

# Overhalingsspor - Kalvebod

---

Bilag 3 Grundvandsmodel for anlægsfasen

Sund & Bælt

Dato: 20. juni 2024

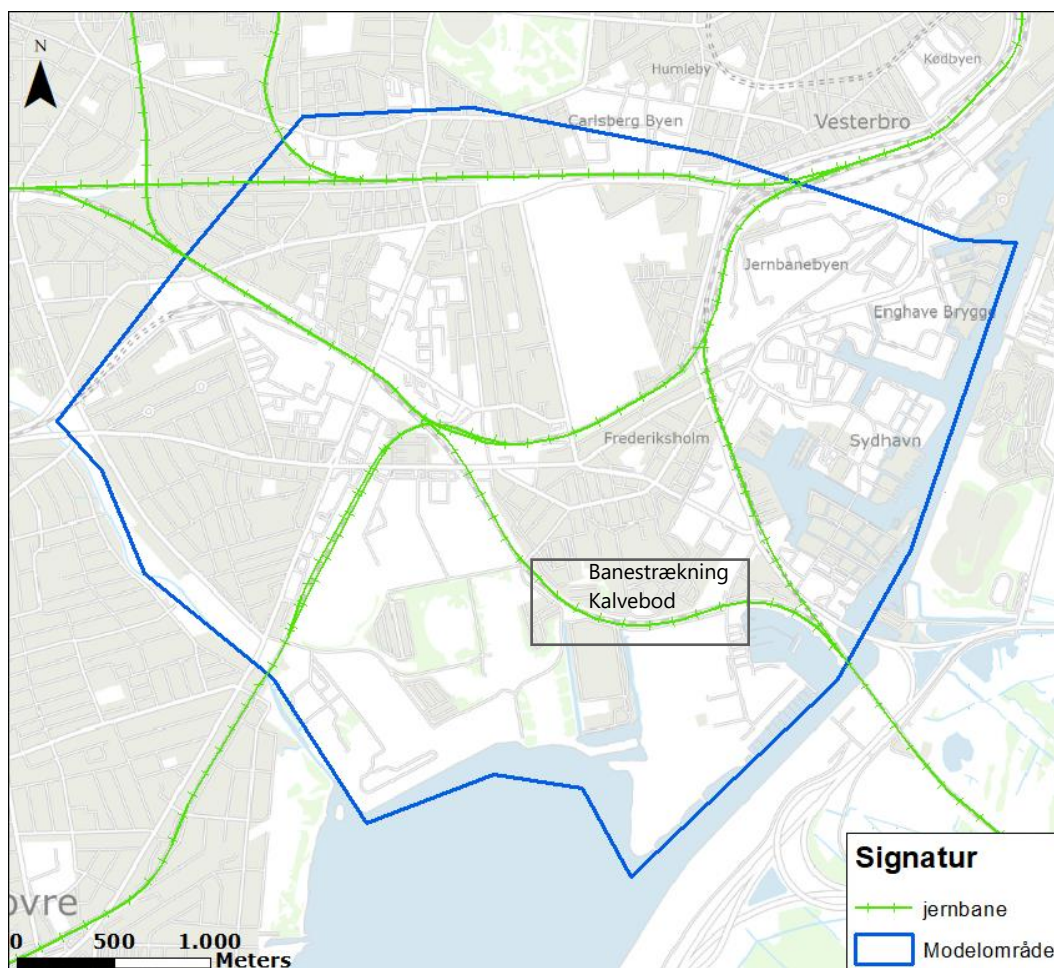
# Indhold

<b>1.</b>	<b>Baggrund .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Konceptuel model .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Grundvandsmodel.....</b>	<b>5</b>
3.1	Modelopsætning .....	5
3.2	Hydrauliske parametre .....	6
3.3	Dræn.....	7
3.4	Kalibrering.....	7
3.5	Modelkørsler .....	8
3.5.1	Forurenede lokaliteter .....	8
3.5.2	Partikelbanesimulering .....	9
3.5.2.1	Lokalitet 2125, Valby, København .....	10
3.5.2.2	Lokalitet 2123b, Valby, København.....	11
3.5.2.3	Lokalitet 394, Kgs. Enghave .....	13
3.5.3	Sænkningstragt.....	14
<b>4.</b>	<b>Opsummering.....</b>	<b>16</b>

---

## 1. Baggrund

I forbindelse med etablering af overhalingsspor til godstog mellem Kalvebod og Ny Ellebjerg ønskes en indledende vurdering af påvirkning af vandspejlet i forbindelse med grundvands sænkning i anlægsfasen. For at belyse påvirkningerne er der opstillet en lokal simpel 3d grundvandsmodel i programmet GMS Modflow. Modelområdet og banestrækningen ved Kalvebod er vist på Figur 1.1.

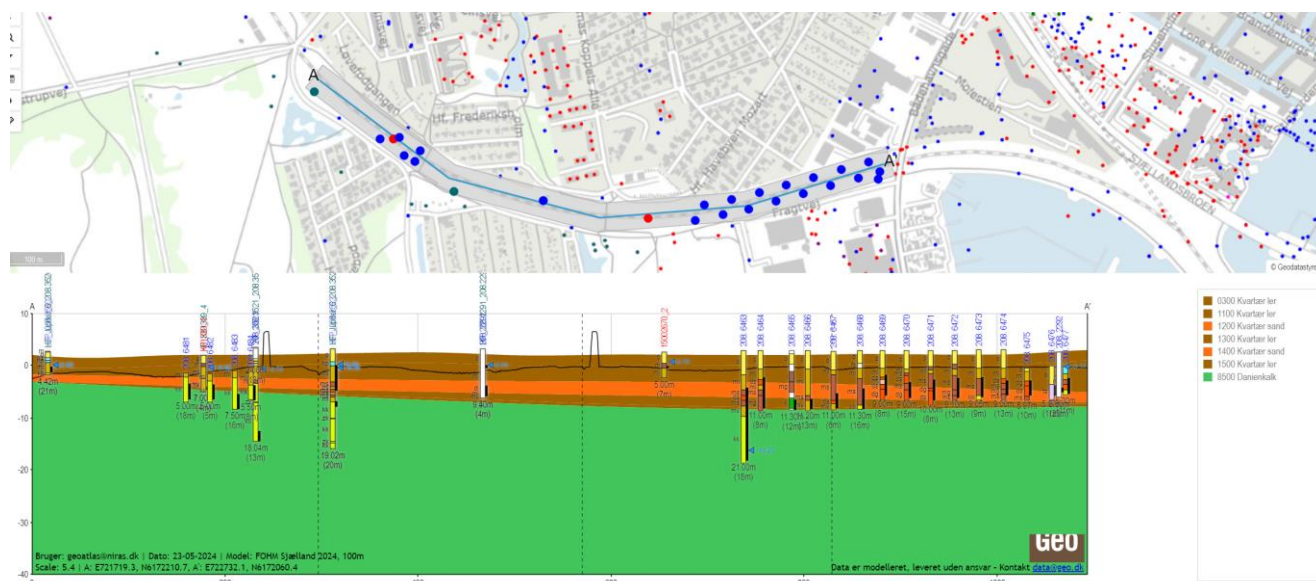


Figur 1.1. Modelafgrænsning og placering af banestrækningen ved Kalvebod.

