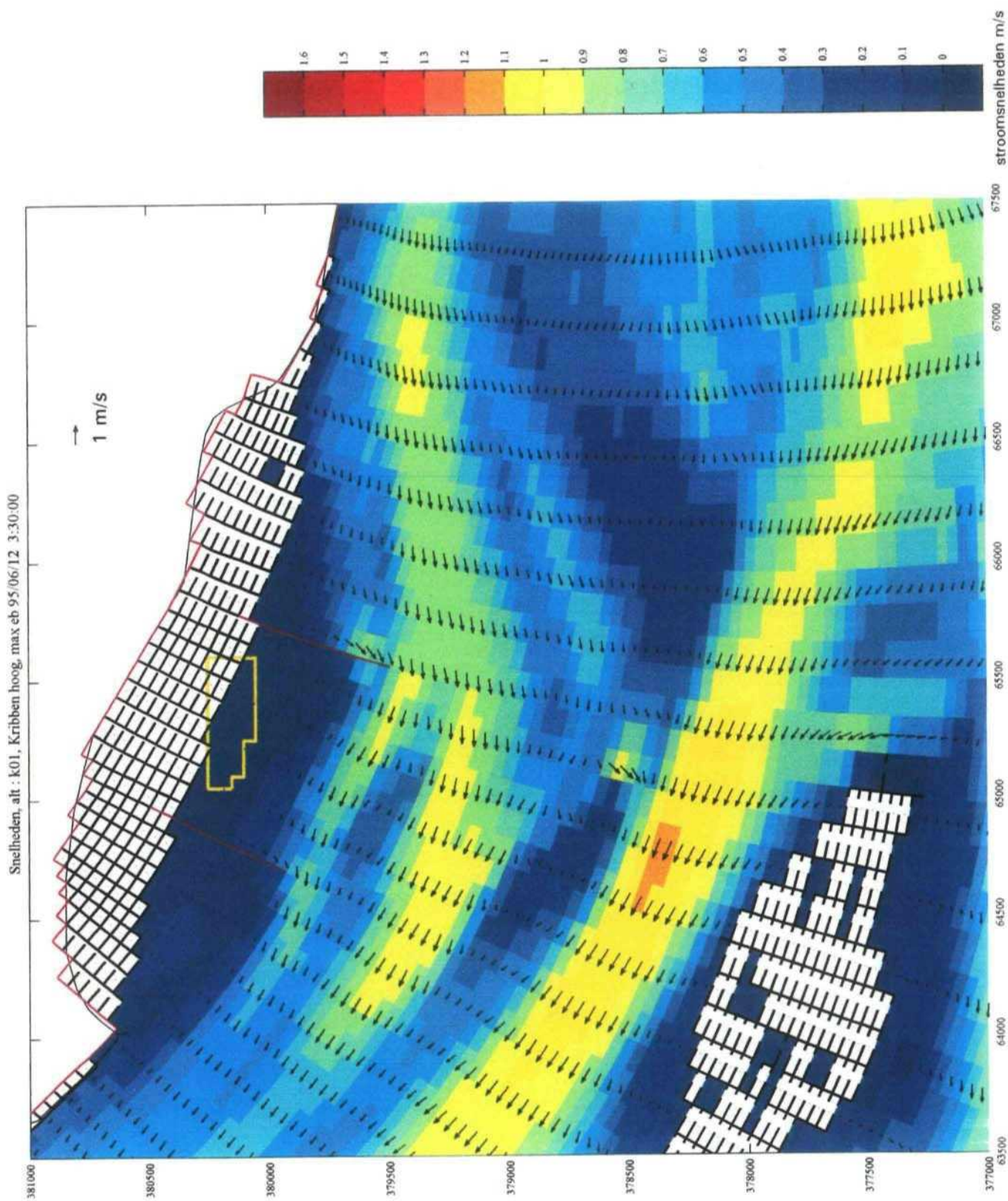




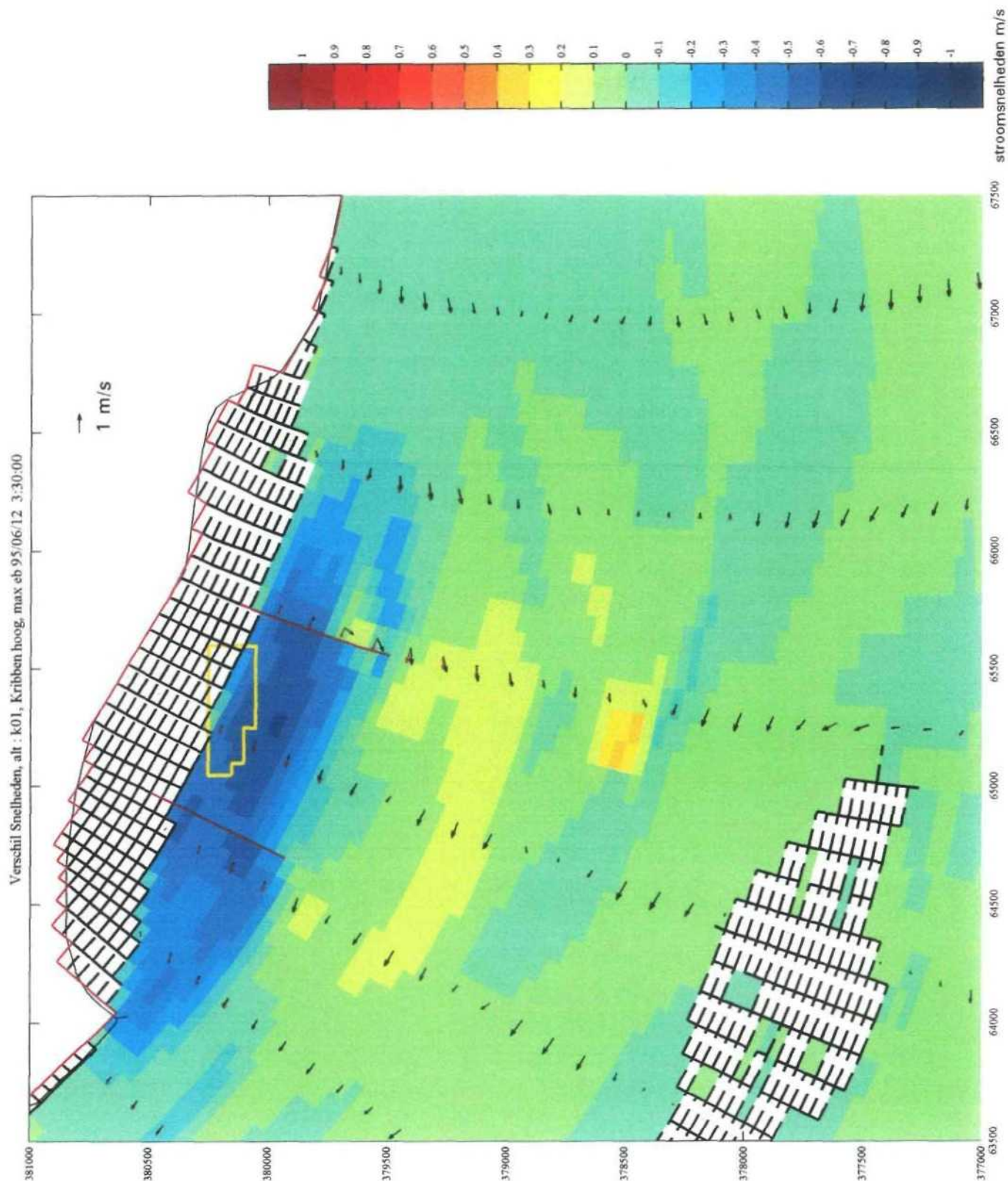




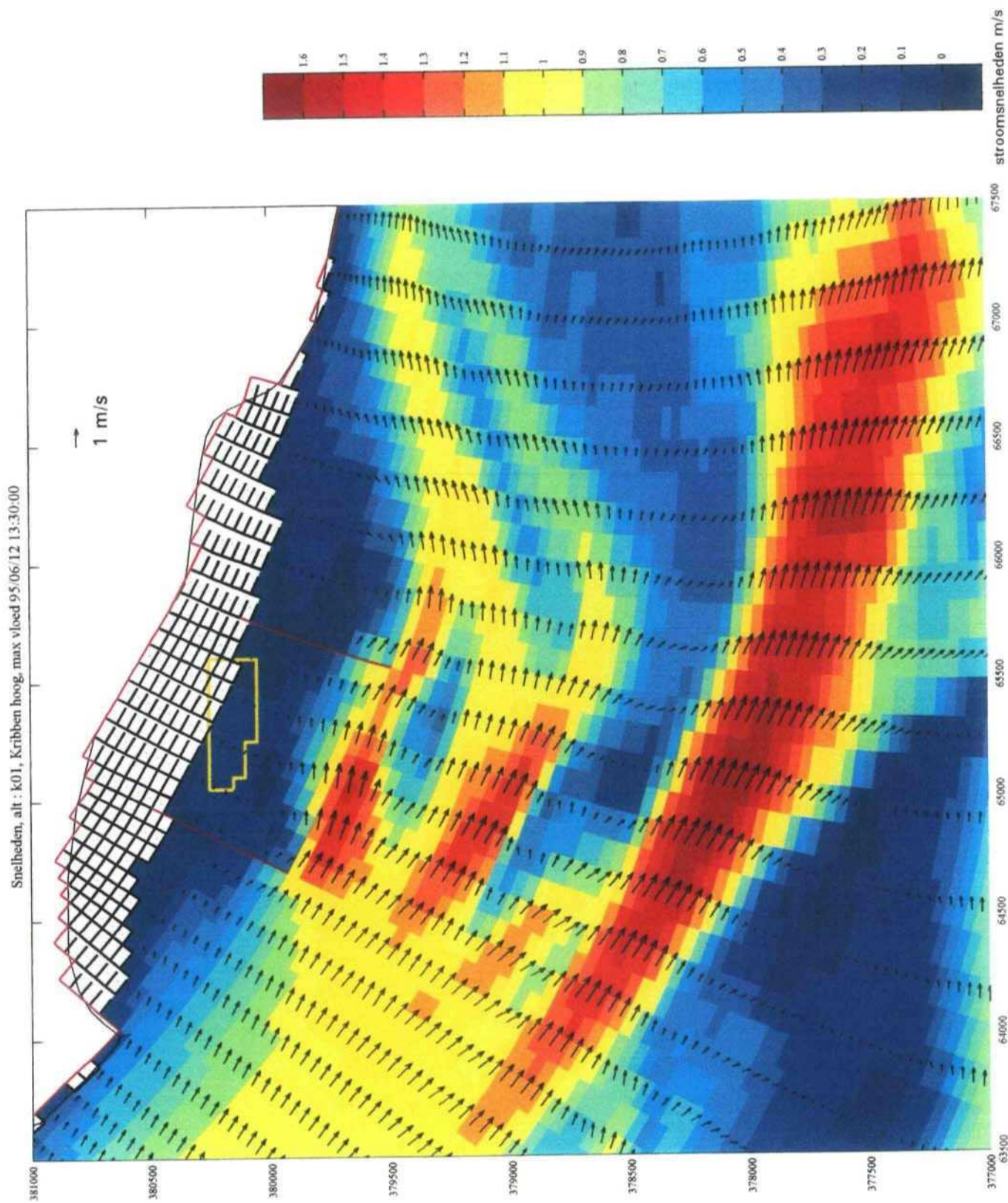


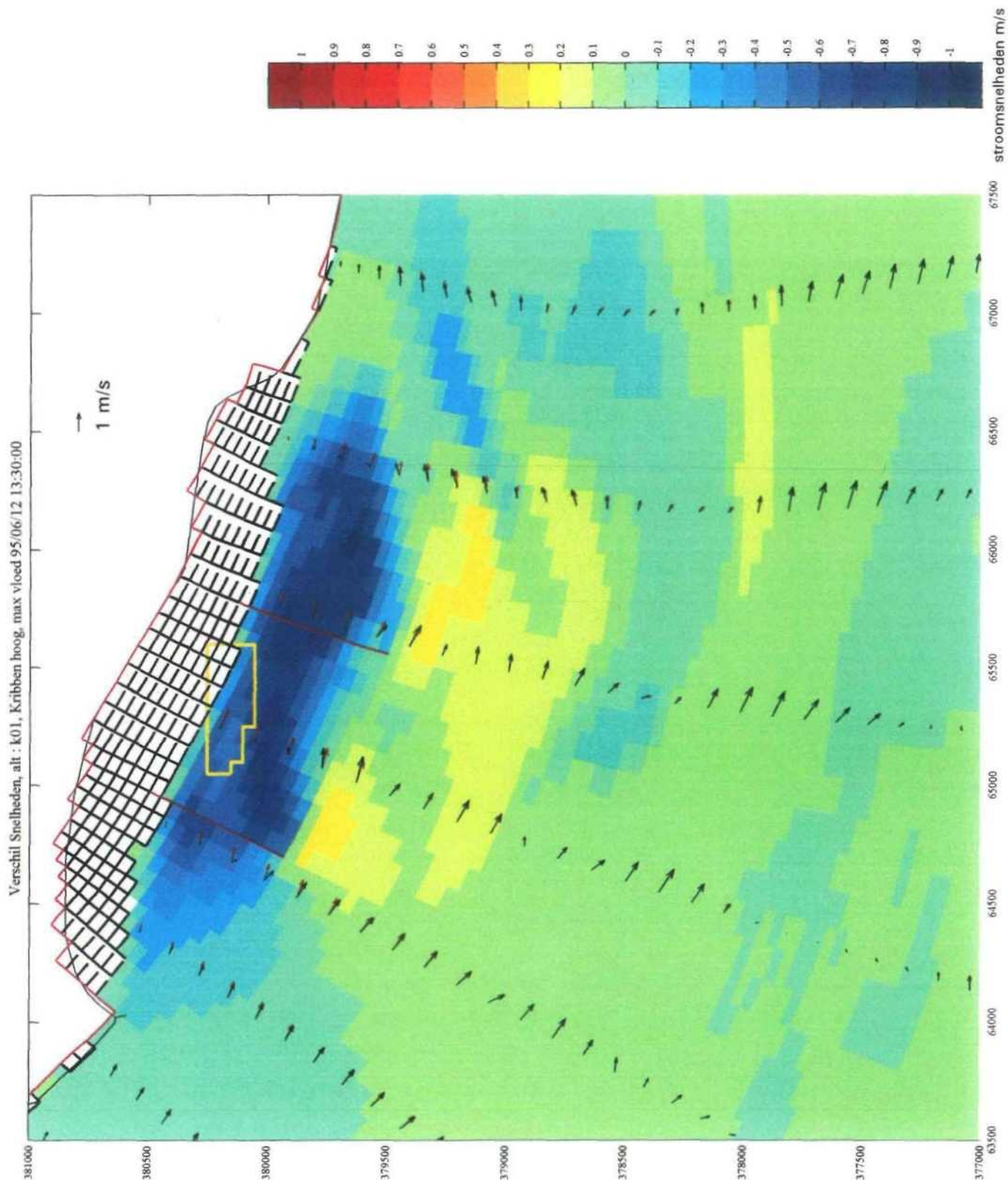






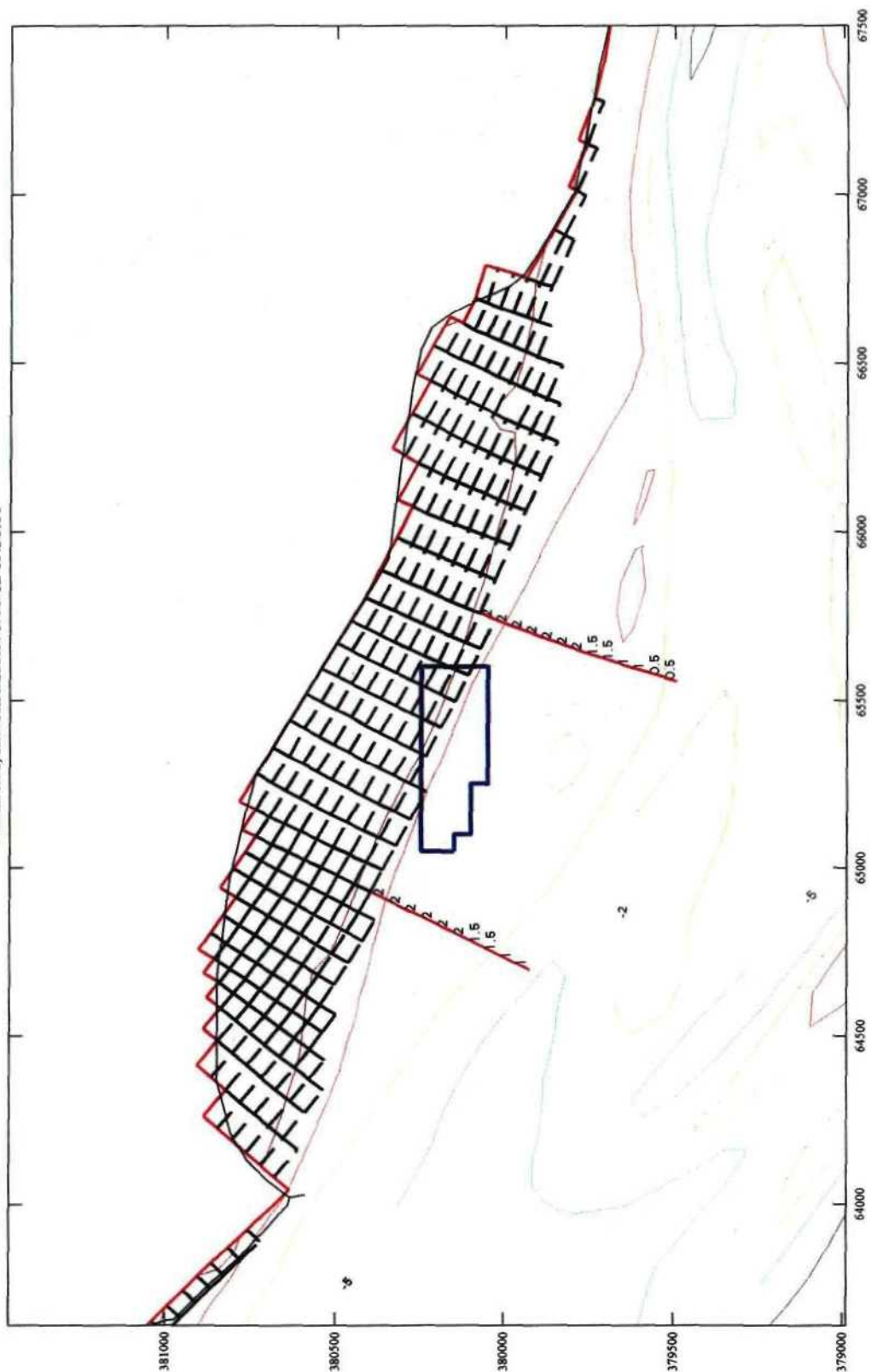




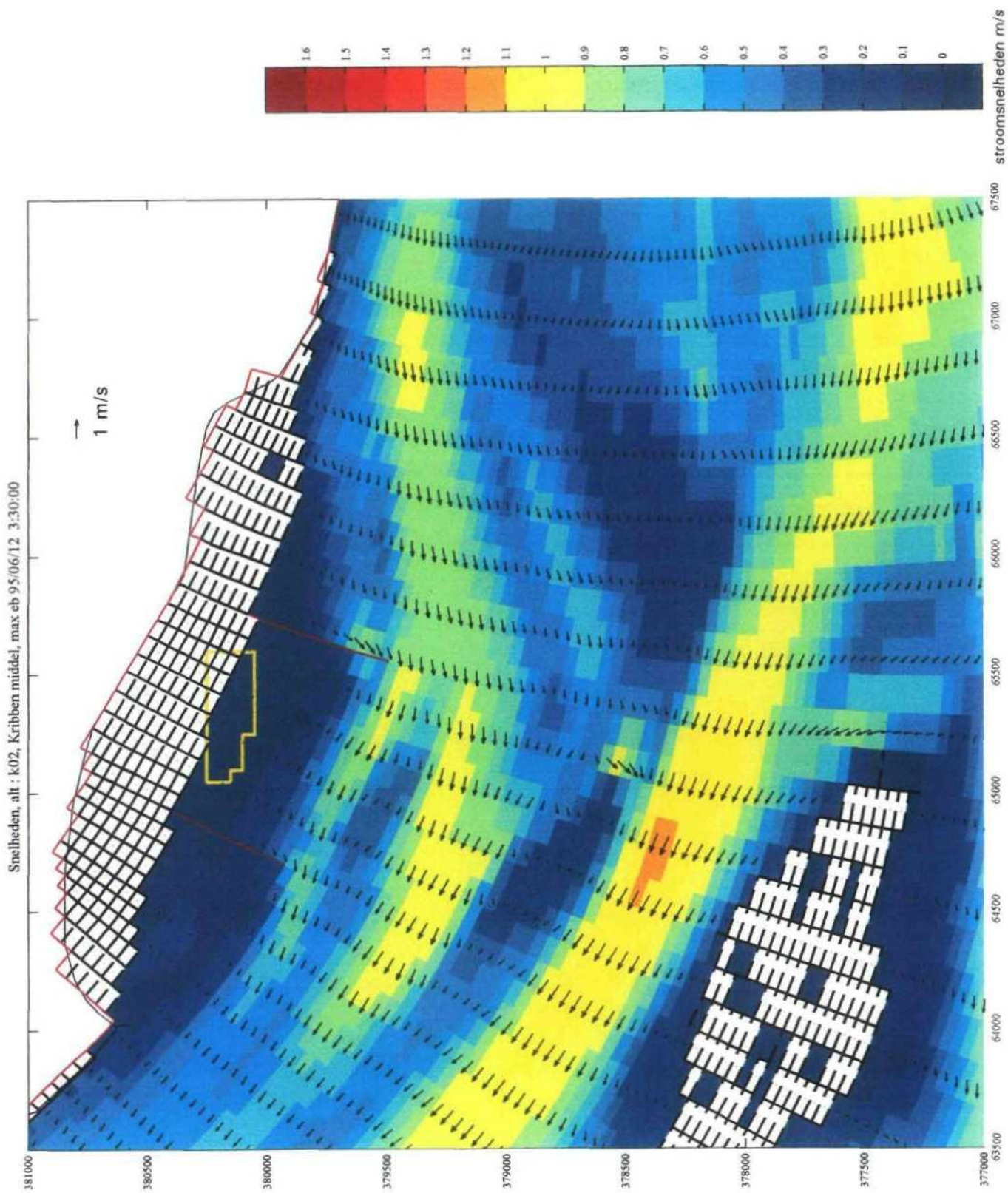


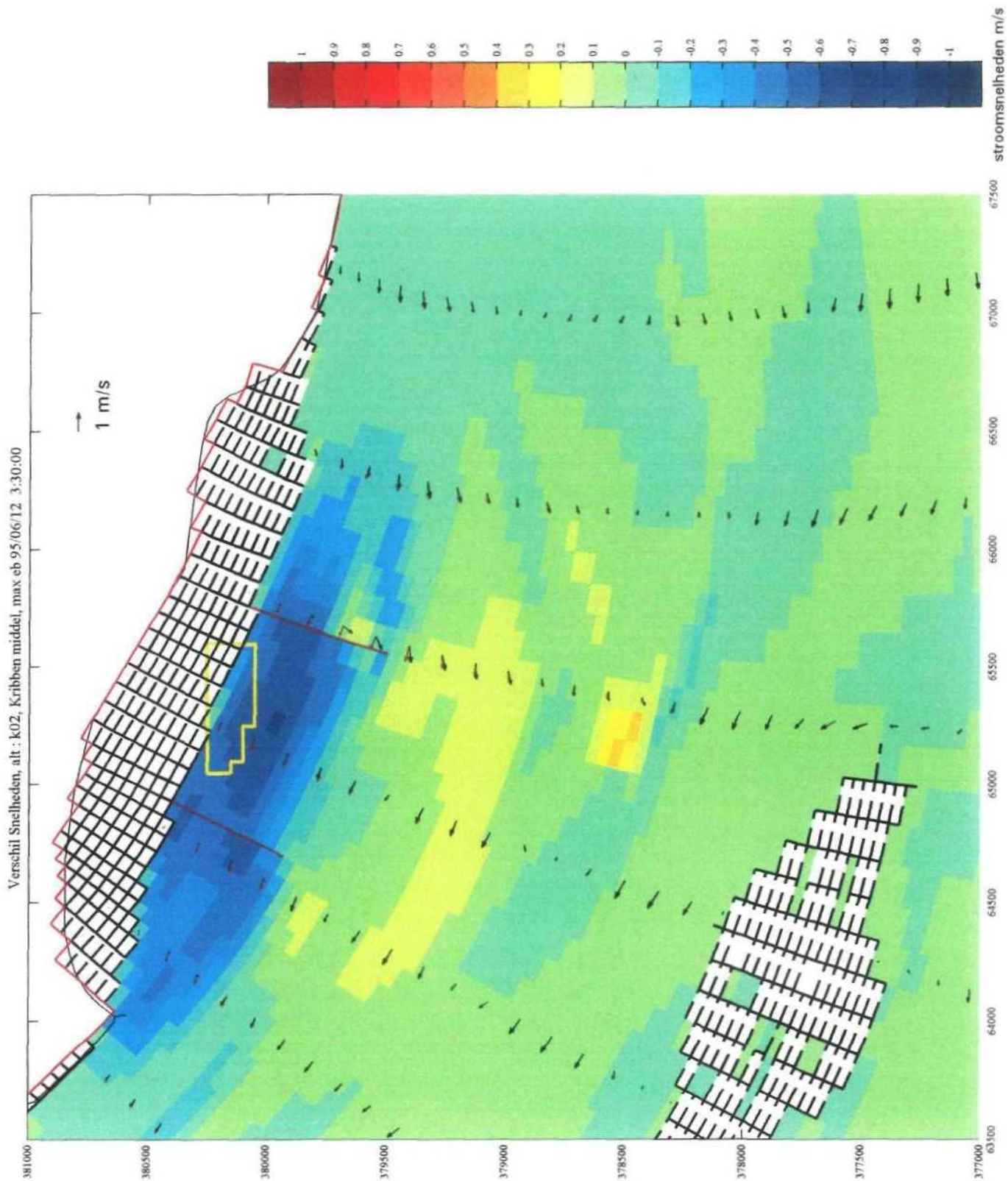


Variant k02, Kribben middel 95/06/12 13:30:00

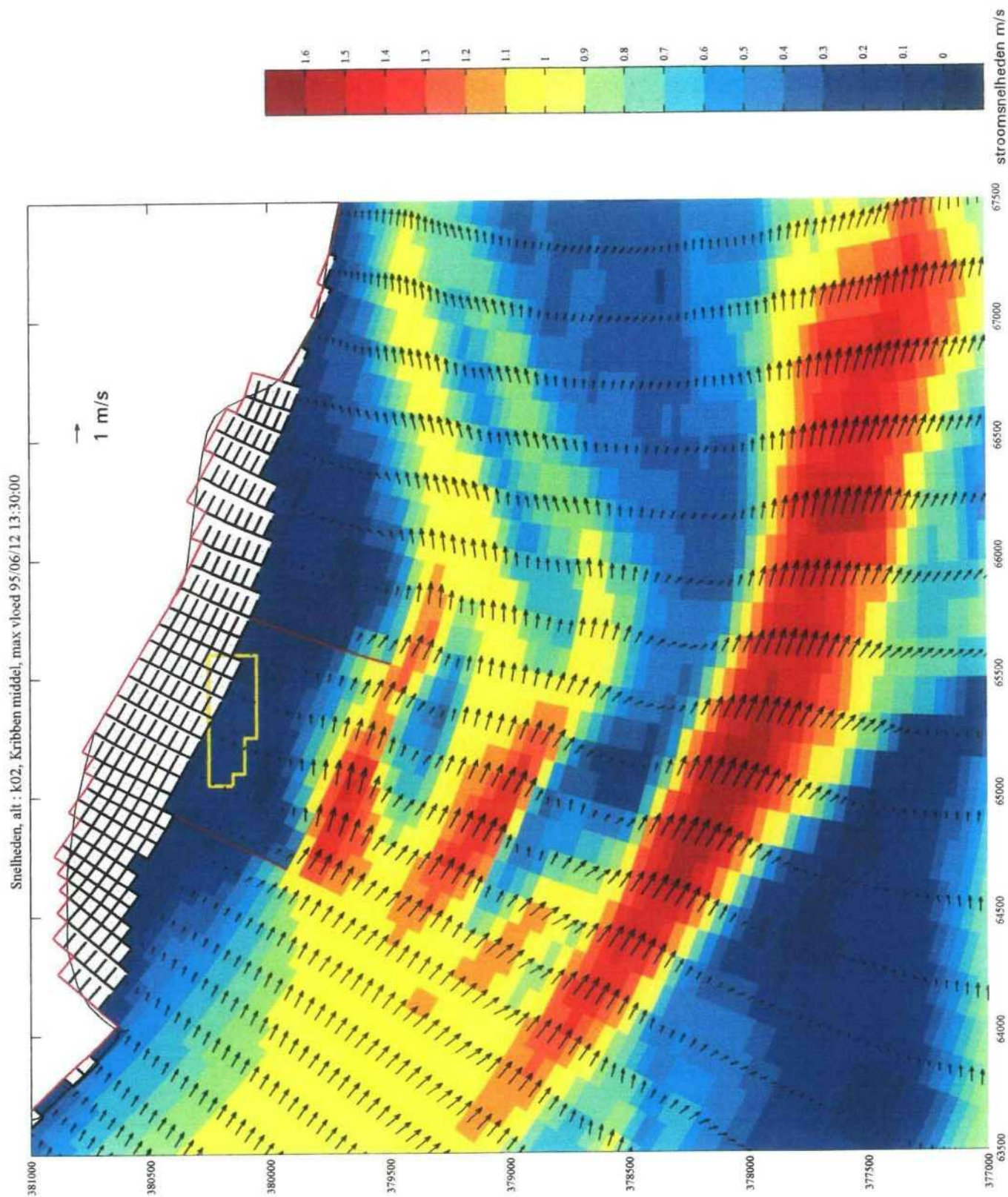


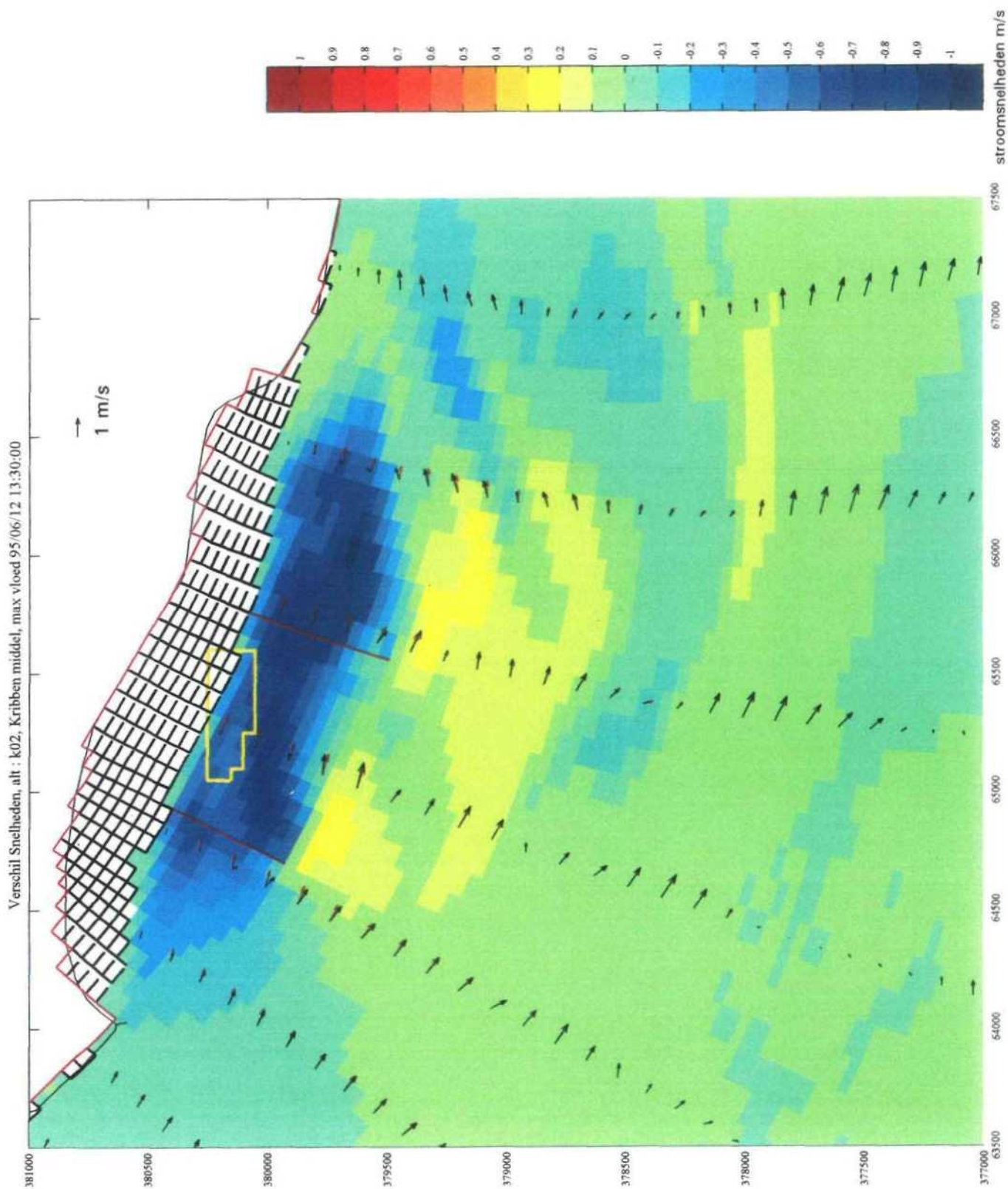






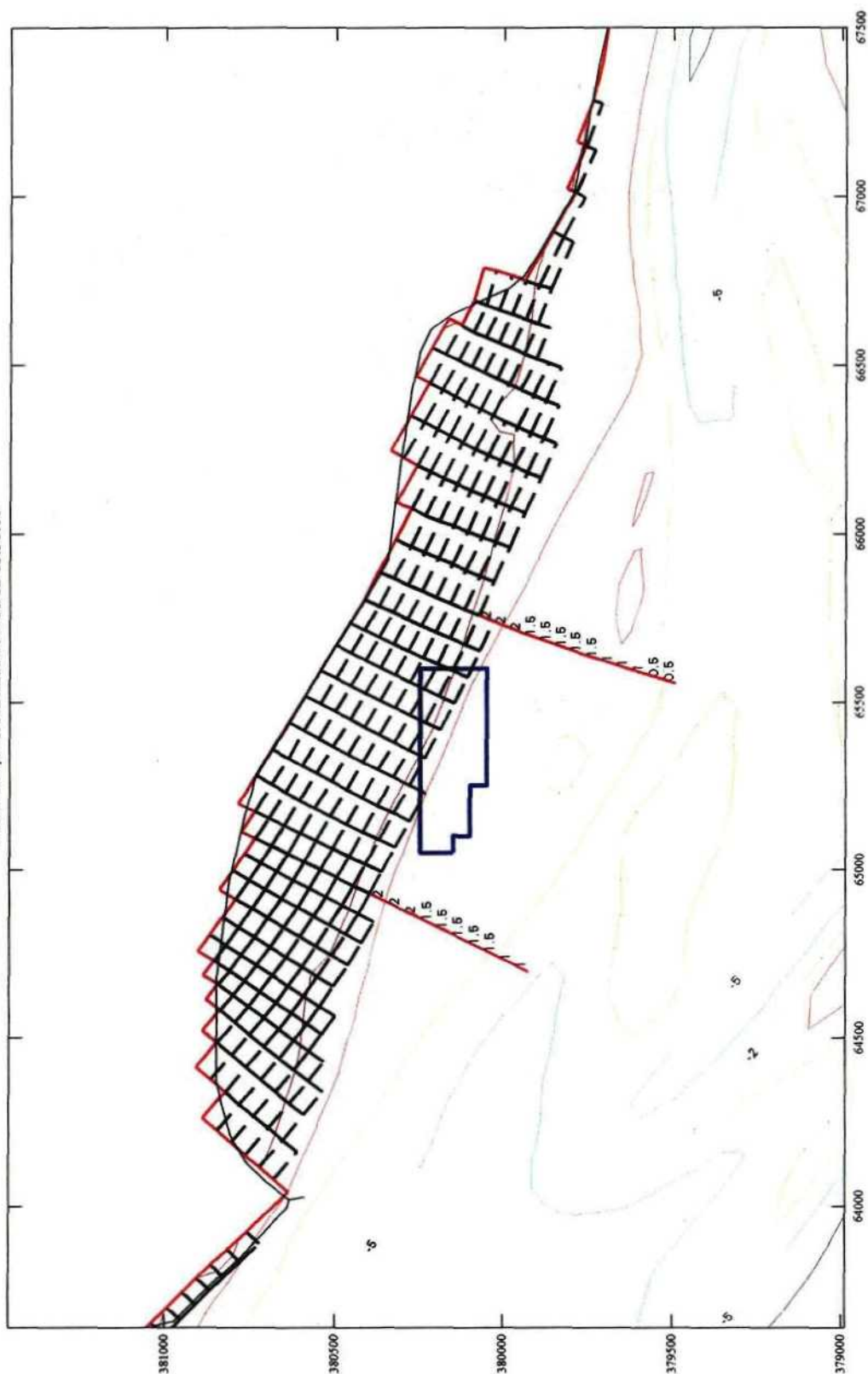


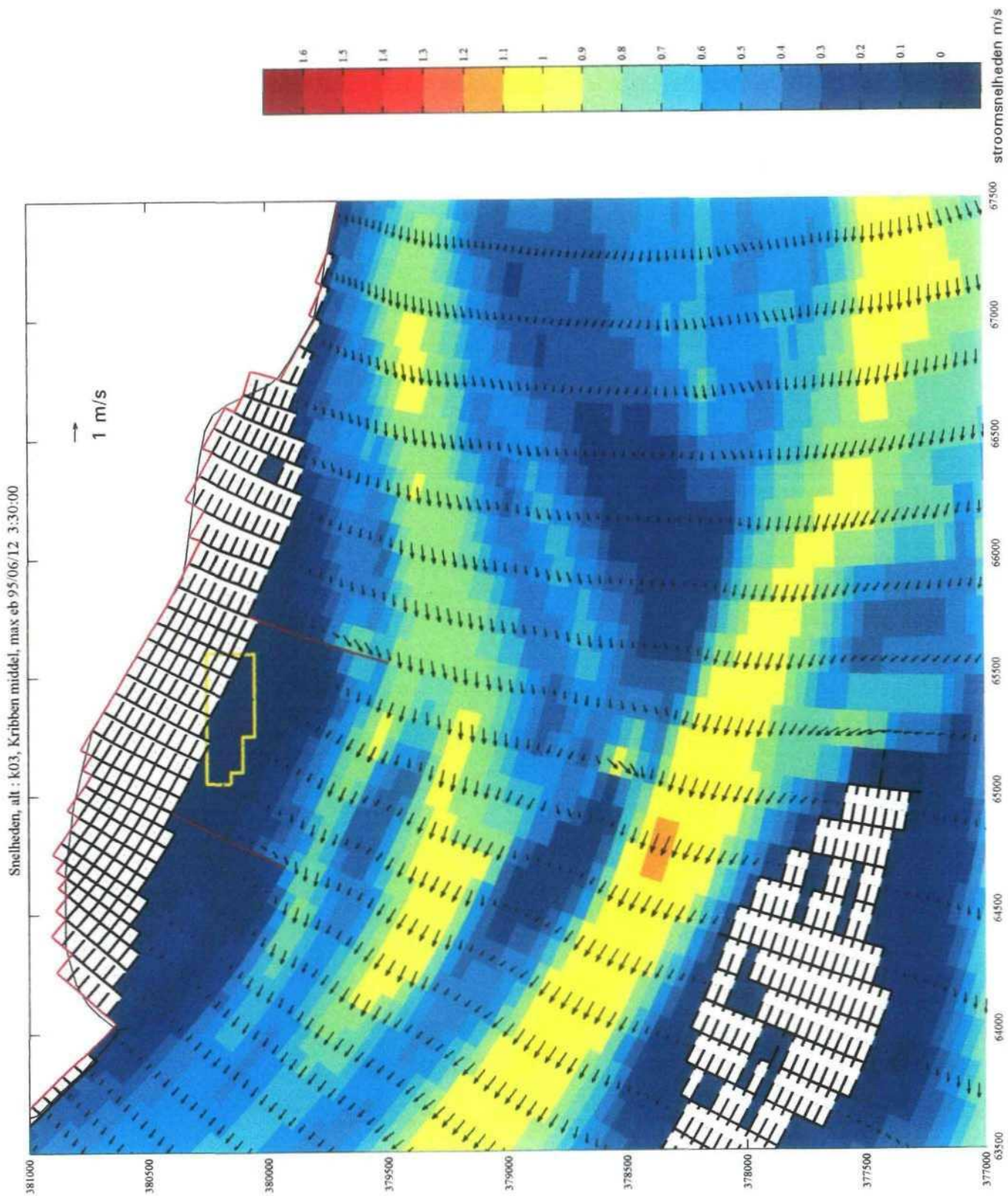




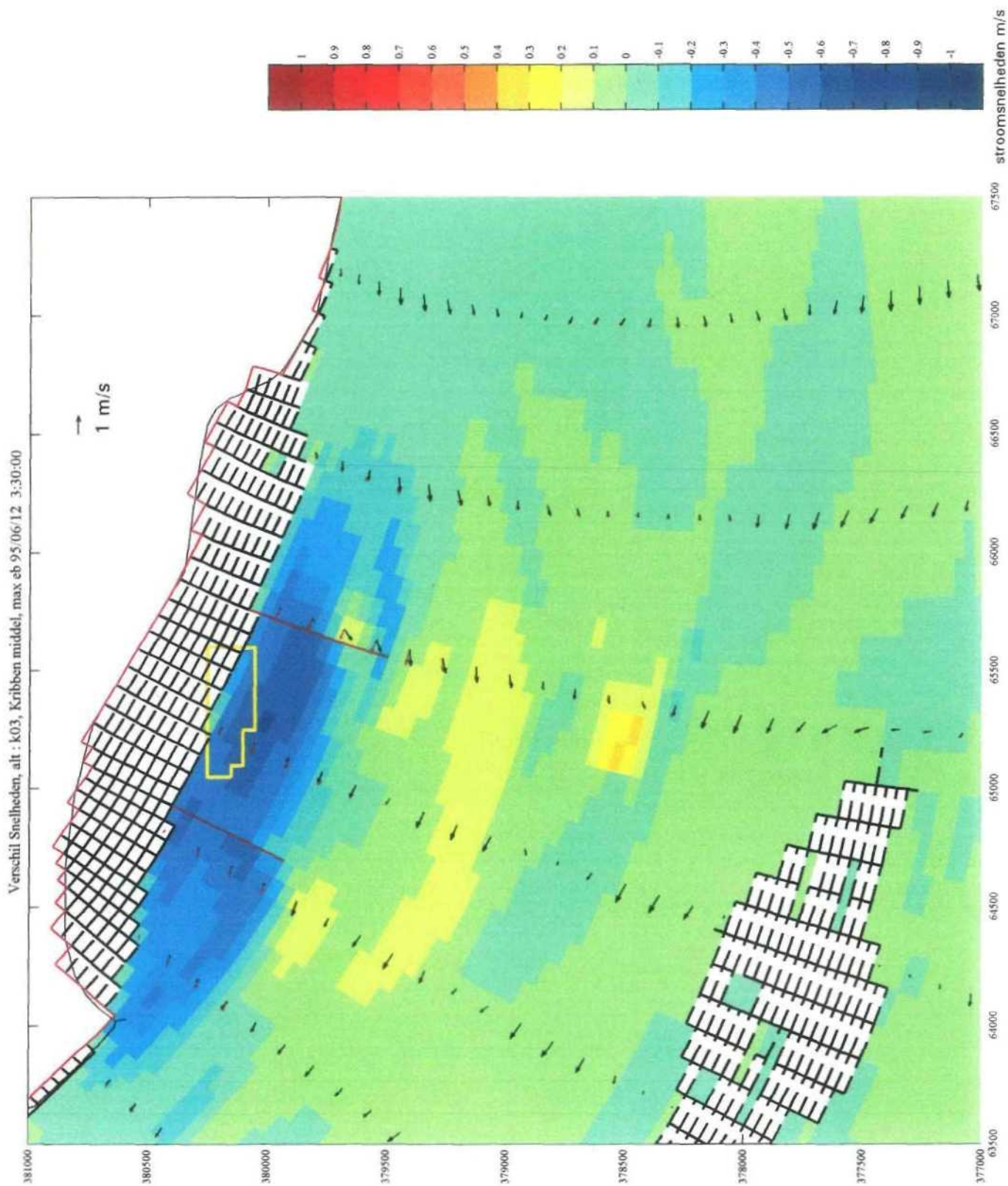


Variant k03, Kribben middel 95/06/12 13:30:00

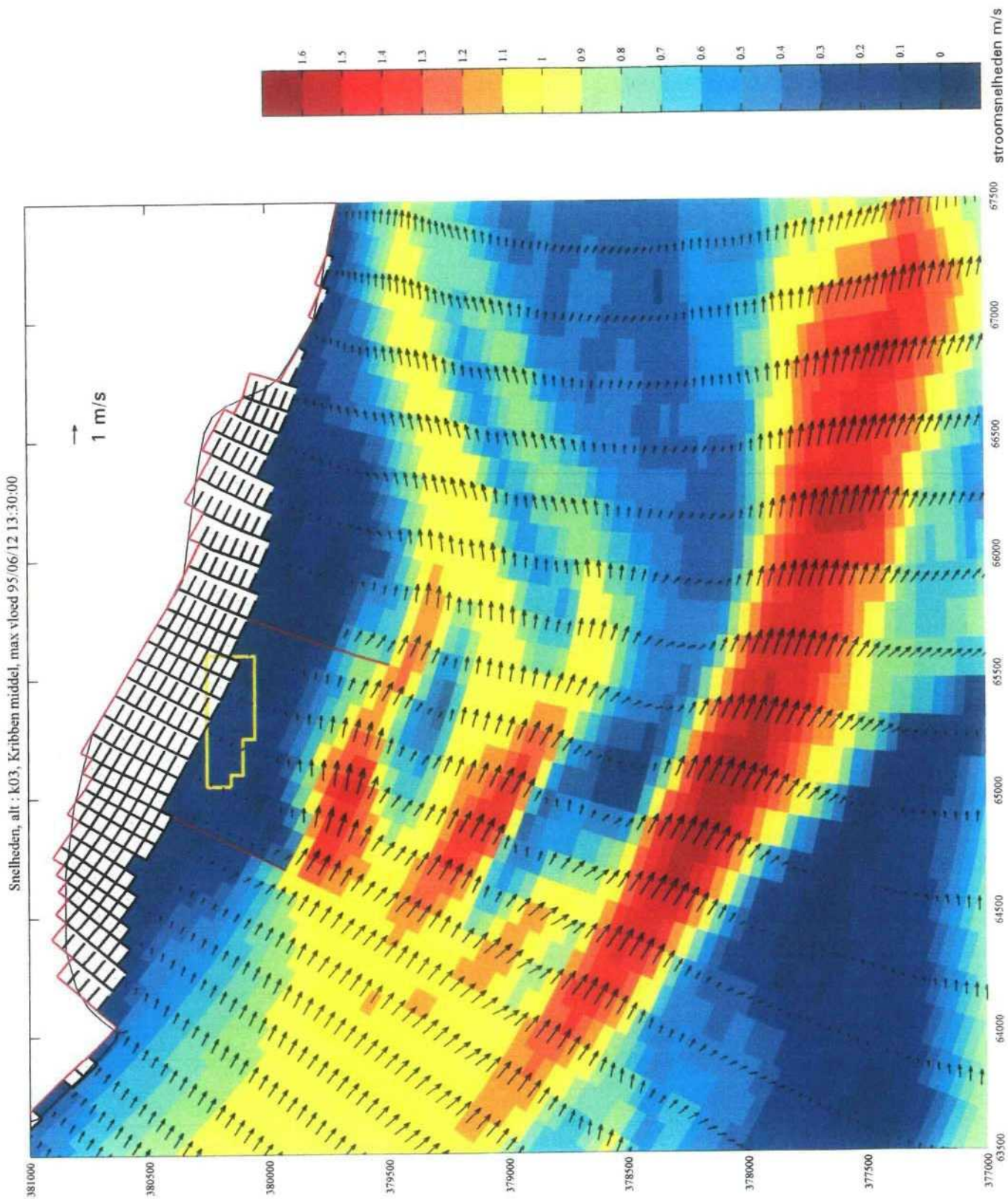




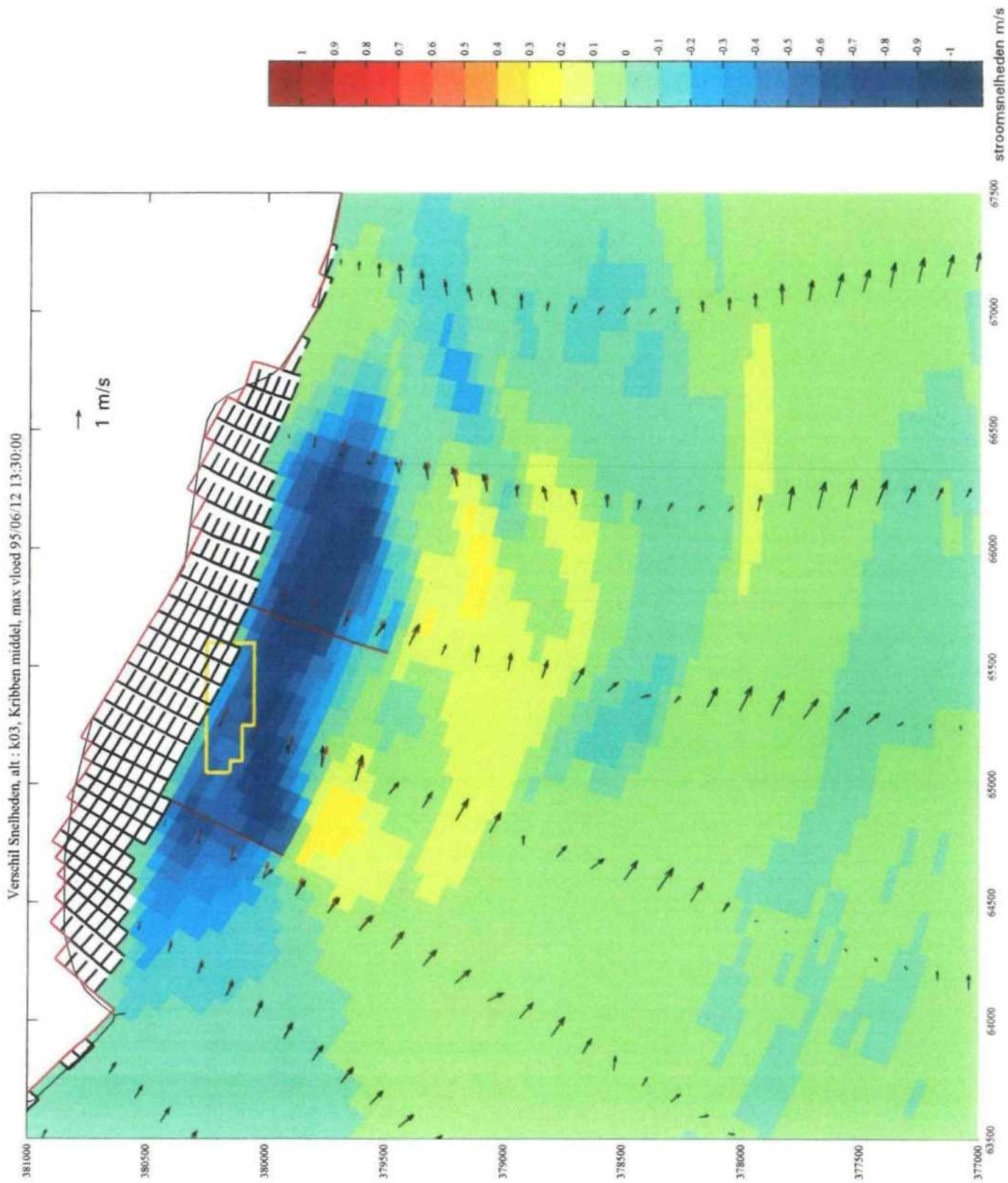


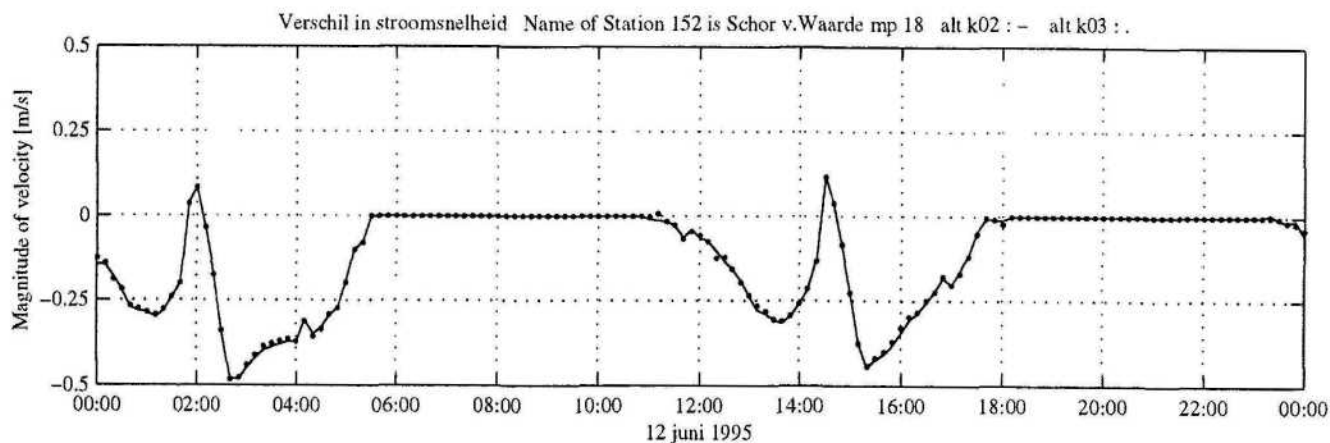
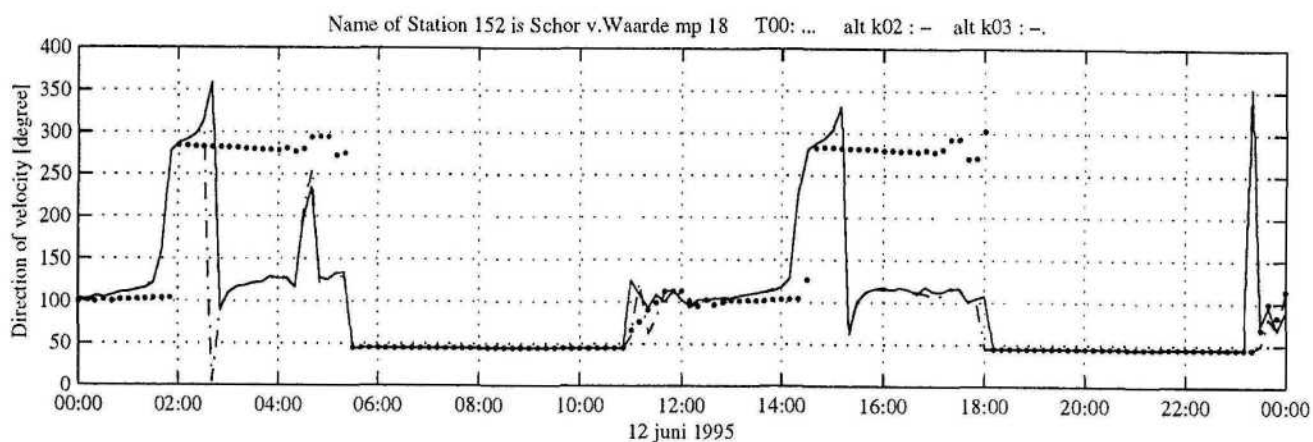
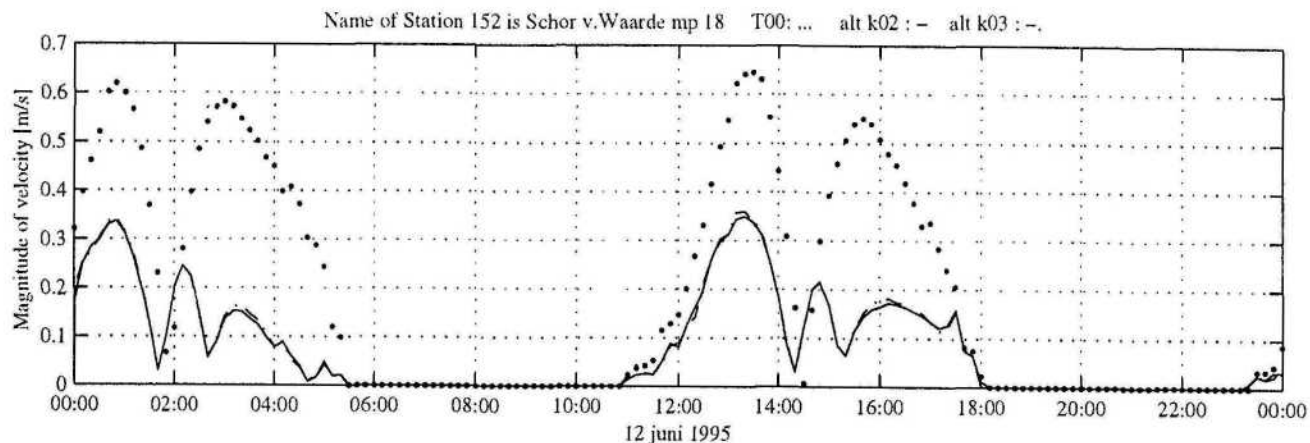


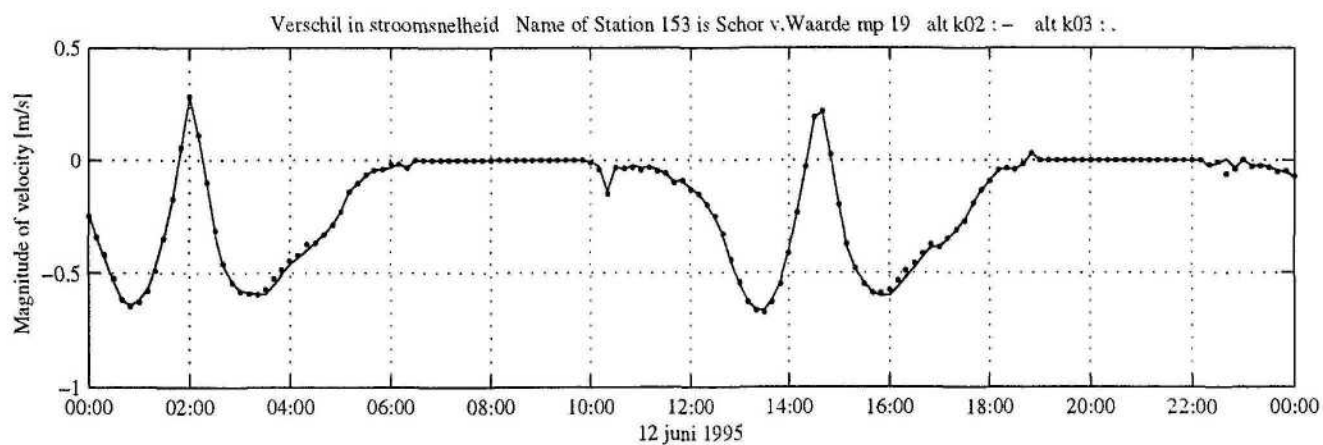
