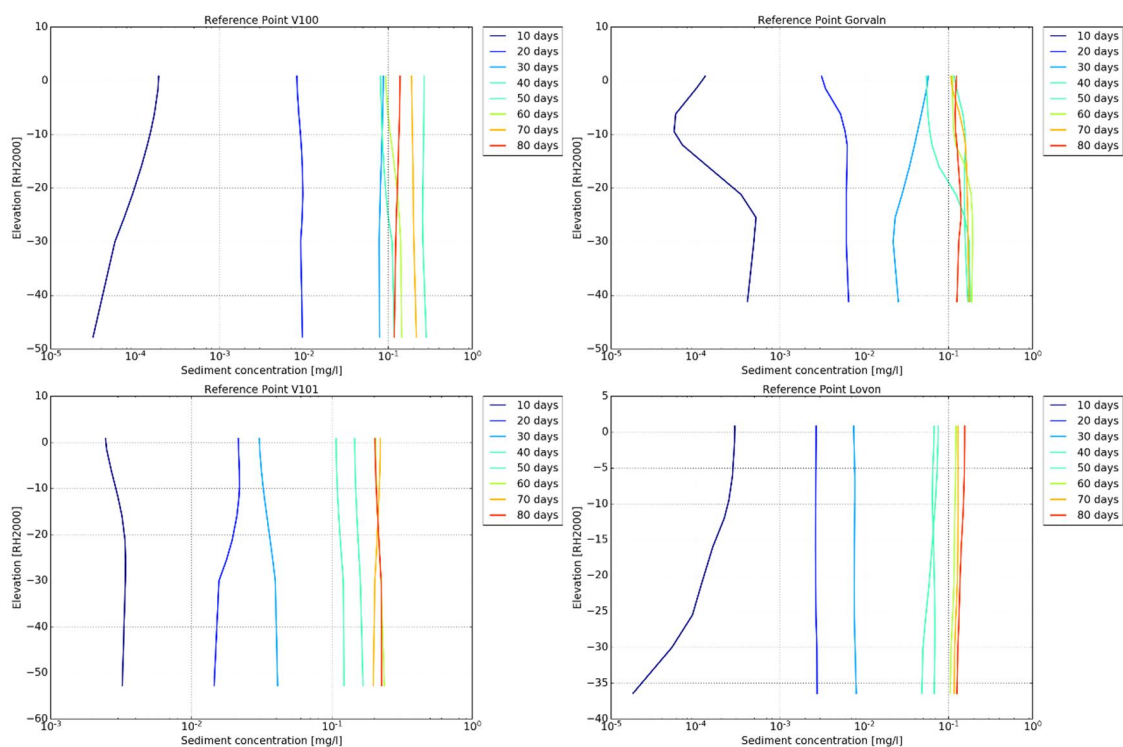
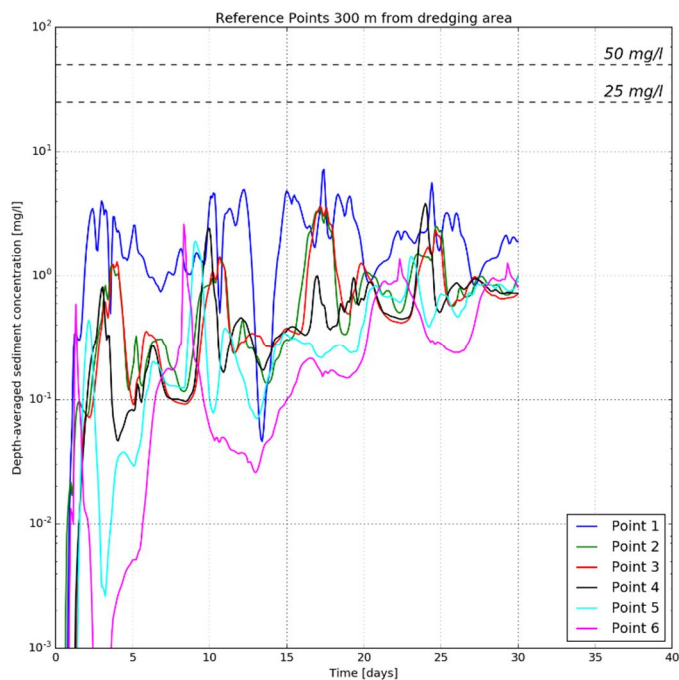
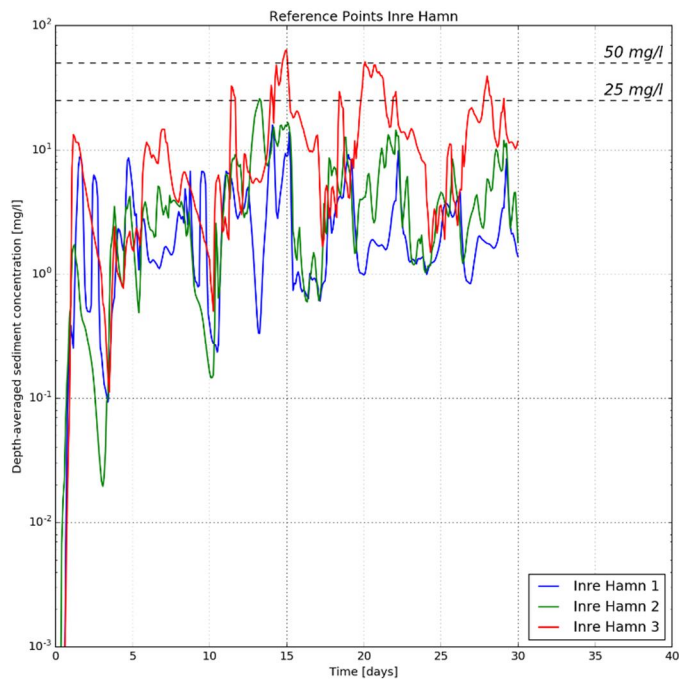


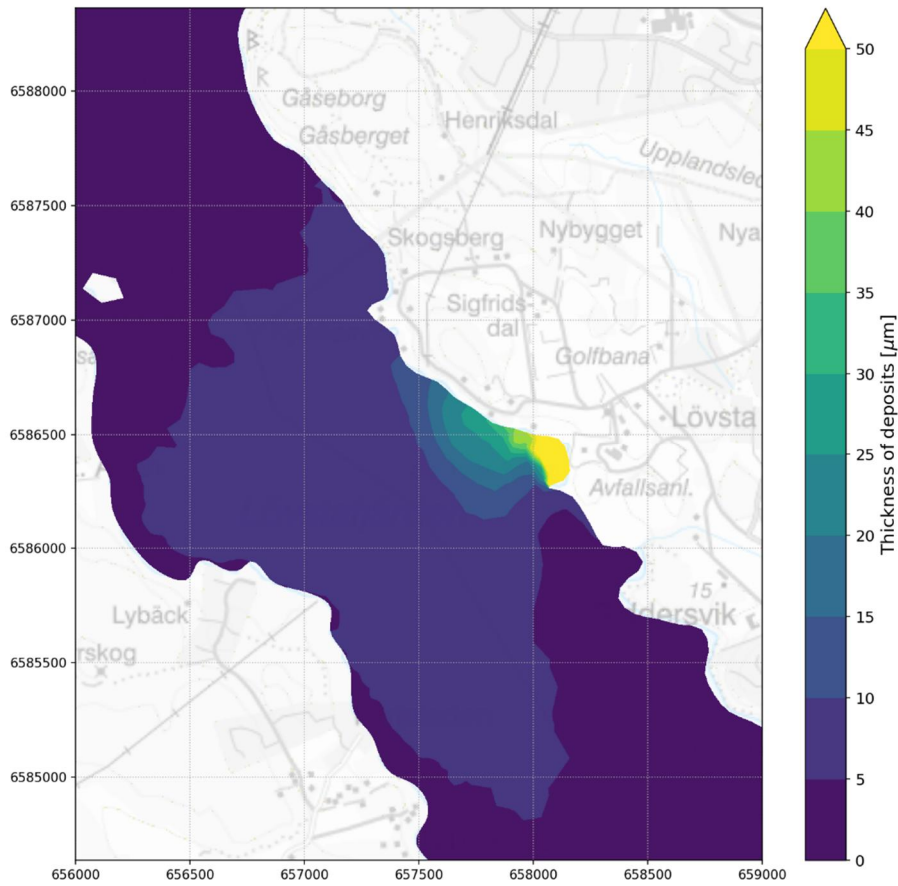
Figur 6-5. Scenario 6. Sedimentkoncentrationer vid olika nivåer vid referenspunkterna för råvattenintagen.



Figur 6-6. Scenario 6. Variation av sedimentkoncentrationen i djupled vid referenspunkterna för råvattenintagen.



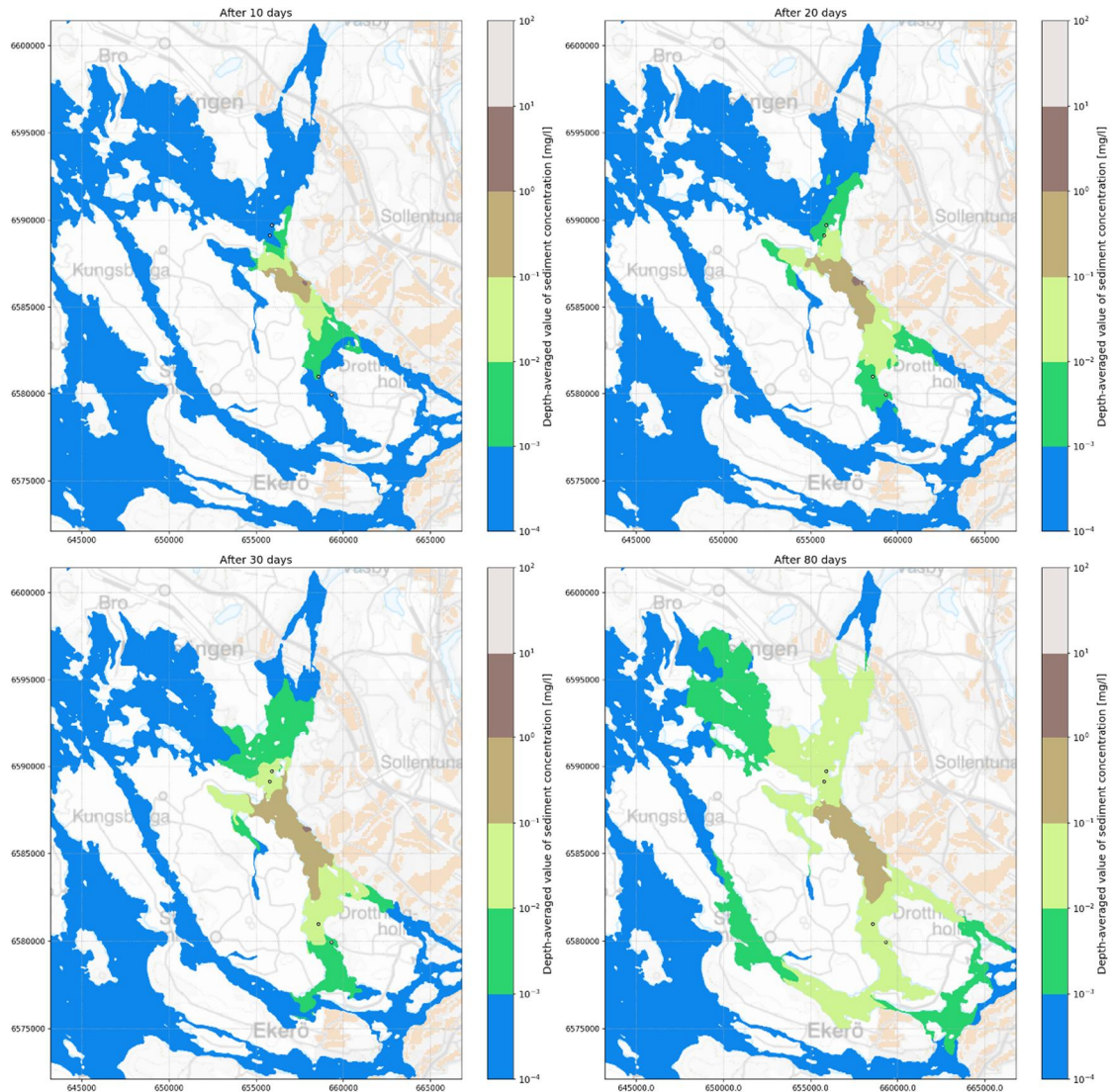
Figur 6-7. Scenario 6. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen i inre (övre bild) och yttre (nedre bild) hamn. Resultat från den lokala modellen för de 30 första dagarna.



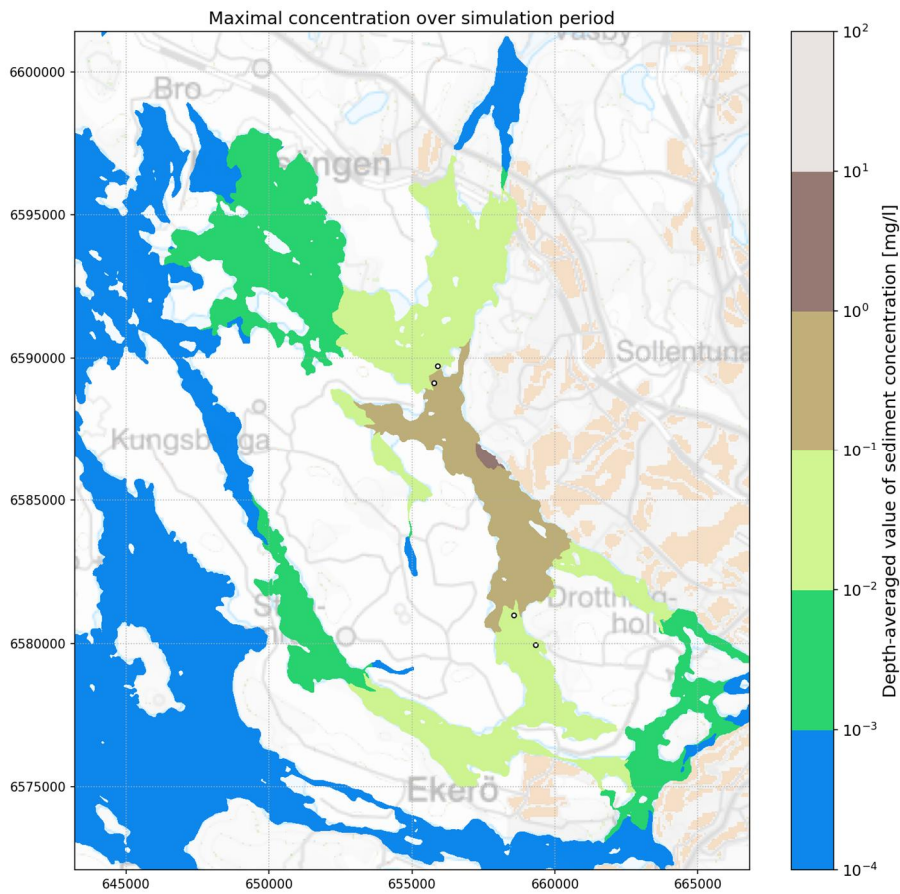
Figur 6-8. Scenario 6. Sedimenteringstjocklek.

7. Scenario 7

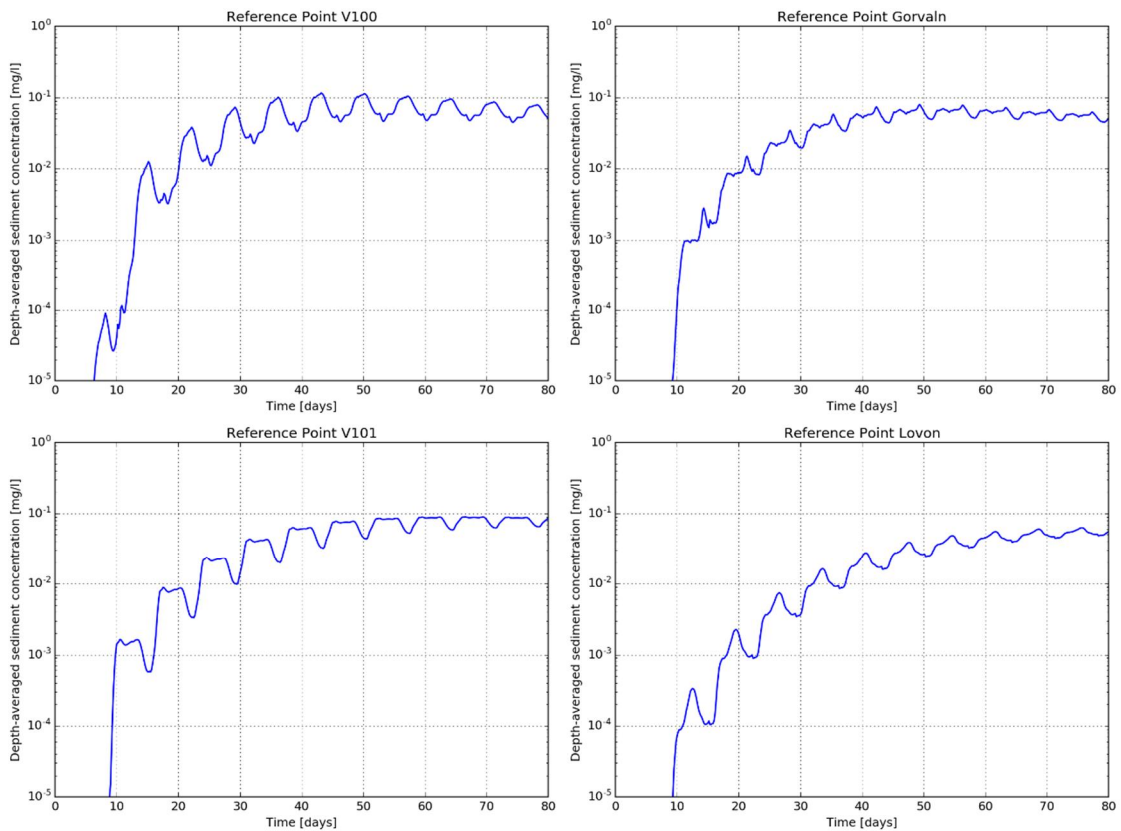
Beskrivning: Basscenario med 2%-spill, medelvind, utan bakgrundsströmmar, fallhastighet 1, utan skiktning.



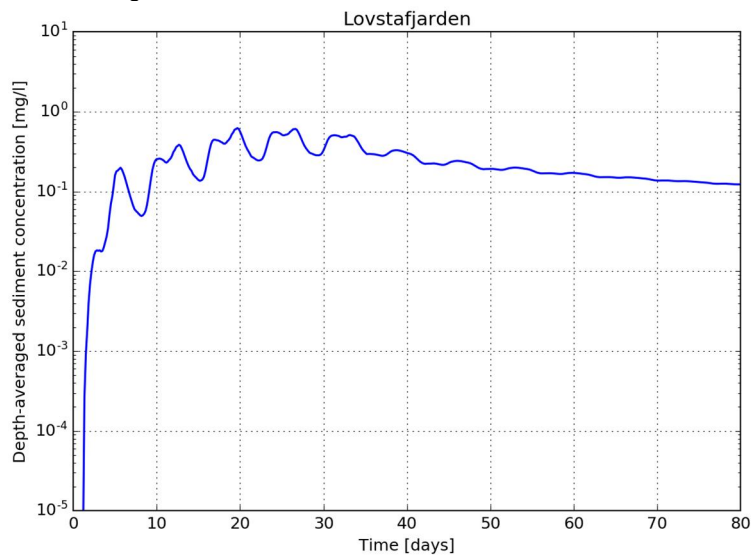
Figur 7-1. Scenario 7. Djupmedelvärde av sedimentkoncentration efter 10, 20, 30 och 80 dagar. OBS: värden lägre än 10^{-4} mg/l redovisas med blå färg.



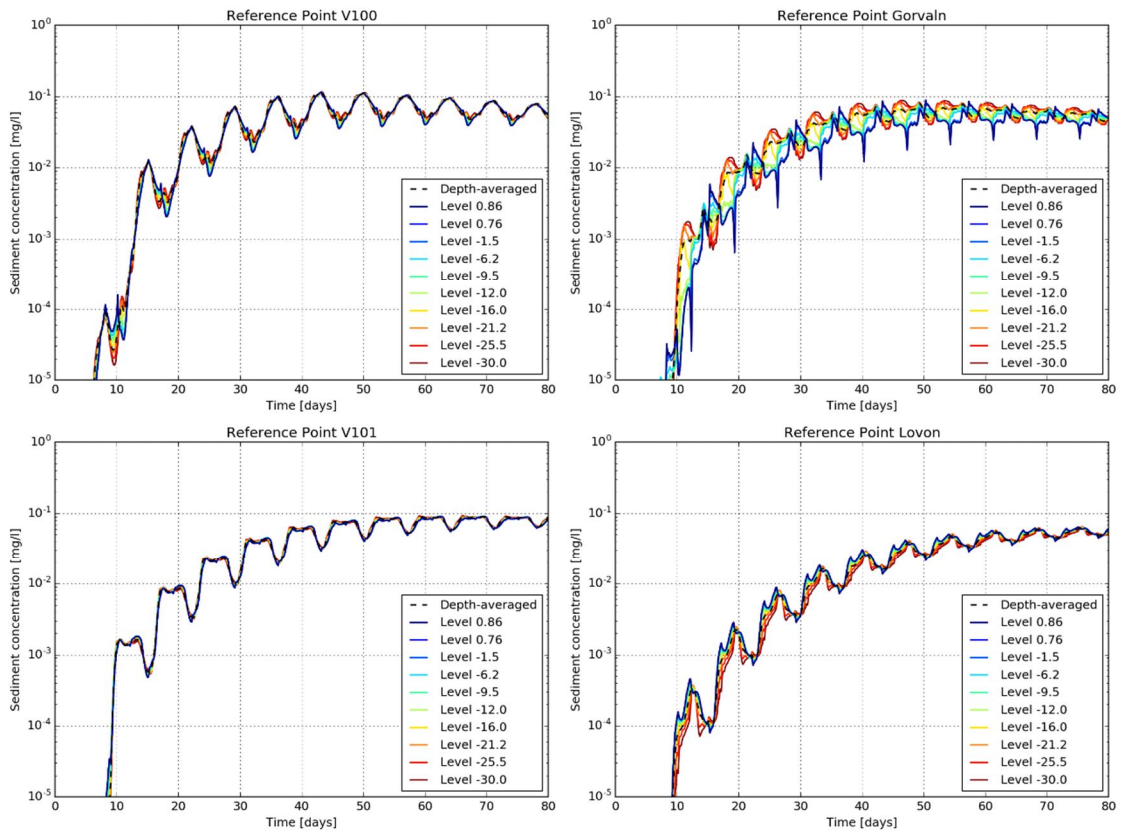
Figur 7-2. Scenario 7. Maximalvärde av sedimentkoncentration (djupmedelvärdet) under hela simuleringsperioden. OBS: värden lägre än 10^{-4} mg/l redovisas med blå färg.



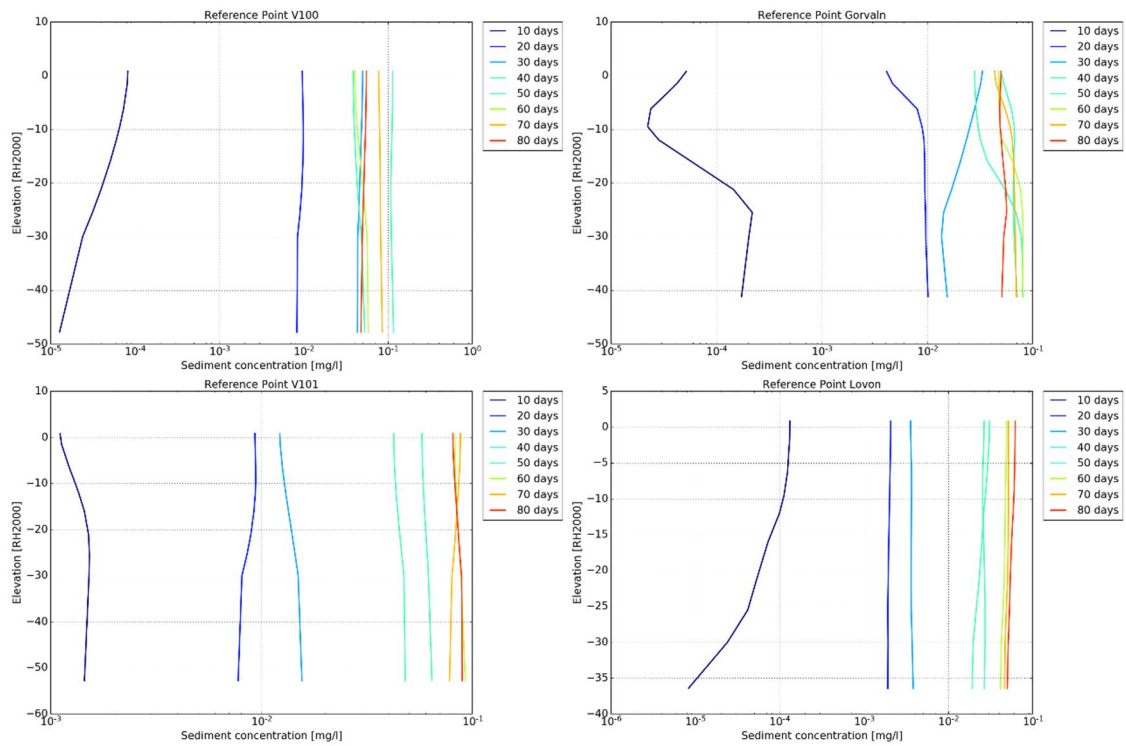
Figur 7-3. Scenario 7. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid referenspunkterna för råvattenintagen.



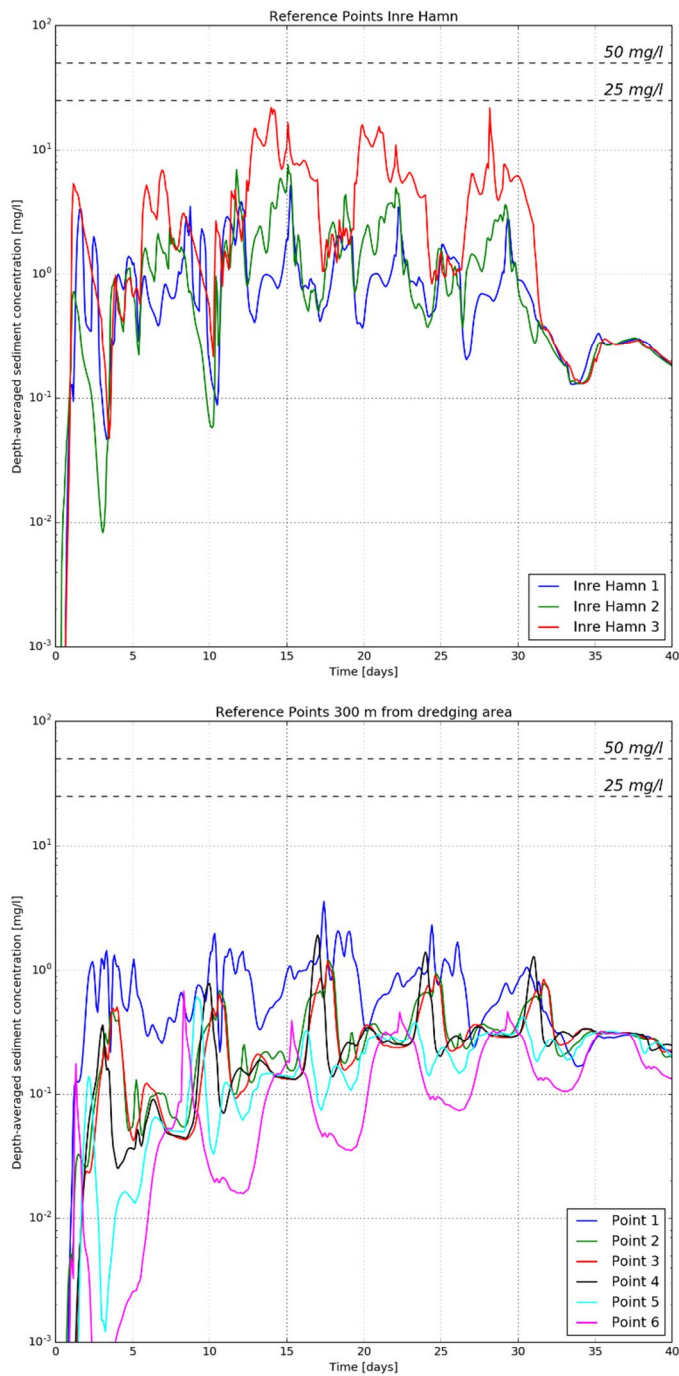
Figur 7-4. Scenario 7. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid mitten av Lövstafjärden mitt emot Lövsta.



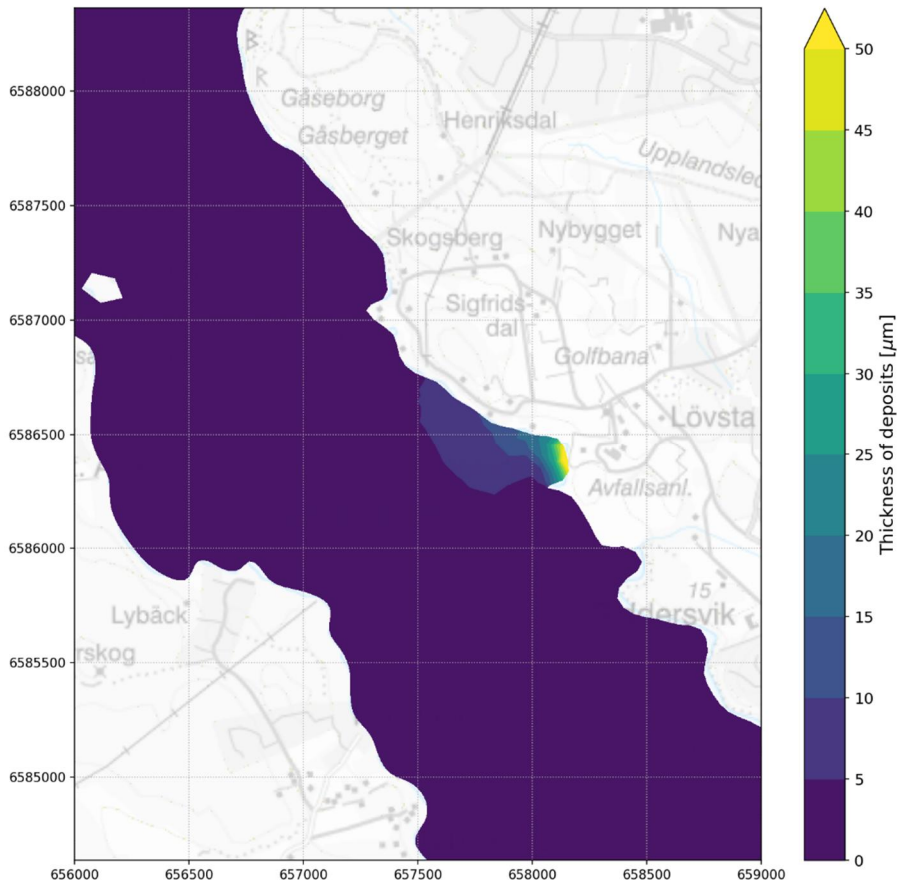
Figur 7-5. Scenario 7. Sedimentkoncentrationer vid olika nivåer vid referenspunkterna för råvattenintagen.



Figur 7-6. Scenario 7. Variation av sedimentkoncentrationen i djupled vid referenspunkterna för råvattenintagen.



Figur 7-7. Scenario 7. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen i inre (övre bild) och yttre (nedre bild) hamn. Resultat från den lokala modellen.

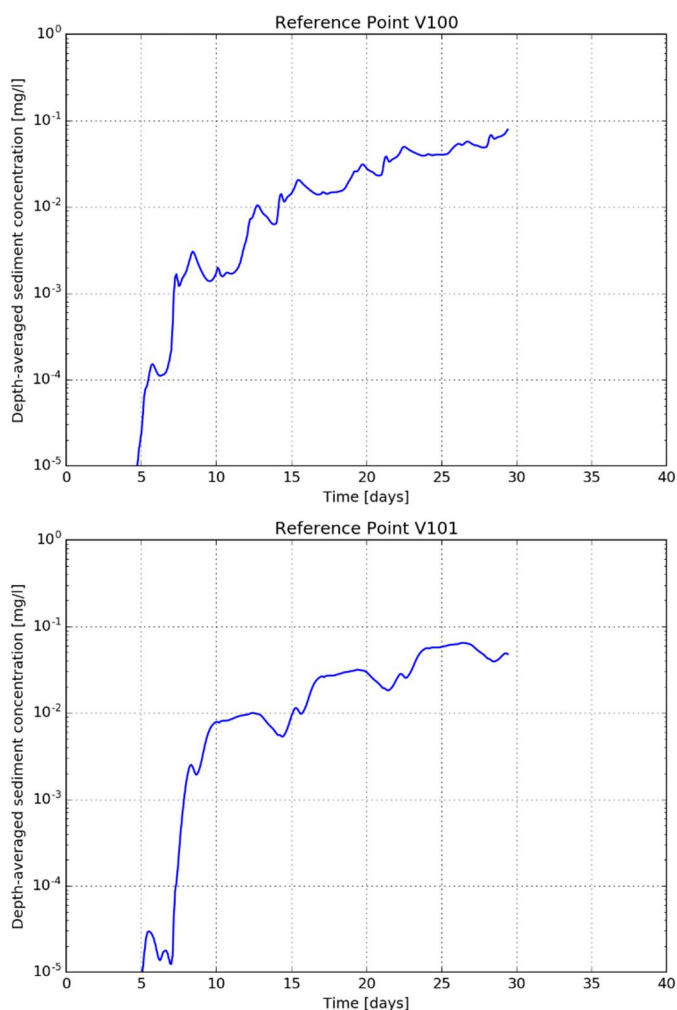


Figur 7-8. Scenario 7. Sedimenteringstjocklek.

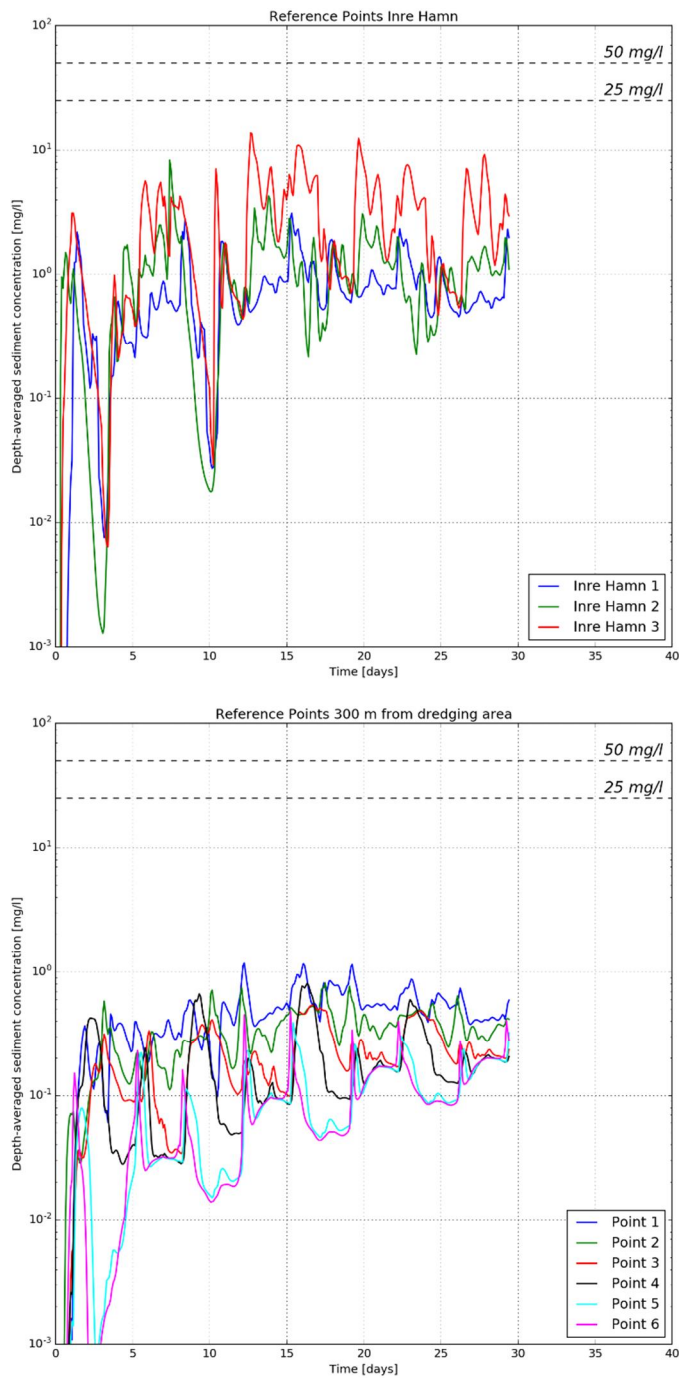
8. Scenario 8

Beskrivning: Scenario med 2%-spill, medelhögvind, utan bakgrundsströmmar, fallhastighet 1, utan skiktning.

