

## SYDVATTEN



## PM

### Transporttid Vombsjön



Uppdragsnummer  
1201977

Lund 2013-01-25

			
Projektets namn: <b>Vombsjön transporttid</b>		Projekt nr: <b>12801977</b>	
Projektledare: <b>Dick Karlsson</b>		Beställare: <b>Sydvatten</b>	
Kvalitetsansvarig: <b>Christin Eriksson</b>		Beställarens ombud: <b>Justyna Berndtsson</b>	
Handläggare: <b>Charlotta Borell Lövstedt</b>		Granskad av / datum: <b>Dick Karlsson / 2013-01-25</b>	
Rapport version: <b>PM 2013-01-25</b>		Godkänd av kvalitetsansvarig / datum: <b>Christin Eriksson / 2013-01-30</b>	

Framsida: Karta från eniro.se.

# Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Metod	2
3	Resultat och diskussion	5
3.1	Uppehållstider .....	9
3.2	Transporttider .....	10
3.3	Känslighetsanalys .....	14
3.4	Diskussion.....	15
4	Slutsatser	16
5	Referenser	17
	Appendix 1 – Utsläppsplymen	i
	Scenario 1 – SSV, oskiktad.....	i
	Utsläpp från Björkaån .....	i
	Utsläpp från Torpbäcken.....	iii
	Utsläpp från Borstabäcken.....	v
	Utsläpp från Vomb Södra.....	vii
	Scenario 2 – ONO, oskiktad.....	ix
	Utsläpp från Björkaån .....	ix
	Utsläpp från Torpbäcken.....	xi
	Utsläpp från Borstabäcken.....	xiii
	Utsläpp från Vomb Södra.....	xv
	Scenario 3 – SSV, skiktad.....	xvii
	Utsläpp från Björkaån .....	xvii
	Utsläpp från Torpbäcken.....	xix
	Utsläpp från Borstabäcken.....	xxi
	Utsläpp från Vomb Södra.....	xxiii
	Scenario 4 – ONO, skiktad.....	xxv
	Utsläpp från Björkaån .....	xxv
	Utsläpp från Torpbäcken.....	xxvii
	Utsläpp från Borstabäcken.....	xxix
	Utsläpp från Vomb Södra.....	xxxi
	Appendix 2 – Koncentration i utloppet	xxxiii

# 1 Inledning

Som en del i Sydvattens arbete med att förbättra råvattenkvaliteten, samt öka allmänförståelsen för vattensystemet och transportererna inom Vombsjöns avrinningsområde har DHI beräknat transporttider och upphållstider i sjön med hjälp av en tredimensionell beräkningsmodell.

Transporttider har beräknats från de olika inflödena genom sjön till råvattenintaget för olika fysiska förhållanden. Genom att kombinera dessa transporttider med transporttider i mark och vattendrag fås tiden från det att ett utsläpp sker i avrinningsområdet tills föroreningen förväntas nå råvattenintaget. Utsläppet kan komma från olyckor eller medvetna utsläpp av bekämpningsmedel och gödningsmedel. Föroreningen representeras av ett konservativt (icke-nedbrytningbart) ämne med samma densitet som sjöns vatten.

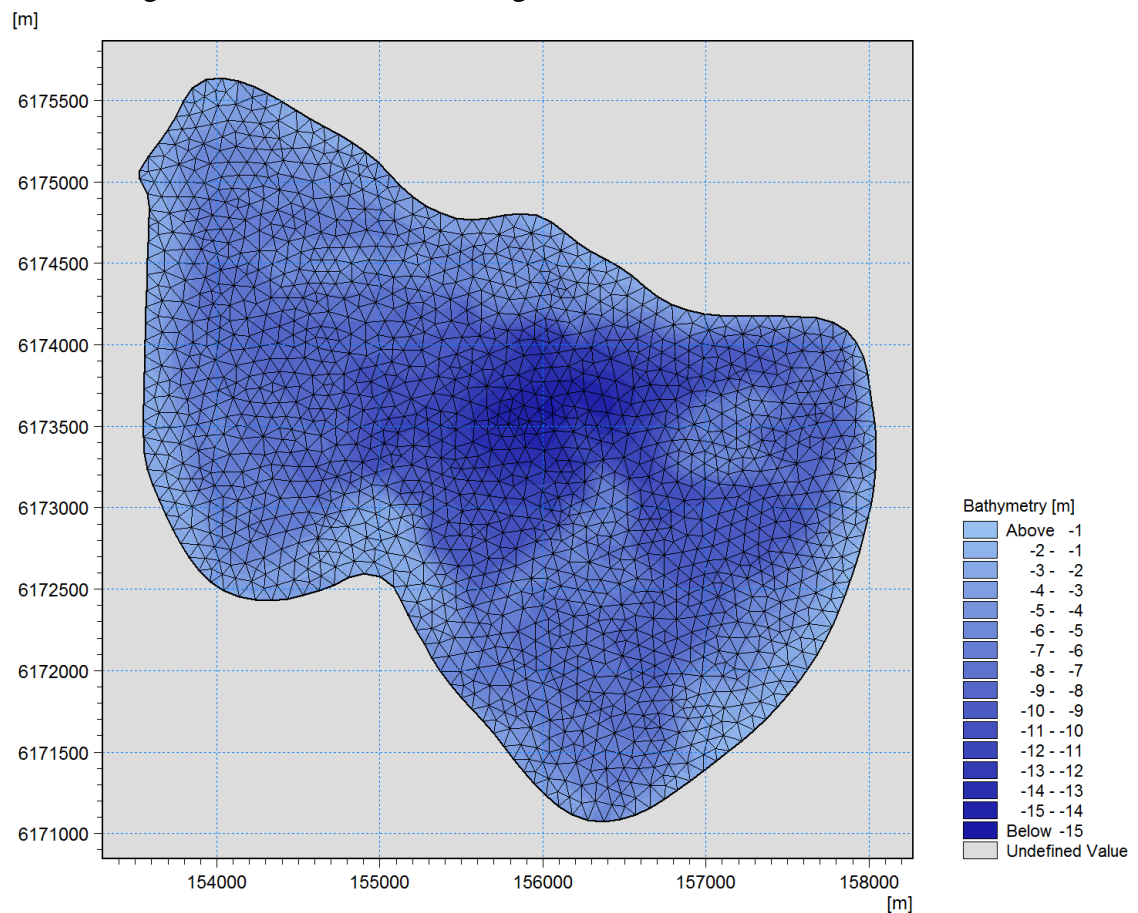
Utgångspunkten för den tredimensionella modellen är en tvådimensionell modell som konstruerades av DHI år 2007 med hjälp av programverktyget MIKE 21. I den existerande modellen finns information om bottendjup, belastningspunkter och medelflöden.

Beräknade transporttider och uppehållstider ger ökade kunskaper om sjöns dynamik och ger därmed underlag för att kunna utföra effektiva åtgärder för att förbättra råvattenkvaliteten och minska riskerna i samband med utsläpp i avrinningsområdet.

## 2 Metod

En tredimensionell modell av Vombsjön har simulerats i programverktyget MIKE 3 FM. I modellen beräknas strömhastigheter och riktningar till följd av inflöden/utflöden, vindpåverkan och densitetsskillnader. Transporttider i sjön från de olika inloppen till råvattenintaget beräknas genom att tillsätta en fiktiv förorening i vardera av inloppen och sedan extrahera värdet för koncentrationen i punkten för råvattenintagen. Föroreningen antas vara konservativ och densitetsneutral med sjöns vatten. Utsläppet är kortvarigt (det pågår under 1 h) och har en initial koncentration på 100 [godtycklig koncentrationsenhet]. Om koncentrationen i en punkt i sjön är 0,1 motsvarar det alltså en spädning på 1000 gånger av ursprunglig utsläppskoncentration.

Modellens upplösning horisontellt specificeras med ett nät av trianglar (ett så kallat *flexible mesh*) med en upplösning på ca 50 m. Den horisontella upplösningen visas i Figur 1. Den vertikala indelningen består av 15 lager: Från ytan ner till -1,5 m består indelningen av 5 lager som kan variera i tjocklek med ytans nivåvariation. Därunder följer lager med fasta tjocklekar: överst två lager à 0,5 m, följt av fyra lager à 1 m, därefter två lager à 2 m och det understa lagret är 3 m.



**Figur 1** Horisontell upplösning samt bottendjup i modellen. Koordinaterna anges i SWEREF99 1330.

I samråd med Sydvatten har fyra olika scenarier simulerats. Då det antogs att vindriktningar och temperaturskikning skulle ge störst inverkan på transporttiderna har dessa två parametrar varierats i scenarierna. Den vanligaste vindriktningen i området är SSV och förutom riktningar från den sydvästliga sektorn är vindar från ONO de näst mest

förekommande. Utifrån det har vindriktningarna i scenarierna satts till antingen SSV eller ONO. Skiktningen har varierats genom att simulera dels en helt omblandad sjö med homogen vattentemperatur och dels en strikt skiktad sjö med en fast termoklin på -6 m. För att se till att det inte skedde någon omblandning över termoklinen simulerades den genom att sätta en fiktiv botten på -6 m där djupet i sjön överstiger 6 m. De fyra scenarierna som simulerats är således:

1. Vind från SSV, ingen skiktning
2. Vind från ONO, ingen skiktning
3. Vind från SSV, skiktning på -6 m
4. Vind från ONO, skiktning på -6 m.

Alla övriga fysikaliska parametrar har satts till konstanta värden i samråd med Sydvattnen, se Tabell 1. Koordinatsystemet som använts i modellen är SWEREF 99 1330 och höjdsystemet utgår från att medelvattenytan är referensnivån på 0 m (+20,5 m i RH2000). Inflöden och utflöden till och från sjön samt sjöns batymetri visas i Figur 2. Lokaliseringen av råvattenintagen kan av säkerhetsskäl inte visas i bilden, men det är beläget i den södra delen av sjön. Råvattenintagen ligger på några meters djup men ovanför -6 m.

**Tabell 1** Modellspecifikationer.

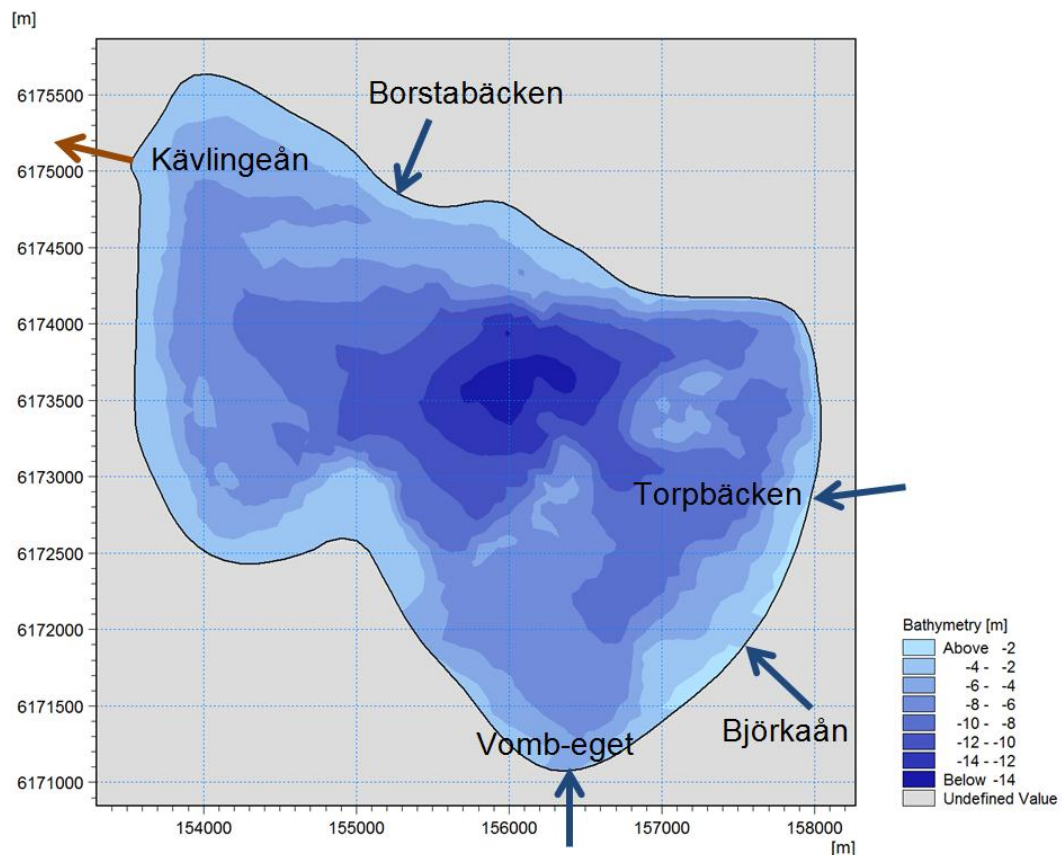
Parameter	Värde	Kommentar
Vattennivå	+20,5 m (RH 2000)	Medelvattenytan <sup>1</sup>
Inflöde Björkaån	3,95 m <sup>3</sup> /s	Medelflöde <sup>1</sup>
Inflöde Torpbäcken	0,55 m <sup>3</sup> /s	Medelflöde <sup>1</sup>
Inflöde Borstabäcken	0,5 m <sup>3</sup> /s	Medelflöde <sup>1</sup>
Inflöde Vomb Södra <sup>2</sup>	0,05 m <sup>3</sup> /s	I modellen 2007 fanns inget inflöde från detta avrinningsområde, men då dess yta är ca 10% av Borstabäckens yta, ansattes ett flöde som var 10% av Borstabäckens flöde
Utflöde råvattenintagen	0,85 m <sup>3</sup> /s	Medelflöde 2011–2012
Utflöde Kävlingeån	4,2 m <sup>3</sup> /s	Har valts så att det blir lika stora inflöden som utflöden. 2011 var medelflödet 4,1 m <sup>3</sup> /s så det är ett realistiskt medelflöde
Vindhastighet	3 m/s	Medelhastigheten i området är något lägre (ca 2 m/s), men då det antogs att transporttiden blir kortare för en högre vindhastighet sattes hastigheten till 3 m/s. Det är mycket vanligt att vindhastigheten uppgår till 3 m/s vid någon tidpunkt per dygn.

<sup>1</sup> Enligt DHI (2007)

<sup>2</sup> Vomb Södra har inget vattendrag utan ger diffus avrinning från ett område söder om sjön. I modellen kommer inflödet dock in en punkt i den sydligaste delen av sjön.

Utöver de fyra scenarierna har en känslighetanalys gjorts där följande parametrar har varierats:

- Vindhastighet (0 m/s, 1,5 m/s och 6 m/s).
- Ökat råvattenuttag (det maximala uttaget är 1,2 m<sup>3</sup>/s), för att upprätthålla en konstant vattennivå i sjön har flödet till Kävlingeån minskats med lika mycket som råvattenintaget har ökats.
- Högre flöden i inflödena (dubblade) samt ett ökat flöde till Kävlingeån för att behålla en konstant vattennivå i sjön.
- Sänkt vattenstånd (-1 m jämfört med normalnivån)

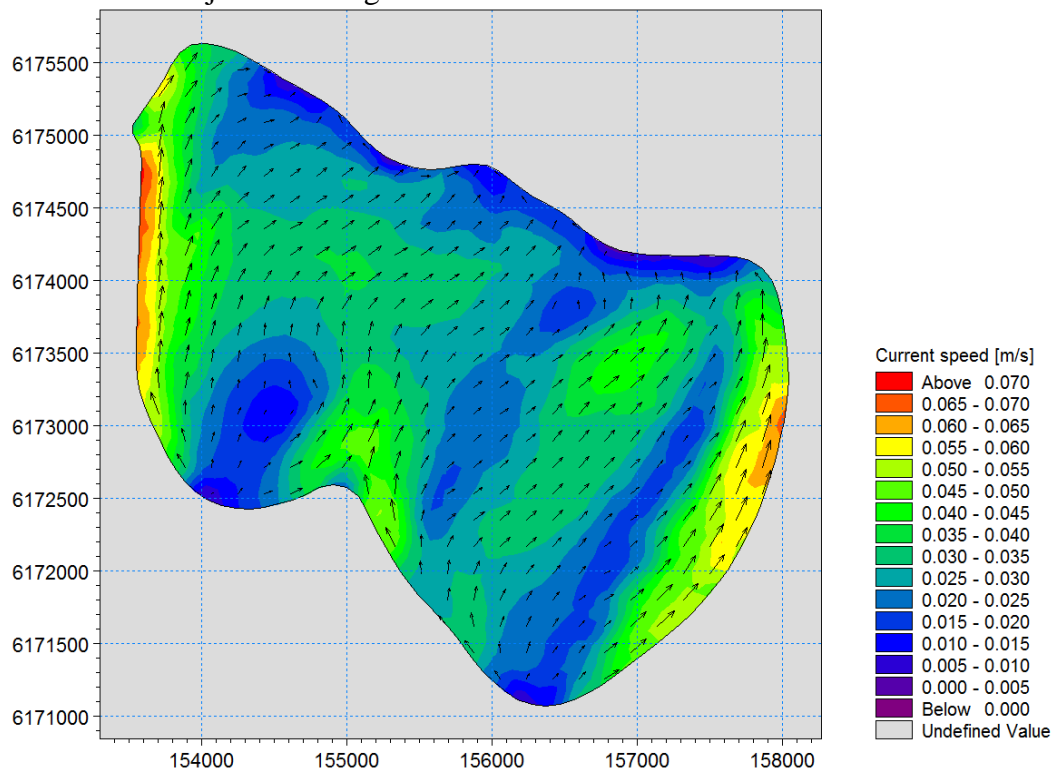


**Figur 2** *Bottendjup i modellen samt lokalisering av inflöden och utflöde till Kävlingeån. Dessutom ingår uttaget av råvatten i södra delen av sjön (av säkerhetsskäl kan dessa ej visas i kartan).*

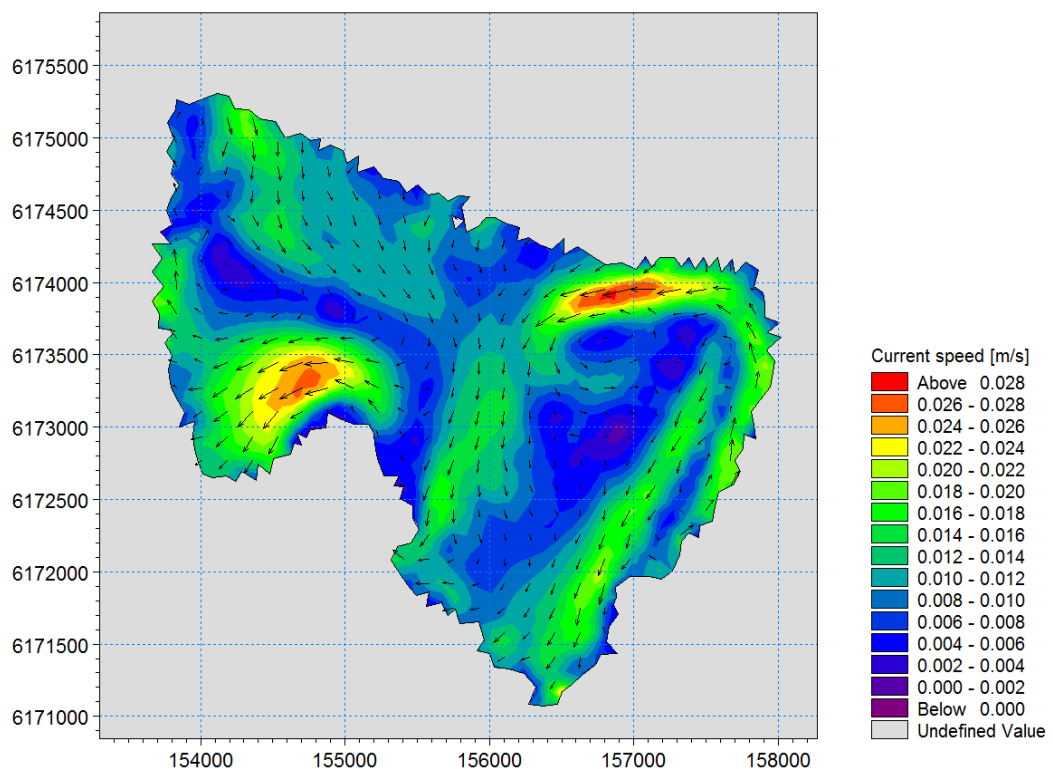
Den nominella upphållstiden beräknas genom att dela volymen med genomgående flöde. Uppehålltiden kan variera i sjön utifrån vattnets huvudsakliga rörelsemönster och därför har vattnets "ålder" från det att den kommer in i sjön via inflödena beräknats i den tredimensionella modellen.