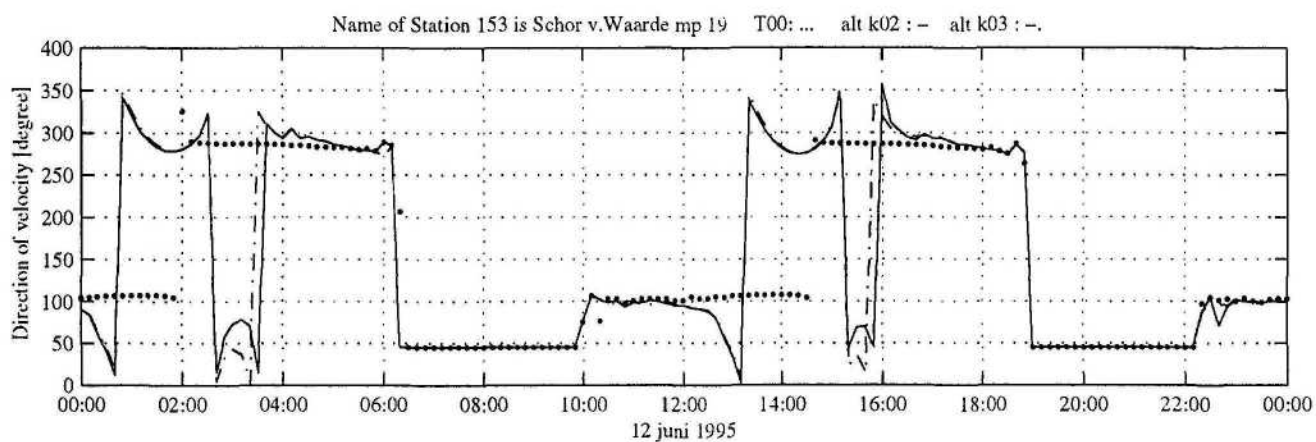
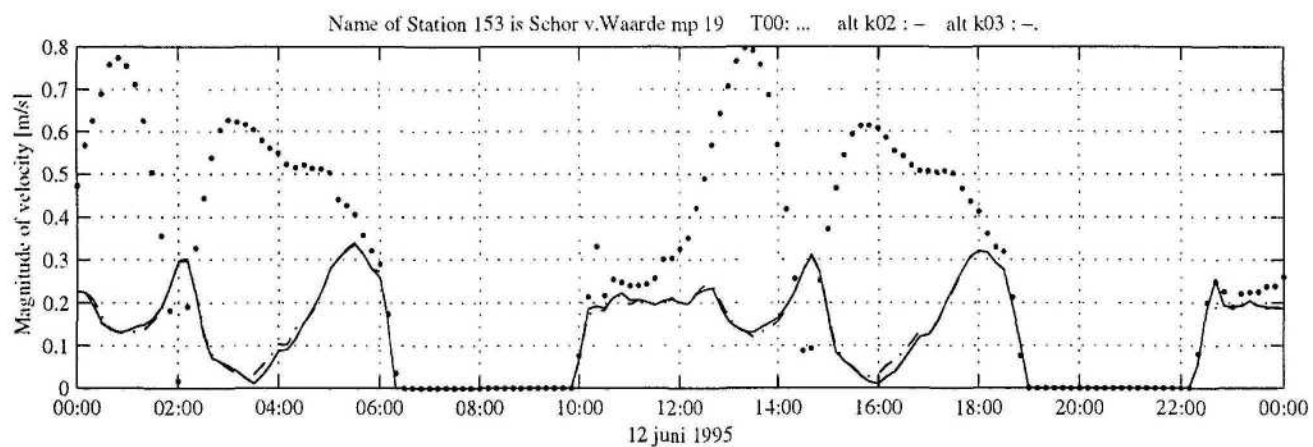




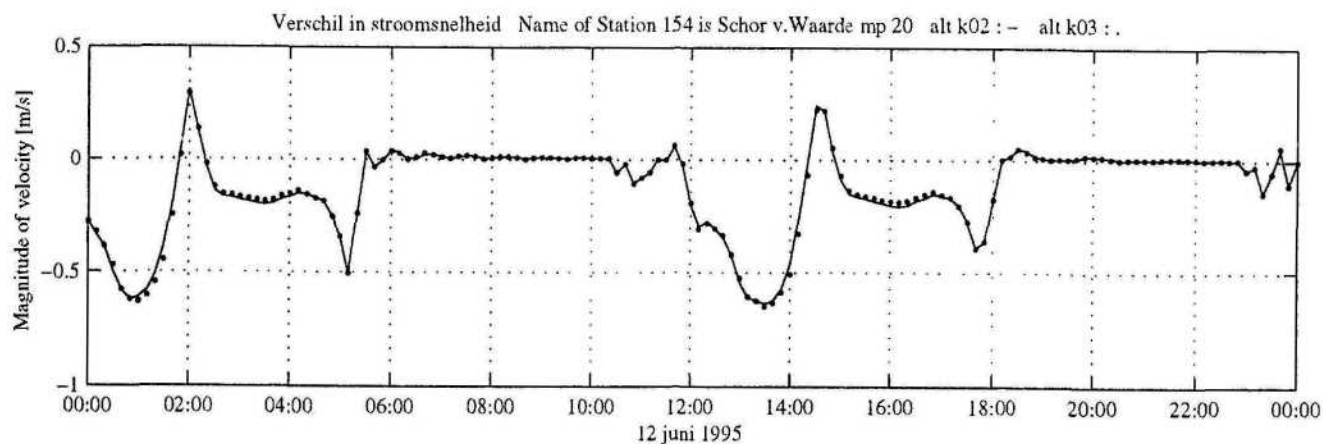
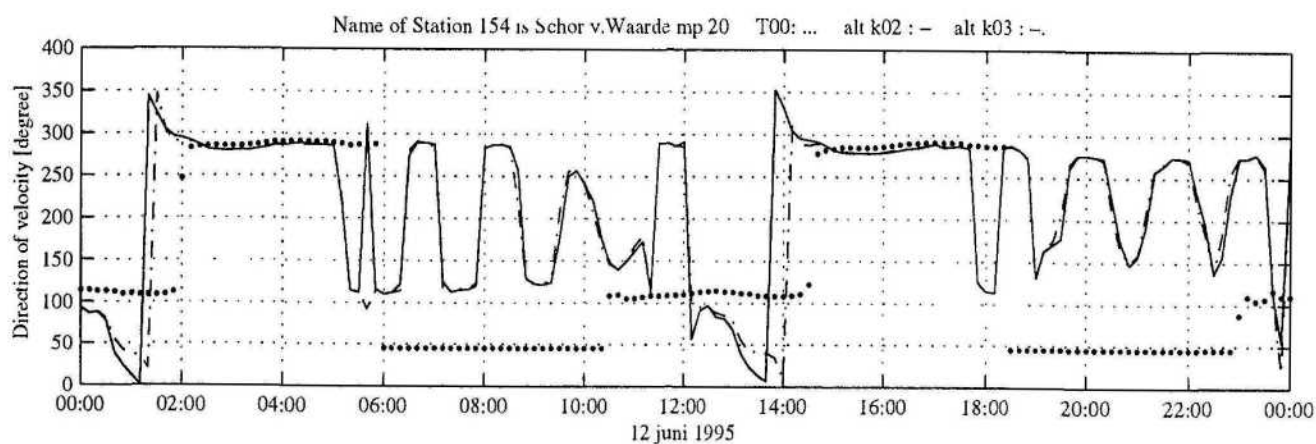
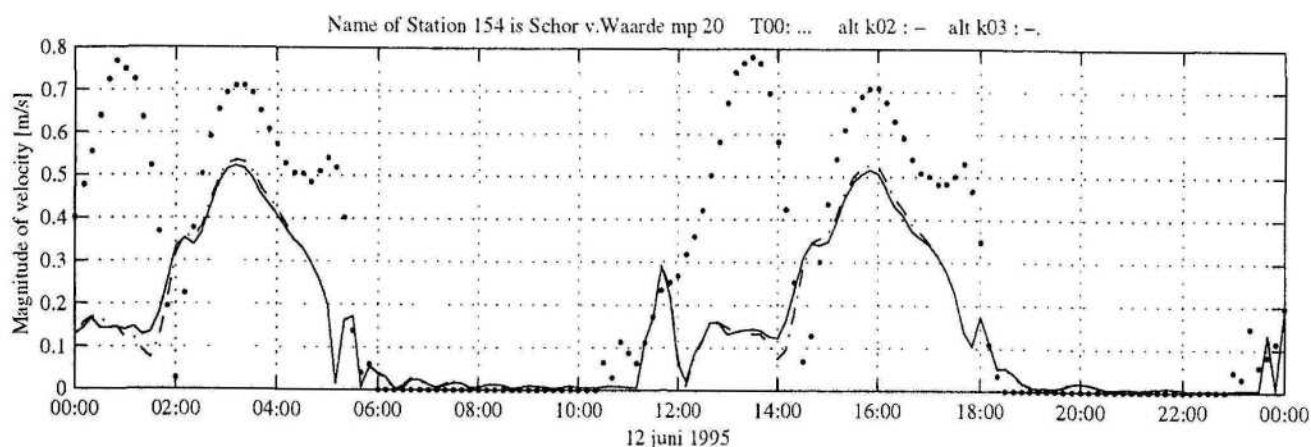


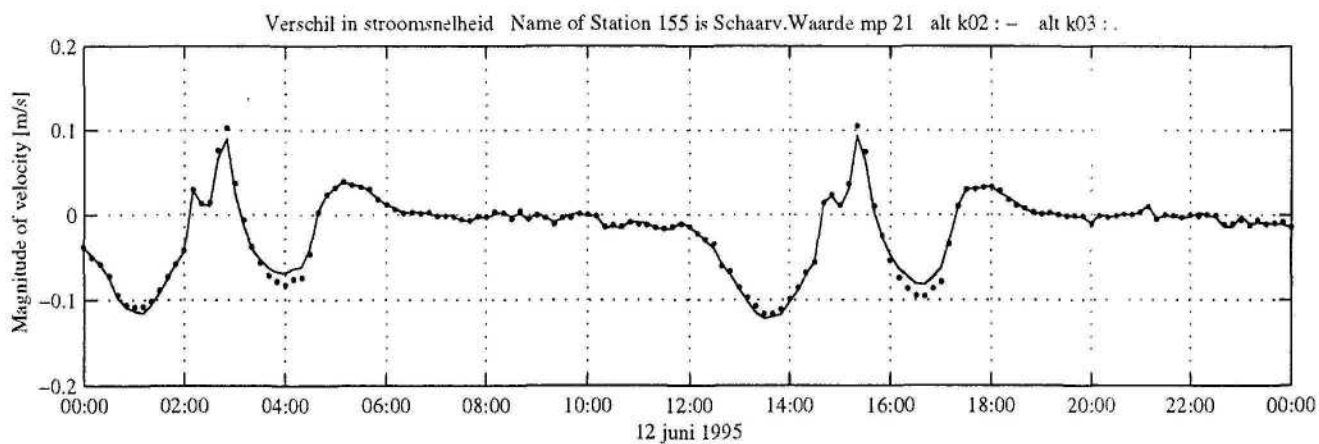
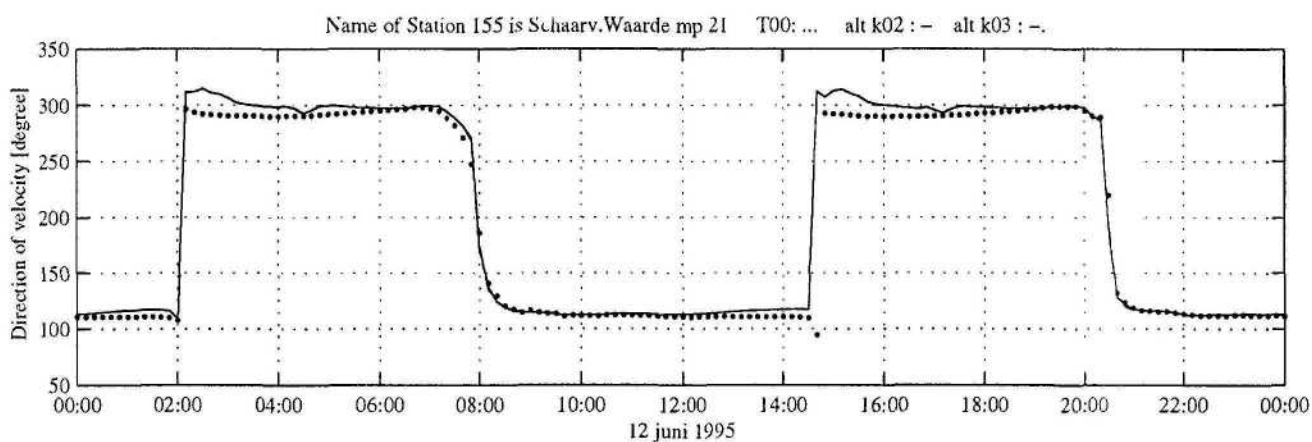
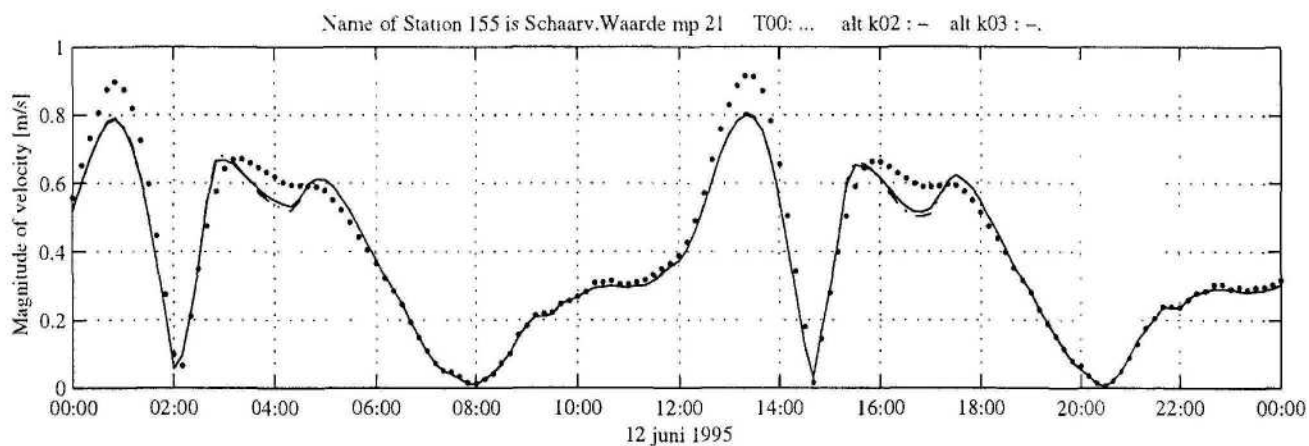


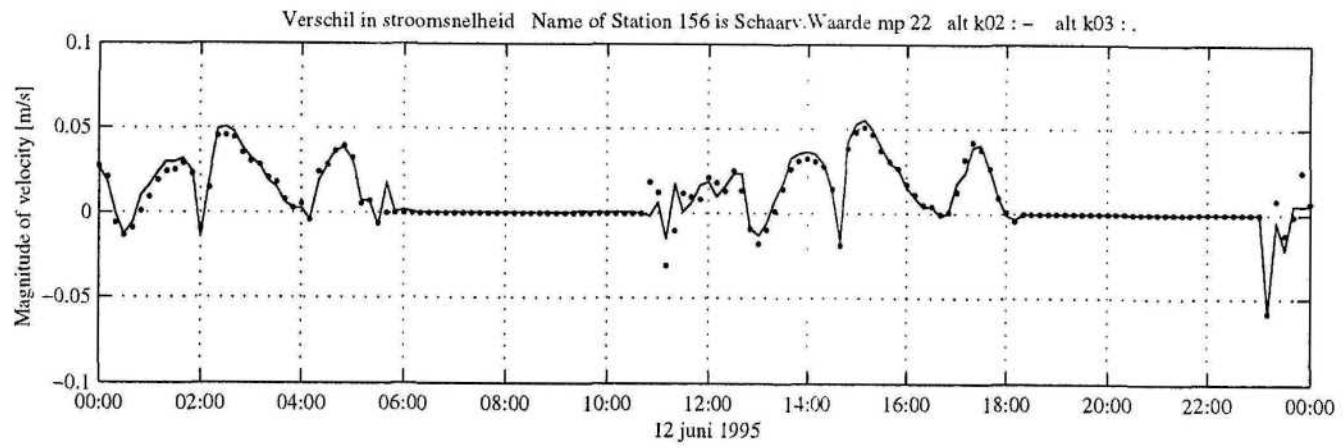
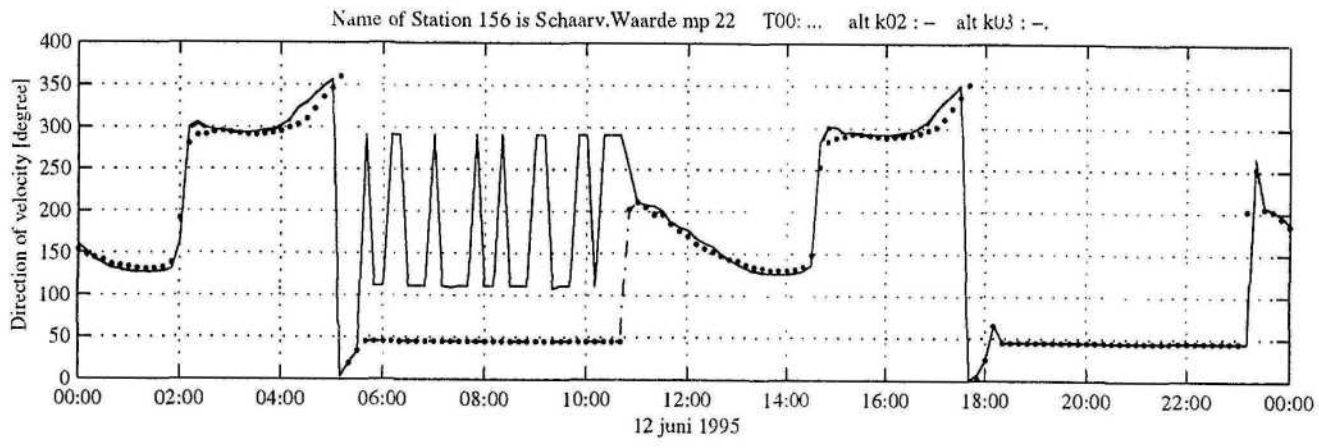
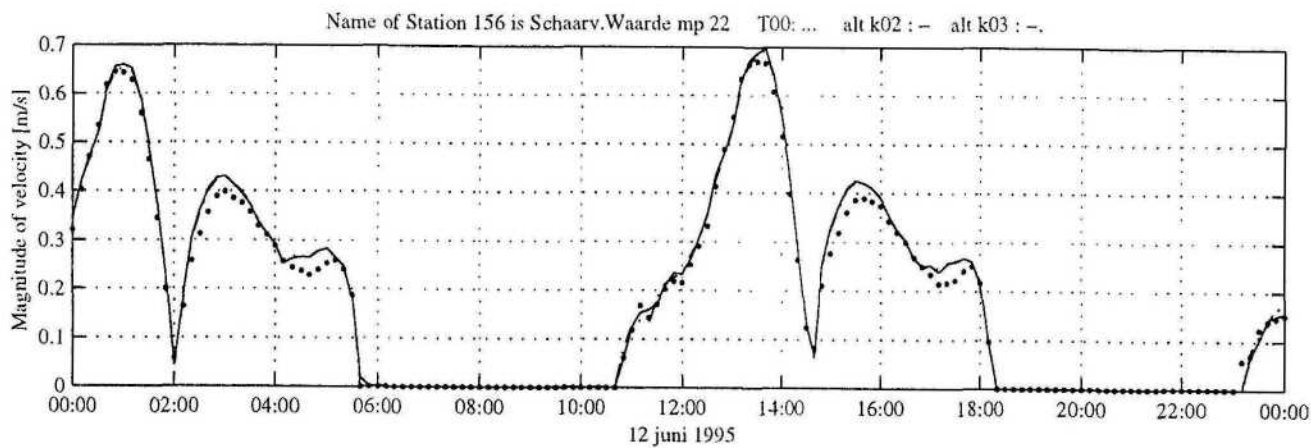




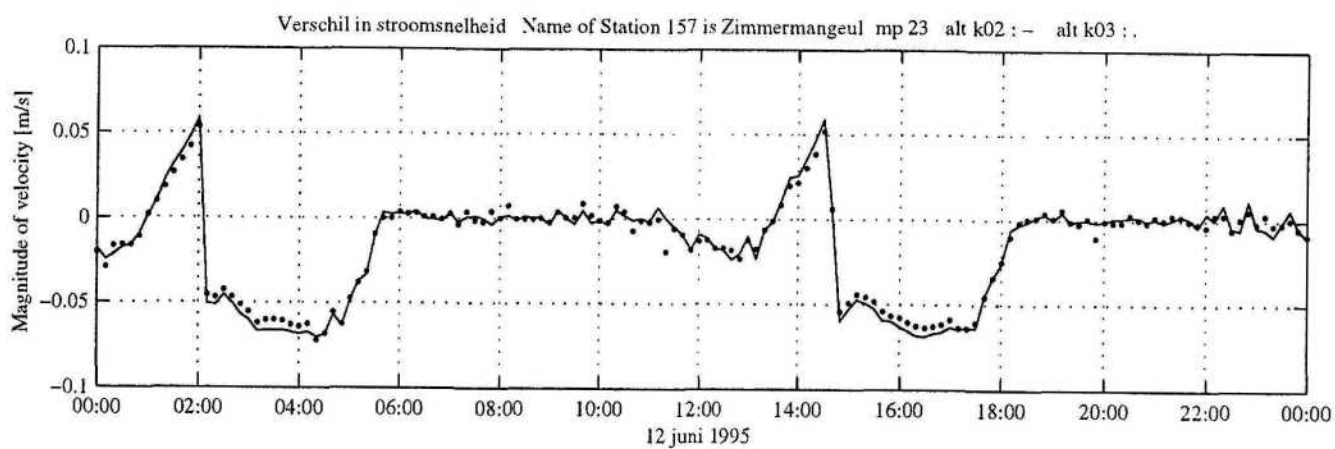
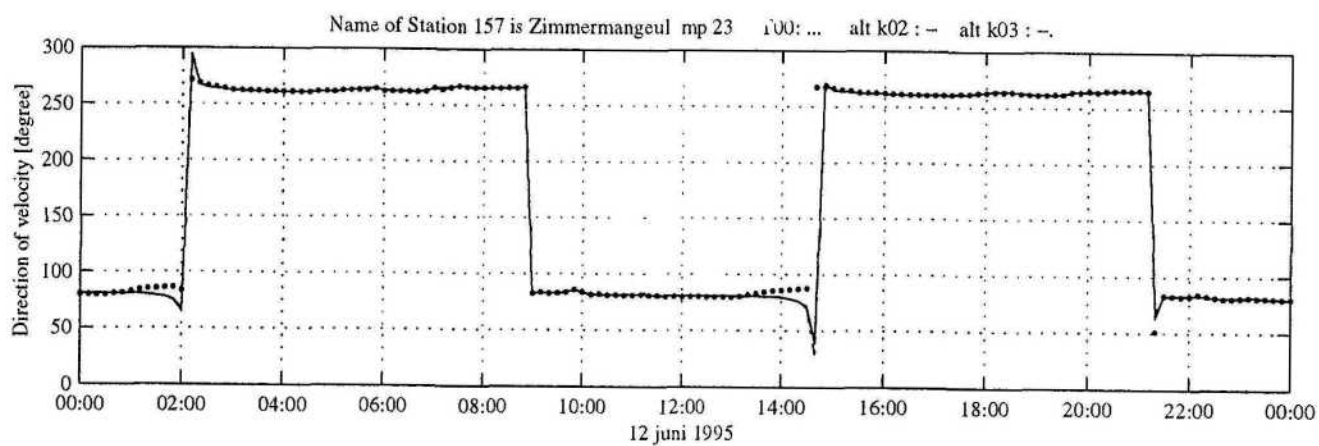
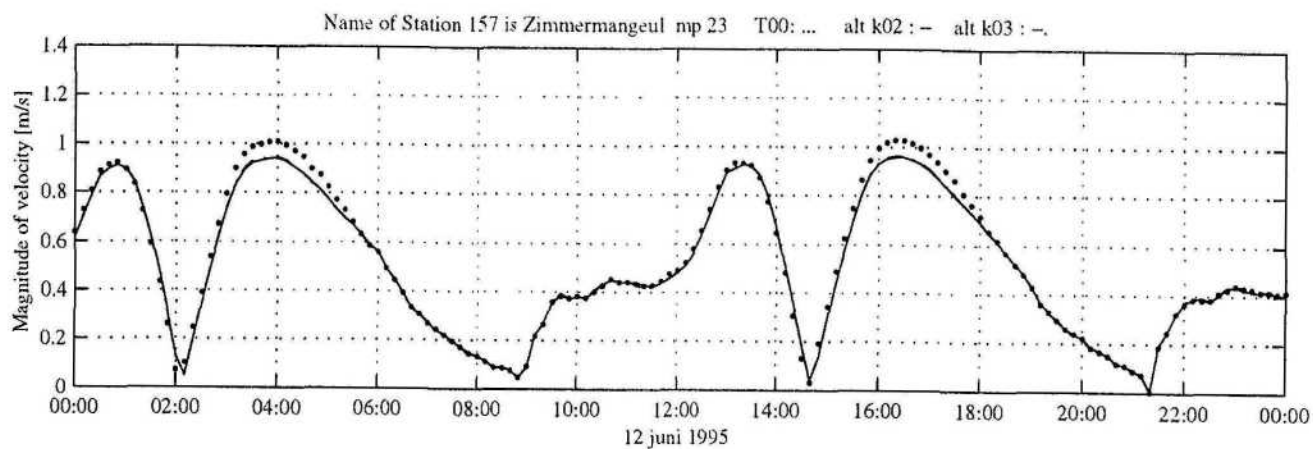


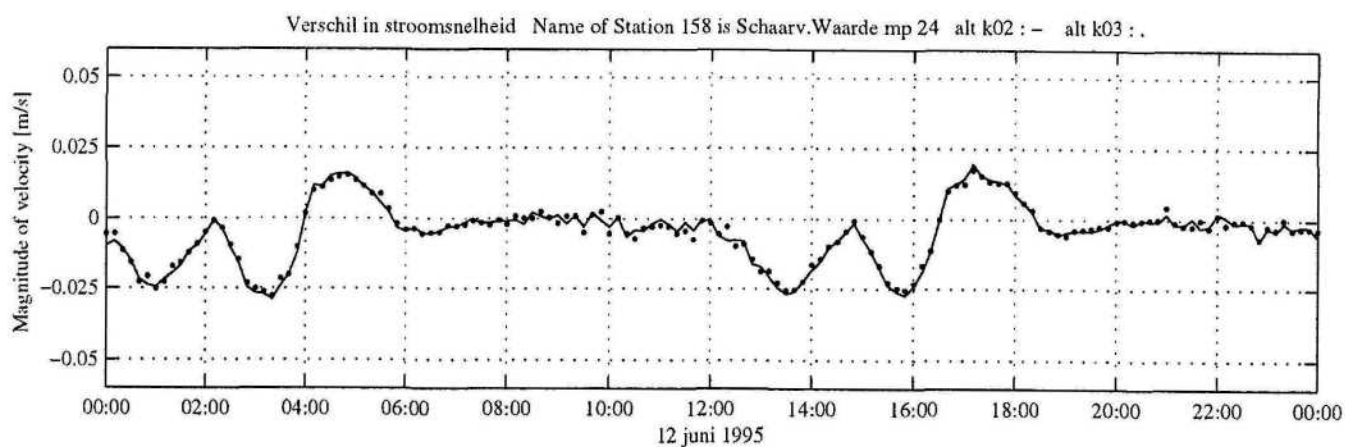
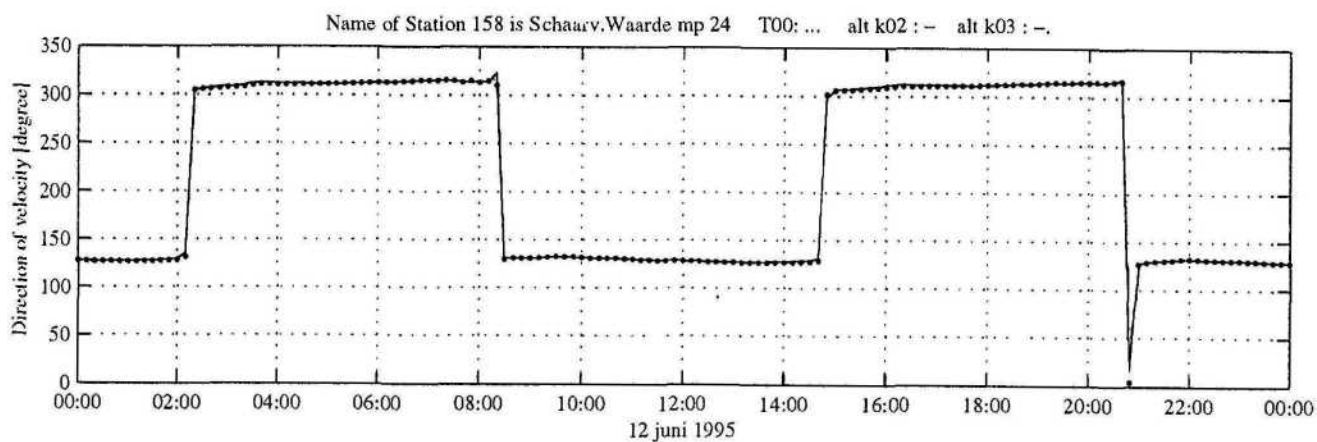
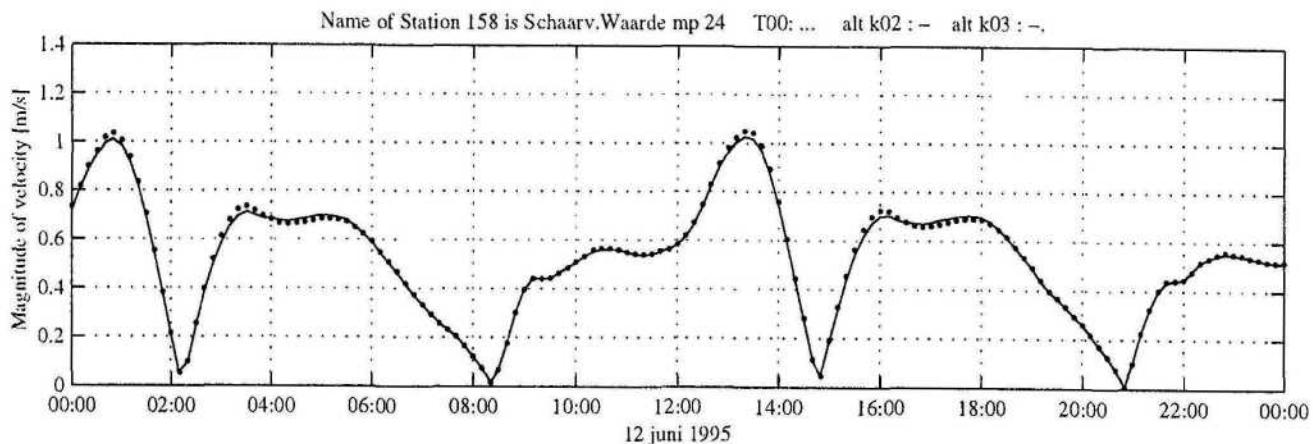












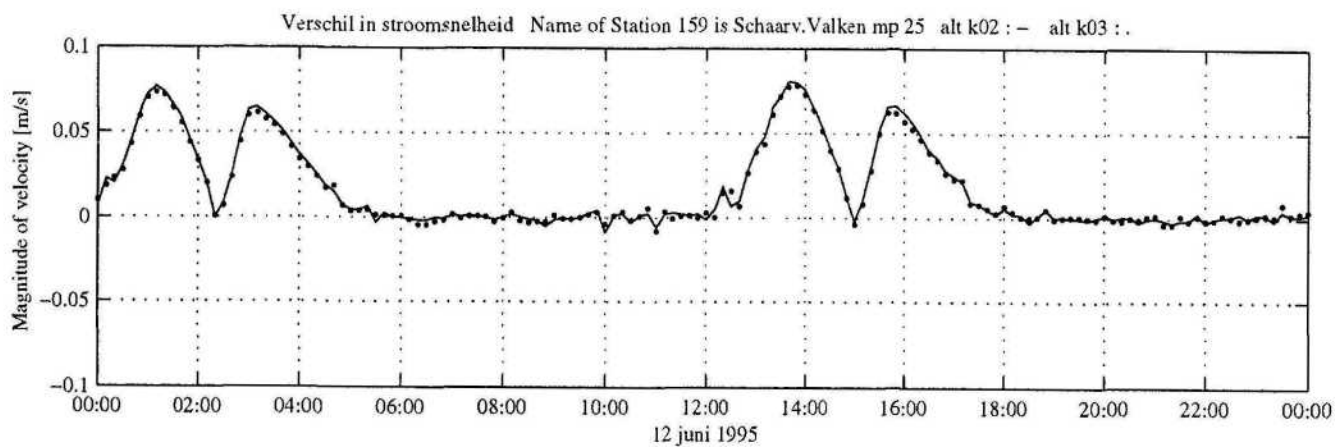
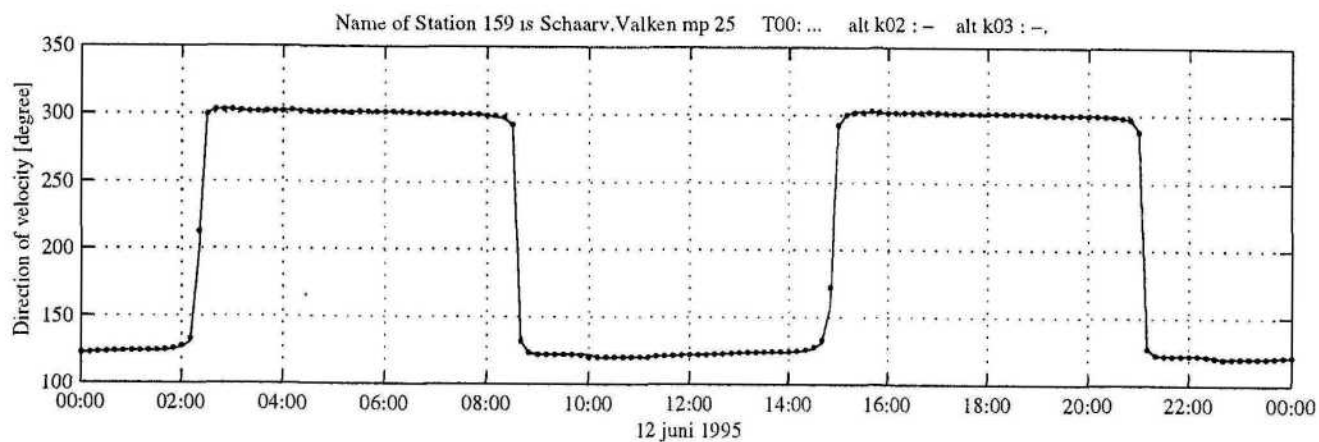
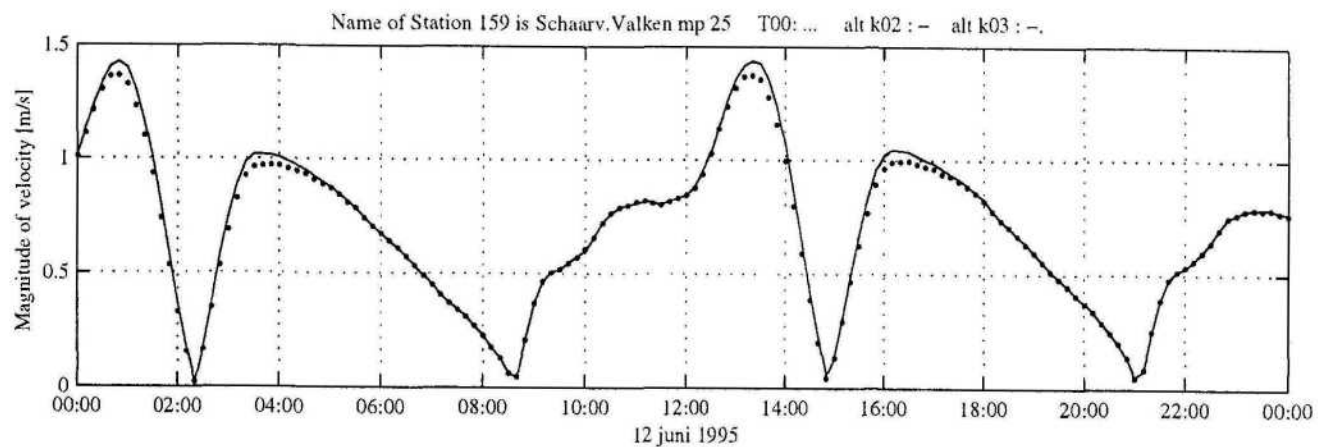
Stroomsnelheden Westerschelde, alt : k02 en k03