Detta scenario har simulerats i den lokala modellen enbart. Redovisning begränsas till sedimentkoncentration vid referenspunkterna för råvattenintagen samt för inre och yttre hamn. Avseende råvattenintagen, koncentrationerna bara för punkter "V100" och "V101" då de två andra punkterna, som ligger inom vattenskyddsområdena, bedöms kunna påverkas av randeffekter (fiktiv utspädning vid inflöde från de öppna ränderna i den lokala modellen).



Figur 8-1. Scenario 8. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid referenspunkterna för råvattenintagen. Resultat från den lokala modellen för de 29 första dagarna.

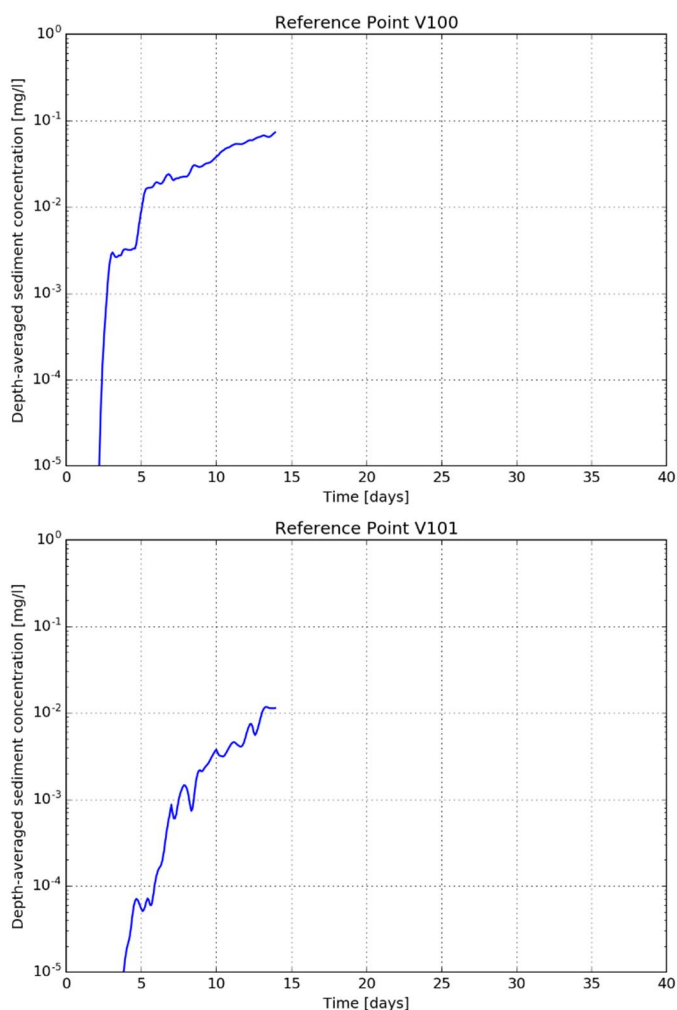


Figur 8-2. Scenario 8. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen i inre (övre bild) och yttre (nedre bild) hamn. Resultat från den lokala modellen för de 29 första dagarna.

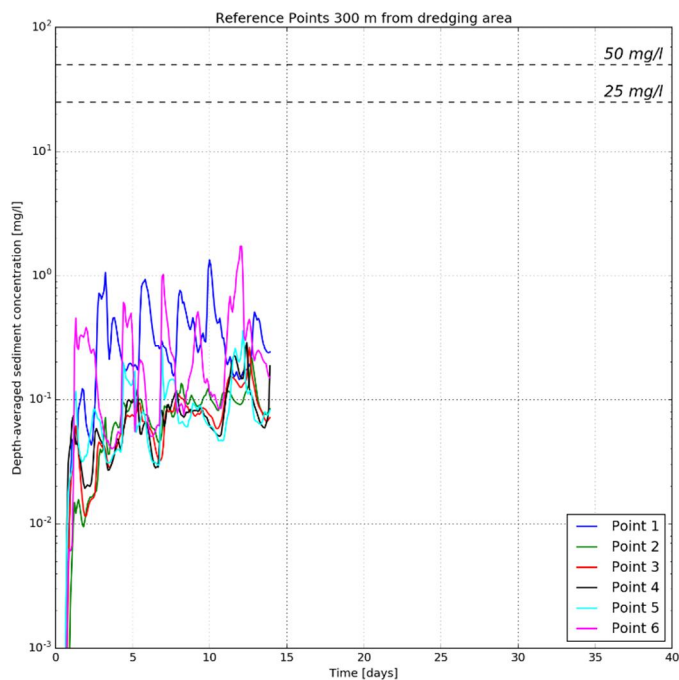
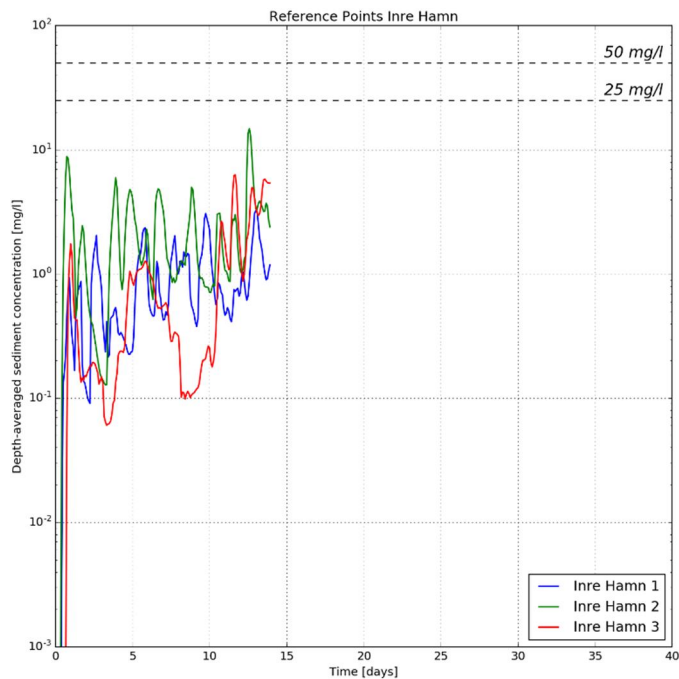
9. Scenario 9

Beskrivning: Scenario med 2%-spill, medelvind, utan bakgrundsströmmar, fallhastighet 1, med skiktning.

Detta scenario har simulerats i den lokala modellen enbart. Redovisning begränsas till sedimentkoncentration vid referenspunkterna för råvattenintagen samt för inre och yttre hamn. Avseende råvattenintagen, koncentrationerna bara för punkter "V100" och "V101" då de två andra punkterna, som ligger inom vattenskyddsområdena, bedöms kunna påverkas av randeffekter (fiktiv utspädning vid inflöde från de öppna ränderna i den lokala modellen).



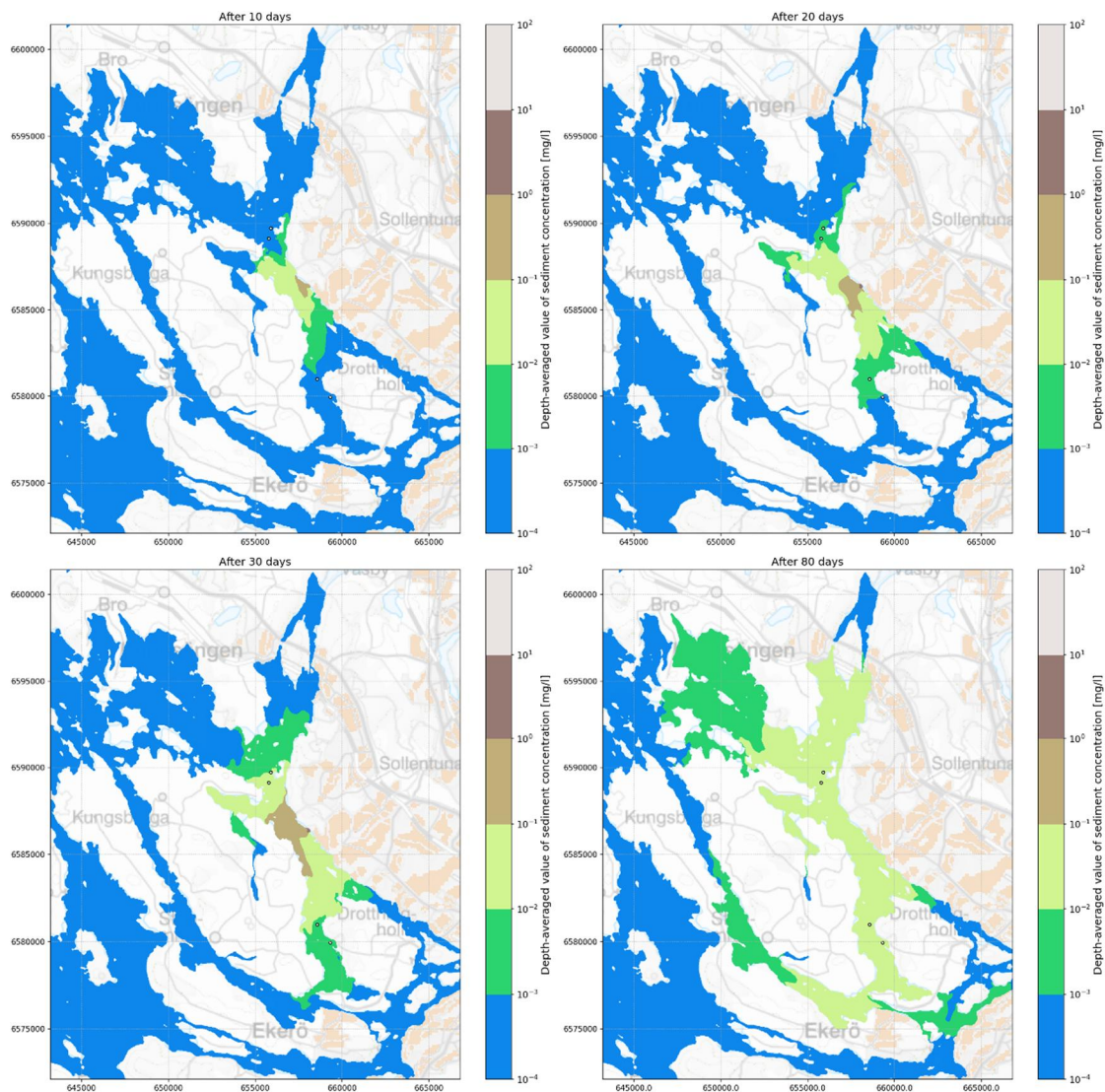
Figur 9-1. Scenario 9. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid referenspunkterna för råvattenintagen. Resultat från den lokala modellen för de 14 första dagarna.



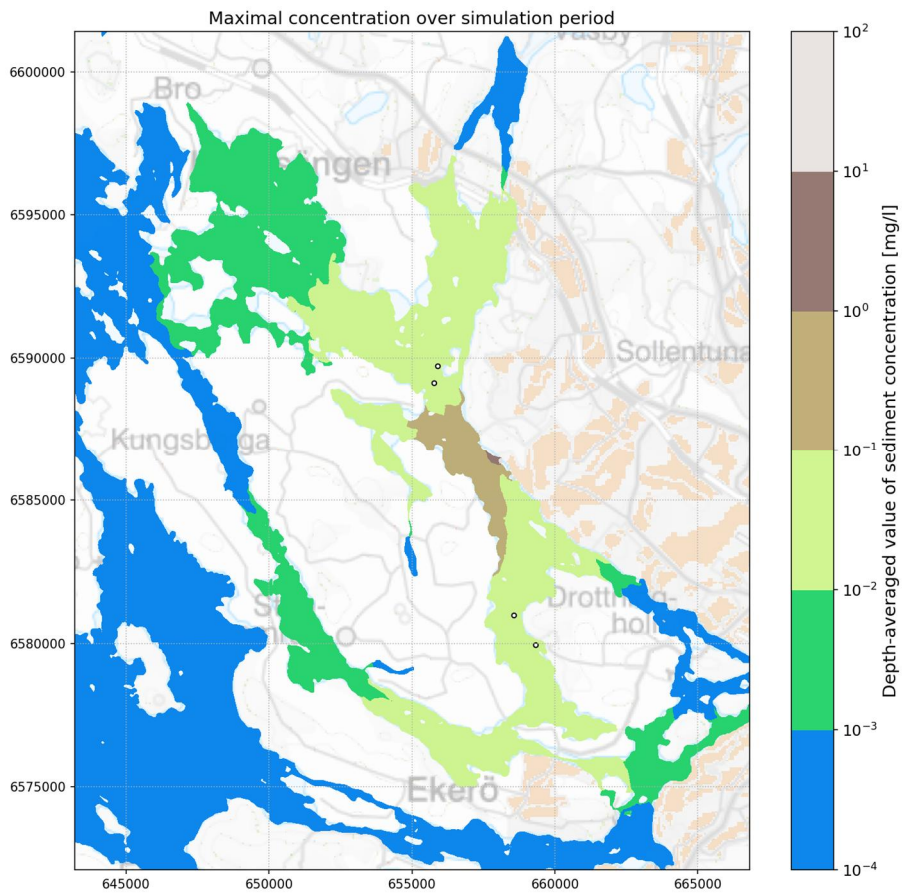
Figur 9-2. Scenario 9. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen i inre (övre bild) och yttre (nedre bild) hamn. Resultat från den lokala modellen för de 14 första dagarna.

10. Scenario 10

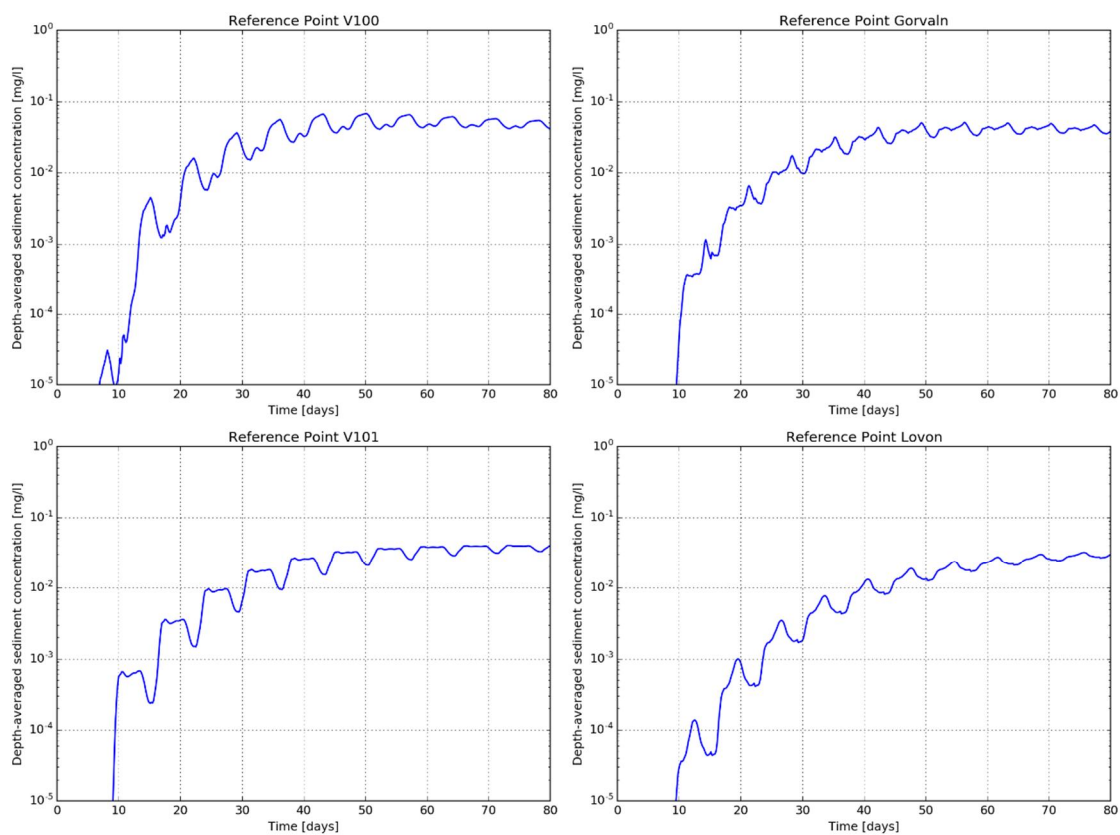
Beskrivning: Scenario med 2%-spill, medelvind, utan bakgrundsströmmar, fallhastighet 2, utan skiktning.



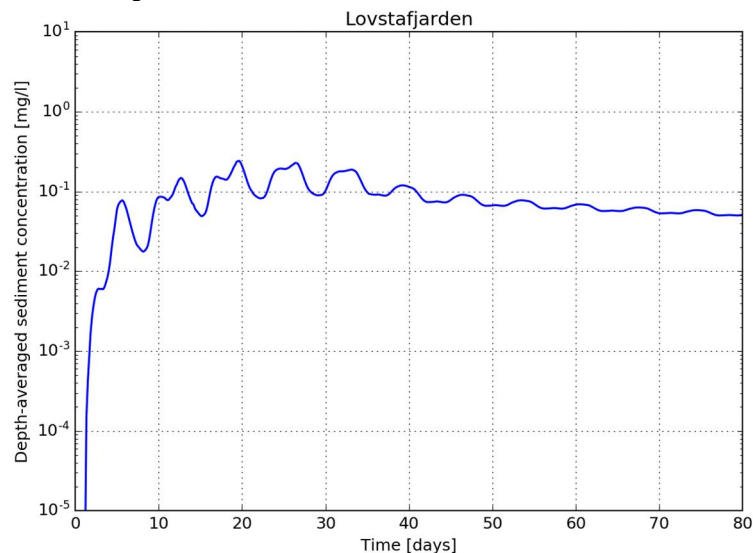
Figur 10-1. Scenario 10. Djupmedelvärdet av sedimentkoncentration efter 10, 20, 30 och 80 dagar. OBS: värden lägre än 10^{-4} mg/l redovisas med blå färg.



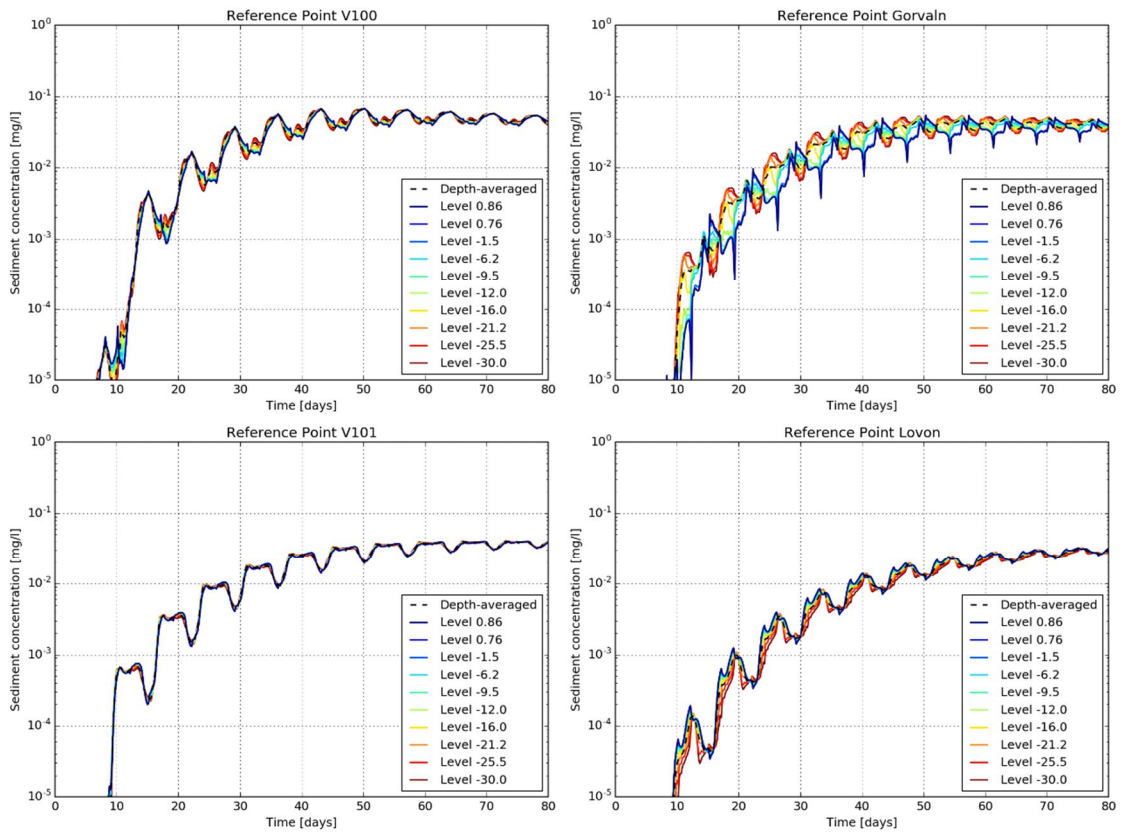
Figur 10-2. Scenario 10. Maximalvärde av sedimentkoncentration (djupmedelvärde) under hela simuleringsperioden. OBS: värden lägre än 10^{-4} mg/l redovisas med blå färg.



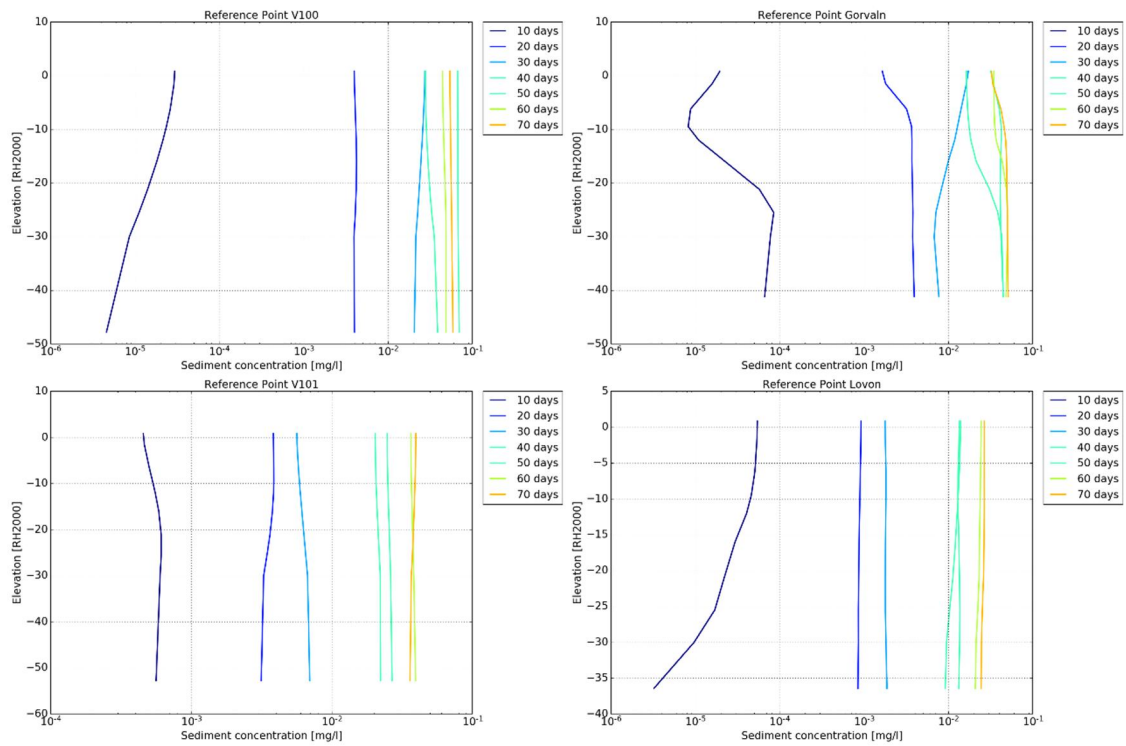
Figur 10-3. Scenario 10. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid referenspunkterna för råvattenintagen.



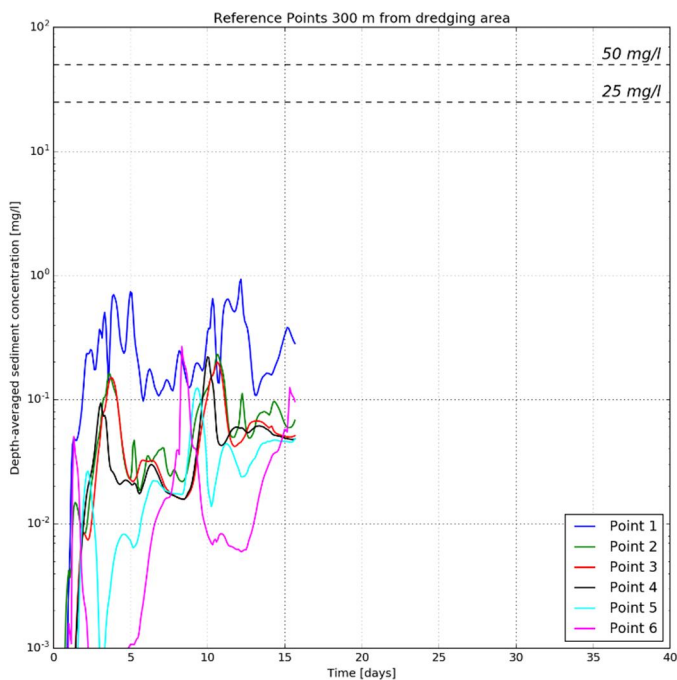
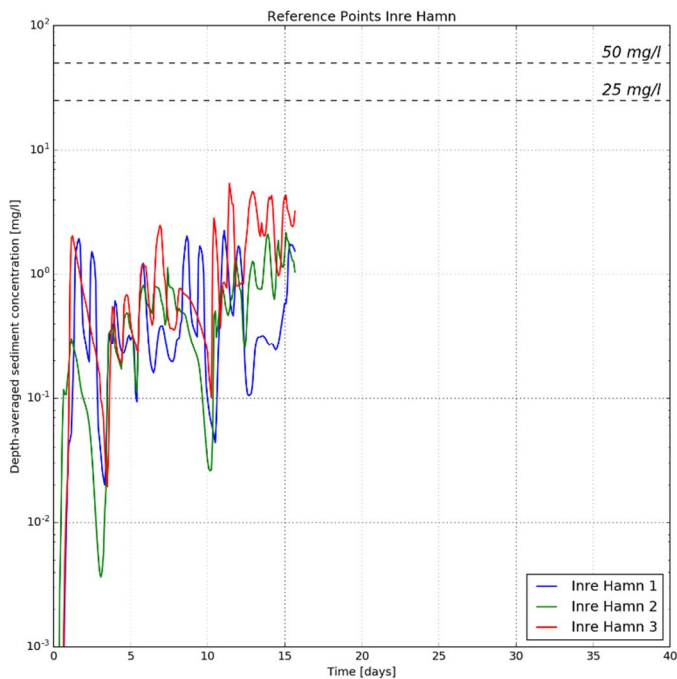
Figur 10-4. Scenario 10. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid mitten av Lövstafjärden mitt emot Lövsta.



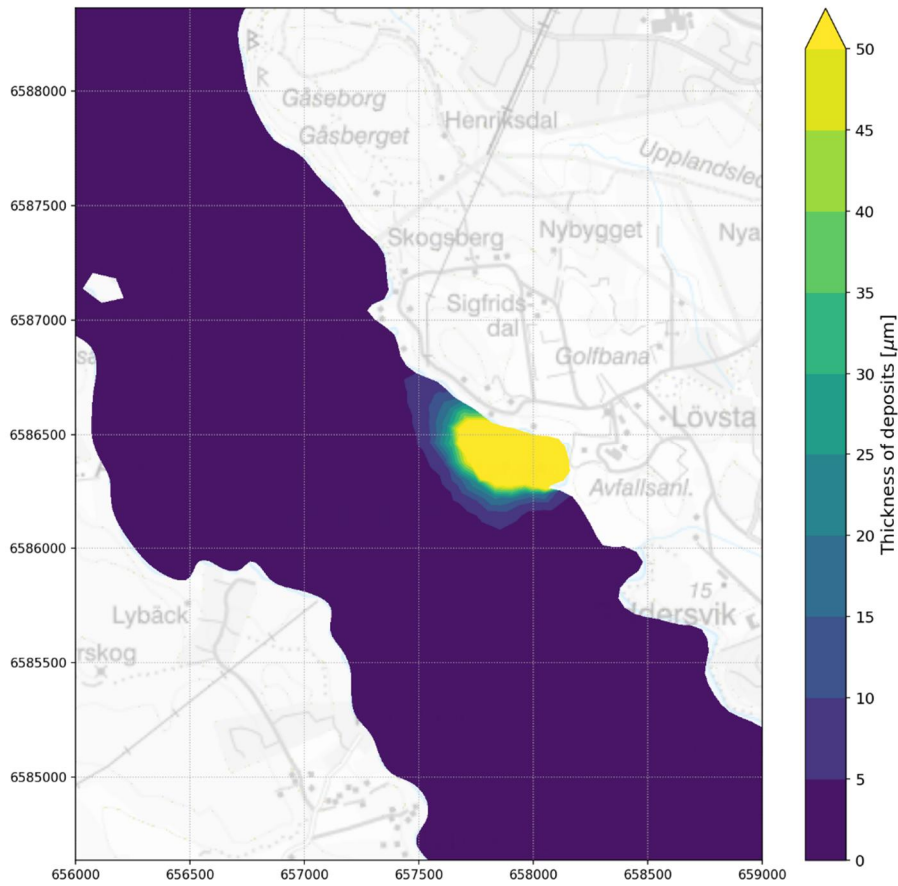
Figur 10-5. Scenario 10. Sedimentkoncentrationer vid olika nivåer vid referenspunkterna för råvattenintagen.



Figur 10-6. Scenario 10. Variation av sedimentkoncentrationen i djupled vid referenspunkterna för råvattenintagen.



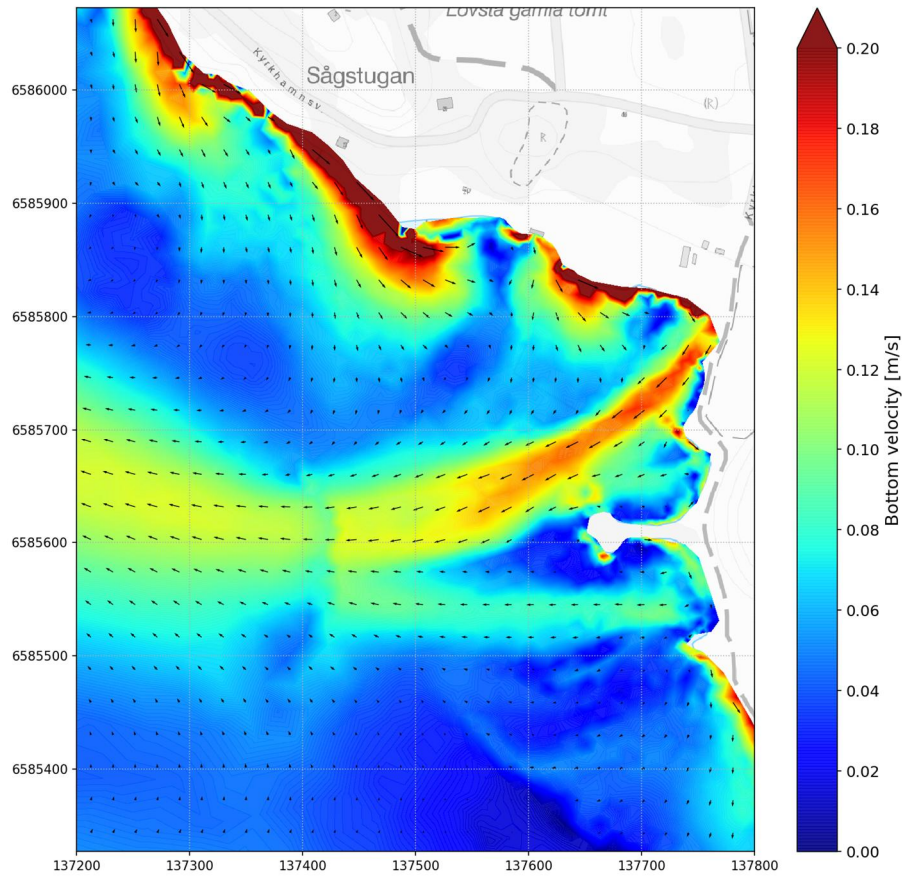
Figur 10-7. Scenario 10. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen i inre (övre bild) och yttre (nedre bild) hamn. Resultat från den lokala modellen för de 16 första dagarna.



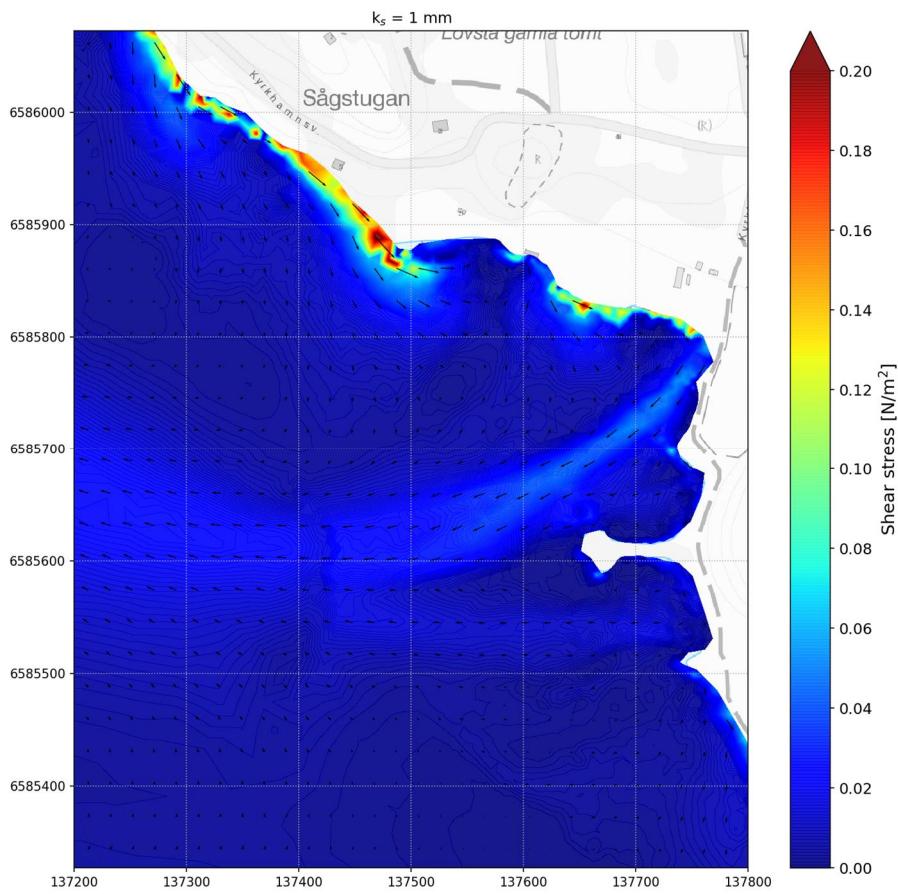
Figur 10-8. Scenario 10. Sedimenteringstjocklek.

11. Scenario 11

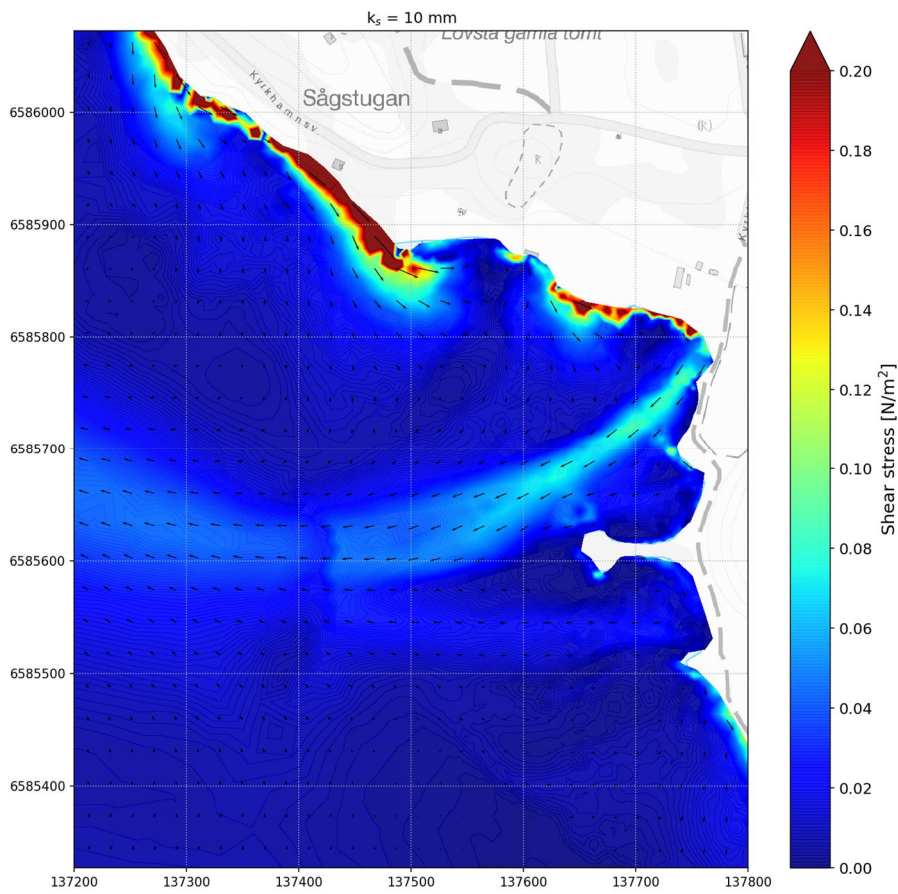
Beskrivning: Extrem hög västlig vind, 15 m/s under två dagar. Ingen temperaturskikning.