## 2. Konceptuel model

I forbindelse med grundvandsmodelleringen er der opstillet en konceptuel model for lokalområdet. Lagfladernes kotemæssige beliggenhed er baseret på FOHM<sup>1</sup>. Det naturlige vandspejl i området ligger omkring kote 0 m. Grundvandet i området er dog permanent sænket, og nuværende banegrøfter og drænledninger udgør en del af denne grundvandssænkning.

Figur 2.1 viser et geologisk profilsnit af lagserien langs banestrækningen.



Figur 2.1. Geologisk profilsnit langs banestrækningen, FOHM.

Projektområdet er omfattet af en eksisterende dynamisk grundvandsmodel, Øresundsmodellen, som senest er opdateret i 2012<sup>2</sup>. Modelområdet for Øresundsmodellen er 2.114 km<sup>2</sup> stort, og dækker Nordsjælland. Vertikalt består Øresundsmodellen af 12 beregnings-/modellag, som er defineret med grundlag i den geologiske/hydrostratigrafiske model.

Den lokale grundvandsmodel er opstillet med 4 lag, der kan korreleres til Øresundsmodellen, som vist i Tabel 2.1.

<sup>1</sup> <https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=fohm#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=455881.287151349,6121322.530864201,678523.262459991,6276544.753086423>

<sup>2</sup> Rambøll, 2013. Øresundsmodellen 2012. Modeldokumentation.

Øresundsmodel			Lokal model				
Lag nr.	Geologi		FOHM	Lag nr.	Geologi		FOHM
1	Jordart	Ler	-	1	Kvartær Ler	300/400/1100	
		Sand					
		Tørv					
2	Ler1	300					
3	Sand1	400					
4	Ler2	1100					
5	Sand2	1200	2	Kvartær Sand	1200		
6	Ler3	1300	3	Kvartær Ler	1300/1400/1500		
7	Sand3	1400					
8	Ler4	1500					
9	Sand4	-					
10	Ler5	-					
11	Øvre Kalk (zone 87)		8500	4	Kalk	8500	
12	Nedre Kalk		8500				

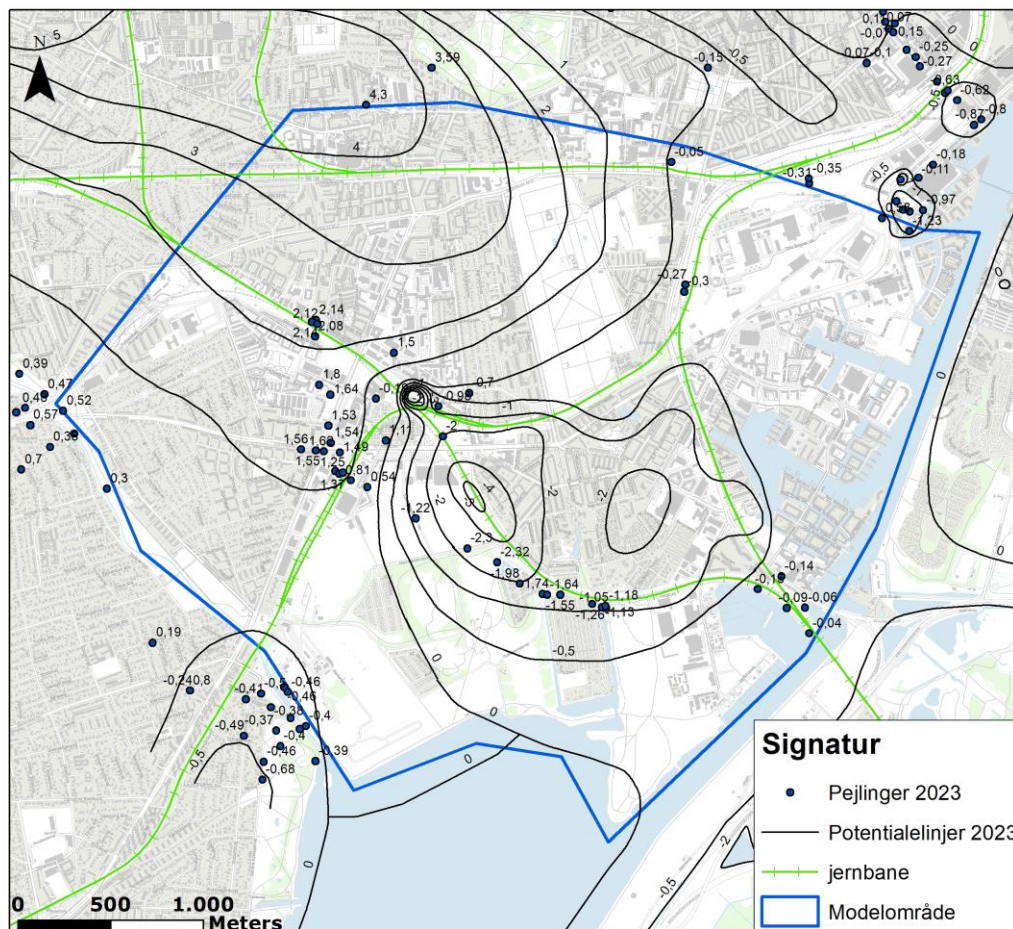
Tabel 2.1. Korrelation af lag i Øresundsmodellen og den lokale grundvandsmodel.

### 3. Grundvandsmodel

På baggrund af den konceptuelle model er der opstillet en simpel 3d grundvandsmodel i GMS.

#### 3.1 Modelopsætning

Modellen er opsat med en cellestørrelse på 5 m over et areal på ca. 12,7 km<sup>2</sup>. Der er anvendt fastholdt tryk ved rand langs kysten på kote 0 m. Ved den nordlige og vestlige rand er der anvendt fastholdt tryk med udgangspunkt i potentialekortet for kalkmagasinet, vist på Figur 3.1.