FIGUUR 3.5.12

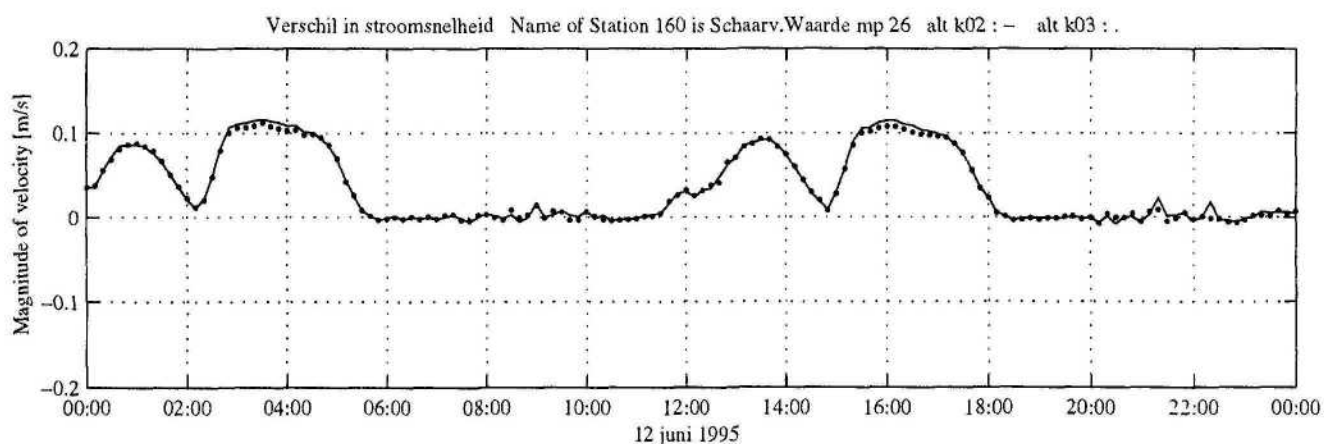
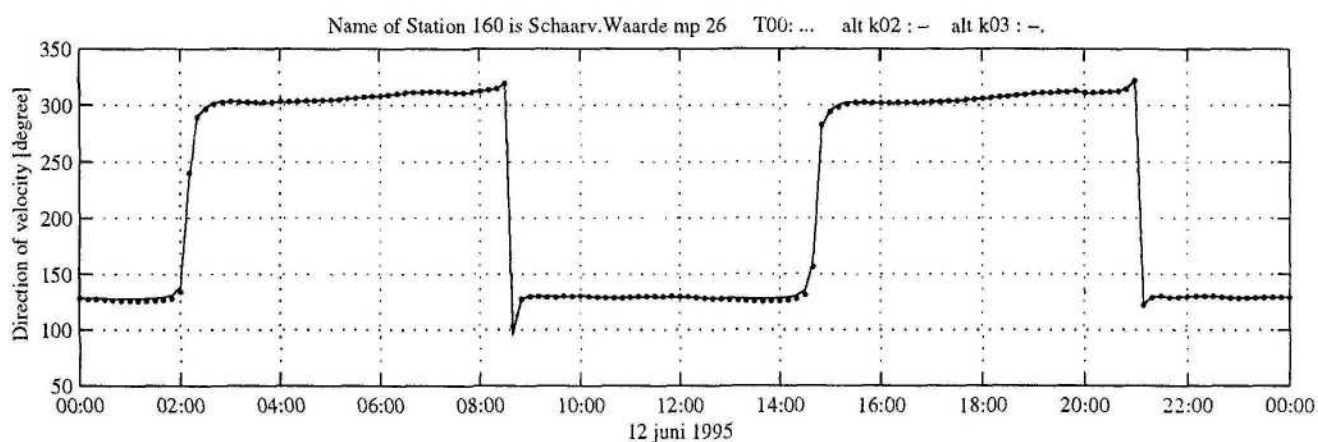
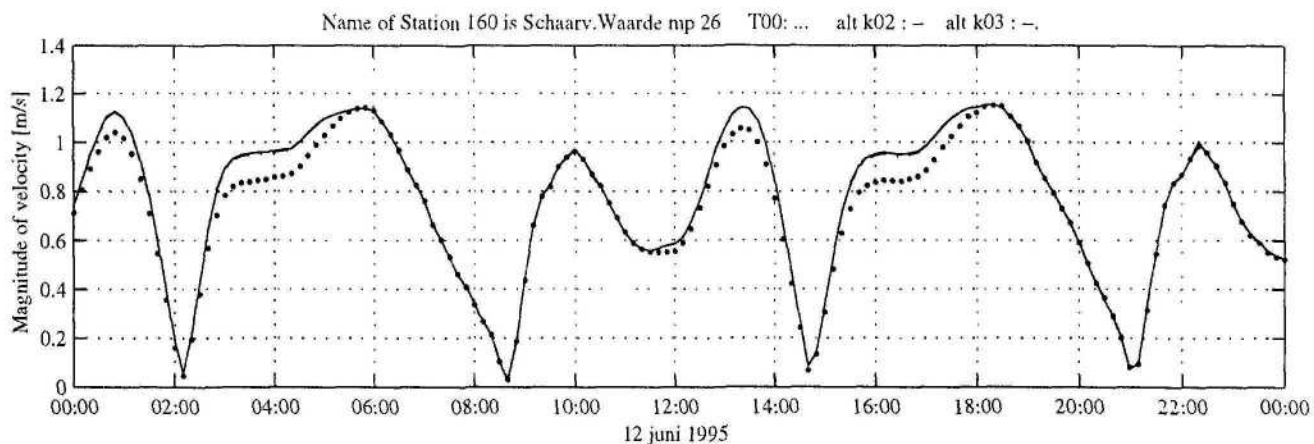
1213

modelsimulaties NCP Westerschelde

01-Dec-2001







Stroomsnelheden Westerschelde, alt : k02 en k03

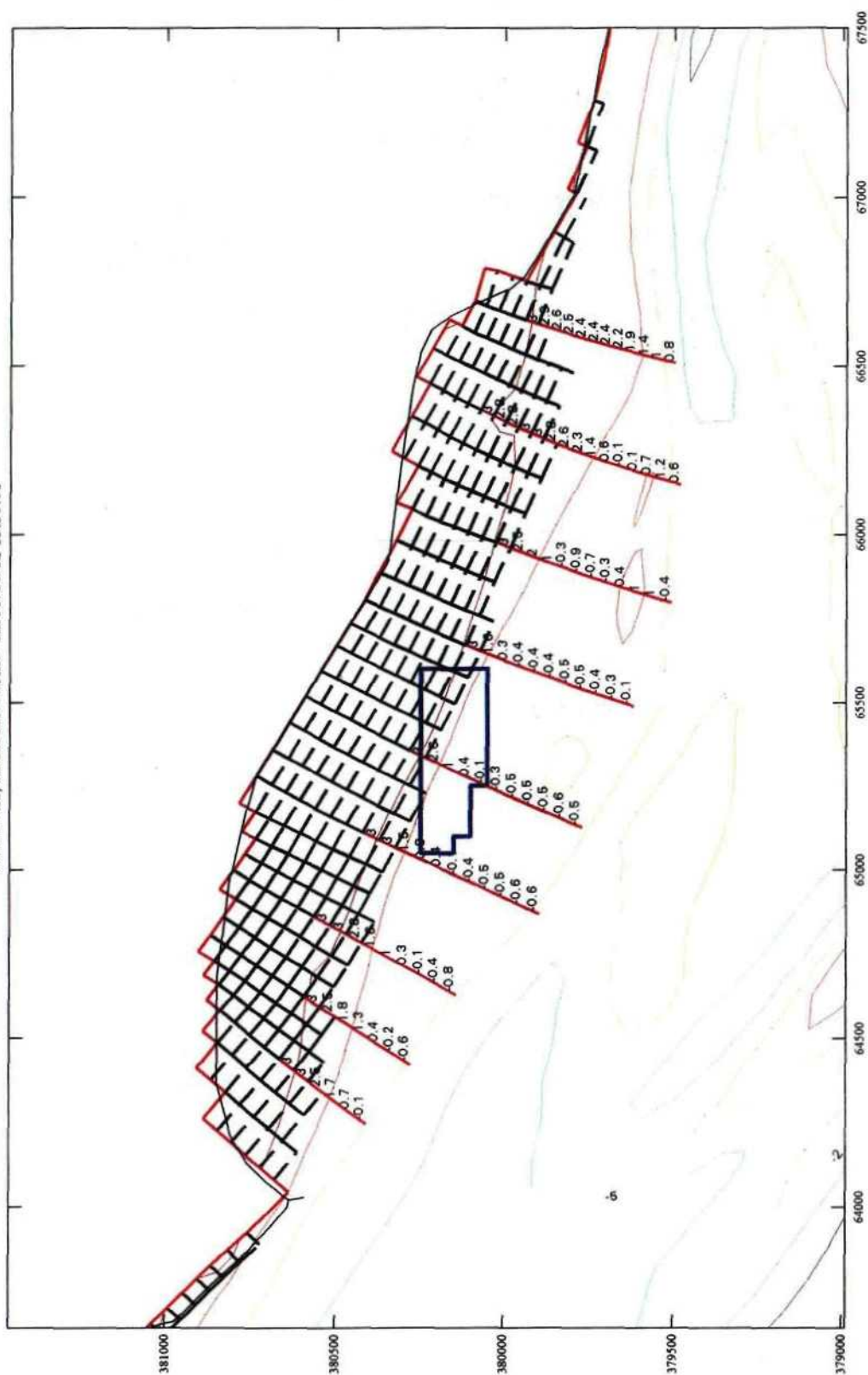
FIGUUR 3.5.14

1213

modelsimulaties NCP Westerschelde

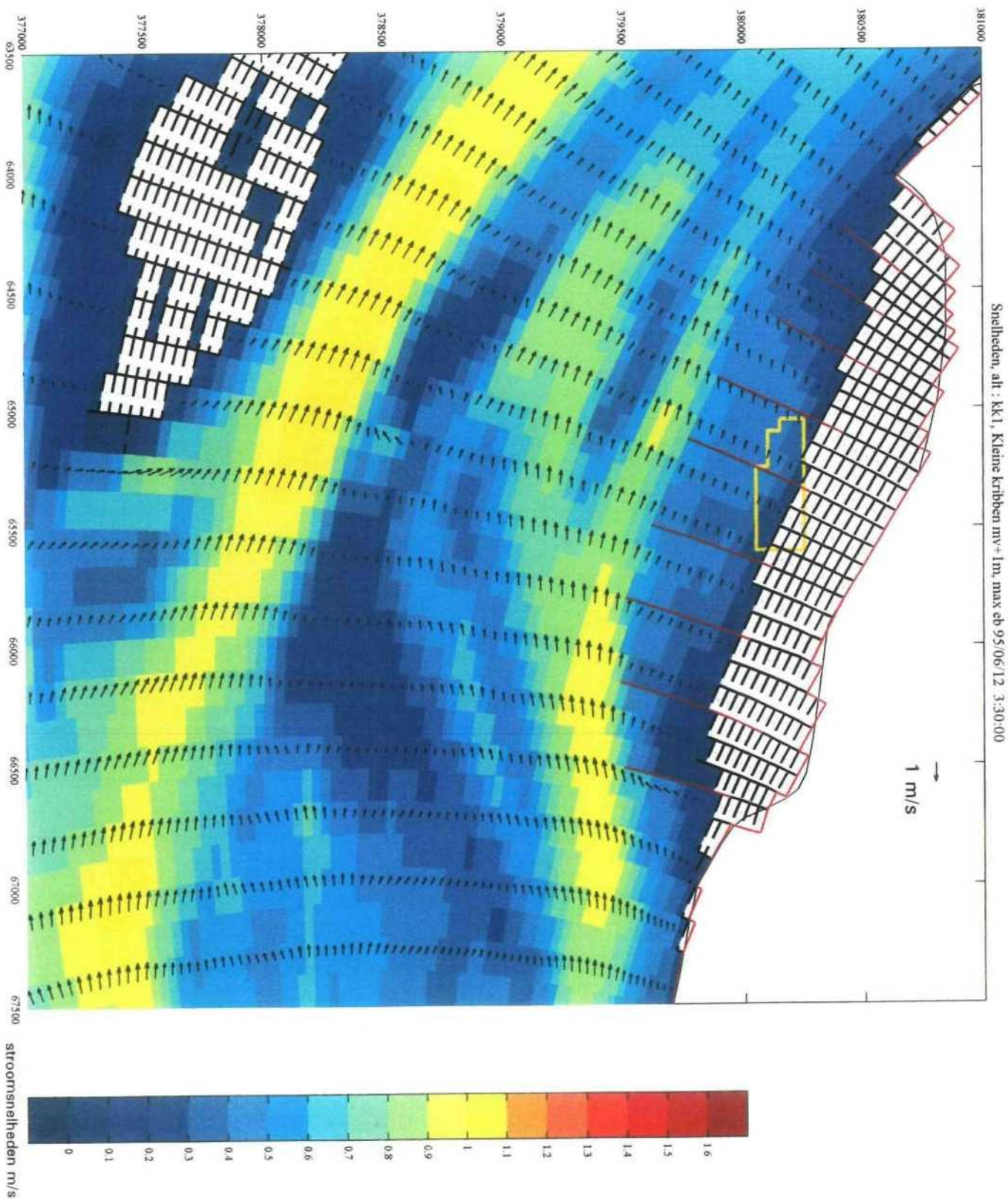
01-Dec-2001

Variant kk1, Kleine kribben mv+1m 95/06/12 13:30:00

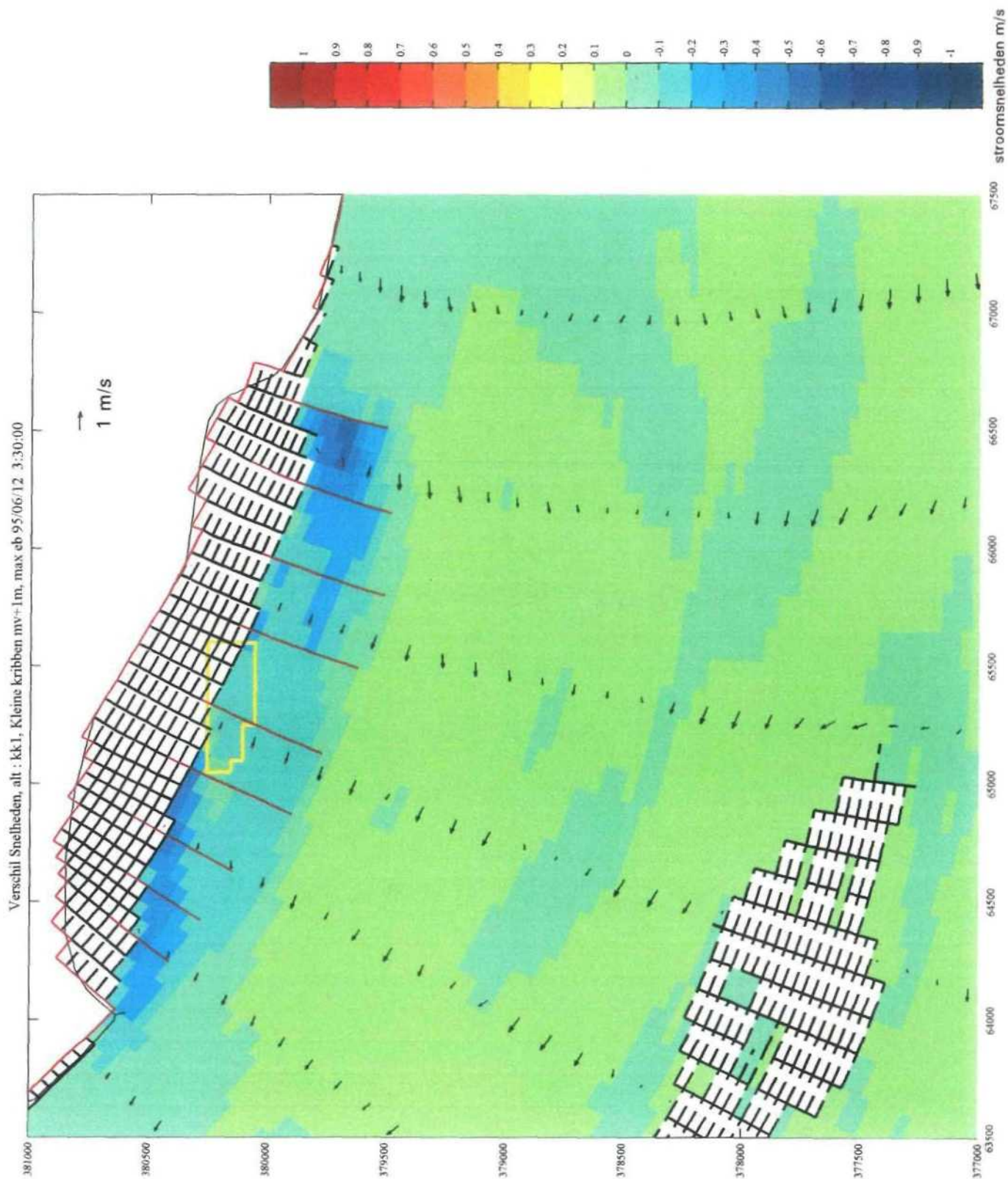




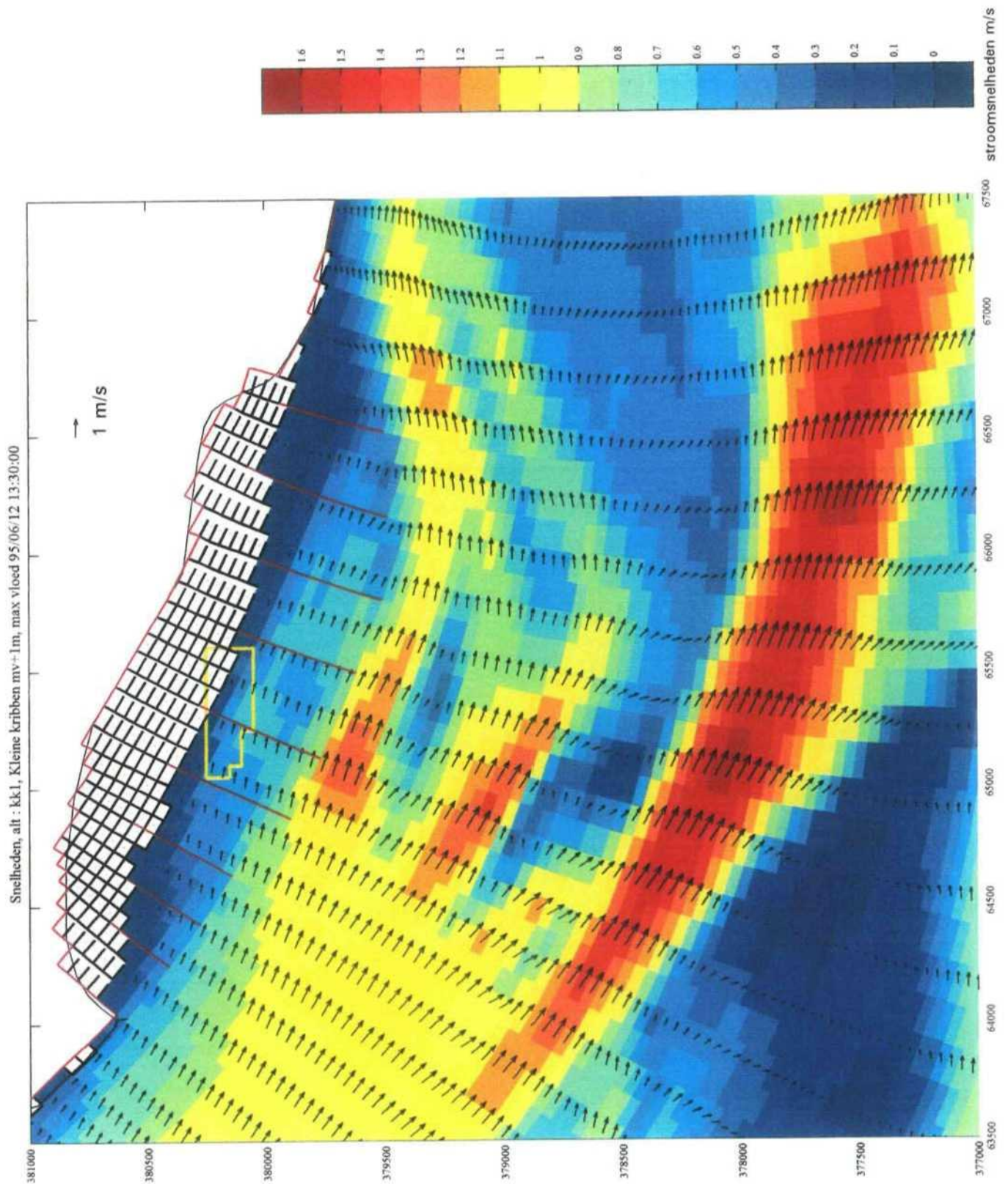
Snelheden, alt : kk1, Kleine kribben mv+1m, max eb

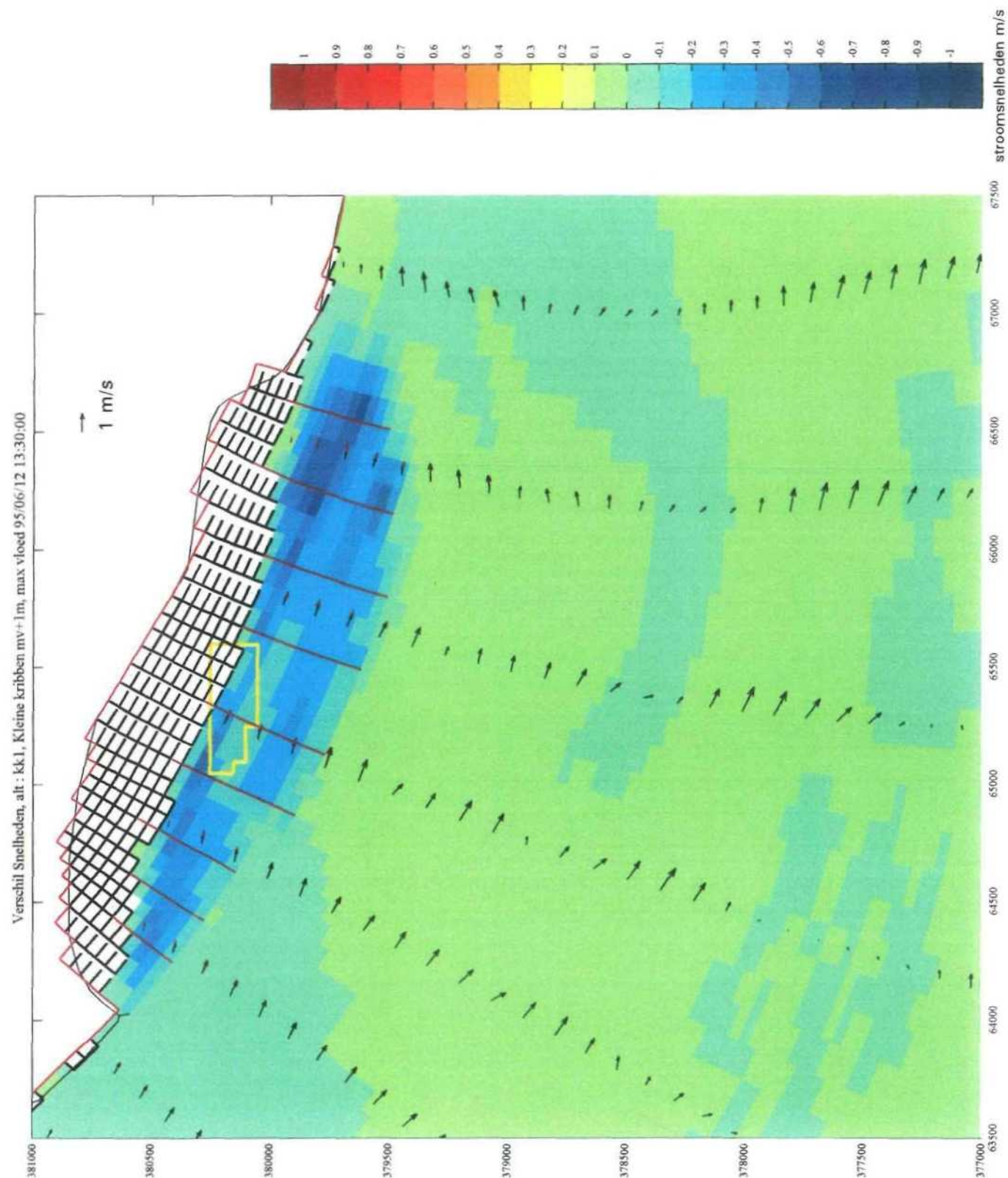






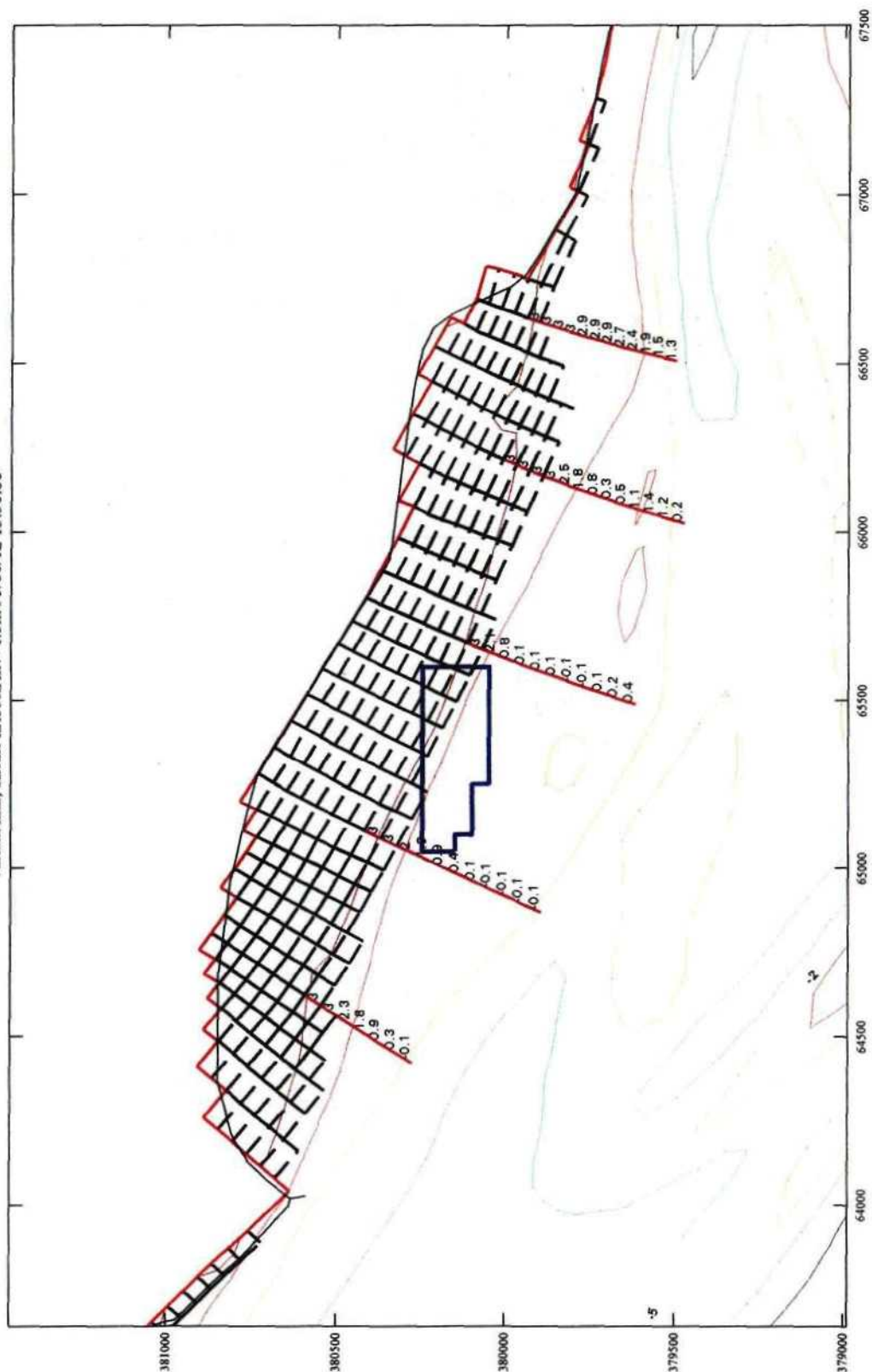




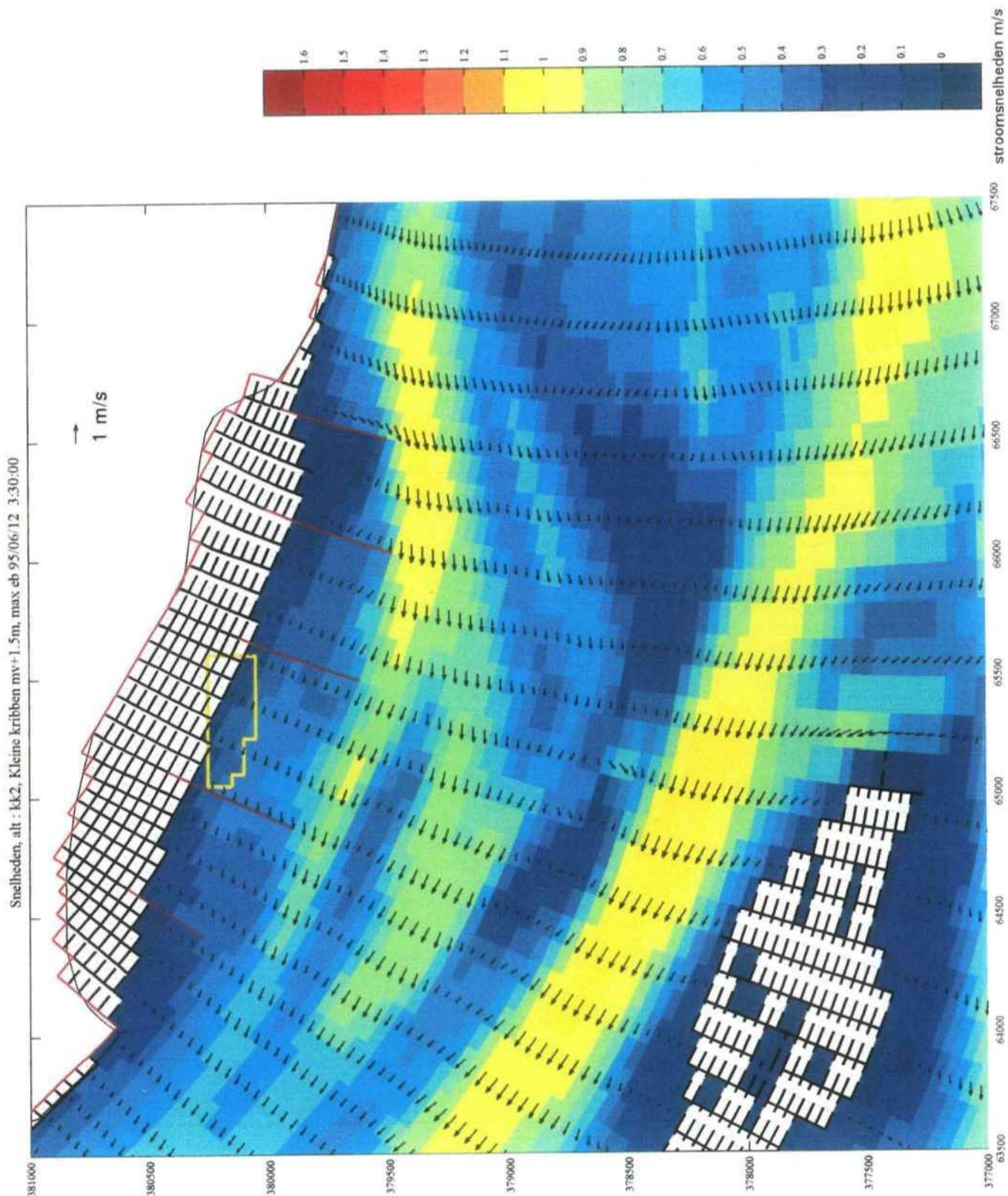


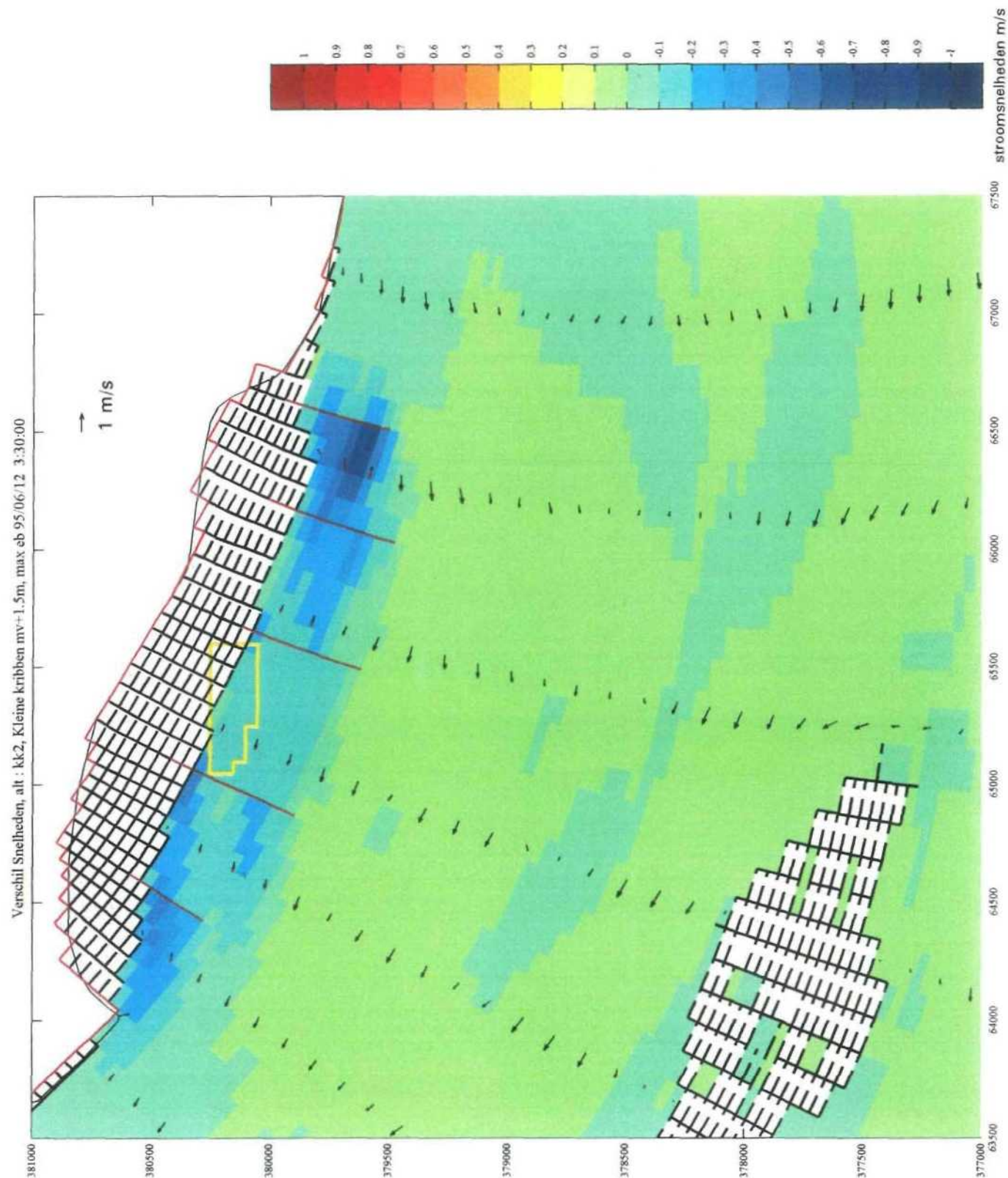


Variant kk2, Kleine kribben mv+1.5m 95/06/12 13:30:00

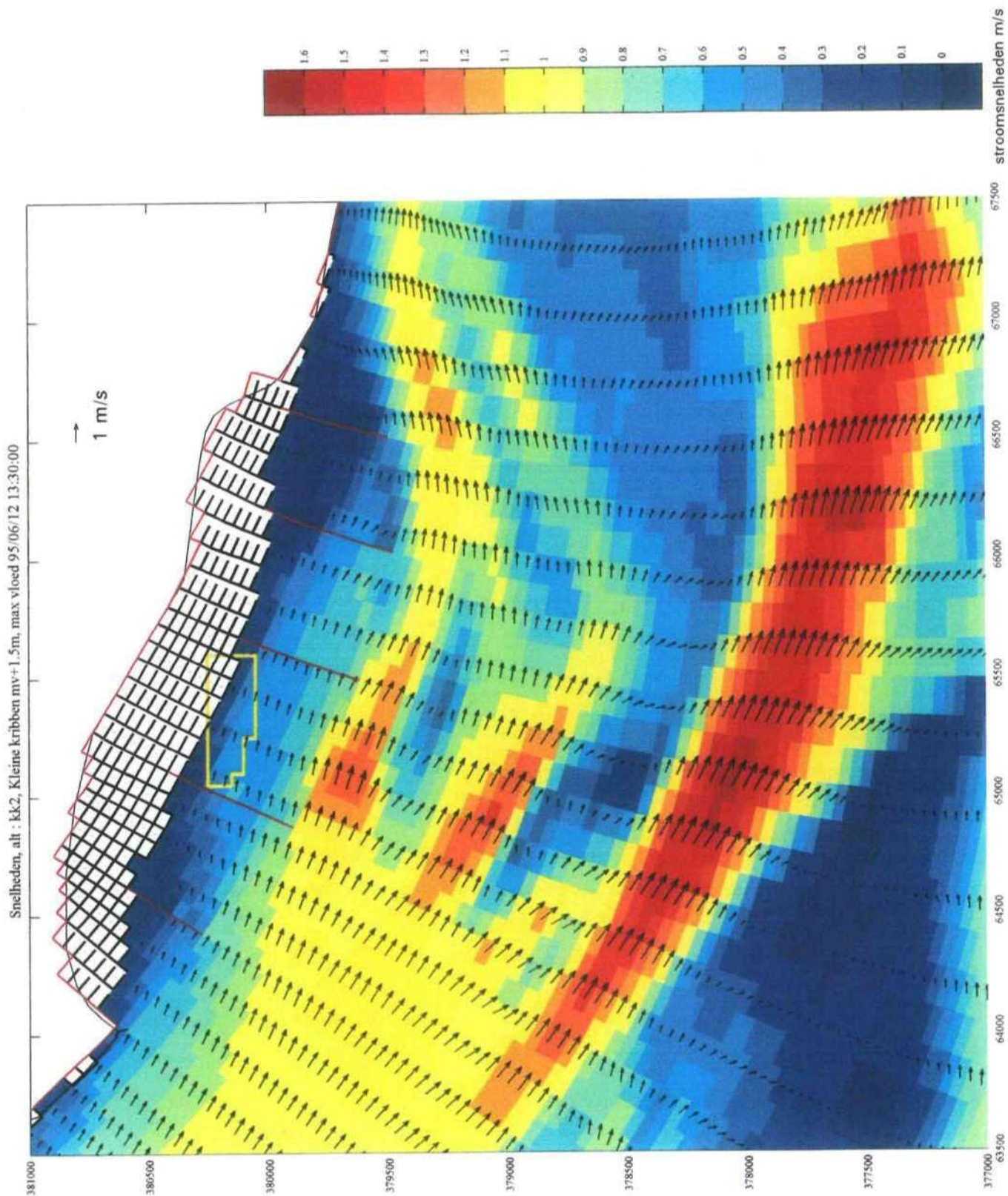




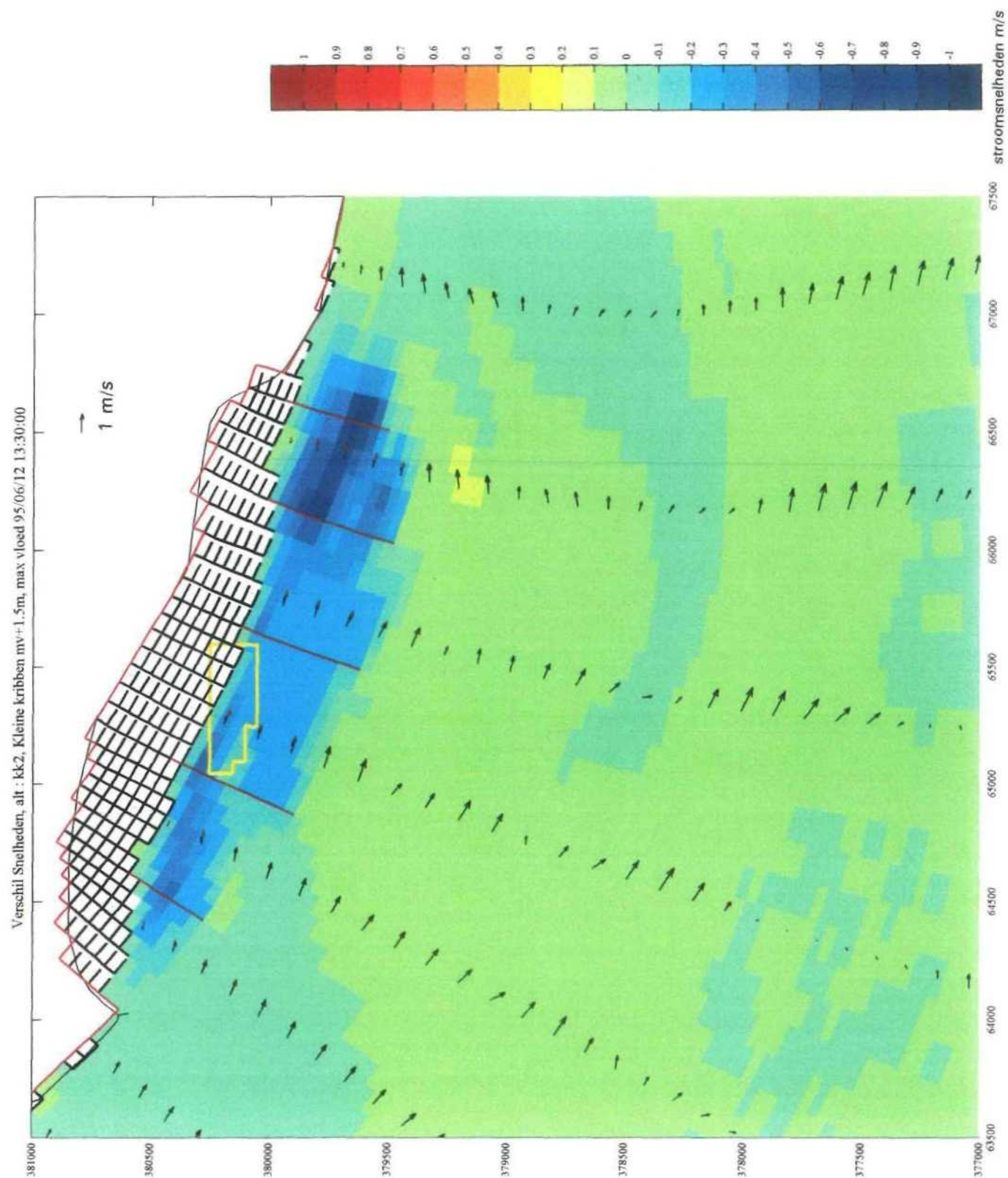




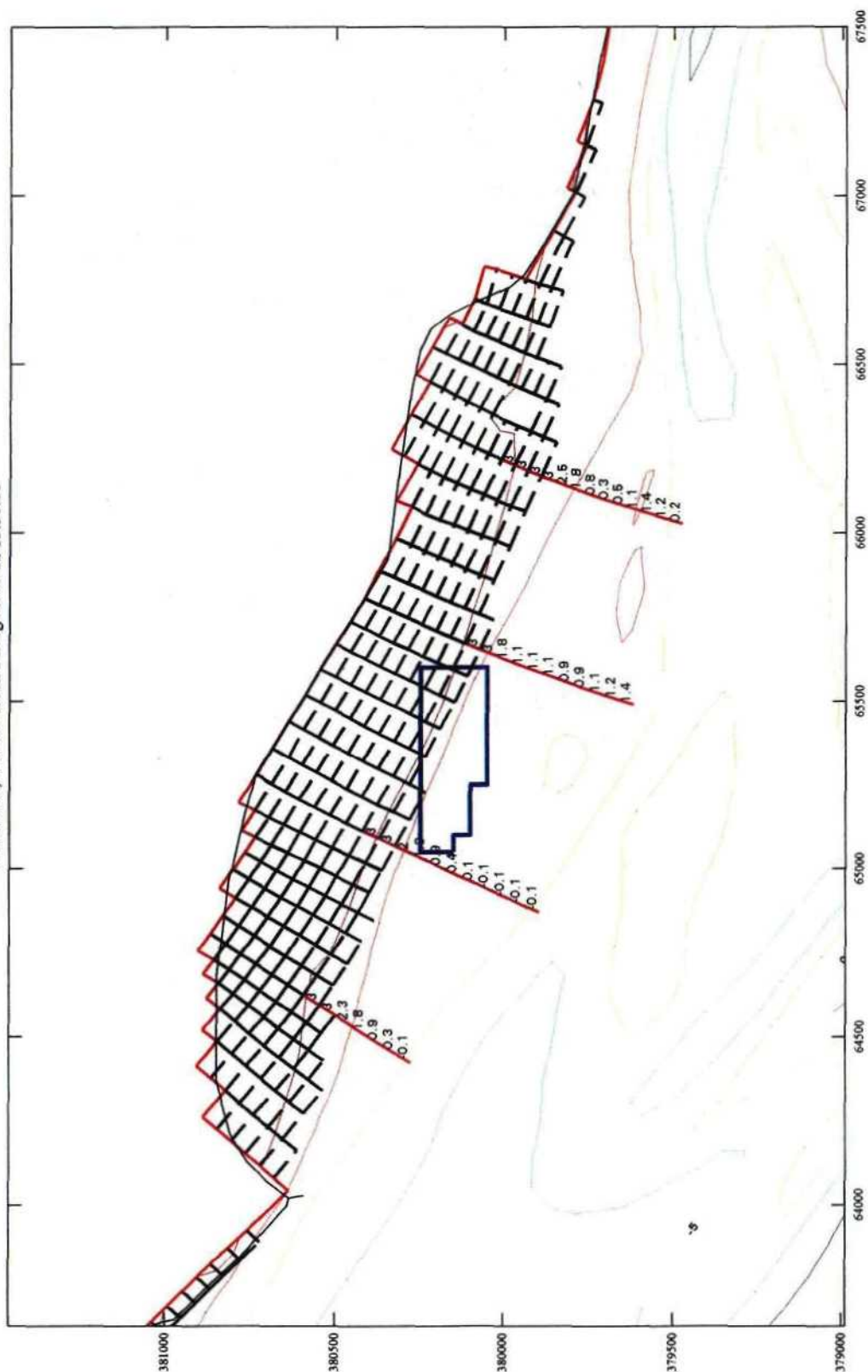




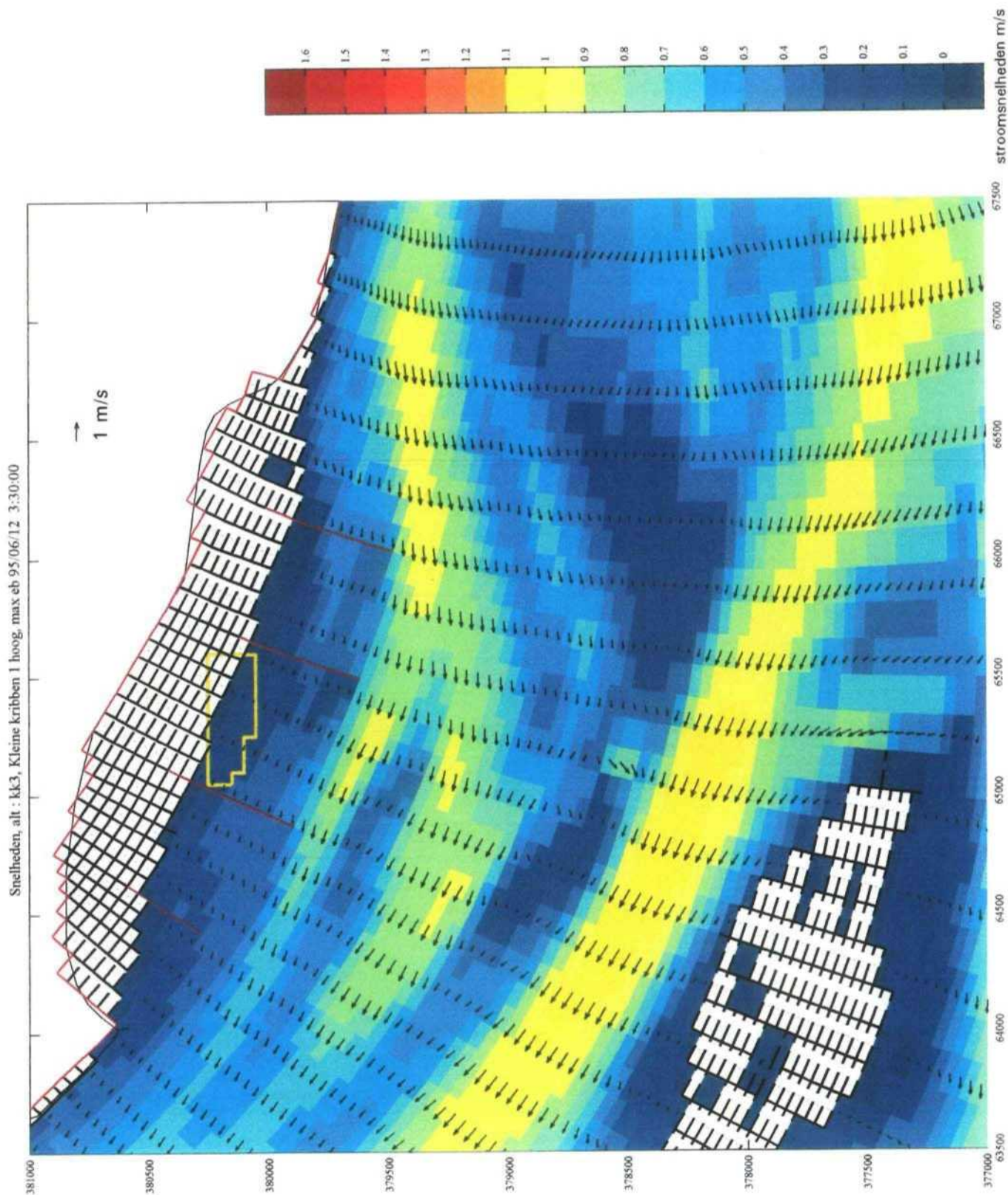




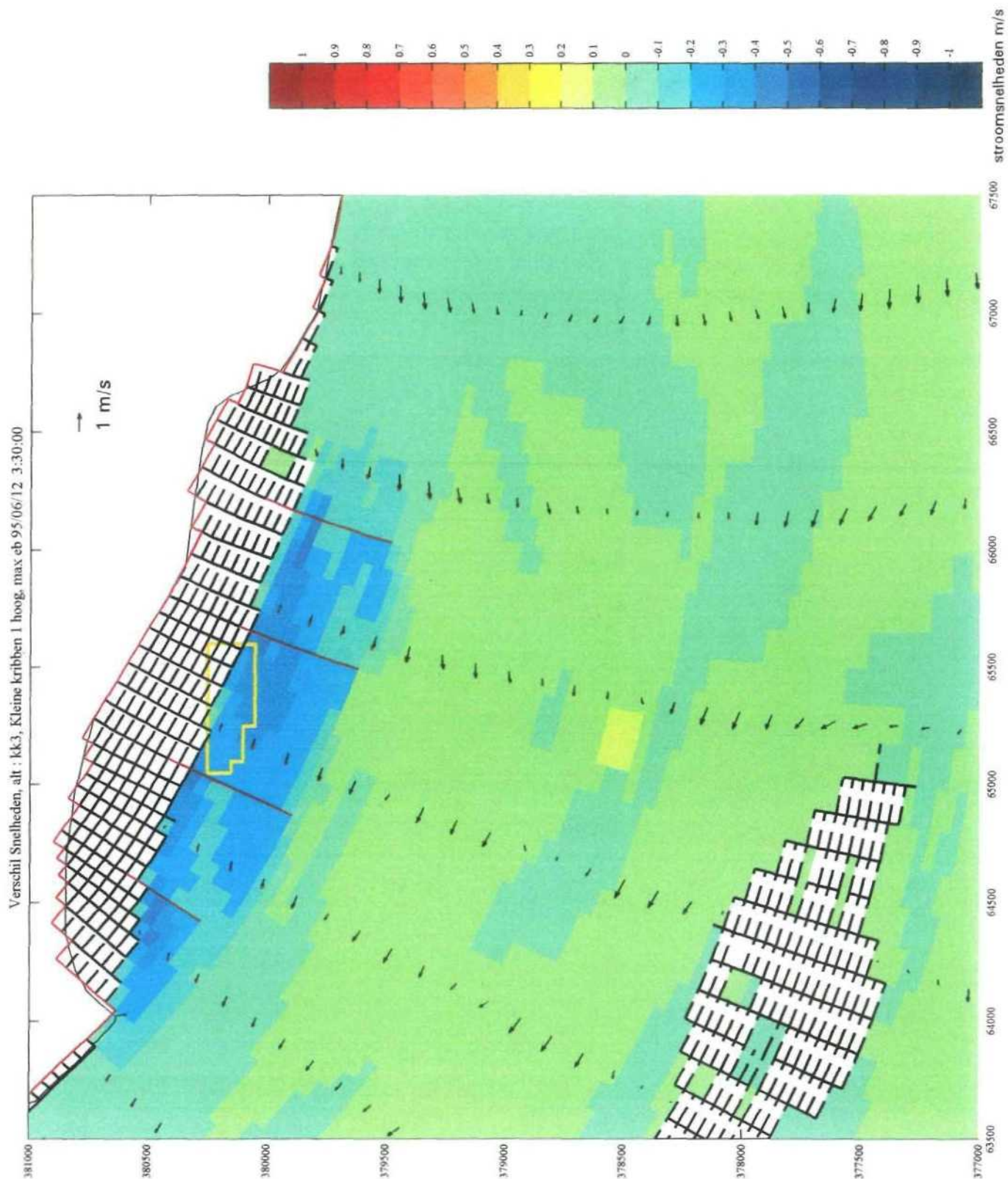
Variant kk3, Kleine kribben 1 hoog 95/06/12 13:30:00