Figur 11-1. Scenario 11. Strömningshastigheter 0,5 m ovanför botten.



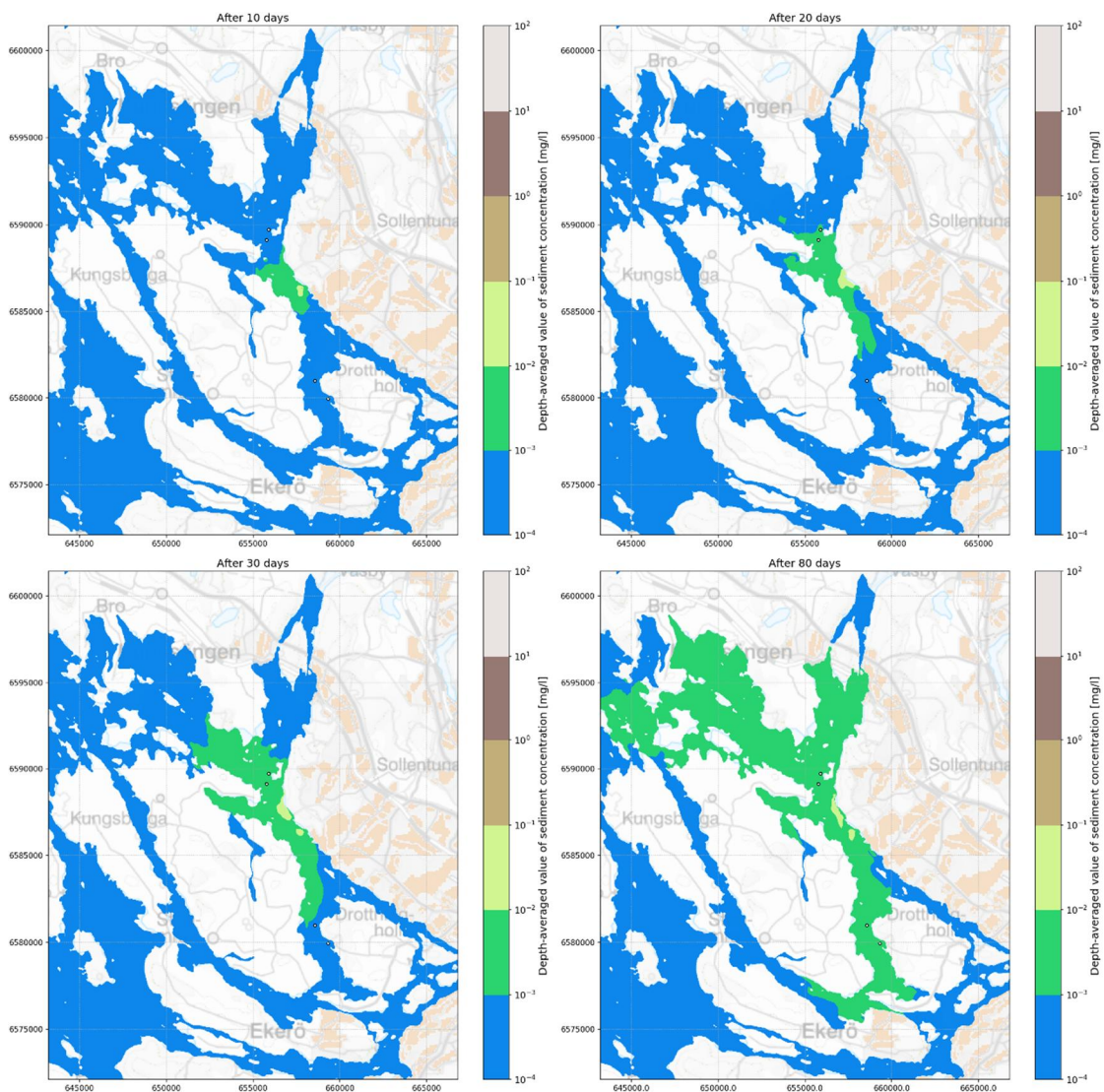
Figur 11-2. Scenario 11. Framräknade bottenskjuvspänning med $k_s = 1 \text{ mm}$.



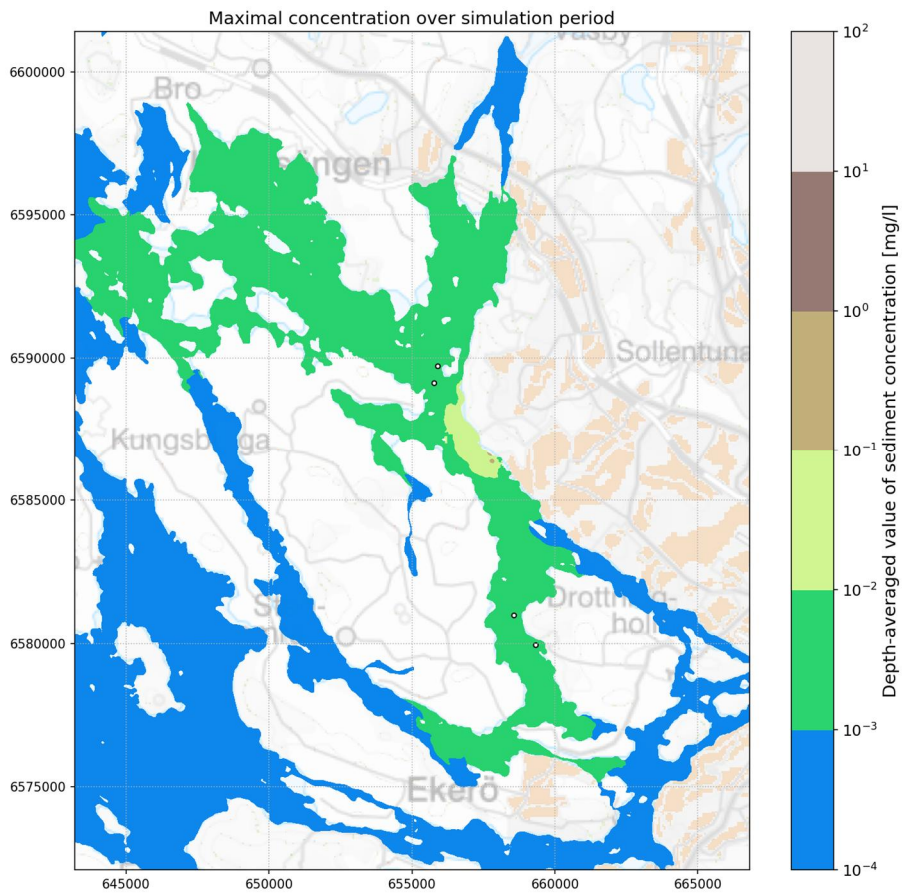
Figur 11-3. Scenario 11. Framräknade bottenkjuvspänning med $k_s = 10$ mm.

12. Scenario 12

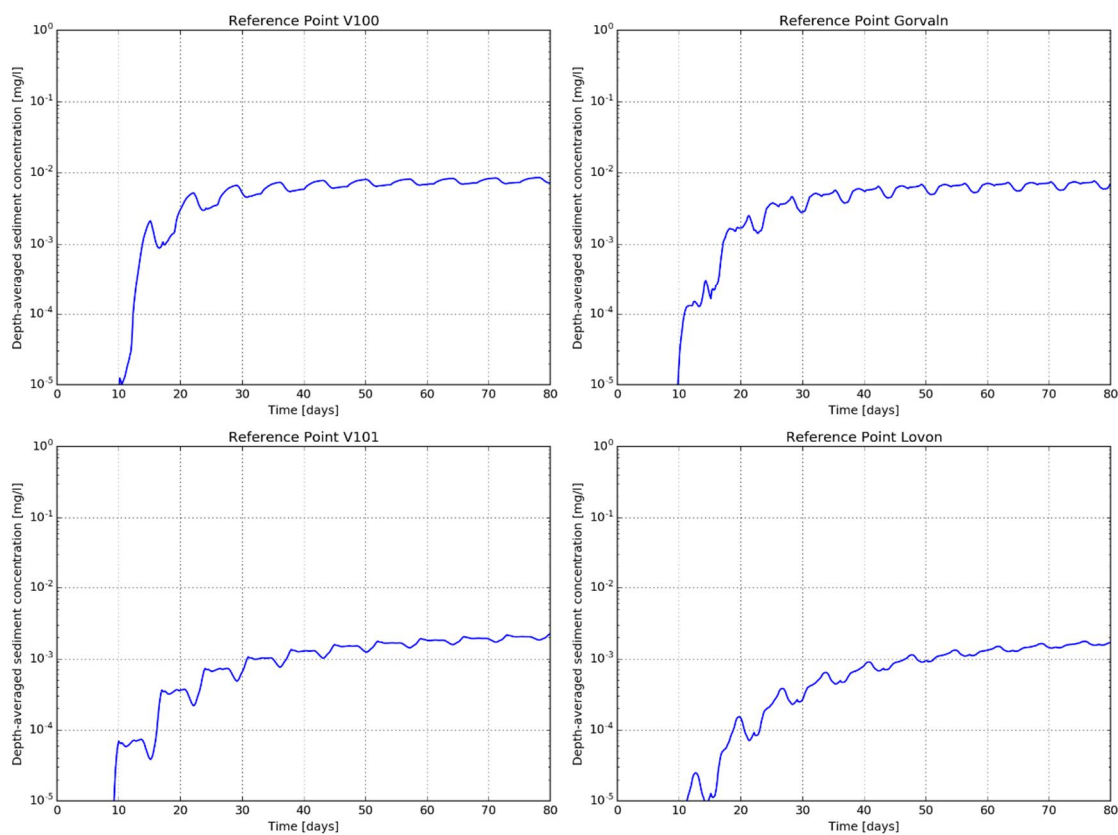
Beskrivning: Spridning av eroderat bottenmaterial utanför muddringsområdet p.g.a. propellerströmmar (150 kg eroderat material per anlöp, ett anlöp per dag under hela simuleringsperioden). Medelvind, utan bakgrundsströmmar, fallhastighet 1, utan skiktning.



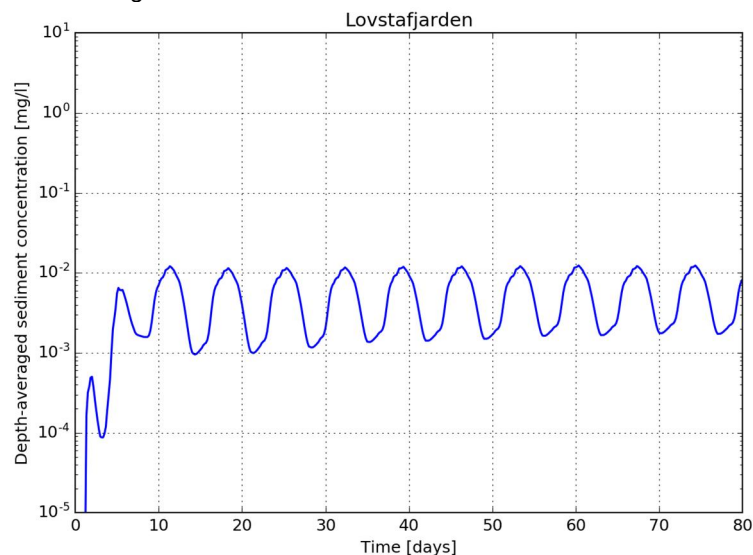
Figur 12-1. Scenario 12. Djupmedelvärde av sedimentkoncentration efter 10, 20, 30 och 80 dagar. OBS: värden lägre än 10^{-4} mg/l redovisas med blå färg.



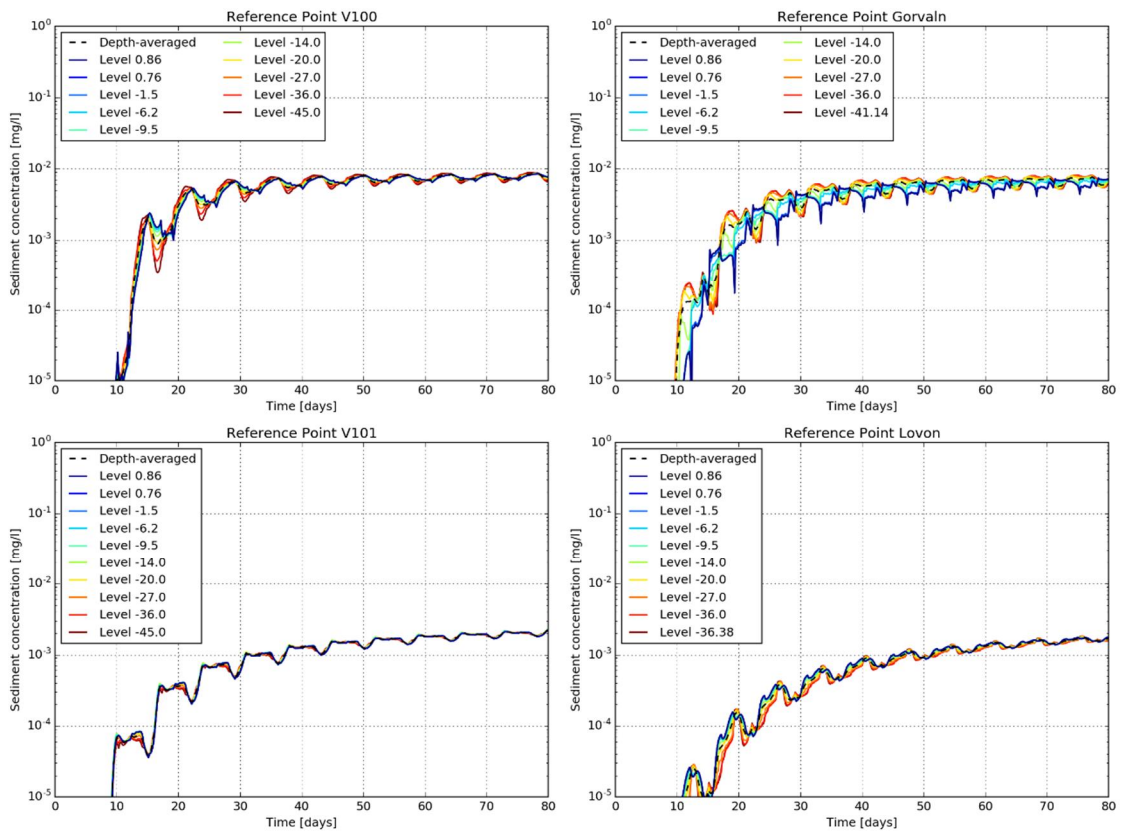
Figur 12-2. Scenario 12. Maximalvärde av sedimentkoncentration (djupmedelvärde) under hela simuleringsperioden. OBS: värden lägre än 10^{-4} mg/l redovisas med blå färg.



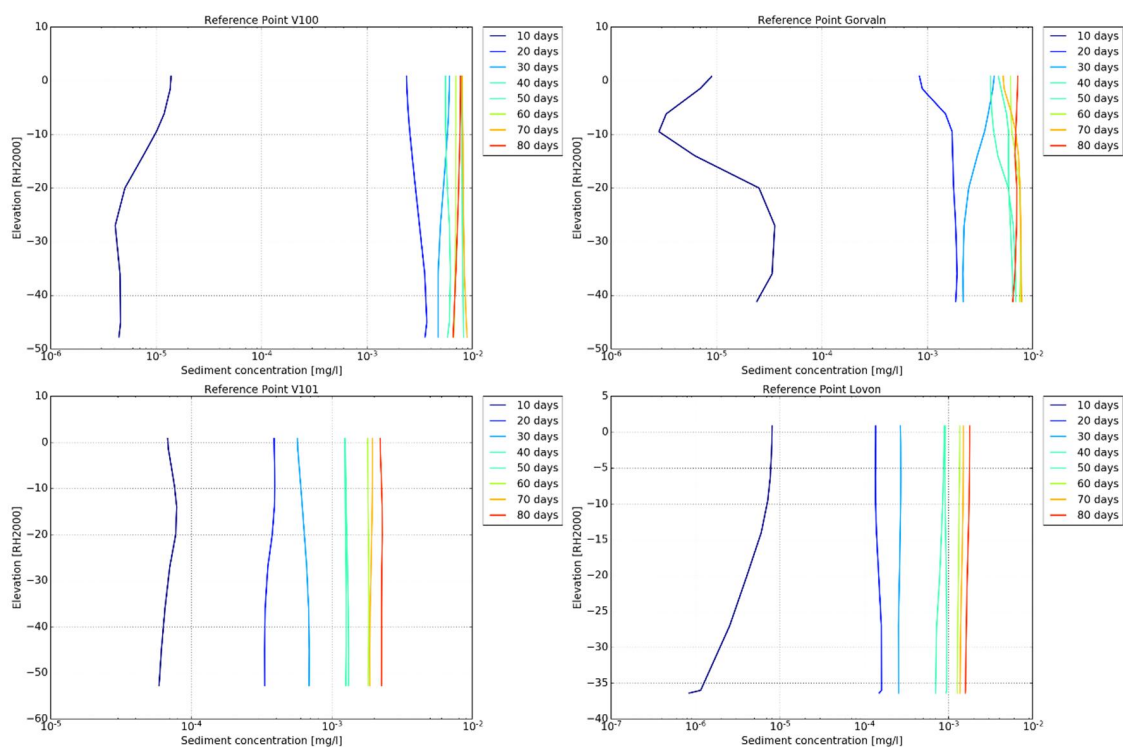
Figur 12-3. Scenario 12. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid referenspunkterna för råvattenintagen.



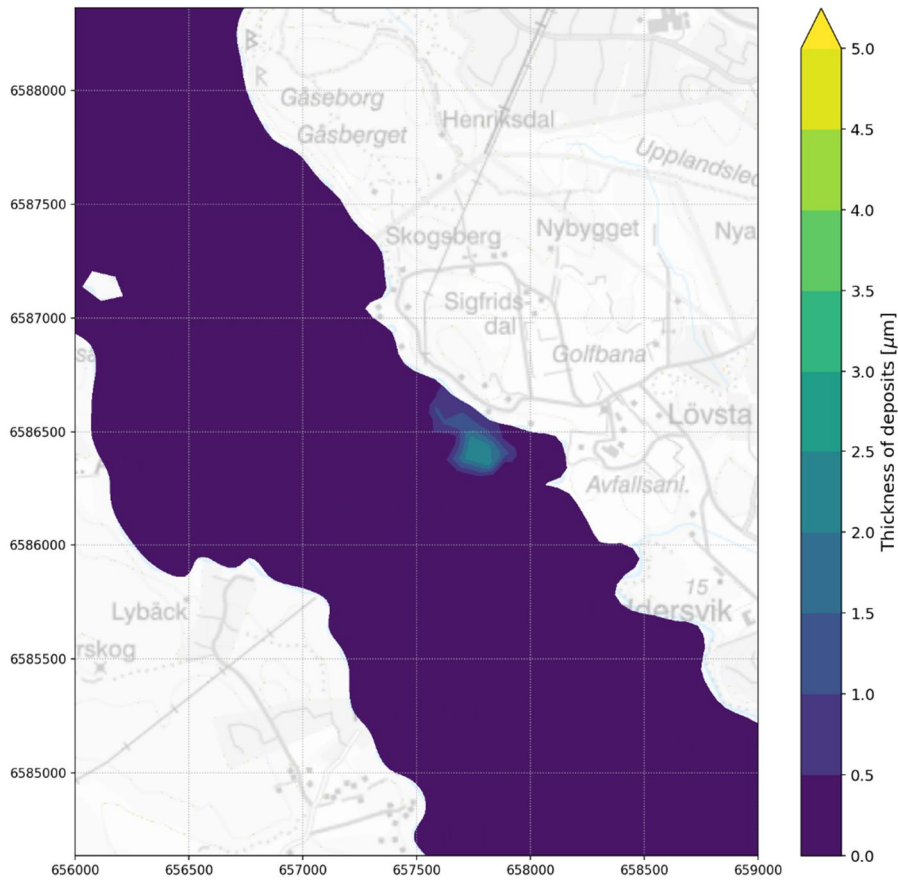
Figur 12-4. Scenario 12. Djupmedelvärde av sedimentkoncentrationen vid mitten av Lovstafjärden mitt emot Lövsta.



Figur 12-5. Scenario 12. Sedimentkoncentrationer vid olika nivåer vid referenspunkterna för råvattenintagen.



Figur 12-6. Scenario 12. Variation av sedimentkoncentrationen i djupled vid referenspunkterna för råvattenintagen.



Figur 12-7. Scenario 12. Sedimenteringstjocklek.

BILAGA 2: RAPPORT SEDIMENTANALYS

Wiertsema & Partners



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
P.O. Box 27, 9356 ZG Tolbert
The Netherlands
Tel.: +31 594 51 68 64
Fax: +31 594 51 64 79
Email: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Geotechnical laboratory research

Sedigraph analysis at Stockholm

VN-74362-1 | September 24, 2019




Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
P.O. Box 27, 9356 ZG Tolbert
The Netherlands
Tel.: +31 594 51 68 64
Fax: +31 594 51 64 79
Email: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Subject: Sedigraph analysis at Stockholm
Project number: VN-74362-1
Client: Sweco Civil AB
Box 340 44
SE-100 26 Stockholm
Date: September 24, 2019

Version	Date	Description
1	August 2, 2019	
2	September 24, 2019	With adjusted particle density

Author:	D. Bergsma
Signature:	
Document:	Rnr
Status:	final
Approved by:	ing. A. Dijkstra



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Contents

page

1	Introduction	4
1.1	Reason and purpose.....	4
1.2	Quality assurance	4
1.3	Acceptance soil samples	4
1.4	Opening undisturbed samples.....	4
1.5	Reading Guide	4
2	Geotechnical laboratory research.....	5
3	Explanation geotechnical laboratory tests.....	5
3.1	Particle density	5
3.2	Particle size distribution (2 μ m – 63 mm).....	5
3.3	Settling Velocity.....	6
3.4	Sedigraph analysis	6
3.5	Classification.....	6

Attachment:

1	Particle size distribution (2 μ m – 63 mm) including
2	Settling Velocity Table
3	Sedigraph analysis
4	Classification



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Introduction

1.1 Reason and purpose

At the request of Sweco Civil AB in Stockholm we have performed geotechnical laboratory tests for the purpose of the Sedigraph analysis at Stockholm.

1.2 Quality assurance

The laboratory tests are carried out under our quality system NEN-EN-ISO 9001 and our environmental management system NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. meets the safety standard SCC**.

1.3 Acceptance soil samples

All arrived soil samples are checked at visual damage and the right identification. Each sample is registered and stored for convenient retrieval. The samples are delivered by the client.

1.4 Opening undisturbed samples

The soil samples are removed from the container under controlled circumstances.

1.5 Reading Guide

After the introduction in the first chapter the geotechnical laboratory research follows in the second chapter. At the end there will be an explanation of the different geotechnical tests.



2 Geotechnical laboratory research

The following geotechnical laboratory tests have been done:

▲ Classification tests:

- 10 times particle density
- 10 times particle size distribution (2 μm – 63 mm) including Sedigraph analysis and Settling Velocity Table

3 Explanation geotechnical laboratory tests

3.1 Particle density

Particle density can be tested in accordance with ISO/TS 17982-3. The density of the solid particles of an oven-dried soil sample is determined by means of gas displacement pycnometer, using helium. The gas pycnometer method is based on the determination of the difference in the change in gas pressure, within the apparatus, between tests with the sample present and a reference test without a sample. The pressure difference is converted to a volume difference using Boyle's Law. The density of the particles is calculated from the dry mass of the sample and the volume difference, see results in attachment 2.

3.2 Particle size distribution (2 μm – 63 mm)

Particle size analysis can be performed by means of sieving (**sieve diameter**) and/or sedigraph (**fall diameter**) readings,. Sieving is carried out for particles that would be retained on a 0.063 mm sieve, while additional sedigraph readings may be carried out when a significant fraction of the material passes a 0.063 mm sieve. In a sieve analysis, the mass of soil retained on each sieve is determined and expressed as a percentage of the total mass of the sample. Prior to sieving, samples are treated with a dispersing agent (sodium hexameta-phosphate), rinsed on a 0.063 mm sieve and dried.

The concentration particles smaller than 0.063 mm is measured by attenuation of an X-ray beam. A stable, narrow, collimated beam of X-rays passes through a suspension of the sample; it is detected at a known height from the top of the sample cell. The sample cell is completely filled with sample suspension for the duration of the analysis. The cumulative mass percent of sample present at a given sedimentation height is continuously determined. The X-ray signal attenuation at the known height is compared to the attenuation with suspending liquid and also to the attenuation with the homogeneously dispersed sample present in the liquid. See attachment 1.



3.3 Settling Velocity

By the Sedigraph method, the sample is first dispersed in a liquid. Agitation of the dispersion assures a homogeneous distribution is maintained in the sample cell prior to the beginning of the test. Agitation is ceased and the particles are allowed to settle. The largest particles settle at the highest velocity, so after each time period, all particles greater than a certain size will have fallen below the measuring zone. Knowing the position of the measuring zone and the elapsed time since sediment began, the settling velocity can be calculated, and through Stokes' equation, the particle size boundaries defining each size class are determined. See attachment 2.

3.4 Sedigraph analysis

Attached the sedigraph analysis, see attachment 3.

3.5 Classification

The NEN5104 classification has, as far as possible, been converted to ISO 14688-2, see attachment 4.





Attachment 1

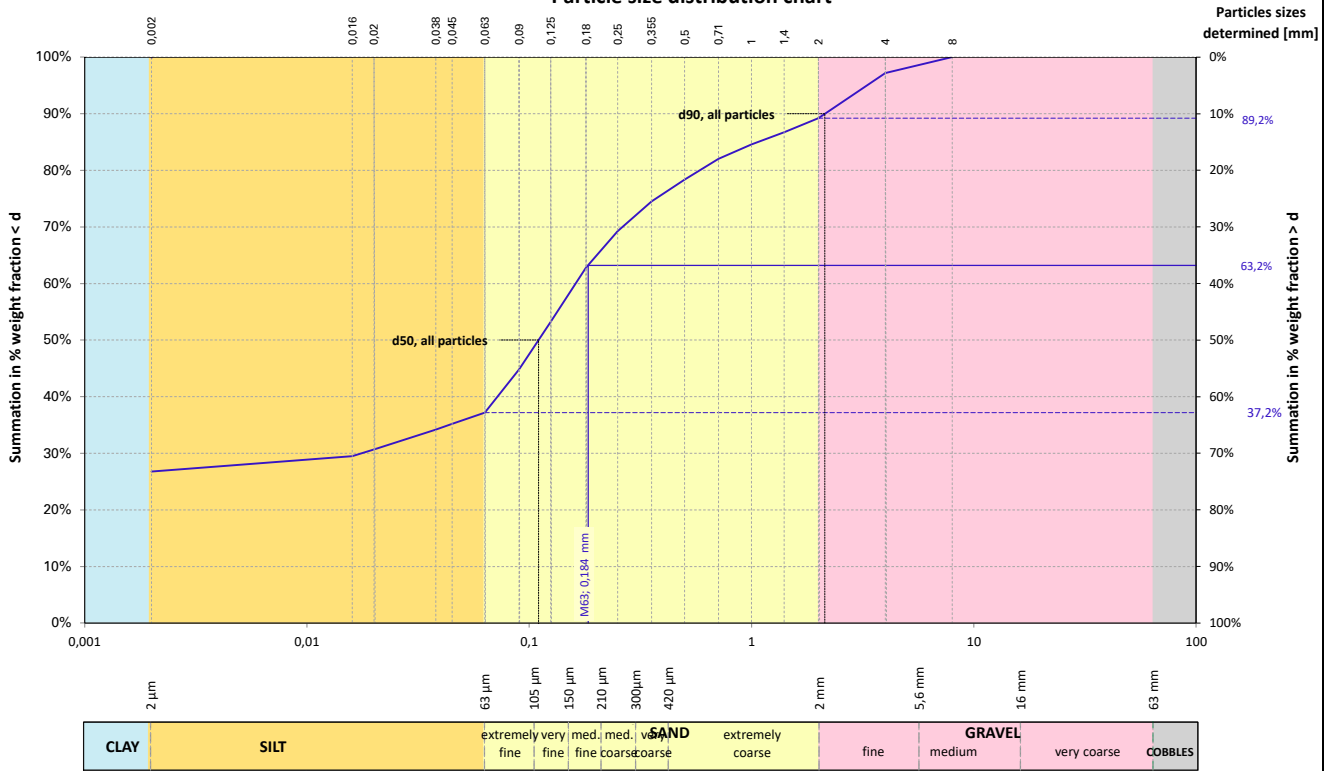



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Boornr. Code	Reference level: surface	Material according to NEN 5104	Used sieves [mm] with summation in % weight fraction > d																		Sand particles			
			4	2	1,4	1	0,71	0,500	0,355	0,250	0,180	0,125	0,09	0,063	0,045	0,038	0,020	0,016	0,002	0,000	Mz	Fineness modulus Fm	D ₆₀ /D ₁₀	D ₁₅
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]
4A	+0,00 to -0,10 m.	Ks3g2	2,8	10,8	13,3	15,4	18,0	21,6	25,5	30,7	37,2	46,8	55,2	62,8	64,8	65,8	69,3	70,5	73,2	100,0	0,184	1,281	2,980	0,091
14A	+0,00 to -0,30 m.	Ks4	-	-	-	-	1,6	2,2	3,4	6,8	10,2	14,4	20,5	29,4	34,6	38,2	43,2	46,2	77,6	100,0	0,123	0,234	2,224	0,075
19B	+0,00 to -0,25 m.	Ks2, met een spoor grind	-	0,2	0,5	0,9	1,2	1,6	2,4	3,5	4,5	7,0	11,1	17,7	20,5	22,1	30,5	32,9	52,3	100,0	0,107	0,132	1,774	0,073
21B	+0,00 to -0,30 m.	Ks4g1	-	1,6	2,5	3,8	5,0	6,4	8,1	10,3	13,3	18,0	24,0	30,3	35,0	36,5	45,2	48,7	78,1	100,0	0,147	0,401	2,488	0,080
25B	+0,00 to -0,30 m.	Ks3	-	-	-	0,4	0,9	1,6	3,4	5,9	8,7	13,2	19,4	24,4	28,1	29,6	37,0	39,7	66,9	100,0	0,135	0,211	2,204	0,082
31A	+0,00 to -0,39 m.	Ks2	-	-	0,2	0,3	0,4	0,8	1,3	2,4	4,0	7,3	11,7	18,7	23,6	25,1	32,0	35,2	61,3	100,0	0,107	0,108	1,776	0,073
32B	+0,00 to -0,34 m.	Kz1g3	11,0	23,6	29,5	34,7	39,0	43,8	48,1	52,6	56,6	60,7	64,5	68,3	69,6	70,1	72,6	73,6	81,8	100,0	0,420	2,264	6,224	0,115
36A	+0,00 to -0,35 m.	Ks1	-	-	-	-	0,1	0,3	0,7	1,3	2,2	3,6	6,4	8,9	12,2	12,9	17,6	19,5	42,3	100,0	0,113	0,052	1,781	0,076
39B	+0,00 to -0,30 m.	Kz1g1	0,7	2,9	3,4	4,2	4,9	5,7	6,6	8,3	11,7	20,3	34,1	53,1	58,0	60,1	65,7	66,9	76,0	100,0	0,104	0,421	1,694	0,073
43B	+0,00 to -0,50 m.	Ks1	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,5	0,9	1,9	3,5	6,1	7,0	7,9	12,0	13,7	32,7	100,0	0,099	0,026	1,624	0,071

Sedigraph analysis Stockholm		Sieving analysis	
 Wiertsema & Partners <small>RAADGEVEND INGENIEURS</small>		Total number of tests: wet sieving method: 10 of which 10 areometer	Job ref. 74362-1
			Date 1-08-2019
			Page 1 to 1
			

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,110
d 60 [mm]	0,162
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,184
M ₂₀₀₀ [mm]	3,2
D _m [mm]	-
F _m [-]	1,281
U ₁₆ [-] (16µm - 2mm)	96,07

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,080
D 15 [mm]	0,091
D 60 [mm]	0,239
D 90 [mm]	0,930
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	2,980
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	11,574
U [-] (63µm - 2mm)	60,669

Fraction < 63 µm		Sand		Gravel		Cobbles		
d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	
		0,075	-	2,8	-	125	-	
Clay	0,001	0,090	44,8	4,0	97,2	All particles		
	0,002	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-	
	0,004	0,125	53,2	8,0	100,0	d15 [mm]	-	
	0,006	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-	
	0,008	0,180	62,8	16,0	-	d30 [mm]	0,018	
	0,010	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	0,072	
	0,016	29,5	0,250	69,3	22,4	-	d50 [mm]	0,110
	0,020	30,7	0,355	74,5	31,5	-	d60 [mm]	0,162
	0,032	-	0,500	78,4	45,0	-	d70 [mm]	0,262
	0,038	34,2	0,710	82,0	63,0	-	d80 [mm]	0,585
Silt	0,045	35,2	1,000	84,6	-	d85 [mm]	1,067	
	0,063	37,2	1,400	86,7	-	d90 [mm]	2,138	
			2,000	89,2	-	Sand particles		
						D10 [mm]	0,080	
						D15 [mm]	0,091	
						D20 [mm]	0,100	
						D30 [mm]	0,123	
						D40 [mm]	0,150	
						D50 [mm]	0,184	
						D60 [mm]	0,239	
					D70 [mm]	0,334		
					D80 [mm]	0,522		
					D85 [mm]	0,672		
					D90 [mm]	0,930		



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined

Explanation of symbols

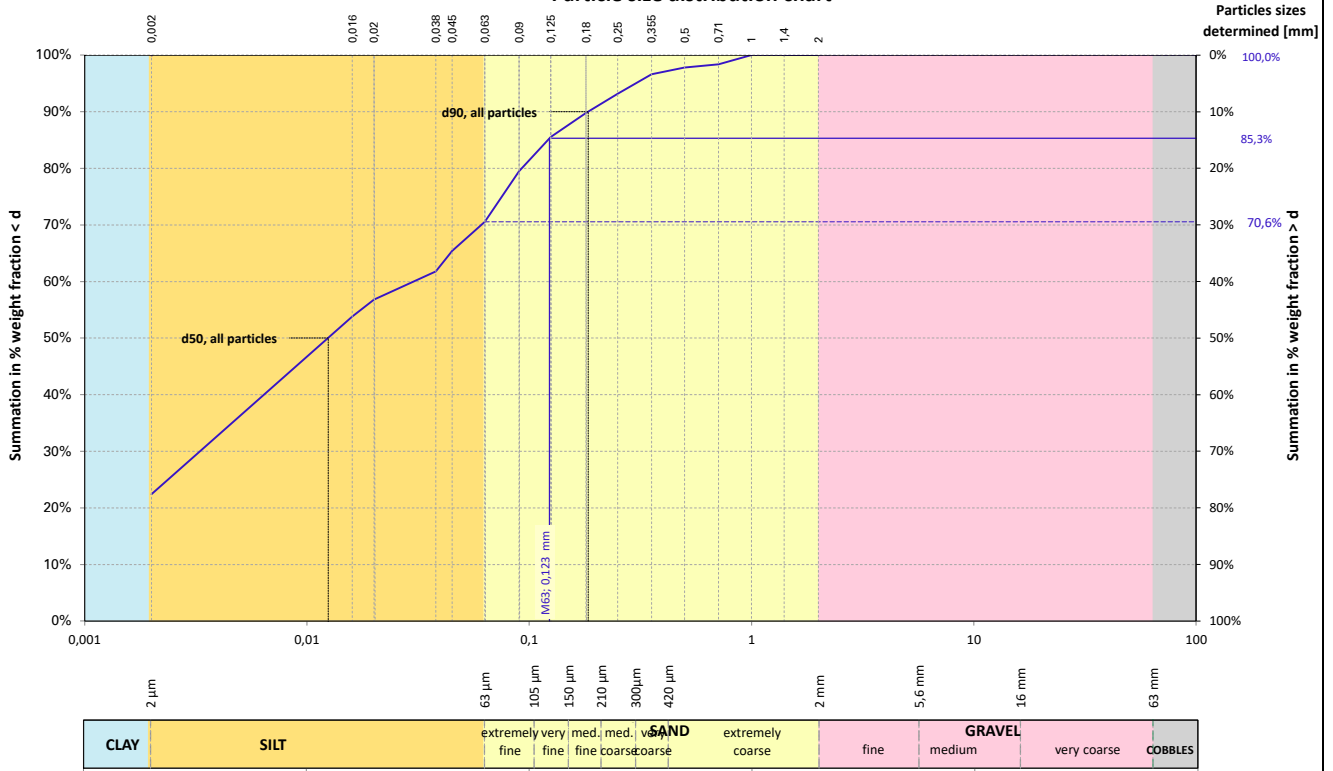
- C_U = Coefficient of uniformity
- C_C = Coefficient of curvature
- U = Specific surface U number
- F_m = Fineness number
- M₆₃ = Sand median
- M₂₀₀₀ = Gravel median
- D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks3g2 (Clay, strongly silty, moderate gravelly)
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined
Determination particles < 63 µm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