Figur 3.1. Potentialekort for kalkmagasinet (Rambøll, 2023).

### 3.2 Hydrauliske parametre

De kalibrerede hydrauliske parametre fra Øresundsmodellen, vist i Tabel 3.1, er anvendt som input-parametre til den simple grundvandsmodel for området. Ifølge Øresundsmodellen er de øverste 3 meter af lagserien ved projektområdet tildelt værdier for jordart ler.

Lag nr.	Geologi		FOHM	Horisontal ledningsevne (m/s)	Vertikal ledningsevne (m/s)
1	Jordart	Ler	-	1,00E-05	1,00E-06
		Sand		0,0001	1,00E-05
		Tørv		1,00E-07	1,00E-08
2	Ler1		300	2,06E-07	2,06E-08
3	Sand1		400	8,87E-07	8,87E-08
4	Ler2		1100	2,04E-07	2,04E-08
5	Sand2		1200	0,000174	1,74E-05
6	Ler3		1300	1,11E-07	1,11E-08
7	Sand3		1400	0,00014	1,40E-05
8	Ler4		1500	4,11E-08	4,11E-09
9	Sand4		-	1,45E-06	1,45E-07
10	Ler5		-	2,70E-06	2,70E-07
11	Øvre Kalk (zone 87)		8500	5,00E-05	5,00E-06
12	Nedre Kalk		8500	4,23E-05	4,23E-06

Tabel 3.1. Hydrauliske parametre fra Øresundsmodellen.

Vandbalancen for Øresundsmodellen, som årlige middelværdier for perioden 1990-2021, angiver en nettonebør på 209 mm/år. Drænkonduktansen er i Øresundsmodellen angivet til at være i størrelsesordenen  $3e-6$ .

Anisotropifaktoren for kalken er fastsat med udgangspunkt i den kalibrerede værdi fra Øresundsmodellen, svarende til en faktor 10. For terrænnære sand og lerlag er anisotropifaktoren sat til hhv. 5 og 3. Drænbunden langs banestrækningen ved Kalvebod er sat til kote -3 m.

### 3.3 Dræn

Den eksisterende strækning mellem st. 2+340 og 3+970 afvandes af grøfter med toppunkt ved st. 3+300. Drænvandet fra st. 2+340 til 3+300 ledes til pumpestation P1, mens drænvandet fra st. 3+300 til 3+970 ledes til pumpestation P2. Den samlede længde af drænstrækningen svarer til ca. 1.630 m.

De årlige vandmængder fra P1 og P2 i 2023 er vist i Tabel 3.2.

Pumpestation	Mængde (m <sup>3</sup> /år)	Mængde (m <sup>3</sup> /t)
P1	523.650	59,8
P2	77.500	8,8
Samlet	601150	68,6

Tabel 3.2. Årlige mængder for afledning af vand, 2023.

Flow til dræn og placering af pumpestationer er ikke direkte indlæst i modellen, men modellen kalibreres op mod den samlede vandmængde til dræn for de to stationer.

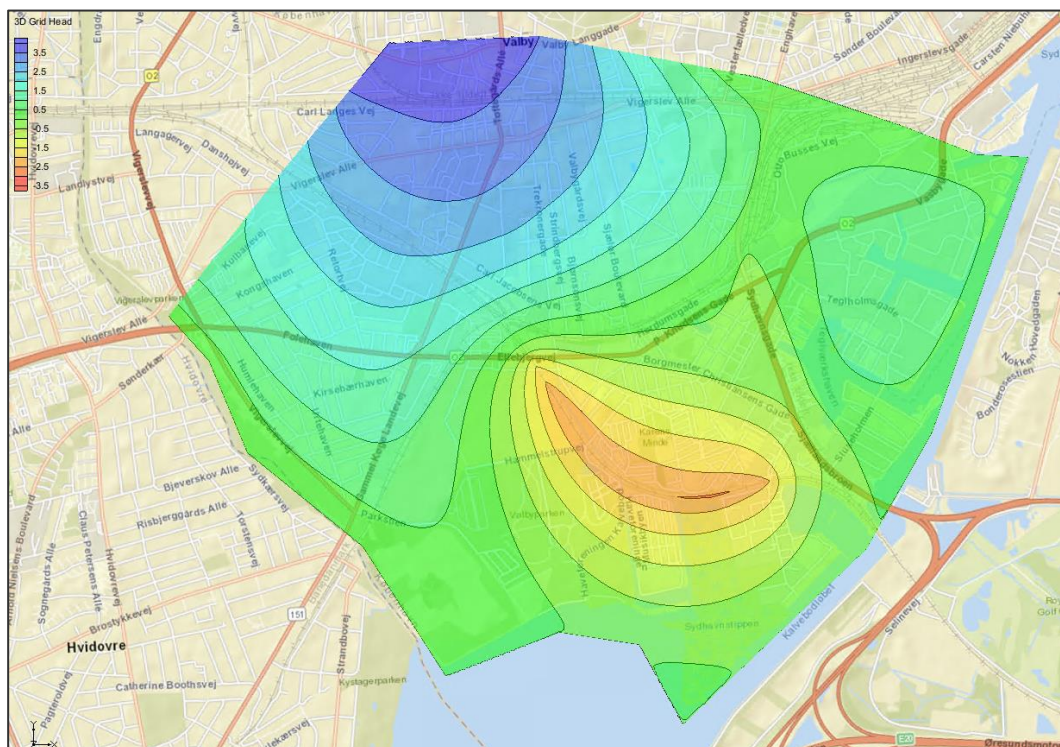
### 3.4 Kalibrering

Strømningsbilledet er kalibreret op mod eksisterende potentialekort og pejlinger fra 2023. De endelige kalibrerede hydrauliske parametre er vist i Tabel 3.3, og det simulerede potentiale i kalken er vist på Figur 3.2. Det simulerede strømningsbillede stemmer generelt godt overens med de pejlede vandstandskoter i 2023, jf. Figur 3.1, og tilpasningen til potentialebilledet vurderes at være tilfredsstillende.

Modellen simulerer en vandmængde til dræn til pumpestationerne P1 og P2 på ca. 60 m<sup>3</sup>/t, hvilket vurderes at være en acceptabel tilpasning ift. den målte værdi på 68,6 m<sup>3</sup>/t i 2023.