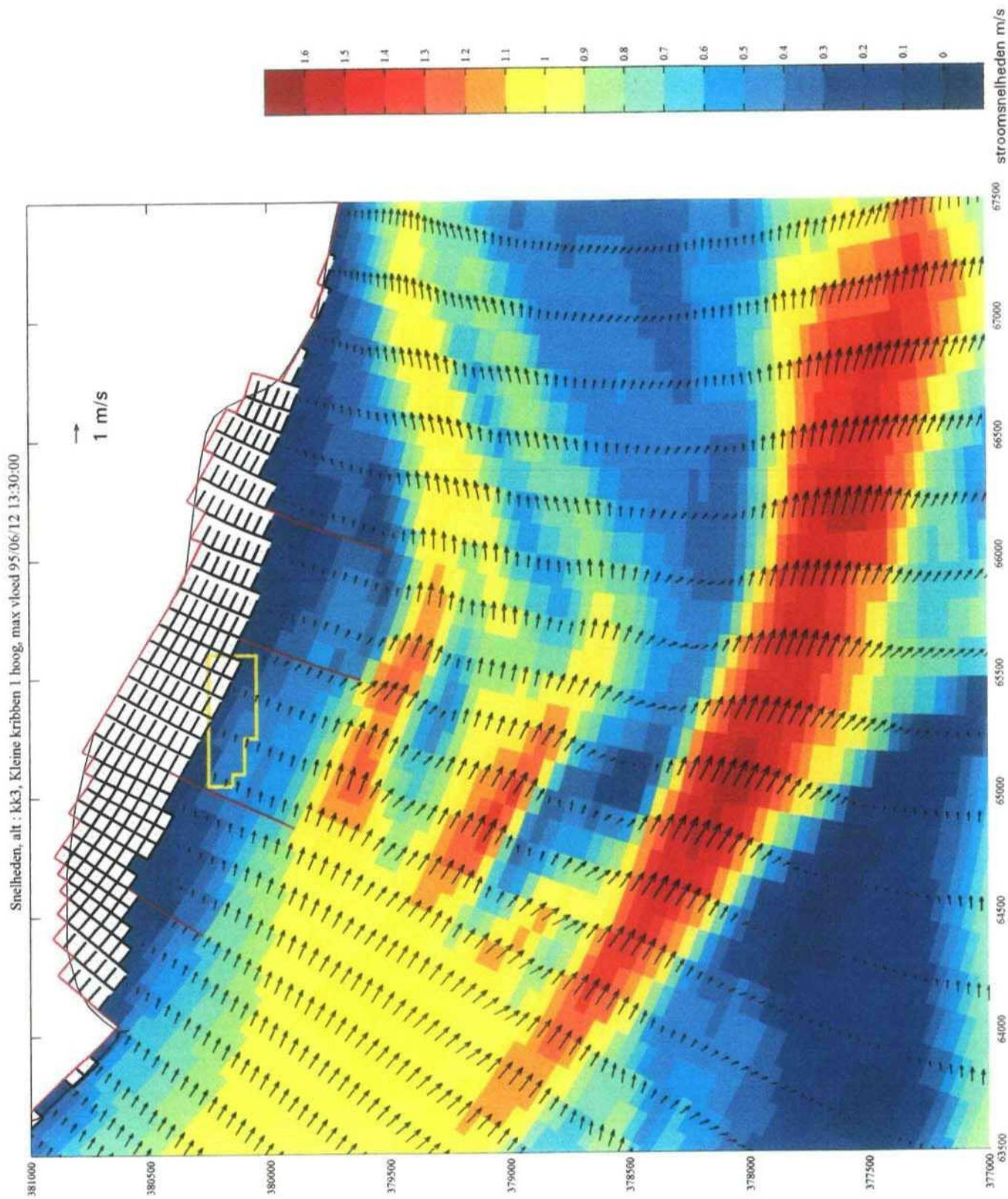




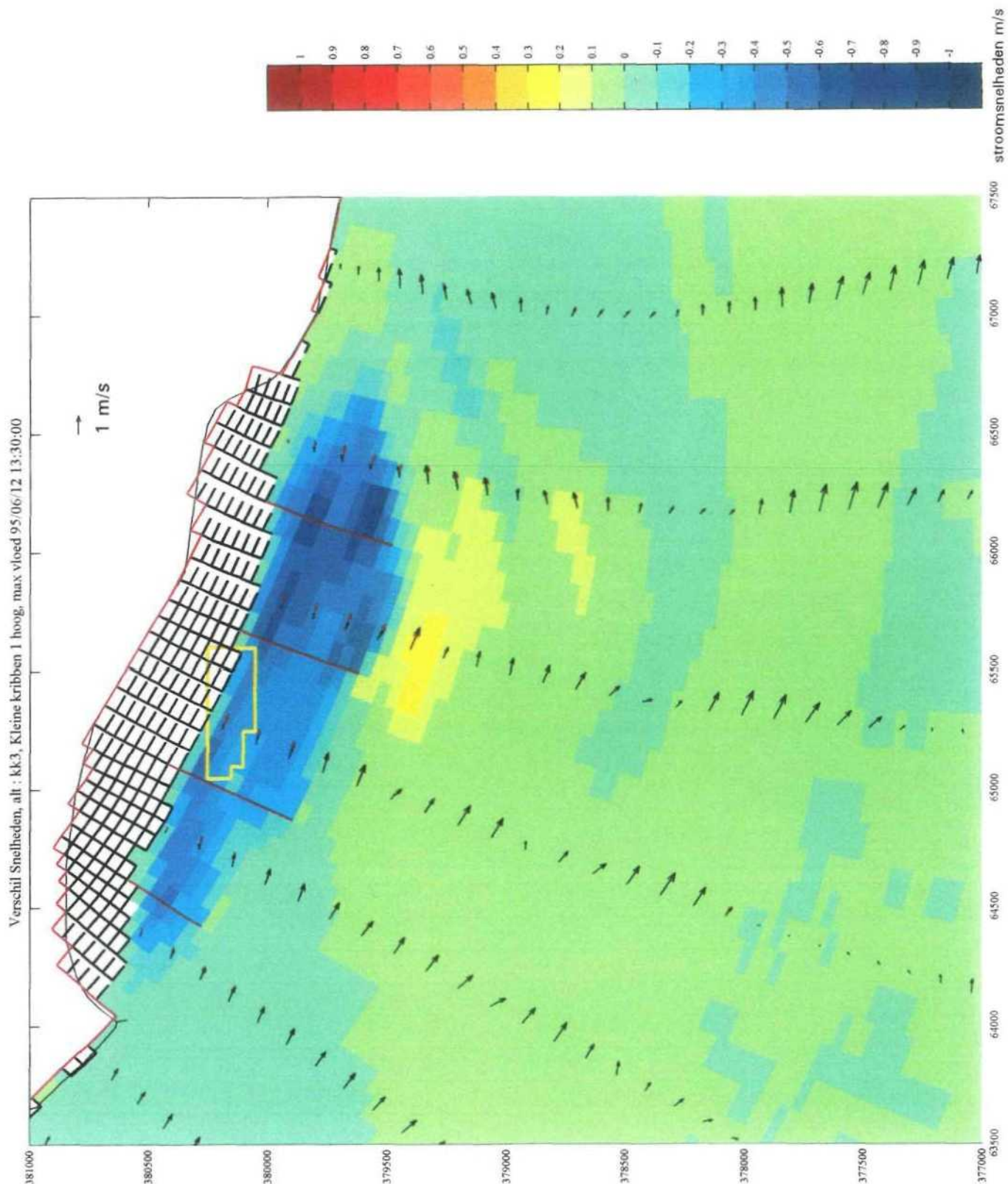




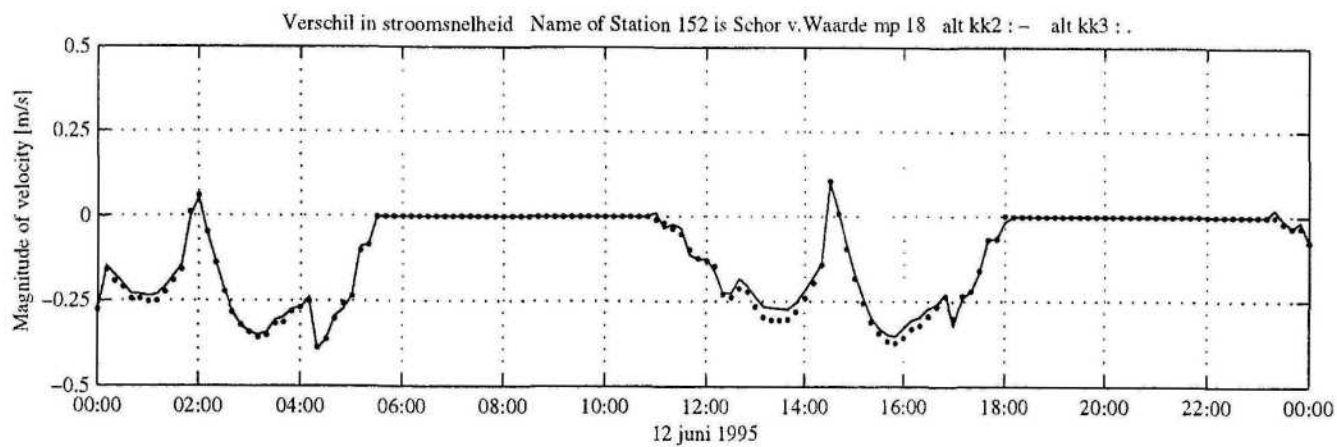
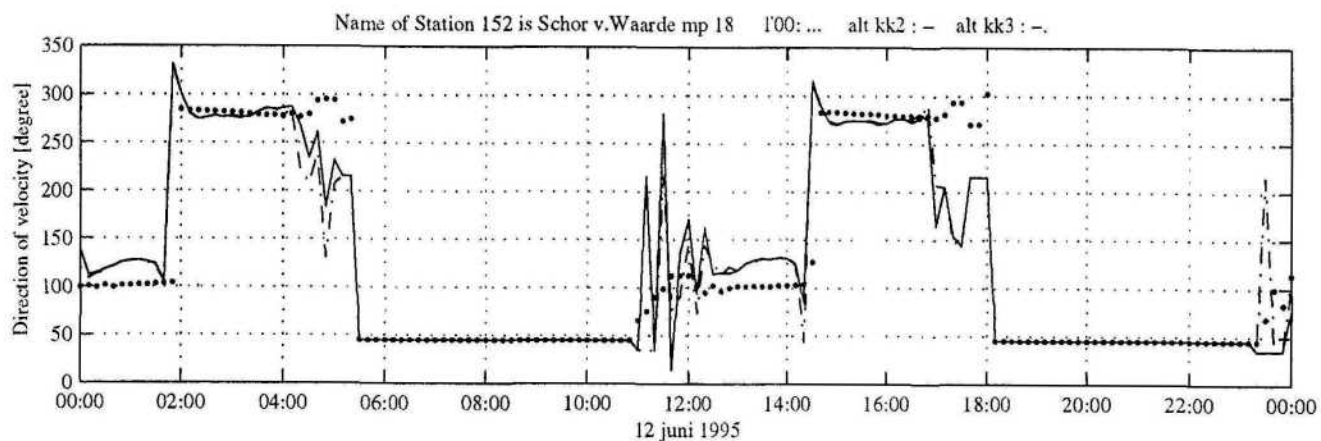
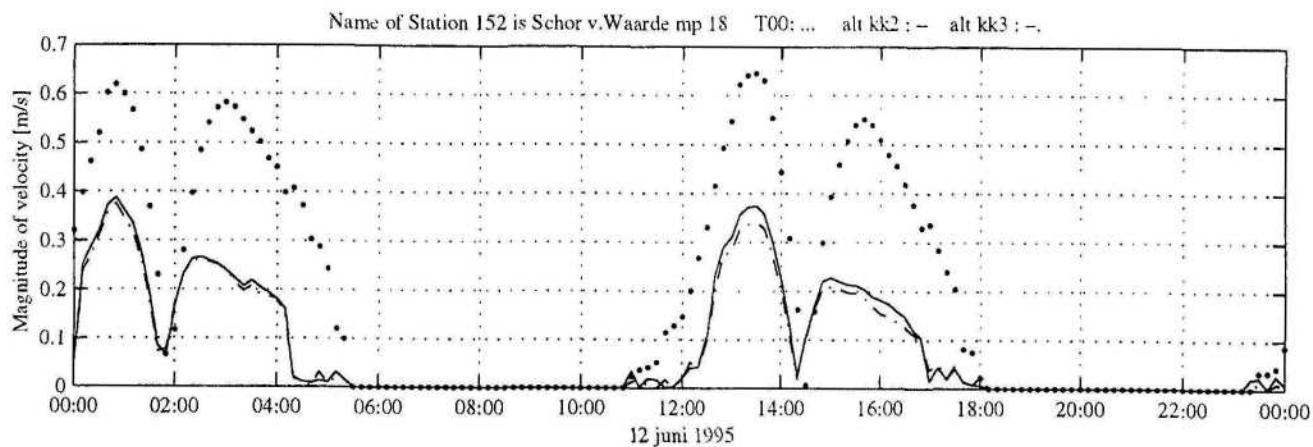


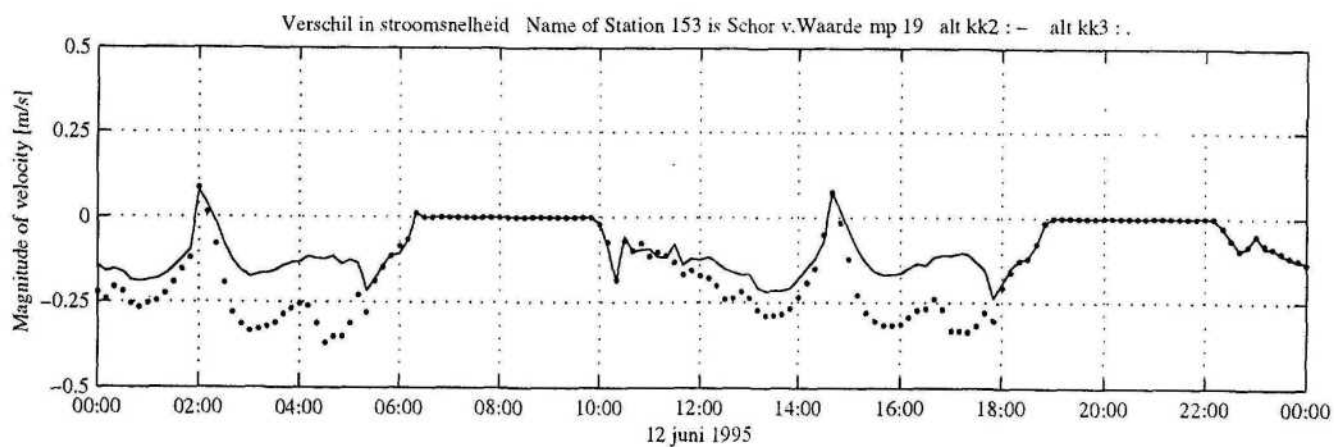
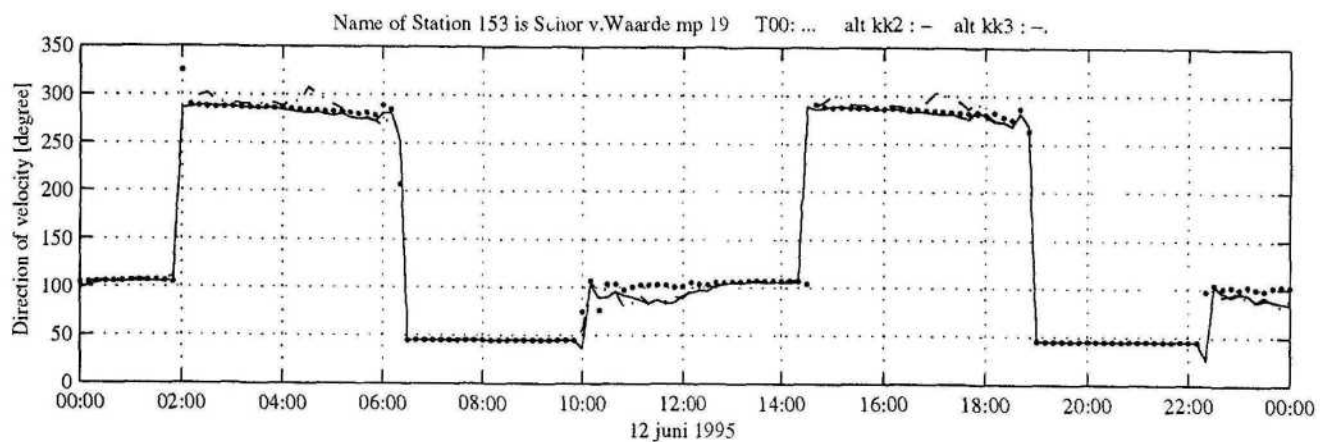
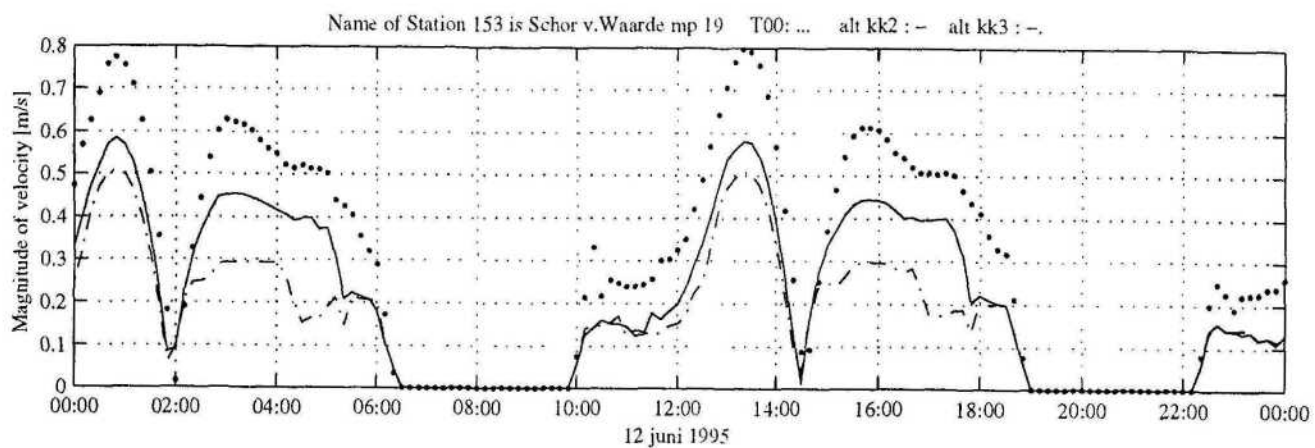


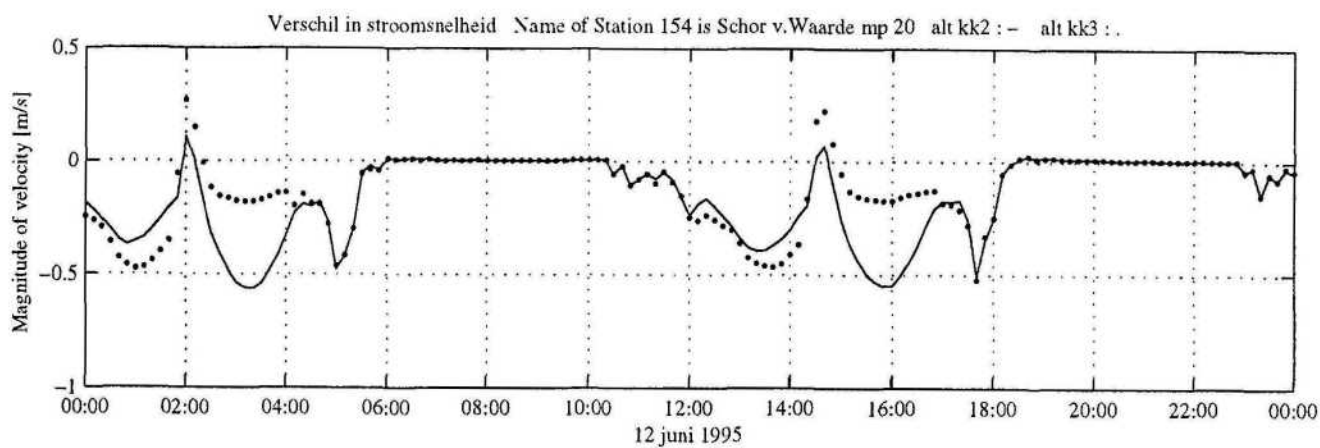
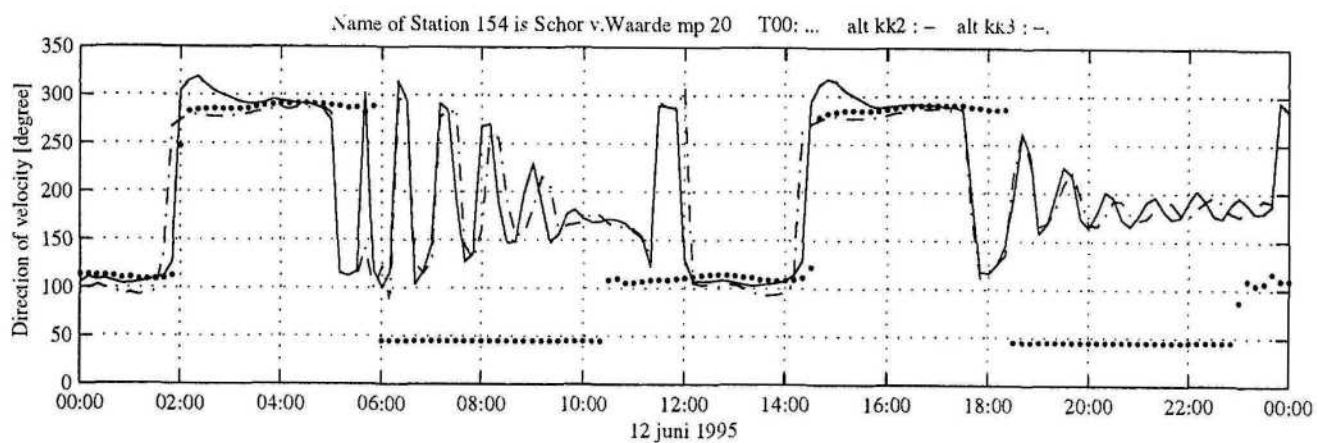
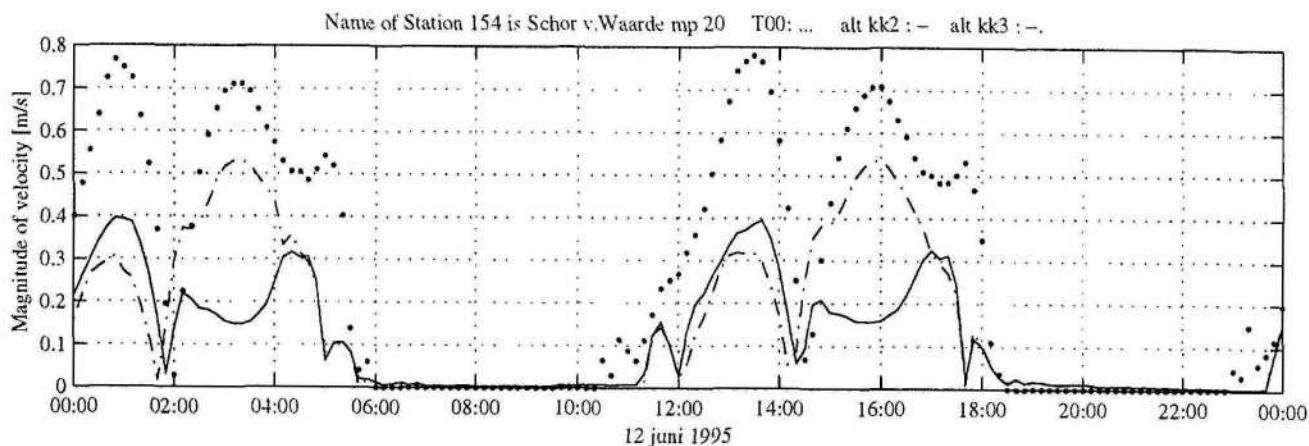




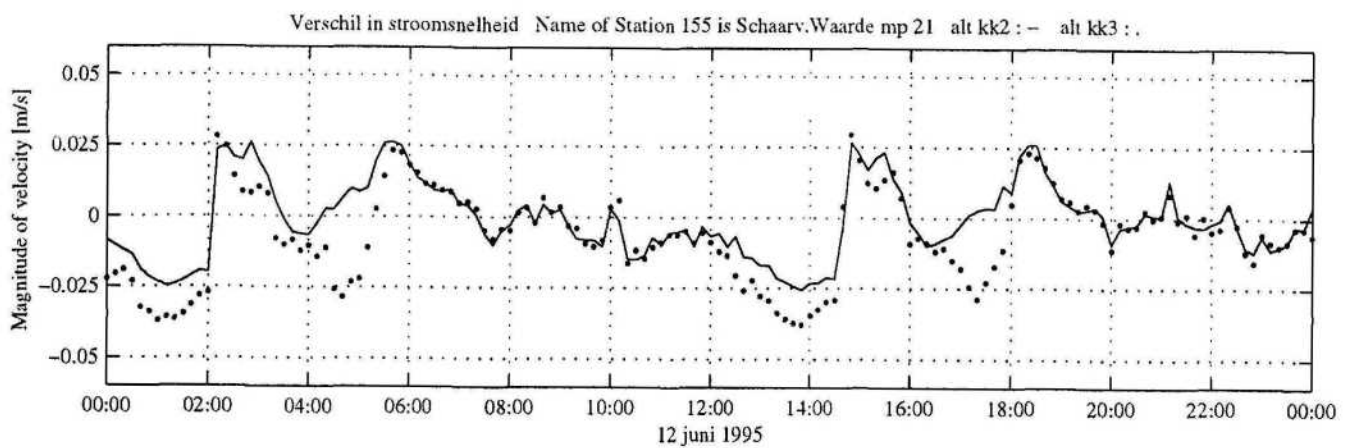
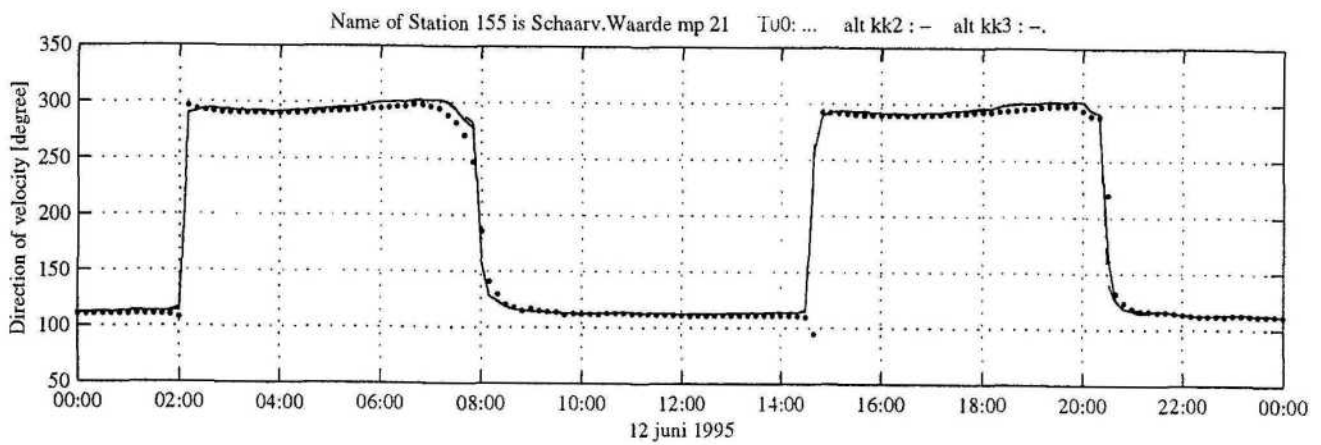
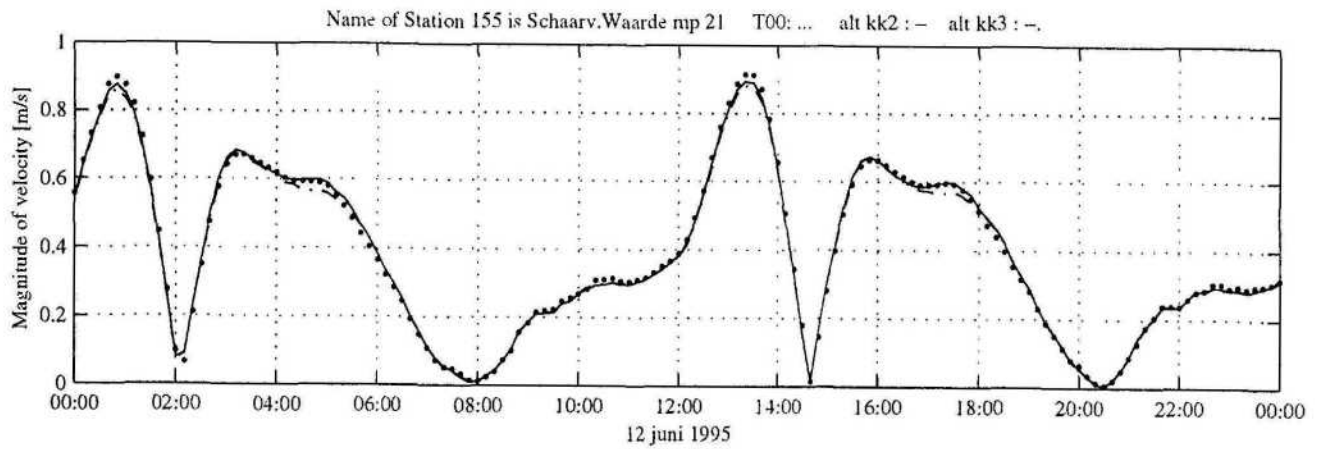


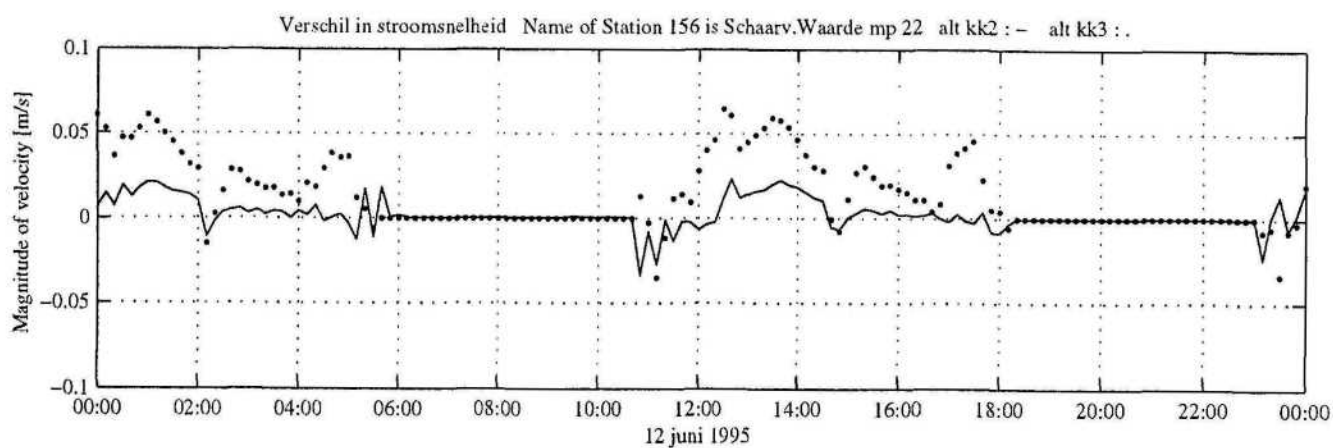
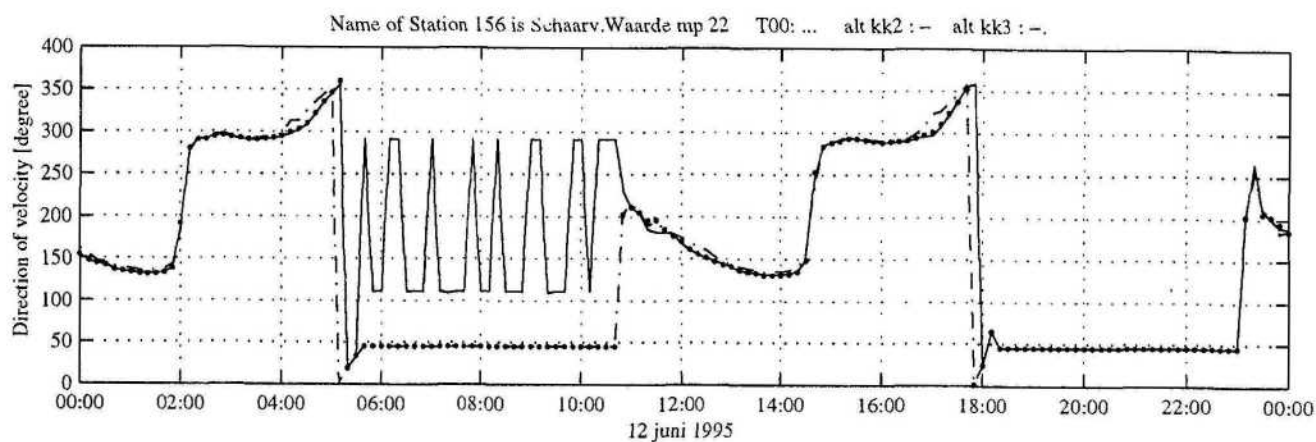
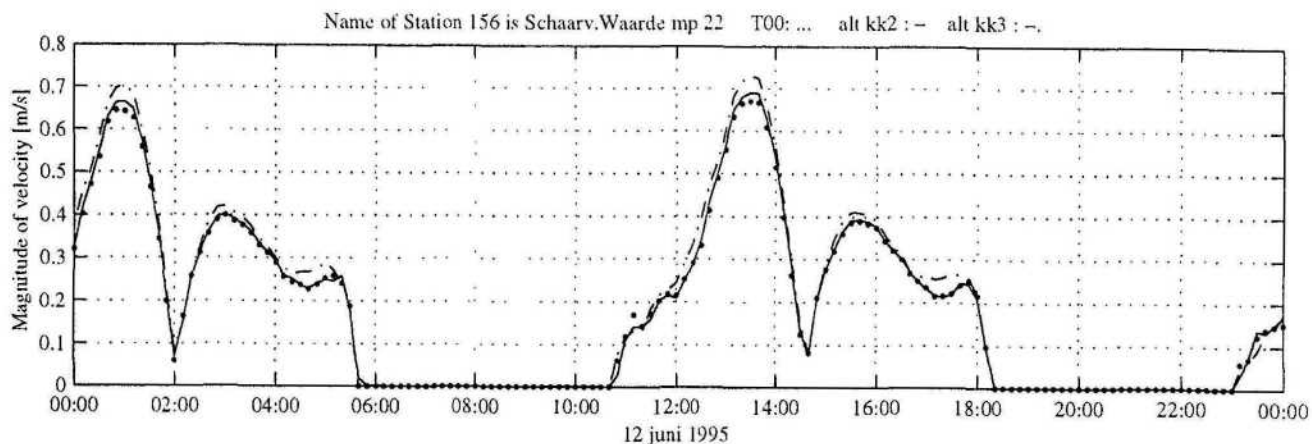


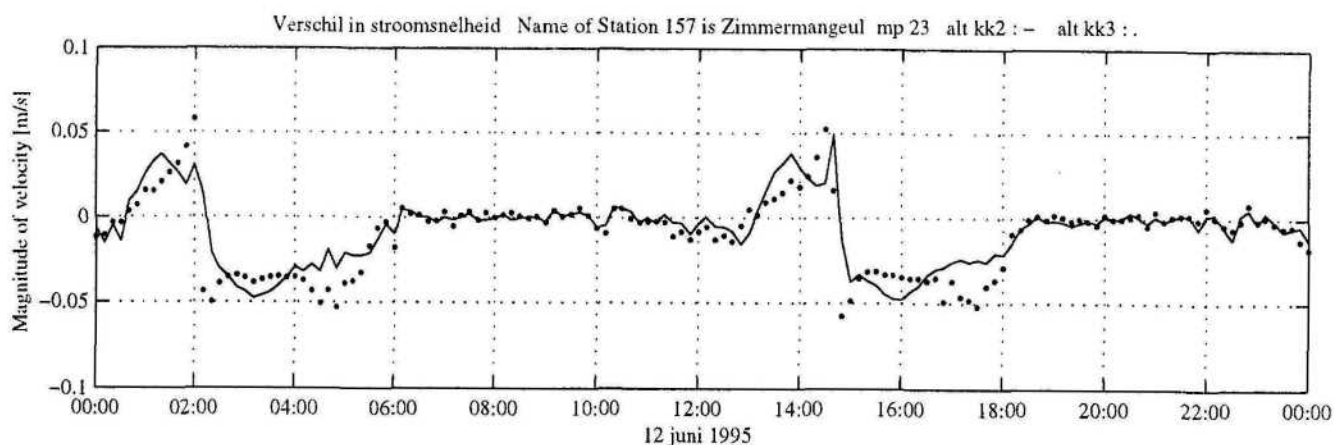
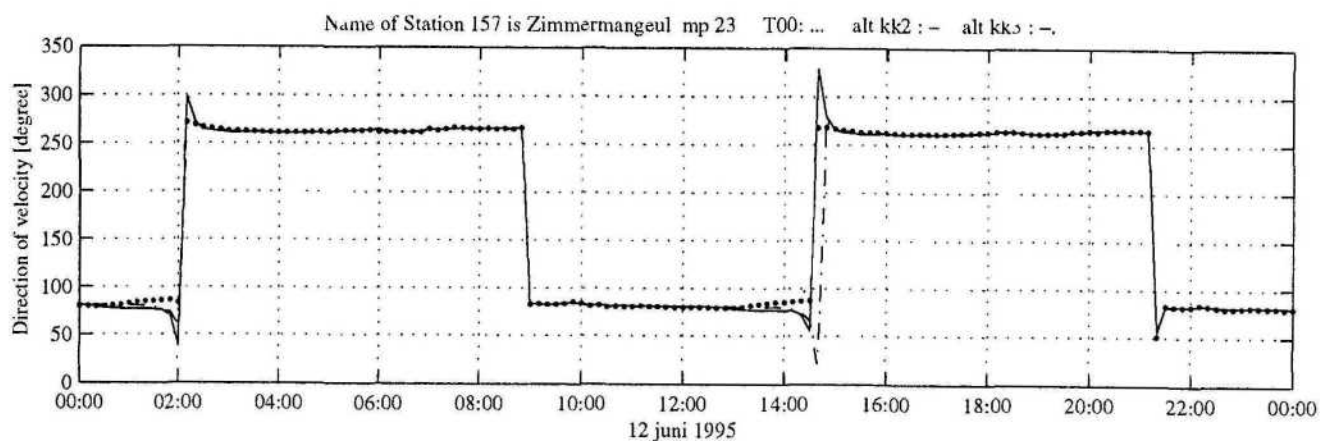
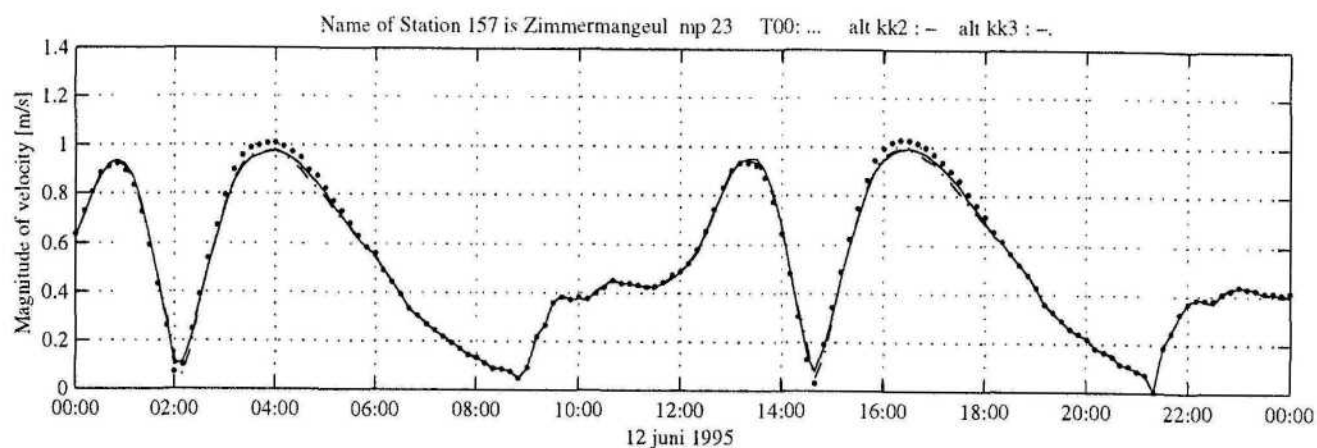




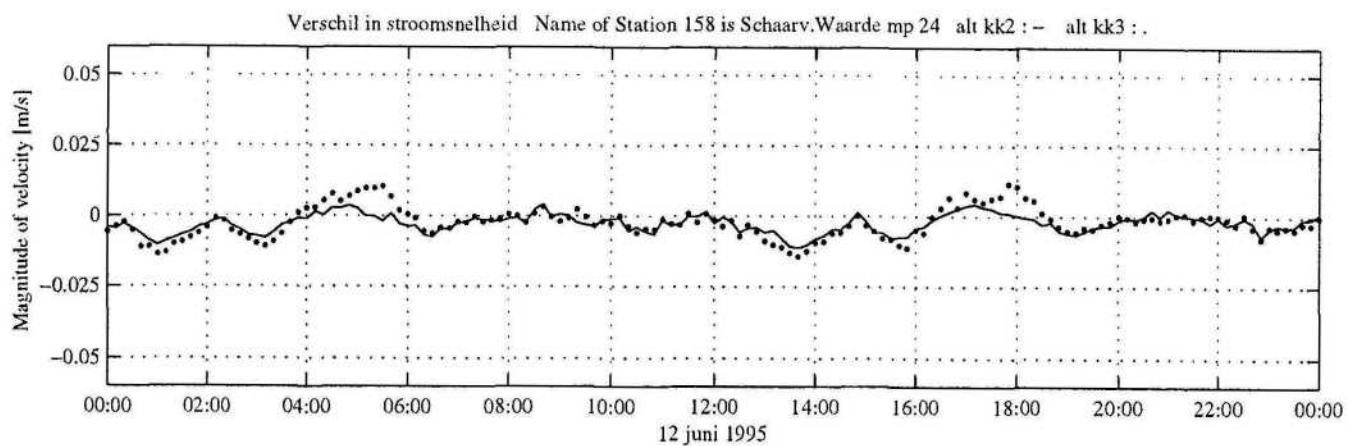
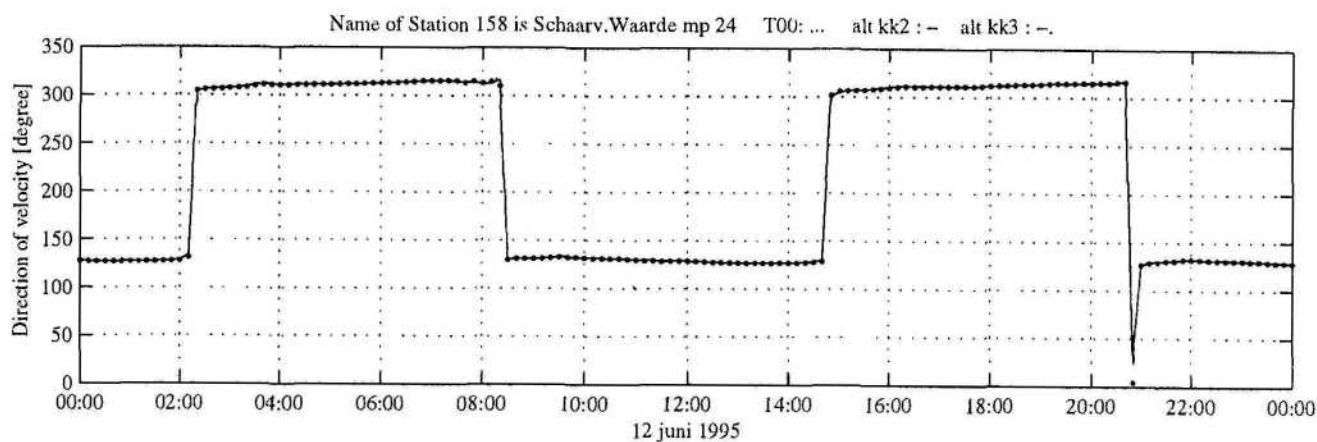
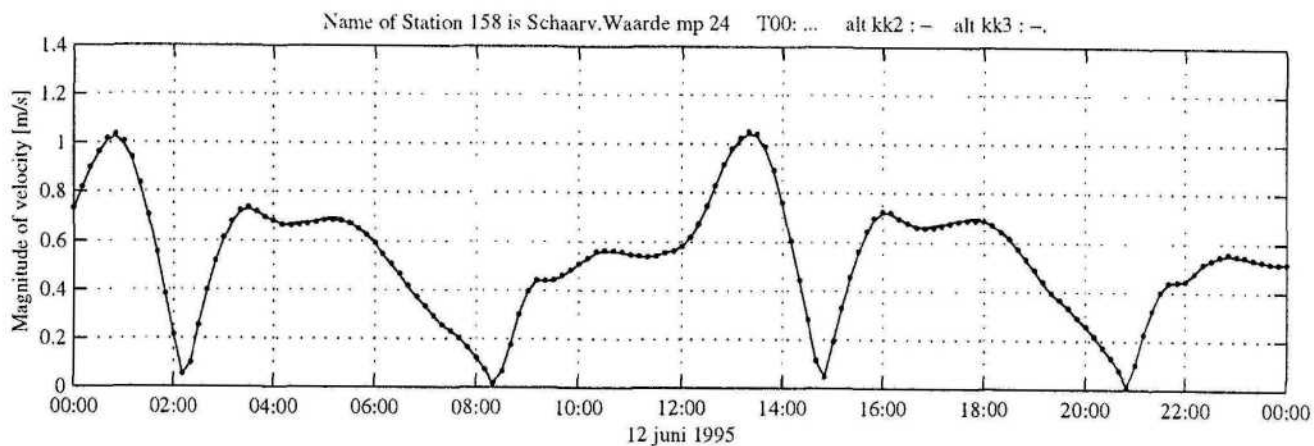