### 3 Resultat och diskussion

Det generella strömningsmönstret i sjön för de fyra scenarierna visas i Figur 2–10. Dels visas ytströmmen och dels visas den huvudsakliga returströmmen på 5 m djup. Observera att skalan skiljer mellan figurerna.

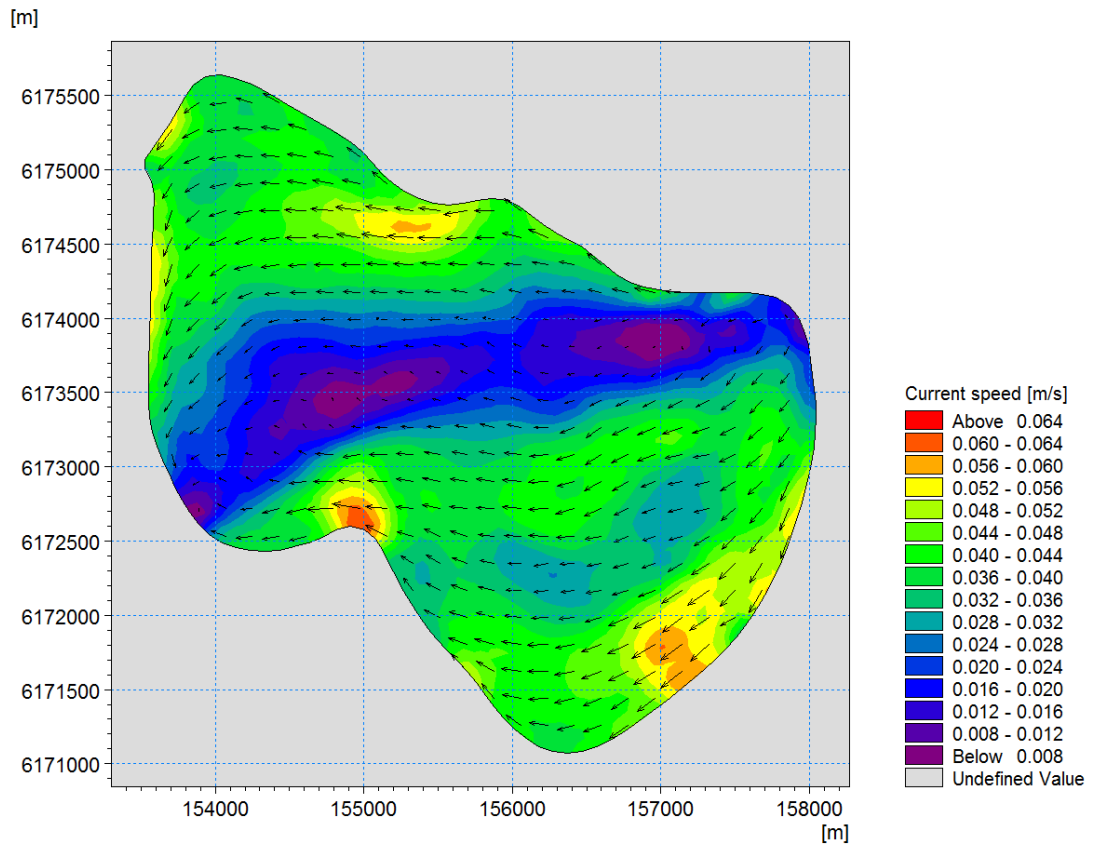


**Figur 3** Ytström: Scenario 1 (vind från SSV och ingen skiktning).

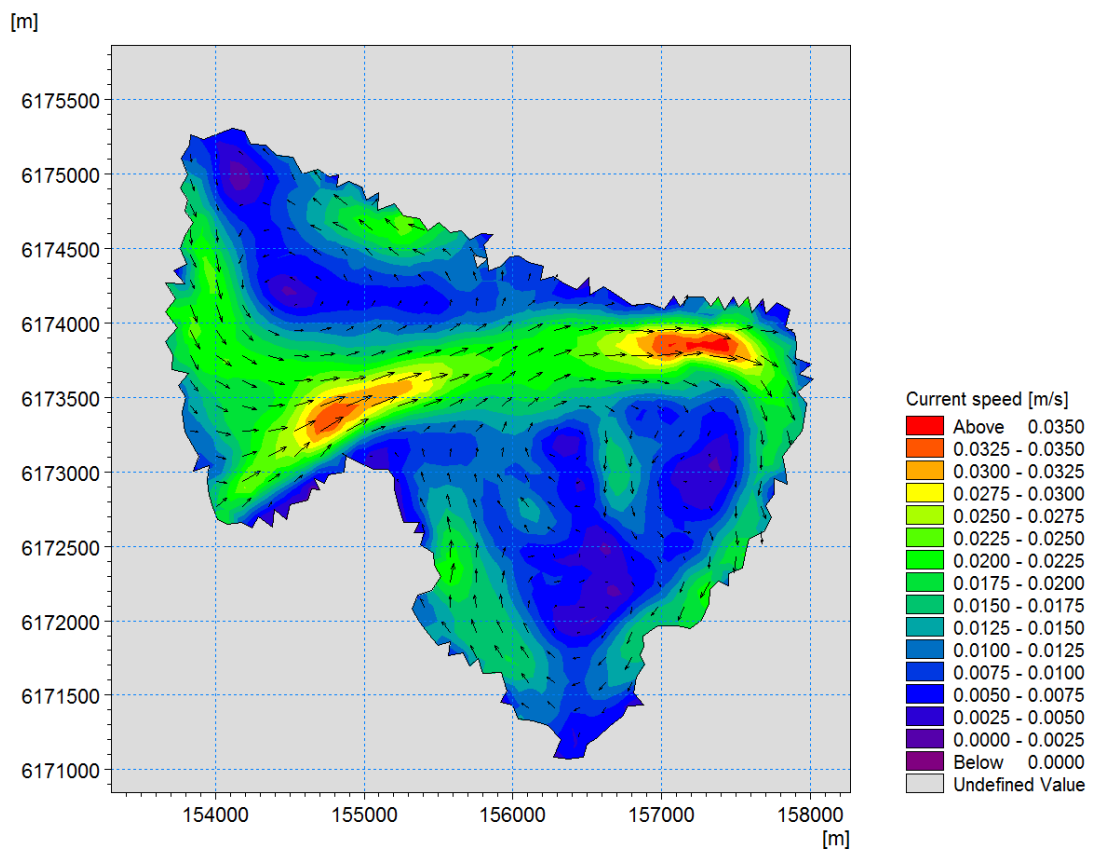


**Figur 4** Returström på 5 m djup: Scenario 1 (vind från SSV och ingen skiktning).

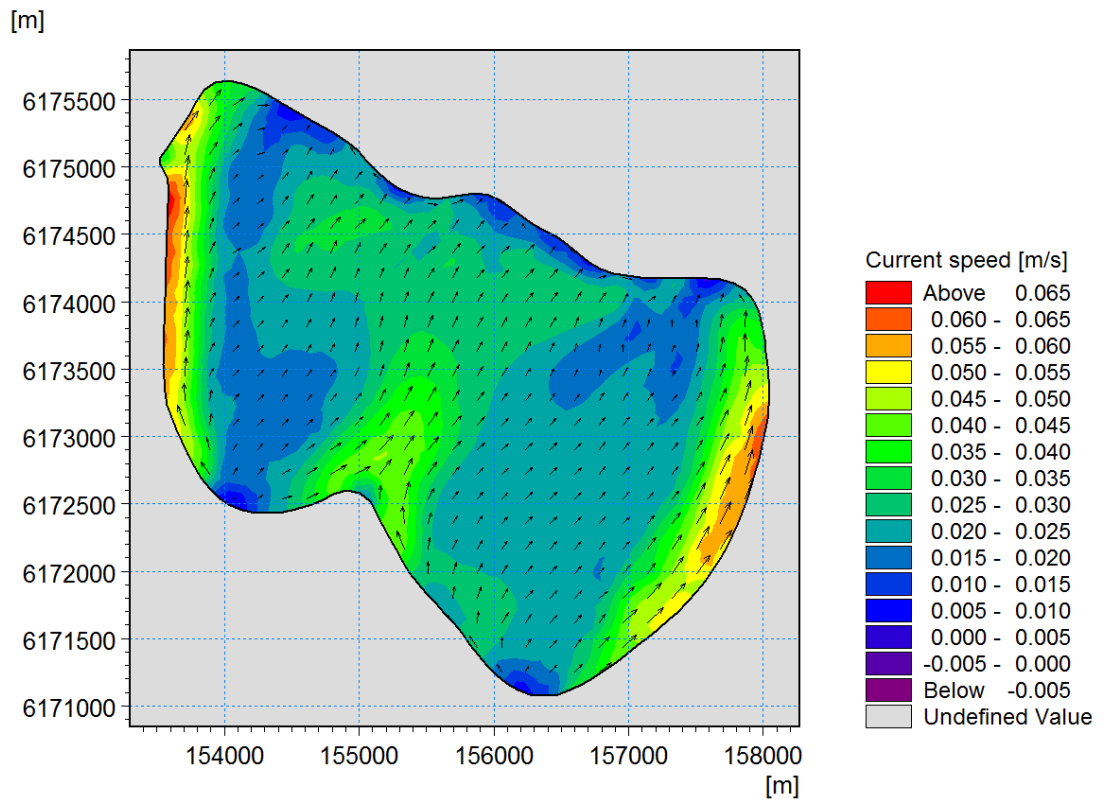




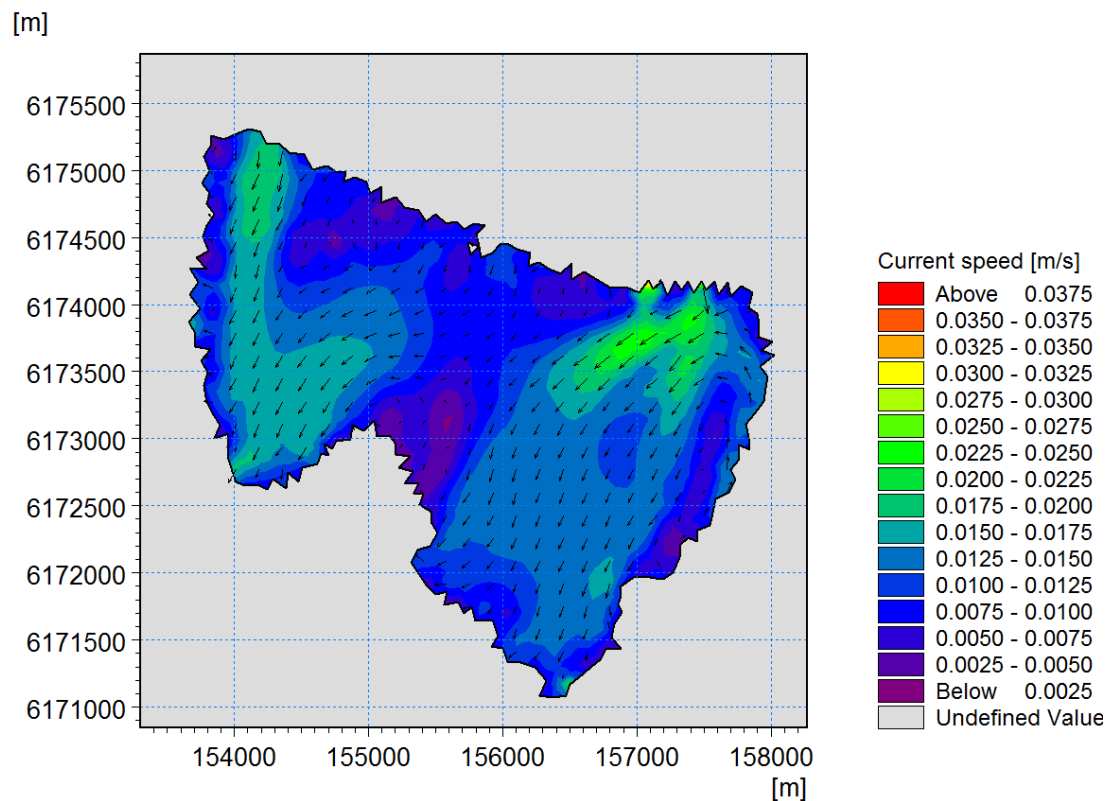
**Figur 5** *Ytström: Scenario 2 (vind från ONO och ingen skiktning).*



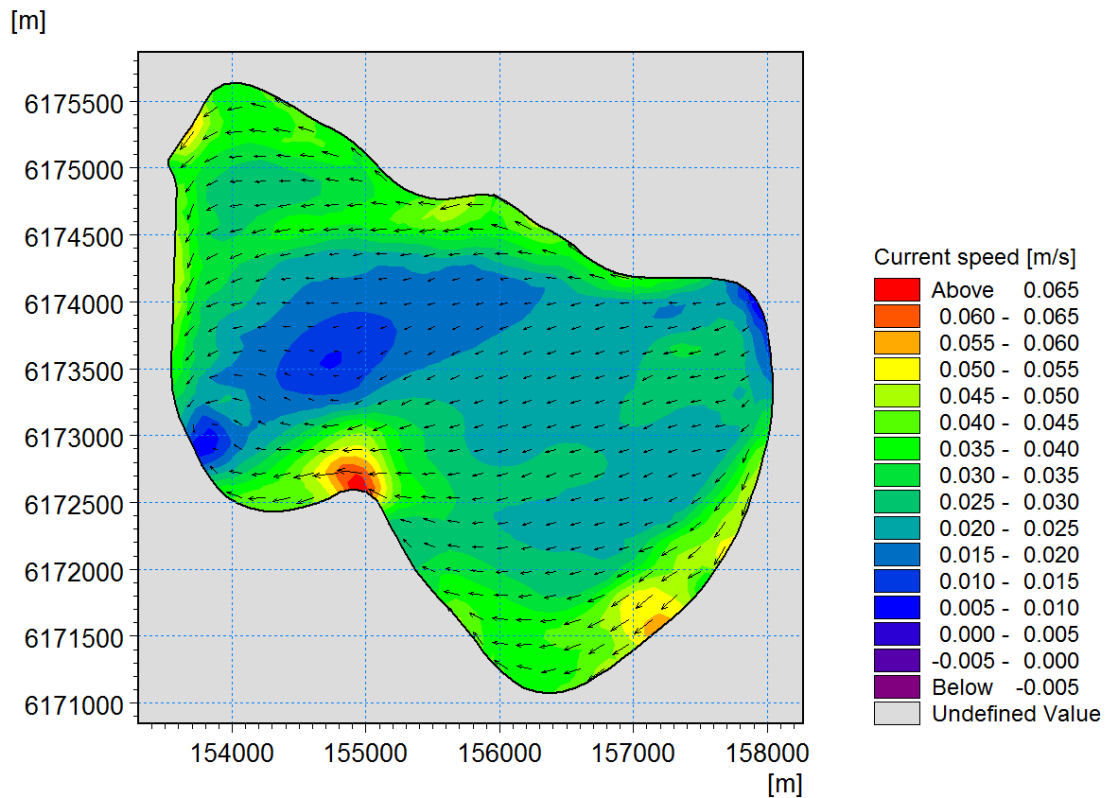
**Figur 6** *Returström på 5 m djup: Scenario 2 (vind från ONO och ingen skiktning).*



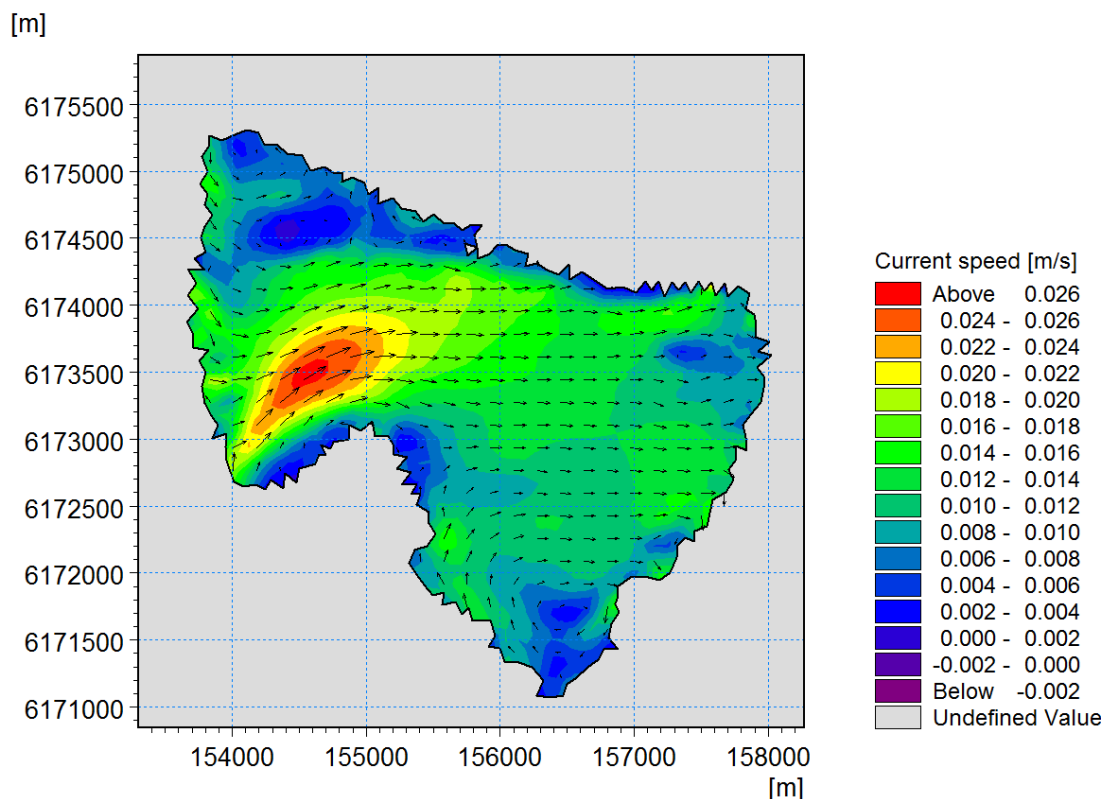
**Figur 7** Ytström: Scenario 3 (vind från SSV och skiktad på 6 m djup).