<p>Job name : Sedigraph analysis Stockholm</p>  <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS</p>	<p>Borehole 4A</p>
	<p>Sample</p>
	<p>Depth +0,00 m to -0,10 m</p> <p>Reference level surface</p>
	<p>Job ref. 74362-1</p>
<p>Date 1-08-2019</p>	

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,012
d 60 [mm]	0,030
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,123
M ₂₀₀₀ [mm]	-
D _m [mm]	-
F _m [-]	0,234
U ₁₆ [-] (16µm - 2mm)	168,01

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,071
D 15 [mm]	0,075
D 60 [mm]	0,158
D 90 [mm]	0,401
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	2,224
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	5,662
U [-] (63µm - 2mm)	80,946



	Fraction < 63 µm		Sand		Gravel		Cobbles	
	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay			0,075	-	2,8	-	125	-
	0,001	-	0,090	79,5	4,0	-	All particles	
	0,002	22,4	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
	0,004	-	0,125	85,6	8,0	-	d15 [mm]	-
	0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
	0,008	-	0,180	89,8	16,0	-	d30 [mm]	0,003
	0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	0,006
	0,016	53,8	0,250	93,2	22,4	-	d50 [mm]	0,012
	0,020	56,8	0,355	96,6	31,5	-	d60 [mm]	0,030
	0,032	-	0,500	97,8	45,0	-	d70 [mm]	0,061
Silt	0,038	61,8	0,710	98,4	63,0	-	d80 [mm]	0,093
	0,045	65,4	1,000	100,0			d85 [mm]	0,121
	0,063	70,6	1,400	100,0			d90 [mm]	0,184
			2,000	100,0			Sand particles	
							D10 [mm]	0,071
							D15 [mm]	0,075
							D20 [mm]	0,080
							D30 [mm]	0,090
							D40 [mm]	0,105
							D50 [mm]	0,123
						D60 [mm]	0,158	
						D70 [mm]	0,206	
						D80 [mm]	0,275	
						D85 [mm]	0,319	
						D90 [mm]	0,401	

Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined

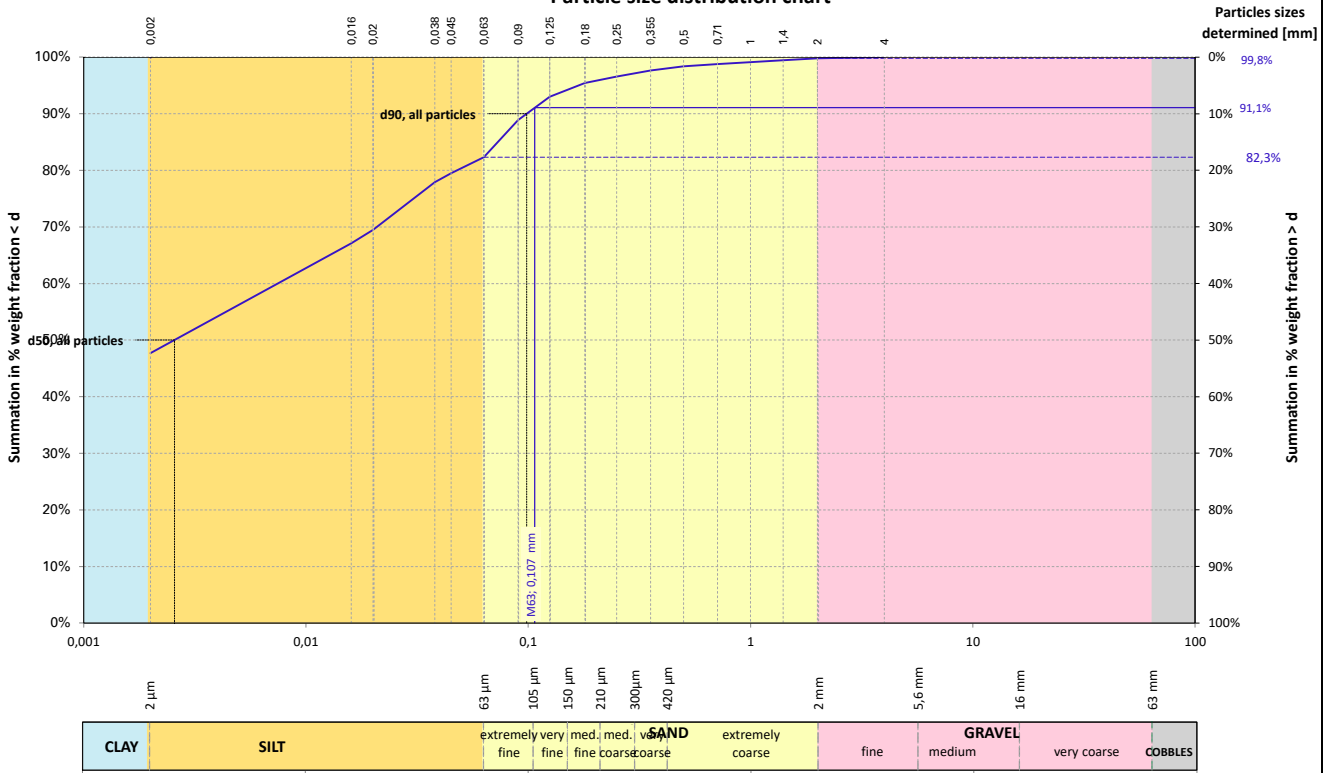
Explanation of symbols
 C_U = Coefficient of uniformity
 C_C = Coefficient of curvature
 U = Specific surface U number
 F_m = Fineness number
 M₆₃ = Sand median
 M₂₀₀₀ = Gravel median
 D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks4 (Clay, extremely silty)
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined
Determination particles < 63 µm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

Job name : Sedigraph analysis Stockholm		Borehole 14A	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Sample	
		Depth +0,00 m to -0,30 m	
		Reference level surface	
		Job ref. 74362-1	
		Date 1-08-2019	

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,003
d 60 [mm]	0,007
$C_u = d_{60} / d_{10}$ [-]	-
d_{90} / d_{10} [-]	-
C_c [-]	-

Characteristic values	
M_{63} [mm]	0,107
M_{2000} [mm]	2,8
D_m [mm]	-
F_m [-]	0,132
U_{16} [-] (16µm - 2mm)	211,73

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,069
D 15 [mm]	0,073
D 60 [mm]	0,123
D 90 [mm]	0,431
$C_u = D_{60} / D_{10}$ [-]	1,774
D_{90} / D_{10} [-]	6,216
U [-] (63µm - 2mm)	88,862

	Fraction < 63 µm		Sand		Gravel		Cobbles	
	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay			0,075	-	2,8	-	125	-
	0,001	-	0,090	88,9	4,0	100,0	All particles	
	0,002	47,7	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
	0,004	-	0,125	93,0	8,0	-	d15 [mm]	-
	0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
	0,008	-	0,180	95,5	16,0	-	d30 [mm]	-
	0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	-
	0,016	67,1	0,250	96,5	22,4	-	d50 [mm]	0,003
	0,020	69,5	0,355	97,6	31,5	-	d60 [mm]	0,007
	0,032	-	0,500	98,4	45,0	-	d70 [mm]	0,021
Silt	0,038	77,9	0,710	98,8	63,0	-	d80 [mm]	0,048
	0,045	79,5	1,000	99,1			d85 [mm]	0,073
	0,063	82,3	1,400	99,5			d90 [mm]	0,098
			2,000	99,8			Sand particles	
							D10 [mm]	0,069
							D15 [mm]	0,073
							D20 [mm]	0,076
							D30 [mm]	0,084
							D40 [mm]	0,093
							D50 [mm]	0,107
						D60 [mm]	0,123	
						D70 [mm]	0,157	
						D80 [mm]	0,232	
						D85 [mm]	0,306	
						D90 [mm]	0,431	



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined

Explanation of symbols

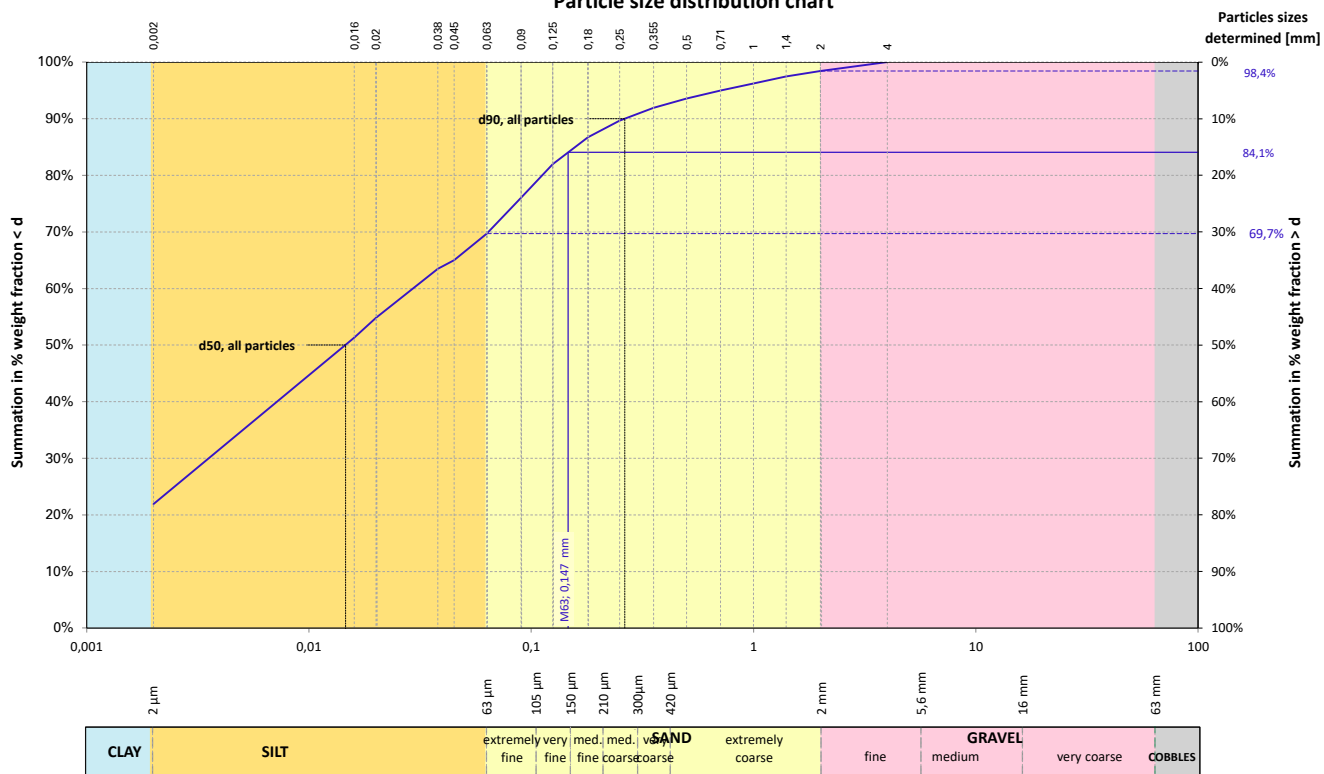
- C_u = Coefficient of uniformity
- C_c = Coefficient of curvature
- U = Specific surface U number
- F_m = Fineness number
- M_{63} = Sand median
- M_{2000} = Gravel median
- D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks2, met een spoor grind (Clay, moderate silty, with a few gravel particles)
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined
Determination particles < 63 µm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

<p>Job name : Sedigraph analysis Stockholm</p>  <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS</p>	<p>Borehole 19B</p>
	<p>Sample</p>
	<p>Depth +0,00 m to -0,25 m</p> <p>Reference level surface</p>
	<p>Job ref. 74362-1</p> <p>Date 1-08-2019</p>
	

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,015
d 60 [mm]	0,029
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,147
M ₂₀₀₀ [mm]	2,8
D _m [mm]	-
F _m [-]	0,401
U ₁₆ [-] (16µm - 2mm)	179,56

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,074
D 15 [mm]	0,080
D 60 [mm]	0,184
D 90 [mm]	0,829
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	2,488
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	11,181
U [-] (63µm - 2mm)	70,867

	Fraction < 63 µm		Sand		Gravel		Cobbles	
	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay			0,075	-	2,8	-	125	-
	0,001	-	0,090	76,0	4,0	100,0	All particles	
	0,002	21,9	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
	0,004	-	0,125	82,0	8,0	-	d15 [mm]	-
	0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
	0,008	-	0,180	86,7	16,0	-	d30 [mm]	0,004
	0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	0,007
	0,016	51,3	0,250	89,7	22,4	-	d50 [mm]	0,015
	0,020	54,8	0,355	91,9	31,5	-	d60 [mm]	0,029
	0,032	-	0,500	93,6	45,0	-	d70 [mm]	0,064
Silt	0,038	63,5	0,710	95,0	63,0	-	d80 [mm]	0,112
	0,045	65,0	1,000	96,2			d85 [mm]	0,158
	0,063	69,7	1,400	97,5			d90 [mm]	0,264
			2,000	98,4			Sand particles	
							D10 [mm]	0,074
							D15 [mm]	0,080
							D20 [mm]	0,087
							D30 [mm]	0,102
						D40 [mm]	0,120	
						D50 [mm]	0,147	
						D60 [mm]	0,184	
						D70 [mm]	0,256	
						D80 [mm]	0,415	
						D85 [mm]	0,573	
						D90 [mm]	0,829	

Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined

Explanation of symbols

- C_U = Coefficient of uniformity
- C_C = Coefficient of curvature
- U = Specific surface U number
- F_m = Fineness number
- M₆₃ = Sand median
- M₂₀₀₀ = Gravel median
- D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks4g1 (Clay, extremely silty, slightly gravelly)
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined
Determination particles < 63 µm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

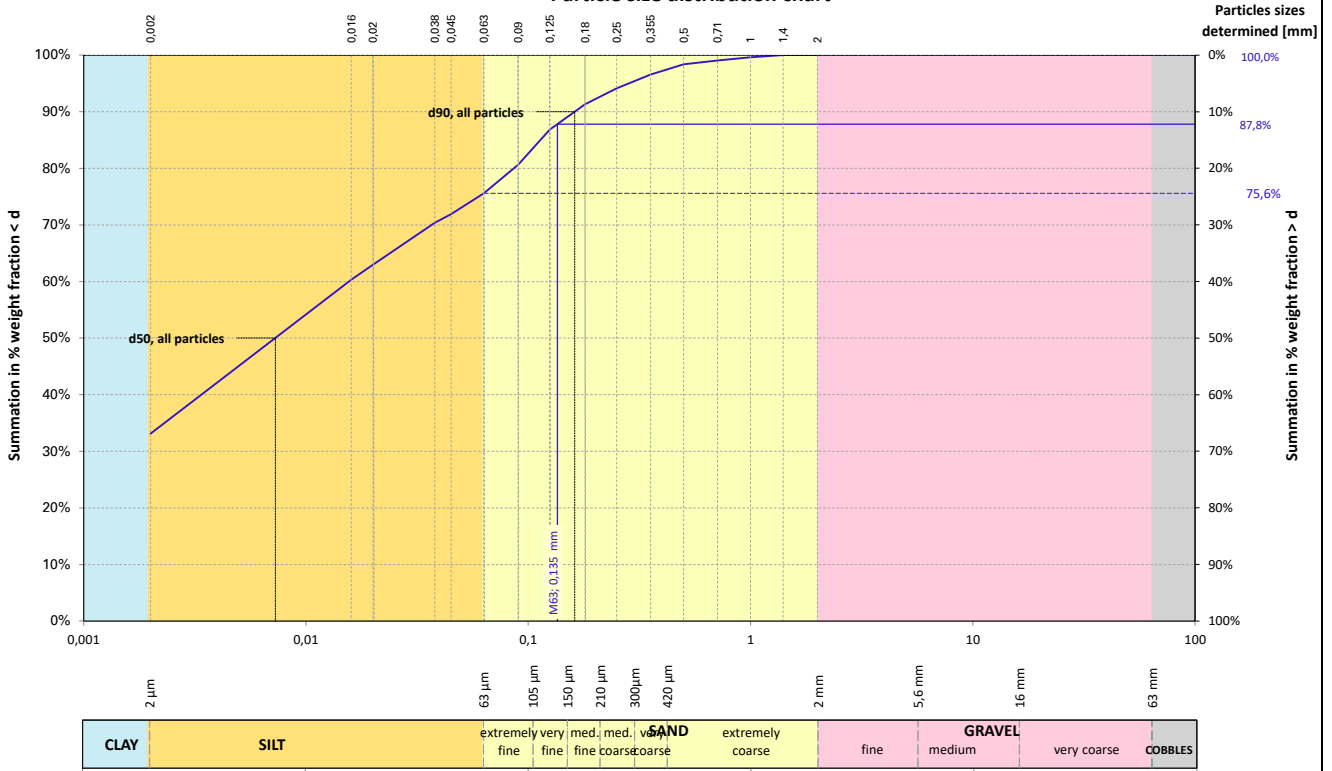
version: 18.3

Job name : Sedigraph analysis Stockholm	Borehole 21B
	Sample
	Depth +0,00 m to -0,30 m Reference level surface
	Job ref. 74362-1
Date 1-08-2019	AKKOORD LAB



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,007
d 60 [mm]	0,016
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,135
M ₂₀₀₀ [mm]	-
D _m [mm]	-
F _m [-]	0,211
U ₁₆ [-] (16 μm - 2mm)	179,91

		Fraction < 63 μm		Sand		Gravel		Cobbles	
		d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay				0,075	-	2,8	-	125	-
		0,001	-	0,090	80,6	4,0	-	All particles	
		0,002	33,1	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
		0,004	-	0,125	86,8	8,0	-	d15 [mm]	-
		0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
		0,008	-	0,180	91,3	16,0	-	d30 [mm]	-
		0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	0,003
		0,016	60,3	0,250	94,1	22,4	-	d50 [mm]	0,007
		0,020	63,0	0,355	96,6	31,5	-	d60 [mm]	0,016
		0,032	-	0,500	98,4	45,0	-	d70 [mm]	0,037
Silt		0,038	70,4	0,710	99,1	63,0	-	d80 [mm]	0,086
		0,045	71,9	1,000	99,6			d85 [mm]	0,113
		0,063	75,6	1,400	100,0			d90 [mm]	0,162
				2,000	100,0			Sand particles	
								D10 [mm]	0,075
								D15 [mm]	0,082
								D20 [mm]	0,089
								D30 [mm]	0,102
								D40 [mm]	0,116
								D50 [mm]	0,135
							D60 [mm]	0,165	
							D70 [mm]	0,211	
							D80 [mm]	0,288	
							D85 [mm]	0,343	
							D90 [mm]	0,428	

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,075
D 15 [mm]	0,082
D 60 [mm]	0,165
D 90 [mm]	0,428
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	2,204
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	5,709
U [-] (63 μm - 2mm)	75,428



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined

Explanation of symbols

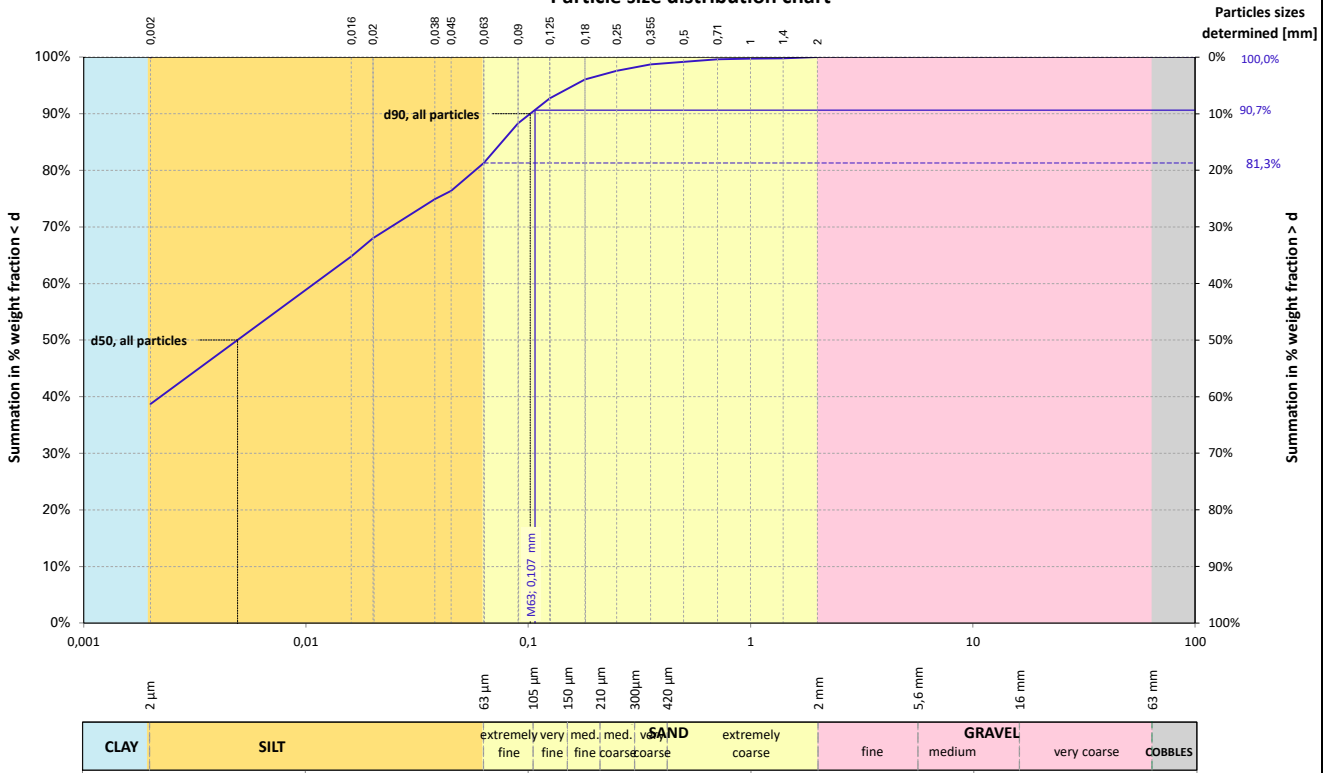
C_U = Coefficient of uniformity
 C_C = Coefficient of curvature
 U = Specific surface U number
 F_m = Fineness number
 M₆₃ = Sand median
 M₂₀₀₀ = Gravel median
 D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks3 (Clay, strongly silty)
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined
Determination particles < 63 μm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

Job name : Sedigraph analysis Stockholm		Borehole 25B	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Sample	
		Depth +0,00 m to -0,30 m	
		Reference level surface	
		Job ref. 74362-1	
		Date 1-08-2019	
			

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,005
d 60 [mm]	0,011
$C_u = d_{60} / d_{10}$ [-]	-
d_{90} / d_{10} [-]	-
C_c [-]	-

Characteristic values	
M_{63} [mm]	0,107
M_{2000} [mm]	-
D_m [mm]	-
F_m [-]	0,108
U_{16} [-] (16 μm - 2mm)	208,39

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,069
D 15 [mm]	0,073
D 60 [mm]	0,123
D 90 [mm]	0,296
$C_u = D_{60} / D_{10}$ [-]	1,776
D_{90} / D_{10} [-]	4,268
U [-] (63 μm - 2mm)	91,345

		Fraction < 63 μm		Sand		Gravel		Cobbles	
		d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay				0,075	-	2,8	-	125	-
		0,001	-	0,090	88,3	4,0	-	All particles	
		0,002	38,7	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
		0,004	-	0,125	92,7	8,0	-	d15 [mm]	-
		0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
		0,008	-	0,180	96,0	16,0	-	d30 [mm]	-
		0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	0,002
		0,016	64,8	0,250	97,6	22,4	-	d50 [mm]	0,005
		0,020	68,0	0,355	98,7	31,5	-	d60 [mm]	0,011
		0,032	-	0,500	99,2	45,0	-	d70 [mm]	0,024
Silt		0,038	74,9	0,710	99,6	63,0	-	d80 [mm]	0,058
		0,045	76,4	1,000	99,7			d85 [mm]	0,076
		0,063	81,3	1,400	99,8			d90 [mm]	0,102
				2,000	100,0			Sand particles	
								D10 [mm]	0,069
								D15 [mm]	0,073
								D20 [mm]	0,076
								D30 [mm]	0,084
							D40 [mm]	0,093	
							D50 [mm]	0,107	
							D60 [mm]	0,123	
							D70 [mm]	0,150	
							D80 [mm]	0,188	
							D85 [mm]	0,230	
							D90 [mm]	0,296	



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined

Explanation of symbols

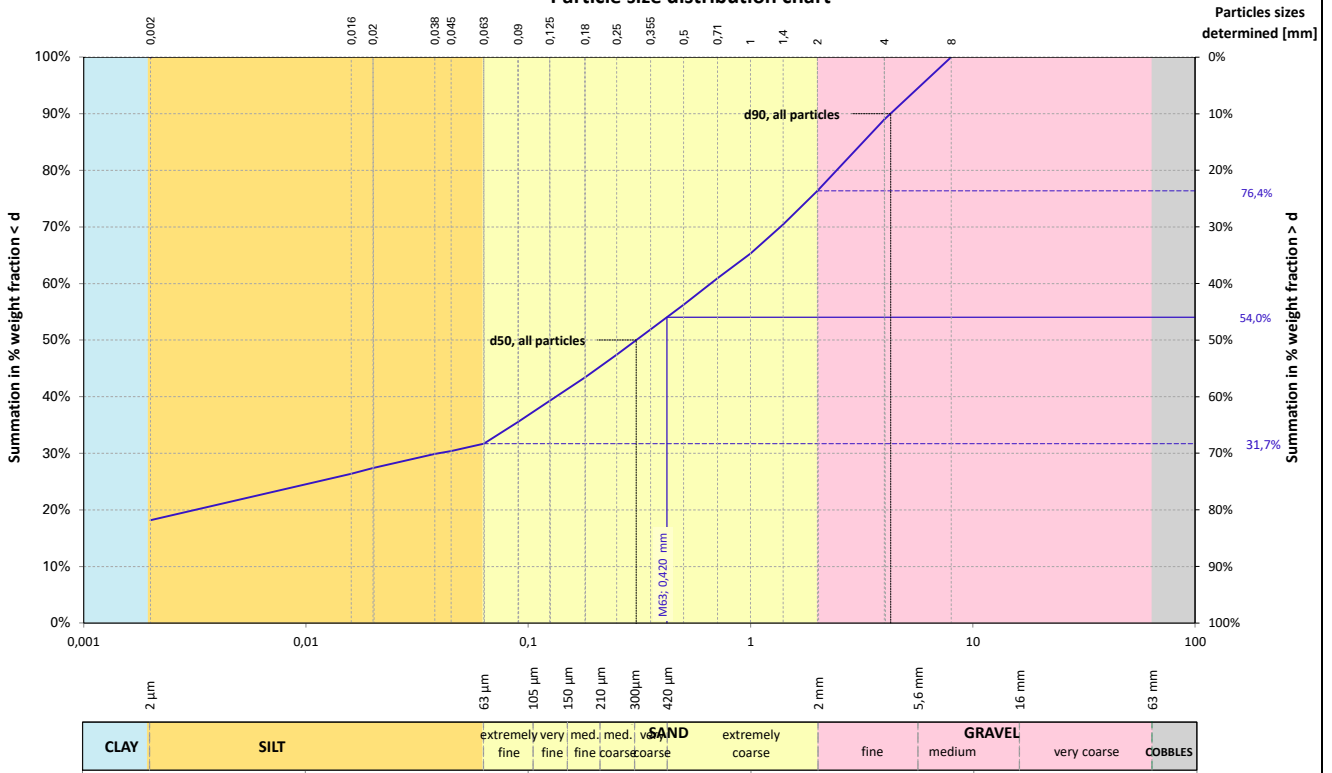
- C_u = Coefficient of uniformity
- C_c = Coefficient of curvature
- U = Specific surface U number
- F_m = Fineness number
- M_{63} = Sand median
- M_{2000} = Gravel median
- D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks2 (Clay, moderate silty)
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined
Determination particles < 63 μm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

<p>Job name : Sedigraph analysis Stockholm</p>  <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS</p>	<p>Borehole 31A</p>
	<p>Sample</p>
	<p>Depth +0,00 m to -0,39 m</p> <p>Reference level surface</p>
	<p>Job ref. 74362-1</p>
<p>Date 1-08-2019</p>	

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,306
d 60 [mm]	0,661
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,420
M ₂₀₀₀ [mm]	3,8
D _m [mm]	-
F _m [-]	2,264
U ₁₆ [-] (16 μm - 2mm)	72,96

		Fraction < 63 μm		Sand		Gravel		Cobbles	
		d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay				0,075	-	2,8	-	125	-
		0,001	-	0,090	35,5	4,0	89,0	All particles	
		0,002	18,2	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
		0,004	-	0,125	39,3	8,0	100,0	d15 [mm]	-
		0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	0,003
		0,008	-	0,180	43,4	16,0	-	d30 [mm]	0,039
		0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	0,133
		0,016	26,4	0,250	47,4	22,4	-	d50 [mm]	0,306
		0,020	27,4	0,355	51,9	31,5	-	d60 [mm]	0,661
		0,032	-	0,500	56,2	45,0	-	d70 [mm]	1,358
Silt		0,038	29,9	0,710	61,0	63,0	-	d80 [mm]	2,443
		0,045	30,4	1,000	65,3			d85 [mm]	3,216
		0,063	31,7	1,400	70,5			d90 [mm]	4,269
				2,000	76,4			Sand particles	
								D10 [mm]	0,095
								D15 [mm]	0,115
								D20 [mm]	0,140
								D30 [mm]	0,206
							D40 [mm]	0,295	
							D50 [mm]	0,420	
							D60 [mm]	0,591	
							D70 [mm]	0,832	
							D80 [mm]	1,149	
							D85 [mm]	1,329	
							D90 [mm]	1,526	

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,095
D 15 [mm]	0,115
D 60 [mm]	0,591
D 90 [mm]	1,526
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	6,224
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	16,066
U [-] (63 μm - 2mm)	40,333



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined

Explanation of symbols

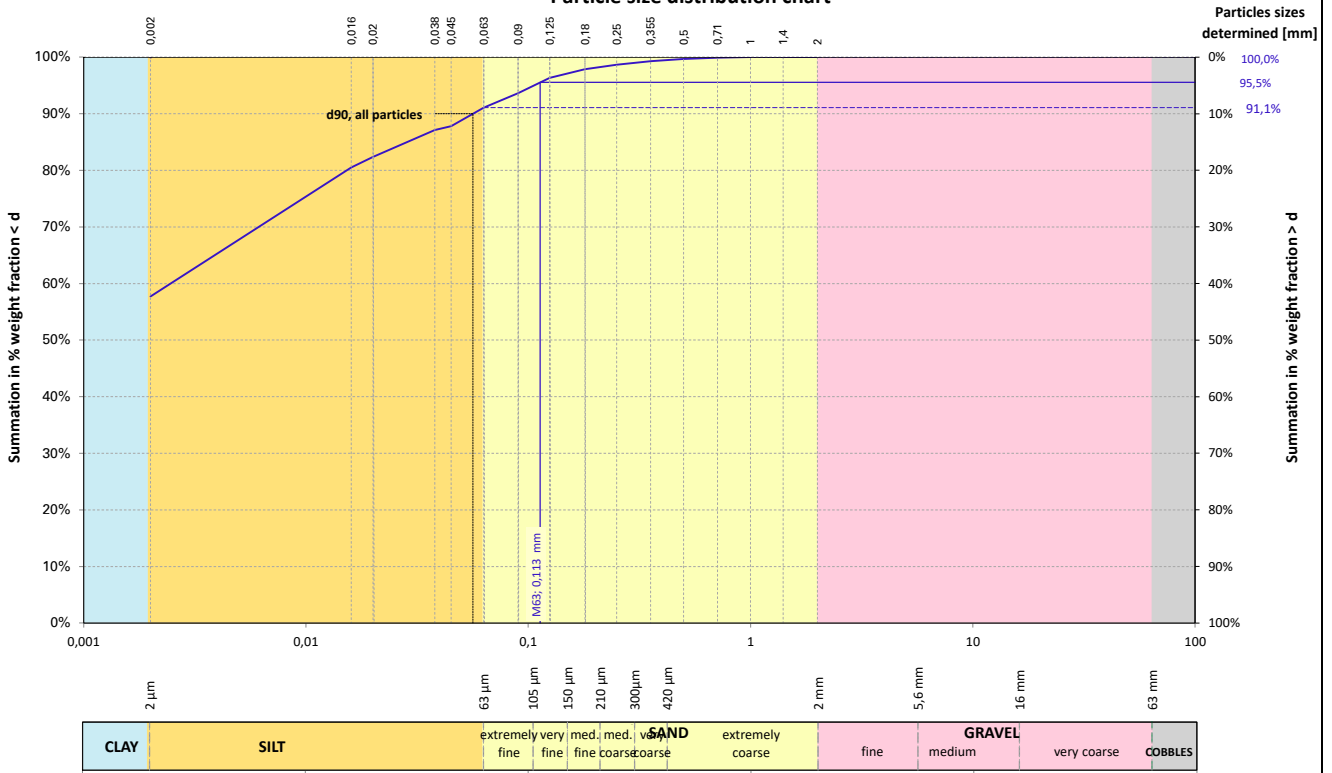
C_U = Coefficient of uniformity
 C_C = Coefficient of curvature
 U = Specific surface U number
 F_m = Fineness number
 M₆₃ = Sand median
 M₂₀₀₀ = Gravel median
 D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Kz1g3 (Clay, slightly sandy, strongly gravelly)
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined
Determination particles < 63 μm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

Job name : Sedigraph analysis Stockholm		Borehole 32B	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Sample	
		Depth +0,00 m to -0,34 m	
		Reference level surface	
		Job ref. 74362-1	
		Date 1-08-2019	
			

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	-
d 60 [mm]	0,002
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,113
M ₂₀₀₀ [mm]	-
D _m [mm]	-
F _m [-]	0,052
U ₁₆ [-] (16µm - 2mm)	223,48

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,071
D 15 [mm]	0,076
D 60 [mm]	0,127
D 90 [mm]	0,325
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	1,781
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	4,555
U [-] (63µm - 2mm)	86,638

	Fraction < 63 µm		Sand		Gravel		Cobbles	
	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay			0,075	-	2,8	-	125	-
	0,001	-	0,090	93,6	4,0	-	All particles	
	0,002	57,7	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
	0,004	-	0,125	96,4	8,0	-	d15 [mm]	-
	0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
	0,008	-	0,180	97,8	16,0	-	d30 [mm]	-
	0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	-
	0,016	80,5	0,250	98,7	22,4	-	d50 [mm]	-
	0,020	82,4	0,355	99,3	31,5	-	d60 [mm]	0,002
	0,032	-	0,500	99,7	45,0	-	d70 [mm]	0,006
Silt	0,038	87,1	0,710	99,9	63,0	-	d80 [mm]	0,015
	0,045	87,8	1,000	100,0			d85 [mm]	0,029
	0,063	91,1	1,400	100,0			d90 [mm]	0,056
			2,000	100,0			Sand particles	
							D10 [mm]	0,071
							D15 [mm]	0,076
							D20 [mm]	0,081
							D30 [mm]	0,091
						D40 [mm]	0,102	
						D50 [mm]	0,113	
						D60 [mm]	0,127	
						D70 [mm]	0,158	
						D80 [mm]	0,209	
						D85 [mm]	0,250	
						D90 [mm]	0,325	