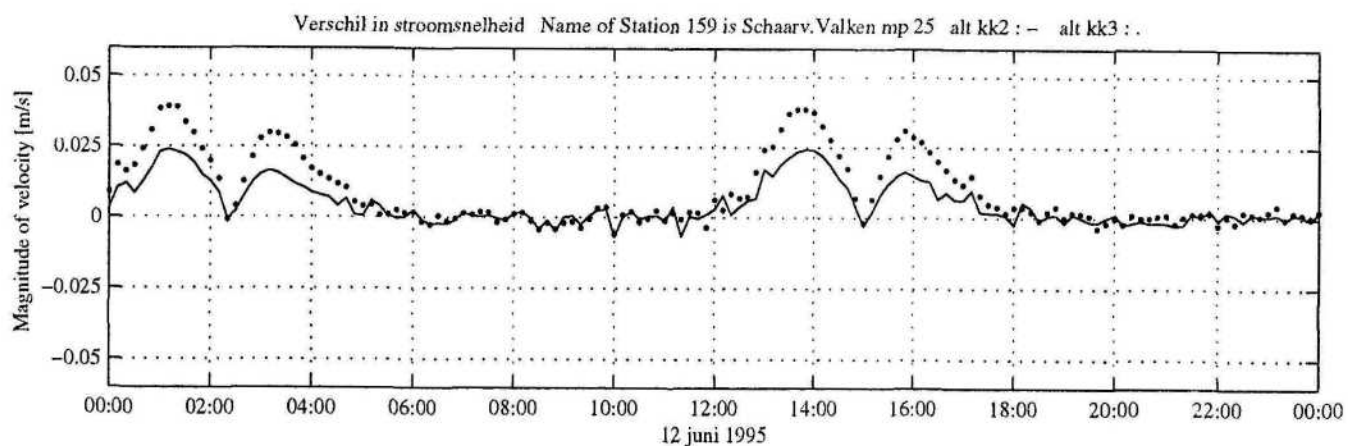
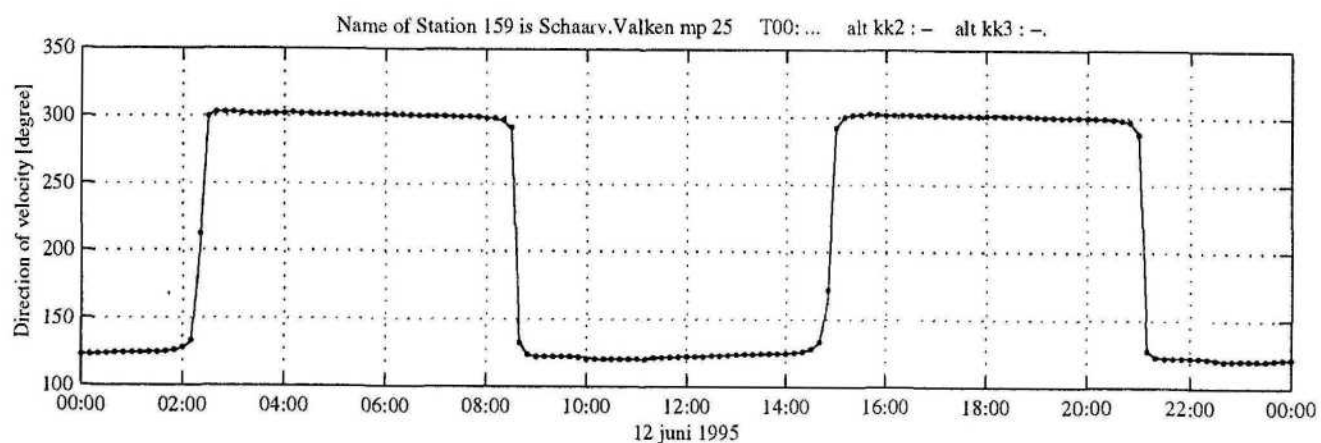
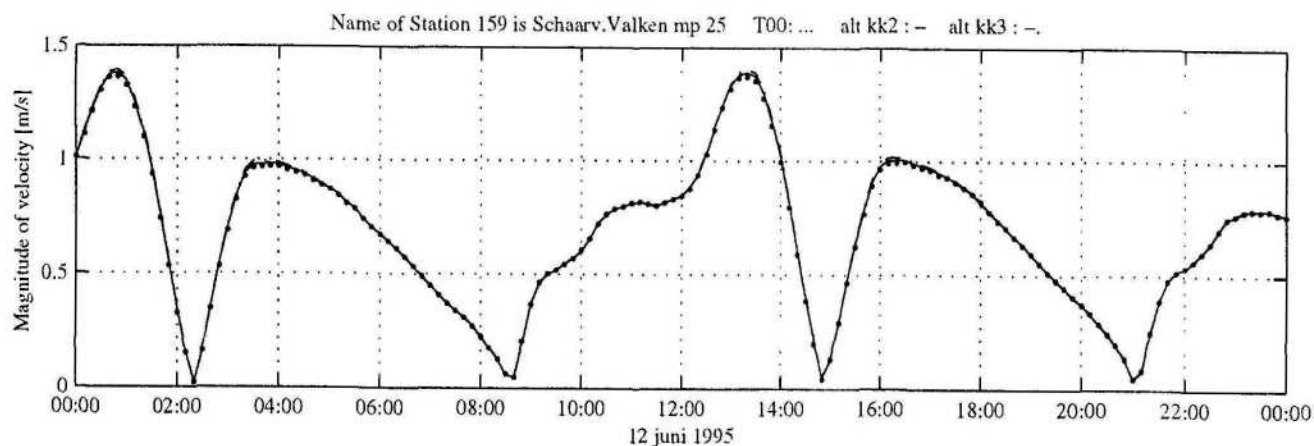


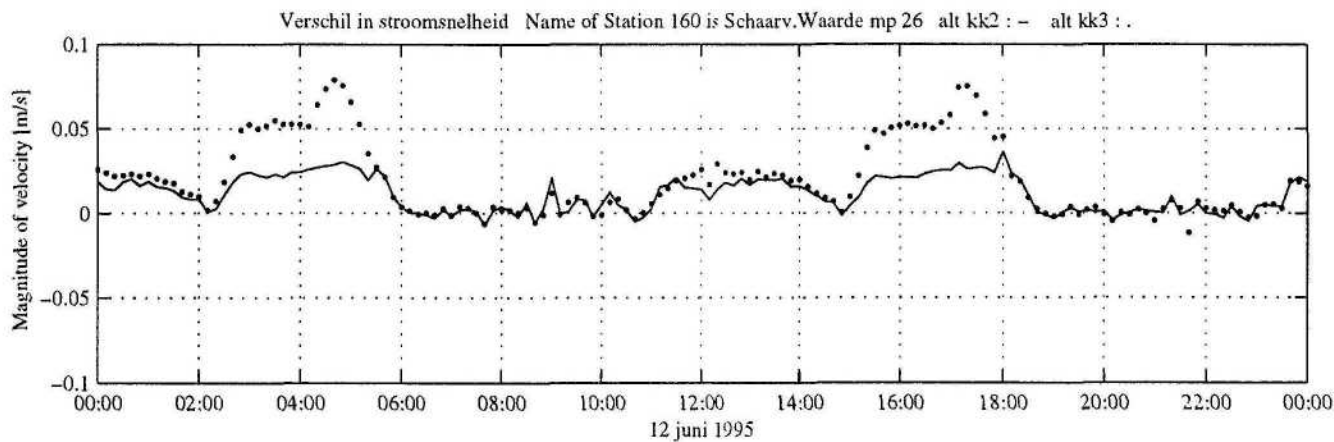
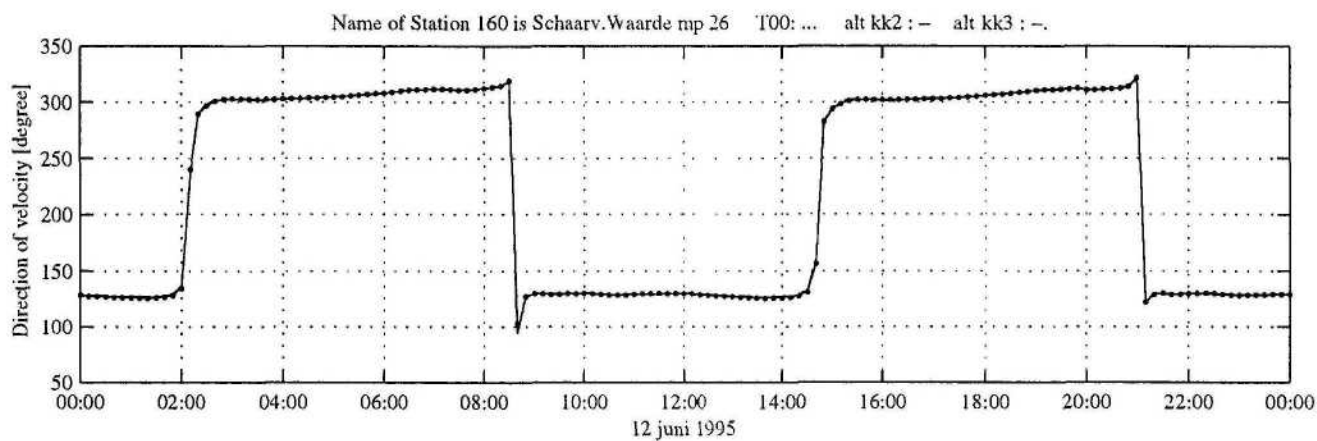
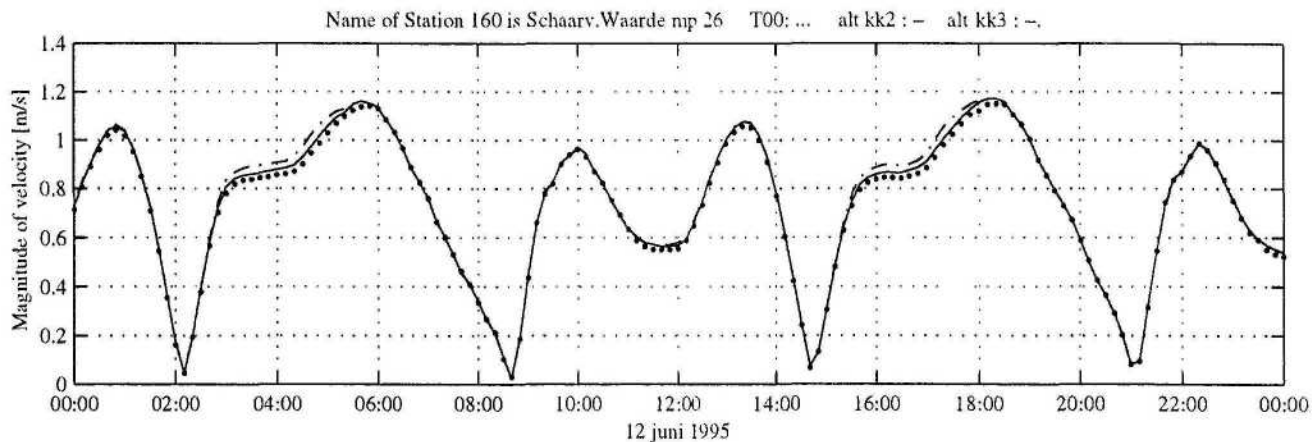






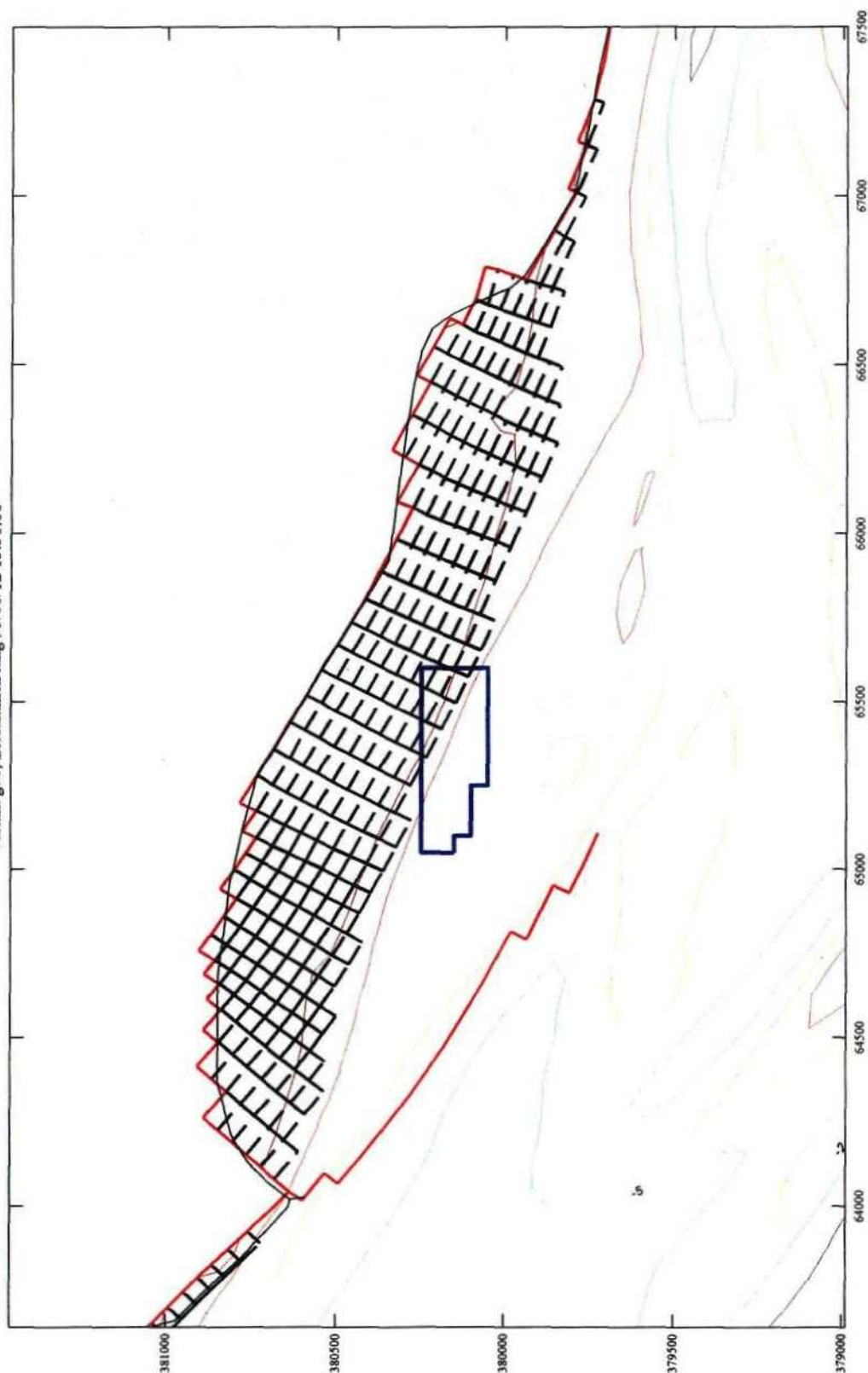


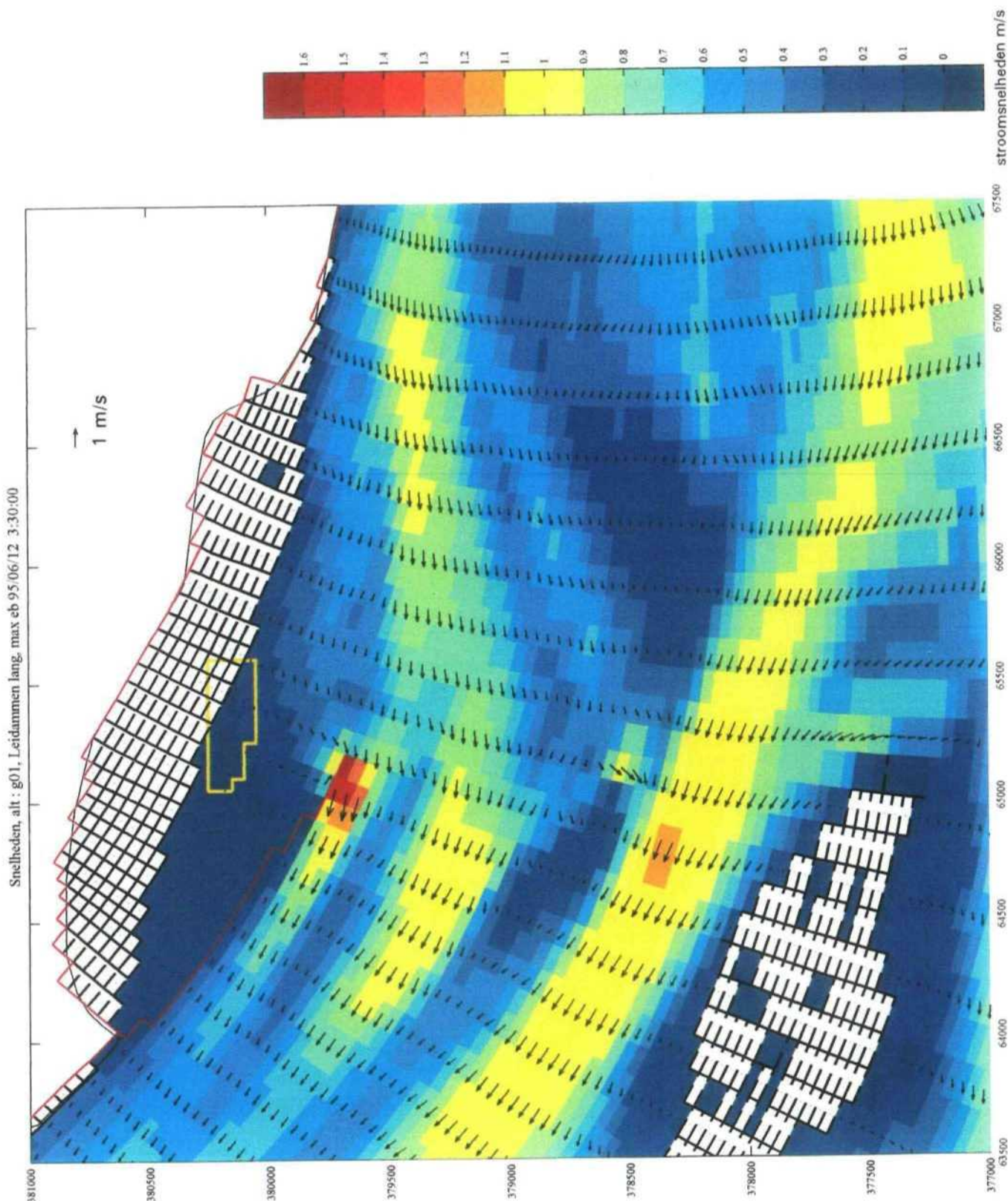




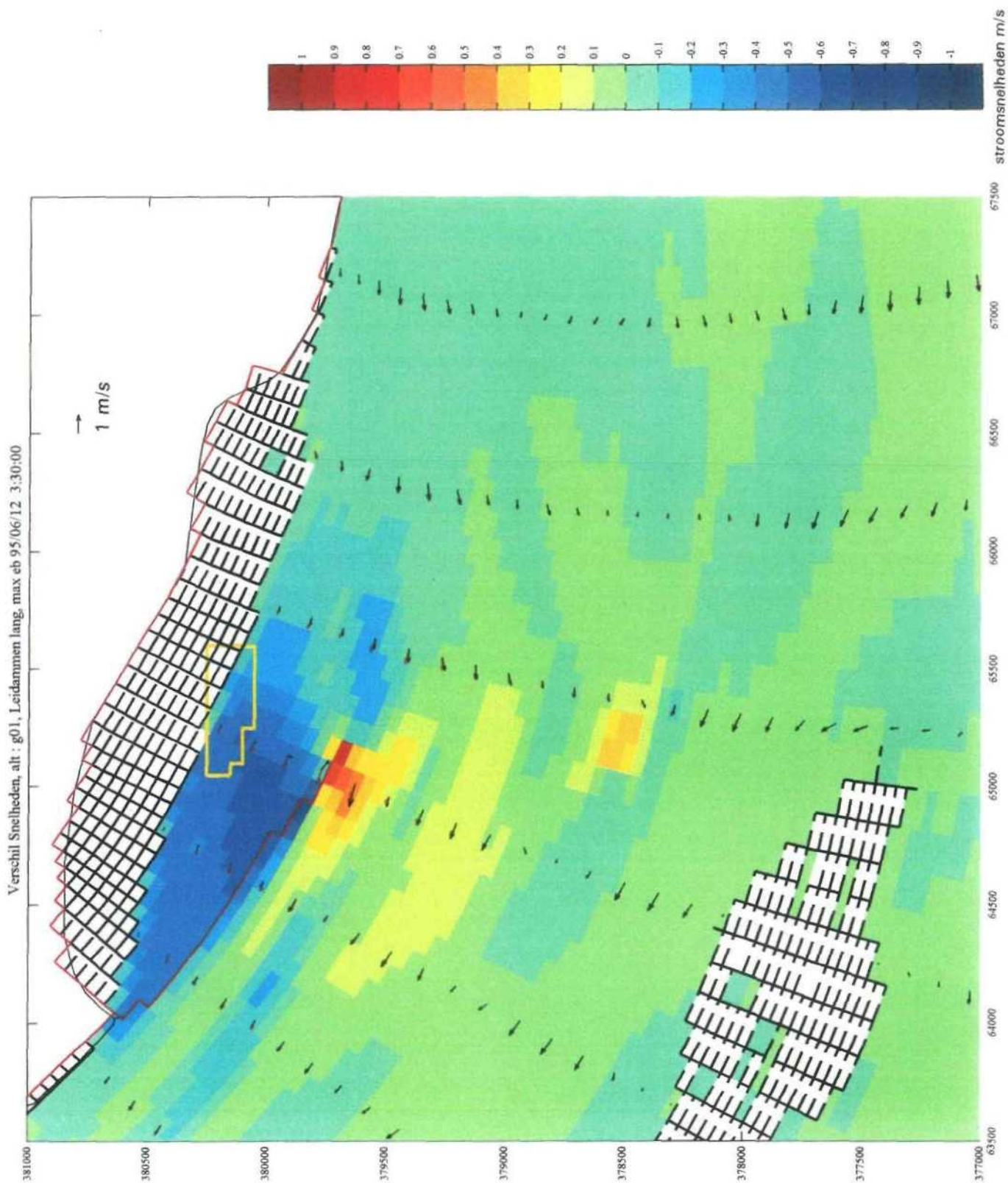


Variant g01, Leidammen lang 95/06/12 13:30:00

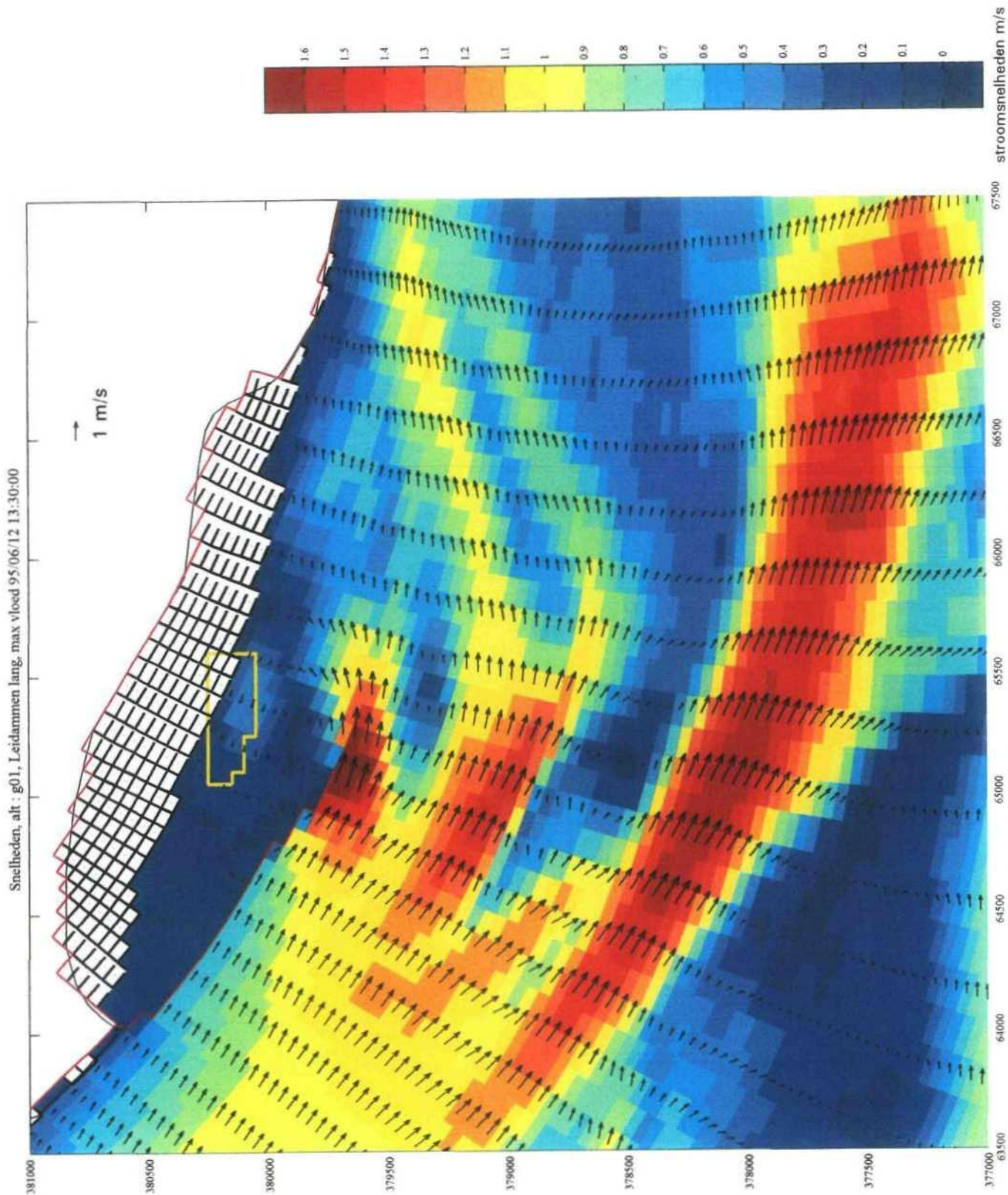


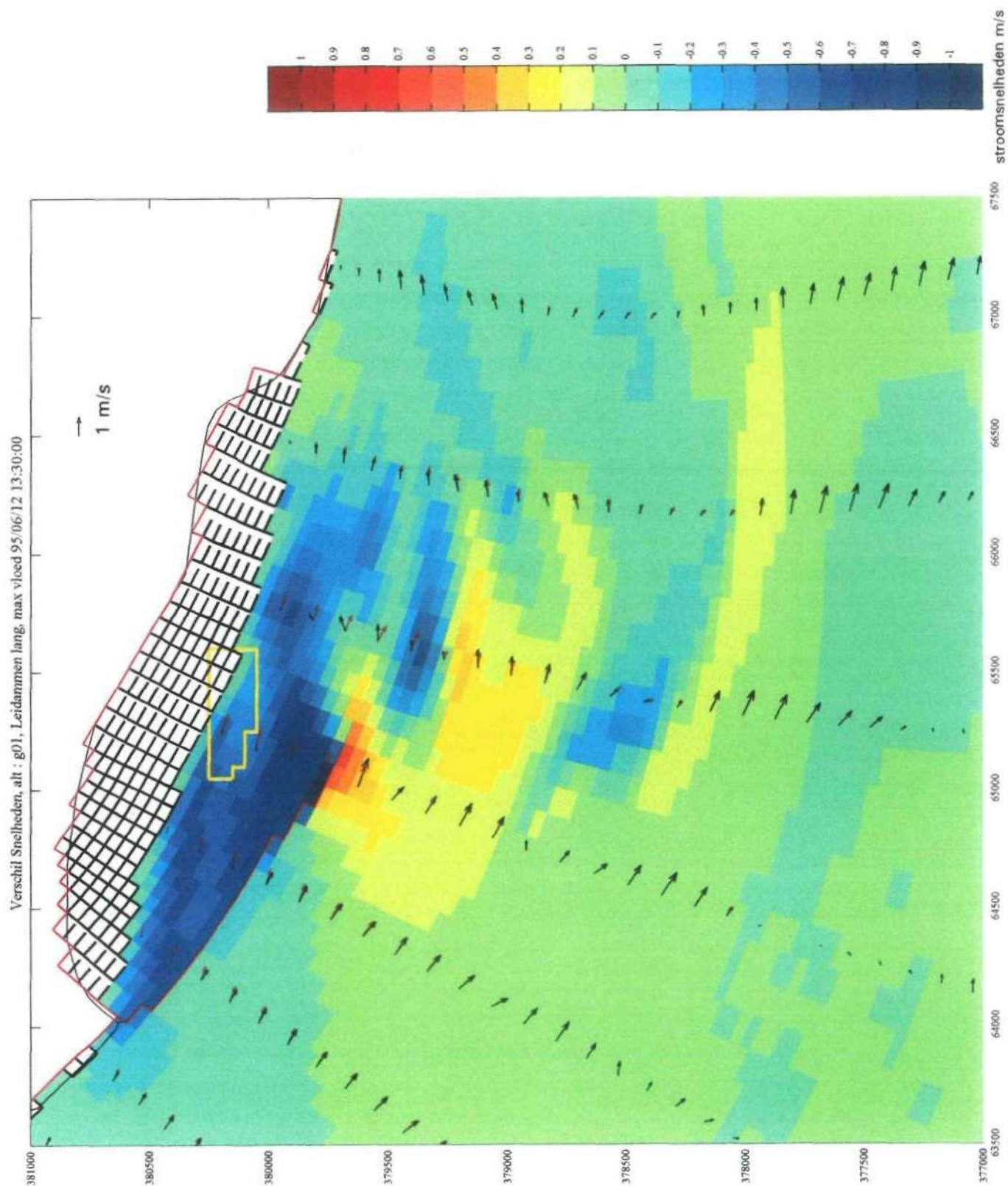






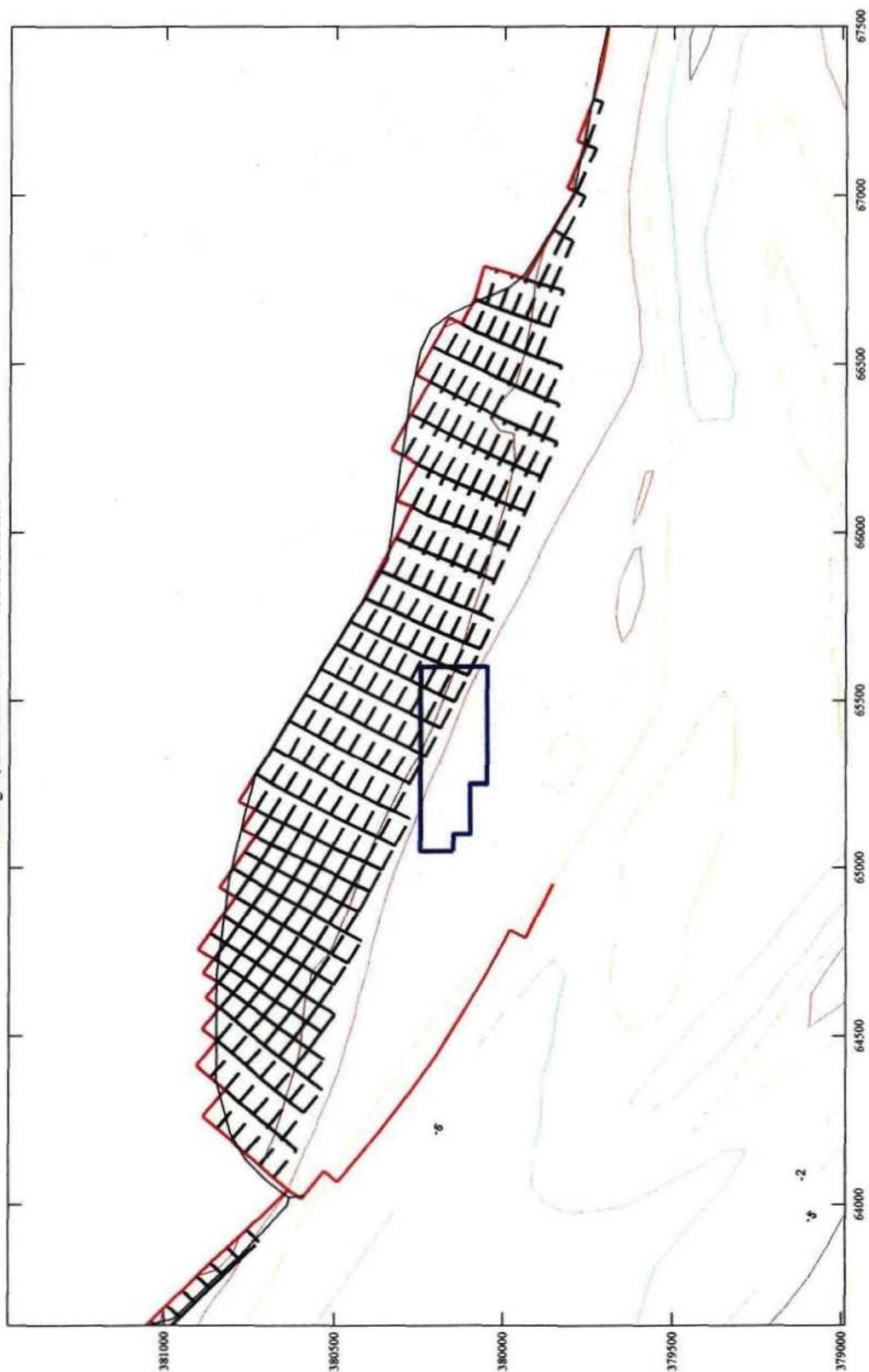




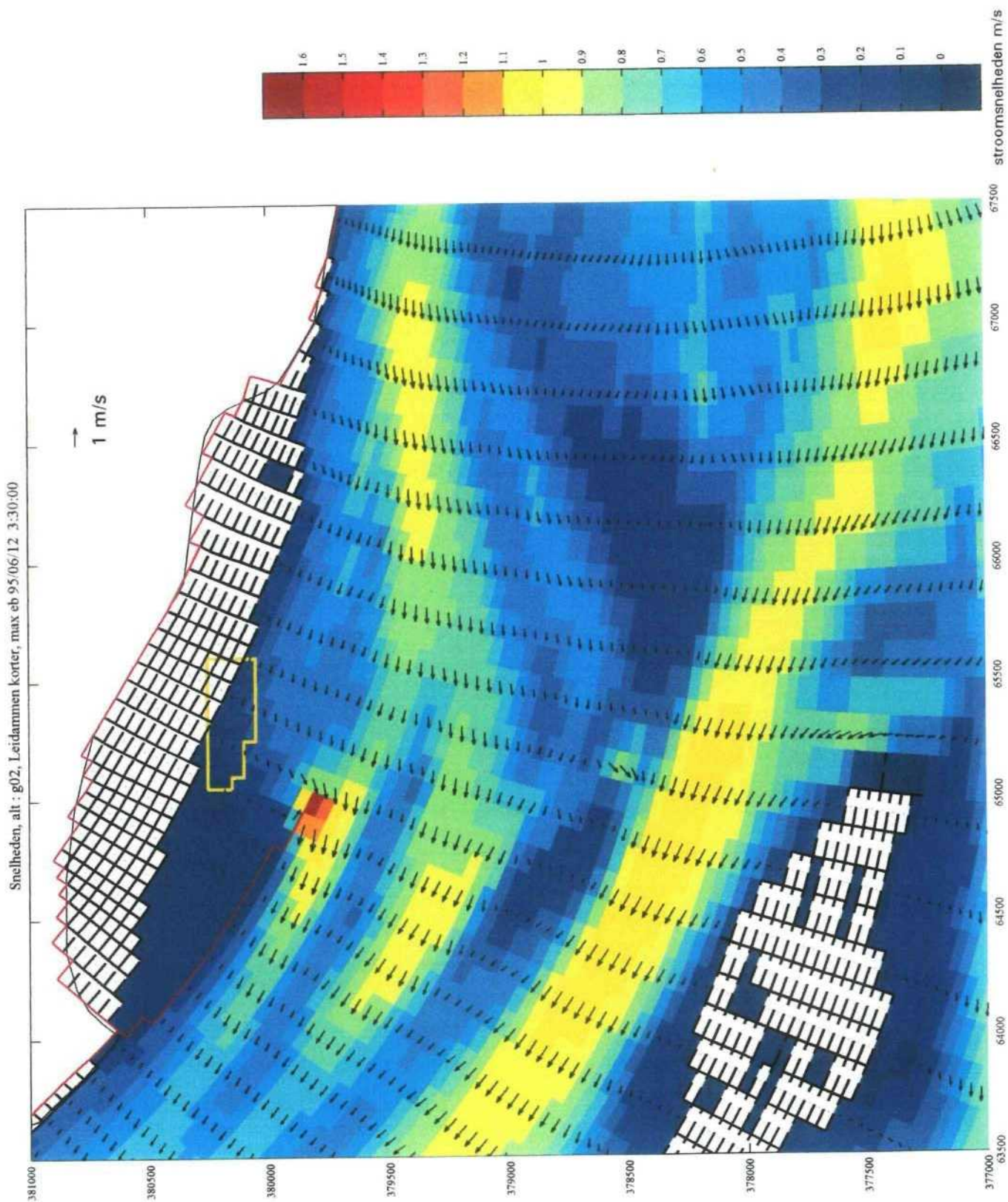




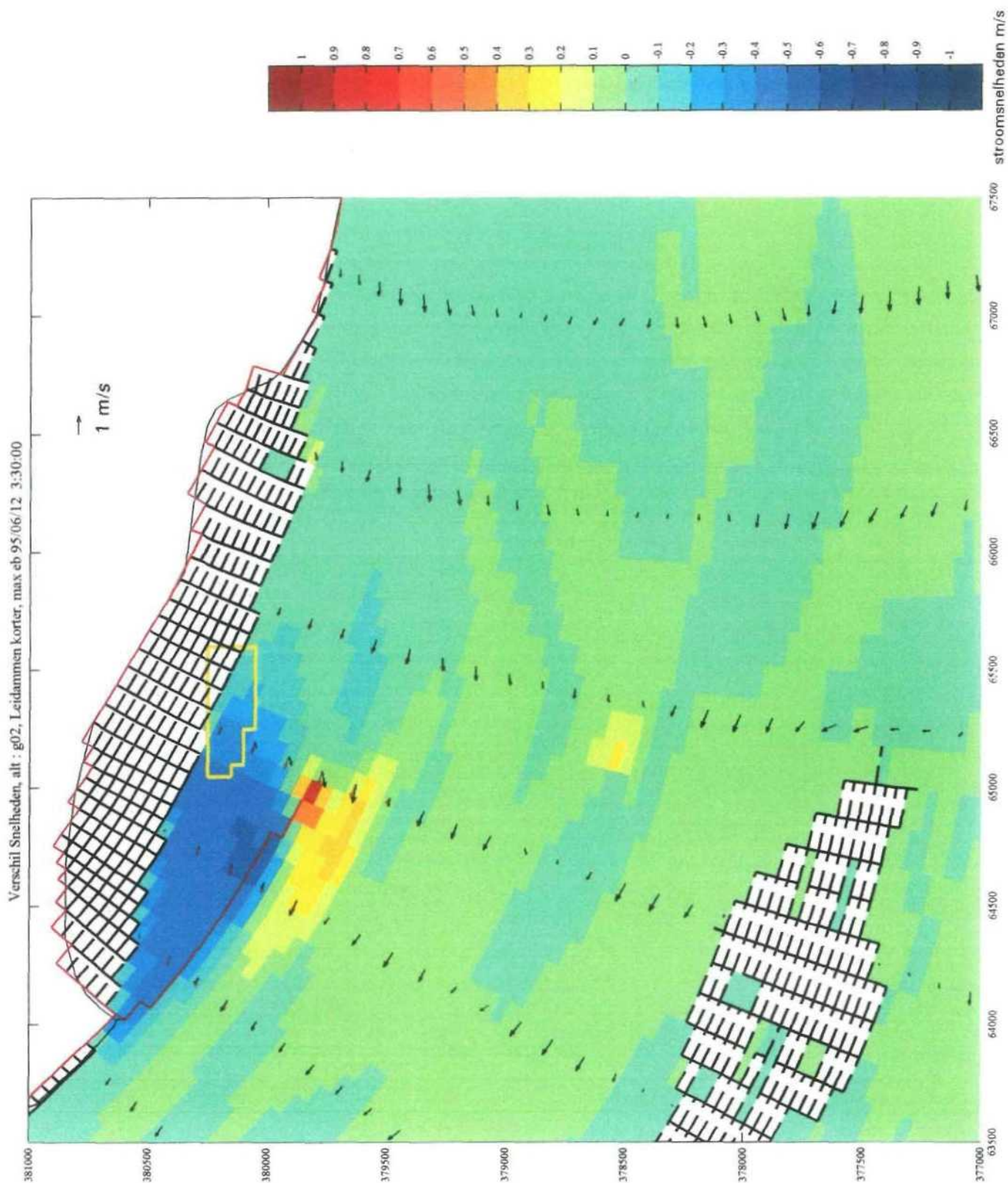
Variant g02, Leidammen korter 95/06/12 13:30:00