Lag nr.	Geologi	FOHM	Horisontal ledningsevne (m/s)	Vertikal anisotropi	Porøsitet
1	Kvartær Ler	300/400/1100	0,00001	5	0,1
2	Kvartær Sand	1200	0,000174	3	0,2
3	Kvartær Ler	1300/1400/1500	1,11e-007	5	0,1
4	Kalk	8500	0,00005	10	0,1

Tabel 3.3. Kalibrerede hydrauliske parametre.



Figur 3.2. Simuleret potentiale i kalkmagasinet.

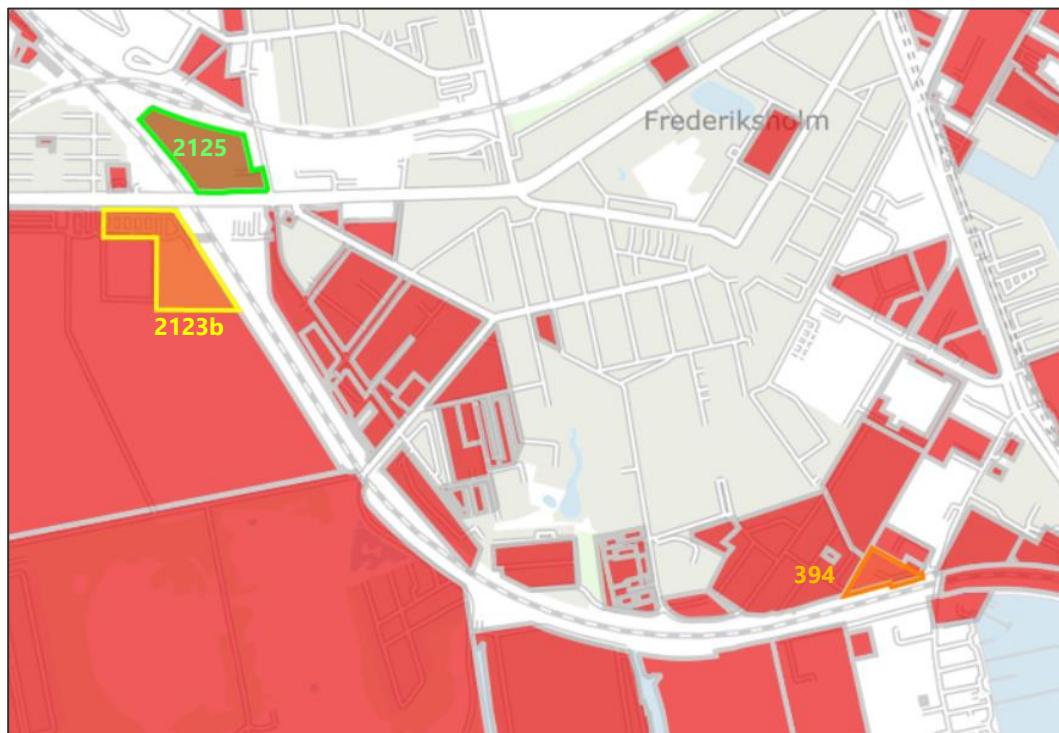
### 3.5 Modelkørsler

Med udgangspunkt i den kalibrerede model er der udført partikelbanesimuleringer for at undersøge risikoen for påvirkning af grundvandsforhold omkring forurenede lokaliteter langs banestrækningen i anlægsfasen. I anlægsfasen ønskes banestrækningen drænet til kote -4 m over en periode på 5 mdr.

#### 3.5.1 Forurenede lokaliteter

Der er angivet tre forurenede lokaliteter nær banestrækningen, hhv. Strømmen 1 (lokalitet nr. 2125) , Bådehavnsgade 22 (lokalitet nr. 394) og Ellebjergvej 55 (lokalitet nr. 2123b), som vist på Figur 3.3.





Figur 3.3. Udvalgte forureningslokaliteter langs banestrækningen.

Lokalitet 2125 Valby, København er kortlagt på baggrund af oliestoffer og chlorerede opløsningsmidler. Der er påvist indhold af oliestoffer på op til 24.000 mg/kg i jorden. Derudover er der påvist kraftig forurening med de klorerede opløsningsmidler tetrakloretylen (PCE) og trikloretylen (TCE) samt nedbrydningsprodukterne vinylklorid (VC) og cis-dikloretylen (cis-DCE). Der er påvist totalindhold af klorerede stoffer på op til 4.097 µg/l. Derudover er der i vandprøverne også påvist forhøjede indhold af oliestoffer og BTEXN svarende op til en faktor 40 over Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterium. Fra november 2019 – januar 2023 har der på matr. 2125 været opstillet et midlertidigt grundvandskontrollsystem bestående af pumpeboringer for oppumpning af grundvand, infiltrationsboringer for reinfiltration af det oppumpede grundvand tilbage til akviferen, et vandbehandlingsanlæg for rensning af vandet samt et system af monitoringsboringer til overvågning af variationen i grundvandsstanden. Anlægget har været opstillet for Metroselskabet i forbindelse med Cityring sydhavn.

Lokalitet 2123b Valby, København er kortlagt for PAH'er (tjærestoffer, tungmetaller og olie). Grunden vurderes at være forurennet med total kulbrinter, BTEX, PAH og tungmetaller.

Lokalitet 394 Kgs. Enghave er kortlagt på baggrund af tungmetaller (slagger), PAH'er og tung olie. Grunden vurderes at kunne være forurennet med total kulbrinter, PAH og tungmetaller, organiske og vandblandbare opløsningsmidler.