**Figur 8** Returström på 5 m djup: Scenario 3 (vind från SSV och skiktad på 6 m djup).



**Figur 9** Ytström: Scenario 4 (vind från ONO och skiktad på 6 m djup).



**Figur 10** Returström på 5 m djup: Scenario 4 (vind från ONO och skiktad på 6 m djup).

Ytströmmen följer generellt vindriktningen men varierar något mellan de oskiktade och skiktade scenarierna. Detta beror på att returströmmens mönster har viss inverkan ända upp till ytan eftersom sjön är relativt grund. Returströmmen skiljer sig ganska mycket mellan det oskiktade och skiktade fallet då den framför allt väljer de djupaste delarna av sjön i de oskiktade fallen och är mer jämt fördelat över hela sjön i de skiktade fallen.

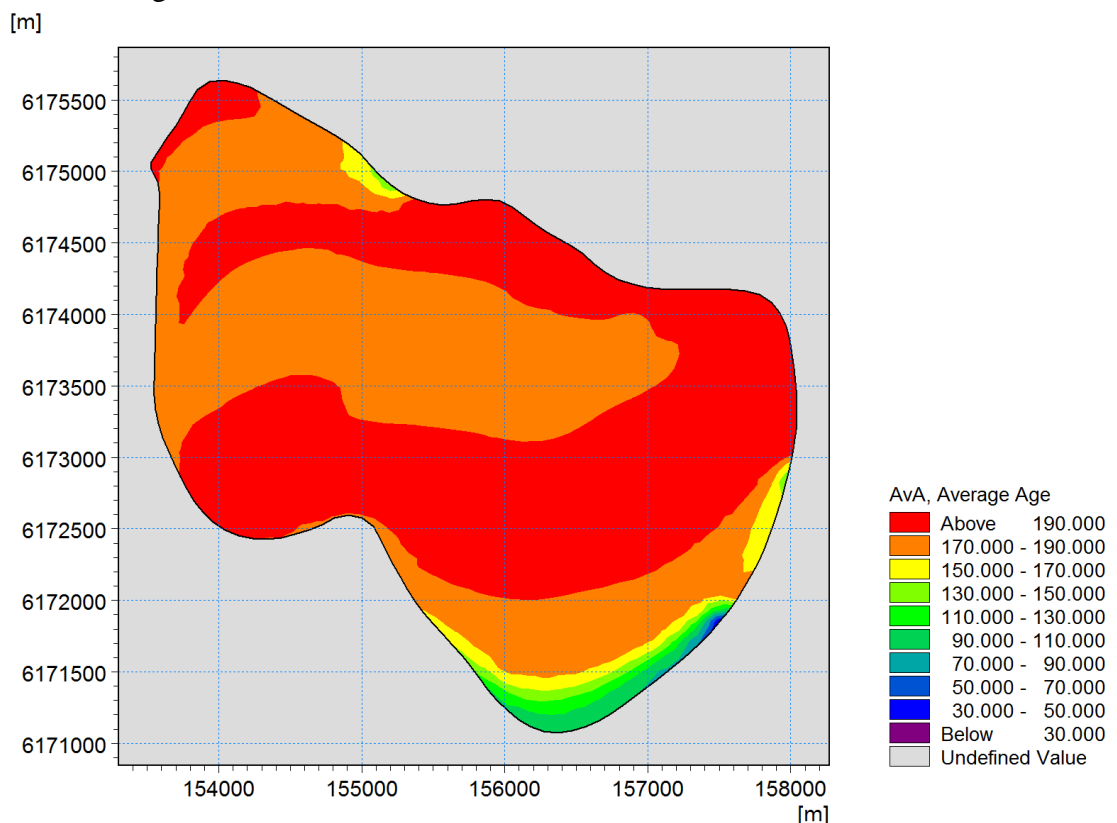
I scenario 2 (vind från ONO, oskiktad) fås en tydlig returström som är koncentrerad till ett smalare band i sjön medan i scenario 1 (vind från SSV, oskiktad) är returströmmen uppdelad i 3–4 band. De olika mönstren beror på sjöns batymetri där returströmmen koncentreras till djupare områden som är parallella med vindriktningen.

Generellt är strömhastigheten högre närmare stränderna än i mitten av sjön och är som högst ca 7 cm/s i ytan. Returströmmarna på 5 m djup uppnår som högst ca halva maximala ythastigheten.

### 3.1 Uppehållstider

Då flödet genom Vombsjön är litet relativt sjöns volym är uppehållstiden lång. Den nominella uppehållstiden definieras som flödet/volymen och blir ca 190 dygn med flödena som används i den här studien ( $84,8 \text{ Mm}^3/5,05 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Om ett konservativt utsläpp som är densitetsneutralt med sjöns vatten hamnar i sjön kommer det alltså ta mer än 190 dygn för föroreningen att passera sjön.

En bild av hur uppehållstiden varierar rumsligt i sjön har tagits fram genom att beräkna vattnets "ålder" i sjön för scenario 2 (oskiktad och med vind från ONO). Allt inflödande vatten har "ålder" 0 och för varje dag vattnet varit i sjön ökar dess ålder med 1. Resultatet visas i Figur 11.



**Figur 11** *Vattnets "ålder" (dagar) i sjön i ytlagret.*

### 3.2 Transporttider

Då en konservativ förorening transporteras in i sjön från något av de inkommande vattendragen kommer föroreningen att spädas ut och spridas i sjön. När det inte längre transporteras in någon förorening i sjön kommer koncentrationen i sjön efter ett tag att bli i det närmaste helt homogen i hela sjön för att därefter långsamt avta med transporten ut ur sjön via Kävlingeån (och råvattenintagen om de är aktiva). Omblandningstakten bestäms av strömförhållandena i sjön som framför allt beror av vindpåverkan. Strömmen i sjön till följd av inflöden och utflöden är, i enlighet med beräkningarna, väldigt liten jämfört med vindinducerad ström.

Hur lång transporttiden är mellan bäckens inflöde och råvattenintaget beror av från vilket vattendrag som utsläppet kommer från samt de aktuella strömförhållandena i sjön. Den maximala koncentrationen som når råvattenintagen beror på samma parametrar samt hur stor mängd förorening som tillförs och utsläppets varaktighet. Tiden fram till att ämnet är homogent omblandat i sjön beror på de aktuella strömförhållandena och den omblandade koncentrationen beror på hur stor mängd förorening som tillförts sjön. Om utsläppet sker nära råvattenintagen och strömmen för utsläppsplymen i riktning mot intaget fås en tydlig koncentrationstopp vid råvattenintagen. Om föroreningen transporteras lång sträcka innan det når intagen blir koncentrationstoppen inte lika tydlig eftersom föroreningen hunnit blandas om i en större del av sjön.

I Appendix 1 visas kartbilder över utsläppsplymens utbredning efter 1 timme, 6 timme, 24 timmar samt 3 dygn.

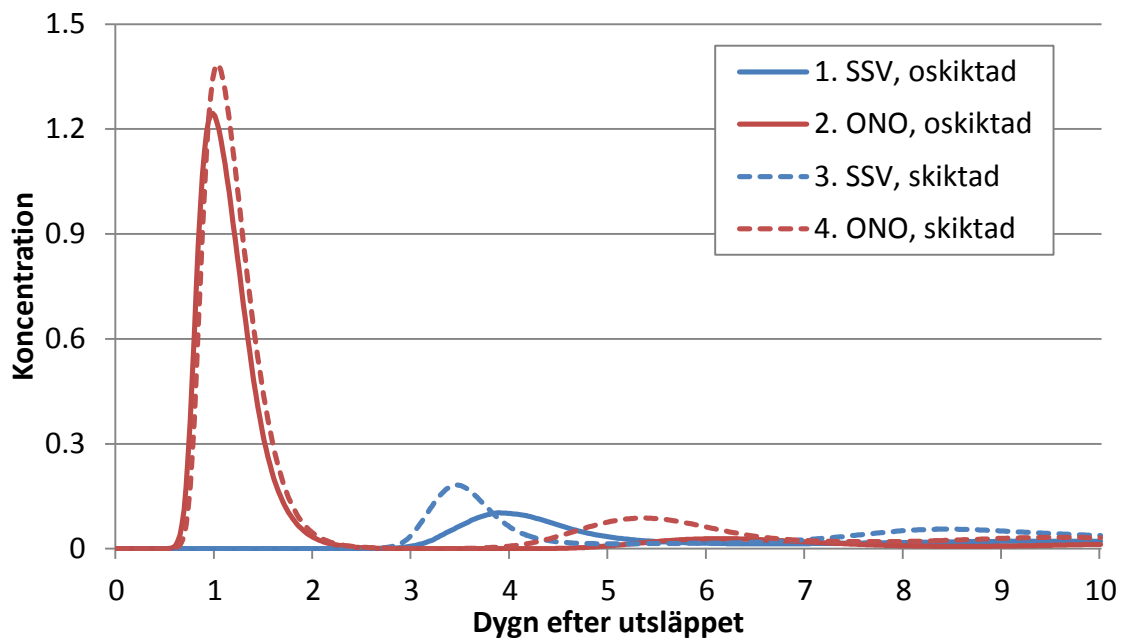
**Tabell 2** *Transporttider från vattendragens mynningar i sjön till råvattenintaget för de olika scenarierna.*

Scenario	Björkaån (dygn)	Torpbäcken (dygn)	Borstabäcken (dygn)	Vomb S (dygn)
1. Vind från SSV, ingen skiktning	2,4	2,3	3,1	3,3
2. Vind från ONO, ingen skiktning	0,5	0,7	3,9	0,3
3. Vind från SSV, temperaturskiktning	2,4	2,2	6,2	3,1
4. Vind från ONO, temperaturskiktning	0,5	0,8	5,6	0,3

I Tabell 2 presenteras transporttider för en konservativ föroreningspuls i vardera av inflödena till sjön för de fyra scenarier som redovisats tidigare i. Transporttiden är beräknad från det att föroreningen släpps in i sjön vid bäck-mynningen fram till att föroreningen når fram till råvattenintagen (alltså inte tiden fram till toppen). De kortaste transporttiderna till intaget fås då utsläppet sker från Björkaån eller Vomb Södra och vinden kommer från ONO. Detta var väntat då de två inflödena är de som är lokaliserade närmast intagen och vindar från ONO riktar ytströmmen från källorna mot intagen. Förore-

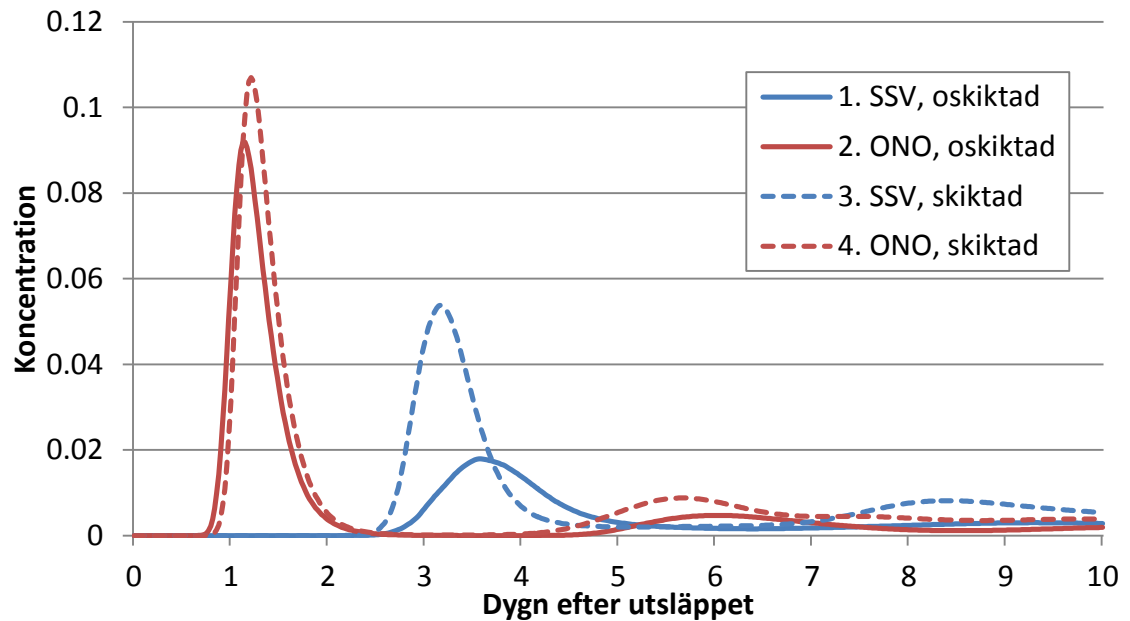
ningen kan då nå råvattenintagen efter bara ca 7 timmar. De längsta transporttiderna fås för utsläpp från Borstabäcken som ligger längst bort från råvattenintagen. Därifrån kan utsläppet nå råvattenintagen som tidigast efter drygt 3 dygn med de testade scenarierna. Skiktningen ger endast en marginell skillnad på uppehållstiderna förutom då transportsträckan är lång (från Borstabäcken), då blir transporttiden längre än vid oskiktade förhållanden vilket troligtvis beror på att returströmmarnas mönster är väldigt förändrade jämfört med oskiktade förhållanden.

En tydlig bild av skillnaden mellan de olika scenarierna fås i Figur 12–14 där tidsserier för koncentrationen av föroreningen vid råvattenintagen visas. I Figur 12 visas koncentrationerna av ett utsläpp i Björkaån. Det är tydligt att skillnaden mellan vindriktningarna är stor medan skiktningen har en mindre påverkan. Det är inte bara transporttiden som blir påverkad av vindriktningen utan även hur stor den högsta koncentrationen vid råvattenintagen blir. Ju längre transporttid, desto mer utspädd blir föroreningen. Koncentrationerna blir något högre vid skiktade förhållanden eftersom det finns mindre tillgänglig volym för omblandning och för vindar från SSV beror den högre koncentrationen också på att transporttiden är kortare. En koncentration på 1,0 motsvarar en spädning på 100 gånger från utsläppets initialkoncentration i vattendraget.



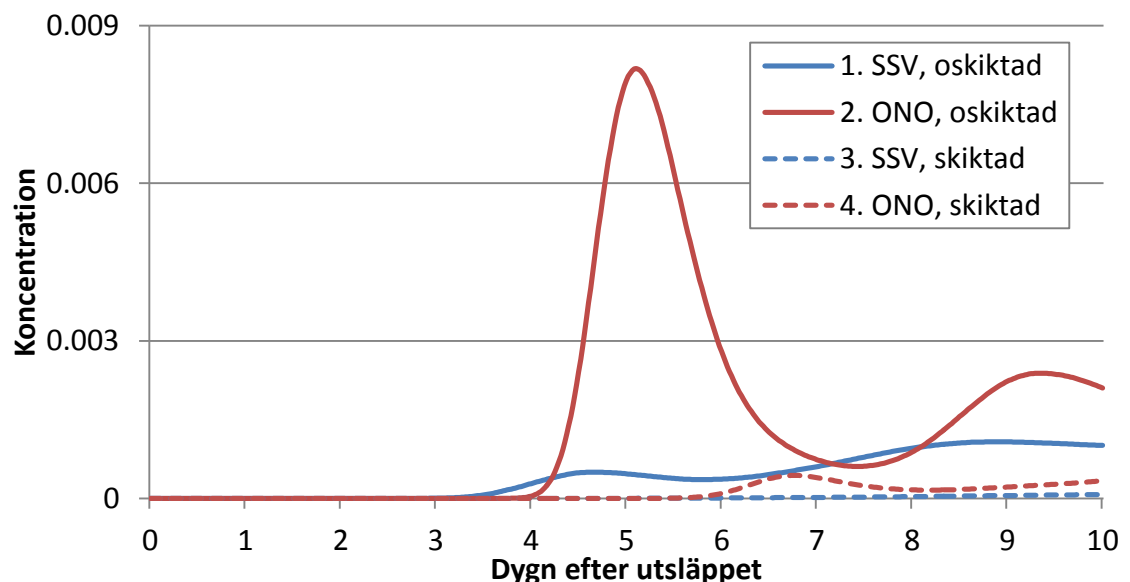
**Figur 12** Koncentration [godtycklig enhet] vid råvattenintagen då utsläppet kommer från Björkaån.

Eftersom Torpbäckens mynning ligger relativt nära Björkaåns mynning är transporttiderna till råvattentaget ungefär samma som för utsläpp i Björkaån. Dock är koncentrationerna som når råvattenintaget betydligt lägre eftersom flödet från Torpbäcken är mycket mindre än från Björkaån (se Figur 13).

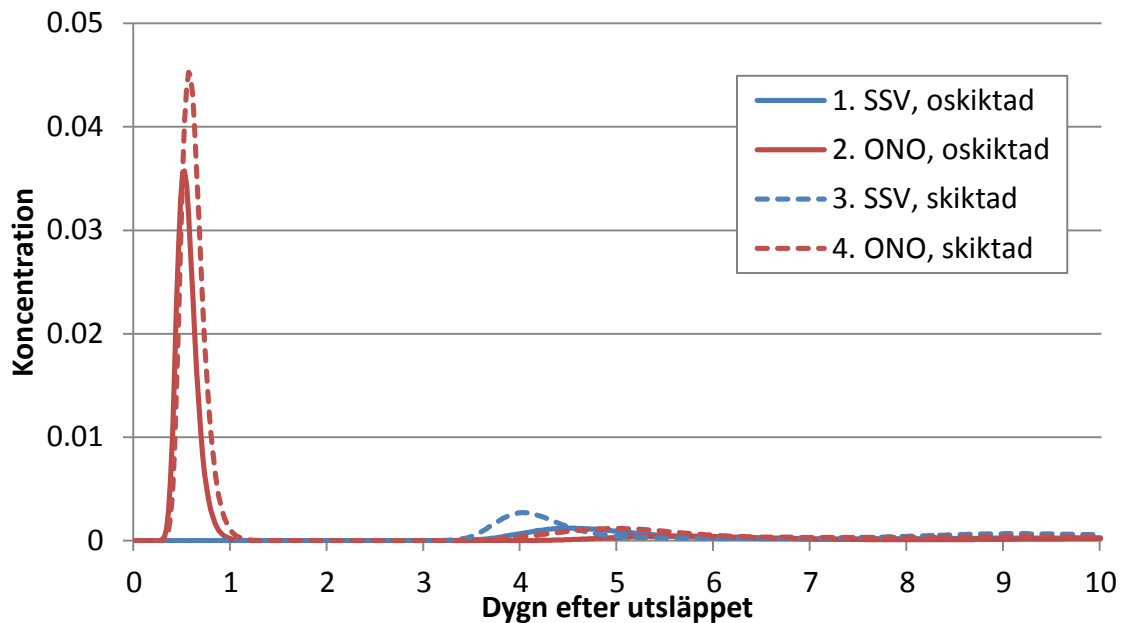


**Figur 13** Koncentration [godtycklig enhet] vid råvattenintagen då utsläppet kommer från Torpbäcken.

Då utsläppet sker från Borstabäcken (Figur 14) fås inga toppar alls vid vidriktningar från SSV eftersom utsläppet redan hunnit bli väldigt omblandat i sjön innan det når råvattenintagen. Den tydligaste toppen fås här för vindar från ONO och oskiktade förhållanden. Anledningen till att det skiktade scenariot ger så mycket lägre koncentrationer beror på att strömmönstret en bit ner i sjön på råvattenintagens djup är kraftigt förändrade från det oskiktade scenariot.