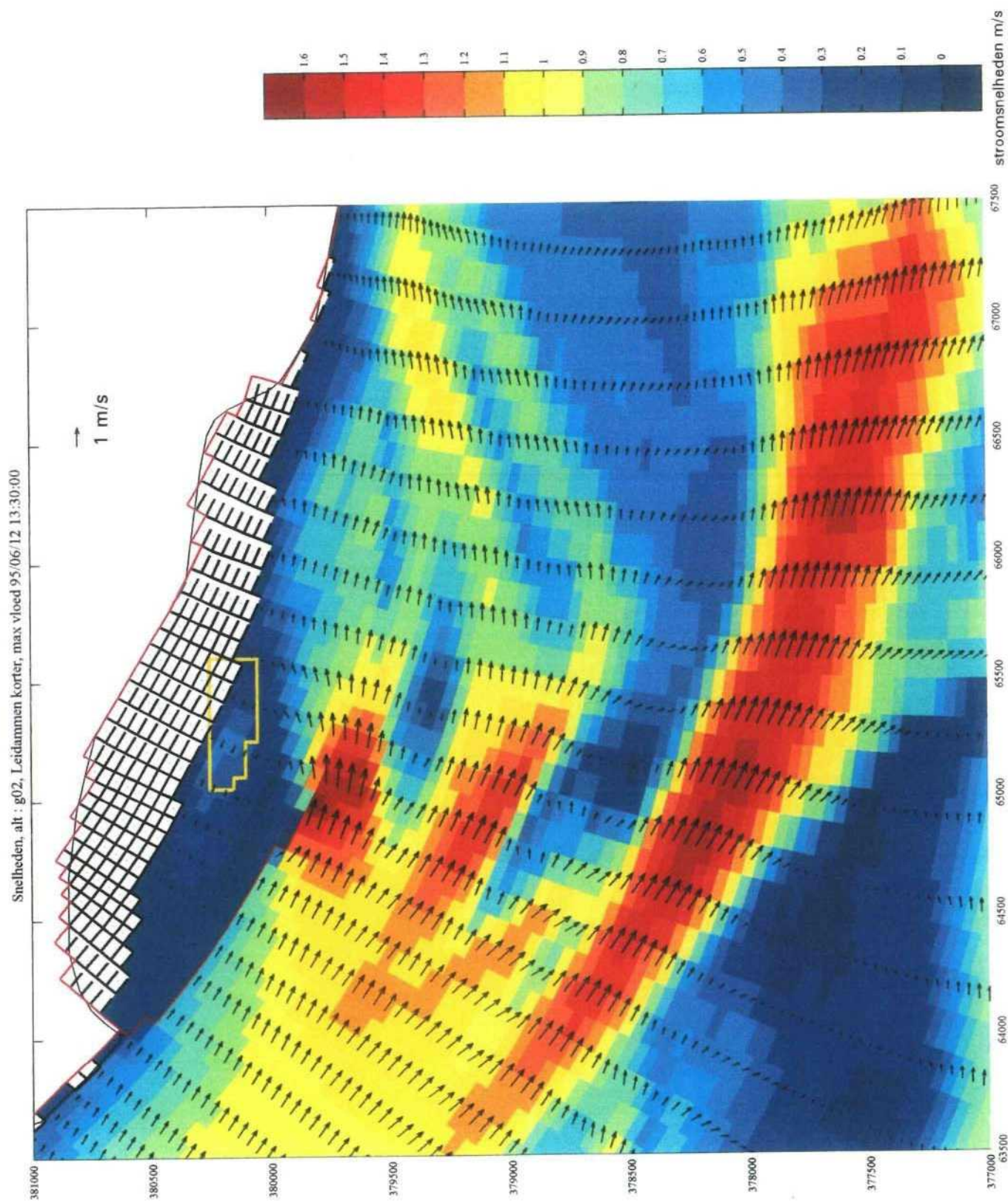




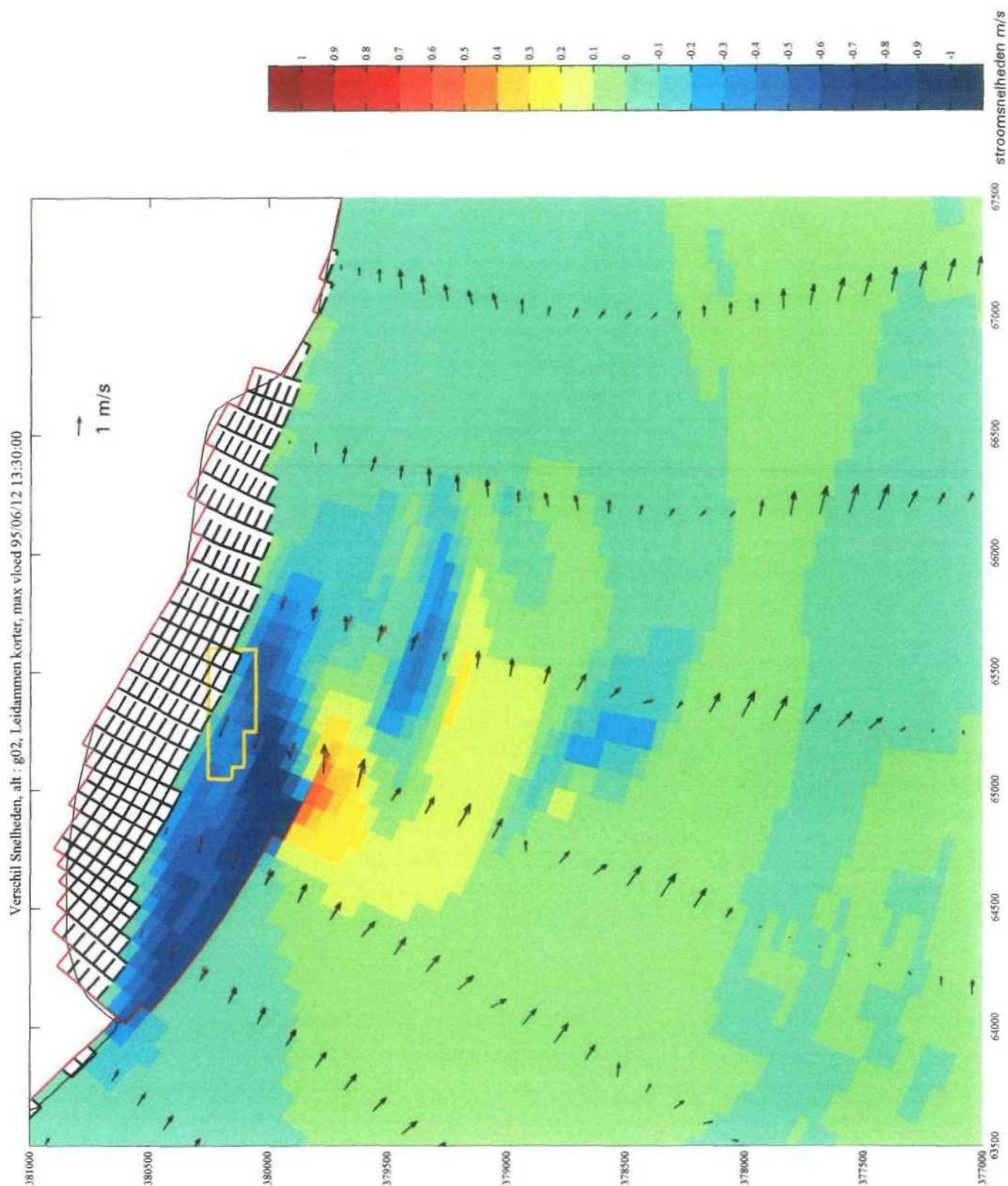




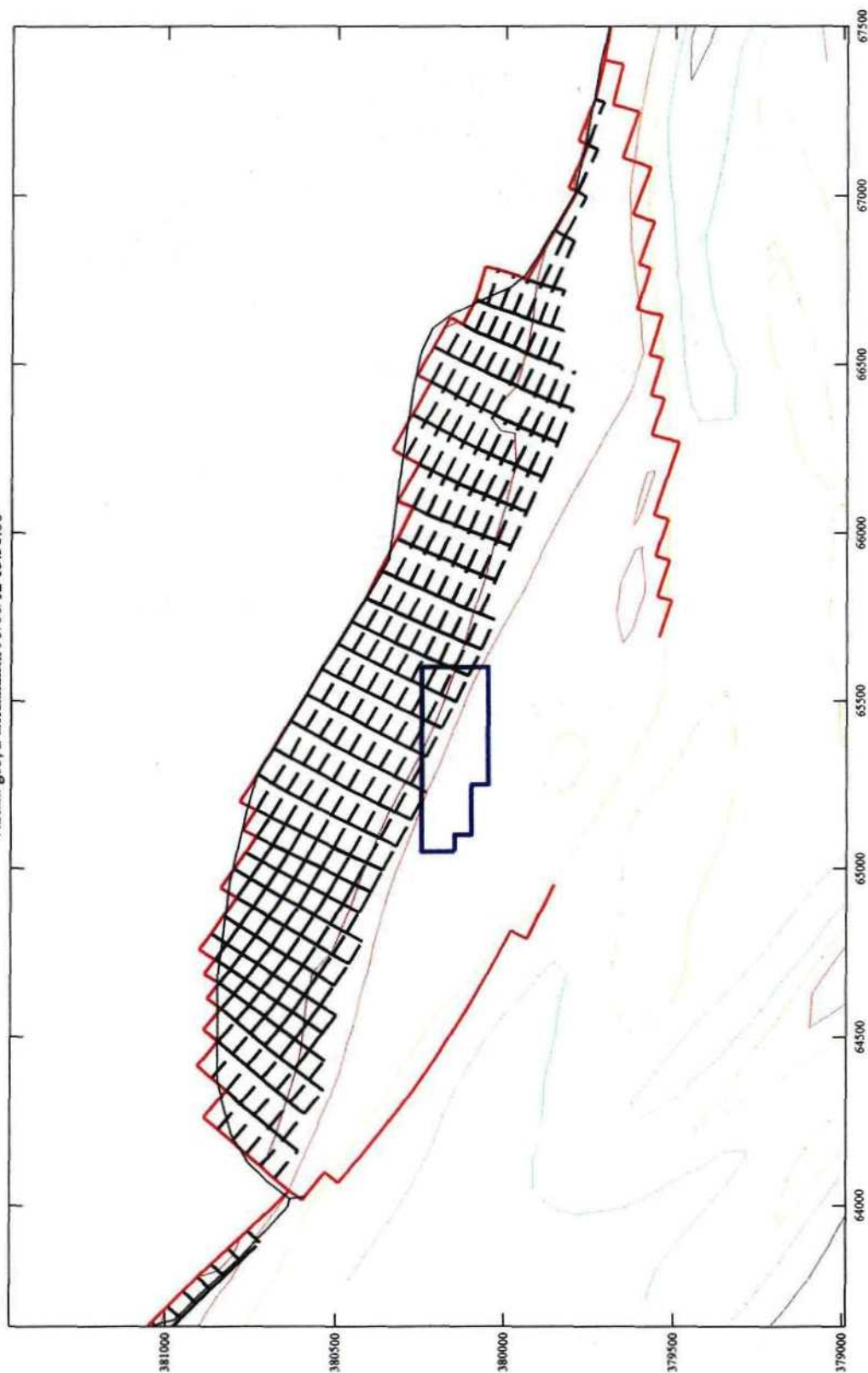








Variant g03, 2 Leidammen 95/06/12 13:30:00



Layout alt g03, 2 Leidammen

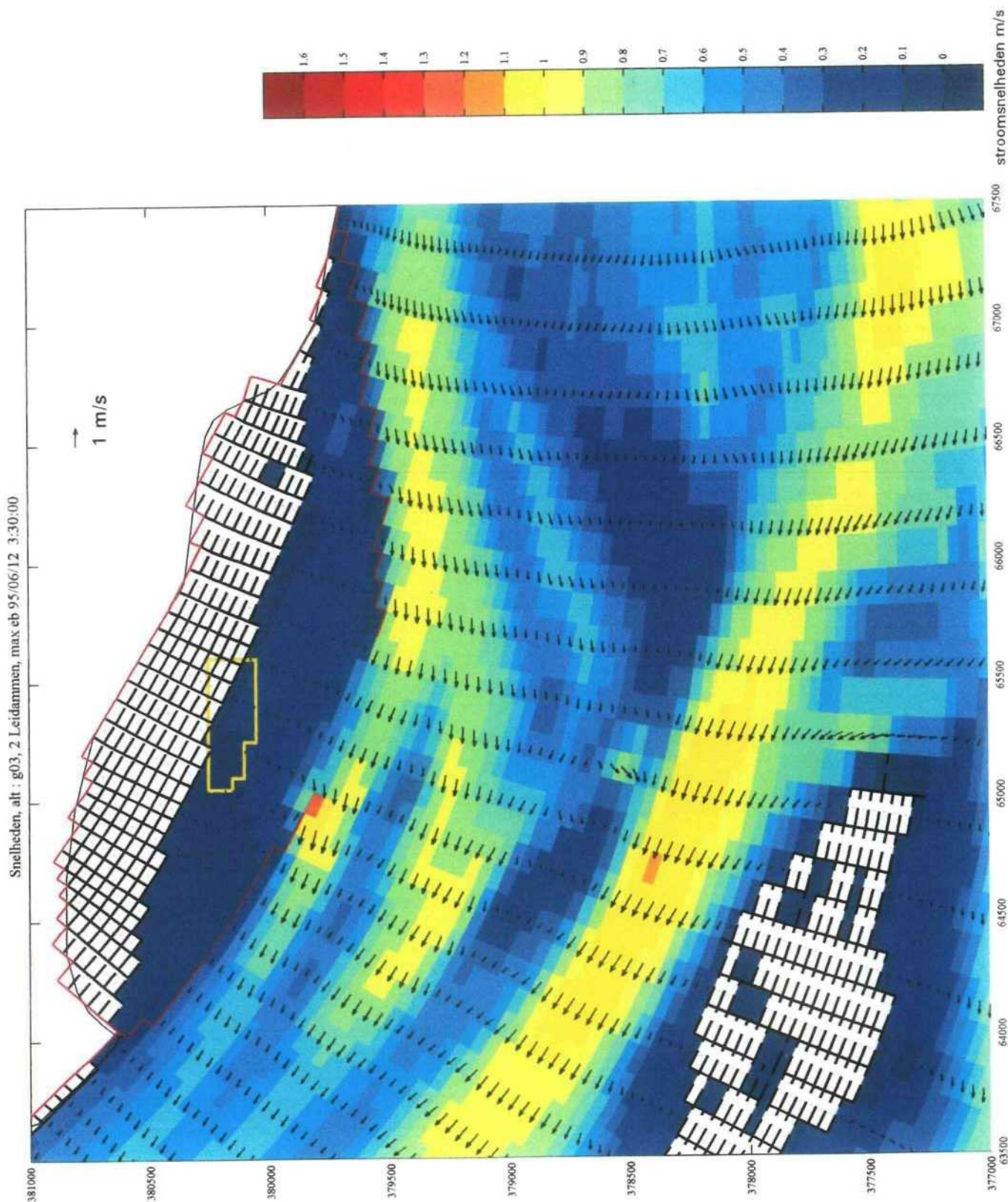
FIGUUR 3.11.1

1213

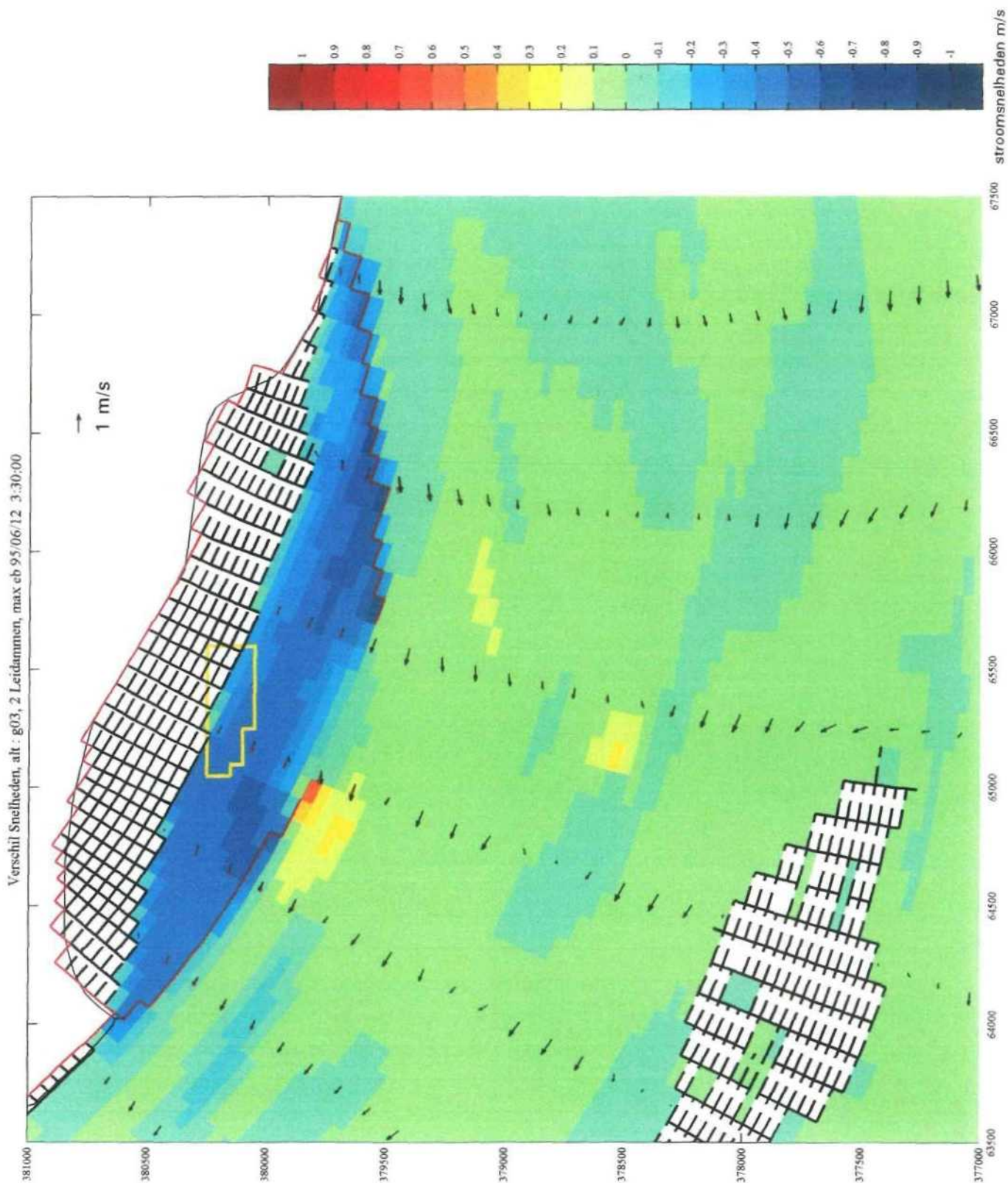
Modelsimulaties NCP Westerschelde

01-Dec-2001

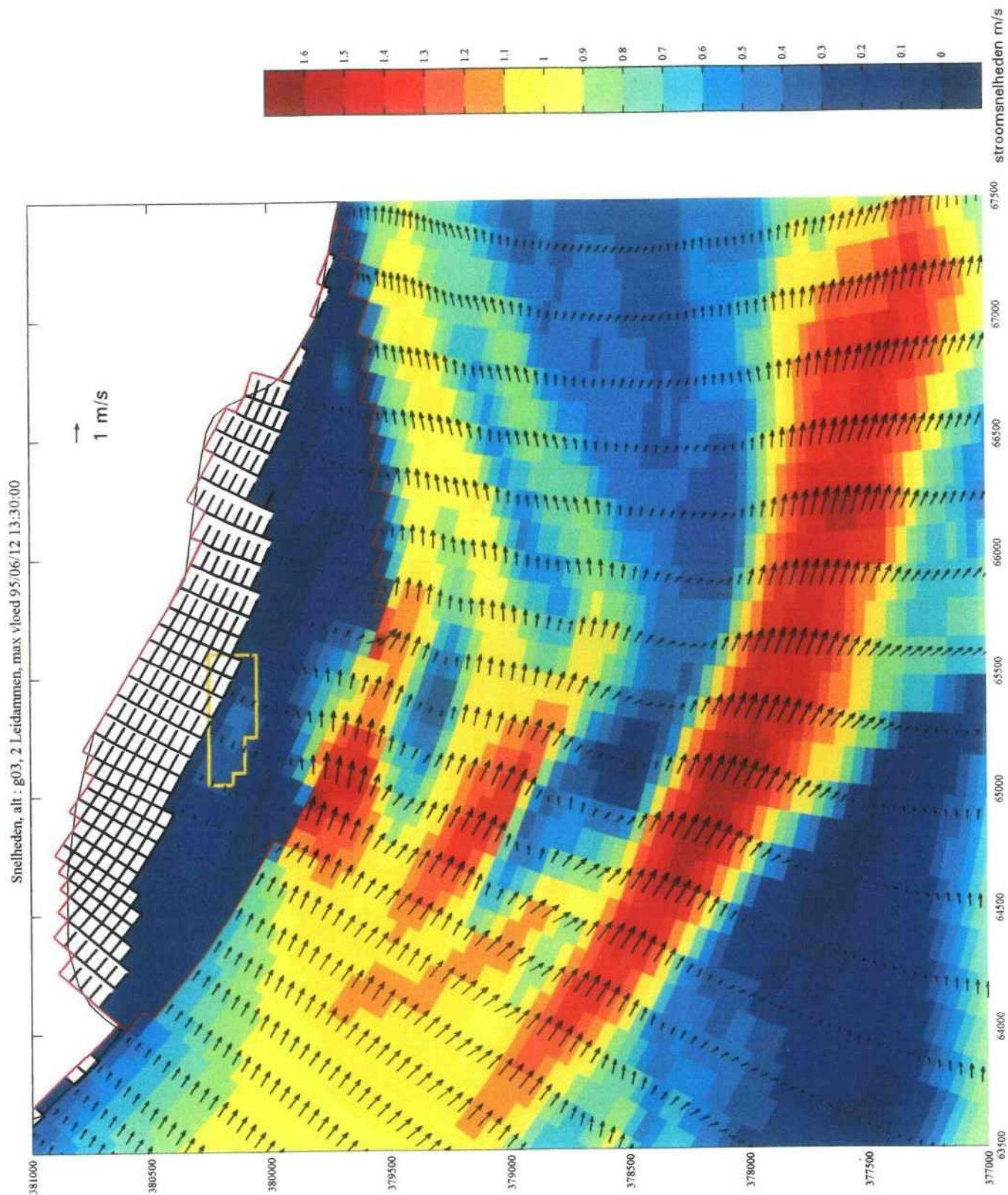


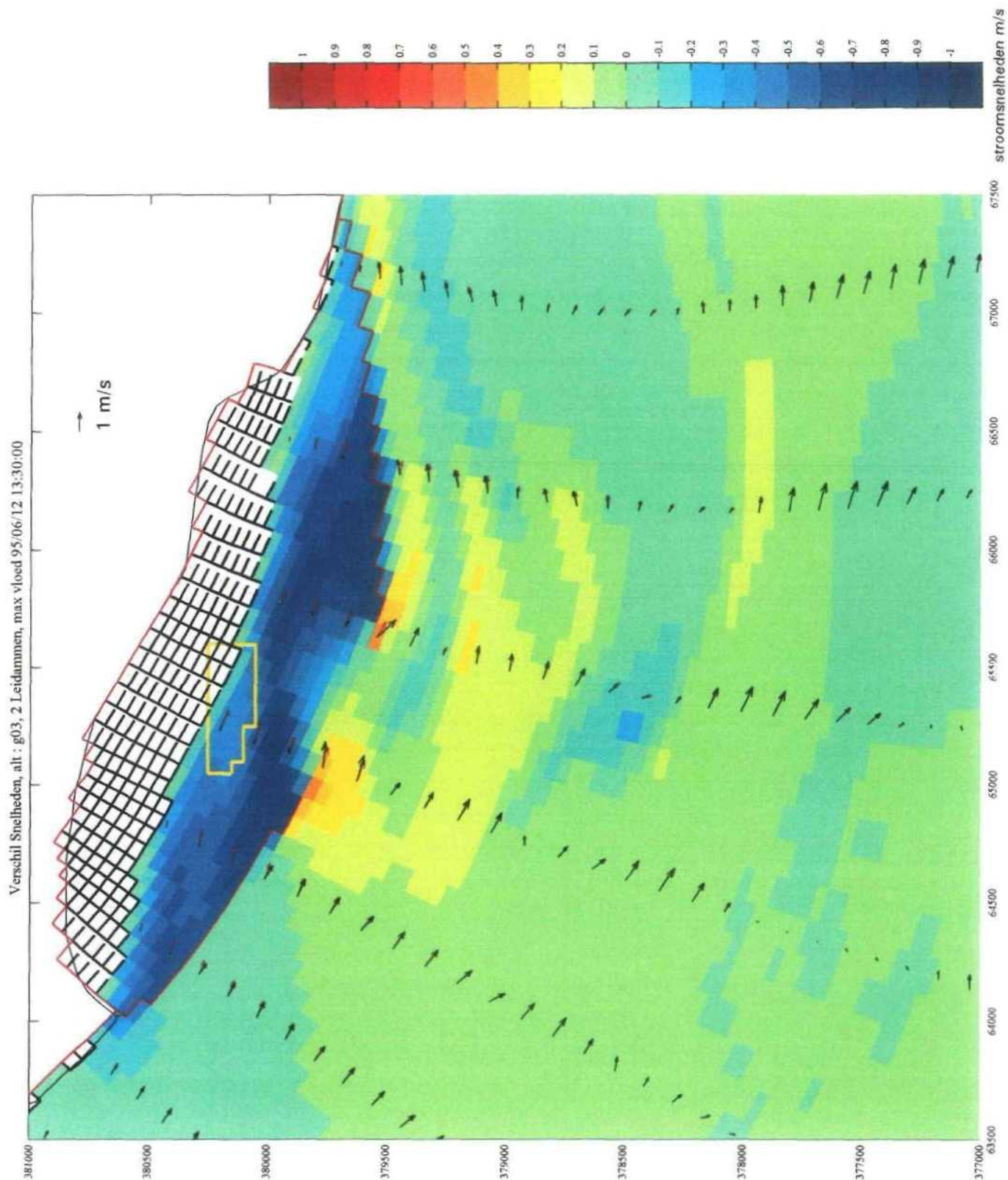






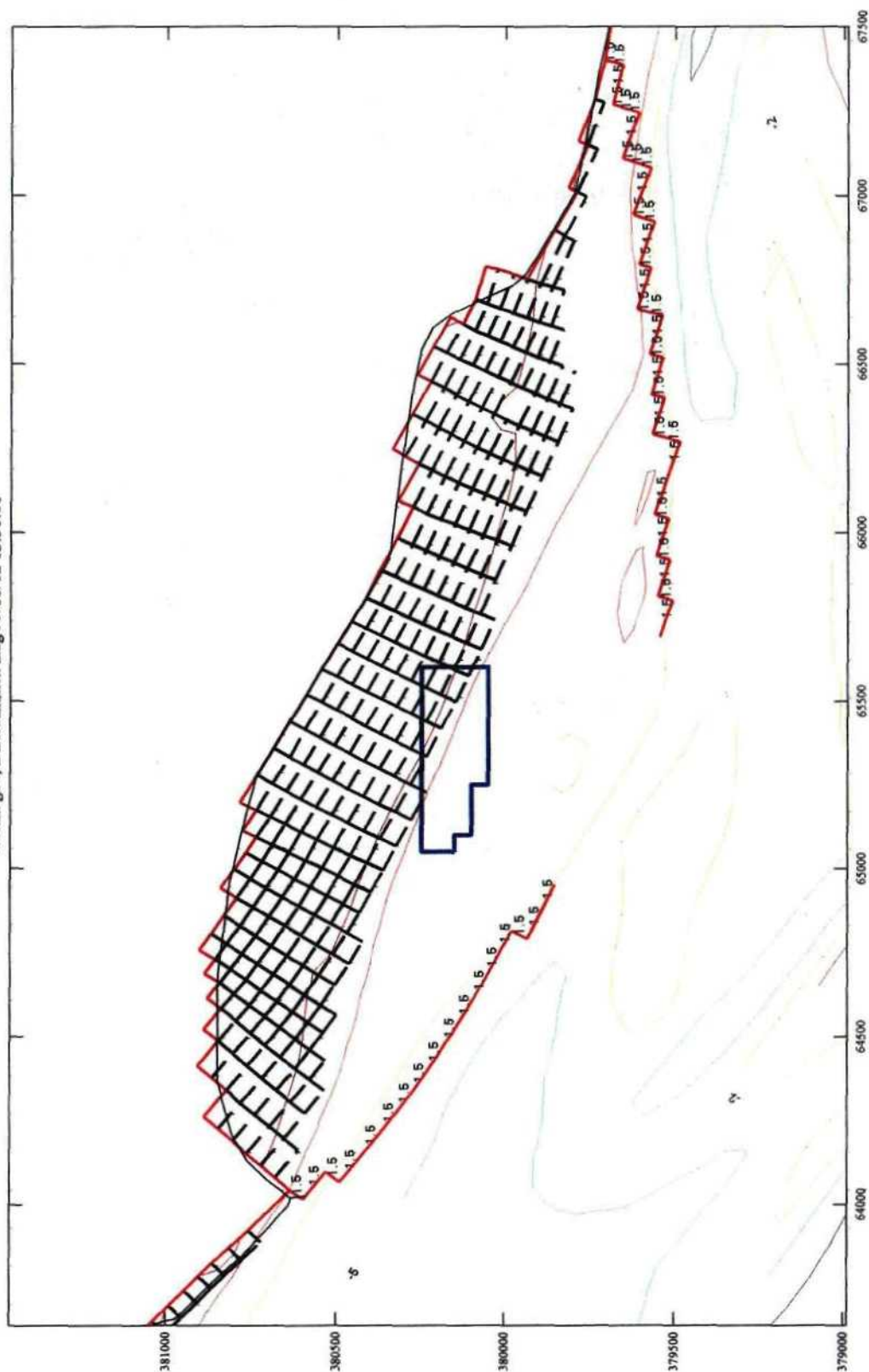








Variant g04, 2 Leidammen laag 95/06/12 13:30:00



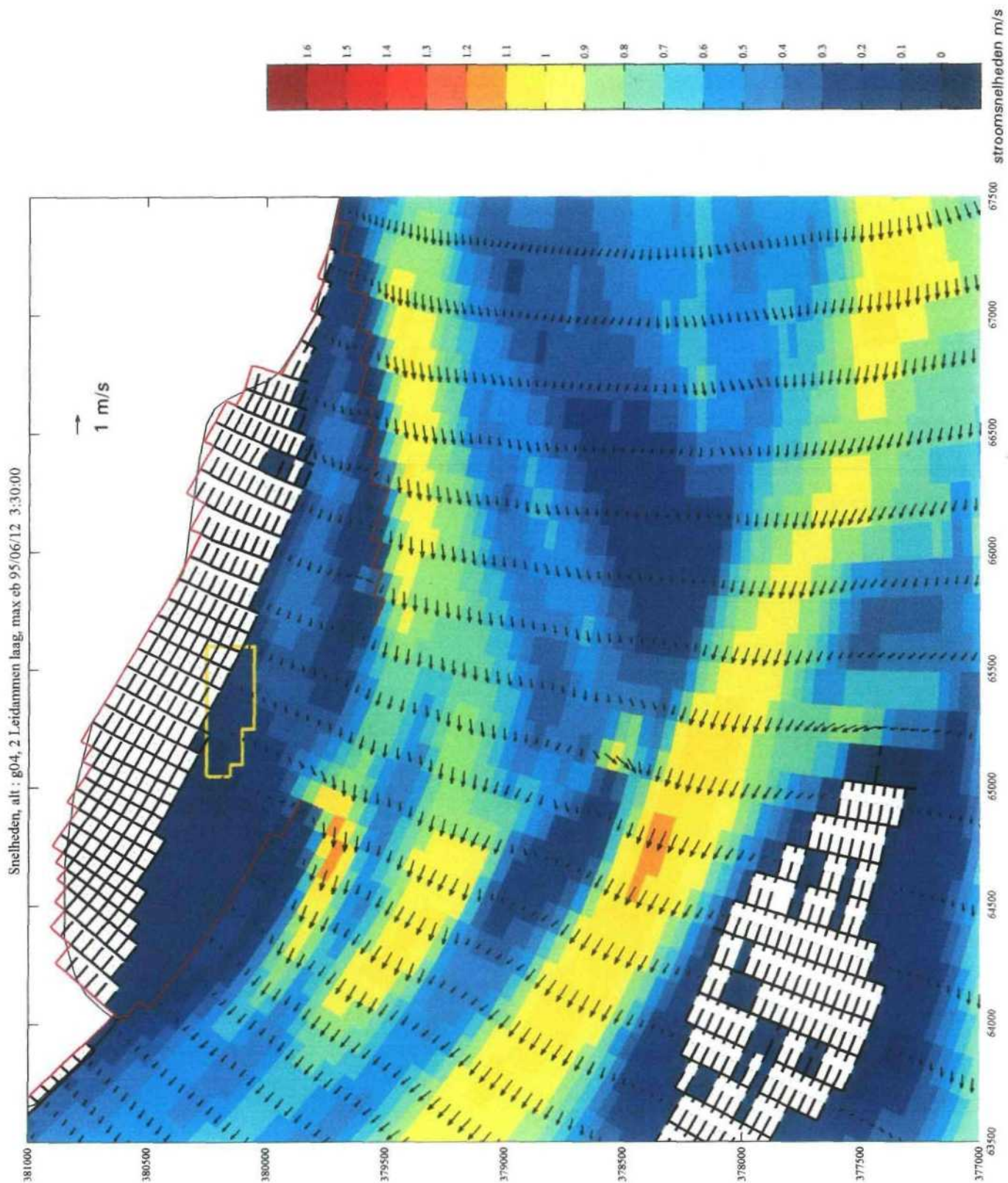
Layout alt g04, 2 Leidammen laag

Modelsimulaties NCP Westerschelde

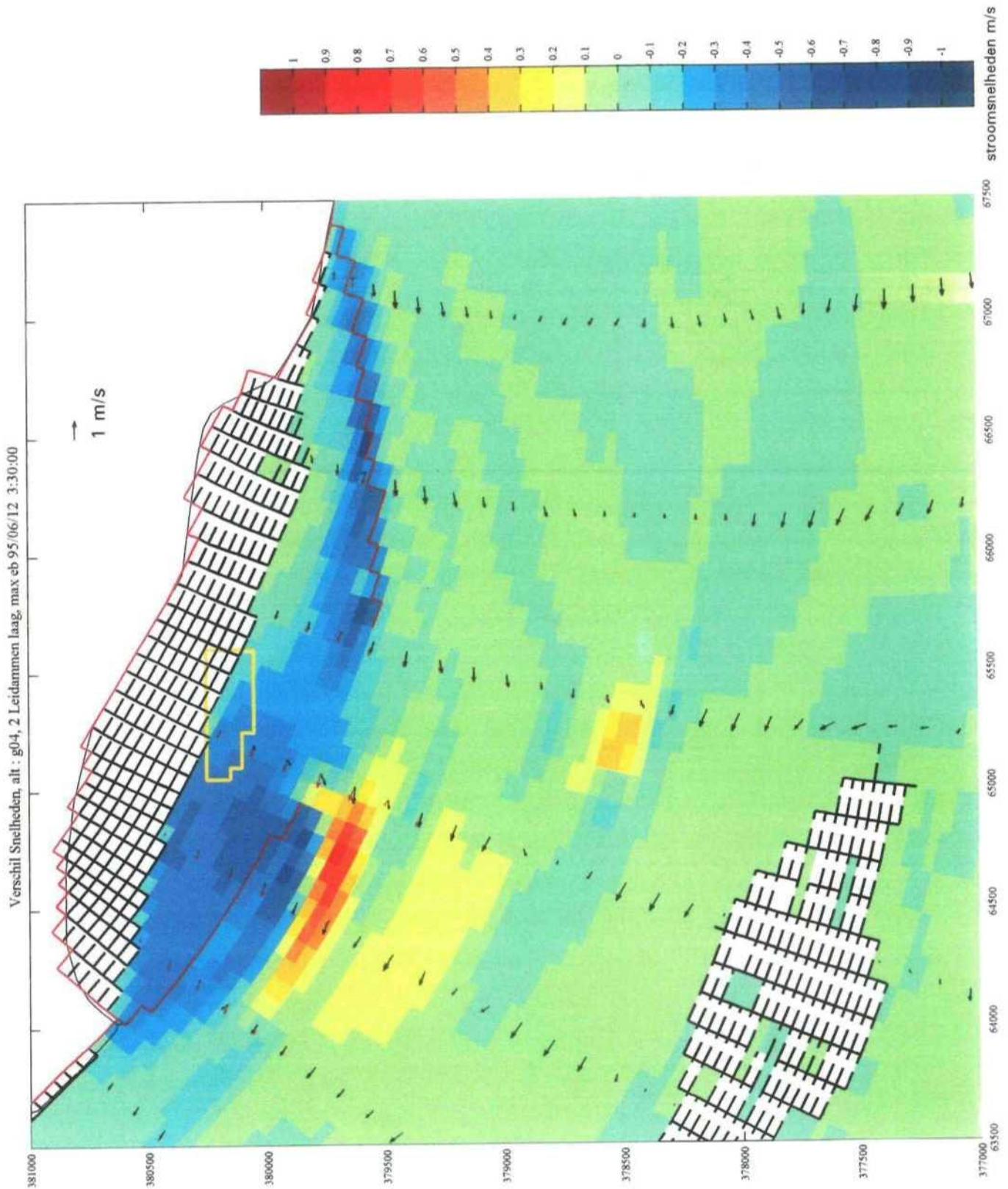
FIGUUR 3.12.1

1213

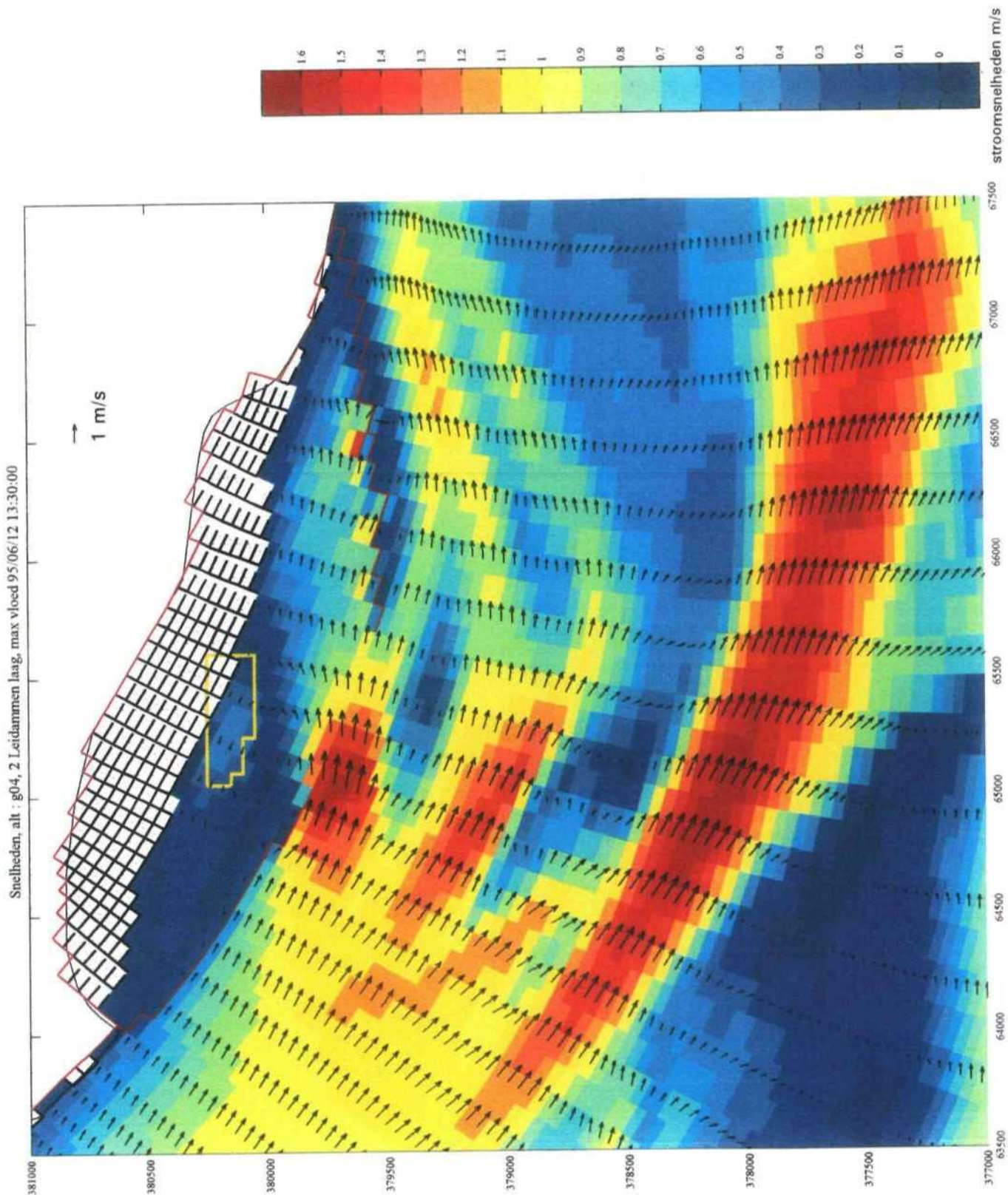
01-Dec-2001

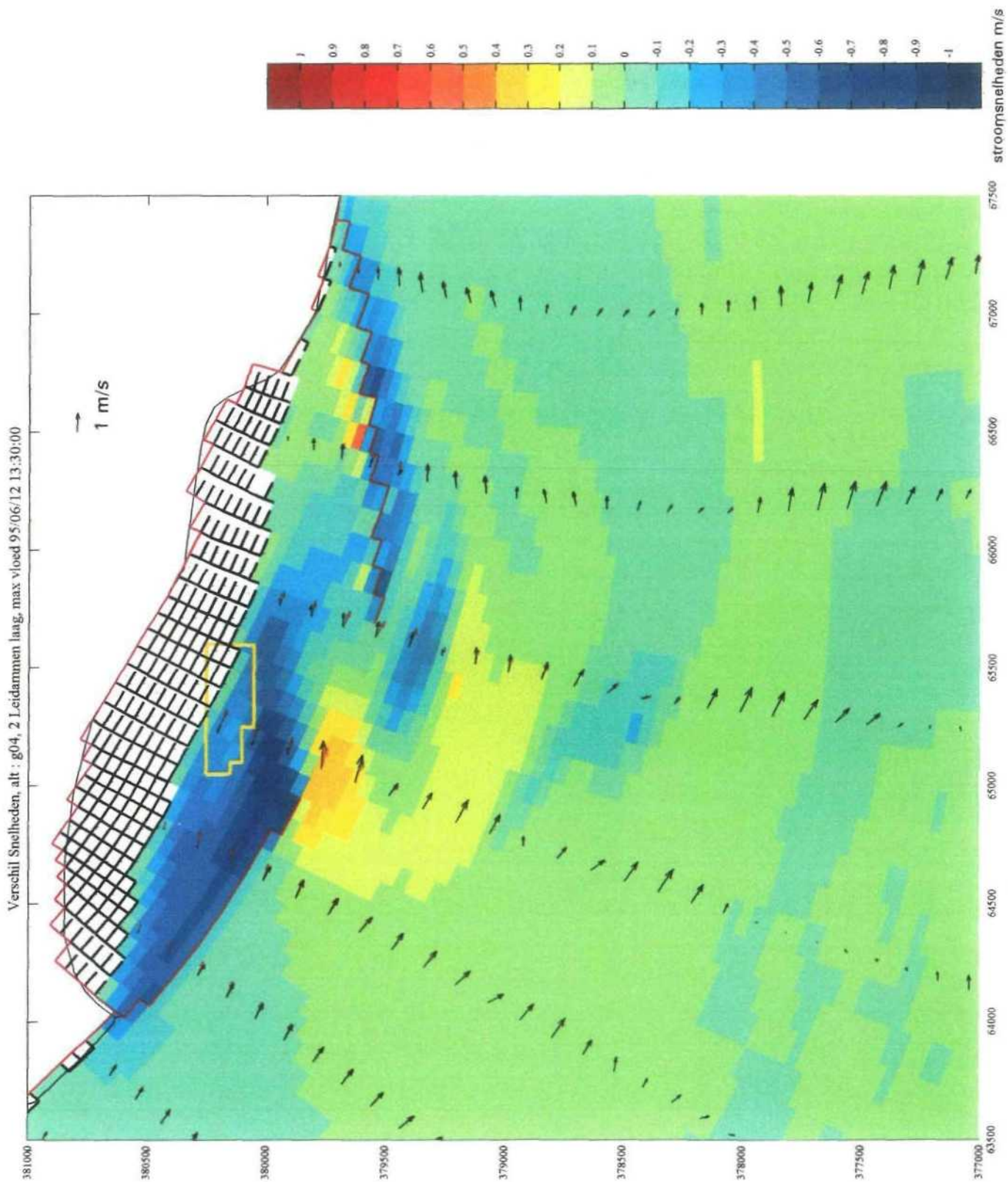






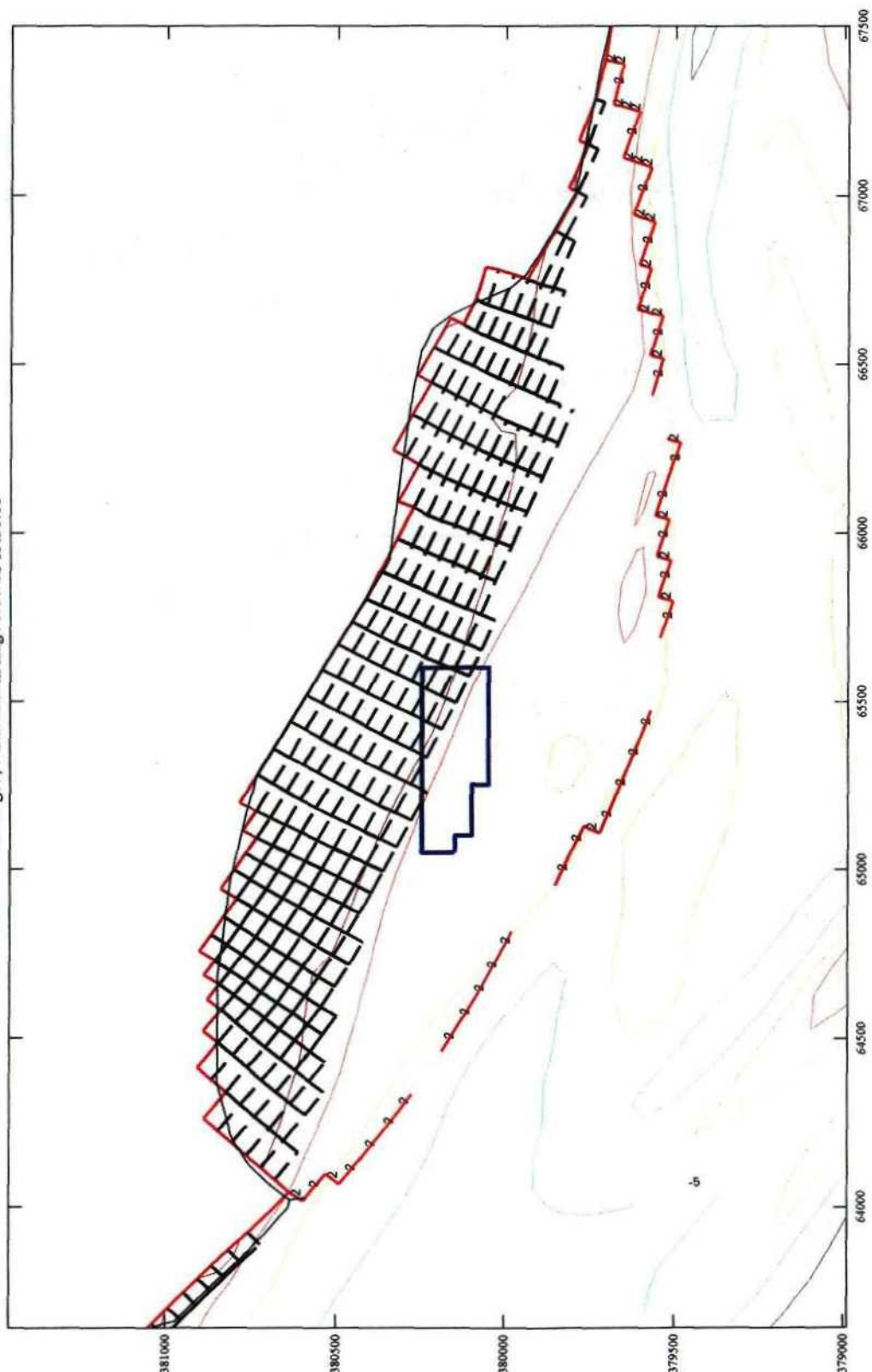




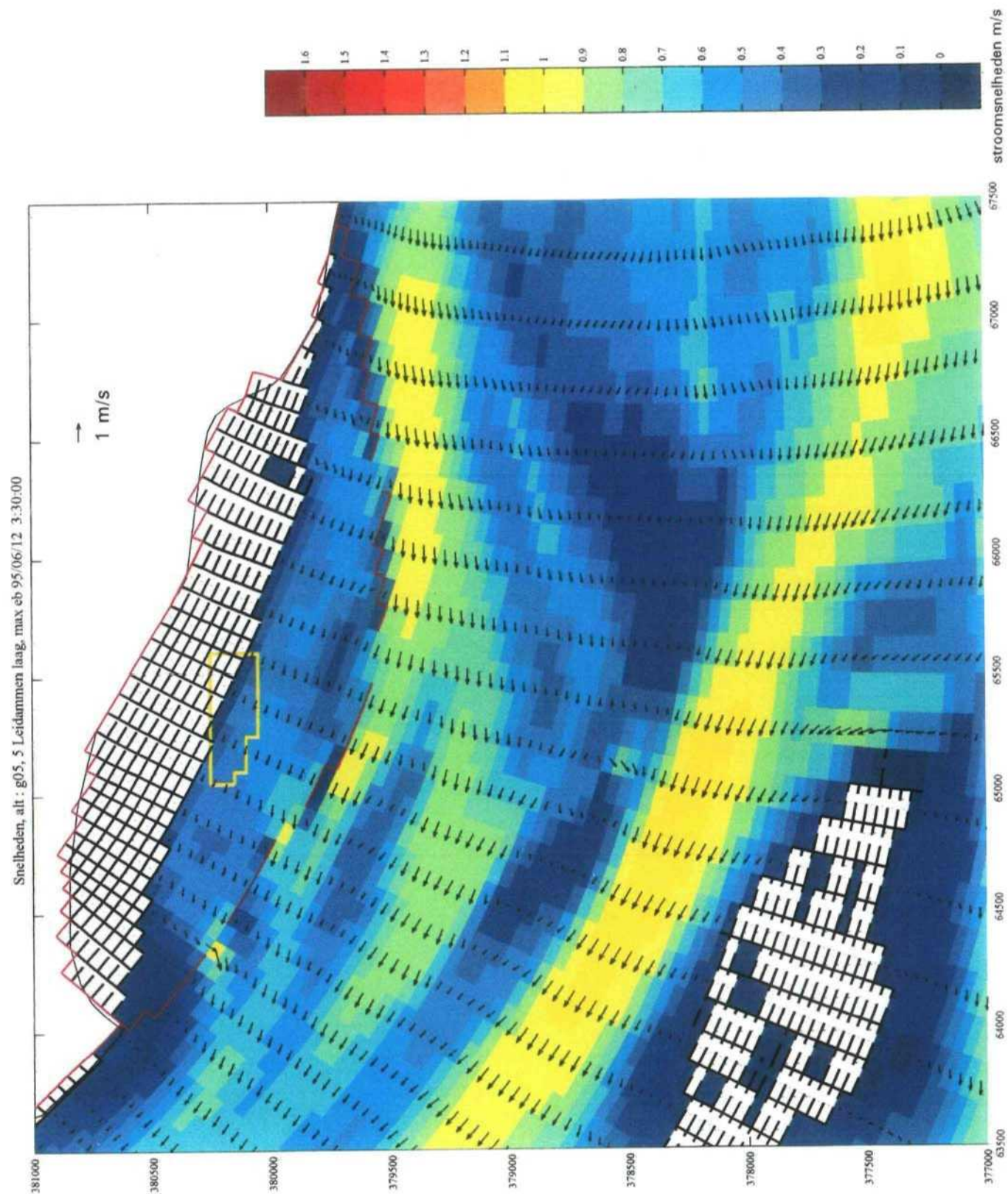




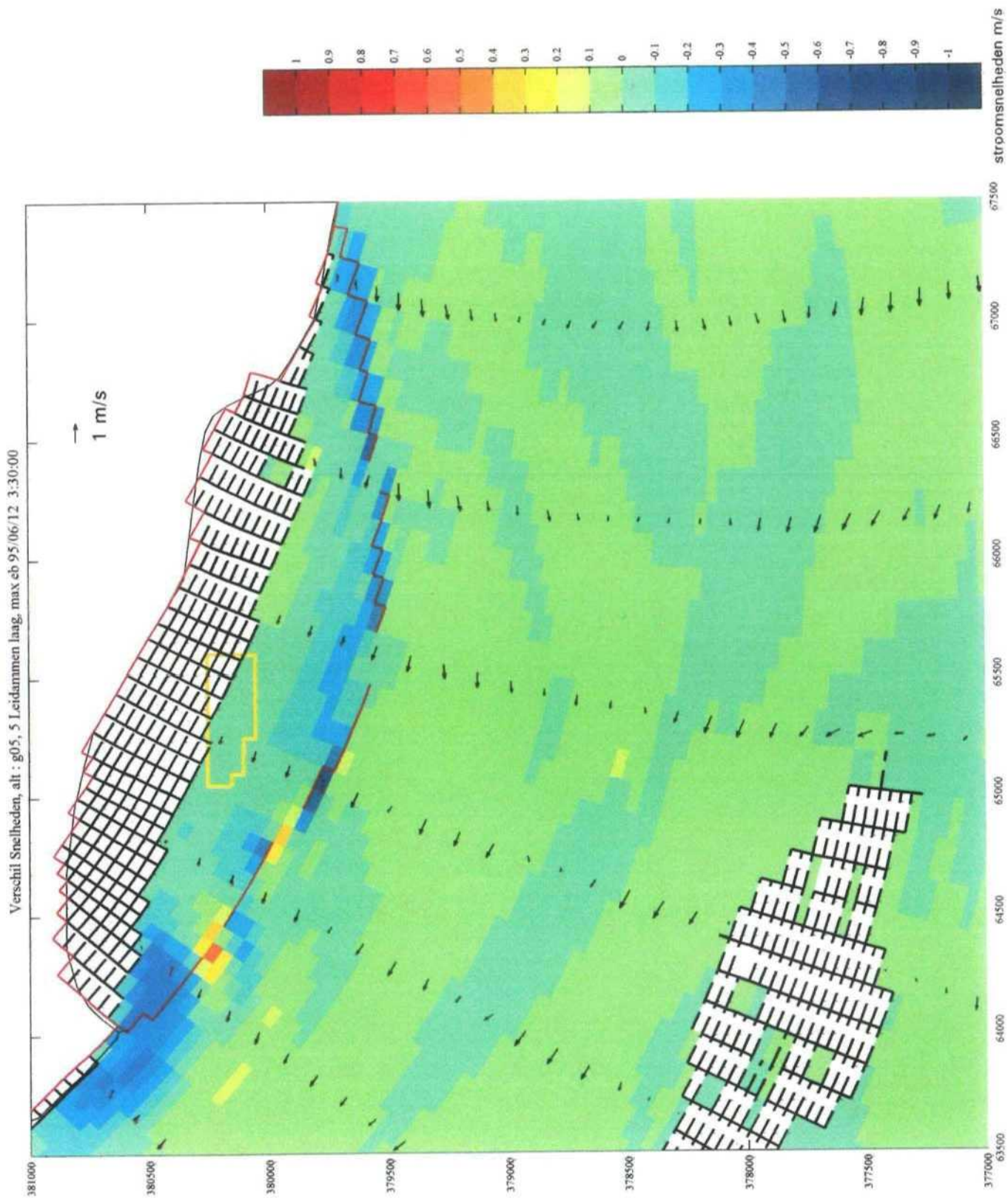
Variant g05, 5 Leidammen laag 95/06/12 13:30:00