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined

Explanation of symbols

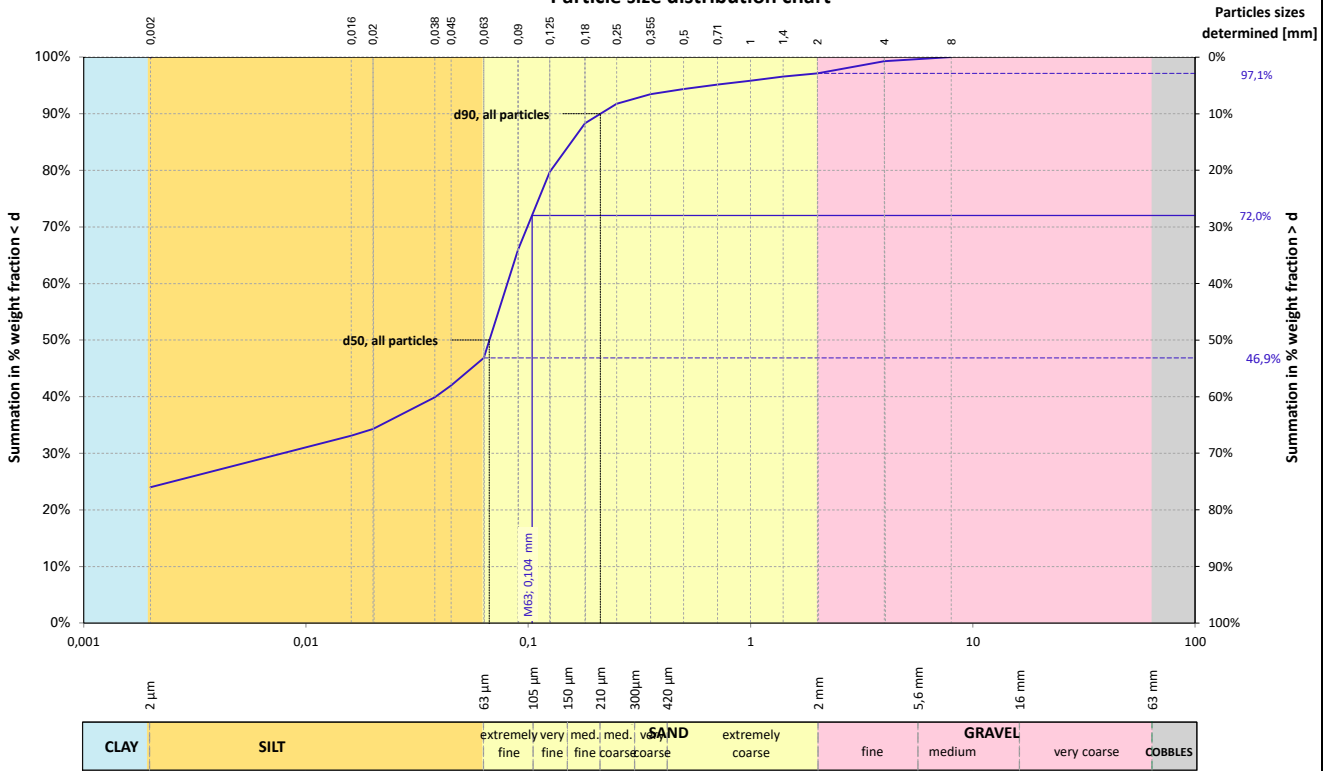
- C_U = Coefficient of uniformity
- C_C = Coefficient of curvature
- U = Specific surface U number
- F_m = Fineness number
- M₆₃ = Sand median
- M₂₀₀₀ = Gravel median
- D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks1 (Clay, slightly silty)
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined
Determination particles < 63 µm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

Job name : Sedigraph analysis Stockholm	Borehole	36A
	Sample	
	Depth	+0,00 m to -0,35 m
	Reference level	surface
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Job ref.	74362-1
	Date	1-08-2019
		

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	0,067
d 60 [mm]	0,081
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,104
M ₂₀₀₀ [mm]	3,2
D _m [mm]	-
F _m [-]	0,421
U ₁₆ [-] (16µm - 2mm)	138,43

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,069
D 15 [mm]	0,073
D 60 [mm]	0,117
D 90 [mm]	0,270
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	1,694
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	3,895
U [-] (63µm - 2mm)	93,497

		Fraction < 63 µm		Sand		Gravel		Cobbles	
		d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay				0,075	-	2,8	-	125	-
		0,001	-	0,090	65,9	4,0	99,3	All particles	
		0,002	24,0	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
		0,004	-	0,125	79,7	8,0	100,0	d15 [mm]	-
		0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
		0,008	-	0,180	88,3	16,0	-	d30 [mm]	0,008
		0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	0,038
		0,016	33,1	0,250	91,7	22,4	-	d50 [mm]	0,067
		0,020	34,3	0,355	93,4	31,5	-	d60 [mm]	0,081
		0,032	-	0,500	94,3	45,0	-	d70 [mm]	0,099
Silt		0,038	39,9	0,710	95,1	63,0	-	d80 [mm]	0,127
		0,045	42,0	1,000	95,8			d85 [mm]	0,156
		0,063	46,9	1,400	96,6			d90 [mm]	0,211
				2,000	97,1			Sand particles	
								D10 [mm]	0,069
								D15 [mm]	0,073
								D20 [mm]	0,076
								D30 [mm]	0,084
							D40 [mm]	0,092	
							D50 [mm]	0,104	
							D60 [mm]	0,117	
							D70 [mm]	0,138	
							D80 [mm]	0,171	
							D85 [mm]	0,203	
							D90 [mm]	0,270	



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined

Explanation of symbols

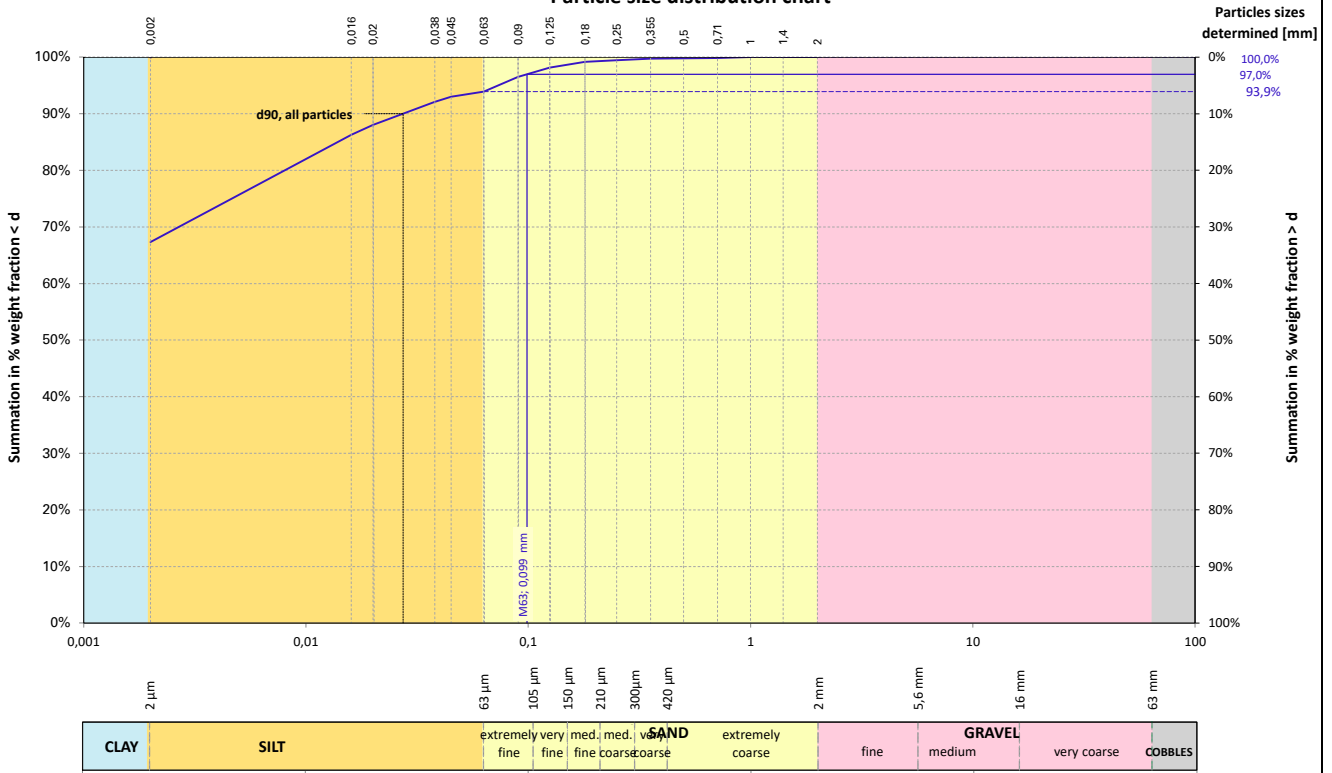
- C_U = Coefficient of uniformity
- C_C = Coefficient of curvature
- U = Specific surface U number
- F_m = Fineness number
- M₆₃ = Sand median
- M₂₀₀₀ = Gravel median
- D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Kz1g1 (Clay, slightly sandy, slightly gravelly)
Organic content	not determined
Content CaCO3	not determined
Determination particles < 63 µm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

version: 18.3

Job name : Sedigraph analysis Stockholm		Borehole 39B	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Sample	
		Depth +0,00 m to -0,30 m	
		Reference level surface	
		Job ref. 74362-1	
		Date 1-08-2019	
			

Particle size distribution chart



All particles	
Parameter	value
d 10 [mm]	-
d 15 [mm]	-
d 50 [mm]	-
d 60 [mm]	-
Cu = d ₆₀ / d ₁₀ [-]	-
d ₉₀ / d ₁₀ [-]	-
C _c [-]	-

Characteristic values	
M ₆₃ [mm]	0,099
M ₂₀₀₀ [mm]	-
D _m [mm]	-
F _m [-]	0,026
U ₁₆ [-] (16 μm - 2mm)	252,05

Sand particles	
Parameter	value
D 10 [mm]	0,069
D 15 [mm]	0,071
D 60 [mm]	0,111
D 90 [mm]	0,232
Cu = D ₆₀ / D ₁₀ [-]	1,624
D ₉₀ / D ₁₀ [-]	3,382
U [-] (63 μm - 2mm)	98,037

		Fraction < 63 μm		Sand		Gravel		Cobbles	
		d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d	d [mm]	% < d
Clay				0,075	-	2,8	-	125	-
		0,001	-	0,090	96,5	4,0	-	All particles	
		0,002	67,3	0,106	-	5,6	-	d10 [mm]	-
		0,004	-	0,125	98,1	8,0	-	d15 [mm]	-
		0,006	-	0,150	-	11,2	-	d20 [mm]	-
		0,008	-	0,180	99,1	16,0	-	d30 [mm]	-
		0,010	-	0,212	-	20,0	-	d40 [mm]	-
		0,016	86,3	0,250	99,5	22,4	-	d50 [mm]	-
		0,020	88,0	0,355	99,8	31,5	-	d60 [mm]	-
		0,032	-	0,500	99,8	45,0	-	d70 [mm]	0,003
Silt		0,038	92,1	0,710	99,8	63,0	-	d80 [mm]	0,008
		0,045	93,0	1,000	100,0			d85 [mm]	0,014
		0,063	93,9	1,400	100,0			d90 [mm]	0,027
				2,000	100,0			Sand particles	
								D10 [mm]	0,069
								D15 [mm]	0,071
								D20 [mm]	0,075
								D30 [mm]	0,081
								D40 [mm]	0,088
								D50 [mm]	0,099
							D60 [mm]	0,111	
							D70 [mm]	0,126	
							D80 [mm]	0,158	
							D85 [mm]	0,176	
							D90 [mm]	0,232	



Overige bepalingen	
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined

Explanation of symbols

C_U = Coefficient of uniformity
 C_C = Coefficient of curvature
 U = Specific surface U number
 F_m = Fineness number
 M₆₃ = Sand median
 M₂₀₀₀ = Gravel median
 D_m = Median grain size

Test information	
Material according to NEN 5104	Ks1 (Clay, slightly silty)
Organic content	not determined
Content CaCO ₃	not determined
Determination particles < 63 μm	sedigraph
Determination Sand	wet sieving method
Determination Gravel	wet sieving method

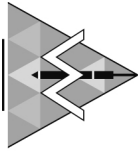
version: 18.3

Job name : Sedigraph analysis Stockholm		Borehole 43B	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Sample	
		Depth +0,00 m to -0,50 m	
		Reference level surface	
		Job ref. 74362-1	
		Date 1-08-2019	
			

Attachment 2




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



 VN-74362-1
 Sedigraph analysis
 Stockholm

Particle Density	Settling Velocity in cm/s								.SMP Sedigraaf analysis number
	Fall diameter								
Kg/m ³	63 um	45 um	38 um	20 um	16 um	8 um	2 um	1 um	
2660	0,50787	0,25912	0,18477	0,05118	0,03276	0,00819	0,00051	0,00013	025-804
2318	0,40369	0,20596	0,14687	0,04068	0,02604	0,00651	0,00041	0,00010	025-814
2302	0,39875	0,20345	0,14507	0,04019	0,02572	0,00643	0,00040	0,00010	025-810
2418	0,43421	0,22154	0,15798	0,04376	0,02801	0,00700	0,00044	0,00011	025-816
2211	0,37099	0,18928	0,13497	0,03739	0,02393	0,00598	0,00037	0,00009	025-812
2223	0,37465	0,19115	0,13630	0,03776	0,02416	0,00604	0,00038	0,00009	025-808
2593	0,48756	0,24876	0,17739	0,04914	0,03145	0,00786	0,00049	0,00012	025-822
2344	0,41155	0,20998	0,14973	0,04148	0,02655	0,00664	0,00041	0,00010	025-820
2640	0,50180	0,25602	0,18256	0,05057	0,03237	0,00809	0,00051	0,00013	025-826
2593	0,48748	0,24872	0,17736	0,04913	0,03144	0,00786	0,00049	0,00012	025-806



Attachment 3




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Sample: VN-74362 4A 0-10
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-804.SMP
 Material/Liquid: Grond2660 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 29-8-2019 8:44:57
 Reported: 29-8-2019 8:59:12
 Liquid Visc: 0.7090 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 21.3 %

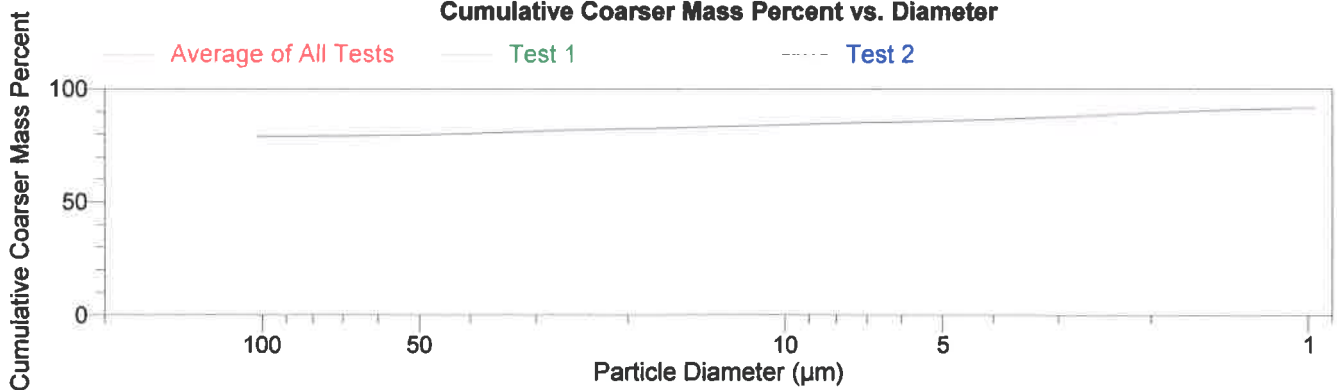
Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.660 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 108 kCnts/s

Combined Report

Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	79.3	0.50787	8.000	84.8	0.00819
45.00	79.8	0.25912	4.000	86.6	0.00205
38.00	80.4	0.18477	2.000	89.5	0.00051
20.00	82.4	0.05118	1.000	91.8	0.00013
16.00	82.8	0.03276			

Cumulative Coarser Mass Percent vs. Diameter



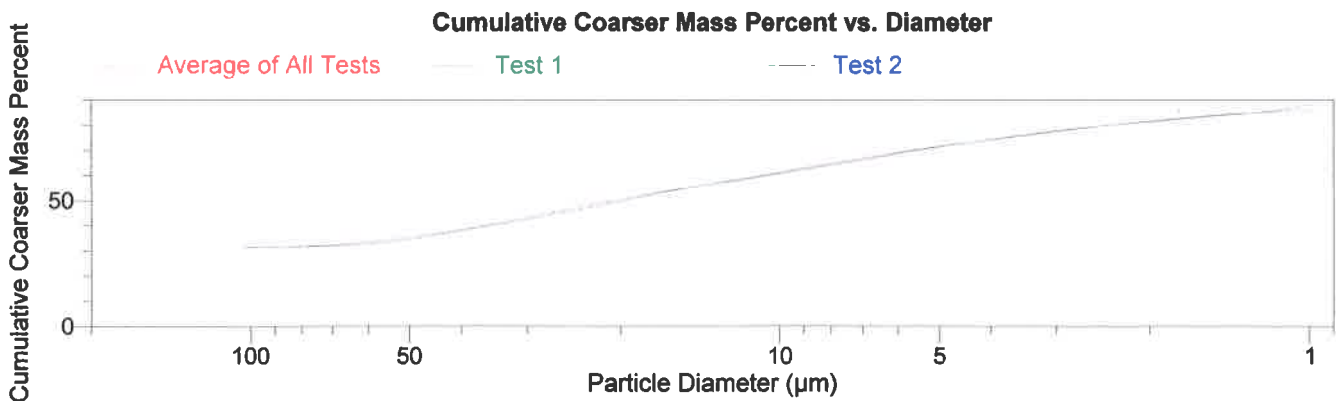
Sample: VN-74362 14A 0-30
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-814.SMP
 Material/Liquid: Grond2318 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 29-8-2019 14:52:05
 Reported: 29-8-2019 15:06:33
 Liquid Visc: 0.7089 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 68.4 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.318 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 103 kCnts/s

Combined Report
Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	32.8	0.40369	8.000	64.5	0.00651
45.00	36.5	0.20596	4.000	74.2	0.00163
38.00	39.1	0.14687	2.000	81.4	0.00041
20.00	50.3	0.04068	1.000	86.6	0.00010
16.00	54.0	0.02604			



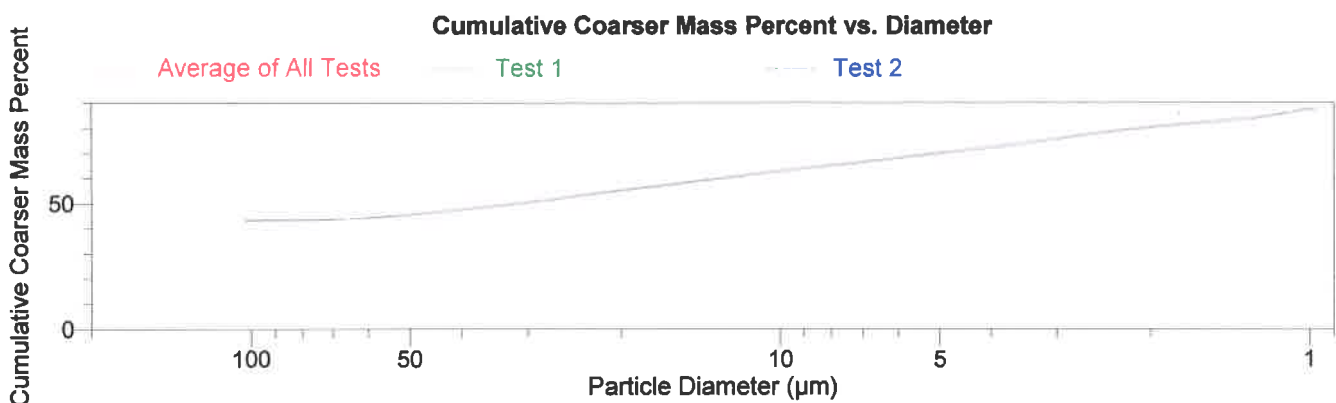
Sample: VN-74362 19B 0-25
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-810.SMP
 Material/Liquid: Grond2302 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 29-8-2019 12:00:05
 Reported: 29-8-2019 12:14:51
 Liquid Visc: 0.7090 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 57.4 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.302 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 100 kCnts/s

Combined Report
Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	44.0	0.39875	8.000	65.2	0.00643
45.00	46.5	0.20345	4.000	72.4	0.00161
38.00	48.1	0.14507	2.000	80.3	0.00040
20.00	55.2	0.04019	1.000	87.0	0.00010
16.00	57.6	0.02572			



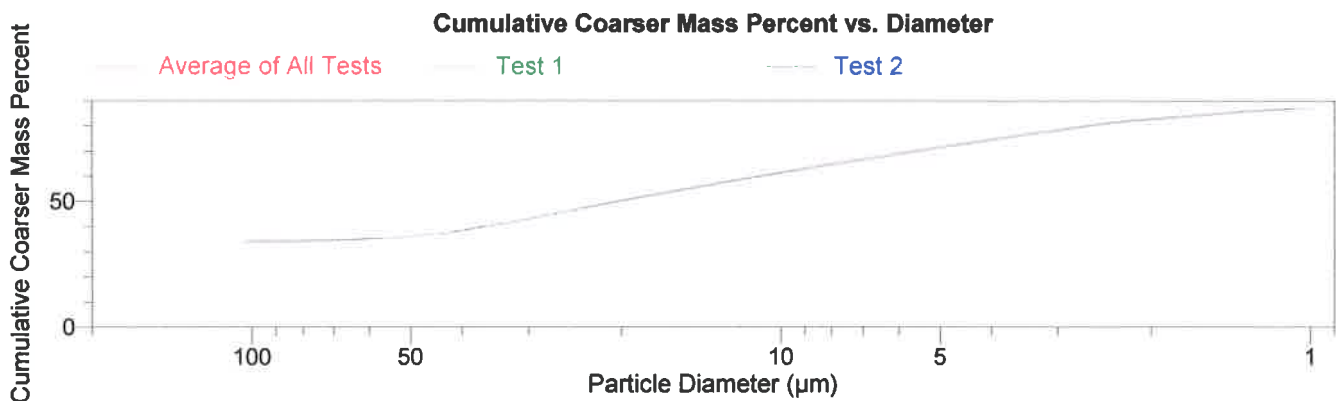
Sample: VN-74362 21B 0-30
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-816.SMP
 Material/Liquid: Grond2418 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 29-8-2019 15:34:45
 Reported: 29-8-2019 15:49:10
 Liquid Visc: 0.7088 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 66.0 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.418 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 97 kCnts/s

Combined Report
Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	34.9	0.43421	8.000	64.8	0.00700
45.00	36.9	0.22154	4.000	74.6	0.00175
38.00	39.2	0.15798	2.000	82.7	0.00044
20.00	50.3	0.04376	1.000	86.8	0.00011
16.00	54.0	0.02801			



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS



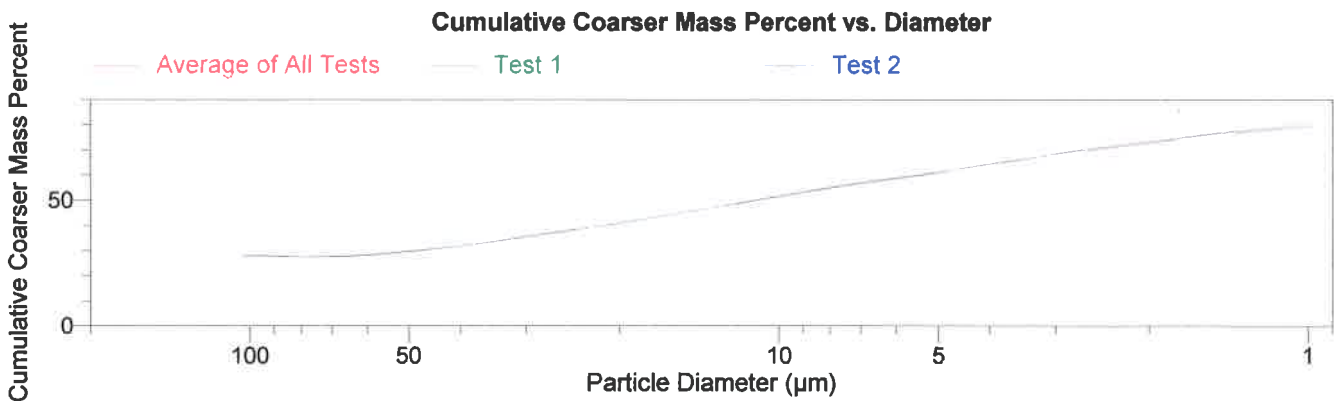
Sample: VN-74362 25B 0-30
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-812.SMP
 Material/Liquid: Grond2211 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 29-8-2019 13:54:46
 Reported: 29-8-2019 14:09:45
 Liquid Visc: 0.7090 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 73.1 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.211 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 105 kCnts/s

Combined Report
Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	27.9	0.37099	8.000	55.0	0.00598
45.00	30.6	0.18928	4.000	64.2	0.00150
38.00	32.4	0.13497	2.000	73.2	0.00037
20.00	40.9	0.03739	1.000	80.1	0.00009
16.00	44.2	0.02393			



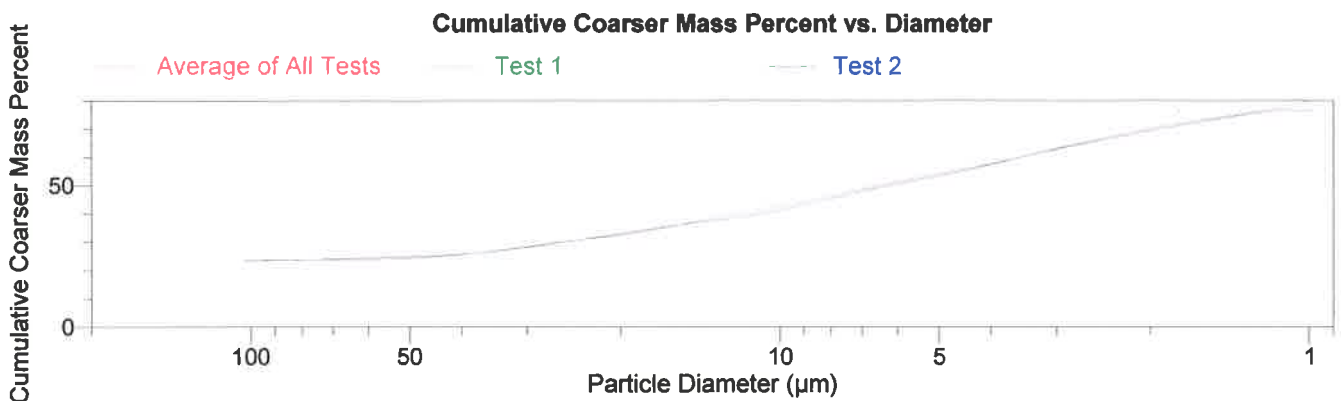
Sample: VN-74362 31A 0-39
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-808.SMP
 Material/Liquid: Grond2223 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 29-8-2019 10:40:47
 Reported: 29-8-2019 10:55:52
 Liquid Visc: 0.7090 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 78.1 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.223 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 102 kCnts/s

Combined Report
Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	24.1	0.37465	8.000	46.0	0.00604
45.00	24.9	0.19115	4.000	57.6	0.00151
38.00	26.0	0.13630	2.000	69.7	0.00038
20.00	32.7	0.03776	1.000	78.1	0.00009
16.00	35.7	0.02416			



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS



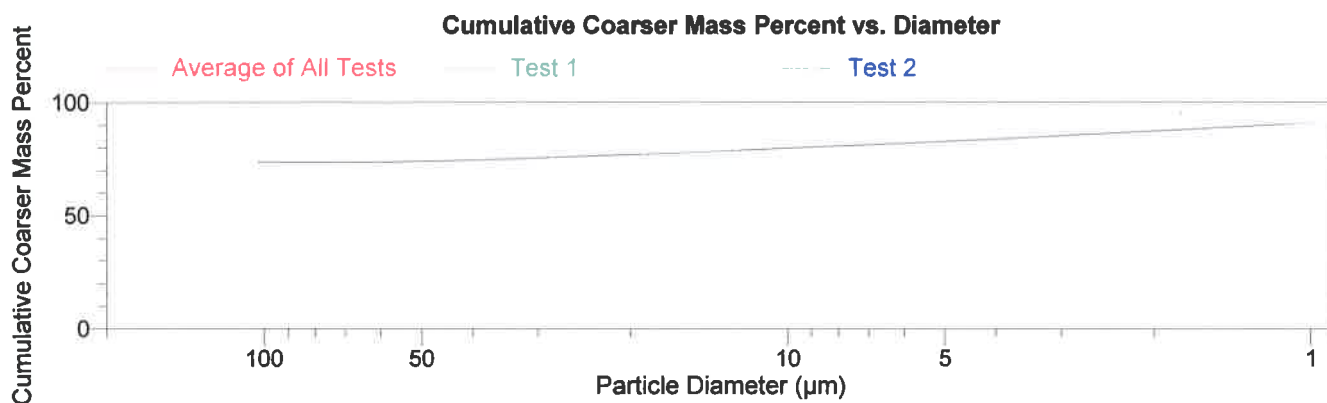
Sample: VN-74362 32B 0-34
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-822.SMP
 Material/Liquid: Grond2593 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 30-8-2019 9:10:50
 Reported: 30-8-2019 9:24:53
 Liquid Visc: 0.7088 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 26.6 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:02 hrs:min
 Sample Density: 2.593 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 100 kCnts/s

Combined Report
Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	73.7	0.48756	8.000	80.7	0.00786
45.00	74.3	0.24876	4.000	83.8	0.00197
38.00	74.7	0.17739	2.000	87.5	0.00049
20.00	76.9	0.04914	1.000	90.8	0.00012
16.00	77.7	0.03145			



Sample: VN-74362 36A 0-34
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-820.SMP
 Material/Liquid: Grond2344 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 30-8-2019 8:15:04
 Reported: 30-8-2019 8:29:57
 Liquid Visc: 0.7090 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 72.9 %

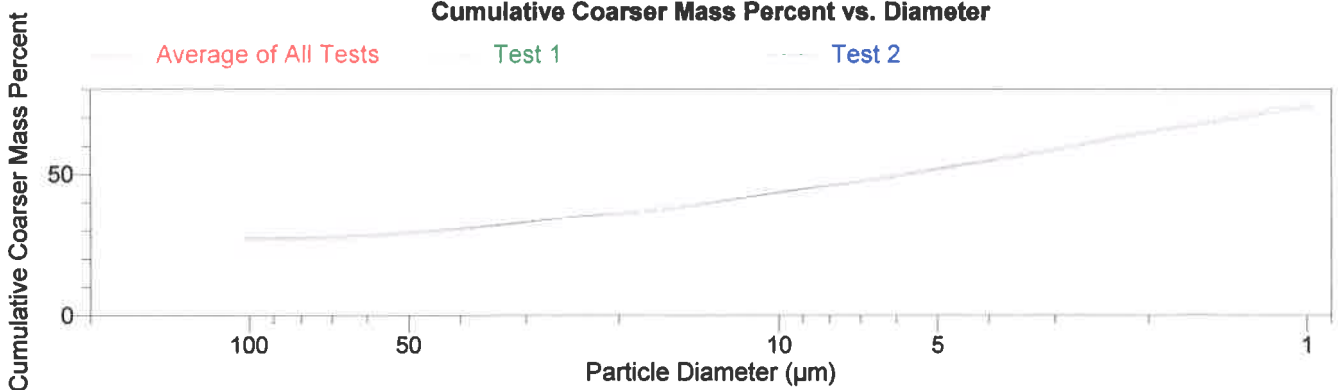
Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.344 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 98 kCnts/s

Combined Report

Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	27.7	0.41155	8.000	45.9	0.00664
45.00	29.7	0.20998	4.000	54.8	0.00166
38.00	30.9	0.14973	2.000	64.9	0.00041
20.00	36.1	0.04148	1.000	73.9	0.00010
16.00	38.0	0.02655			

Cumulative Coarser Mass Percent vs. Diameter



Sample: VN-74362 39B 0-30
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-826.SMP
 Material/Liquid: Grond2640 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

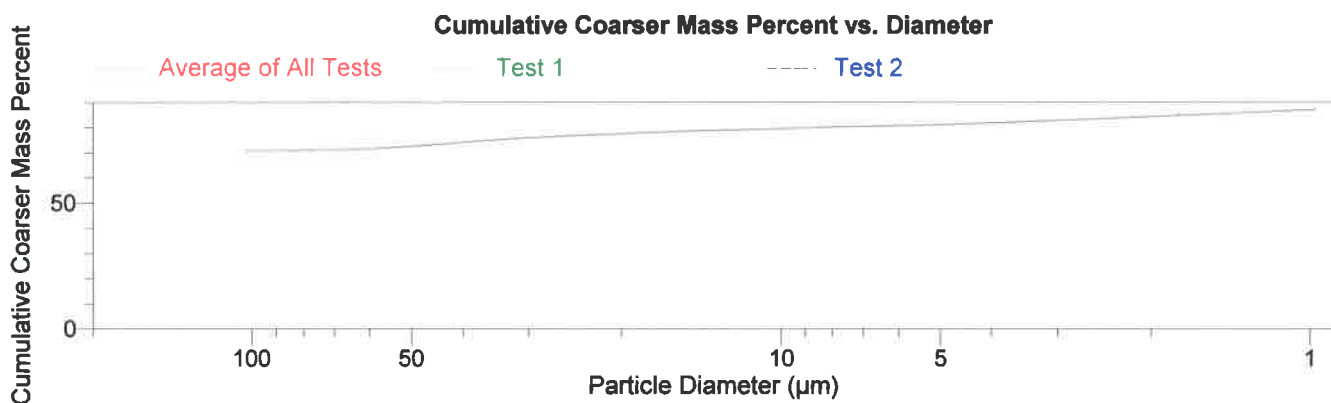
Test Number: Average
 Analyzed: 30-8-2019 10:37:26
 Reported: 30-8-2019 10:51:37
 Liquid Visc: 0.7089 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 29.2 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.640 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 94 kCnts/s

Combined Report

Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	71.5	0.50180	8.000	80.2	0.00809
45.00	73.3	0.25602	4.000	81.9	0.00202
38.00	74.5	0.18256	2.000	84.4	0.00051
20.00	77.6	0.05057	1.000	87.1	0.00013
16.00	78.4	0.03237			



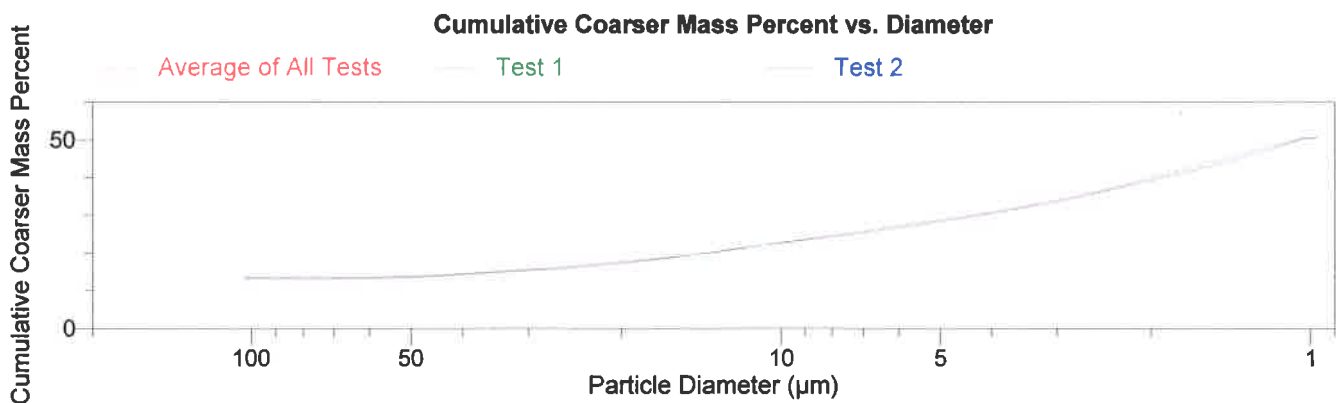
Sample: VN-74362 43B 0-50
 Operator:
 Submitter:
 File: C:\5120\DATA\025-806.SMP
 Material/Liquid: Grond2593 / Water
 Measurement Principle: X-Ray monitored gravity sedimentation
 Calculation Method: Stokes sedimentation and Beer's law of extinction

Test Number: Average
 Analyzed: 29-8-2019 9:39:54
 Reported: 29-8-2019 9:54:44
 Liquid Visc: 0.7089 cp
 Analysis Temp: 36.0 °C
 Full Scale Mass: 87.2 %

Analysis Type: Standard
 Run Time: 0:03 hrs:min
 Sample Density: 2.593 g/cm³
 Liquid Density: 0.9938 g/cm³
 Base/Full Scale: 130 / 75 kCnts/s

Combined Report
Report by Size Table

Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)	Low Diameter (µm)	Cumulative Mass Coarser (Percent)	Settling Velocity (cm/s)
63.00	13.4	0.48748	8.000	24.4	0.00786
45.00	13.9	0.24872	4.000	30.7	0.00197
38.00	14.5	0.17736	2.000	39.7	0.00049
20.00	17.5	0.04913	1.000	50.5	0.00012
16.00	18.8	0.03144			



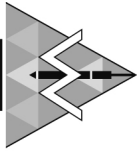
Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS



Attachment 4




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Projectnumber: VN-74362-1
Project Title: Sedigraph analysis
Location: Stockholm

Boornr. Code	Sample	Depth in [m]	Classification ISO 14688 *)	Classification NEN 5104
4A	1	+0,00 tot -0,10 m.	fine gravelly very fine sandy CLAY	Ks3g2
14A	1,2,3	+0,00 tot -0,30 m.	fine sandy SILT	Ks4
19B	1,2,3	+0,00 tot -0,25 m.	fine sandy CLAY	Ks2
21B	1,2,3	+0,00 tot -0,30 m.	slightly fine gravelly fine sandy SILT/CLAY	Ks4g1
25B	1,2,3	+0,00 tot -0,30 m.	fine silty SILT/CLAY	Ks3
31A	1,2,3,4	+0,00 tot -0,39 m.	fine silty SILT/CLAY	Ks2
32B	1,2,3,4	+0,00 tot -0,34 m.	very fine to medium gravelly silty, clayey, medium SAND	Kz1g3
36A	1,2,3,4	+0,00 tot -0,35 m.	slightly fine sandy CLAY	Ks1
39B	1,2,3	+0,00 tot -0,30 m.	slightly fine gravelly very fine sandy SILT/CLAY	Kz1g1
43B	1,2,4,5	+0,00 tot -0,50 m.	slightly fine sandy CLAY	Ks1

*) the organic matter content is not included



BILAGA 3: MODELLKALIBRERING

UPPDRAG	UPPDRAGSLEDARE	DATUM
Lövsta tillstånd och DP	Linn Arvidsson	2019-12-09
UPPDRAGSNUMMER	UPPRÄTTAD AV	GRANSKAD AV
15004422	Pierre-Louis Ligier / Non Okumura	Carsten Staub

1. Inledning

De tredimensionella hydrodynamiska modellerna har kalibrerats och validerats mot strömmätningar som utfördes mellan 2019-07-22 och 2019-08-19 av bolaget Luode Consulting, se teknisk rapport i Bilaga 4.