**Figur 14** Koncentration [godtycklig enhet] vid råvattenintagen då utsläppet kommer från Borstabäcken.



**Figur 15** Koncentration [godtycklig enhet] vid råvattenintagen då utsläppet kommer från Vomb Södra.

I Figur 15 visas koncentrationen i råvattenintaget då föroreningen kommer från Vomb Södra. Härifrån är transportsträckan kort till råvattenintagen och för vind från ONO har koncentrationstoppen hunnit passera råvattenintagen inom ett dygn från utsläppet. Observera även de låga koncentrationerna då flödet är väldigt litet.

Det tar ca 25 dagar tills sjön är i det närmaste helt omblandad så att koncentrationen av utsläppen från samtliga vattendrag är relativt homogen i sjön i de två oskiktade scenarierna.

För att ytterligare få en bild av transportmönstret i sjön visas transporttider från vattendragens mynningar till utloppet till Kävlingeån i Tabell 3. Det tar från ca 0,5 dygn upp till knappt 15 dygn för föroreningarna att transporteras till utloppet. Eftersom Borstabäckens mynning är belägen närmast utloppet blir transporttiderna härifrån kortast. Notera att transporttiderna för de skiktade scenarierna är längre än för de oskiktade scenarierna för alla källor utom Borstabäcken. Detta beror på, vid vindar från SSV, att både ytströmmen och returströmmarna i princip är parallella med vindriktningarna i det skiktade fallet vilket gör att utbytet mellan östra och västra delen av sjön är väldigt långsamt. Vid vindar från ONO blir istället utbytet i nord-sydlig riktning långsammare i det skiktade scenariot. I de oskiktade scenarierna finns returströmmar i öst-västliga respektive nord-sydliga riktningar som påskyndar omblandningen i sjön. Dock kan strömningmönstret för verkliga temperaturskiktningar troligtvis variera ganska mycket beroende på skiktningens djup och styrka samt om det även finns horisontella skiktningar. I Appendix 2 visas figurer för koncentration i utloppet till Kävlingeån motsvarande Figur 12–14.



**Tabell 3** *Transporttider från vattendragens mynningar i sjön till utloppet till Kävlingeån för de olika scenarierna.*

Scenario	Björkaån (dygn)	Torpbäcken (dygn)	Borstabäcken (dygn)	Vomb S (dygn)
1. Vind från SSV, ingen skiktning	3,6	3,5	2,8	4,6
2. Vind från ONO, ingen skiktning	3,8	4,0	0,5	3,9
3. Vind från SSV, temperaturskiktning	7,6	8,0	1,8	14,3
4. Vind från ONO, temperaturskiktning	5,5	5,8	0,5	6,7

### 3.3 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen visade att **vinden** har väldigt stor inverkan på transporttider och utspädning i sjön. Till exempel blev transporttiden från Torpbäcken halverad vid dubbelt så höga vindar (6 m/s) från ONO. Transporttiden från Borstabäcken minskades med 25% vid samma förhållanden. Omvänt blev transporttiderna betydligt längre för de låga vindhastigheterna på 1,5 m/s. Då mer än dubblerades transporttiden från Torpbäcken och transporttiden från Borstabäcken dubblerades.

Vid avsaknad av vind, som symboliserar förhållanden med **is** på sjön, blir transportförhållandena radikalt förändrade. Då är genomströmningen via in- och utflöden det enda som driver strömmarna i sjön och omblandningen blir då väldigt mycket långsammare. Då blir transporttiden från Torpbäcken till råvattenintagen ca 20 dagar d.v.s. ca 750% längre tid än vid vindar på 3 m/s från SSV.

Ett **ökat råvattenintag** skulle kunna påverka strömmarna i sjön i viss mån. Vid ett test med maximalt uttag i råvattenintagen (1,2 m<sup>3</sup>/s) påverkades dock varken transporttiden eller den maximala koncentrationen mer än någon enstaka procent.

Dubblade **inflöden** i bäckarna och åarna är troligt under blötare perioder, men mycket större än så blir inte inflödena. Större flöden ger en kortare uppehållstid. I testet med dubblade inflöden och ökat utflöde i Kävlingeån för att behålla konstant volym i sjön påverkades inte transporttiderna fram till råvattenintagen. Däremot var de högsta koncentrationerna högre till följd av att mer förorening tillförts sjön. Vid stora flöden minskar dock den nominella uppehållstiden och därmed är tiden kortare fram till att föroreningen helt försvunnit från sjön.

Vid ett **vattenstånd** på 1 m under det som använts för scenarierna fås en viss inverkan på transporttiden. Eftersom utsläppet sker på ett djup som är närmare det djup som råvattenintagen ligger på når föroreningen intagen tidigare. Skillnaden är dock inte så stor utan det handlar endast om någon till ett par timmar kortare transporttid.

### 3.4 Diskussion

Scenarierna med vindar från 3 m/s och medelflöden i bäckarna anger förhållanden som är vanligt förekommande i sjön. Det är dock inte särskilt troligt att det är konstanta vindförhållanden under flera dygn så resultaten bör tolkas som troliga intervall för transporttider vid medelvindhastigheter.

Skiktningen har simulerats genom att sätta en fiktiv botten på 6 m djup. På detta sätt sker ingen transport alls genom språngskiktet. I verkligheten sker en viss transport genom språngskiktet så simuleringen representerar ett värsta scenario vad gäller skiktning. Temperaturgradienter uppstår i verkligheten både horisontellt och vertikalt och kan ha stor inverkan på transportmönstret i sjön. Eftersom det inte finns några uppmätta temperaturfält i sjön kan ett verkligt stratifierat scenario inte beräknas även om det skulle ge en mer korrekt bild av strömningsmönstret. För att verkligen ta reda på vad som händer med strömningsmönstret under stratifierade förhållanden skulle det vara värdefullt med temperaturmätningar i sjön som visar horisontella och vertikala gradienter samt variationer över tid. Därefter kan en ny transportberäkning göras baserat på några verkliga typexempel på temperaturskiktningar.

Koncentrationen i den första toppen är oftast högst (förutom vid väldigt långa transportsträckor då plymen i det närmaste är helt omblandad i sjön innan den når råvattenintagen). Koncentrationstoppen passerar intagen på något eller ett par dygn vid vindar på 3 m/s. Eftersom uppehållstiden i sjön är väldigt lång kan det dock ta väldigt lång tid innan föroreningen helt försvunnit (ca 200 dagar), men koncentrationerna då är väldigt mycket lägre än inkommande koncentration eftersom den blandats om helt i sjön.

Det konservativa och densitetsneutrala utsläppet symboliserar ett värsta scenario. Om ämnet bryts ner, flyter på ytan eller sedimenterar fås lägre koncentrationer vid råvattenintagen.

## 4 Slutsatser

Utifrån de förutsättningar som beskrivits tidigare i rapporten kan följande slutsatser dras:

- Uppehållstiden i Vombsjön är lång, ca 200 dagar för normala vattenföringar i inflöden och utlopp.
- De fyra scenarierna visar att vinden är den viktigaste faktorn för transporttiden i sjön.
- Om sjön är skiktad eller ej påverkar transporttiderna men i mindre grad än olika vindförhållanden.
- Känslighetsanalysen visar ännu tydligare att vinden är den viktigaste faktorn för transporttider i sjön. Vattennivån i sjön har en liten påverkan på transporttiderna, medan vattenföring i vattendragen samt ökat uttag i råvattenintaget inte påverkar tiderna.
- De kortaste transporttiderna fås vid:
  - utsläpp nära råvattenintagen
  - höga vindhastigheter samt
  - då vindriktningen ger en ytström i riktning från utsläppet till råvattenintaget.
- Vid vindar på 3 m/s blir transporttiden från inflödena i sjön till råvattenintaget mellan ca 7 timmar och ca 6 dygn beroende på utsläppspunkt, vindriktning samt skiktningförhållande.
- Genom att lägga till rinntiden i vattendraget och eventuell rinntid genom mark fås den totala tiden från utsläppet tills det att föroreningen når råvattenintaget.
- Hur lång tid det finns kvar signifikanta mängder förorening i vattnet vid råvattenintagen påverkas av utsläppets varaktighet samt dess initiala koncentration. I de fall då koncentrationen fortfarande är signifikant efter att föroreningen omblandats helt i sjön påverkar även den nominella uppehållstiden hur lång tid det tar innan halterna sjunkit till insignifikanta vid råvattenintaget.

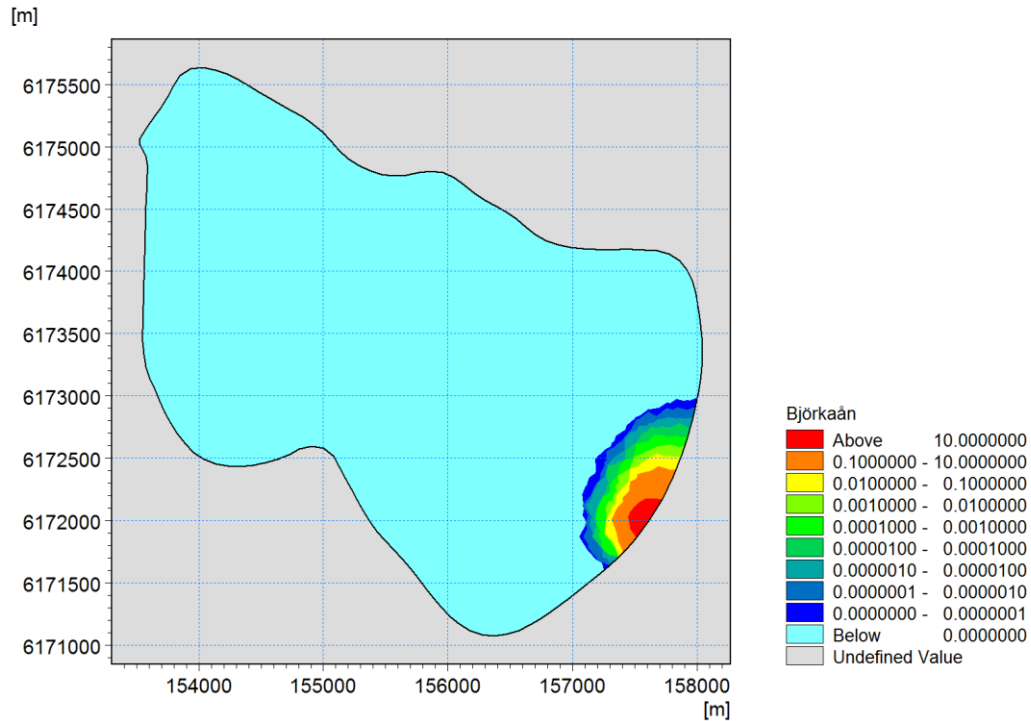
## 5 Referenser

DHI 2007. *Förstudie av de hydrauliska förhållandena i Vombsjön*. PM för Sydvatten.

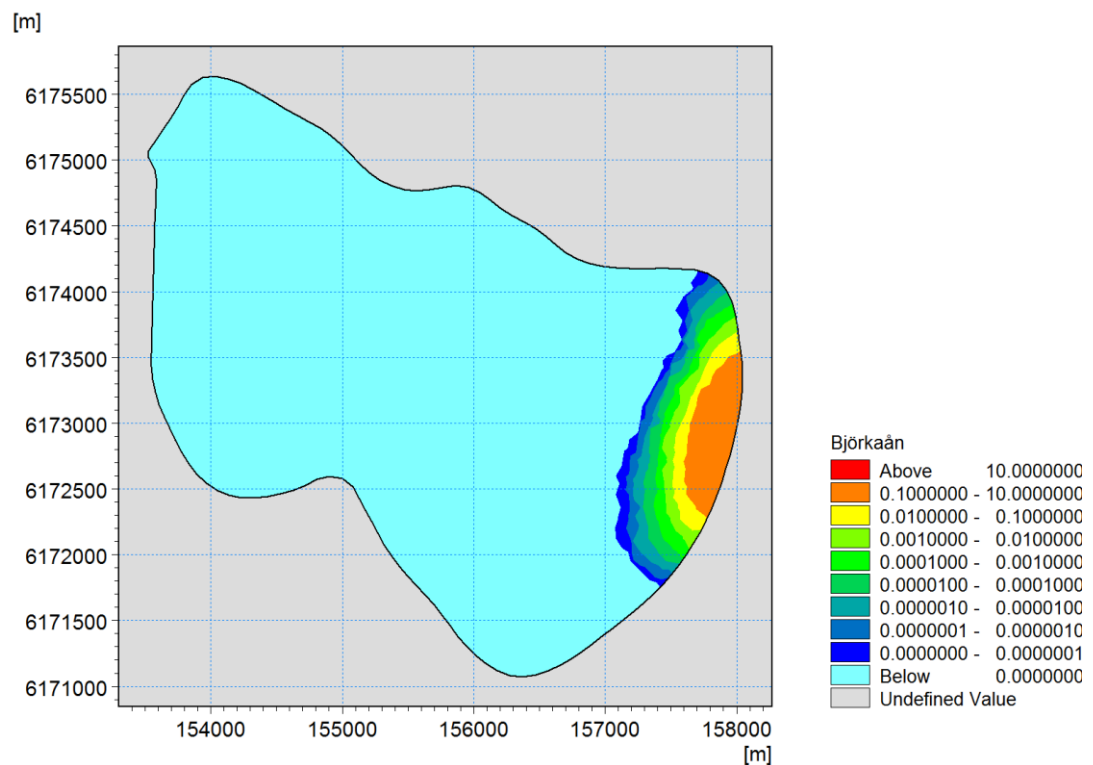
## Appendix 1 – Utsläppsplymen

Scenario 1 – SSV, oskiktad

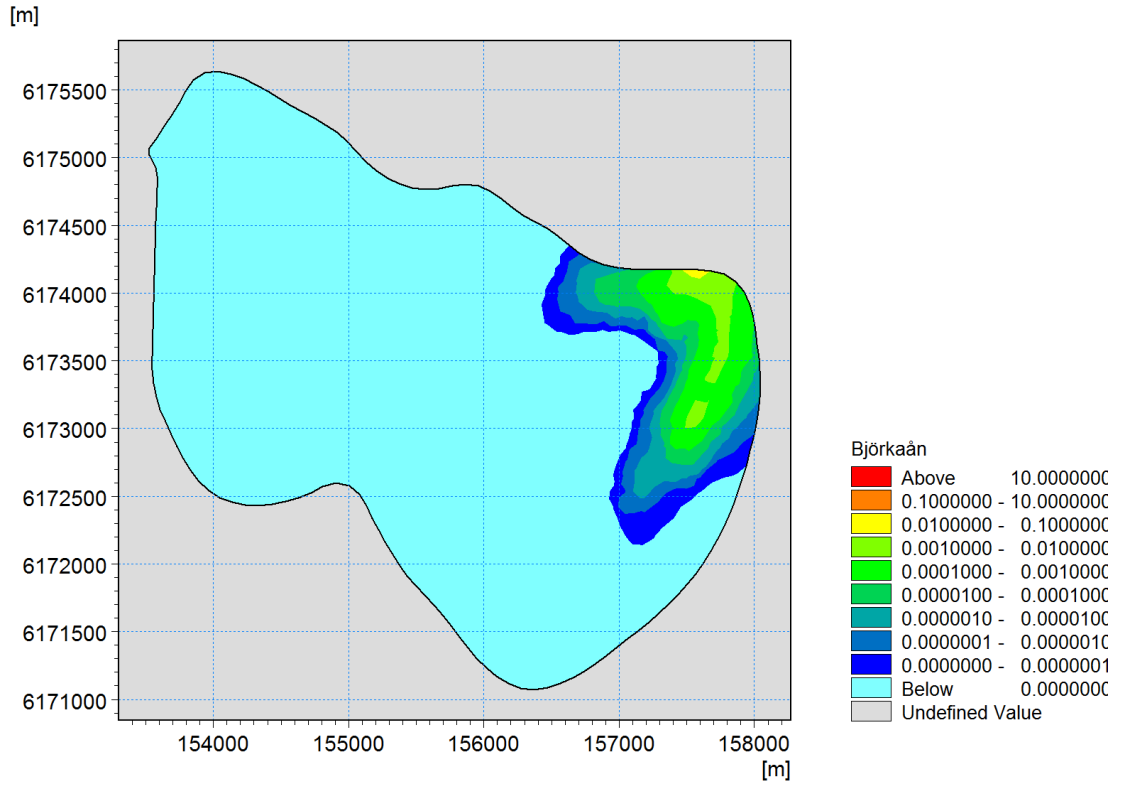
### Utsläpp från Björkaån



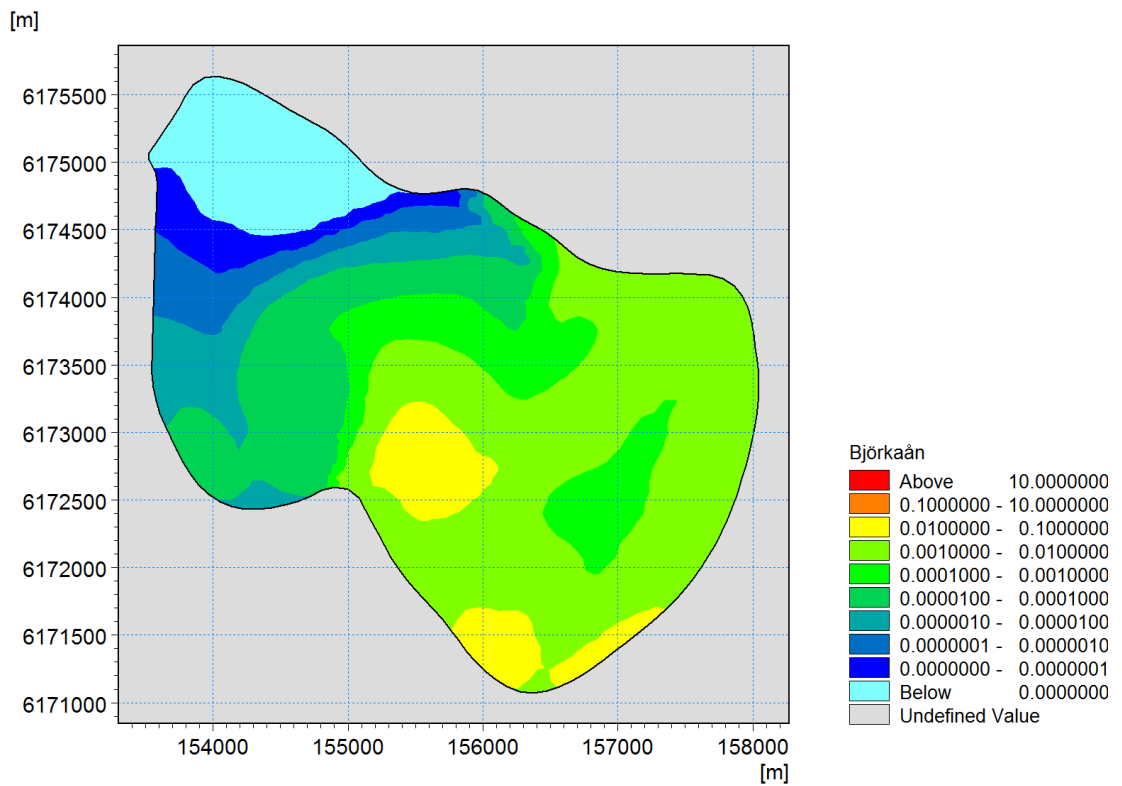
**Figur 16** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 17** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