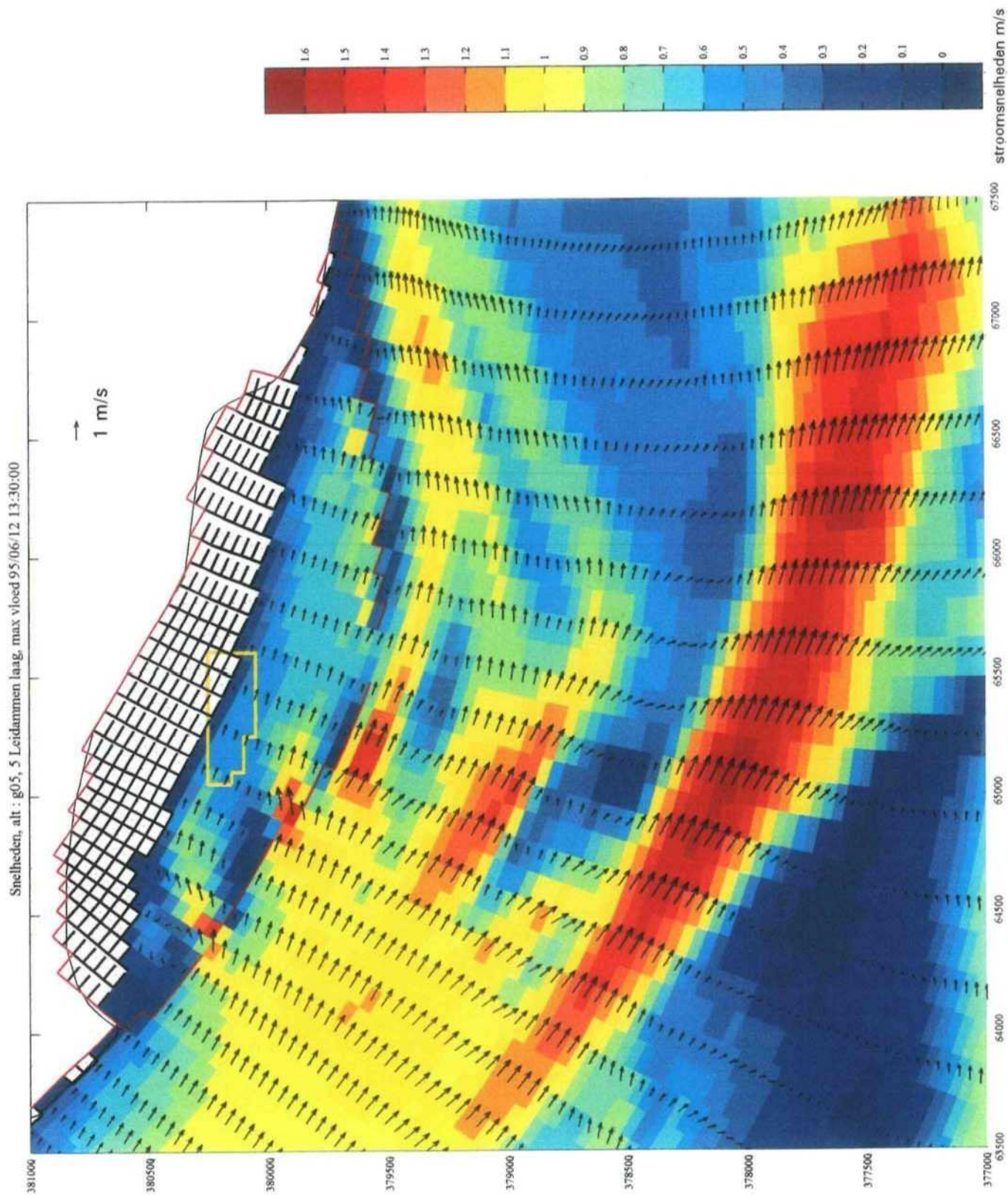




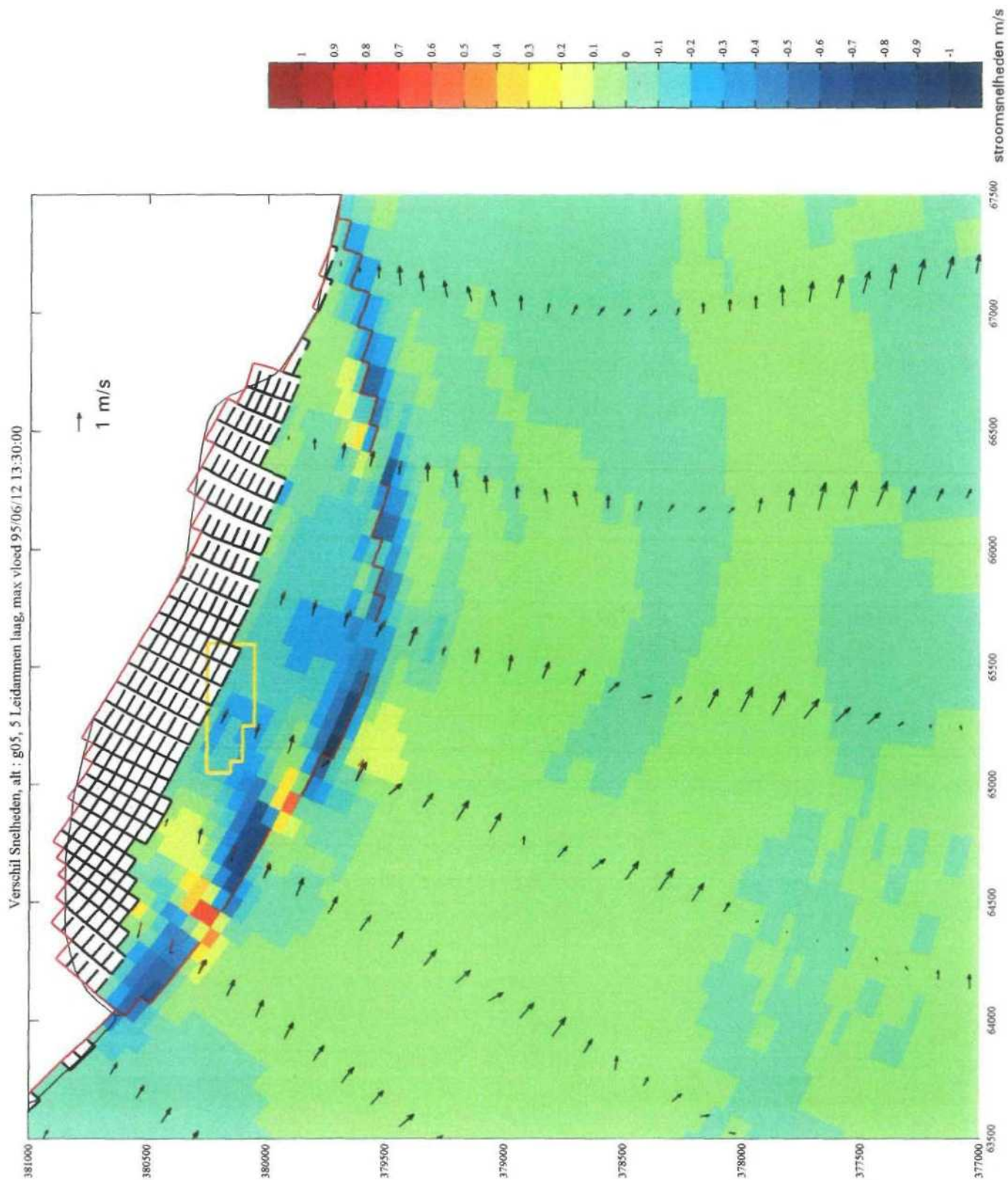




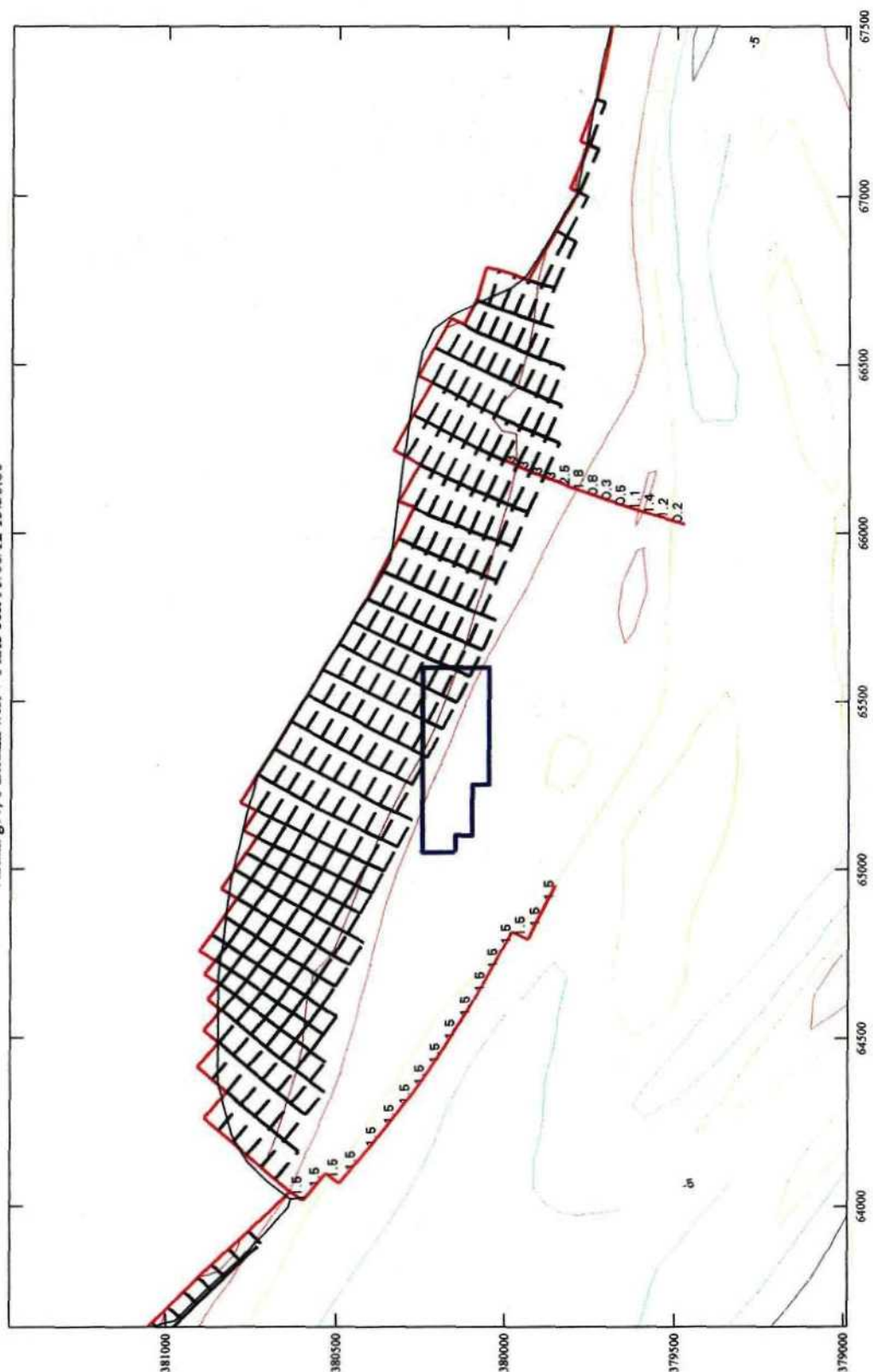








Variant g06, 1 Leidam west + 1 krib oost 95/06/12 13:30:00



Layout alt g06, 1 Leidam west + 1 krib oost

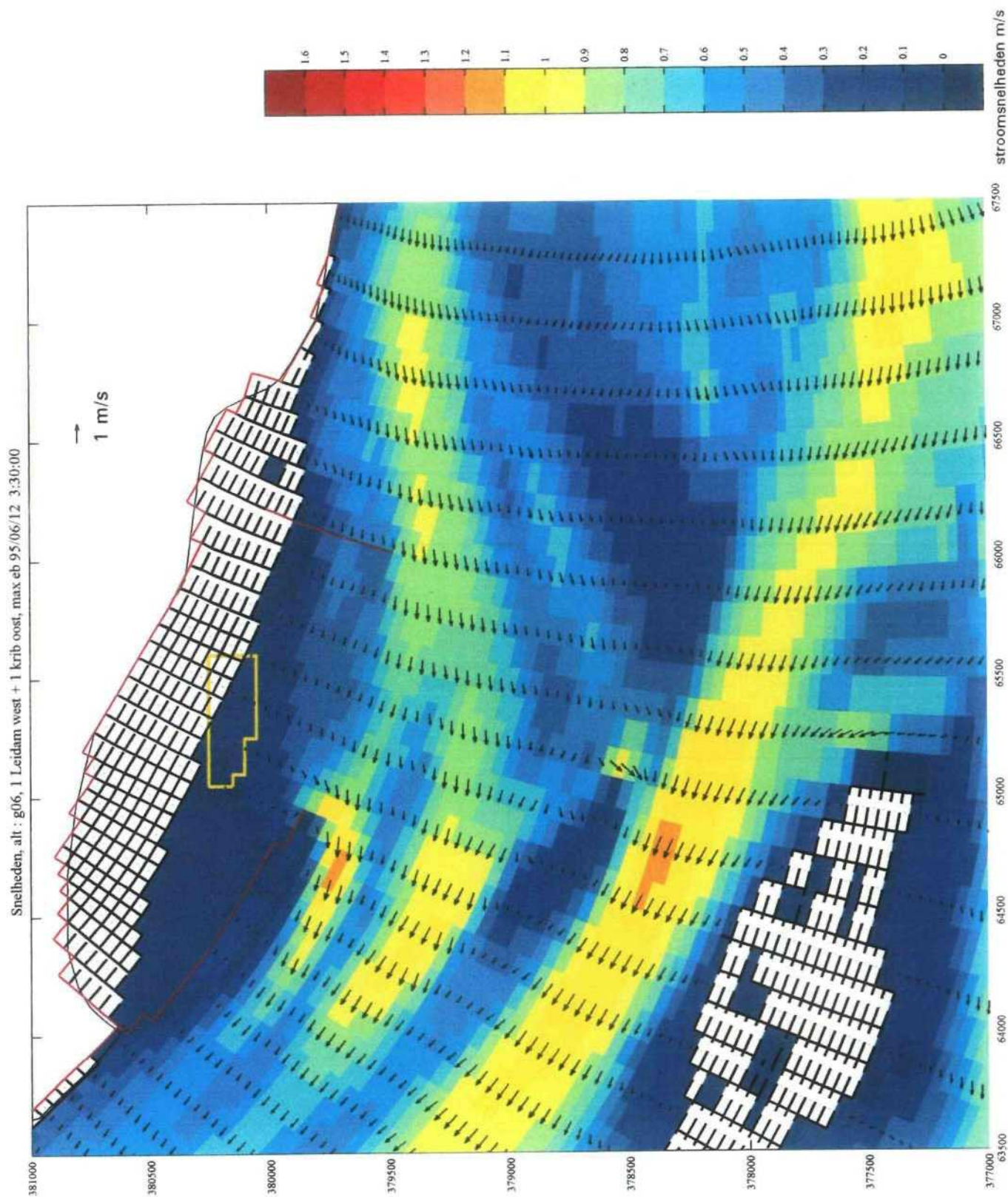
FIGUUR 3.14.1

1213

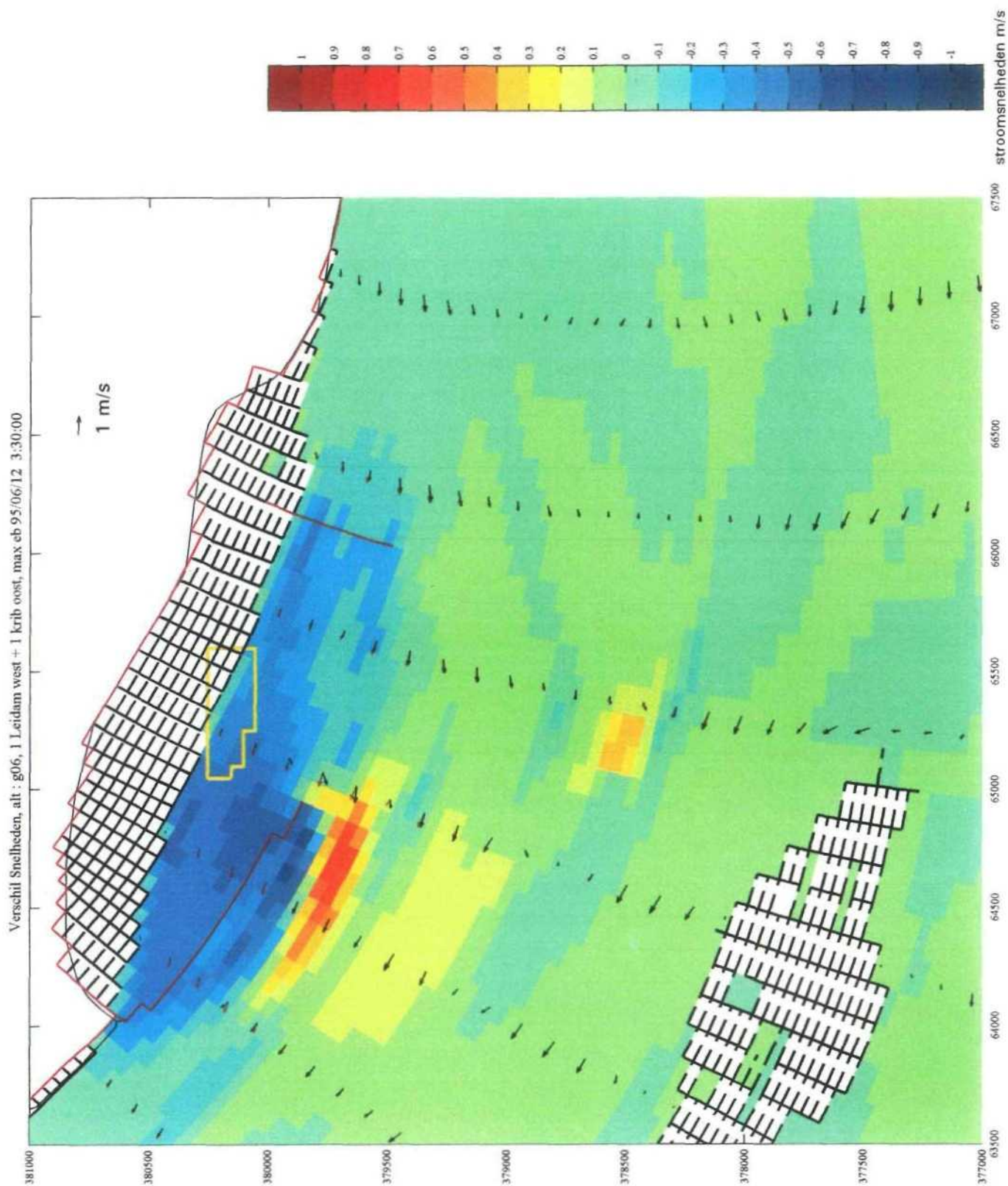
Modelsimulaties NCP Westerschelde

01-Dec-2001

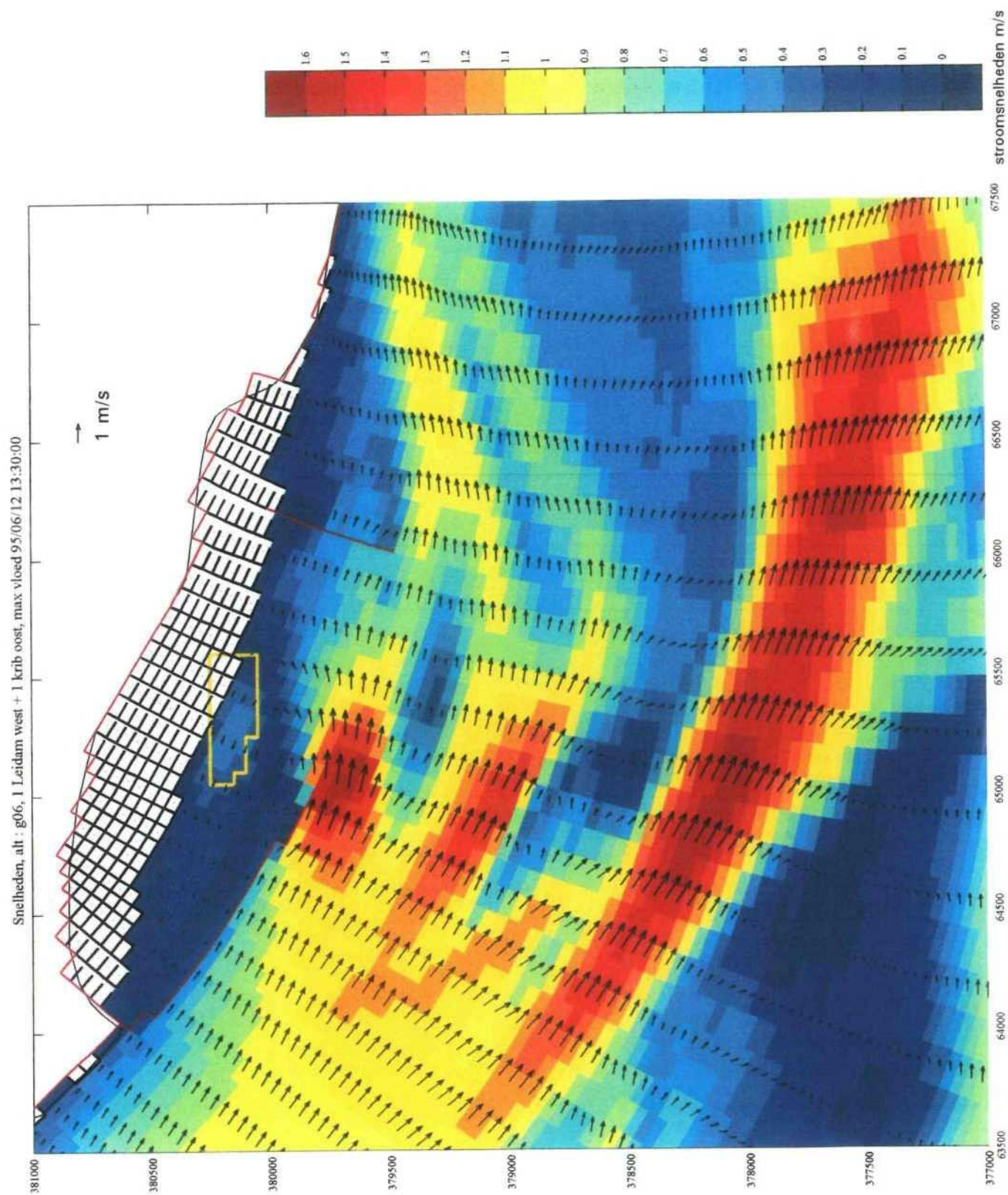


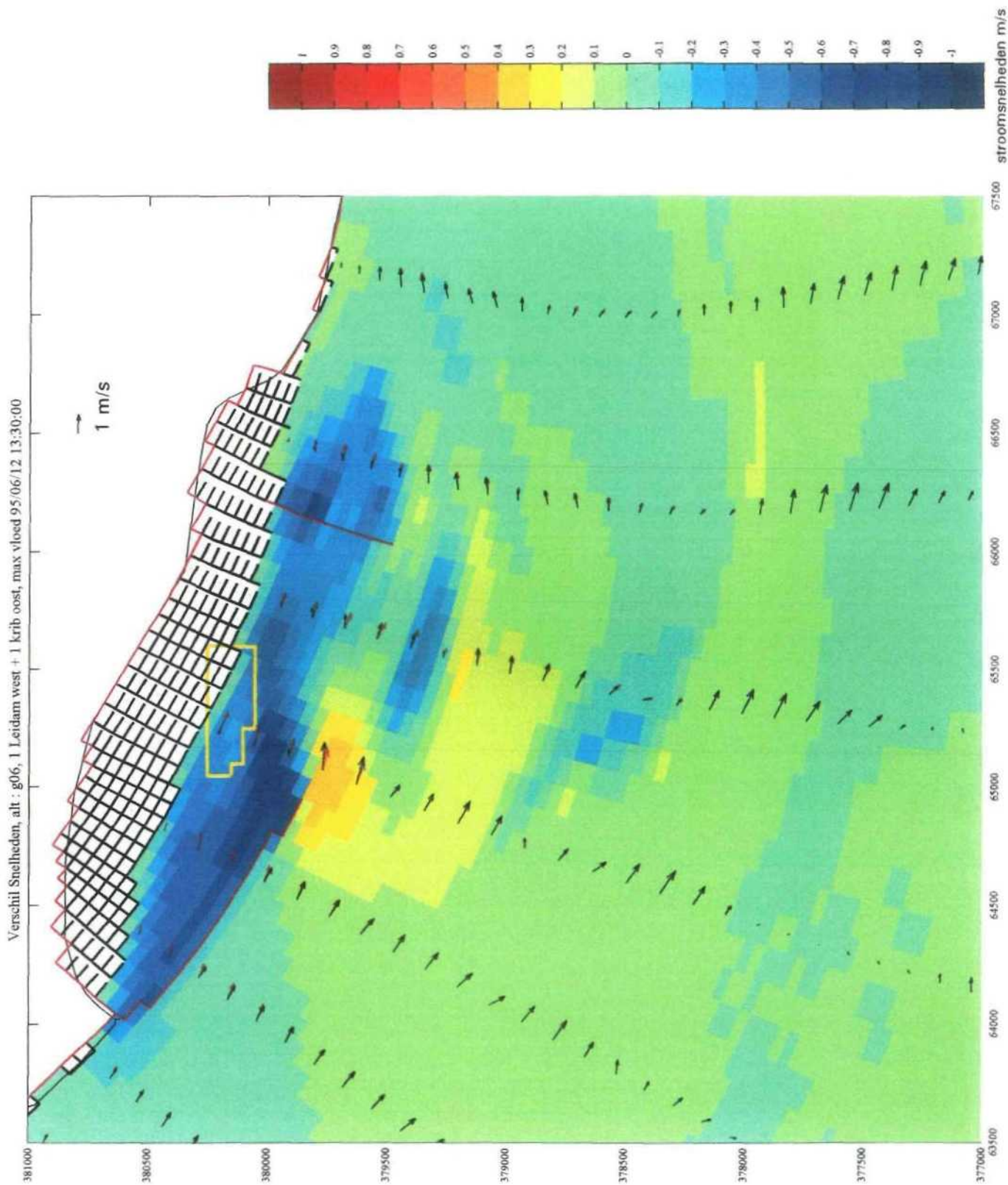






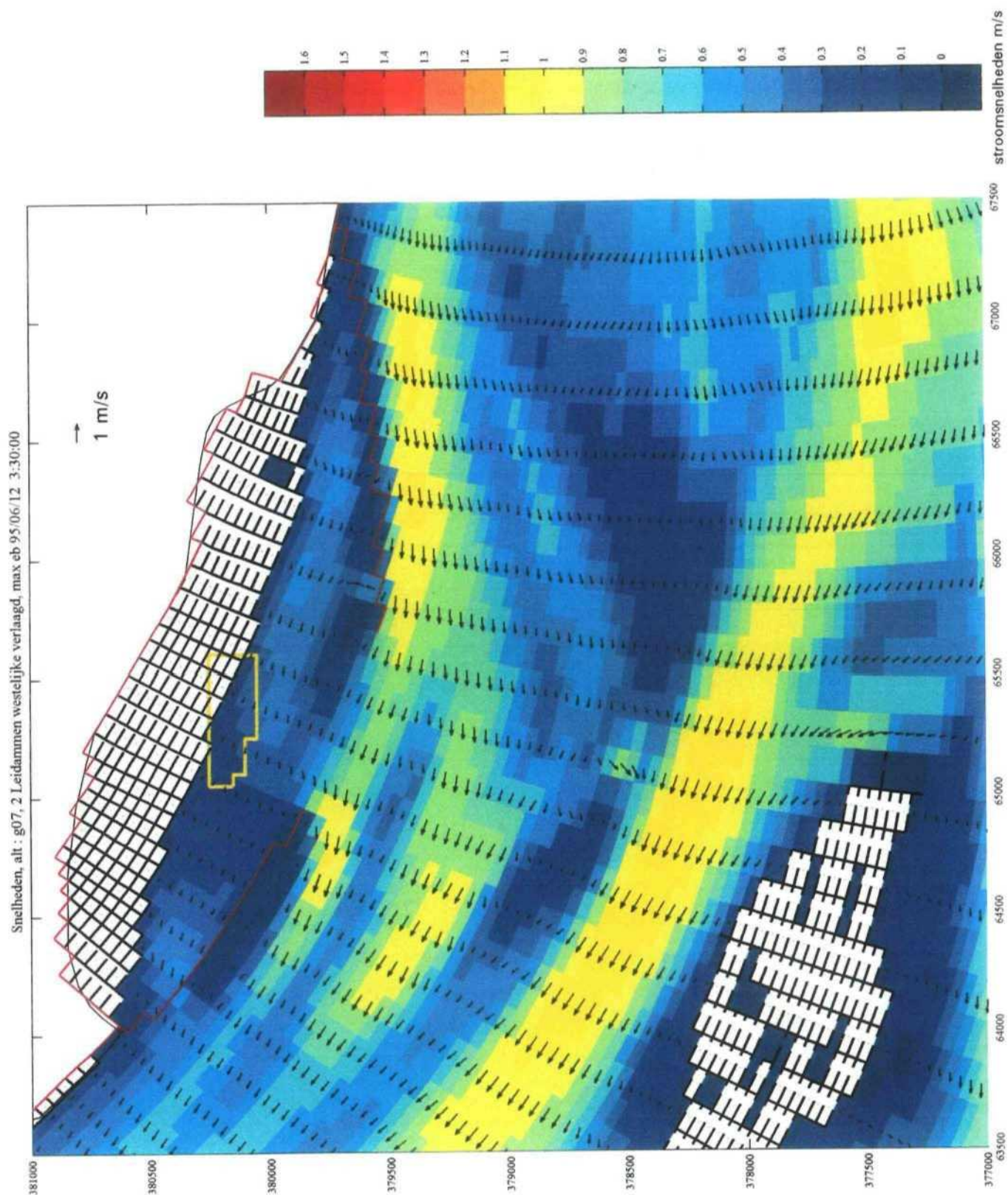




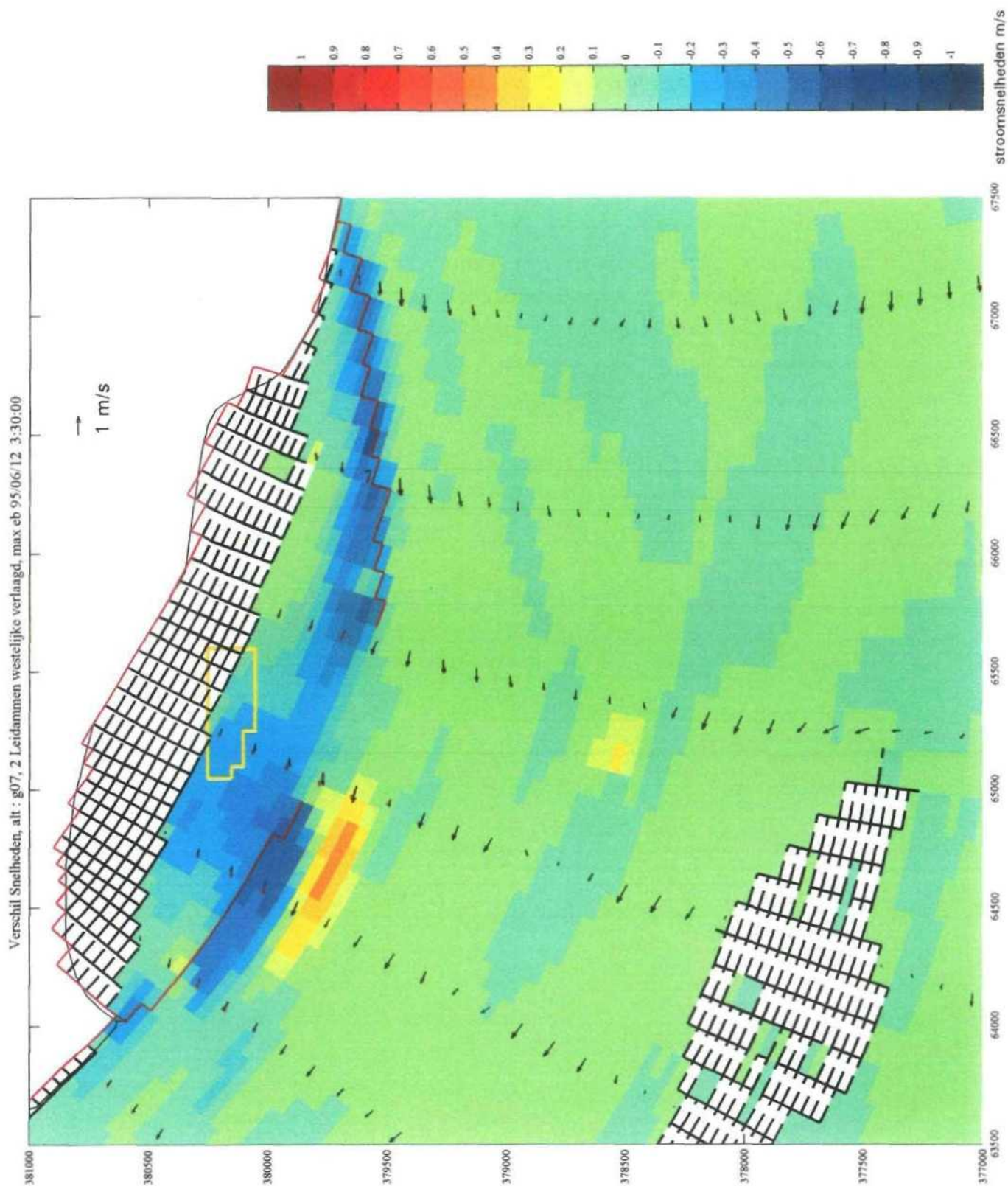




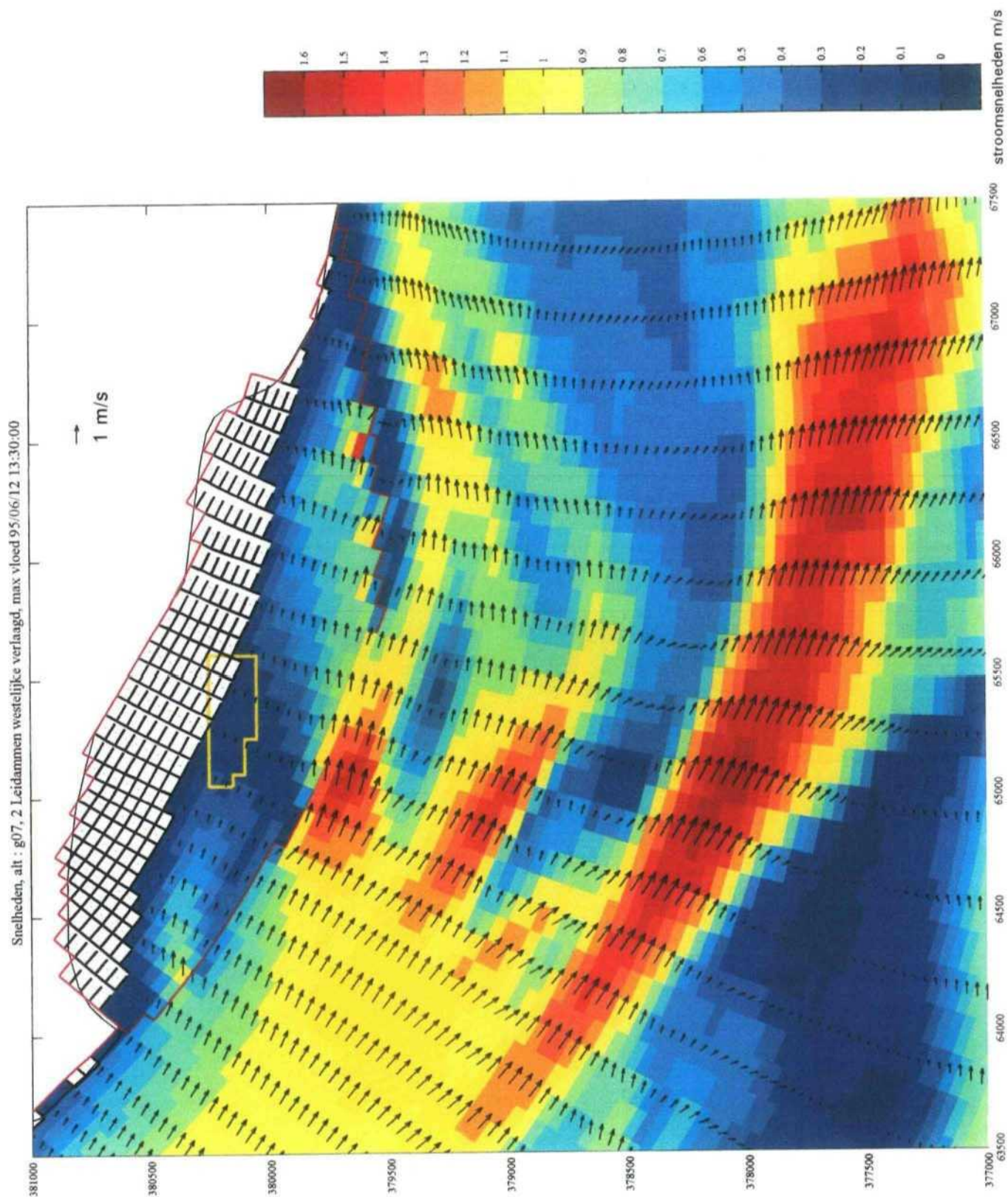


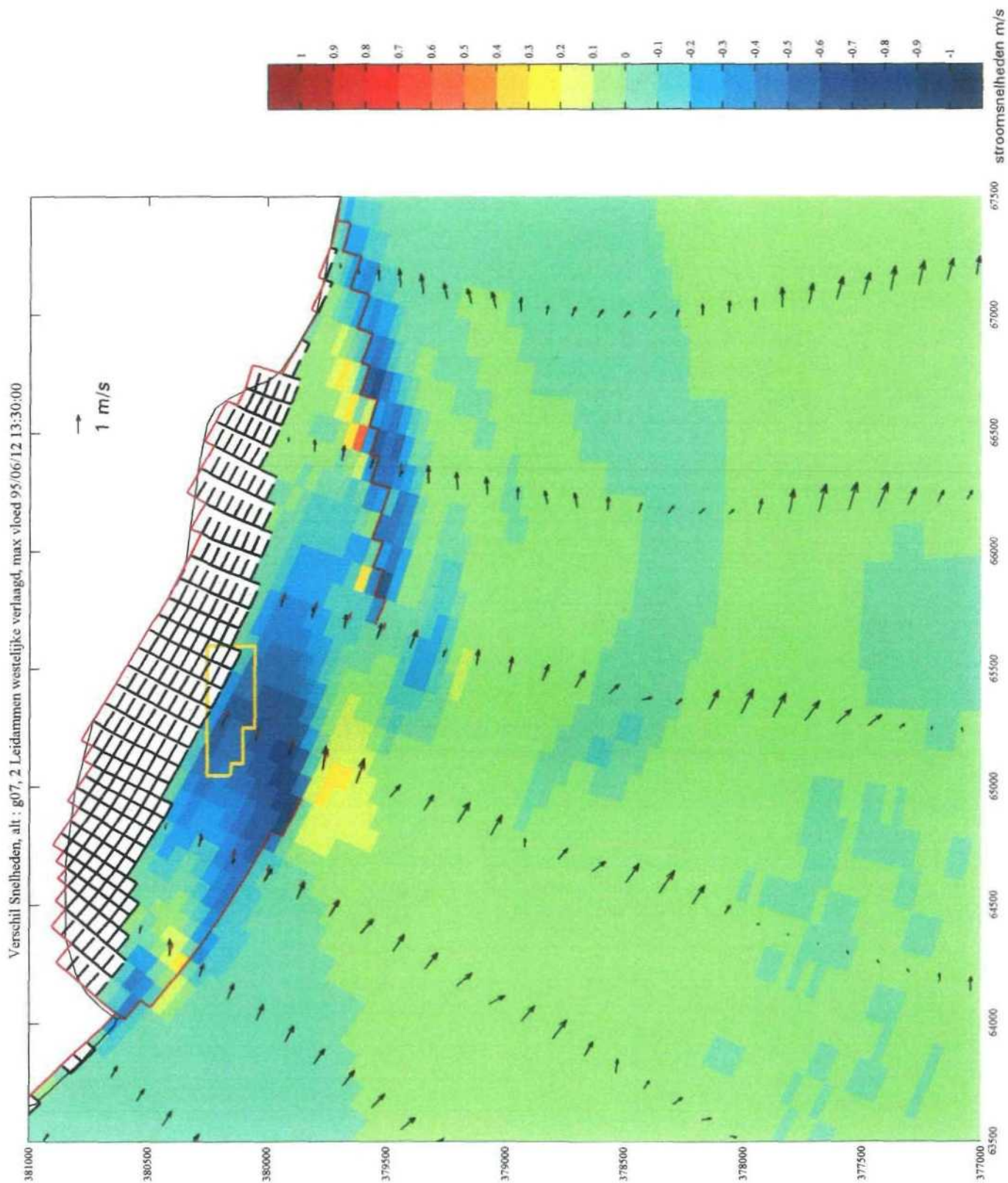






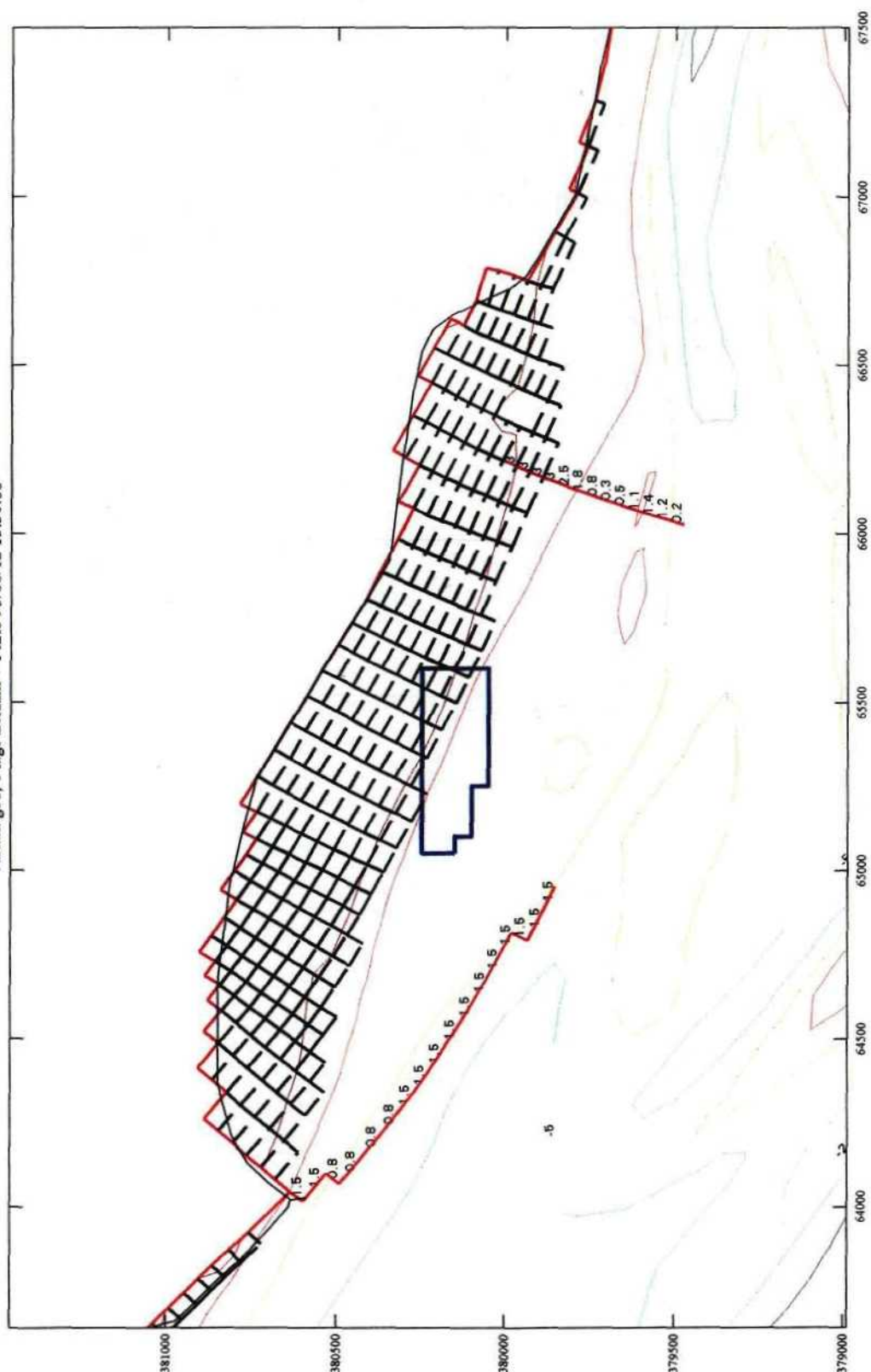








Variant g08, 1 lage Leidam + 1 krib 95/06/12 13:30:00



Layout alt g08, 1 lage Leidam + 1 krib

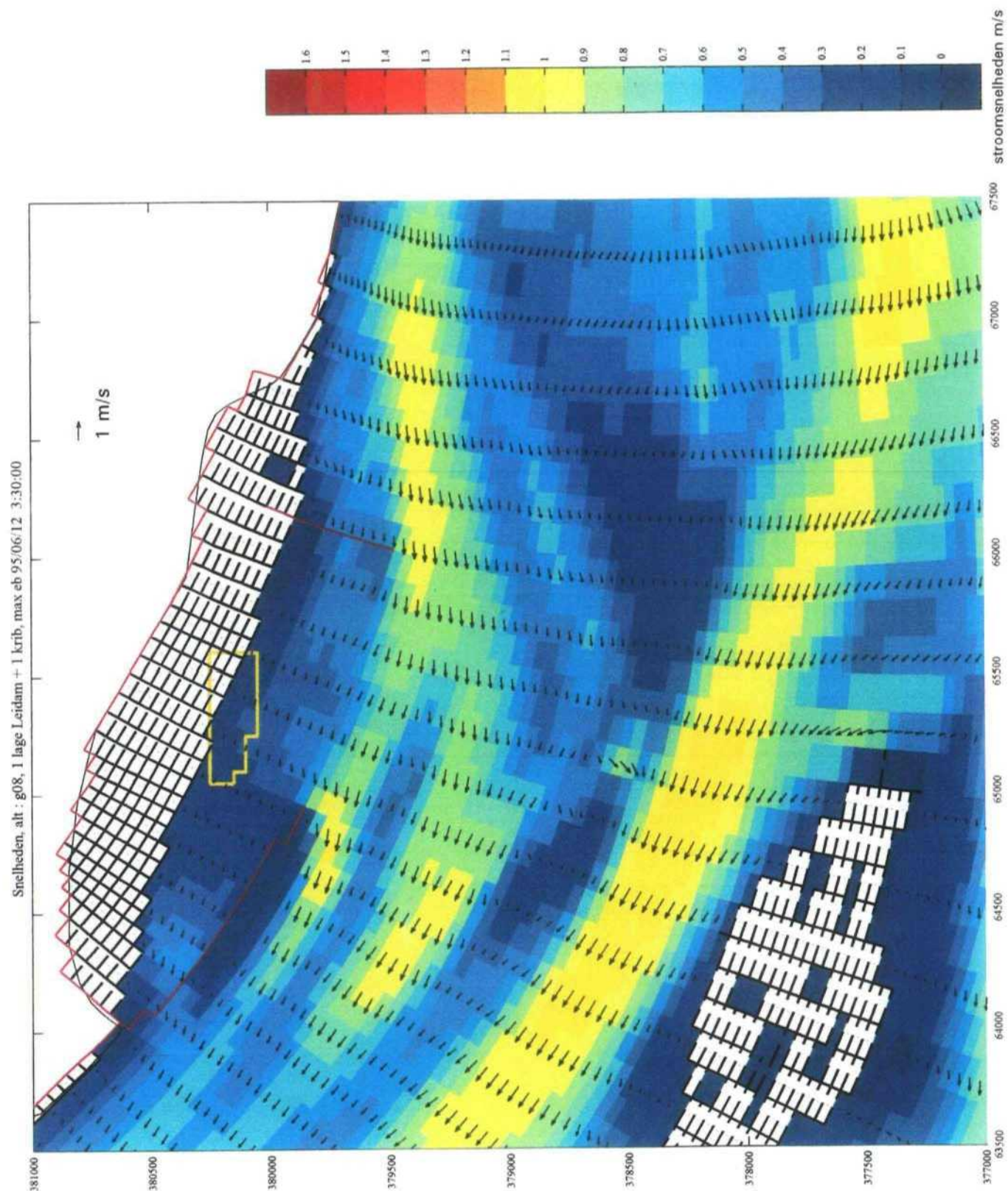
FIGUUR 3.16.1

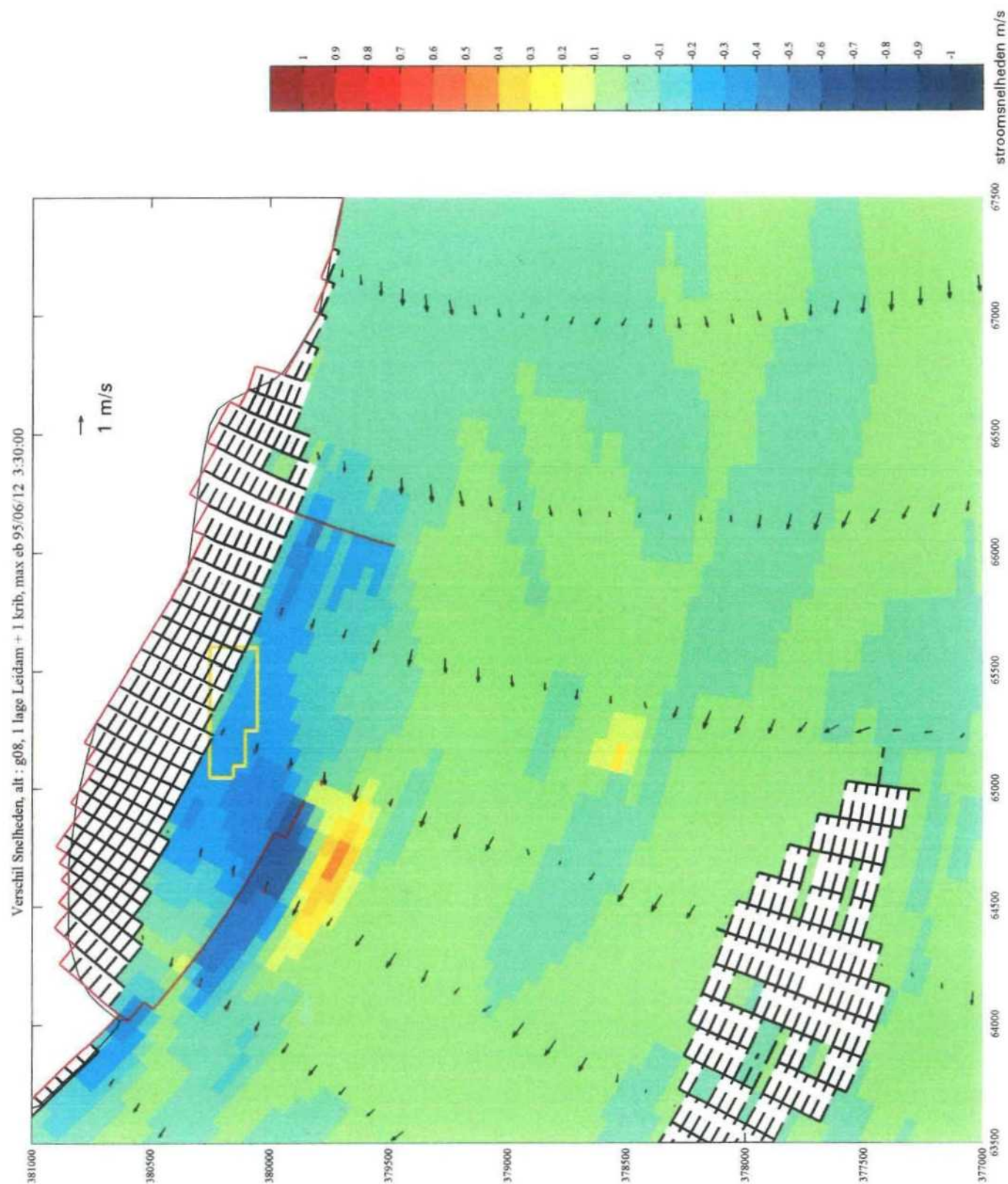
1213

Modelsimulaties NCP Westerschelde

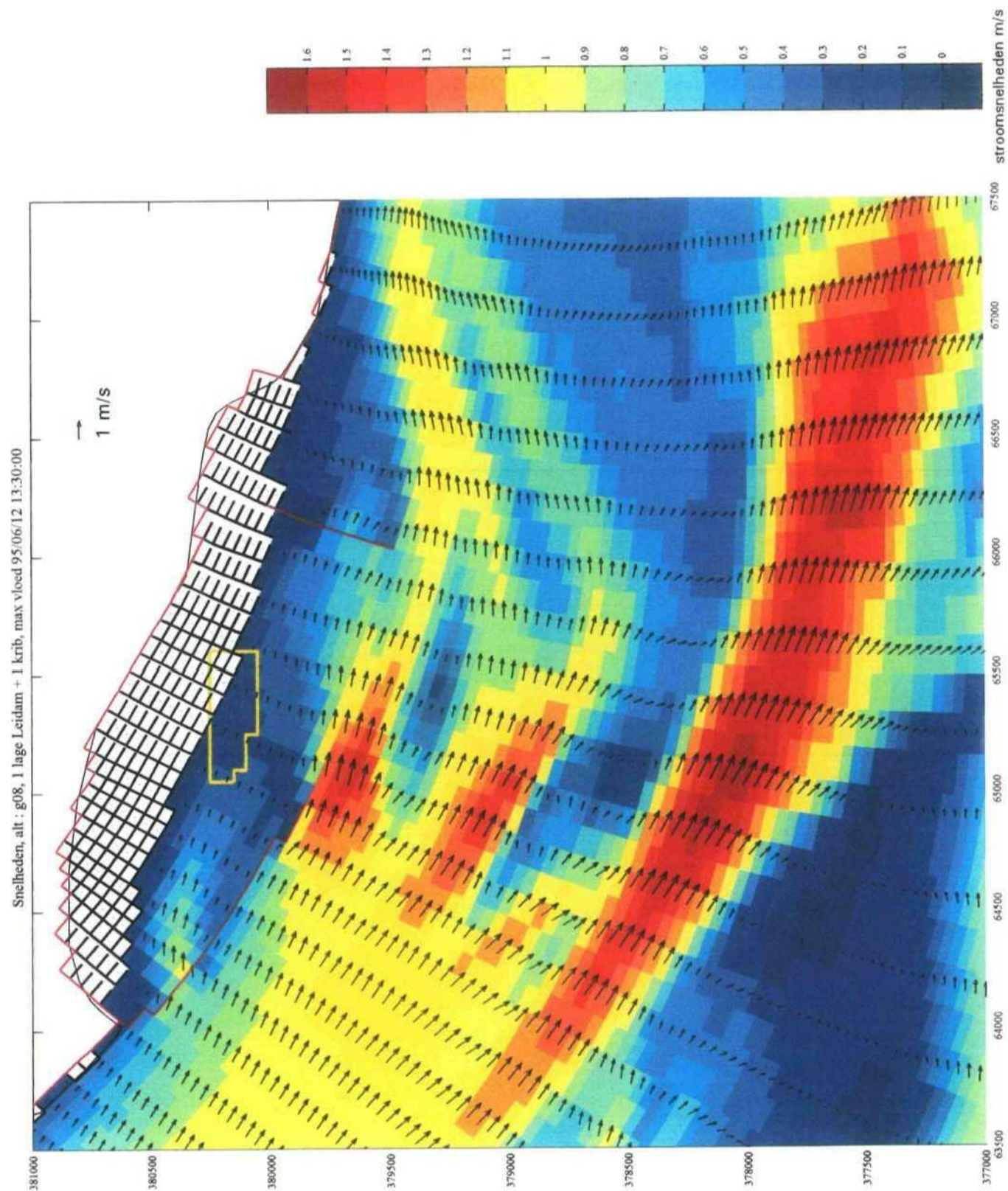
01-Dec-2001



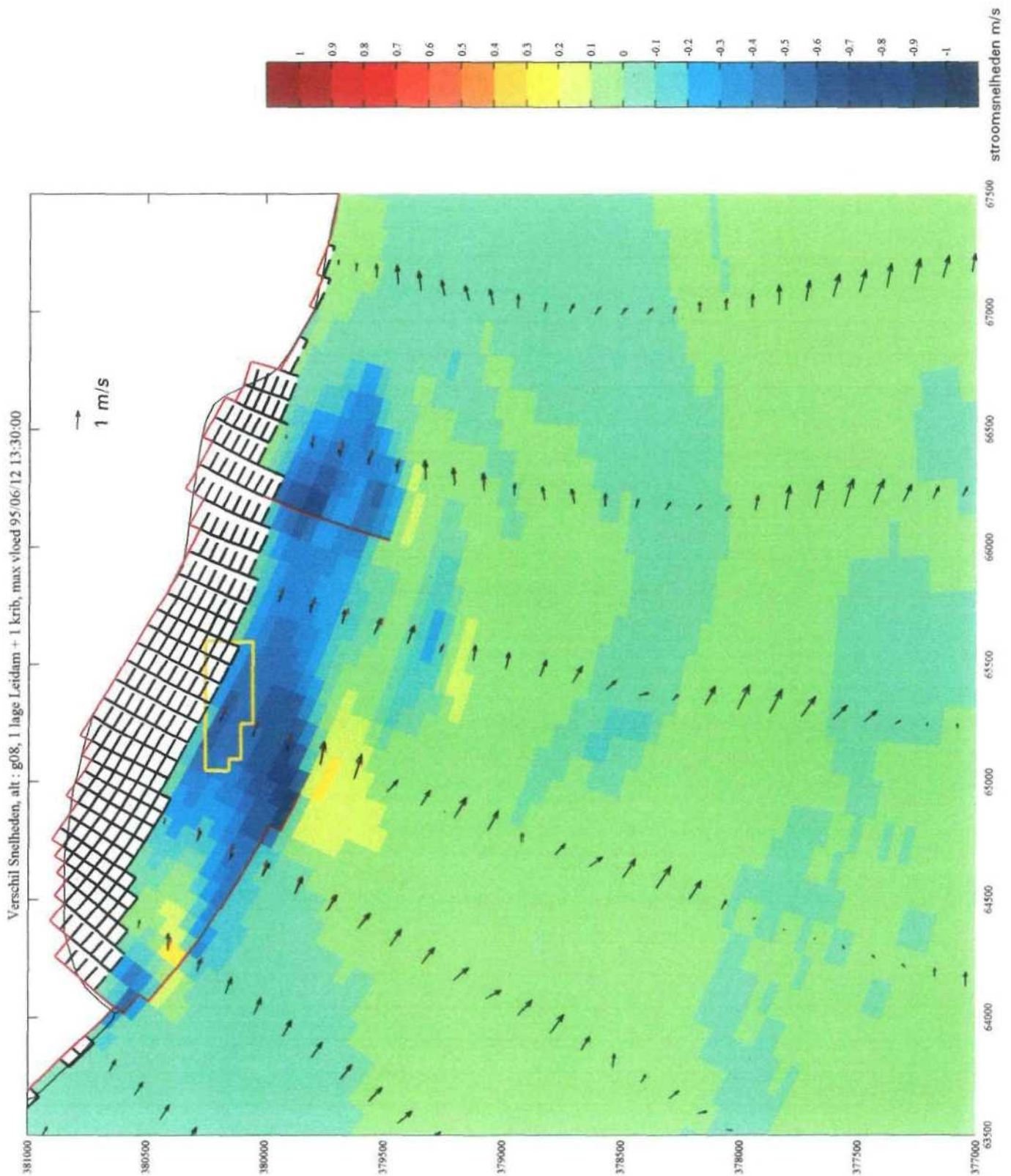


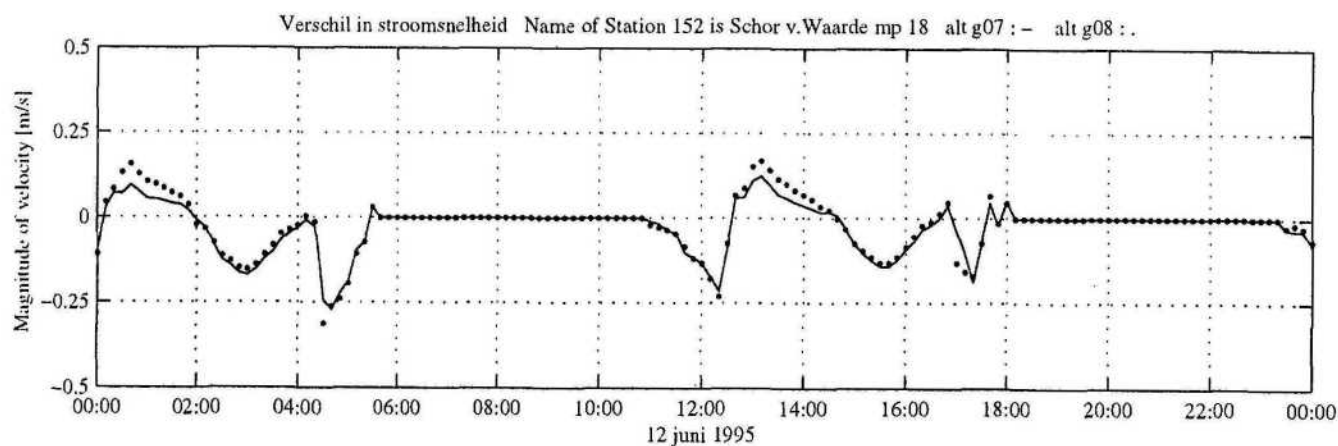
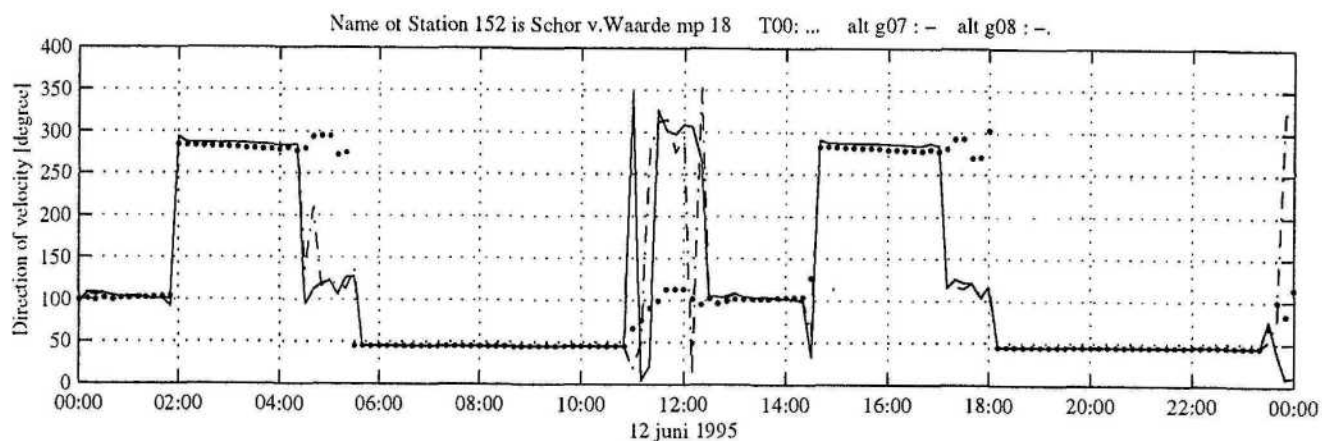
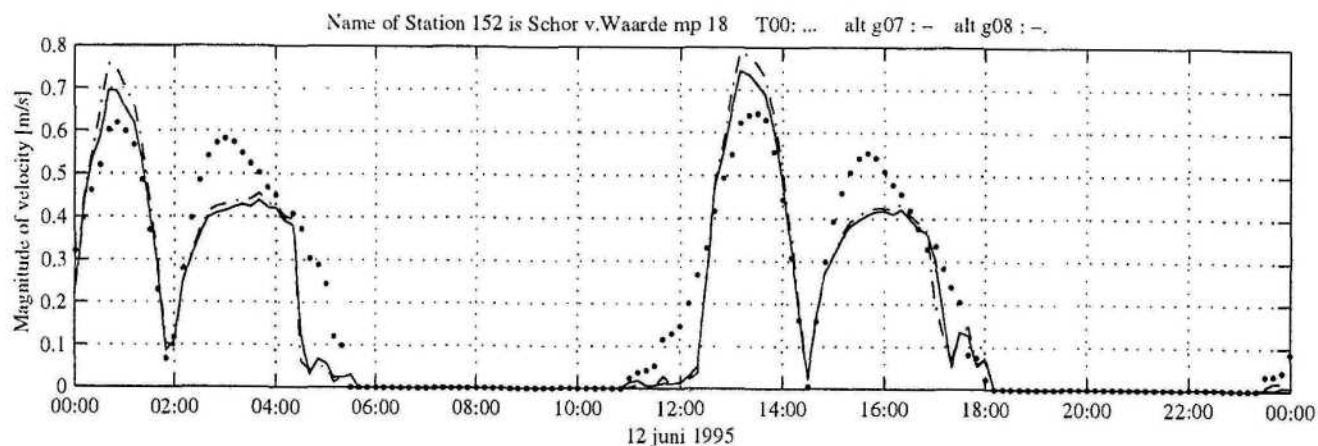












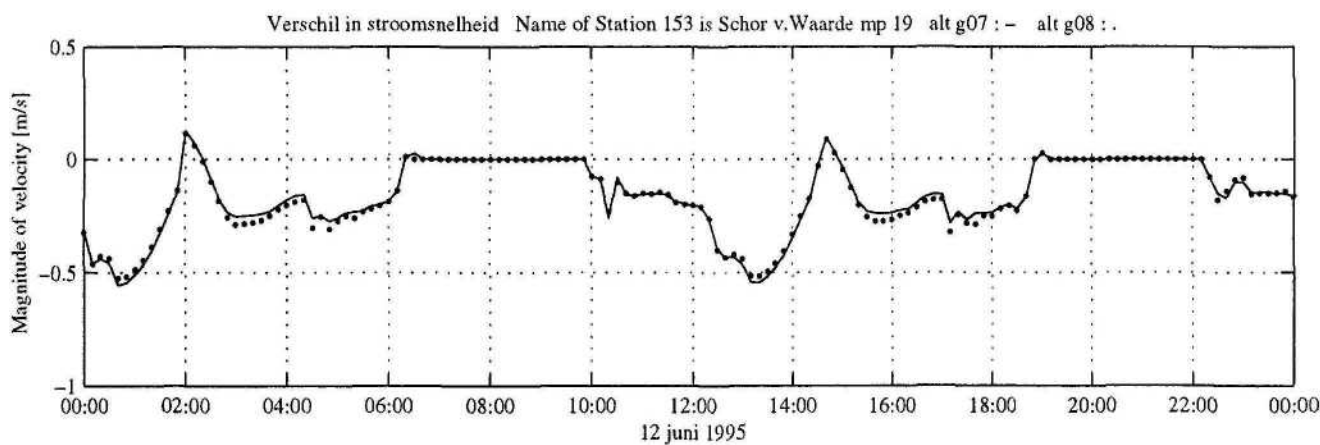