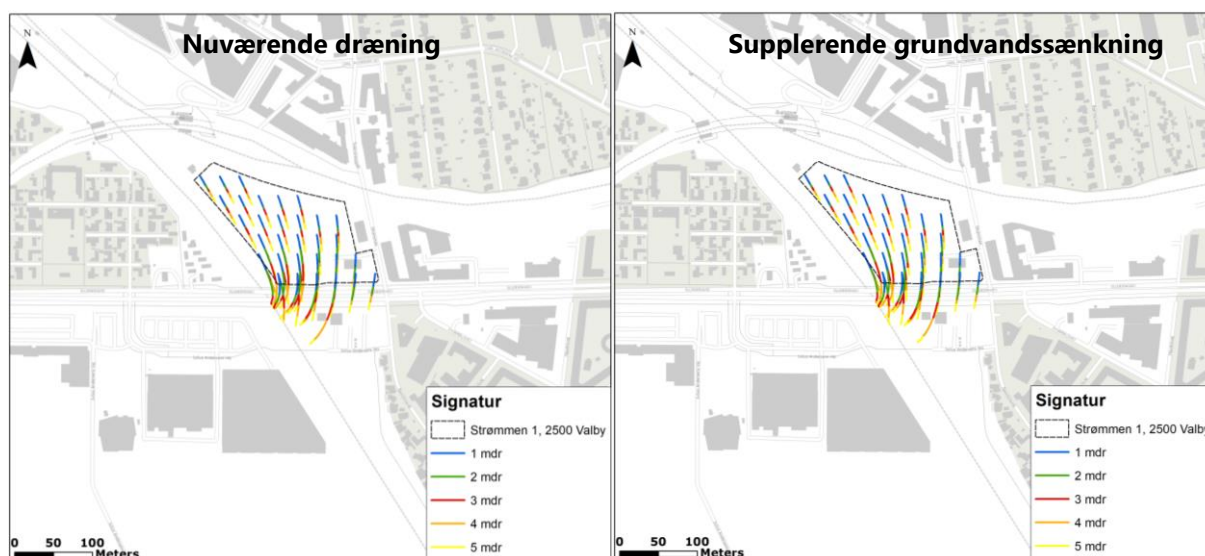
### 3.5.2 Partikelbanesimulering

For at simulere de overordnede strømningshastigheder og -retninger er der placeret partikler i alle lag ved de forurenede lokaliteter. Grundvandets strømningshastighed og -retning er simuleret over en periode på 5 mdr., svarende til den del af anlægsfasen, hvor der foretages grundvands sænkning, for to scenarier, hhv. nuværende drænforhold og situationen, hvor grundvandet langs banestrækningen sænkes 1 m til kote -4 m.

### 3.5.2.1 Lokaltet 2125, Valby, København

Figur 3.4 viser partikelbanesimuleringerne ved lokalitet 2125 for hhv. den nuværende drænsituation og situationen med grundvandssænkning i anlægsfasen. Figur 3.5 viser, hvor langt partiklerne når i løbet af 5 mdr. for hhv. den nuværende drænsituation og situationen med supplerende grundvandssænkning i anlægsfasen.

Partikelbanesimuleringerne viser, at der ved grundvandssænkning til kote -4 m over en periode på 5 mdr. ikke ses en væsentlig ændring i strømningsretningen ved lokaliteten. Forureningen vil fortsat strømme mod bandedræn mod sydvest uden væsentlige ændringer i strømningshastighed og -retning.



Figur 3.4. Partikelbanesimulering ved Lokaltet 2125 for den nuværende drænsituation (venstre) og situationen med grundvandssænkning i anlægsfasen ved Kalvebod (højre).

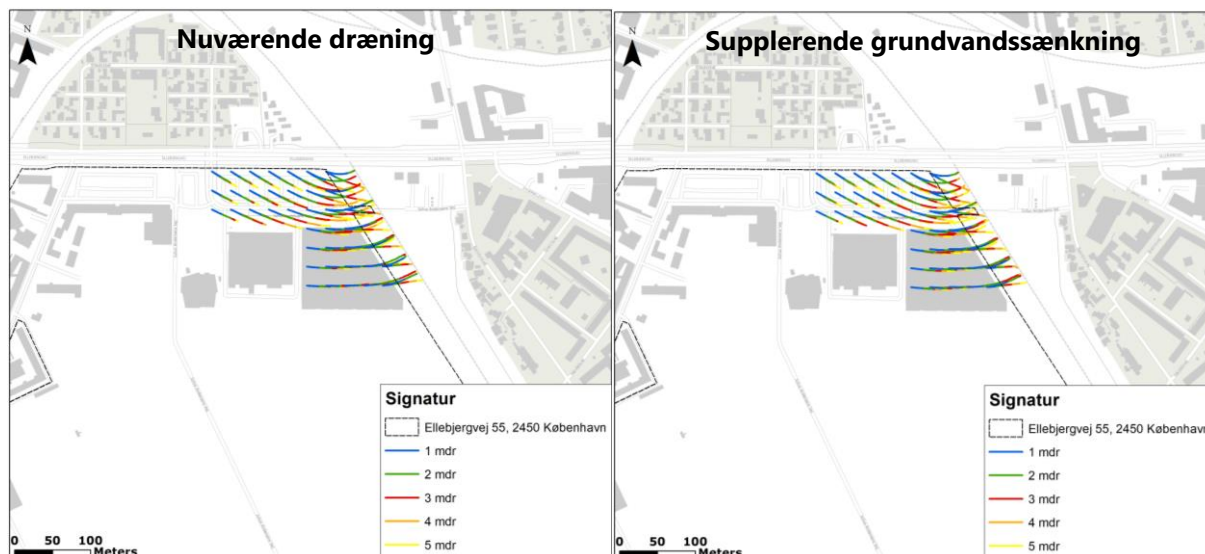


Figur 3.5. Forskelle i grundvandsstrømning for hhv. Nuværende drænforhold (rød) og grundvandssænkning i anlægsfasen (blå) efter en anlægsperiode på 5 mdr. Partiklernes startpunkter er vist med grønt.