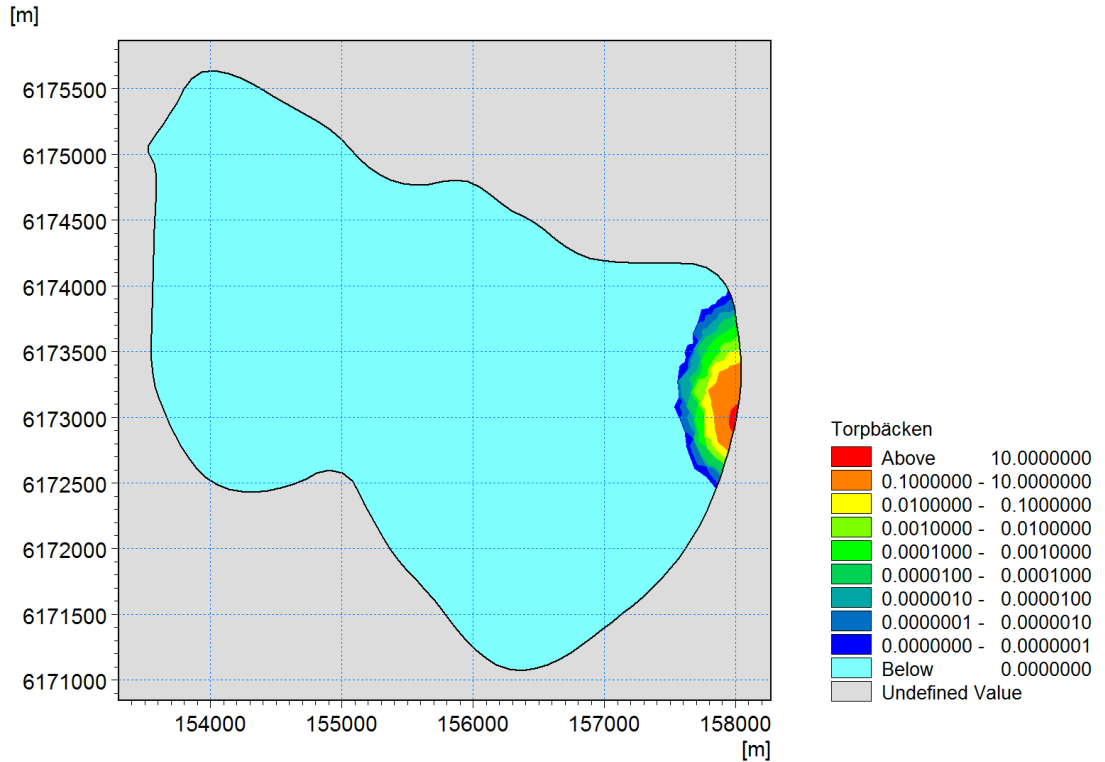


**Figur 18** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

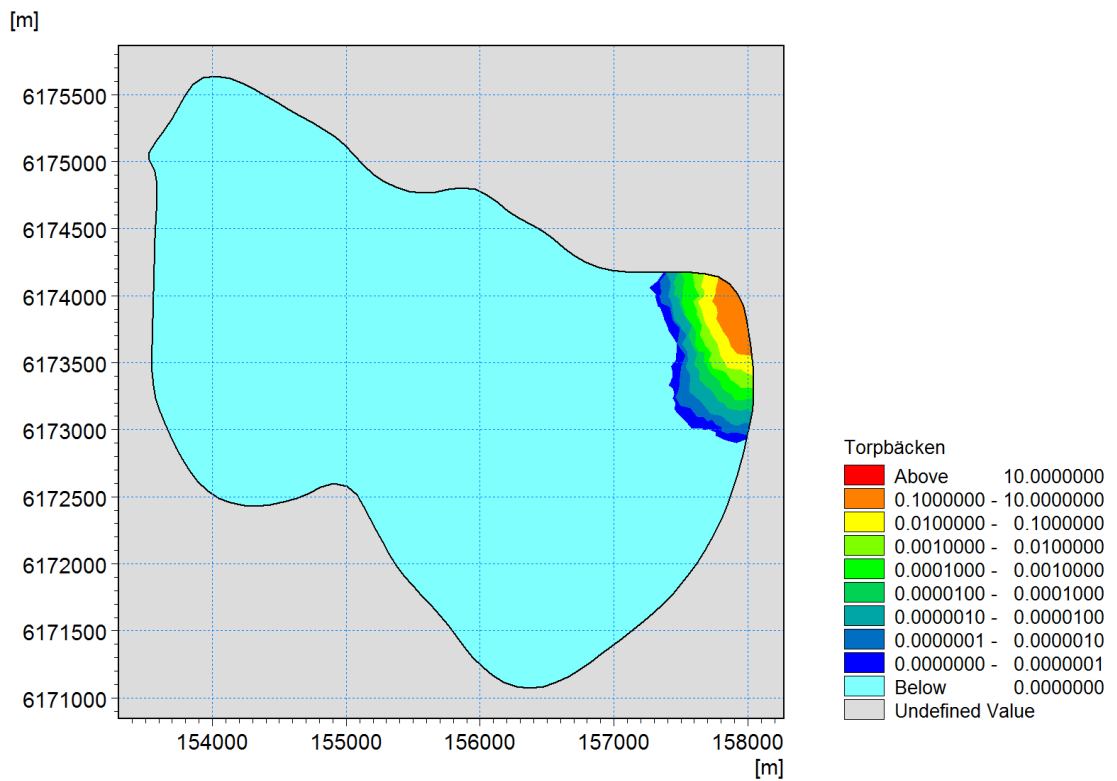


**Figur 19** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

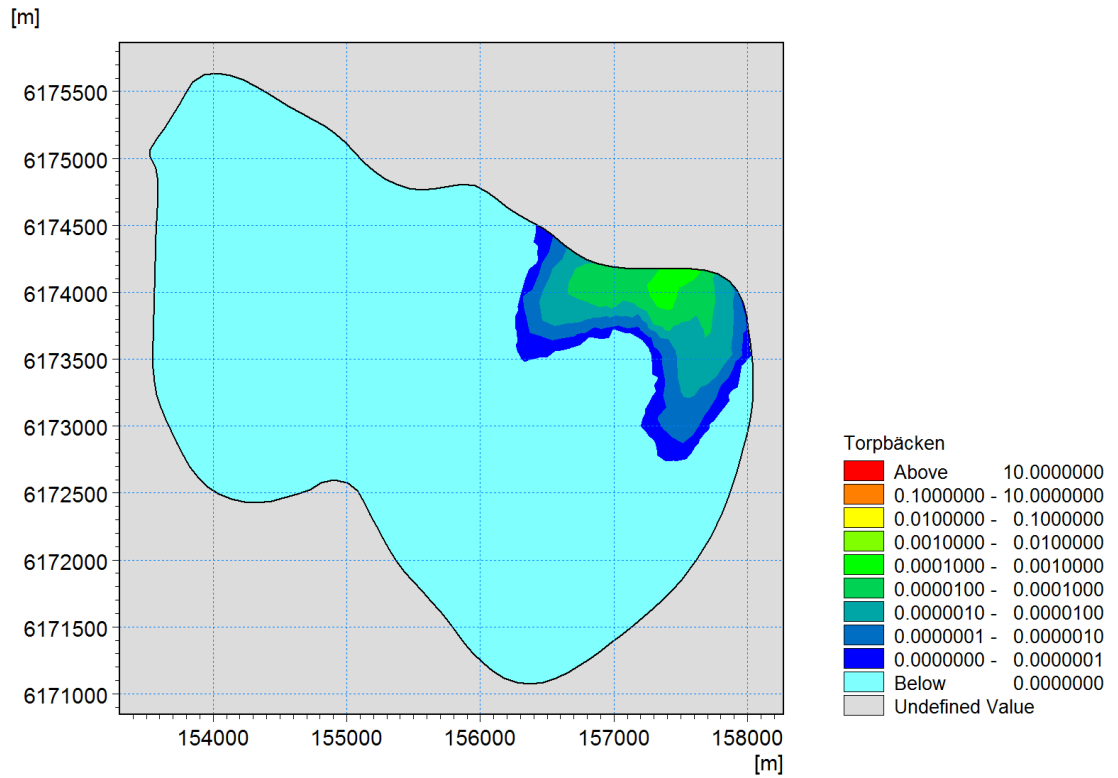
## Utsläpp från Torpbäcken



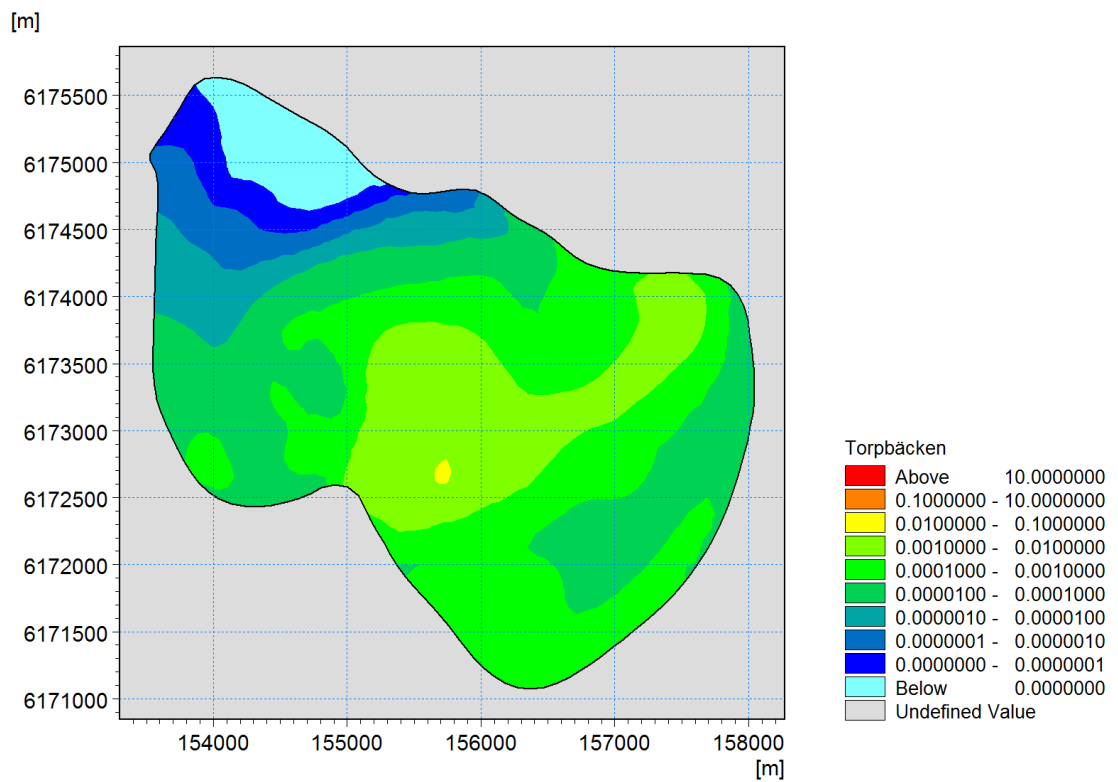
**Figur 20** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 21** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.



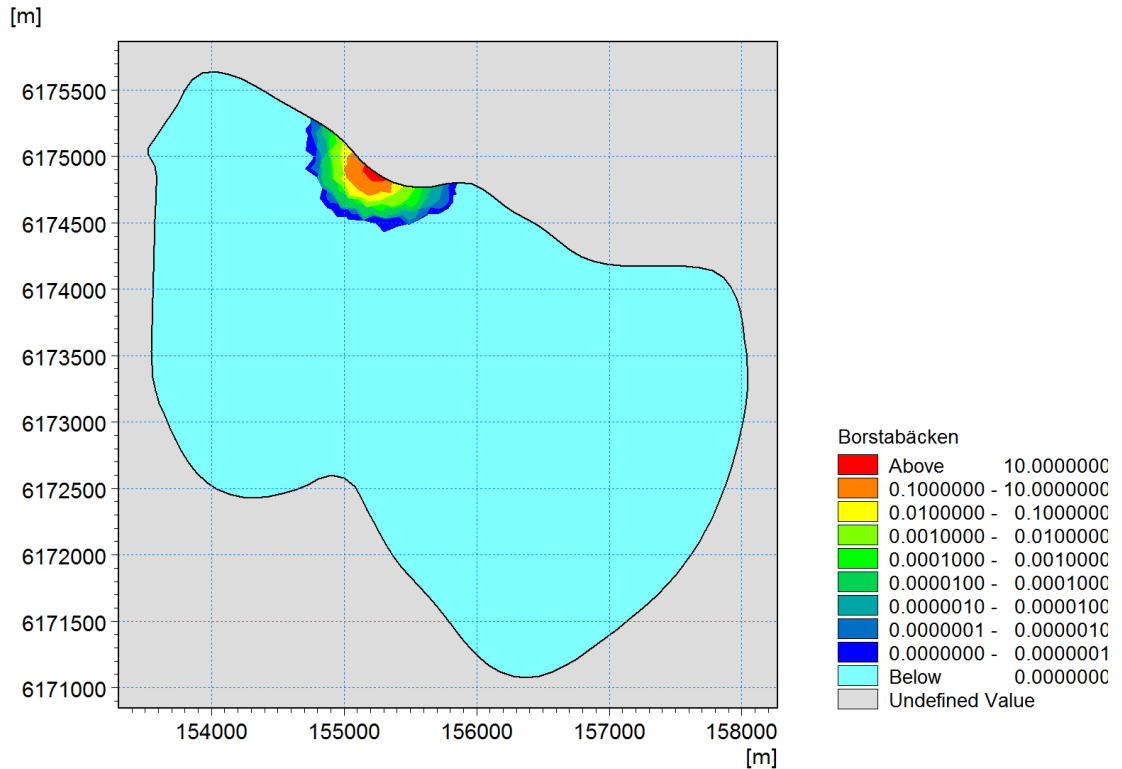
**Figur 22** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.



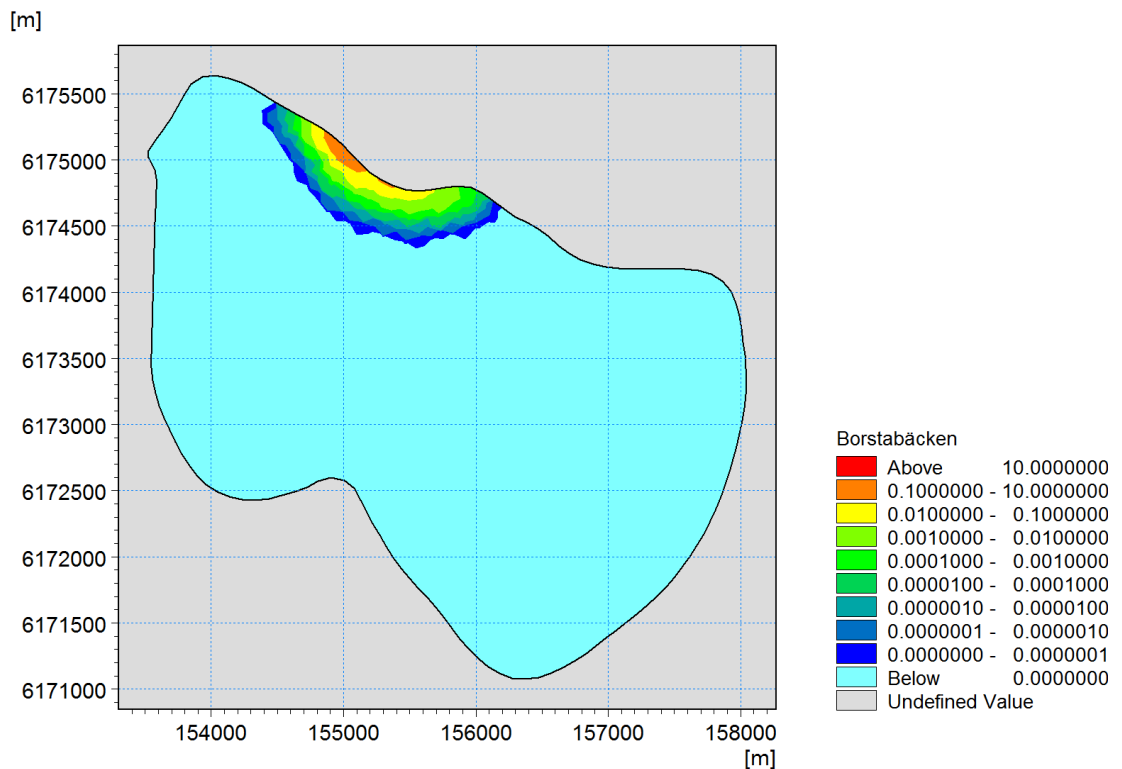
**Figur 23** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.



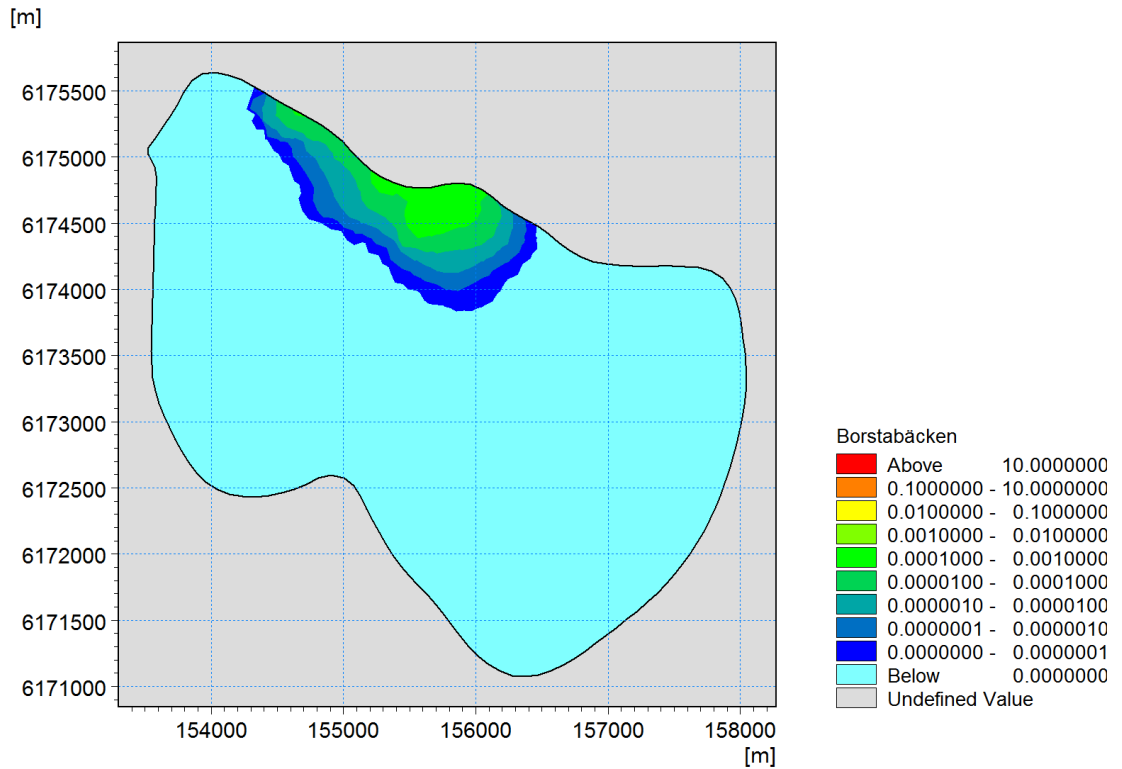
## Utsläpp från Borstabäcken



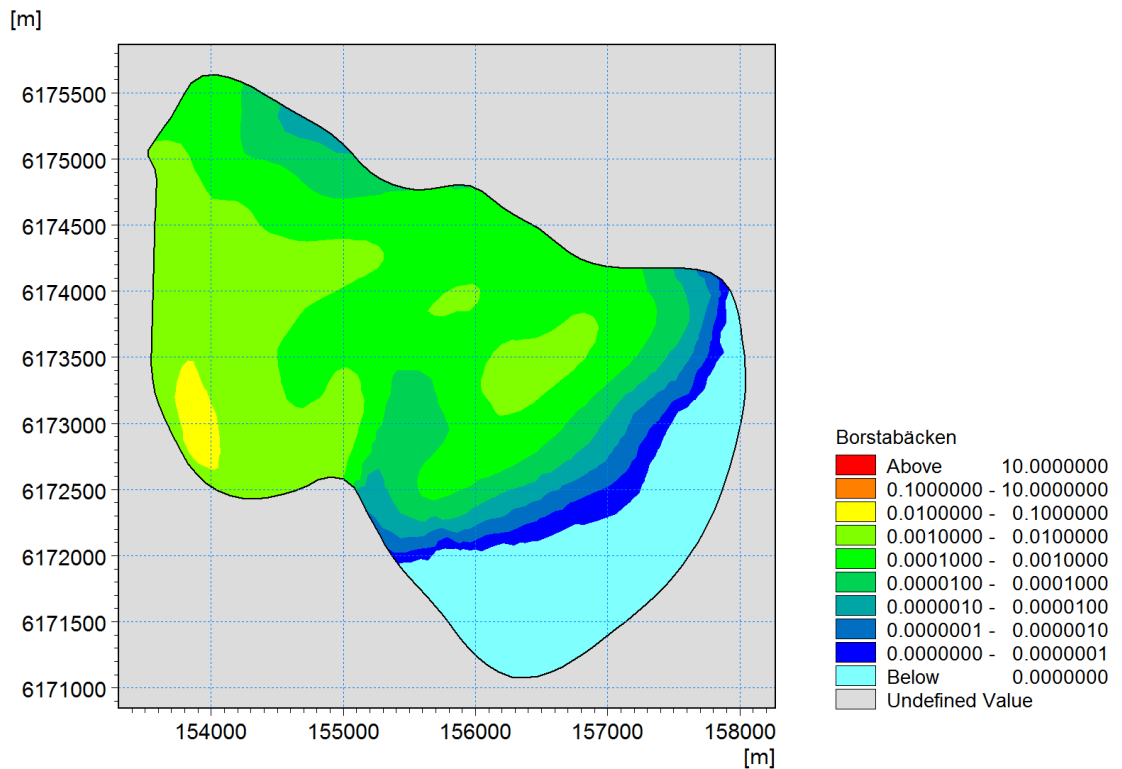
**Figur 24** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 25** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