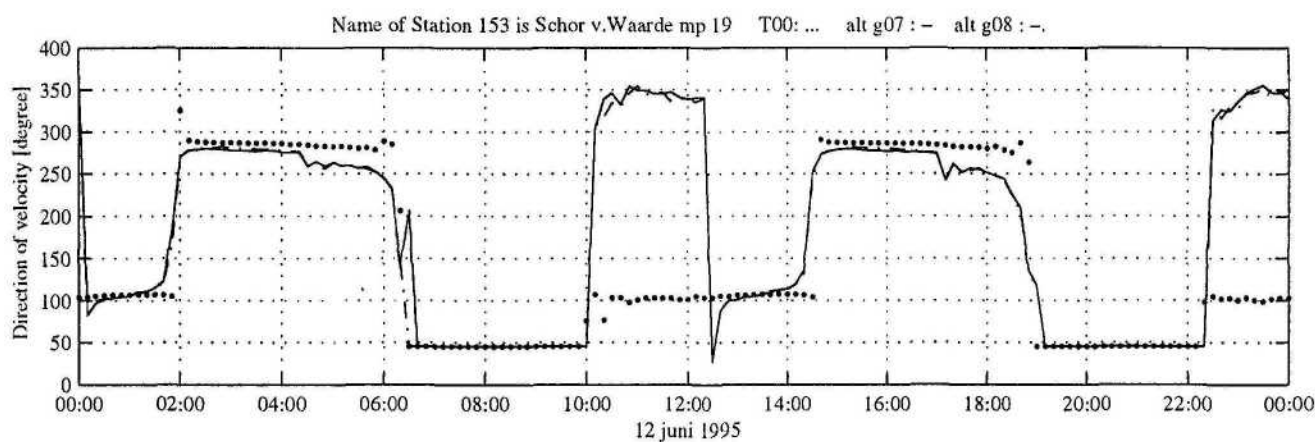
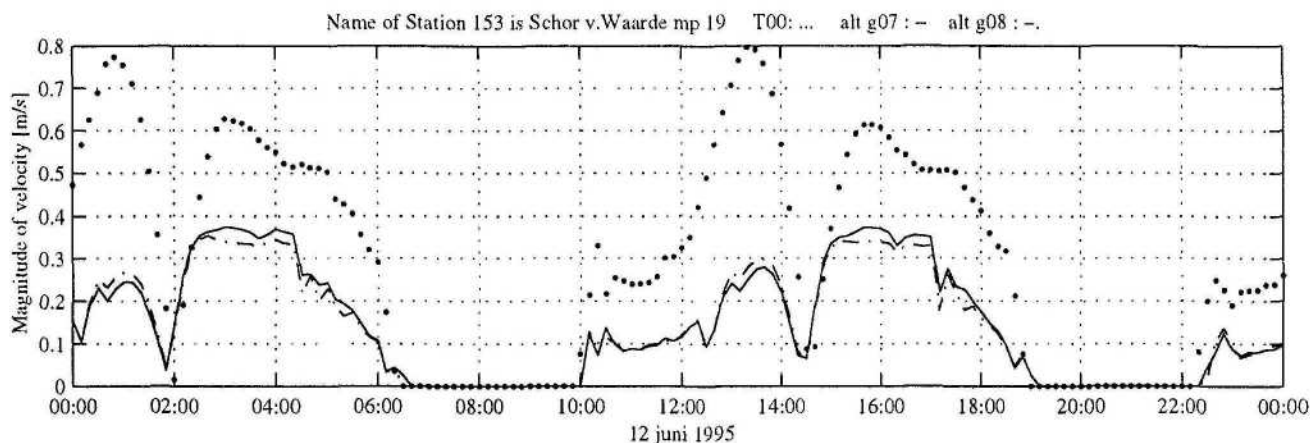
Stroomsnelheden Westerschelde, alt : g07 en g08

FIGUUR 3.16.6

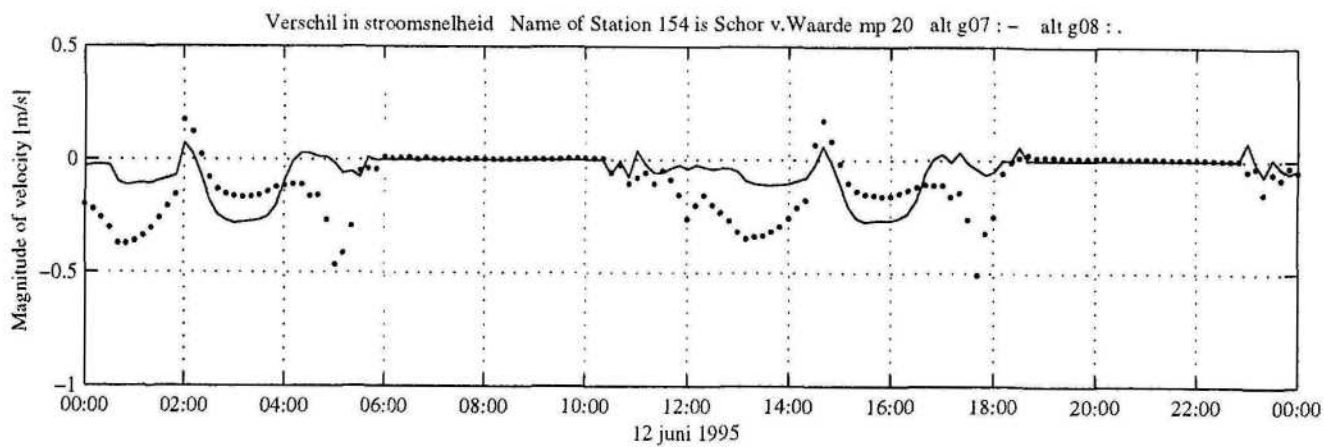
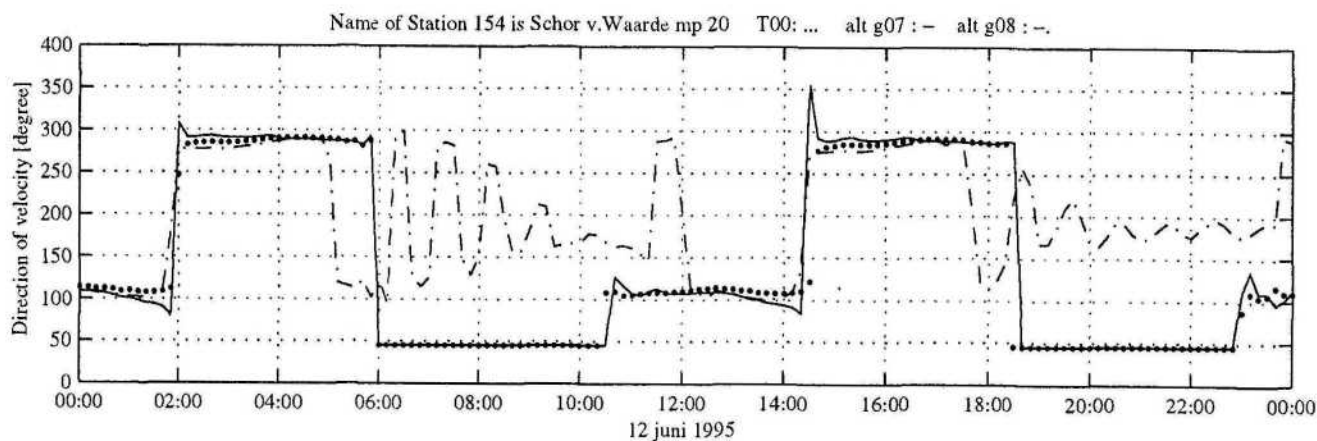
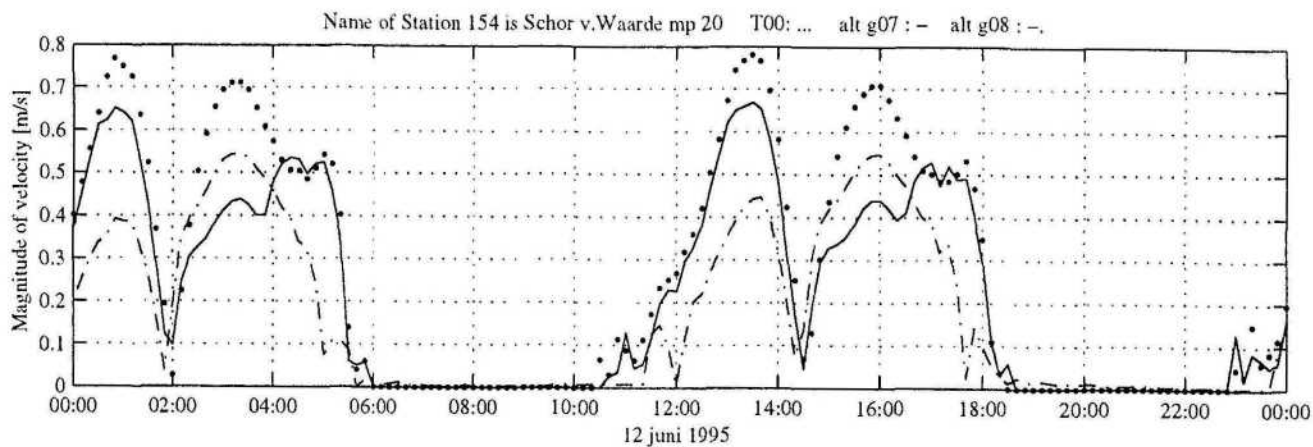
1213

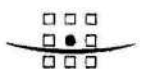
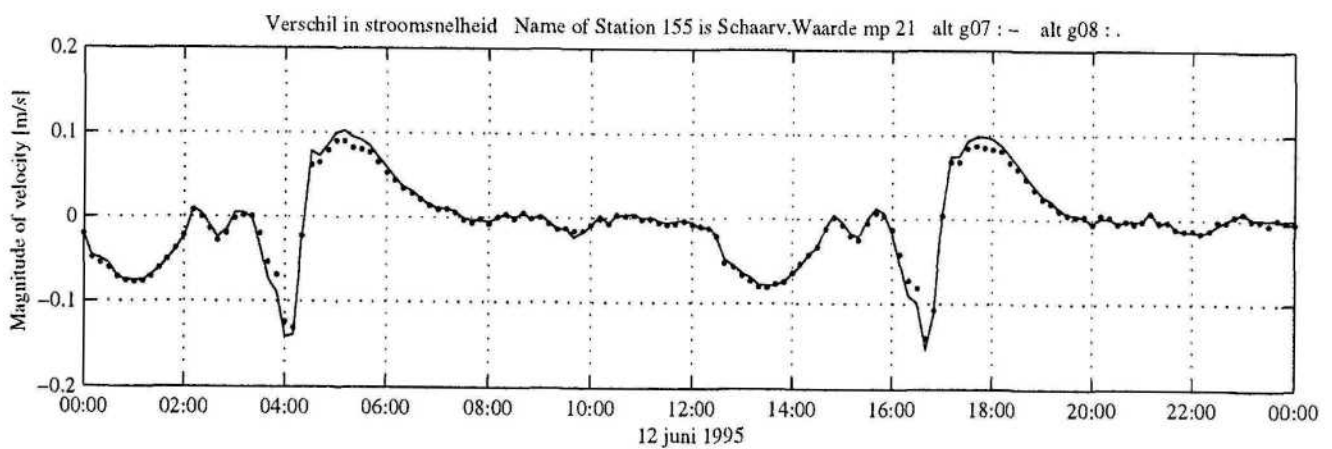
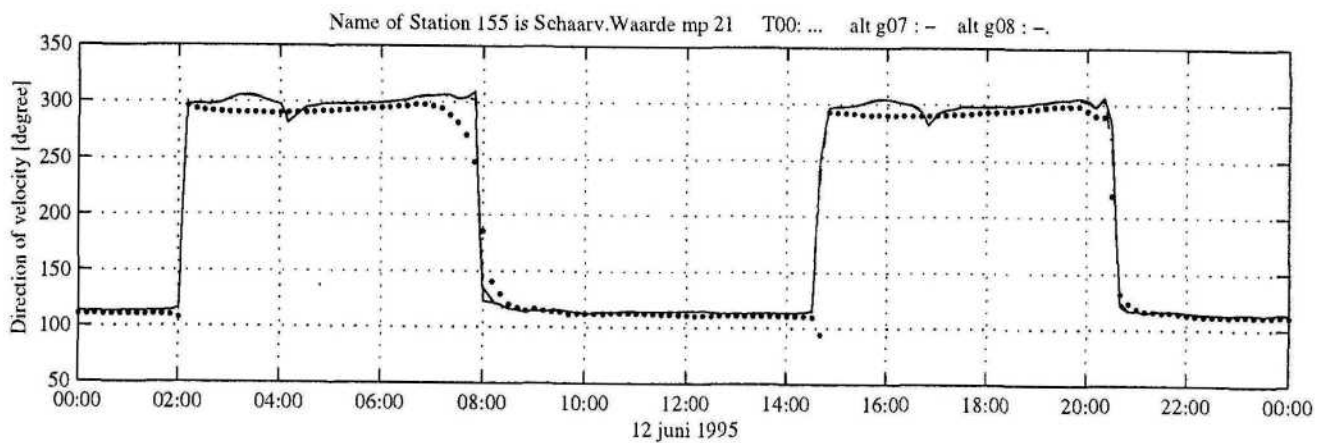
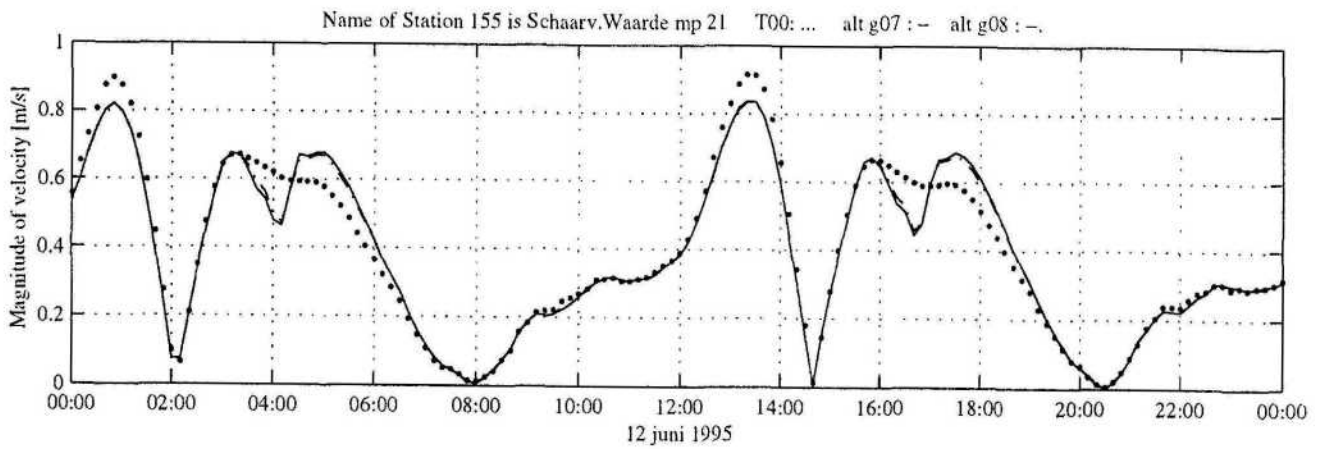
modelsimulaties NCP Westerschelde

01-Dec-2001









ROYAL HASKONING

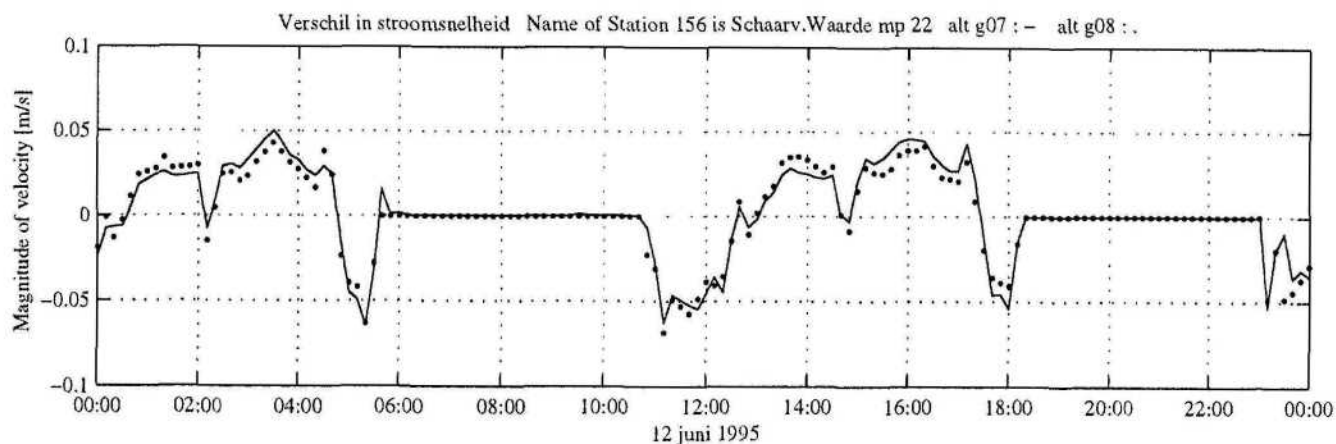
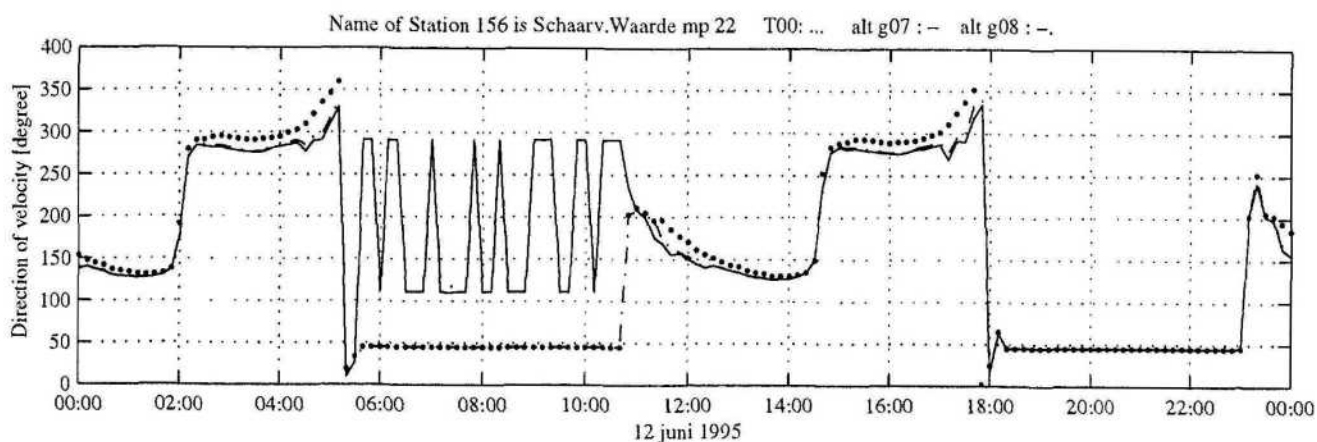
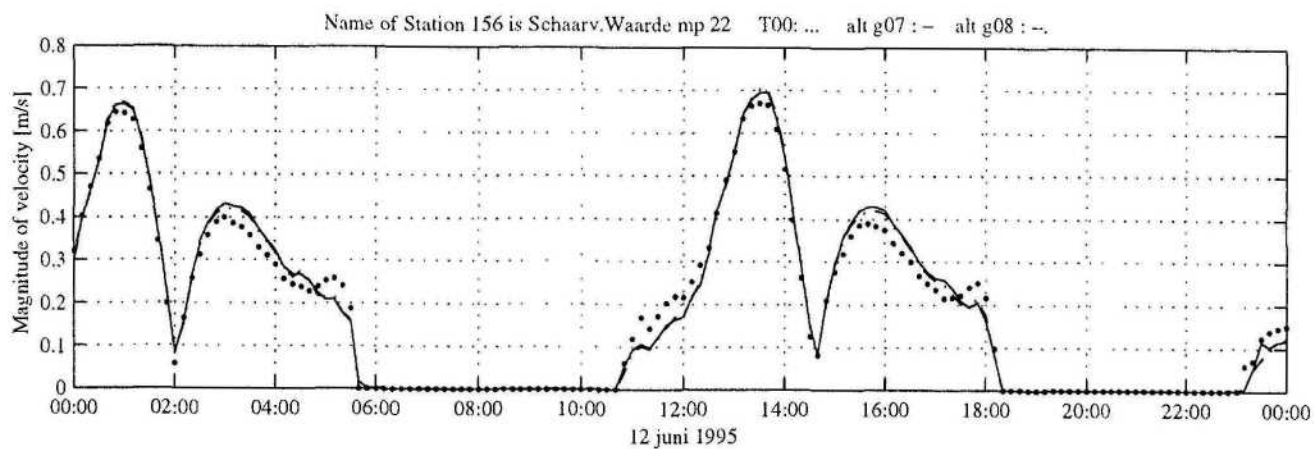
Stroomsnelheden Westerschelde, alt : g07 en g08

modelsimulaties NCP Westerschelde

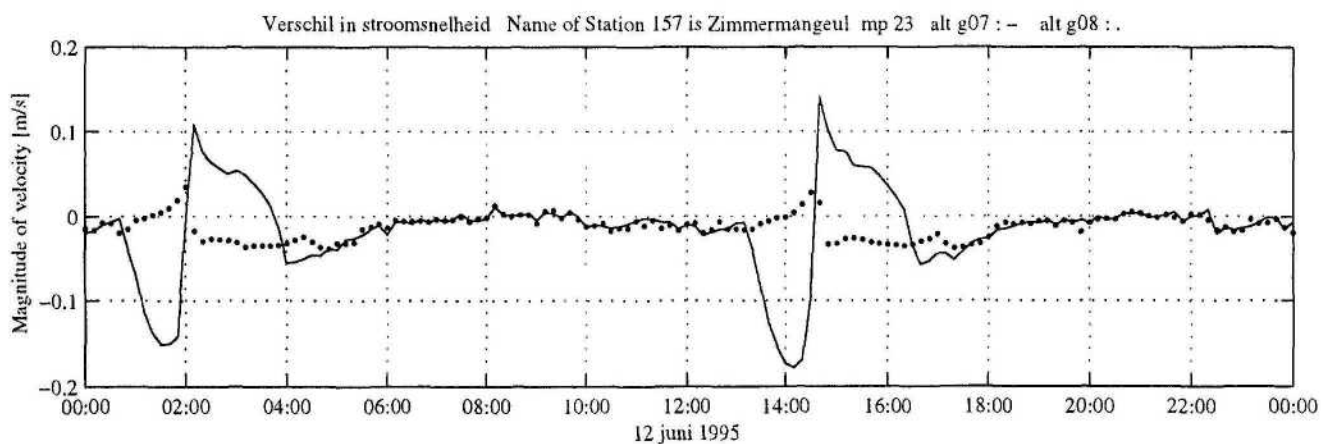
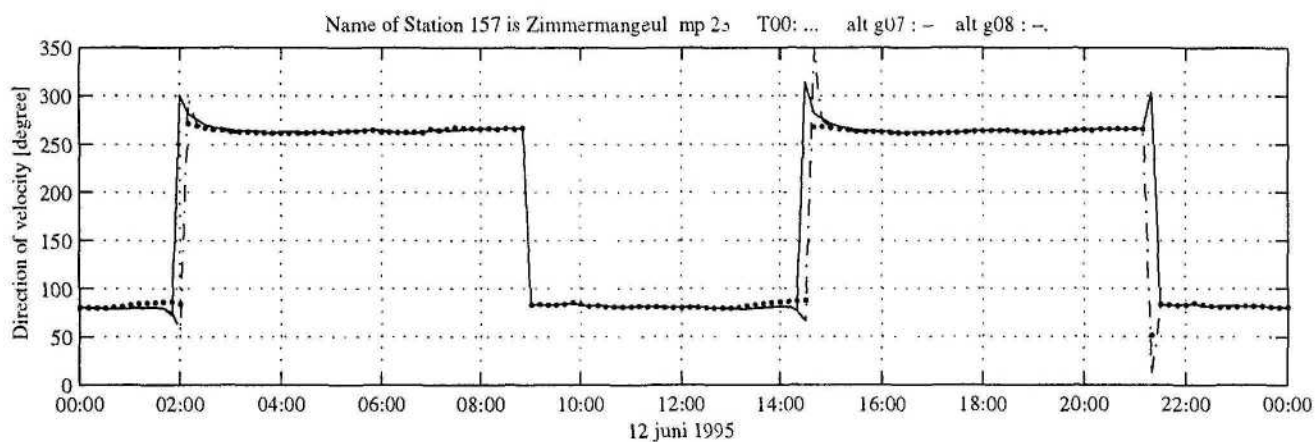
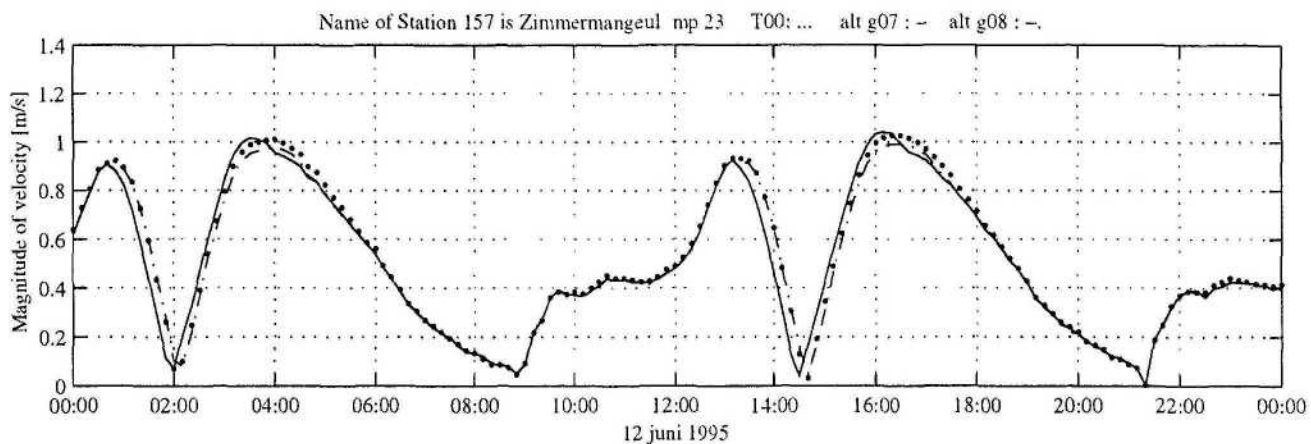
FIGUUR 3.16.9

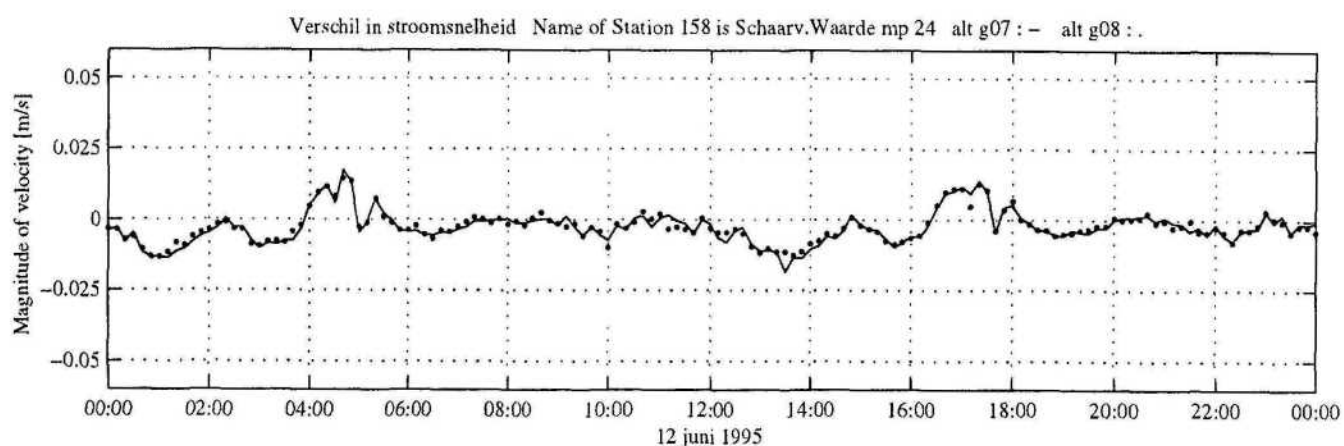
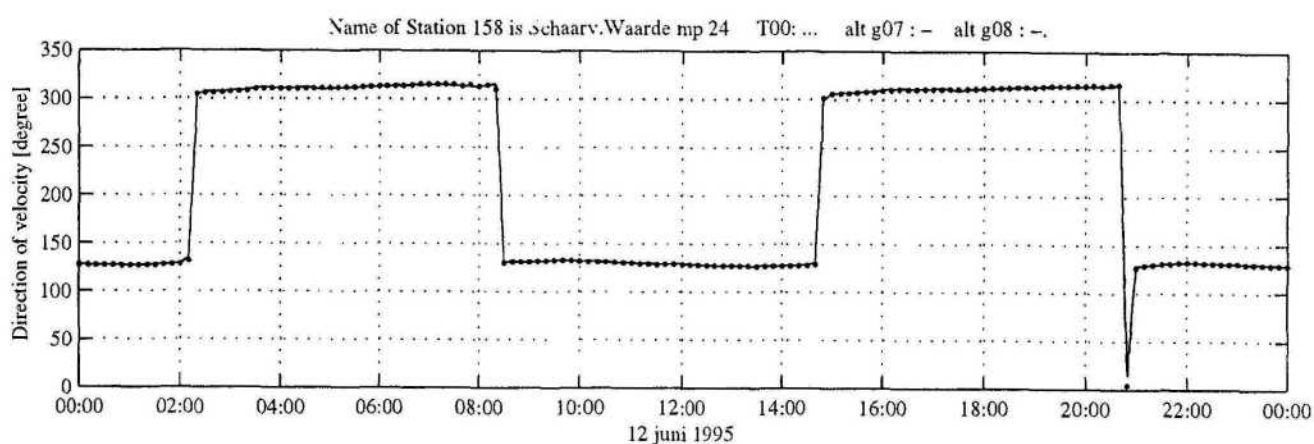
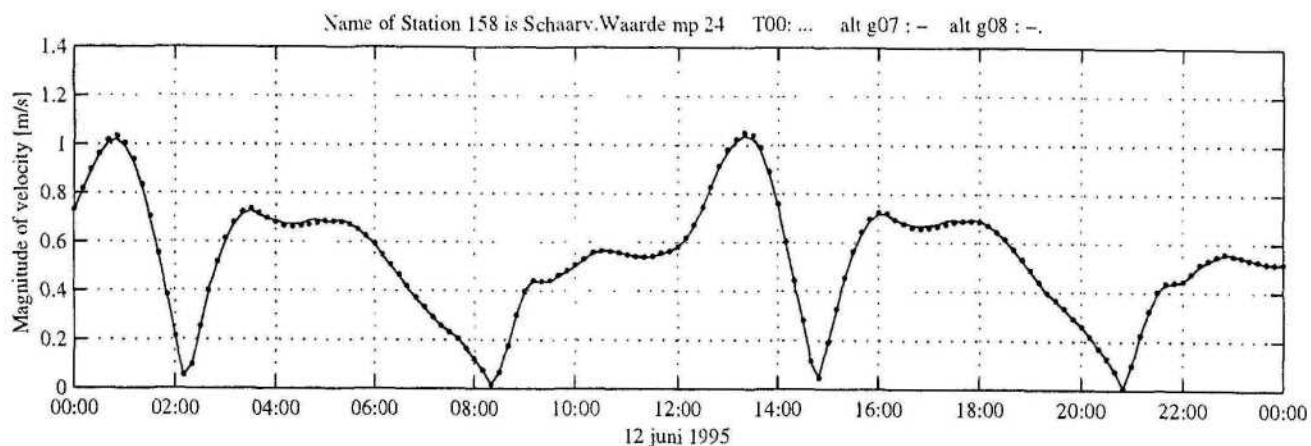
1213

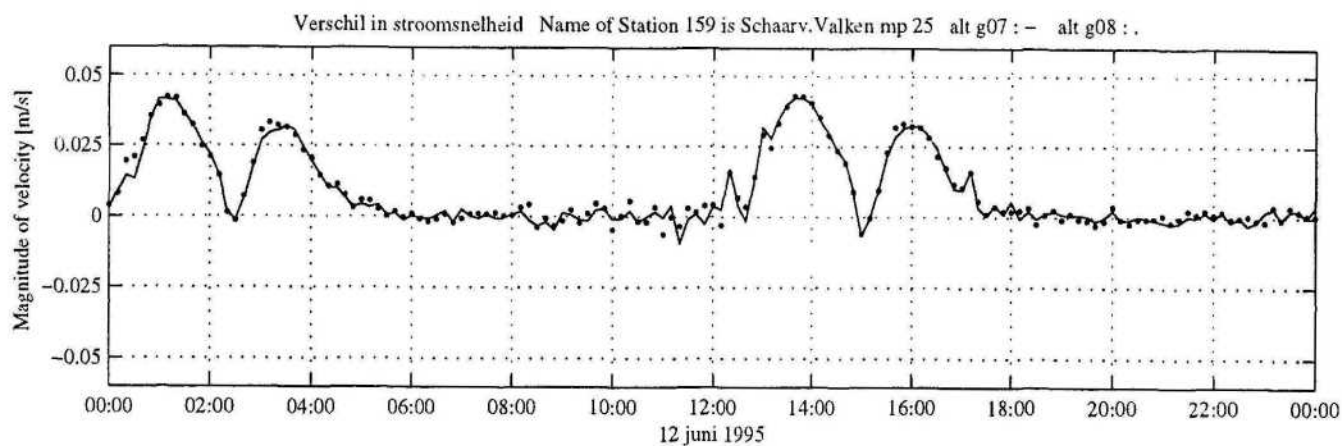
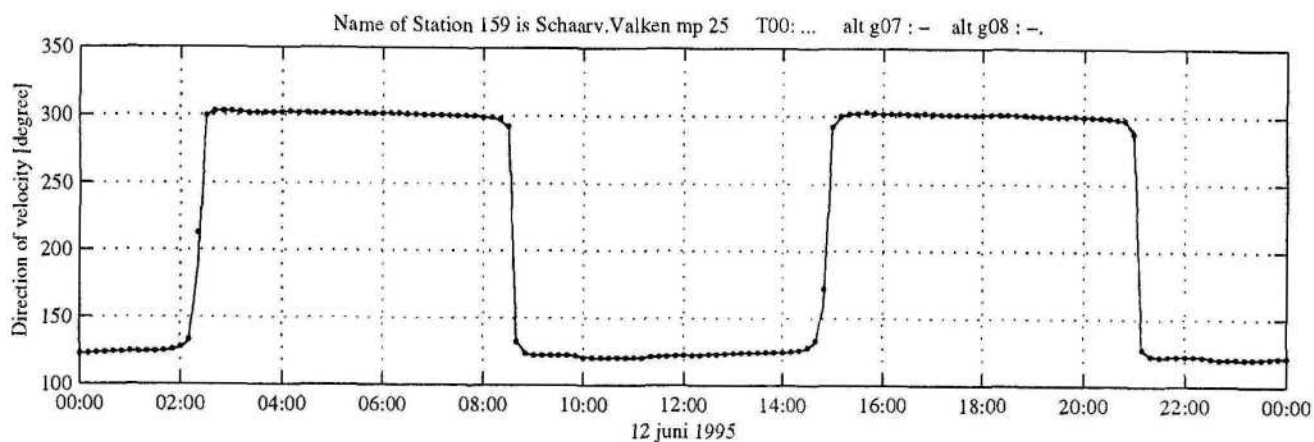
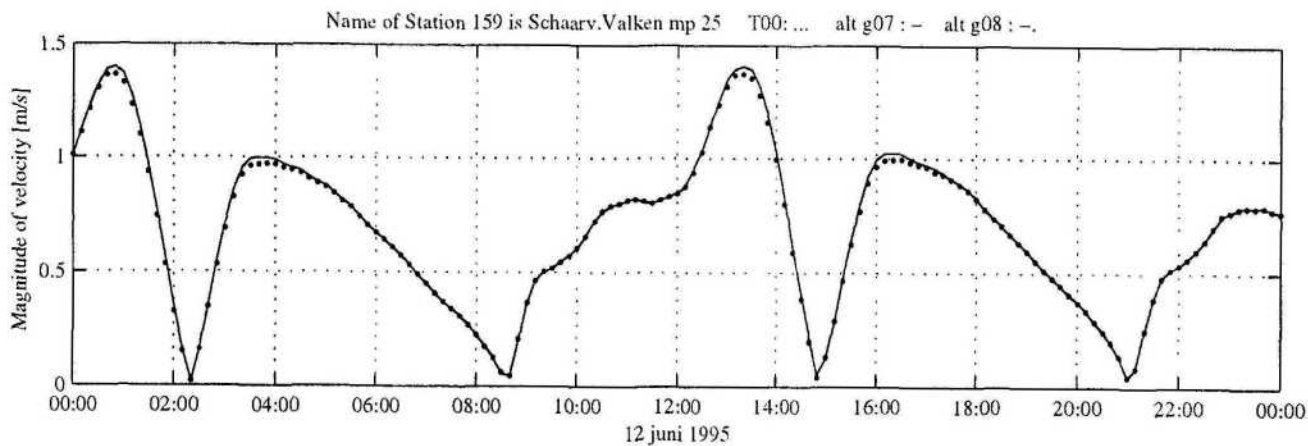
01-Dec-2001











Stroomsnelheden Westerschelde, alt : g07 en g08

FIGUUR 3.16.13

1213

modelsimulaties NCP Westerschelde

01-Dec-2001