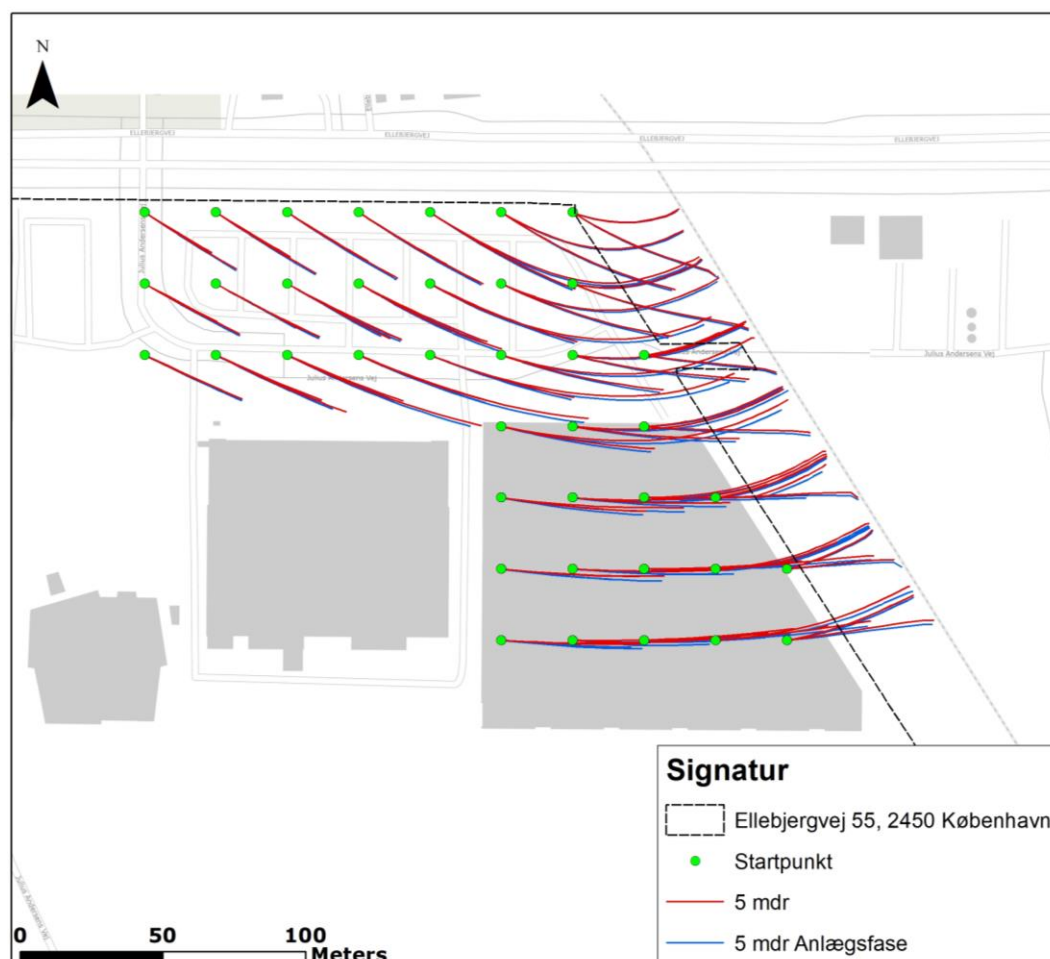
### 3.5.2.2 Lokaltet 2123b, Valby, København

Figur 3.6 viser partikelbanesimuleringerne ved lokalitet 2123b for hhv. den nuværende drænsituation og den supplerende grundvandssænkning i anlægsfasen. Figur 3.7 viser, hvor langt partiklerne når i løbet af 5 mdr. for hhv. den nuværende drænsituation og situationen med grundvandssænkning i anlægsfasen.

Partikelbanesimuleringerne viser, at der ved grundvandssænkning til kote -4 m over en periode på 5 mdr. ikke ses en væsentlig ændring i strømningsretningen ved lokaliteten. Forureningen vil fortsat strømme mod bane-dræn mod øst uden væsentlige ændringer i strømningshastighed og -retning.



Figur 3.6. Partikelbanesimulering ved Lokalitet 2123b for den nuværende drænsituation (venstre) og situationen med grundvandssænkning i anlægsfasen ved Kalvebod (højre).

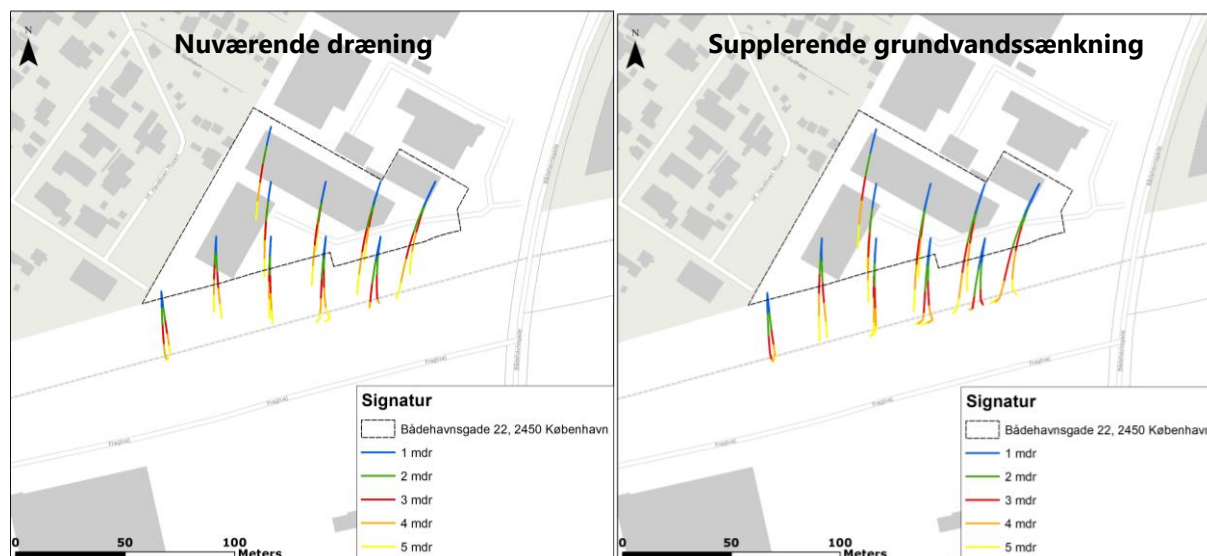


Figur 3.7. Forskelle i grundvandsstrømning for hhv. Nuværende drænforhold (rød) og grundvandssænkning i anlægsfasen (blå) efter en anlægsperiode på 5 mdr. Partiklernes startpunkter er vist med grønt.