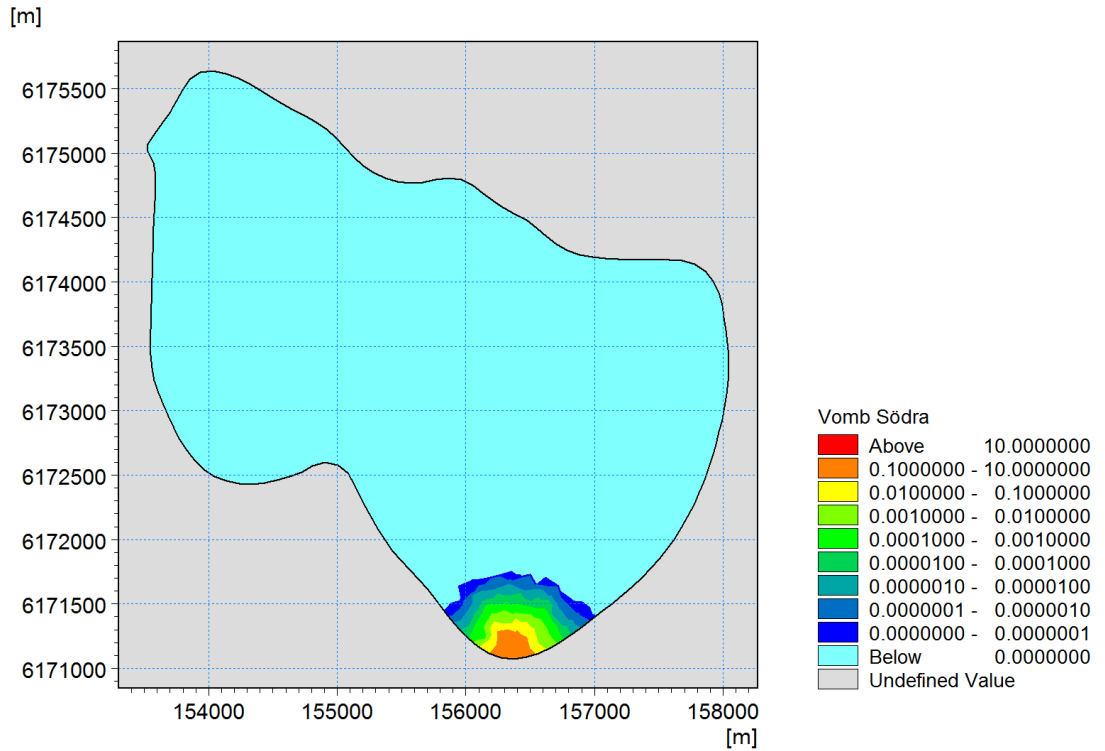


**Figur 26** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

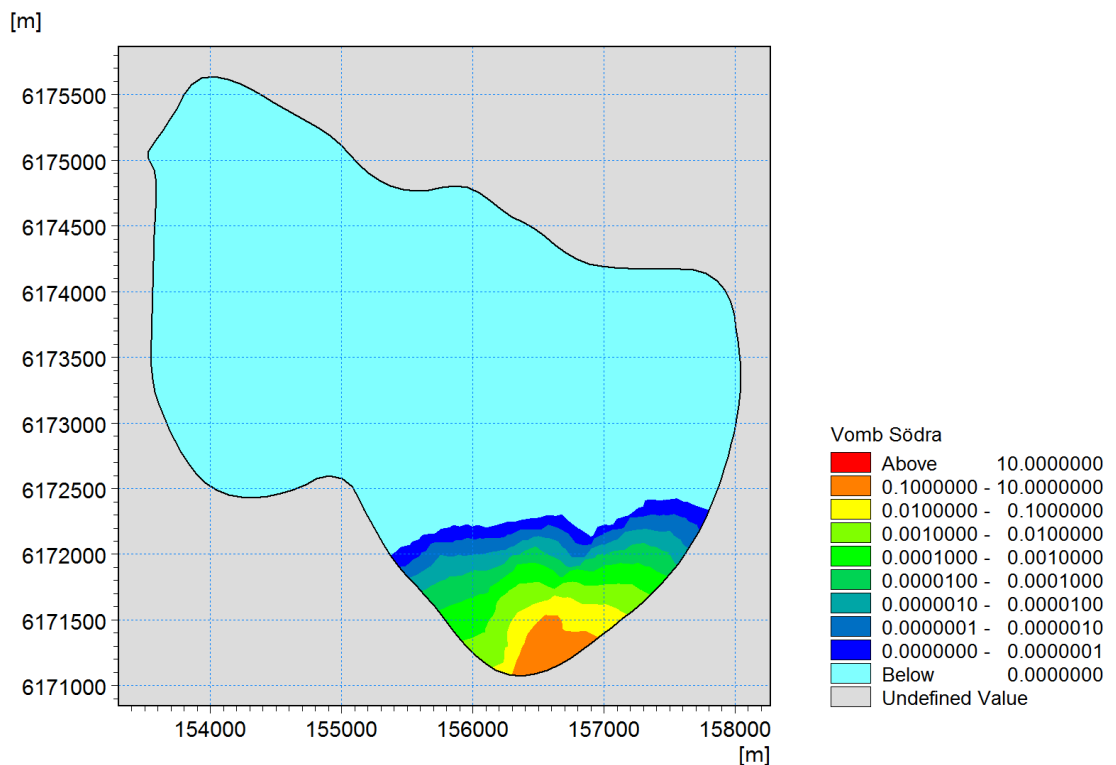


**Figur 27** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

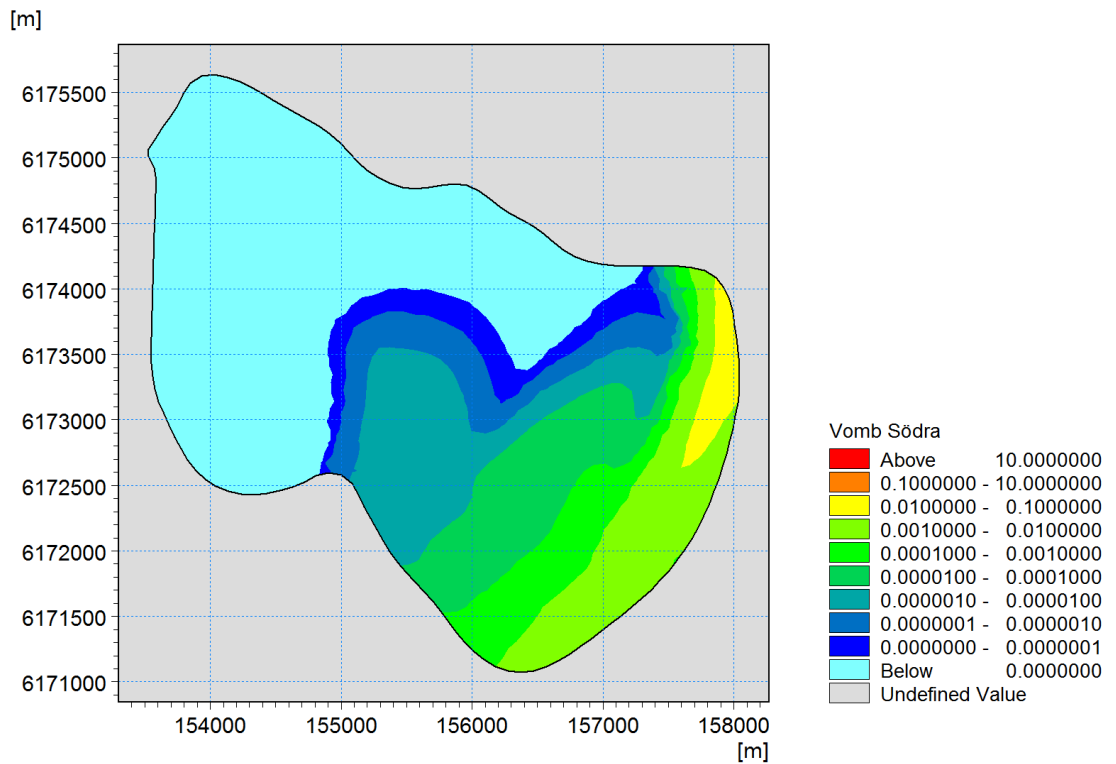
## Utsläpp från Vomb Södra



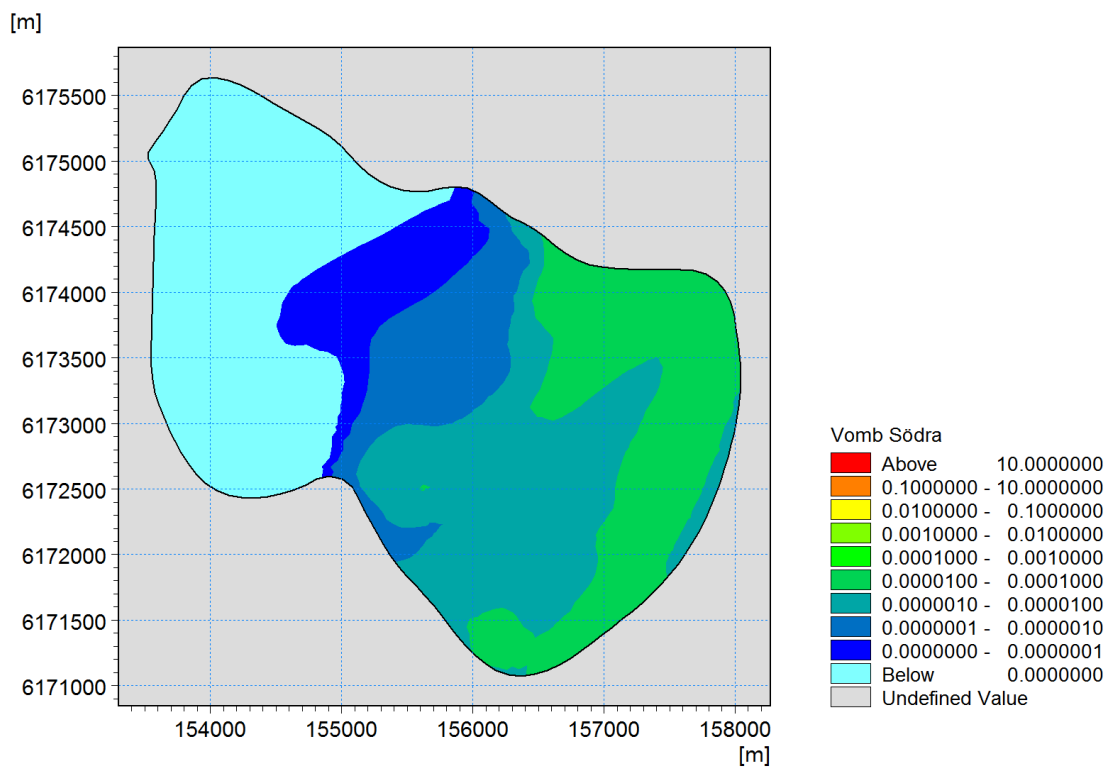
**Figur 28** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 29** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.



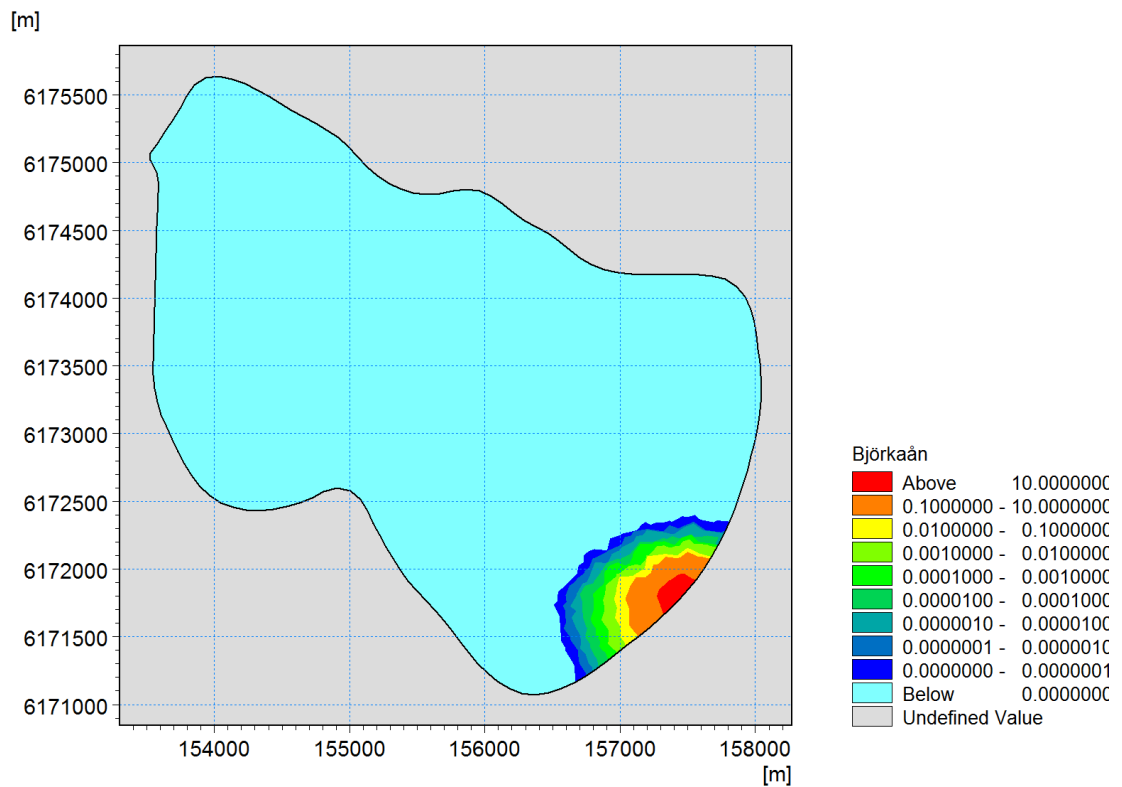
**Figur 30** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.



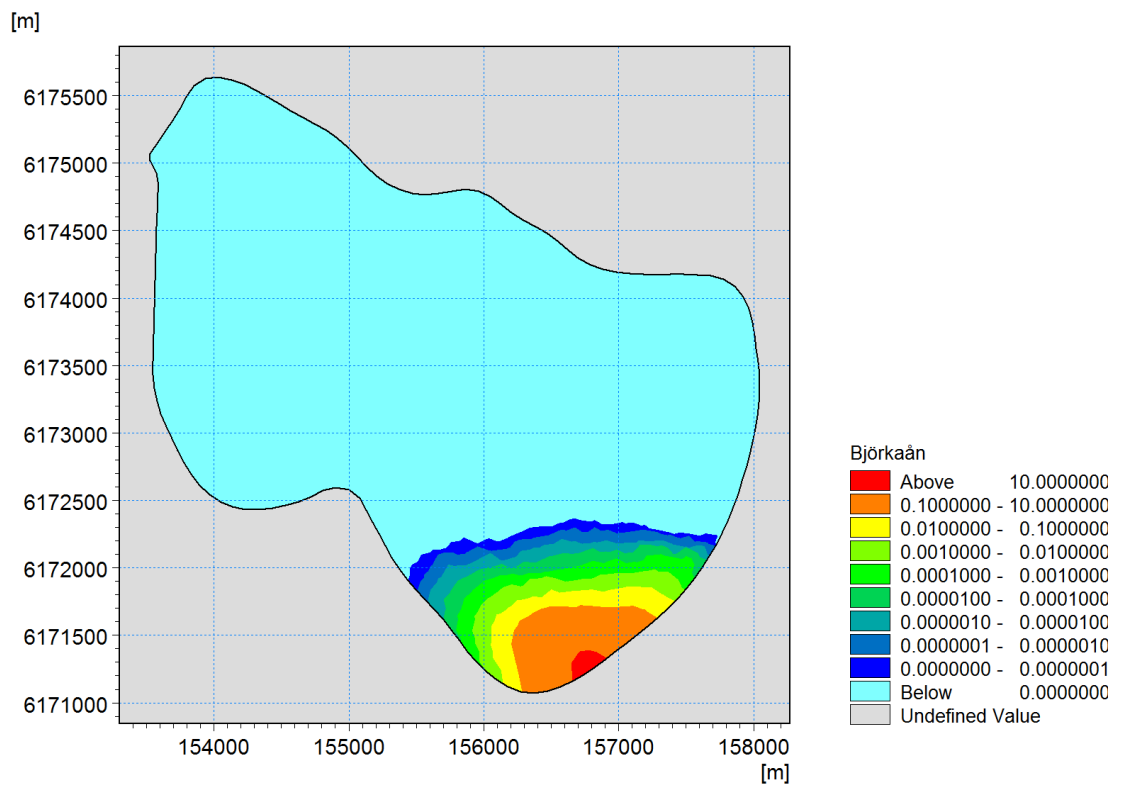
**Figur 31** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