Syftet med kalibrering har varit att identifiera de modellparametrar som ger den bästa överrensstämmelse mellan modellresultat och observationerna. Inverkan av följande modellparametrar har undersökts:

- Tidssteg.
- Cellstorlek i horisontalled.
- Cellstorlek i vertikalled.
- Turbulensmodell i horisontal- och vertikalled.
- Strömningsförhållande med olika randvillkor (vinddata, framräknade flöden vid öppna ränder).

2. Utförda mätningar

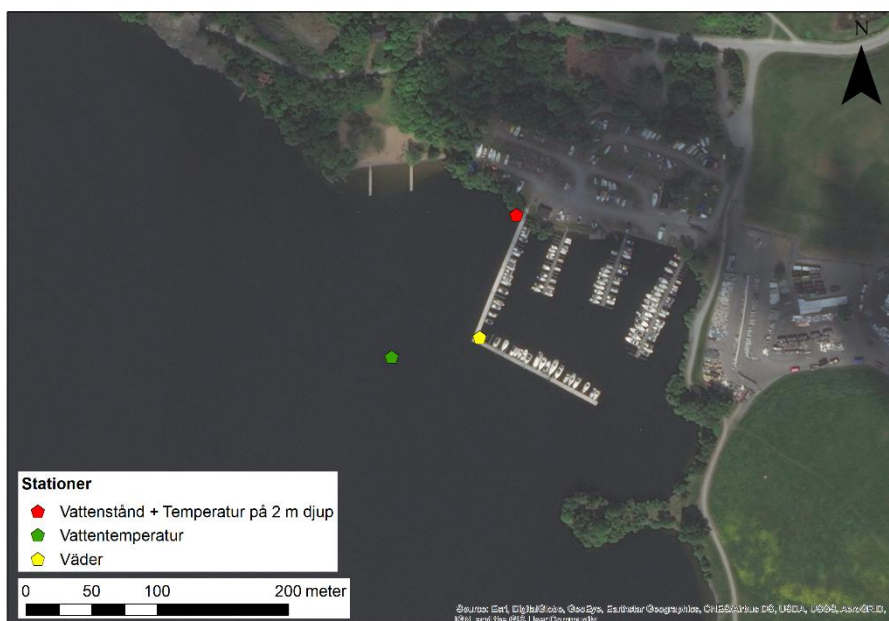
Mätningar har utförts under perioden 2019-07-23 till 2019-08-16 och bestod av:

- Strömhastighet och strömningsriktning vid fyra punkter (två punkter i närheten av Lövstas småbåtshamn och två punkter utmed nordöstra stranden norr och syd om småbåtshamnen, se Figur 2-1. Placering av mätpunkterna har valts för att erhålla referenspunkter för hamnområdet samt mot de två råvattenintagen som finns vid Görväl (i norr) och Lovön (i syd). Begränsningar vad gäller lokalisering av mätpunkterna har varit närheten till farled samt sjökablar (ADCP-utrustningen låg på botten).
- Vindhastighet, vindriktning samt andra meteorologiska parametrar (temperatur, luftfuktighet, lufttryck och nederbörd) med hjälp av en väderstation som placerats på en flytbrygga tillhörandes Lövsta Båtsällskap i hamnområdet, se Figur 2-2.
- Vattenståndsvariationer samt vattentemperatur vid olika djup i hamnen, se Figur 2-2.

Strömmätningar har utförts med hjälp av ADCP-utrustning (Acoustic Doppler Current Profiler, RDI/Teledyne Sentinel Workhorse 600 kHz) som mäter strömhastighet och strömriktning i tre dimensioner i form av medelvärden under en 30-minuters period för olika "celler" i vertikalled. Vid punkt 1 till 3 var cellernas höjd 4 m medan vid punkt 4, där vattendjupet var mindre, var cellernas höjd 2 m. Totalt är antal celler i vertikalled 8 till 11 beroende på mätpunkten. Den teoretiska standardavvikelsen motsvarande inställda parametrar har beräknats till 0,16 cm/s (punkt 1 till 3) och 0,33 cm/s (punkt 4). Analys av uppmätta hastigheter visar att dessa inte påverkas av utrustningens noggrannhet (se avsnitt 4 och 5 samt figurer i Appendix).



Figur 2-1. Placering av ADCP-utrustningar.



Figur 2-2. Placering av mätinstrument för meteorologiska parametrar, vattentemperatur samt vattennivå.

Strömmätningarna påverkas av vind- och vågklimatet i närheten av vattenytan, se texten nedan citerad från Bilaga 4 (Luode Consulting):

”Vid analys av ADCP-data så bör man beakta att vattenrörelsen närmast ytan inte bara är påverkad av den huvudsakliga strömningsrörelsen utan även vågrörelsen. Vågrörelsen är många gånger, speciellt vid starka vindar och höga vågor, betydligt större än strömningsrörelsen. Detta gör att de översta mätcellerna, beroende på storlek och närhet till ytan, får brusig data och till synes väldigt stor vattenrörelse. Vidare har den påverkan av luft och en oregelbunden storlek p.g.a. vågrörelsen och vattenståndet. Detta gör att det är svårt att jämföra data från ytcellerna med motsvarande cell i hydrodynamiska modeller som enbart simulerar strömningsrörelse och ej vågrörelse.”

Uppmätta hastigheter vid den översta cellen ligger i storleksordning 0,3 m/s och uppåt, även vid relativt låga vindstyrkor. För att generera liknande strömhastighet i modellen krävs det betydligt starkare vindar och/eller inverkan av andra faktorer såsom stor luftryck- eller vattenståndsgradienter. Analyser av meteorologiska parametrar visar inga tecken på sådana förhållanden under mätperioden vilket tyder på att den uppmätta ytströmmen påverkas kraftigt av vågklimatet. Dessa celler har därmed inte analyserats under kalibreringsprocessen, vilket har försumbar påverkan på resultatet eftersom dessa celler enbart omfattar en liten del av vattenkolumnen.

Vindhastigheten har mätts på 3 m höjd i förhållande till vattenytan. I beräkningsmodellen används vindhastigheter vid 10 m höjd vilket är en standard. Vindhastigheten på 3 m har därmed konverterats till 10 meters standarden med hjälp av den konventionella logaritmiska profilen (se även Bilaga 4):

$$v_2 = v_1 \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)}$$

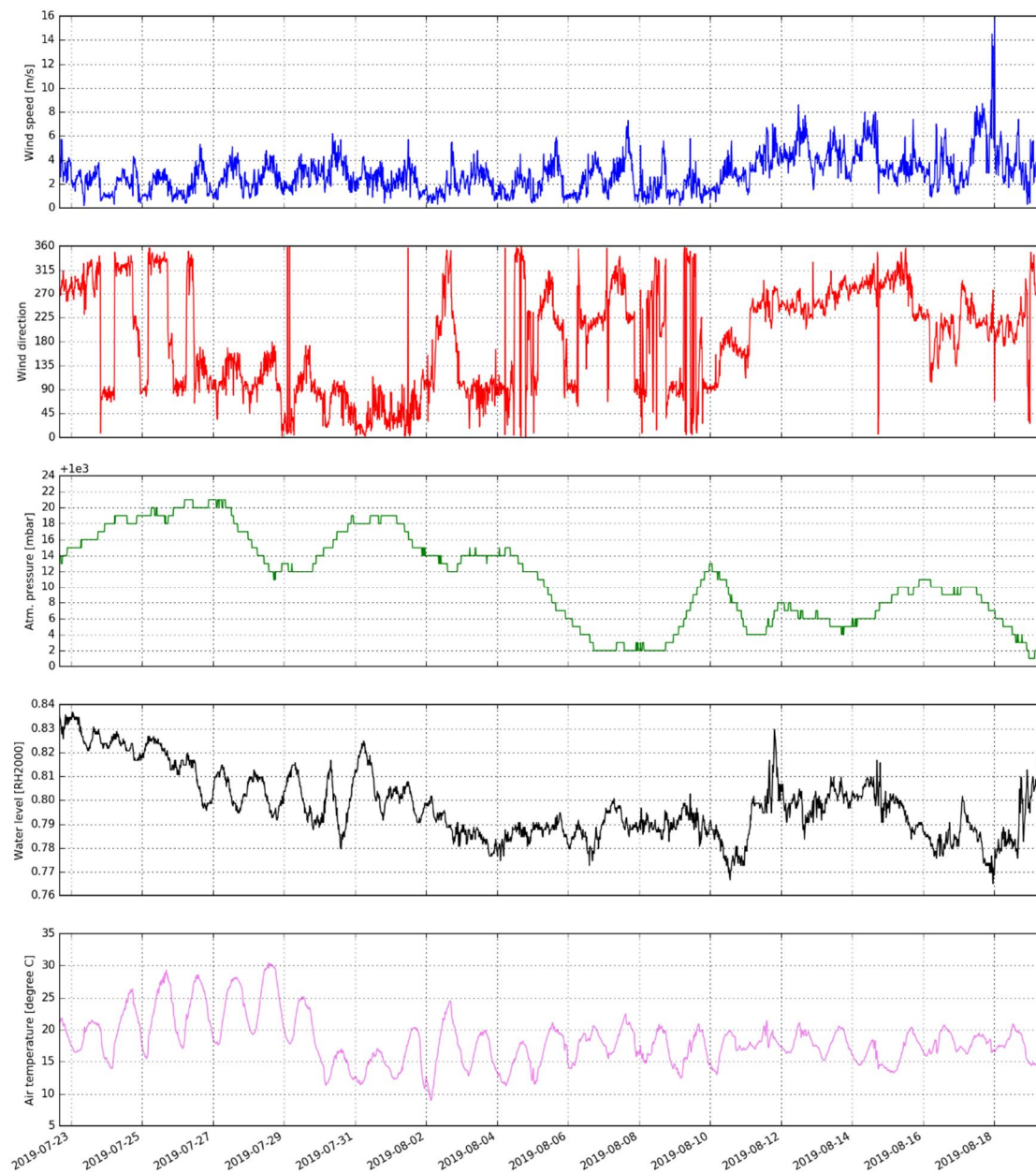
Där:

- v_1 : uppmätta vindhastighet vid höjd h_1 (m/s)
- v_2 : beräknad vindhastighet vid höjd h_2 (m/s)
- h_1 : uppmätningshöjd (= 3 m)
- h_2 : önskade höjd (= 10 m)
- z_0 : mått för s.k. ”roughness length” (= 0,0024 m vilket motsvarar släta ytor som t.ex. betong, landningsbanor, gräsmattor, etc.¹)

Vindhastigheten vid 10 m höjd är således ca 17% större än vindhastigheten vid 3 m höjd.

Uppmätta vindhastigheter, vindriktning, luftryck, vattenstånd samt lufttemperatur redovisas i Figur 2-3.

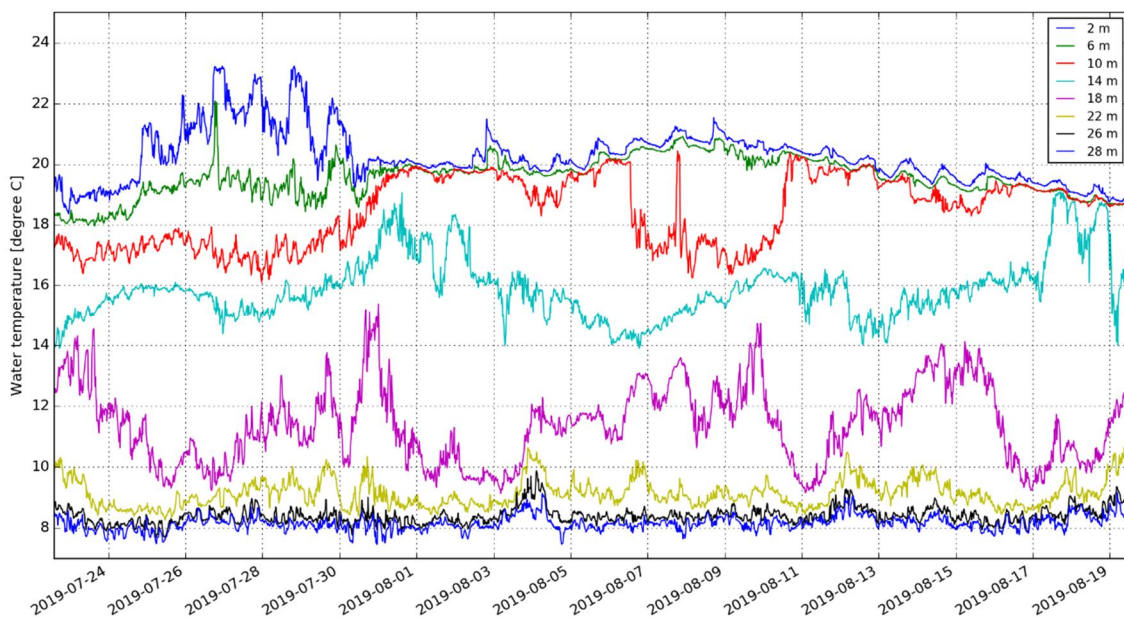
¹ The Swiss Wind Power Data Website. <https://wind-data.ch/tools/profile.php?lng=en>



Figur 2-3. Uppmätta vindhastighet (justerad till 10 m höjd), vindriktning, lufttryck, vattenstånd samt lufttemperatur. Vindriktningar 0° och 360° motsvarar samma riktning.

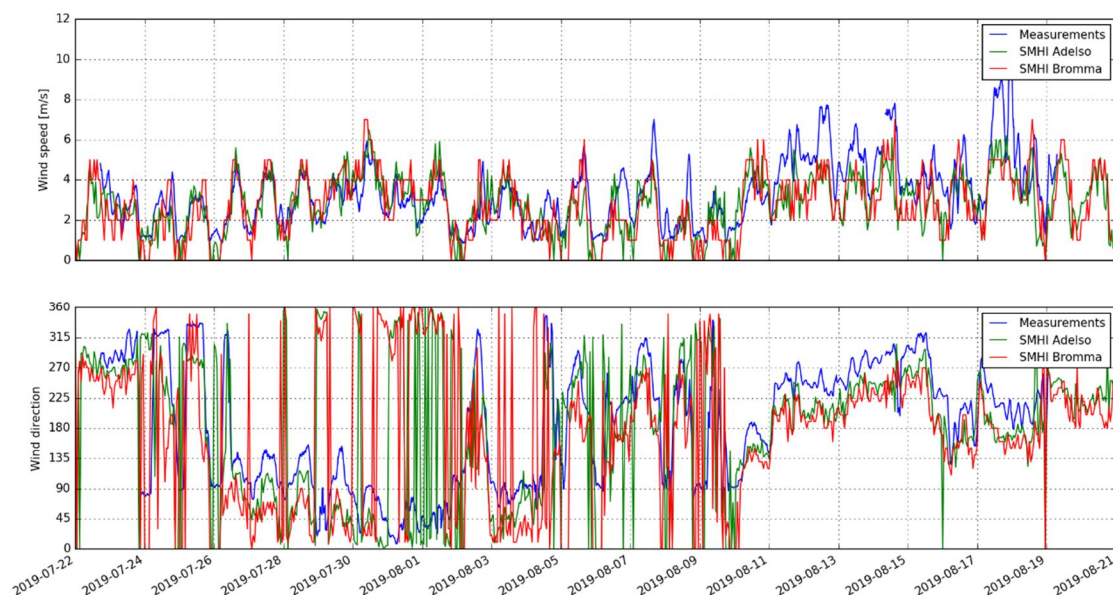
Vindriktningen är riktningen från vilken vinden blåser. Till exempel, vindriktning 270° betyder att vinden blåser från väst (270°) mot öst (90°).

Mätningar av vattentemperatur redovisas i Figur 2-4.



Figur 2-4. Uppmätt vattentemperatur.

De uppmätta vindhastigheterna samt vindriktningarna jämförs med vinddata från SMHI:s mätstationer vid Adelsö och Bromma-Stockholm, se Figur 2-5. Ur denna figur framgår det att vindriktning och vindhastighet vid SMHI:s stationer Bromma-Stockholm och Adelsö A följer varandra väl medan uppmätta värden vid Lövsta skiljer sig något, både för vindriktning (under i princip hela mätperioden) och vindhastighet (främst mellan 2019-08-11 och 2019-08-19). Detta tyder på en lokal topografisk inverkan på vinden vid Lövsta hamn.



Figur 2-5. Jämförelse mellan uppmätta vindhastigheter samt vindriktningar i Lövstafjärden och vinddata från SMHI:s stationer vid Adelsö samt Bromma. Vindriktningar 0° och 360° motsvarar samma riktning.

3. Randvillkor

I utförda simuleringar för kalibrering och validering har den uppmätta vindsekvensen lagts in i modellen som randvillkor vid vattenytan.

Enligt analys av tappningsflöden genom Norrström, Söderström samt slussarna vid Hammarby och Södertälje erhållen från Stockholms Hamnar varierade utflöde från Mälaren mellan 9 och 12 m³/s (dygnsmedelflöde) under hela mätperioden vilket innebär att tappningen bedöms ha försumbar betydelse för strömningsförhållanden under mätperioden.

I den regionala modellen har den uppmätta vattenståndsserien använts som randvillkor vid modellens nedströms rand öster om Lovön. De andra ränderna är inlagda som stängda ränder eftersom tillrinning till Mälaren bedöms ha varit försumbar under mätperioden (se kommentaren ovan avseende tappningsflöden).

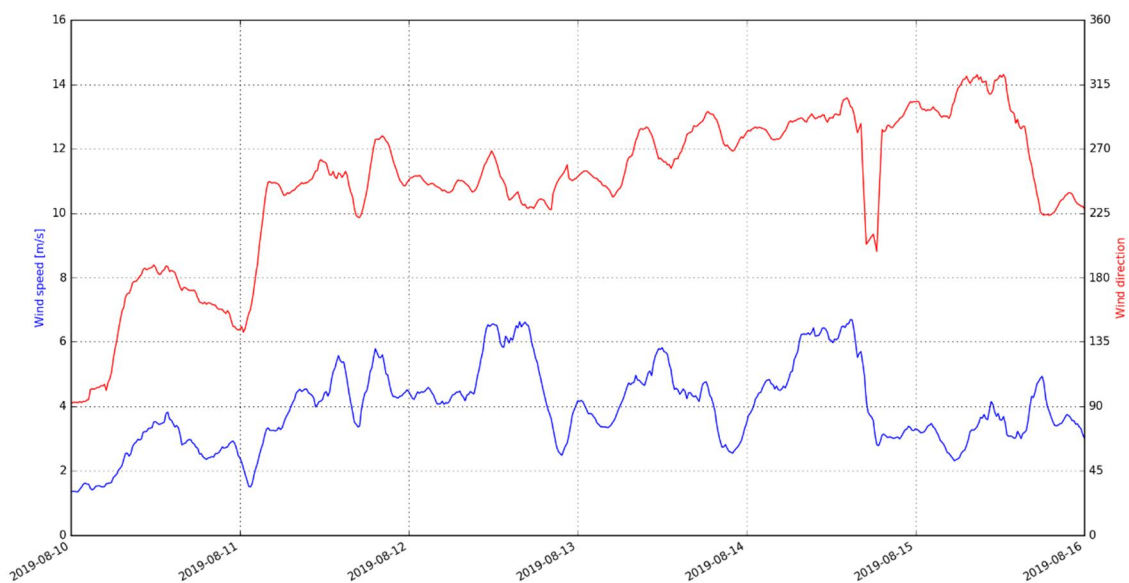
Resultat från den regionala modellen har använts för att definiera randvillkor för den lokala modellen vid två flödesränder (norr om Lovön och i sundet vid Hammargården). Vid modellens norra rand, norr om Görväl, har den uppmätta vattenståndsserien använts som randvillkor.

Det bör noteras att använt randvillkorsdata avseende vindriktning, vindhastighet och vattenstånd motsvarar ett glidande medelvärde över 2 timmar för att filtrera bort snabba variationer som riskerar orsaka instabilitet i beräkningsmodellerna.

4. Kalibrering

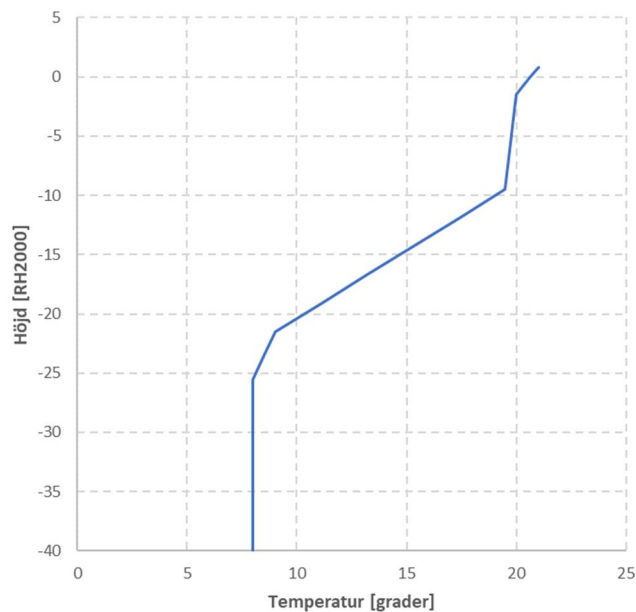
4.1. Period

Kalibrering av beräkningsmodellerna har utförts under perioden 2019-08-10 till 2019-08-16 där SO (90-180) till NV (225-315) vindriktning med varierande vindhastighet (1,5-6,5 m/s) uppmätts. Uppmätta vindhastighet respektive riktning under kalibreringsperioden visas i Figur 4-1.



Figur 4-1. Glidande medelvärde över 2 timmar av uppmätta vindriktning och vindhastighet under kalibreringsperioden (2019-08-10 – 2019-08-16). Vindriktningar 0° och 360° motsvarar samma riktning.

Schematiska temperaturskiktning (se Figur 4-2) har definierats utifrån analys av uppmätta vattentemperatur (se avsnitt 2).



Figur 4-2. Kalibrering: temperaturskiktning.

4.2. Kalibreringsprocess

4.2.1. Undersökta parametrar

Inverkan av följande parametrar har analyserats:

- Fysikaliska parametrar:
 - Bottendata
 - Vinddata
- Modelltekniska parametrar:
 - Tidssteg
 - TELEMAC-3D:s hydrostatisk och icke-hydrostatisk version
 - Cellstorlek i vertikalled
 - Turbulensmodeller
 - Advektionsalgoritmer för hastigheter och tracer (vattentemperatur)

4.2.2. Sammanfattning av inverkan av undersökta parametrar

Fysikaliska parametrar

Bottendata

I början av kalibreringsarbetet har djupdata från sjökortet använts i den regionala modellen samt i den lokala modellen utanför småbåtshamnens område. I detta område har en multibeam ekolodning från Clinton Marine Survey använts i den lokala modellen (se huvudrapport). De aktuella bottennivåerna som uppmätts i samband med sjösättning av ADCP-utrustningen vid punkterna 3 och 4 ligger dock ca 10 m lägre än bottennivåerna enligt sjökortet. De första resultaten från simuleringar med de grova bottennivåerna från sjökortet har visat stora avvikelser mellan uppmätta strömmar och modellresultat vid punkterna 3 och 4, särskilt i närheten av botten. Vid punkter 1 och 2, som ligger inom området som täcks av Clintons multibeam ekolodning, var resultaten bättre.

Nya djupdata har erhållits från Sjöfartsverket i Lövstafjärden. Djupdata består av ekolodningar med upplösning minst 10 m och har använts både i den regionala och i den lokala modellen, utom inom småbåtshamnens område där Clintons multibeam ekolodning använts. Resultat av simuleringar motsvarande denna bottenkonfiguration har visat en märkbar förbättring vid punkterna 3 och 4. Samtliga simuleringar har utförts med denna bottenkonfiguration.

Det bör noteras att inverkan av använd rauhetskoefficient inte har analyserats. Vid förväntade låga bottenhastigheter har friktionsmotståndet relativt lite betydelse för strömningsförhållandena.

Vinddata

En simulering har utförts med vinddata (vindriktning och vindhastighet) från Bromma flygplats istället för det uppmätta vinddata vid Lövsta småbåtshamnen. Syftet med denna simulering var att uppskatta inverkan av vindens geografiska variabilitet på resultatet (se Figur 2-5). Resultat från denna simulering visade stora avvikelser jämfört med de uppmätta strömningshastigheterna och strömningsriktningarna. I samtliga simuleringarna har därmed uppmätta vinddata vid Lövsta

småbåtshamnen använts, som visar avsevärt bättre simulerade jämfört med uppmätta strömningsparametrar.

Modelltekniska parametrar

Tidssteg

I samtliga simuleringar har tidssteg på 5 sekunder använts. Testkörningar med tidssteg på 10 sekunder har utförts. Resultat från dessa testkörningar var i princip identiska med simuleringarna med tidssteg på 5 sekunder, dock med ett större antal iterationer (med 10 sekunder).

TELEMAC-3D:s hydrostatisk och icke-hydrostatisk version

I TELEMAC-3D kan antingen hydrostatiska eller icke hydrostatiska Navier-Stokes ekvationer lösas. De hydrostatiska ekvationerna brukar tillåta en god approximation av strömningsförhållandena som råder i sjöar. De icke hydrostatiska ekvationerna erbjuder extra noggrannhet särskilt vad gäller densitetsgradienter i vertikalled som orsakas av exempelvis temperaturskiktning eller suspenderat sediment. Jämförelse av resultat för dessa två optioner har inte visat betydelsefulla skillnader i strömningshastigheter och riktningar. Resultat med icke hydrostatiska ekvationer visade dock något mindre numerisk diffusion i vertikalled med en stabilare temperaturskiktning. Samtliga simuleringar har därmed utförts med de icke hydrostatiska Navier-Stokes ekvationerna.

Cellstorlek i vertikalled

Känsligheten av cellstorleken i vertikalled har analyserats främst vid vattenytan. Ett avstånd mellan cellen vid vattenytan och cellen strax under på 0,1 och 0,2 m har simulerats med olika turbulensmodeller. Syftet med så kort avstånd mellan översta celler vid vattenytan är att uppnå en bra simulering av de vinddrivna strömmarna.

Resultat visar något kraftigare ytströmmar med ett 0,1 meters avstånd jämfört med 0,2 m. Storleken på strömmarna kunde dock inte jämföras mot uppmätta strömningshastigheter på grund av begränsningarna i mätningarna just i denna zon, se kommentarer i avsnitt 2.

Samtliga simuleringar har utförts med ett 0,1 meters avstånd, vilket dessutom motsvarar det rekommenderade värdet vid vindgenererade strömmar (EDF R&D, 2018b).

Turbulensmodeller

Det mest omfattande momentet i kalibreringsprocessen har varit att testa de olika turbulensmodellerna:

- $k-\epsilon$ (i horisontal- och vertikalled)
- Tsanis' *Mixing length* (i vertikalled)
- Smagorinsky (i horisontalled)
- Konstant viskositet (i horisontalled)

De bästa resultaten har erhållits för följande konfigurationer:

- $k-\epsilon$ (i horisontal- och vertikalled): bäst övergripande överensstämmelse på strömnings hastigheter och framförallt riktningarna.
- $k-\epsilon$ (i horisontalled) och Tsanis' *Mixing length* (i vertikalled): bättre överensstämmelse vad gäller strömningshastigheter i närheten av vattenytan (något starkare strömmar) men annars något sämre överensstämmelse vad gäller strömningsriktningarna i djupet

Samtliga simuleringar har utförts med $k-\epsilon$ i horisontal- och vertikalled som motsvarar konfigurationen som ger den bästa överensstämmelsen i hela vattenkolumnen vilket bedöms vara en avgörande faktor för simuleringar av spridning av förorenat sediment vid olika vattendjup.

Advektionsalgoritmer för hastigheter och tracer

Följande advektionsalgoritmer för hastigheter och tracer har använts (EDF, 2018a):

- MURD (Multidimensional Upwind Residual Distribution), *explicit scheme*.
- MURD, *second order predictor-corrector scheme*.
- MURD, *locally semi-implicit predictor-corrector scheme* (LIPS).

Jämförelse av resultat från de olika simuleringarna har visat små skillnader i strömningshastigheter och riktningar. LIPS- och *second order predictor-corrector scheme* MURD-algoritmer visade dock bättre resultat vad gäller temperaturskiktning med märkbart mindre numerisk diffusion. Beräkningstider med dessa algoritmer var dock betydligt längre (två till tre gånger) än med standard *explicit scheme* MURD-algoritmen, vilket var en begränsande faktor med hänsyn till totalt antal beräkningsscenarioer och de relativt långa simuleringstiderna (80 och 40 dagar för den regionala respektive lokala modellen, se huvudrapport). Samtliga simuleringar har därför utförts med standard *explicit scheme* MURD-algoritmen.

Slutlig modellkonfiguration

Den slutliga modellkonfigurationen som har erhållits i slutet av kalibreringsprocessen och använts i samtliga simuleringar består av följande parametrar:

- Bottendata: Sjöfartsverkets ekolodningar i hela Lövstafjärden
- Vinddata: uppmät vinddata vid Lövstas småbåtshamn
- Tidssteg: 5 sekunder
- Cellstorlek på 0,1 m strax under vattenytan
- Icke hydrostatiska Navier Stokes ekvationer
- $k-\epsilon$ turbulensmodell i horisontal- och vertikalled
- Advektionsalgoritm: MURD, *explicit scheme*

4.3. Regional modell

För att utvärdera modellens förmåga att reproducera uppmätta strömmar har grafer av strömningshastighet och strömningsriktning tagits fram vid de fyra ADCP-punkterna som har använts. Graferna jämför modellens resultat och mätningarna mellan vattenytan och botten.

Som tidigare nämnt (se avsnitt 2) består mätdata av tidsmedelvärden under en 30-minuters period av strömningshastighet och strömningsriktning i celler med höjd 4 m (punkt 1 till 3) och 2 m (punkt 4). Resultat från modellen jämförs med mätningarna vid beräkningsnivån som ligger närmaste respektive ADCP-cellens mittpunkt (hälften av cellens höjd). ADCP-cellerna som ligger vid vattenytan har exkluderats från analysen på grund av inverkan av vågrörelser som resulterar i icke-representativa strömningshastigheter.

Jämförelse mellan modellresultat och strömningsmätningar redovisas för varje mätpunkt i form av:

- Tidsserie med strömningsriktningar i olika vattendjup.
- Tidsserie med strömningshastigheter i olika vattendjup.
- Sammanställning av tidsserierna i form av strömrosor i olika vattendjup.
- Sammanställning av tidsserierna i form av tidsmedelvärden och 90:e percentilen av strömningshastigheterna mellan botten och ytan.

Tidsserierna redovisas i Appendix.

För sammanställningsgraferna har de två första dagarna av simuleringsperioden exkluderats från analysen eftersom modellresultat under denna period bedöms påverkas av startvillkor.

Strömningsriktningen motsvarar riktningen strömmen går mot, d.v.s. motsatsen av vindriktningens definition.

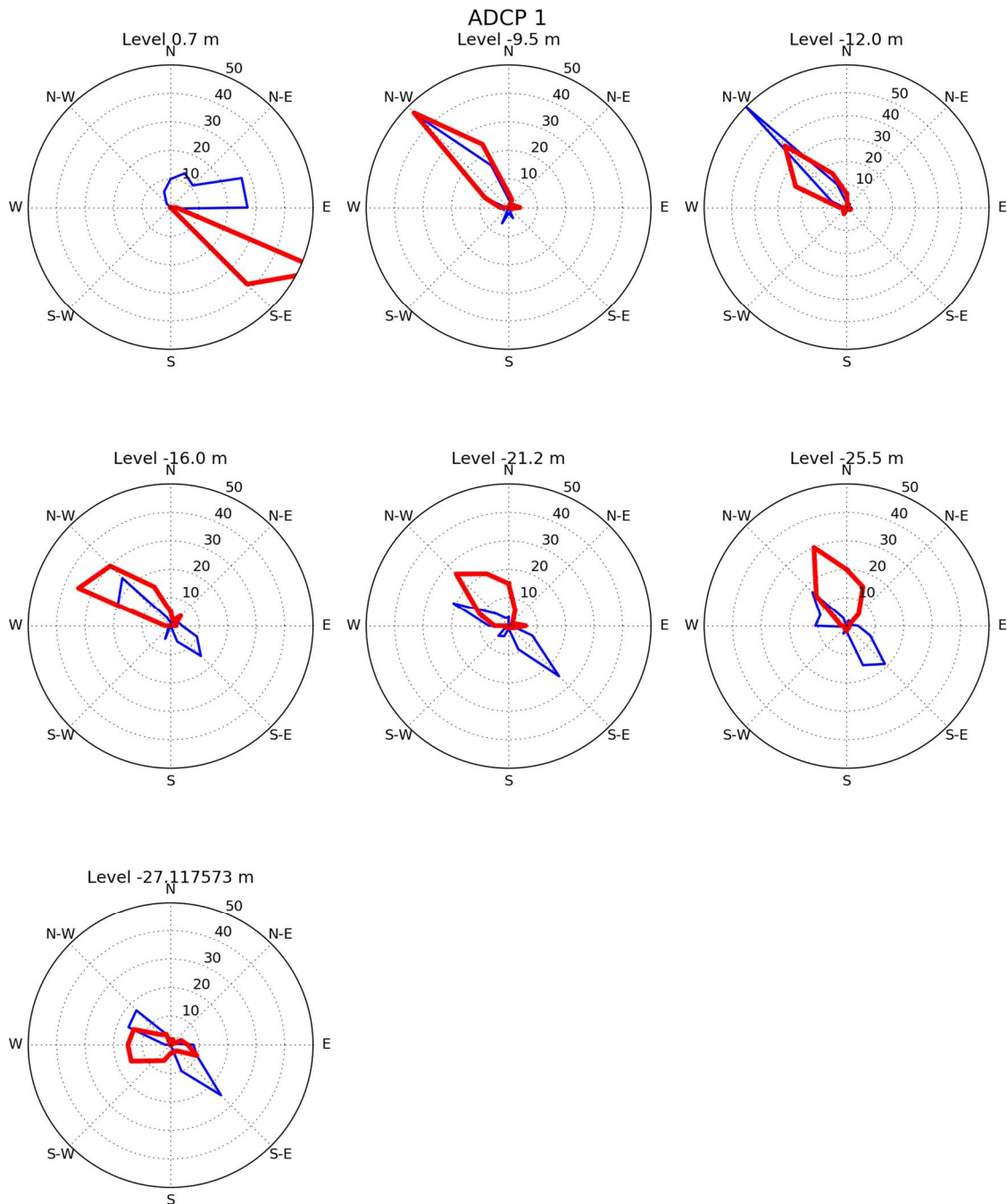
Kalibreringsresultat redovisas i Figur 4-3 till Figur 4-10. Från analys av dessa figurer framgår det att:

- De uppmätta strömningsriktningarna ovanför språngskiktet (10-15 m djup), O till S, följer i princip vindriktningarna som har varit ganska stabila under de fyra sista dagarna av kalibreringsperioden (SV till NV). Under språngskiktet visade dock strömmarna en större variation i riktning, främst SO och NV, vilket motsvarar fjärdens huvudriktning. Detta betyder att under språngskiktet minskar påverkan av vinden på strömningsriktningen med övergång mellan perioder med en typiskt två-lagers strömning och perioder med en tre-lagers strömning.
- Jämförelsen mellan modellresultat och mätningar i närheten av vattenytan är svårt på grund av inverkan från vågrörelser som påverkar strömmarna i de översta cellerna (se avsnitt 2). Generellt har näst översta ADCP-cell (vid ca 5 m djup) använts för att beskriva ytströmmen. I modellen etablerar sig ytströmmen närmare vattenytan och vid liknande djup börjar strömningsriktningarna avvika från ytströmmens. För redovisningssyfte har modellresultat strax under vattenytan använts vid jämförelse med första representativa ADCP-cell. Överensstämmelsen avseende strömningsriktningen är i princip god fast de simulerade strömningshastigheterna är något större än uppmätta värden vilket är förväntat m.h.t. höjdskillnaden mellan använd beräkningsnivå (strax under vattenytan) och ADCP-cell (ca 5 m djup).