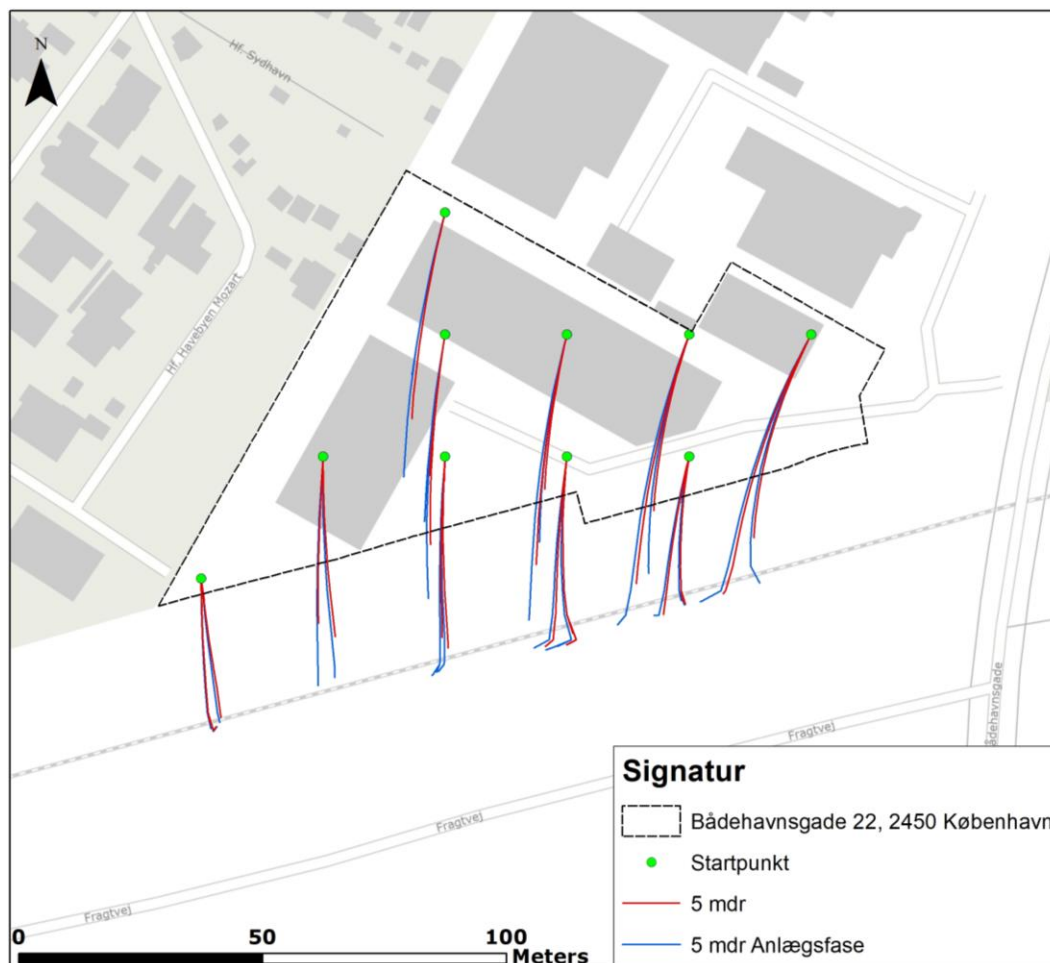
### 3.5.2.3 Lokaltet 394, Kgs. Enghave

Figur 3.8 viser partikelbanesimuleringerne ved lokalitet 394 for hhv. den nuværende drænsituation og situationen med grundvandssænkning i anlægsfasen. Figur 3.9 viser, hvor langt partiklerne når i løbet af 5 mdr. for hhv. den nuværende drænsituation og situationen med supplerende grundvandssænkning i anlægsfasen.

Partikelbanesimuleringerne viser, at der ved grundvandssænkning til kote -4 m over en periode på 5 mdr. ikke ses en væsentlig ændring i strømningsretningen ved lokaliteten. Forureningen vil fortsat strømme mod bane-dræn mod syd uden væsentlige ændringer i strømningshastighed og -retning.



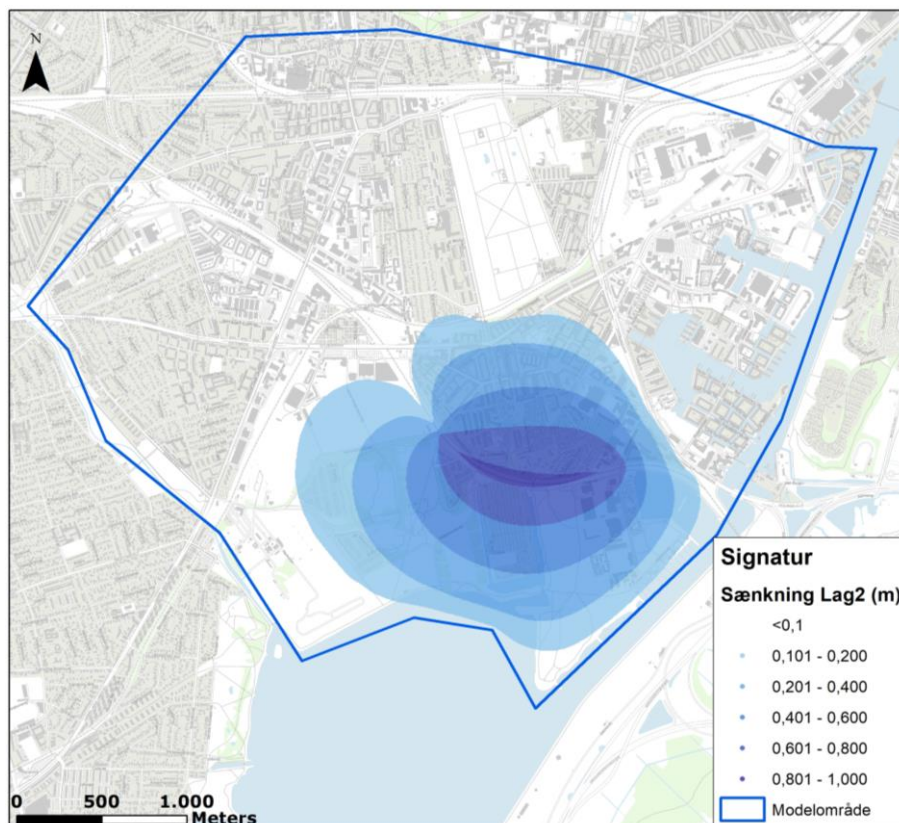
Figur 3.8. Partikelbanesimulering ved Lokaltet 394 for den nuværende drænsituation (venstre) og situationen med grundvandssænkning i anlægsfasen ved Kalvebod (højre).