## Scenario 2 – ONO, oskiktad

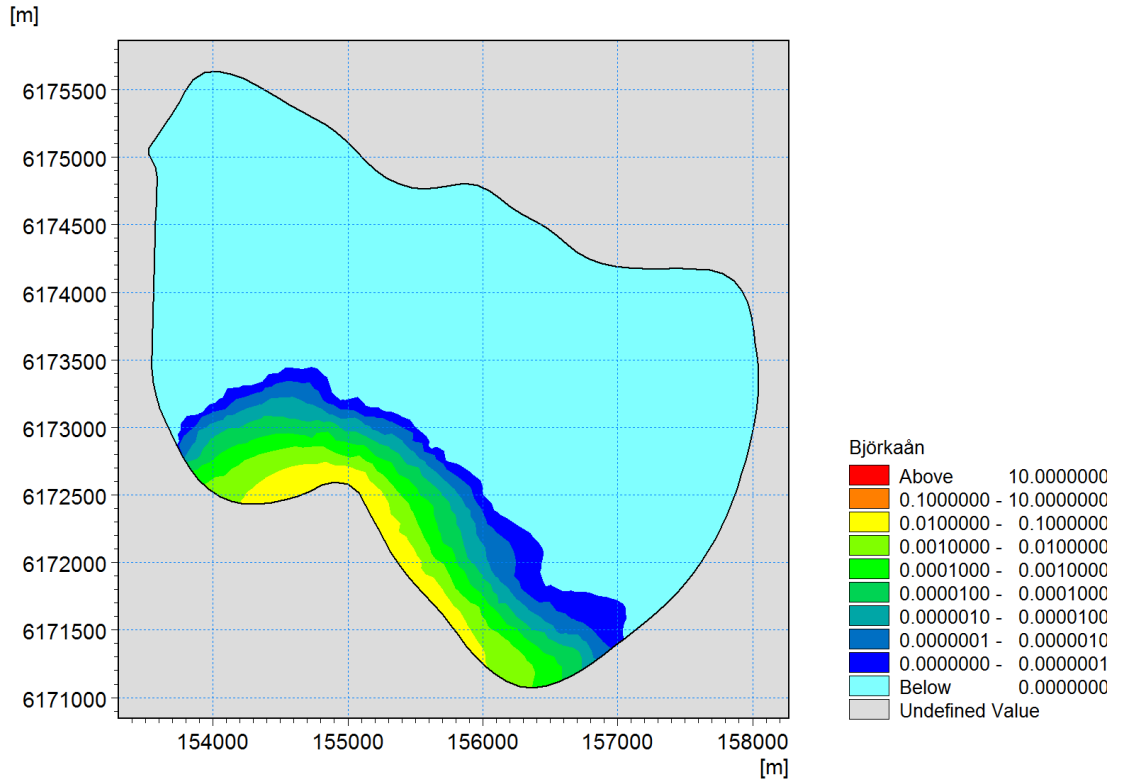
### Utsläpp från Björkaån



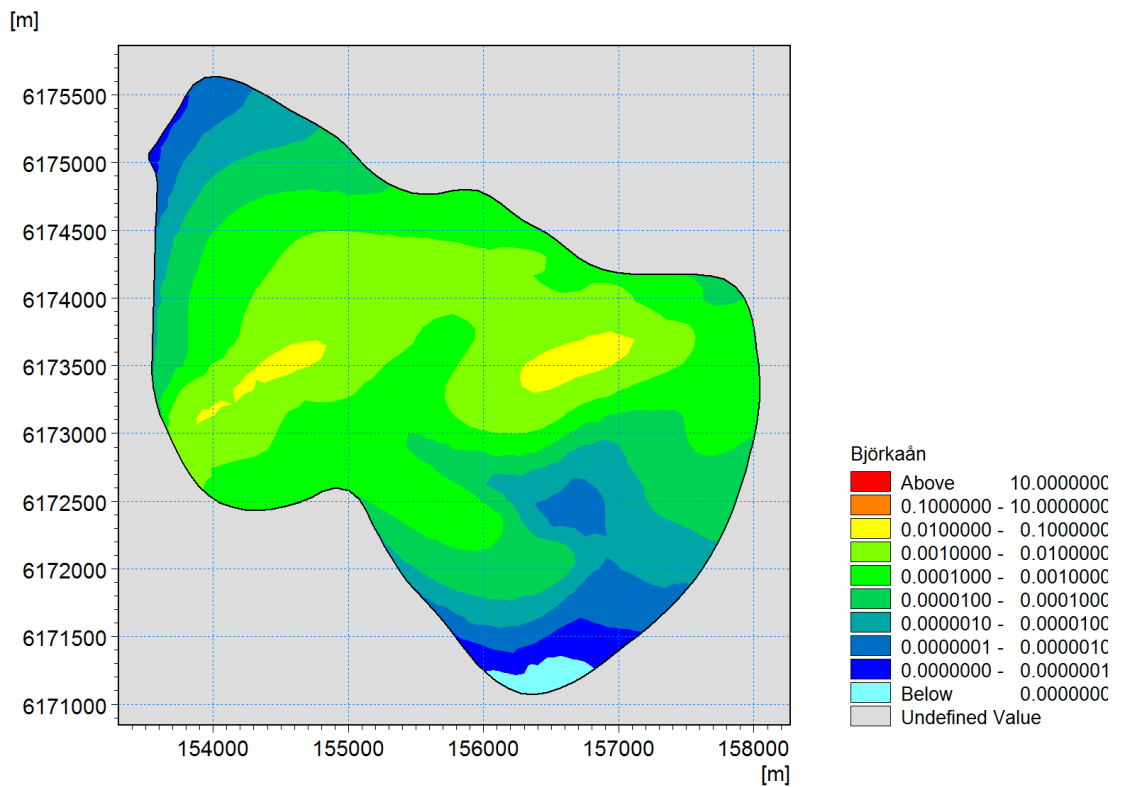
**Figur 32** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 33** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

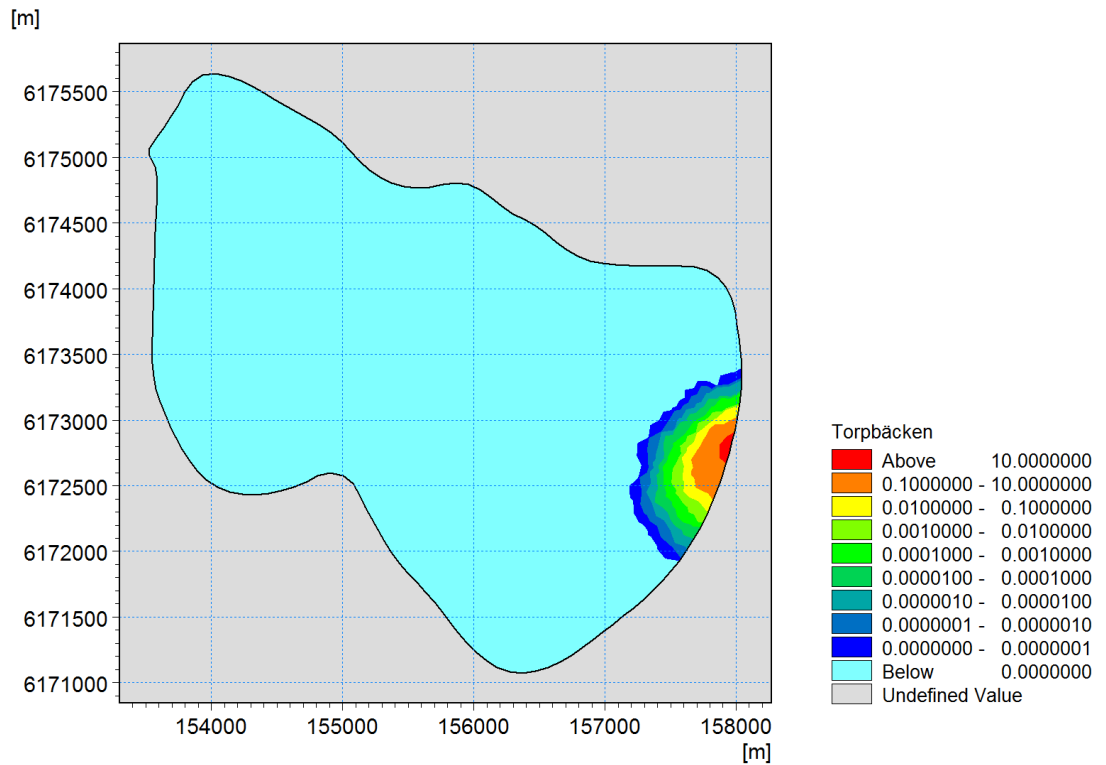


**Figur 34** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

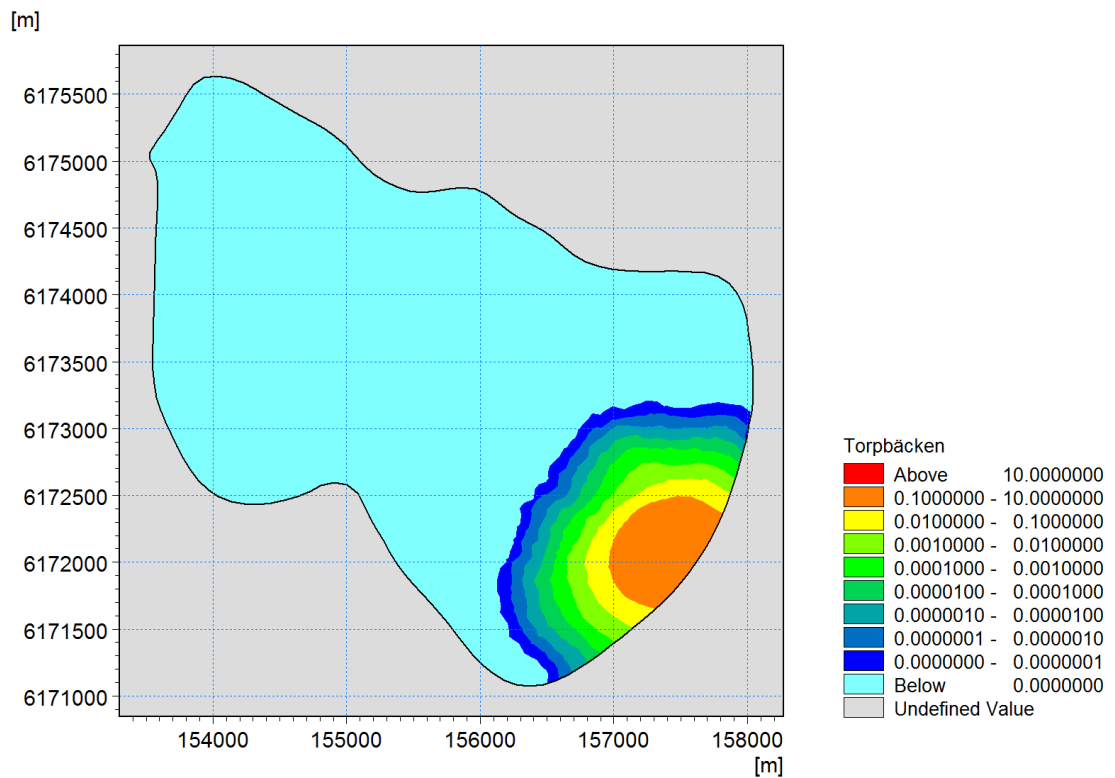


**Figur 35** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

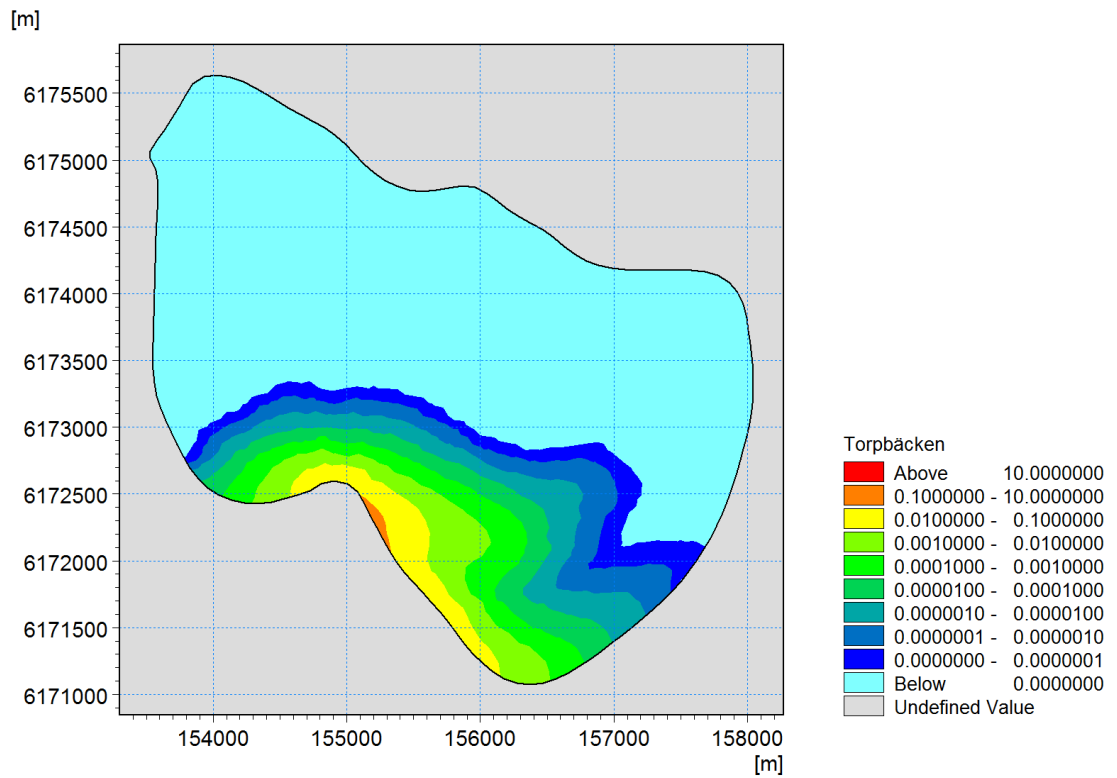
## Utsläpp från Torpbäcken



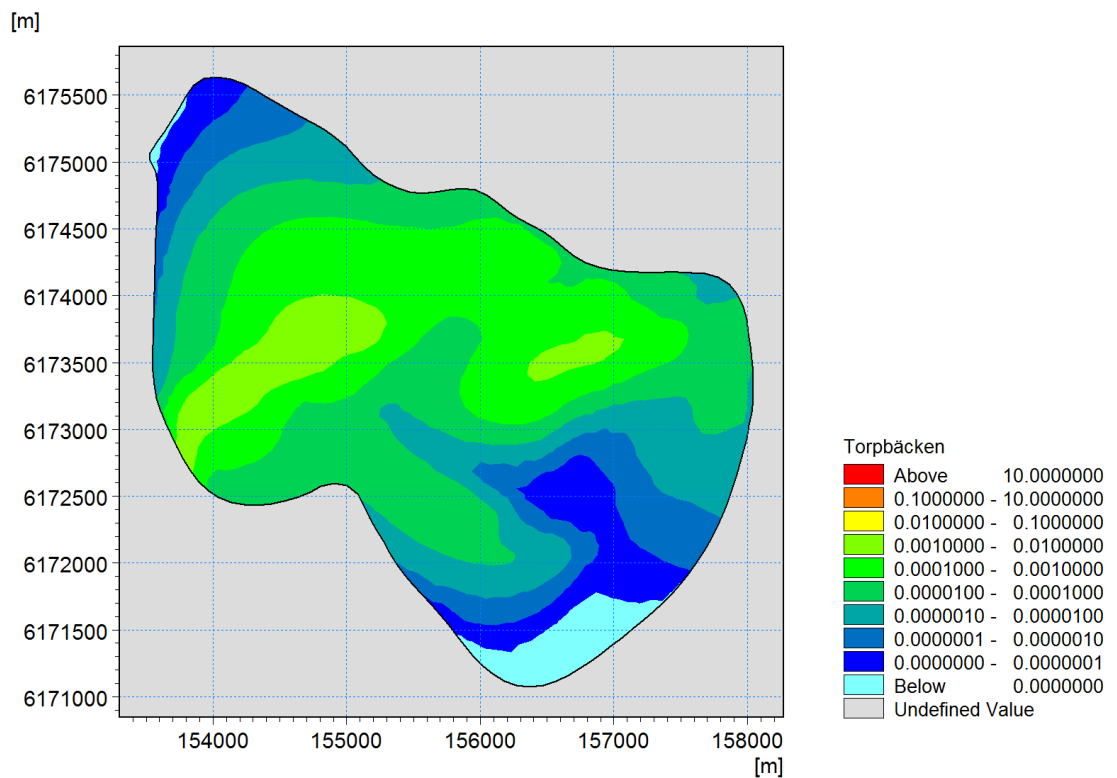
**Figur 36** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 37** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.



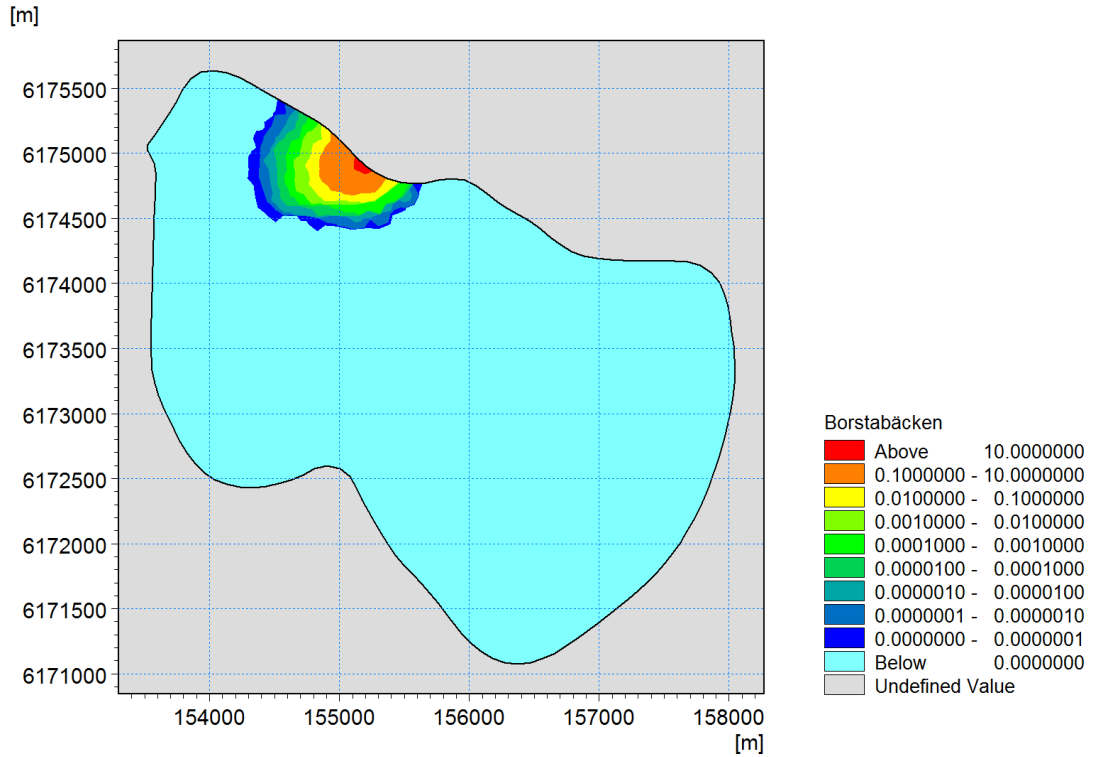
**Figur 38** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.