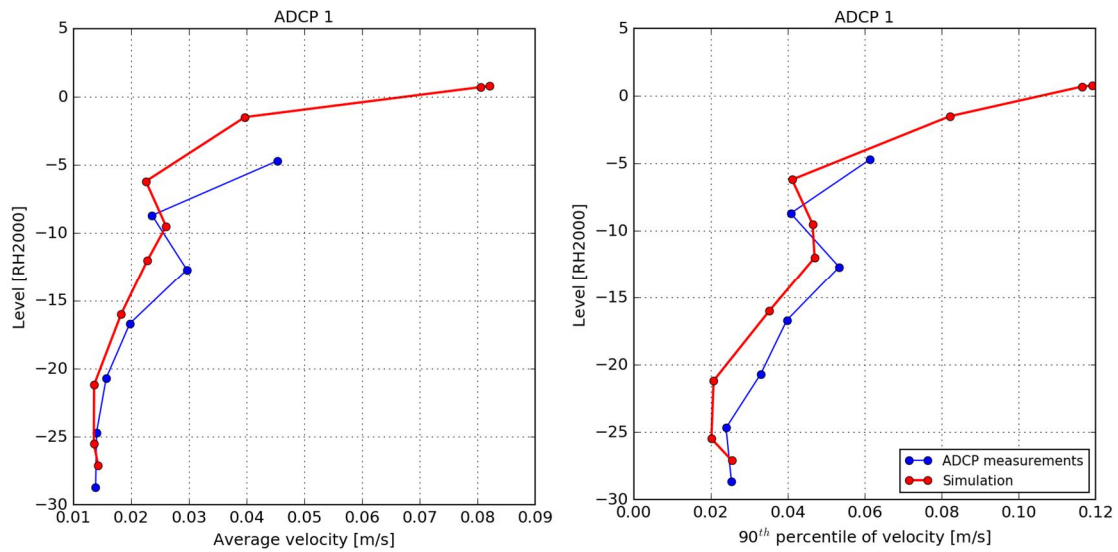
- Modellens resultat stämmer generellt bra överens med mätningarna ovanför språngskiktet, både vad gäller strömningsriktning och strömningshastigheter. En noggrann analys av resultat visar dock på ibland stora skillnader vid en viss tidpunkt, särskilt under dygn 1-2 (uppmätta strömningshastigheter är högre än modellresultatet) och vid dygn 5-6 (de simulerade strömningshastigheterna är högre än uppmätta värden). Dessa skillnader bedöms orsakat av antingen startvillkor till modellen (strömningshastigheter antas vara noll i hela modellen vid början av simuleringen) och/eller variationer i vindklimatet över hela modellområdet som inte simuleras i modellen.
- Under språngskiktet visar modellen en mindre god överensstämmelse med mätningarna, främst vid punkt 1, 2 och 4. Vid dessa punkter kan det konstateras att de uppmätta strömningsriktningarna pendlar mellan SO och NV medan de simulerade strömningsriktningarna är stabilare och huvudsakligen riktade mot NV, d.v.s. i motsatsriktning jämfört med ovanför språngskiktet (där strömningsriktningarna påverkas av vinden). Vid dessa djup är dock strömningshastigheterna låga (0-0,02 m/s) vilket innebär att de lokala strömningsriktningarna bedöms kunna påverkas av lokala små variationerna i strömningsförhållandena som inte reproduceras i beräkningsmodellen (lokala/småskaliga variationer på vattentemperatur, turbulens, bottenråhet, m.m.). Analys av resultat från den lokala modellen, som har en högre upplösning både i horisontal- och i vertikalled, visar en förbättring av resultat, se avsnitt 4.4). Vid punkt 3 är överensstämmelsen något bättre. Det bör noteras att analysen av strömningshastigheterna (tidsmedelvärden och 90:e percentilen) visar en god överensstämmelse vid dessa vattendjup och vid samtliga mätpunkterna.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att modellen simulerar de förväntade strömningsförhållanden, såväl tidsmedlade strömningsriktningar och hastigheter på acceptabelt sätt, främst ovanför språngskiktet. Överensstämmelsen är något sämre under språngskiktet vad gäller strömningsriktningarna. Detta bedöms dock inte ha stor betydelse vid simulering av spridningsförhållandena under en lång period (simulering av en 7-dagars roterande vindsekvens över en total simuleringsperiod på 80 dagar vilket innebär att spridningen kommer att ske i båda huvudströmningsriktningarna), vilket är syftet med denna modell (se huvudrapport).

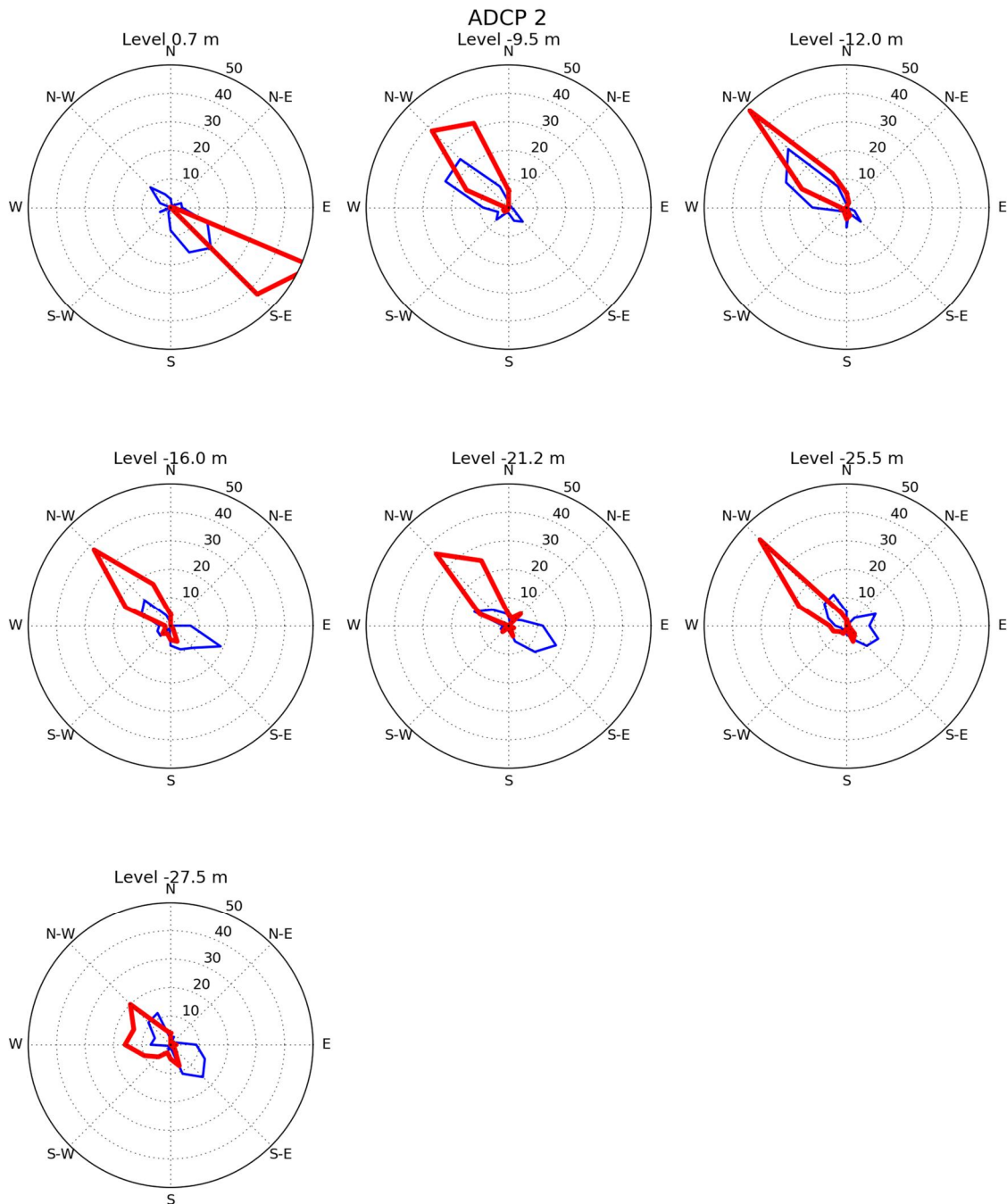
Modellresultatet innehåller dock vissa osäkerheter när det gäller simulering av de aktuella strömningsförhållandena vid en given tidpunkt. Den regionala modellen simulerar dock i de flesta fallen förändringar i strömningsriktning (ibland med en viss tidsförskjutning) samt de maximala strömningshastigheterna vid olika vattendjup.



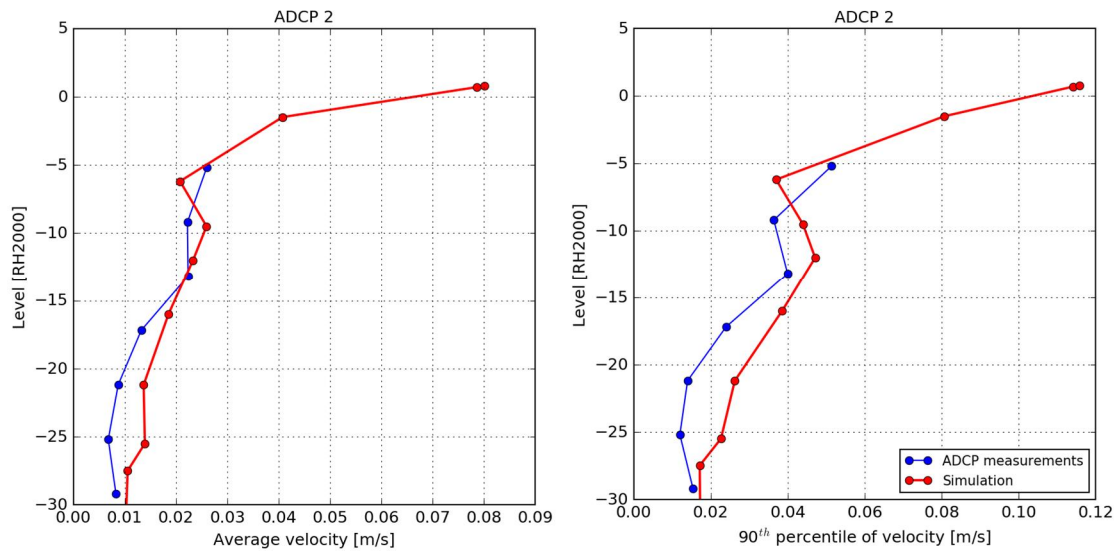
Figur 4-3. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömosor för ADCP punkt 1. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



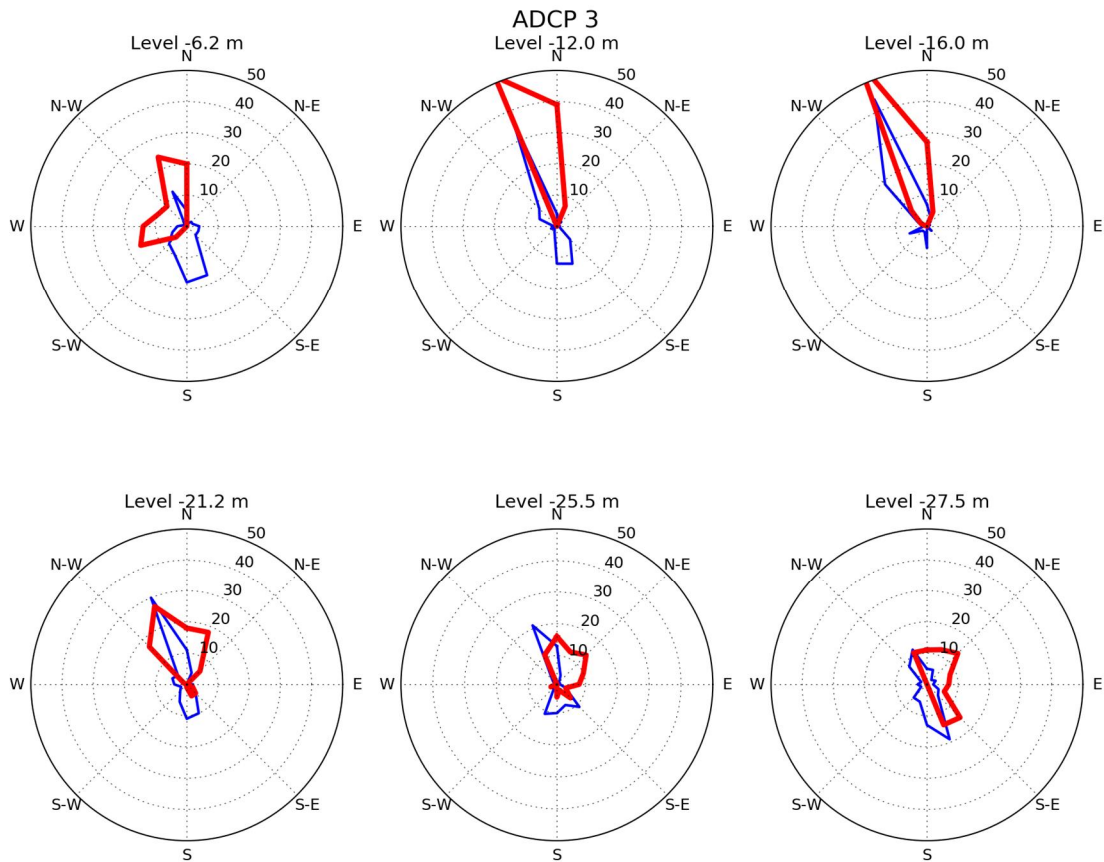
Figur 4-4. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 1. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



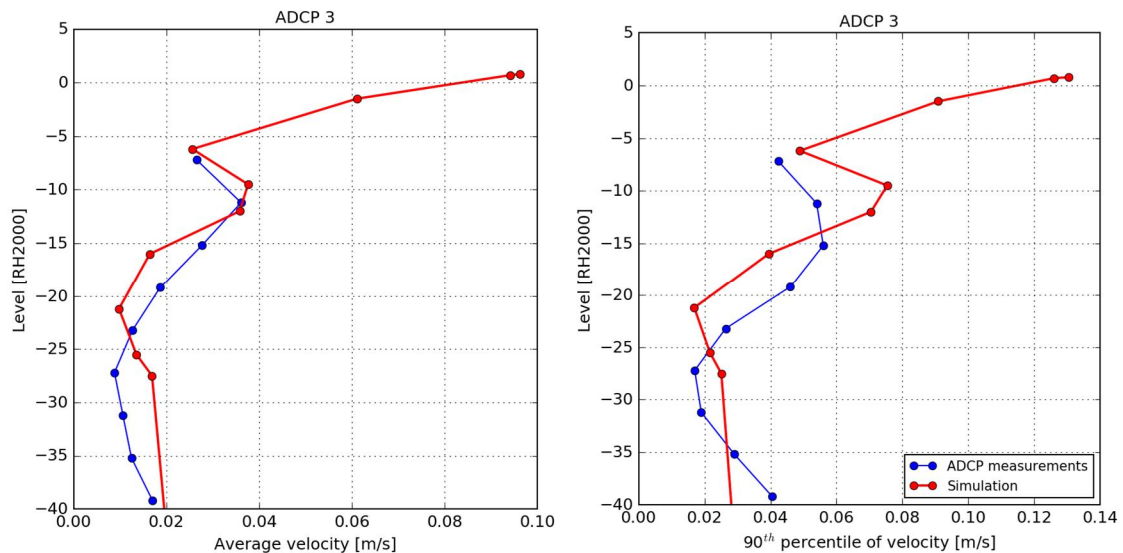
Figur 4-5. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömsrosor för ADCP punkt 2. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



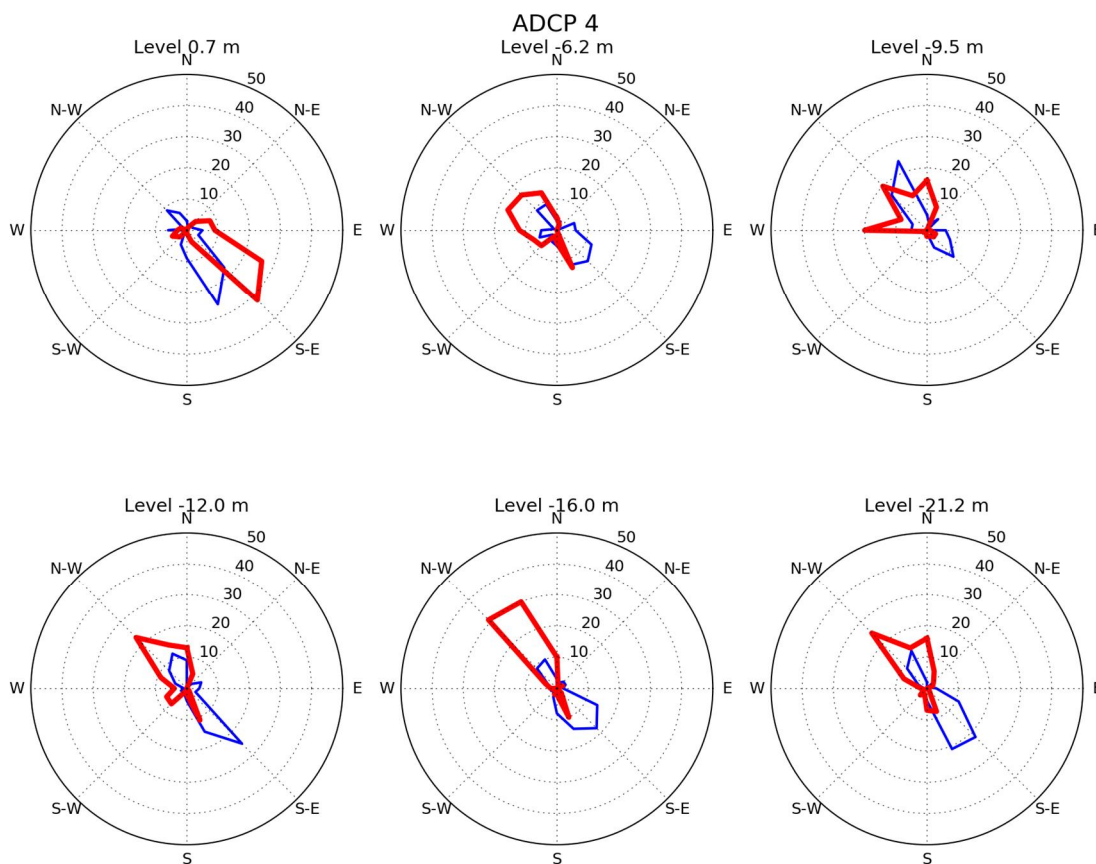
Figur 4-6. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 2. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



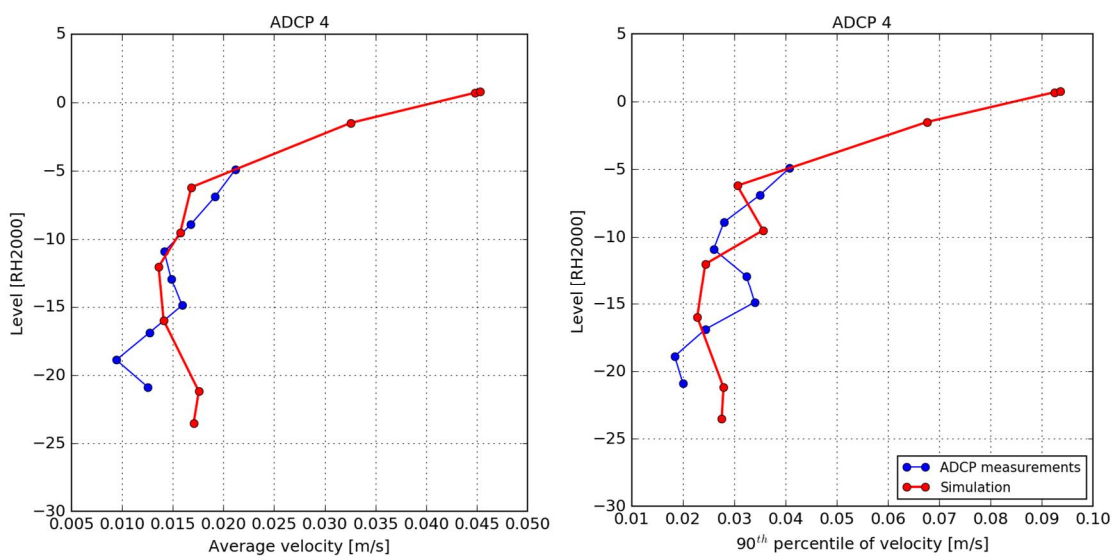
Figur 4-7. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömrösor för ADCP punkt 3. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



Figur 4-8. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 3. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



Figur 4-9. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömrösor för ADCP punkt 4. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



Figur 4-10. Kalibrering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 4. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.

4.4. Lokal modell

Redovisning av resultat baseras på samma metodik som för den regionala modellen. Jämförelsen mellan modellresultat och strömningsmätningar redovisas för varje mätpunkt i form av:

- Tidsserie med strömningsriktningar vid olika vattendjup.
- Tidsserie med strömningshastigheter vid olika vattendjup.
- Sammanställning av tidsserierna i form av strömrosor vid olika vattendjup.
- Sammanställning av tidsserierna i form av tidsmedelvärden och 90:e percentilen av strömningshastigheterna mellan botten och ytan.

Tidsserierna redovisas i Appendix.

För sammanställningsgraferna har de två första dagarna av simuleringsperioden exkluderats från analysen eftersom modellresultat under denna period bedöms påverkas av startvillkor.

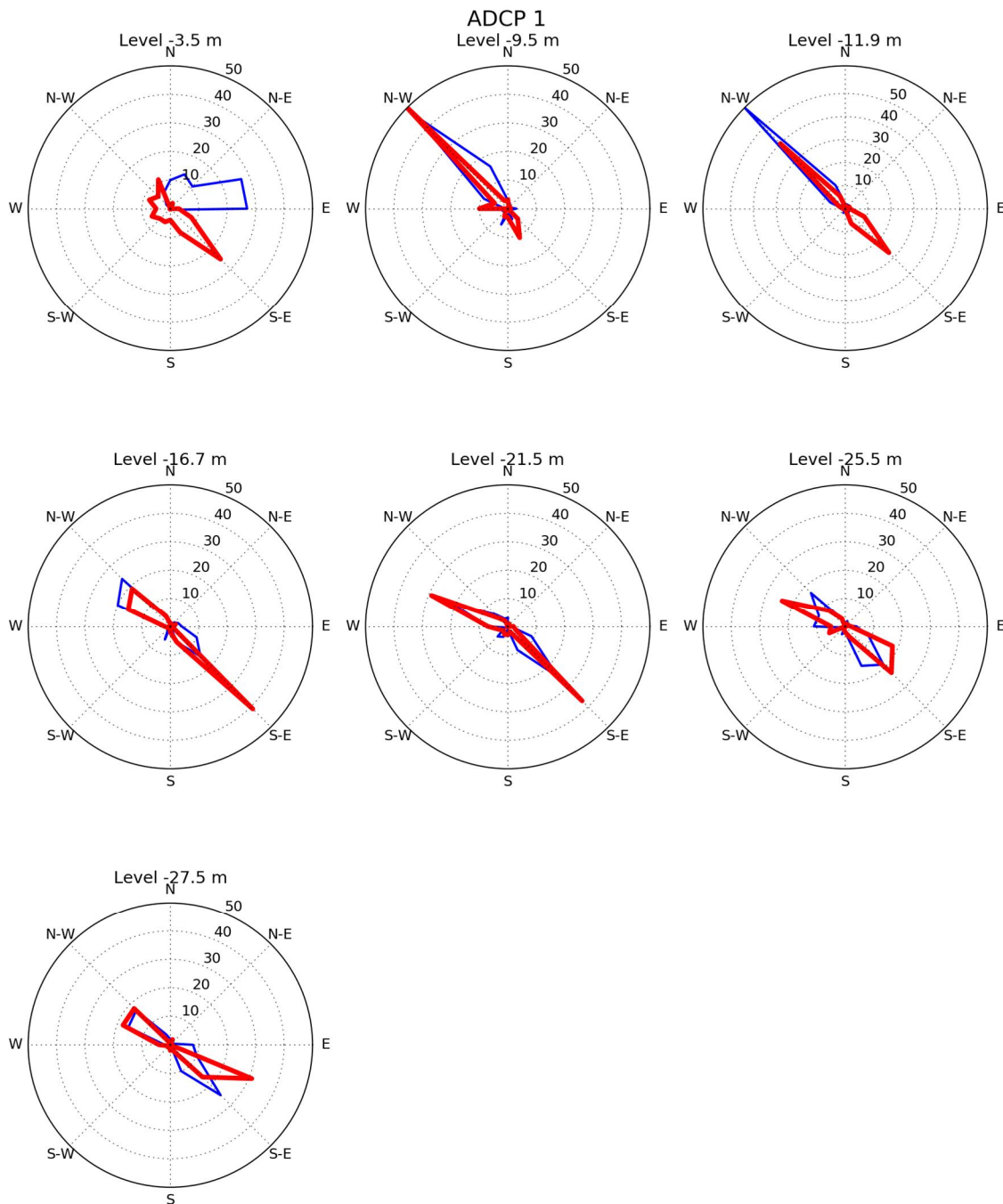
Strömningsriktningen är riktningen som strömmarna går mot, d.v.s. motsatsen av vindriktningens definition.

Kalibreringsresultat redovisas i Figur 4-11 till Figur 4-18. Ur analys av dessa figurer framgår det att:

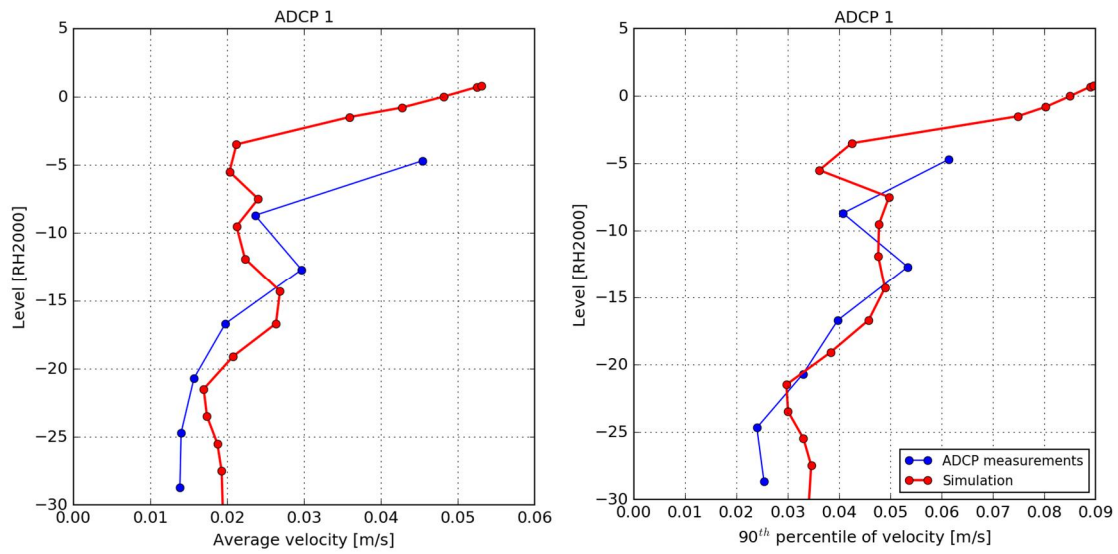
- Modellresultat stämmer oftast bättre med mätningarna än resultaten från den regionala modellen, särskilt vad gäller strömningsriktningarna. Med den lokala modellen erhålls liknande strömningsförhållanden som mätningarna, även under språngskiktet, ibland med tre-lagers strömning.
- Analys av tidsserierna visar dock ibland att ändringar i strömningsriktning sker med en viss tidsförskjutning, men att huvudströmningsriktningarna och deras förekomst reproduceras korrekt.
- De momentana strömningshastigheterna reproduceras på ett acceptabelt sätt. Tidsmedelvärden och 90:e percentilen av strömningshastigheterna visar god överensstämmelse mellan modellen och mätningarna.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att den lokala strömningsmodellen simulerar de förväntade strömningsförhållanden på acceptabelt sätt, detta även under språngskiktet vilket är en förbättring jämfört med den regionala modellen.

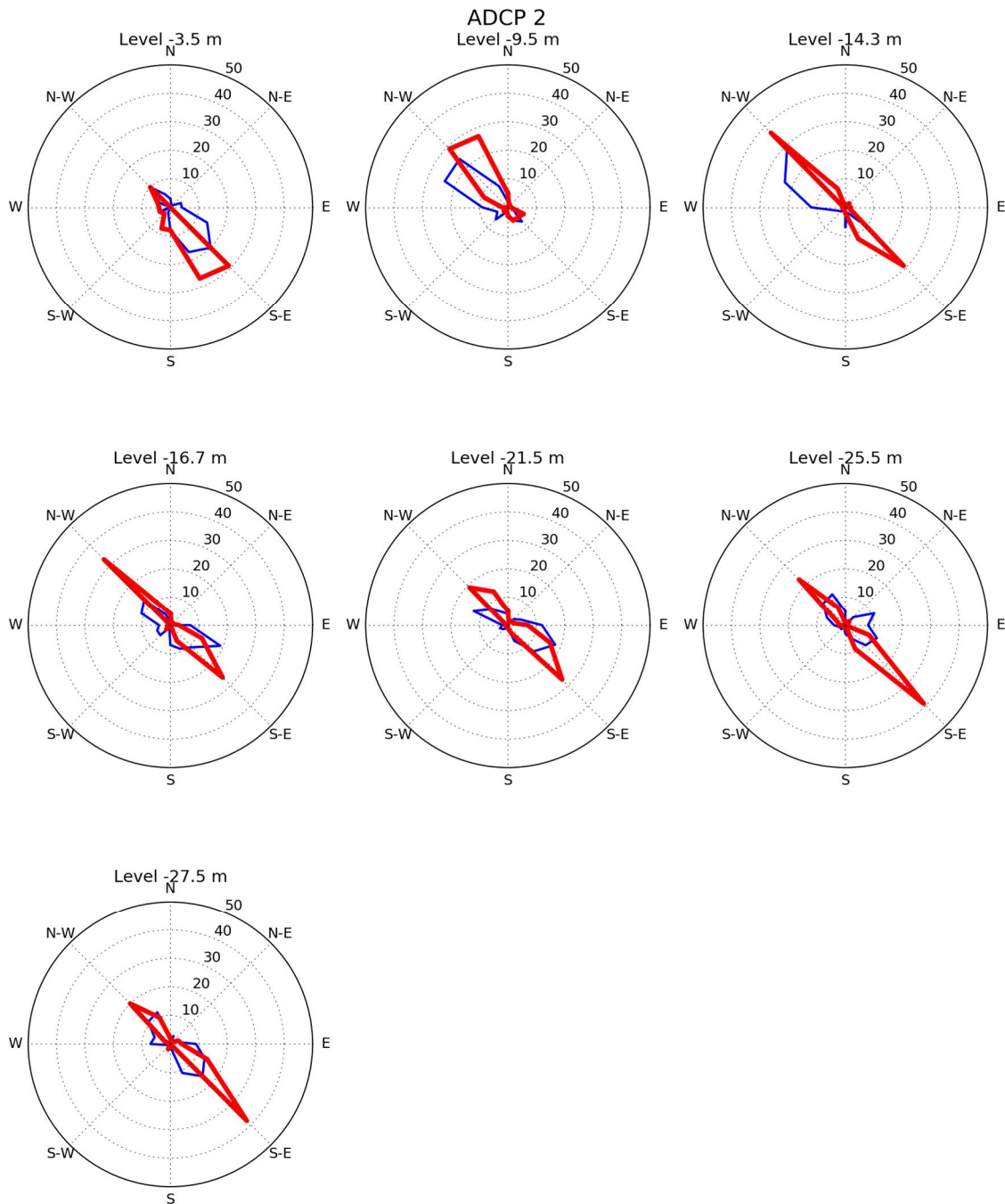
På samma sätt som för den regionala modellen innehåller resultatet vissa osäkerheter när det gäller att simulera aktuella specifika strömningsförhållandena vid en viss tidpunkt och på viss plats.