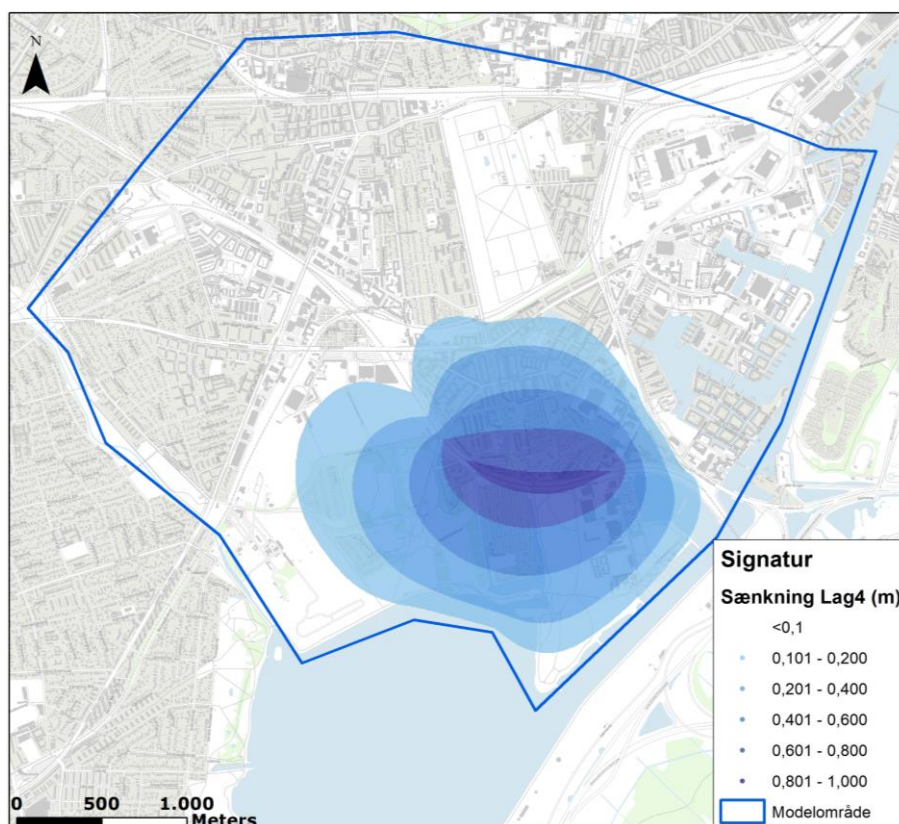
Figur 3.9. Forskelle i grundvandsstrømning for hhv. Nuværende drænforhold (rød) og grundvandssænkning i anlægsfasen (blå) efter en anlægsperiode på 5 mdr. Partiklernes startpunkter er vist med grønt.

### 3.5.3 Sænkningstragt

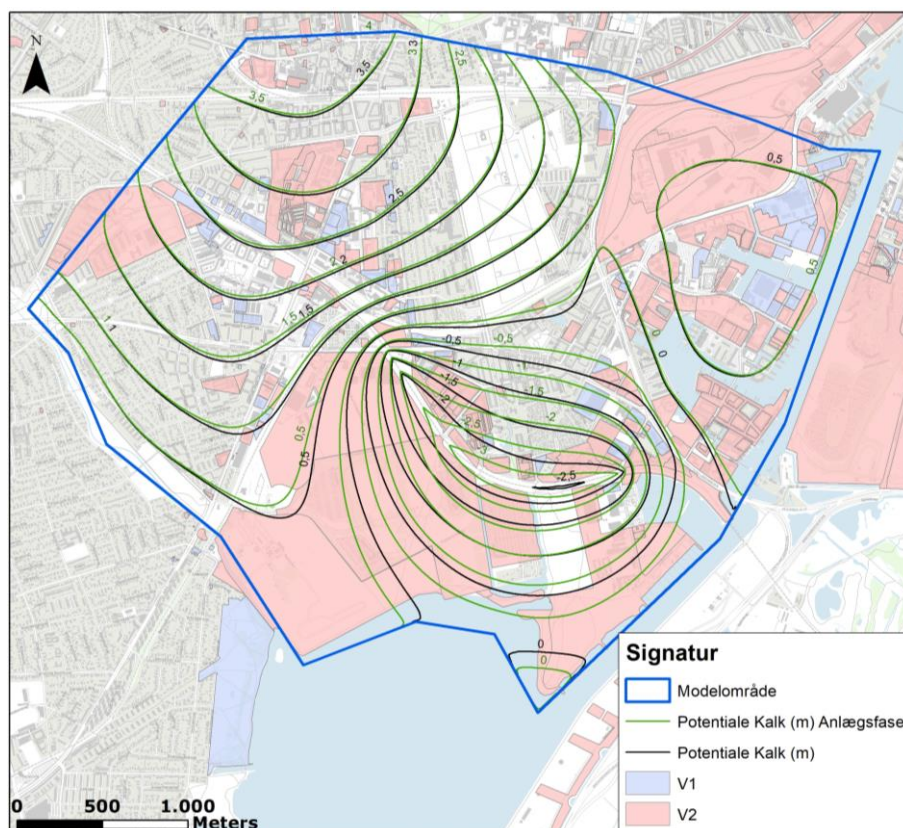
Den simulerede sænkningstragt, som resultat af grundvandssænkningen i anlægsfasen, er vist på Figur 3.10 og Figur 3.11 for hhv. sandmagasinet og kalken. Det simulerede potentiale for kalken i de to scenarier er vist på Figur 3.12.



Figur 3.10. Simuleret sænkning (> 10 cm) i sandmagasinet ved grundvandssænkning i anlægsfasen.



Figur 3.11. Simuleret sænkning (> 10 cm) i kalkmagasinet ved grundvandssænkning i anlægsfasen.



Figur 3.12. Potentialet i kalkmagasinet for de to scenarier vist sammen med kortlagte forurenede lokaliteter i modelområdet.

### 3.5.4 Vandmængder

Det er estimeret, at den øgede sænkning af grundvandsspejlet i anlægsfasen vil medføre, at der skal bortledes yderligere ca. 3,5 m<sup>3</sup>/t, svarende til en stigning i bortledte vandmængder på ca. 5,5% i forhold til den nuværende situation.

## 4. Opsummering

Den opstillede stationære grundvandsmodel er anvendt til en indledende vurdering af, om grundvandssænkning i anlægsfasen langs banestrækningen ved Kalvebod vil medføre en påvirkning af grundvandets strømningsretning og hastighed ved udvalgte forureningslokaliteter.

Modellen udgør en forsimplet repræsentation af lagserien, men er kalibreret til et niveau, hvor strømningsbillede og vandmængder til dræn er tilfredsstillende ift. de målte forhold i lokalområdet. Der er udført partikelbanesimulering ved placering af partikler i alle lag ved de udvalgte forureningslokaliteter, både ved nuværende drænsituation og grundvandssænkning i anlægsfasen. Partikelbanesimuleringerne giver et indtryk af, om strømningsretningen og -hastigheden ændres i forbindelse med grundvandssænkning i anlægsfasen.

Med udgangspunkt i de udførte partikelbanesimuleringer vurderes det, at der ved de tre udvalgte forureningslokaliteter ikke ses en væsentlig ændring af strømningsretning og hastighed ved grundvandssænkning i anlægsfasen langs banestrækningen ved Kalvebod.



Grundvandssænkning i anlægsfasen skaber en lokal sænkningstragt omkring banestrækningen ved Kalvebod, men der ses ingen væsentlig ændring i strømningsretninger.

Det er estimeret, at der i anlægsfasen vil være ca. 5,5 % stigning i vandmængden til dræn, svarende til ca. 3,5 m<sup>3</sup>/time.