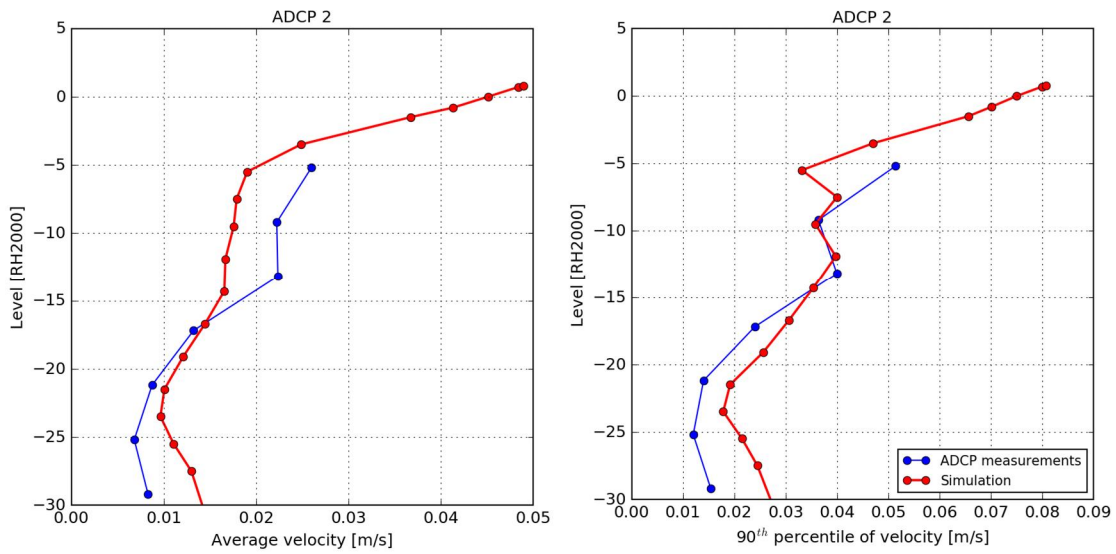
Figur 4-11. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av strömrosor för ADCP punkt 1. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



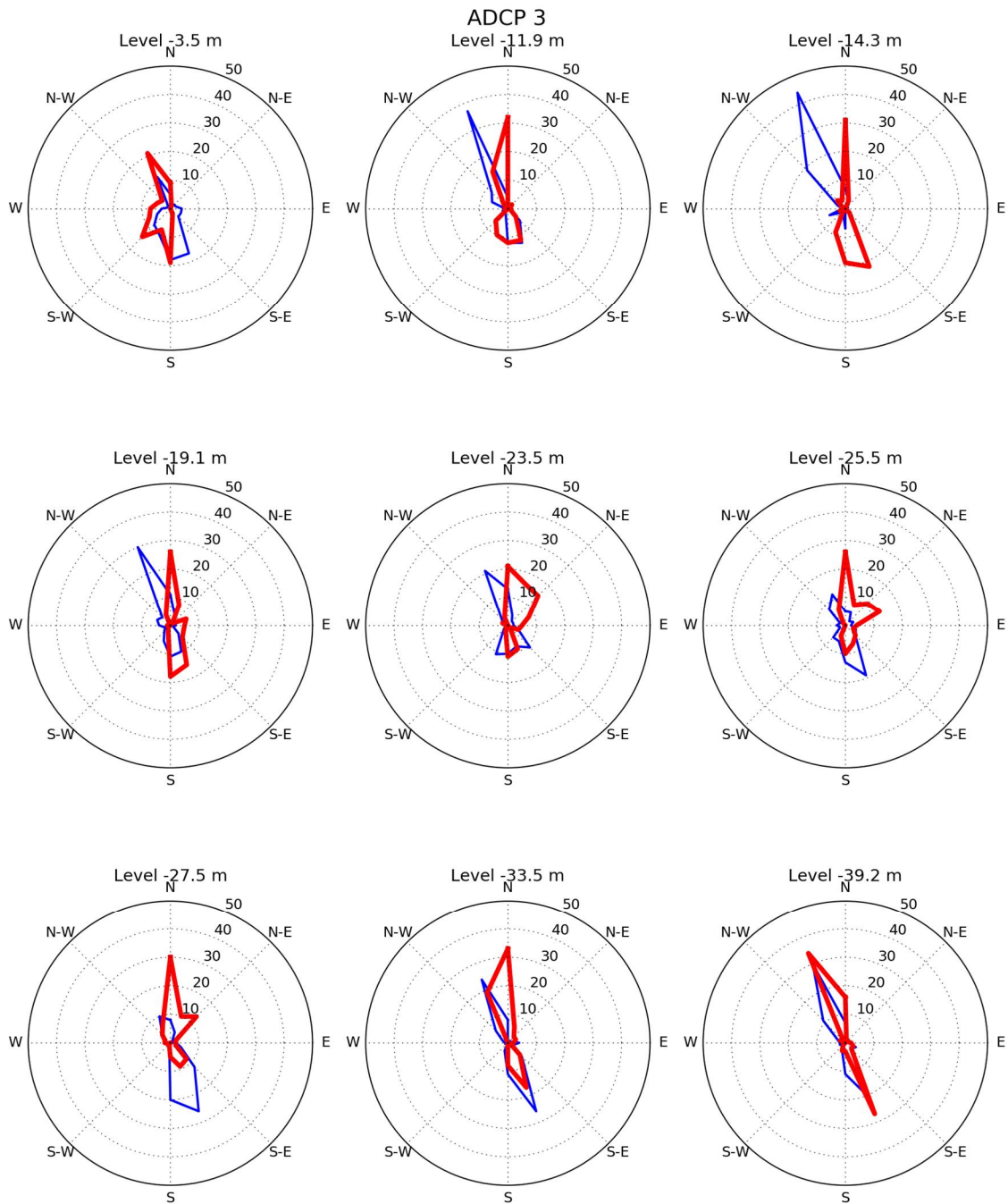
Figur 4-12. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 1. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



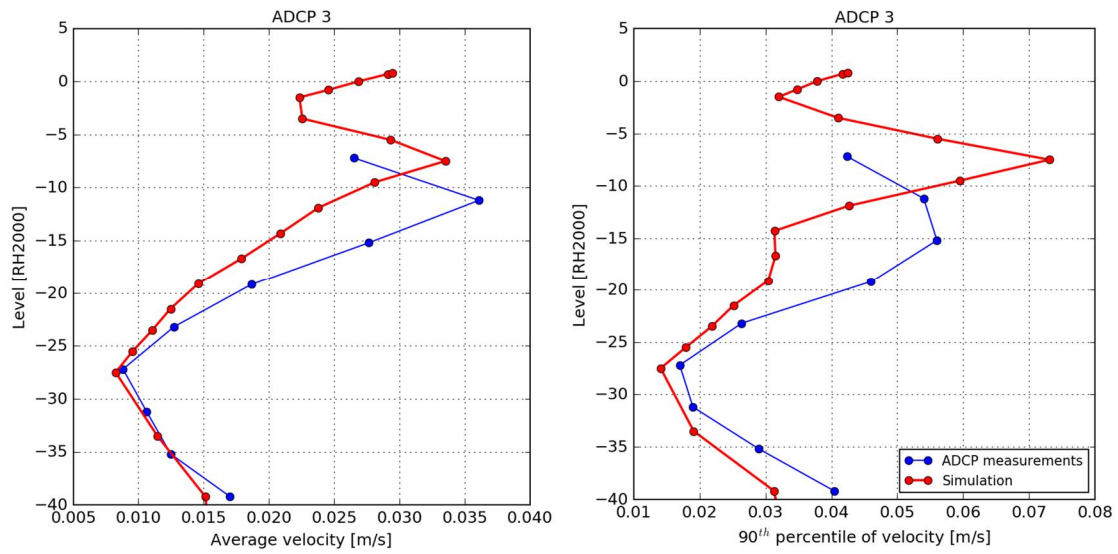
Figur 4-13. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av strömrosor för ADCP punkt 2. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



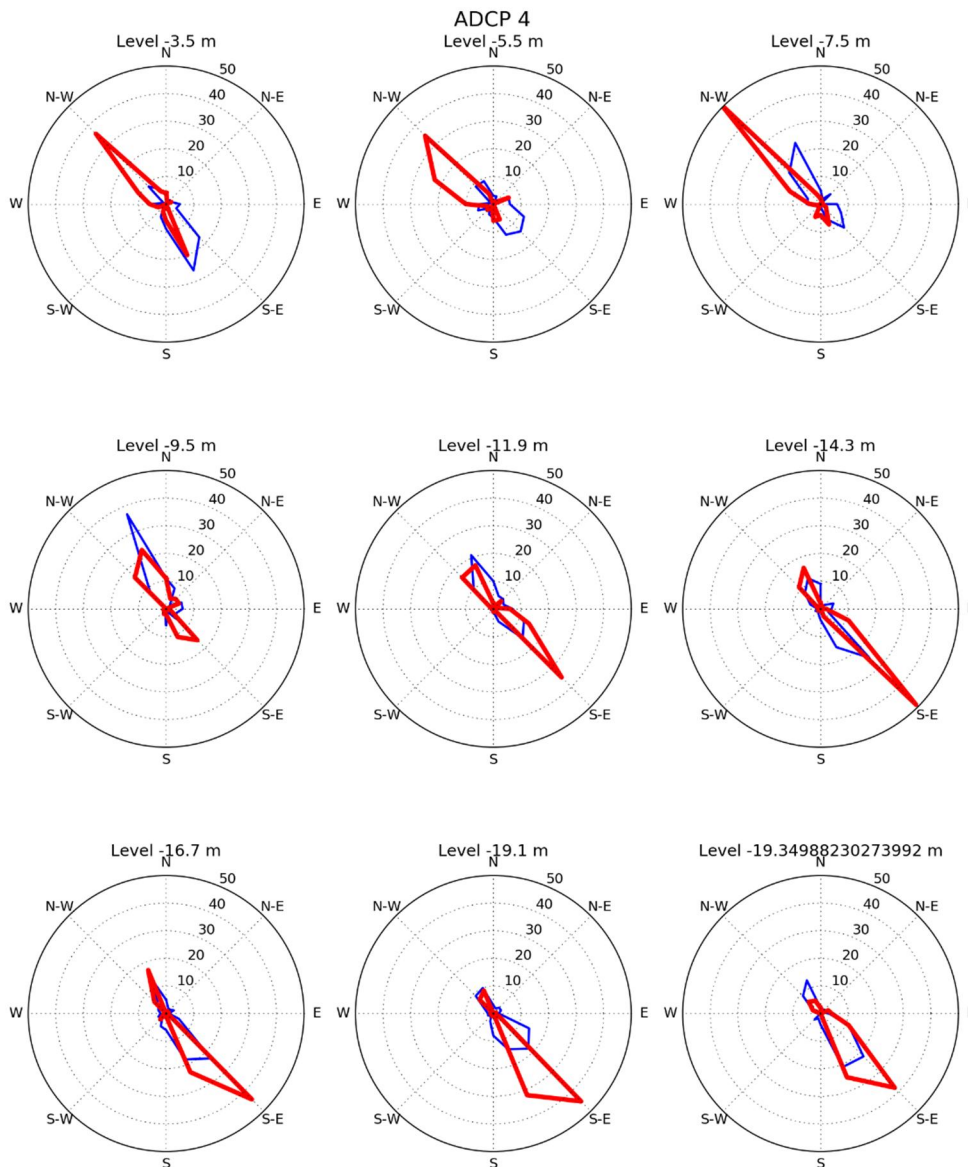
Figur 4-14. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 2. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



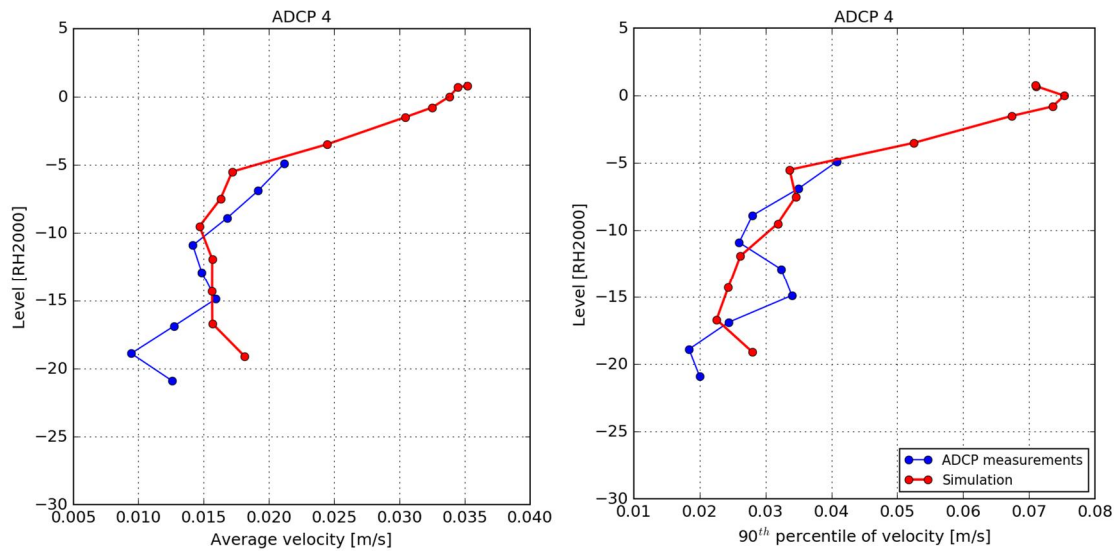
Figur 4-15. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av strömrosor för ADCP punkt 3. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



Figur 4-16. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 3. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



Figur 4-17. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av strömmrosor för ADCP punkt 4. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.

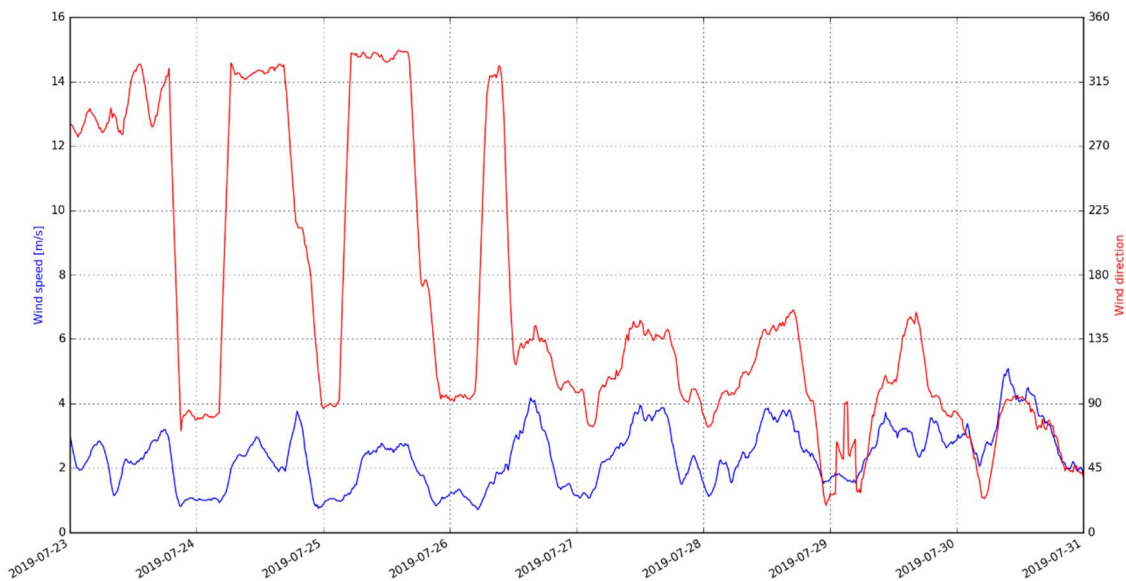


Figur 4-18. Kalibrering, lokal modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 4. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.

5. Validering

5.1. Period

Validering av beräkningsmodellerna har utförts under perioden 2019-07-23 till 2019-07-31 där vindriktningar pendlar mellan östlig och nordvästlig vind under första hälften av perioden och sedan stabiliserar sig i en mestadels sydöstlig vind under andra hälften av perioden. Vindhastigheterna är något lägre än för kalibreringsperioden och ligger huvudsakligen mellan 1 och 5 m/s.



Figur 5-1. Glidande medelvärde över 2 timmar av uppmätta vindriktningar och vindhastigheter under valideringsperiod (2019-07-23 – 2019-07-31). Vindriktningar 0° och 360° motsvarar samma riktning.

En liknande temperaturskiktning som för kalibreringsperioden har använts.

5.2. Regional modell

Redovisning av resultat baseras på samma metodik som för kalibreringen. Jämförelsen mellan modellresultat och strömningsmätningar redovisas för varje mätpunkt i form av:

- Tidsserie med strömningsriktningar vid olika vattendjup.
- Tidsserie med strömningshastigheter vid olika vattendjup.
- Sammanställning av tidsserierna i form av strömrosor vid olika vattendjup.
- Sammanställning av tidsserierna i form av tidsmedelvärden och 90:e percentilen av strömningshastigheterna mellan botten och ytan.

Tidsserierna redovisas i Appendix.

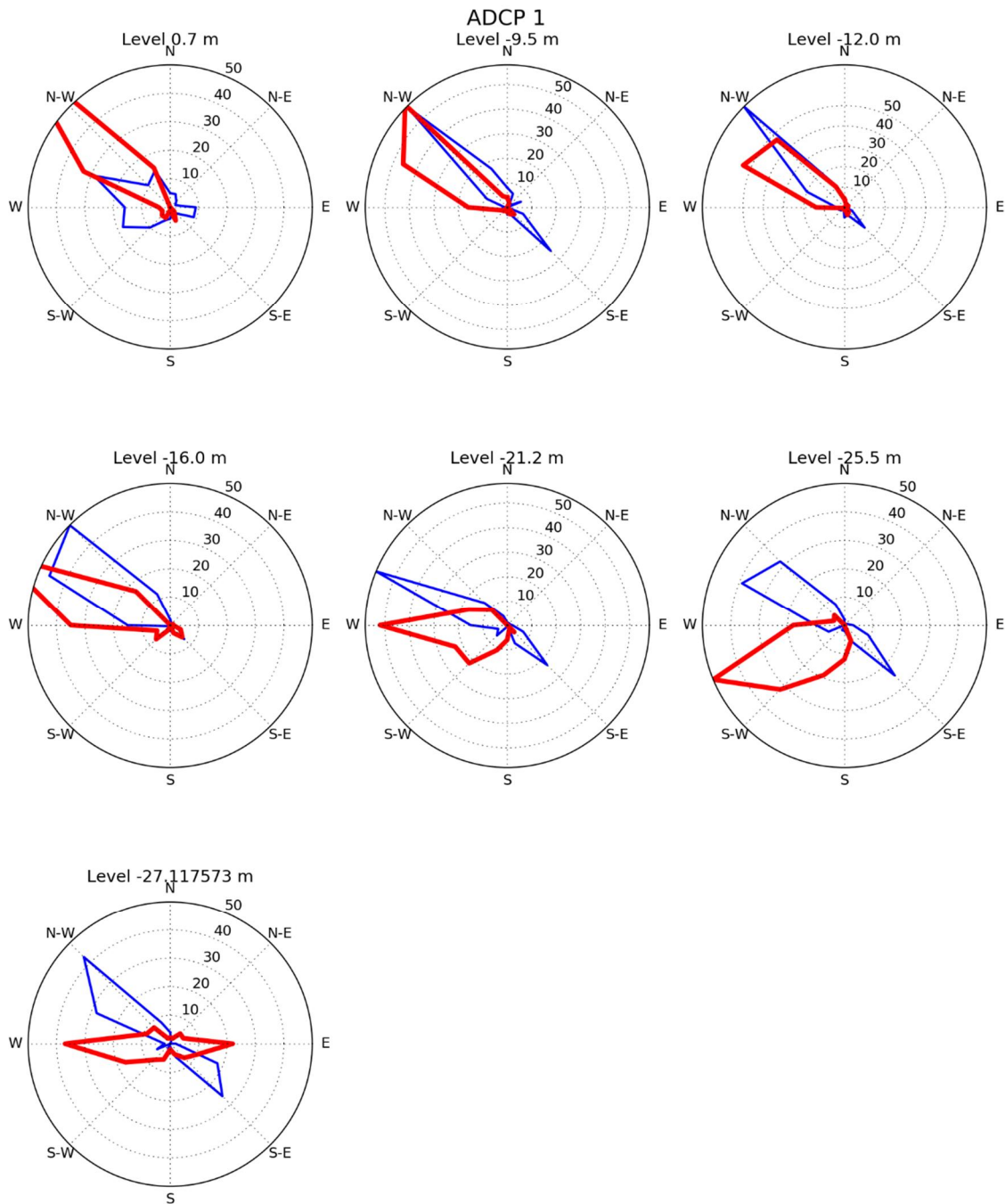
För sammanställningsgraferna har de två första dagarna av simuleringsperioden exkluderats från analysen eftersom modellresultat under denna period bedöms påverkas av startvillkor.

Strömningsriktningen motsvarar riktningen i vilken strömmarna går mot, d.v.s. motsatsen av vindriktningens definition.

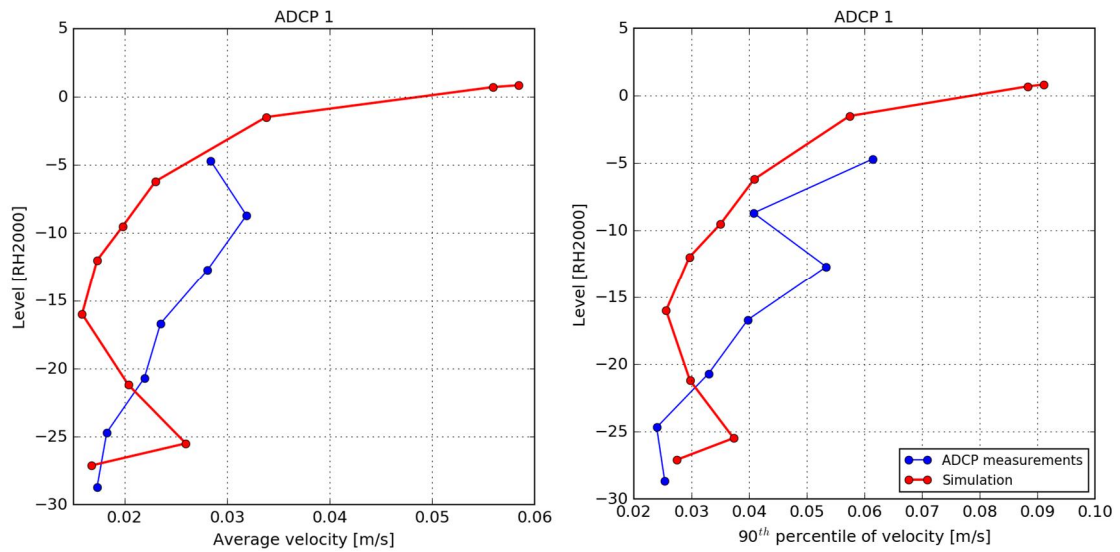
Kalibreringsresultat redovisas i Figur 5-2 till Figur 5-9. Ur analys av dessa figurer framgår det att modellen presterar på ett liknande sätt som för kalibreringen:

- Modellresultat stämmer huvudsakligen bra överens med mätningarna särskilt vad gäller strömningsriktningarna ovanför språngskiktet, utom vid punkt 1. Under språngskiktet blir överensstämmelse något mindre då vissa förändringar i strömningsriktning ej simuleras (när en tre-lagersströmning råder), på ett liknande sätt som vad som observerats vid kalibrering.
- Analys av tidsserierna visar dock ibland att förändringen i strömningsriktning sker med en viss tidsförskjutning, men att huvudströmningsriktningarna och deras förekomst reproduceras korrekt.
- Analys av tidsmedelvärden och 90:e percentilen för strömningshastigheter visar dock att modellen underskattar hastigheterna under språngskiktet (under ca 10-15 m djup) utom vid punkt 2 där överensstämmelse är god. Vid punkt 4 är avvikelsen stor vilket tyder på att lokala småskaliga effekter inte går att reproducera i denna modell. De simulerade hastigheterna är lägre än resultat från kalibreringen vilket är förväntat eftersom vindhastigheterna är lägre under valideringsperioden jämfört med kalibreringsperioden. Orsaken till de högre uppmätta strömningshastigheterna under valideringsperioden är oklar. En möjlig förklaring kan vara inverkan av andra faktorer så som lufttrycksförändringar (se avsnitt 2) som inte simulerats.

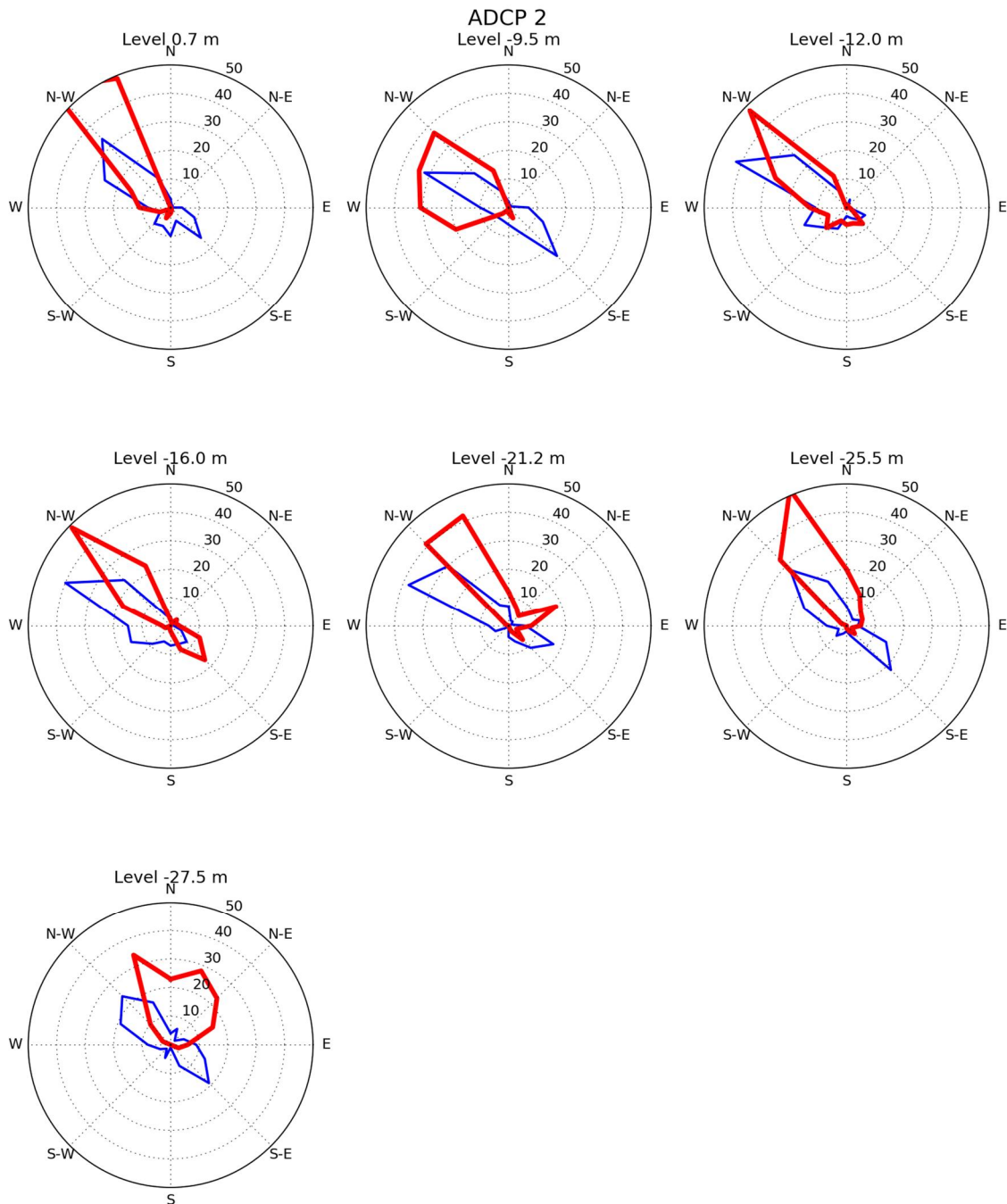
Modellen presterar på samma sätt som för kalibreringsfallet, utom strömningshastigheter i djupet som underskattas något.



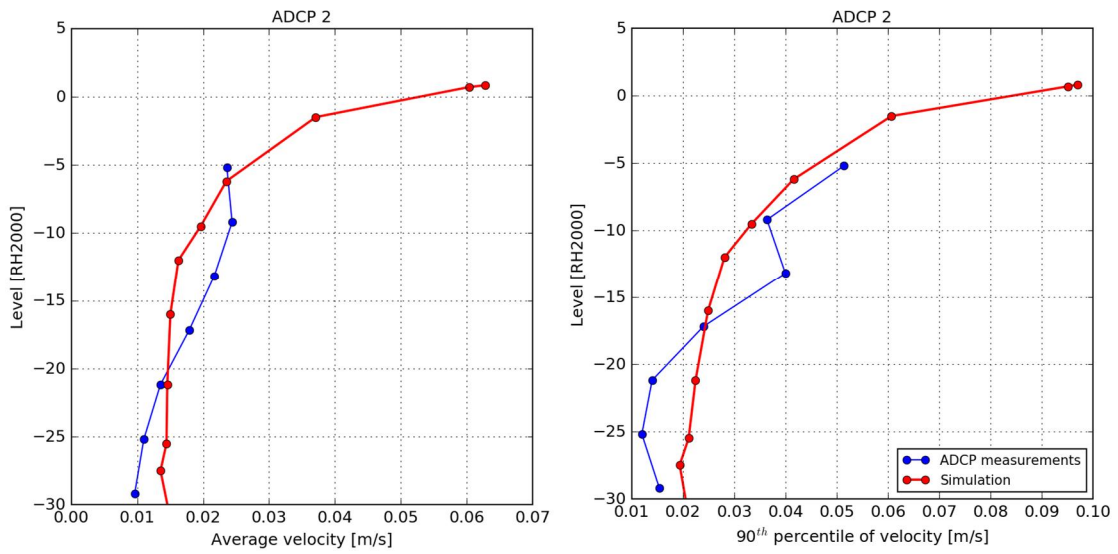
Figur 5-2. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömosor för ADCP punkt 1. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



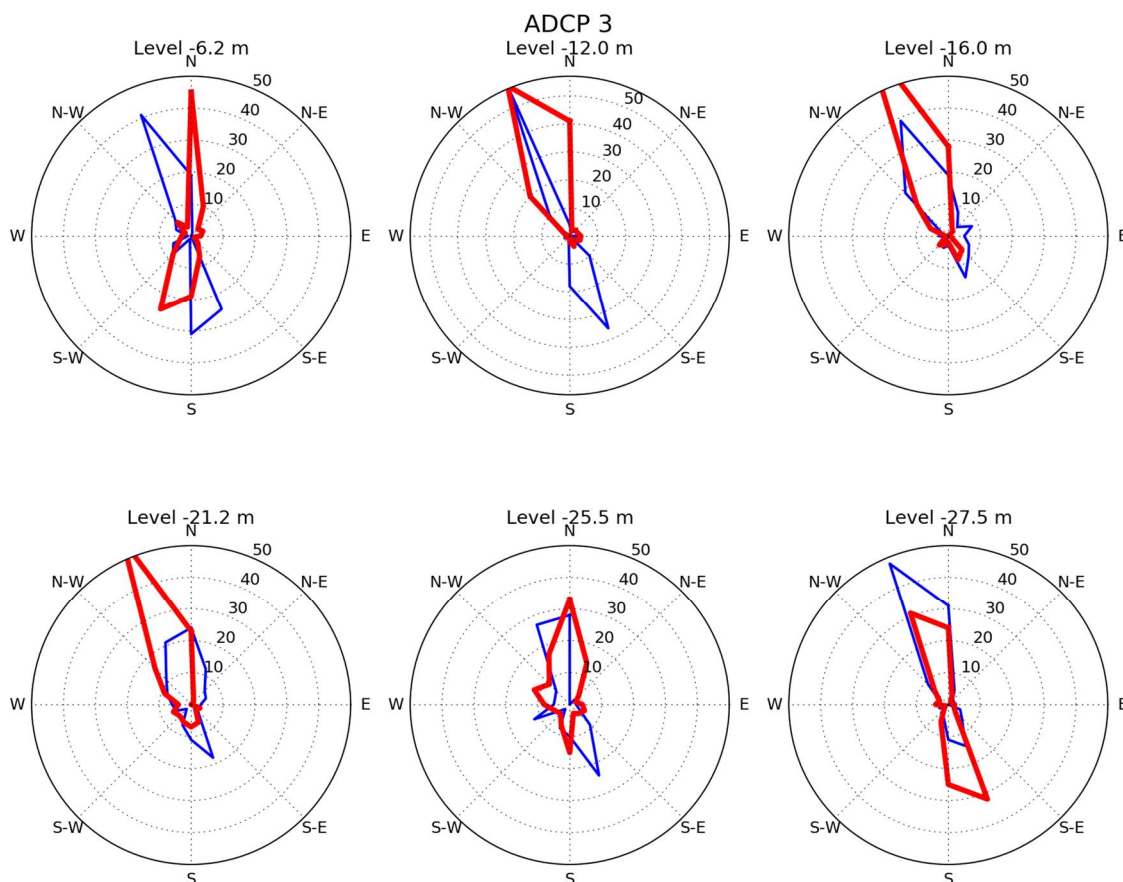
Figur 5-3. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 1. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



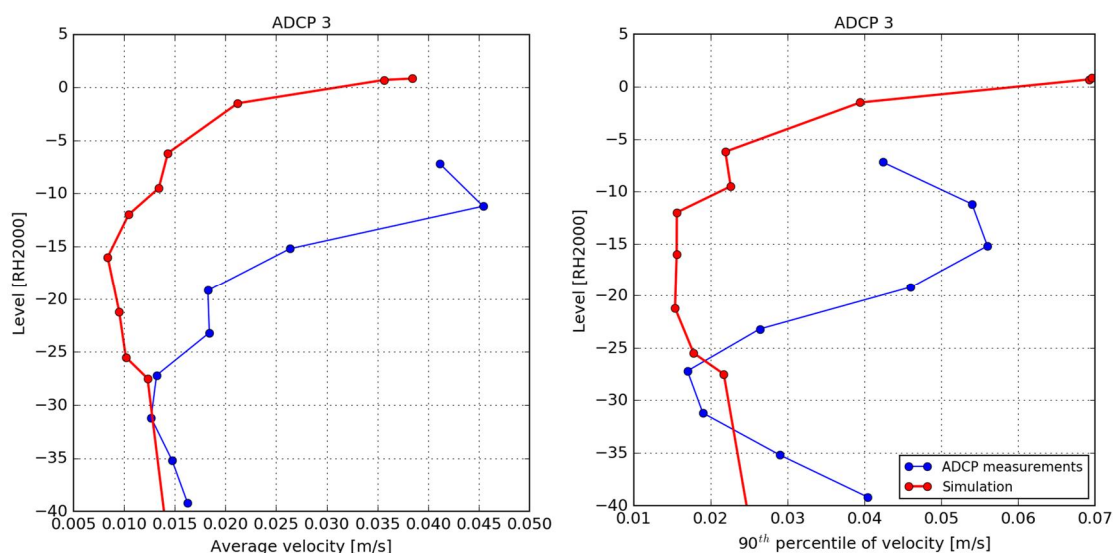
Figur 5-4. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömsrosor för ADCP punkt 2. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



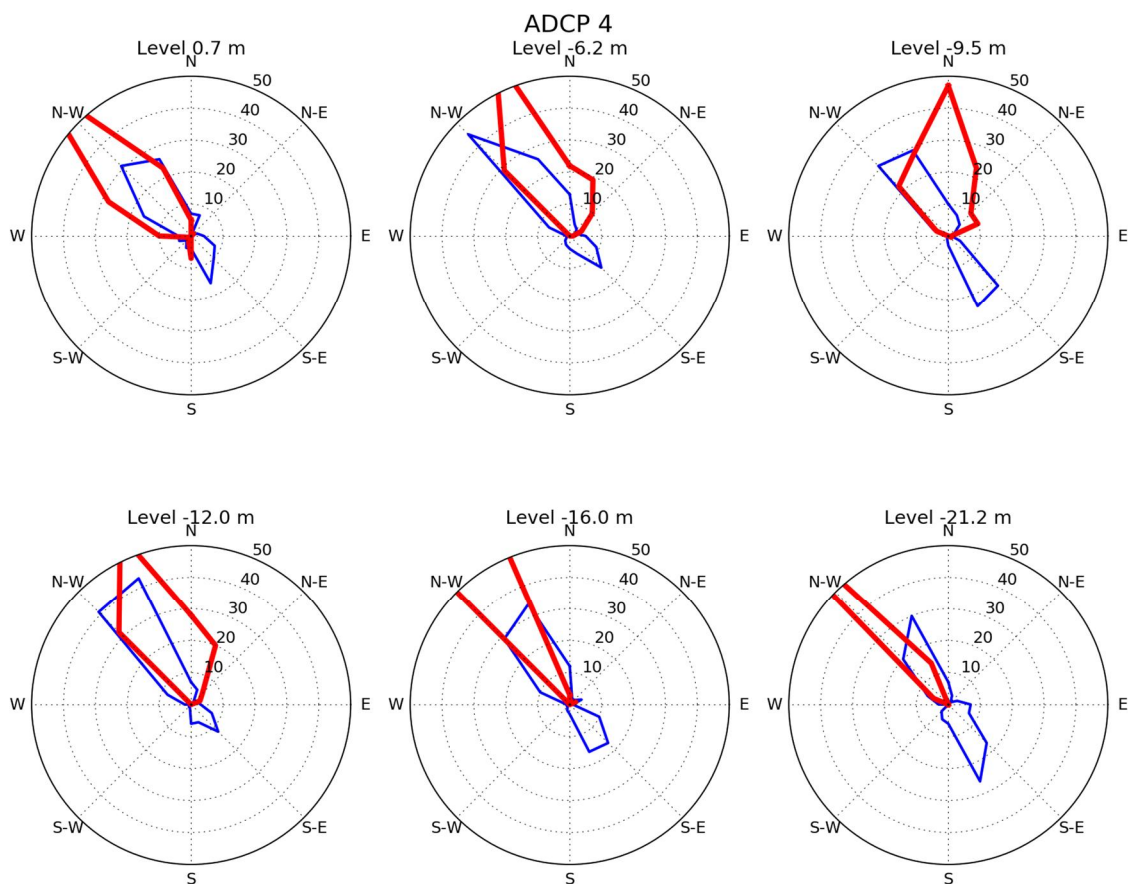
Figur 5-5. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 2. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



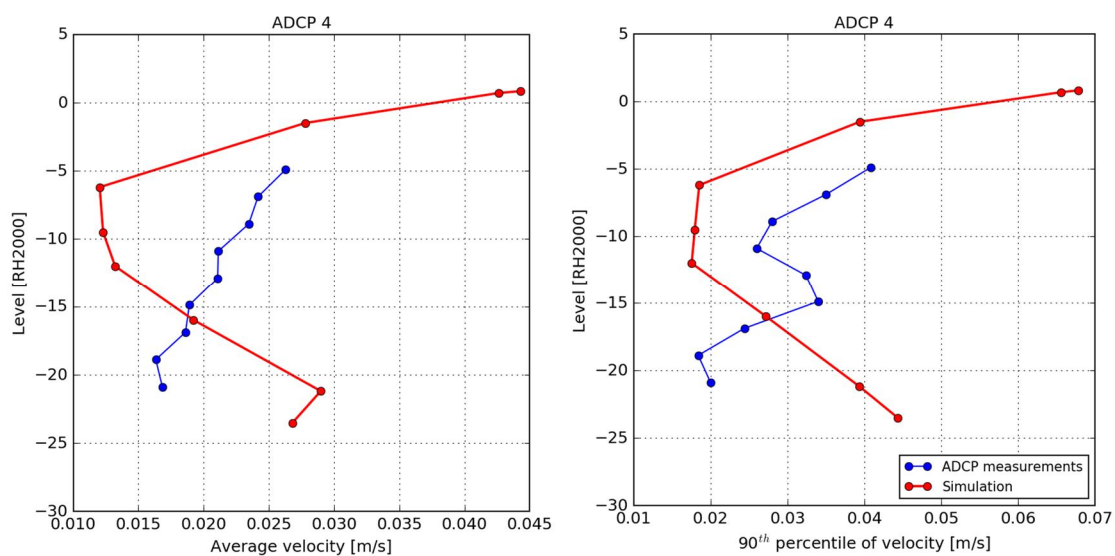
Figur 5-6. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömrosor för ADCP punkt 3. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: Modellresultat.



Figur 5-7. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 3. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.



Figur 5-8. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av strömrosor för ADCP punkt 4. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen. Blå: mätningar. Röd: modellresultat.



Figur 5-9. Validering, regional modell. Sammanställning av resultat i form av tidsmedelvärden (vänster) och 90:e percentil (höger) av strömningshastigheterna mellan botten och ytan för ADCP punkt 4. OBS: Data motsvarande de två första dagarna av simuleringsperioden har exkluderats från analysen.