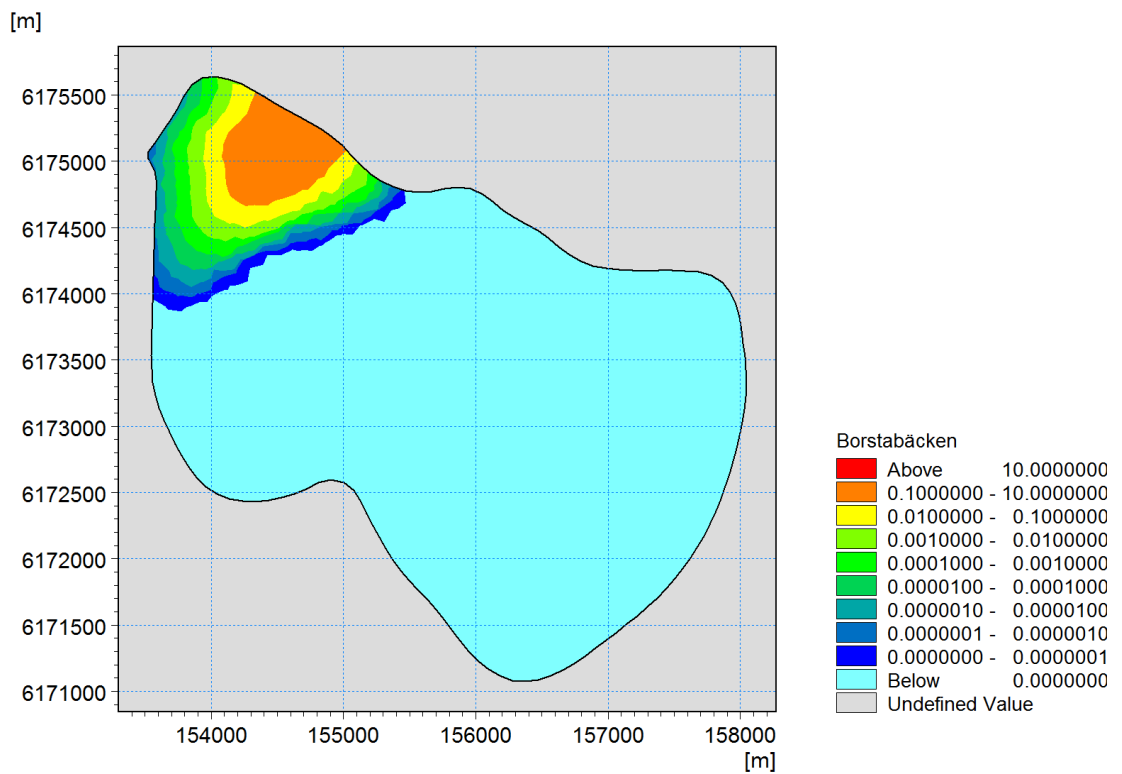
**Figur 39** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.



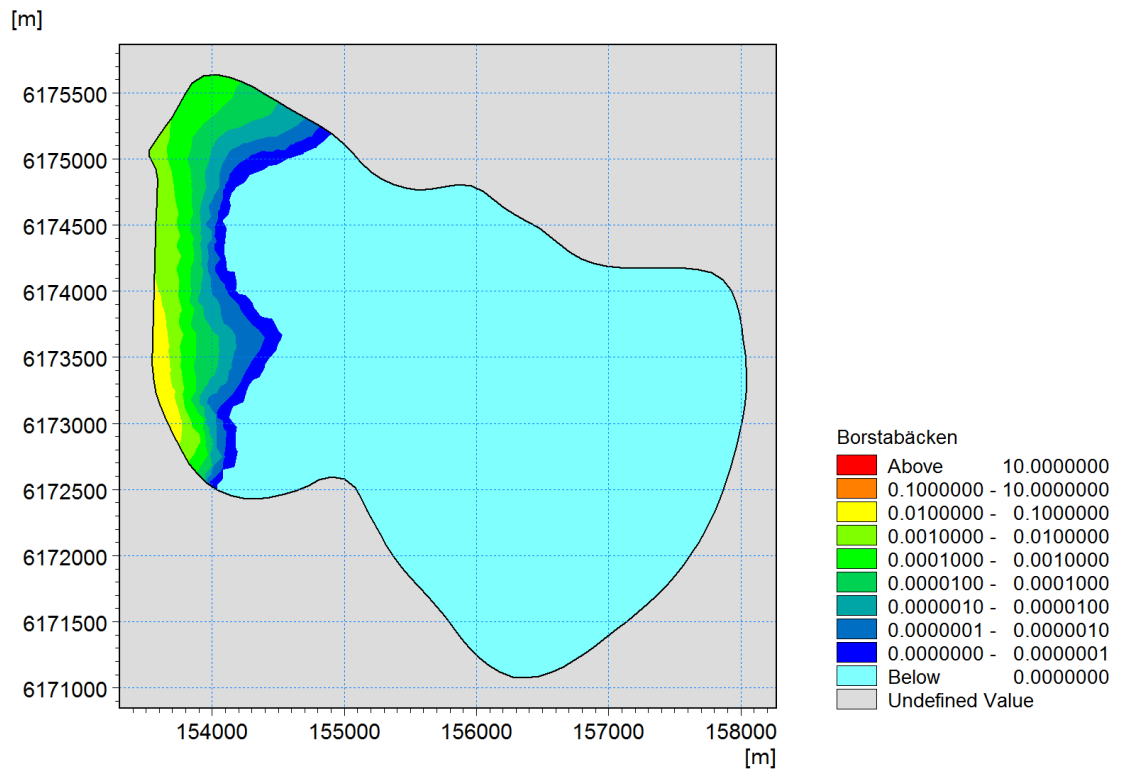
## Utsläpp från Borstabäcken



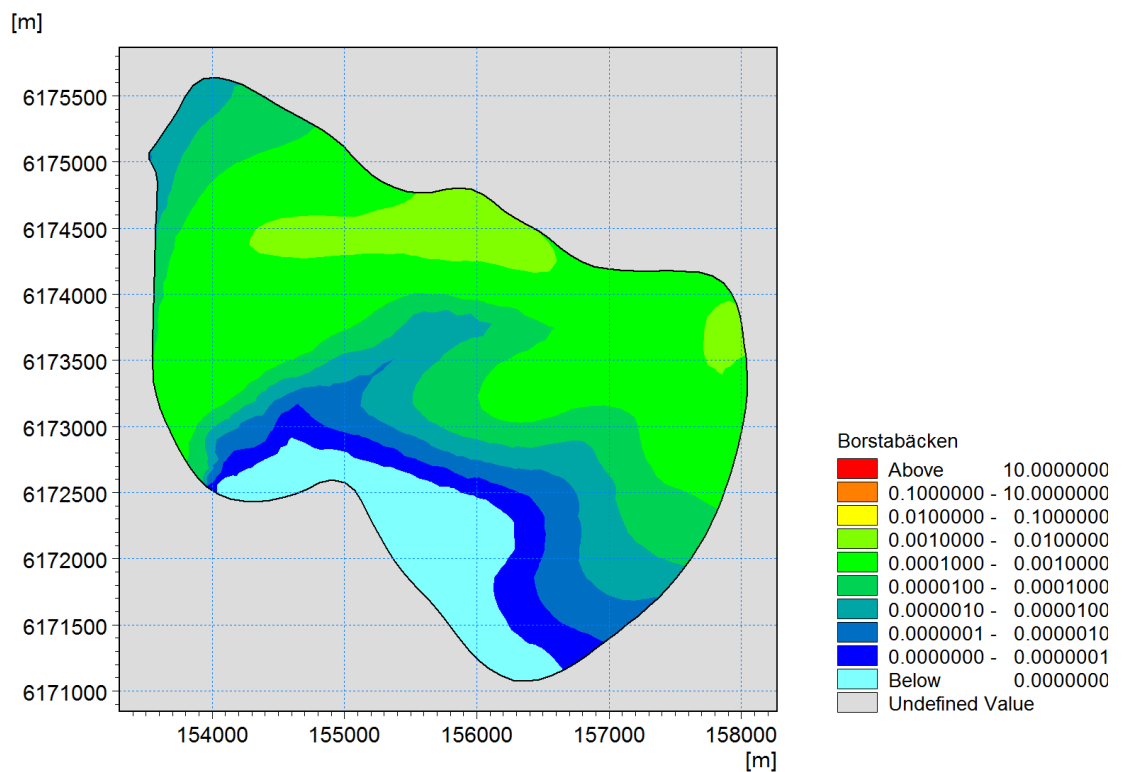
**Figur 40** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 41** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

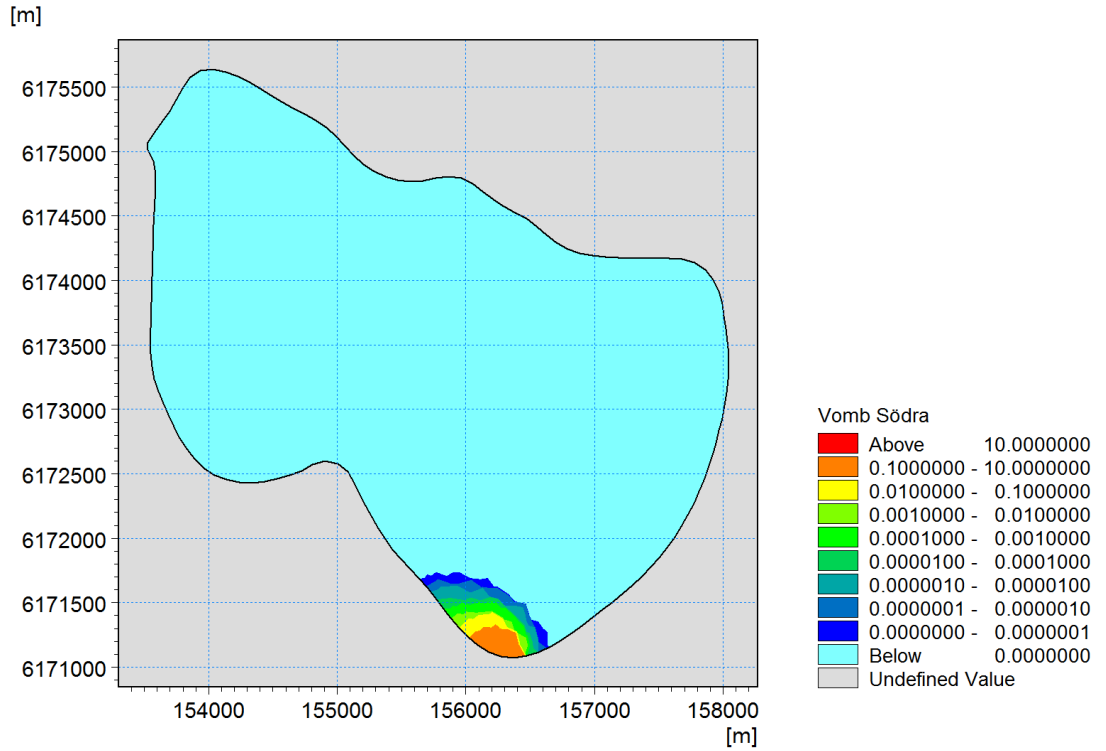


**Figur 42** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

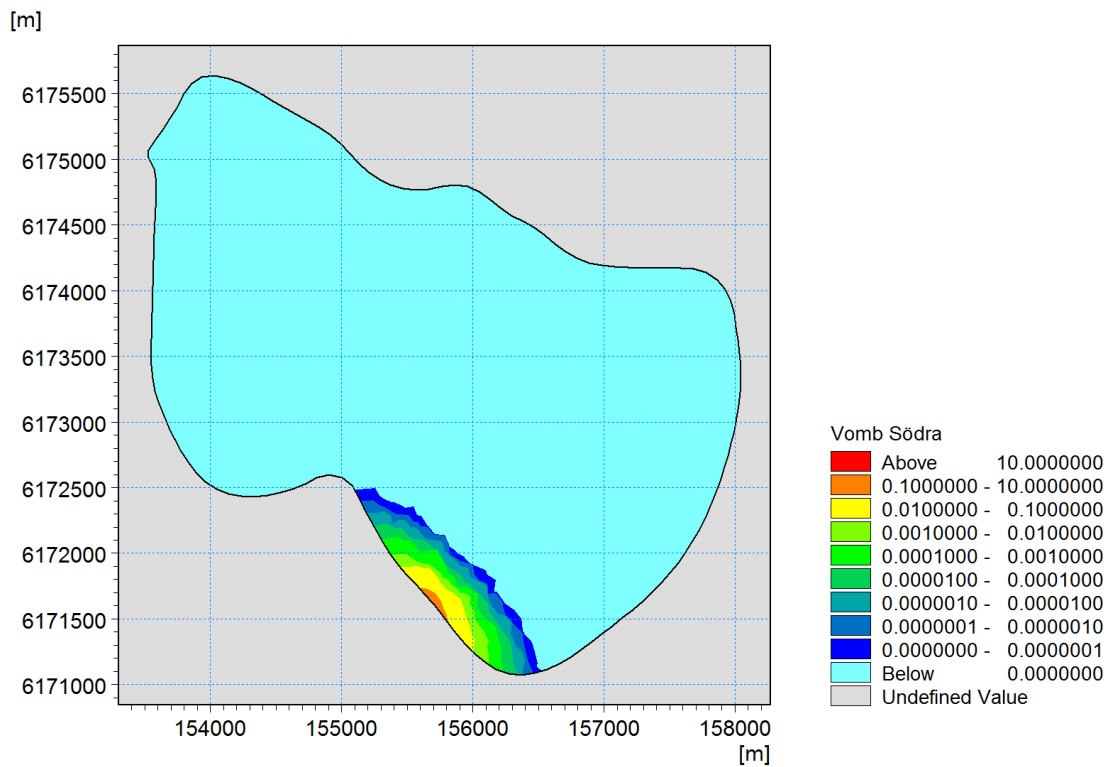


**Figur 43** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

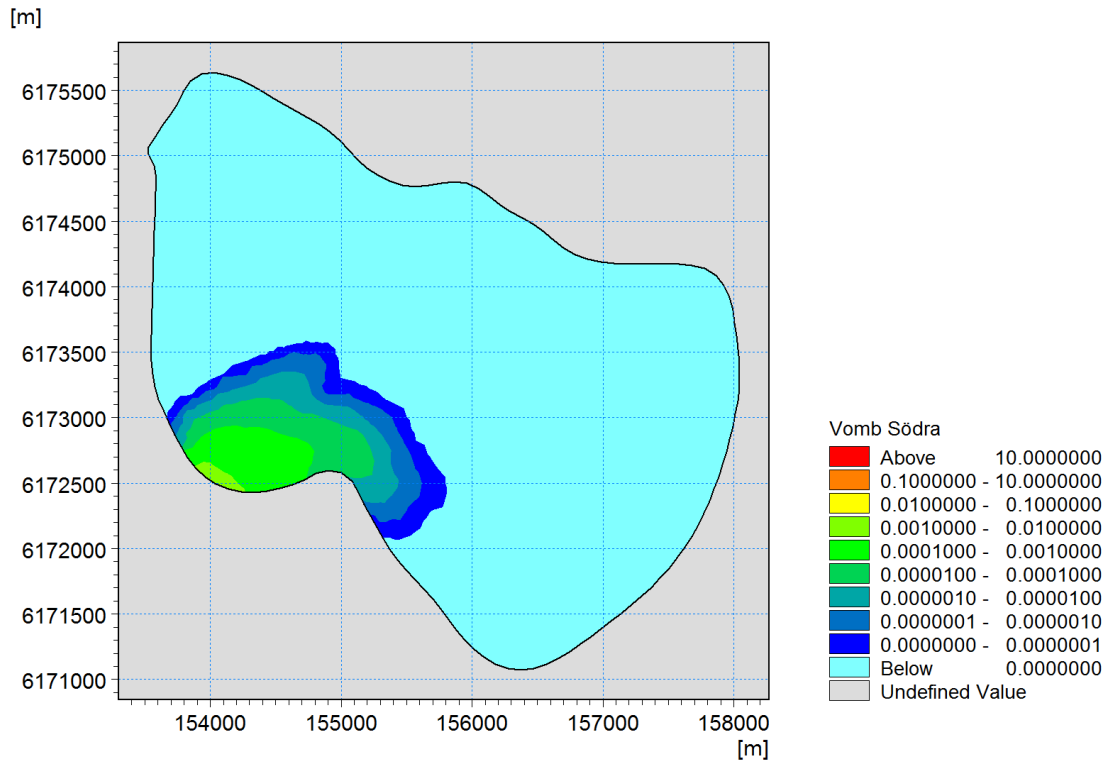
### Utsläpp från Vomb Södra



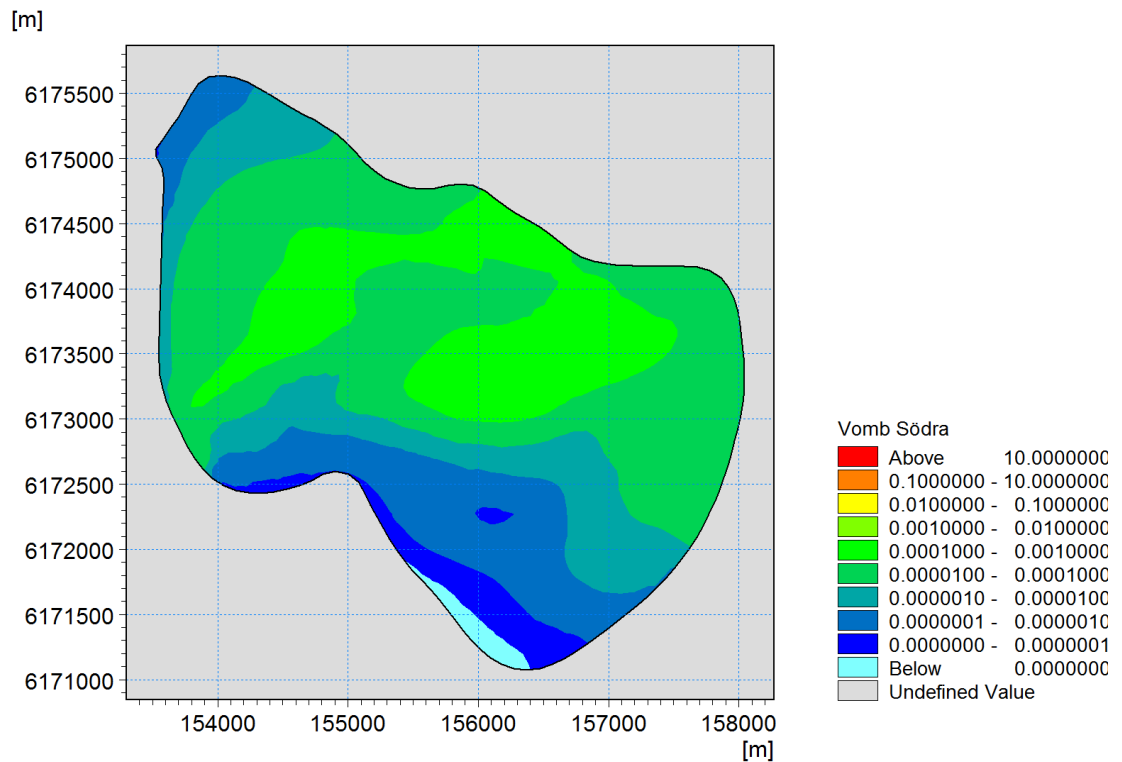
**Figur 44** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 45** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.



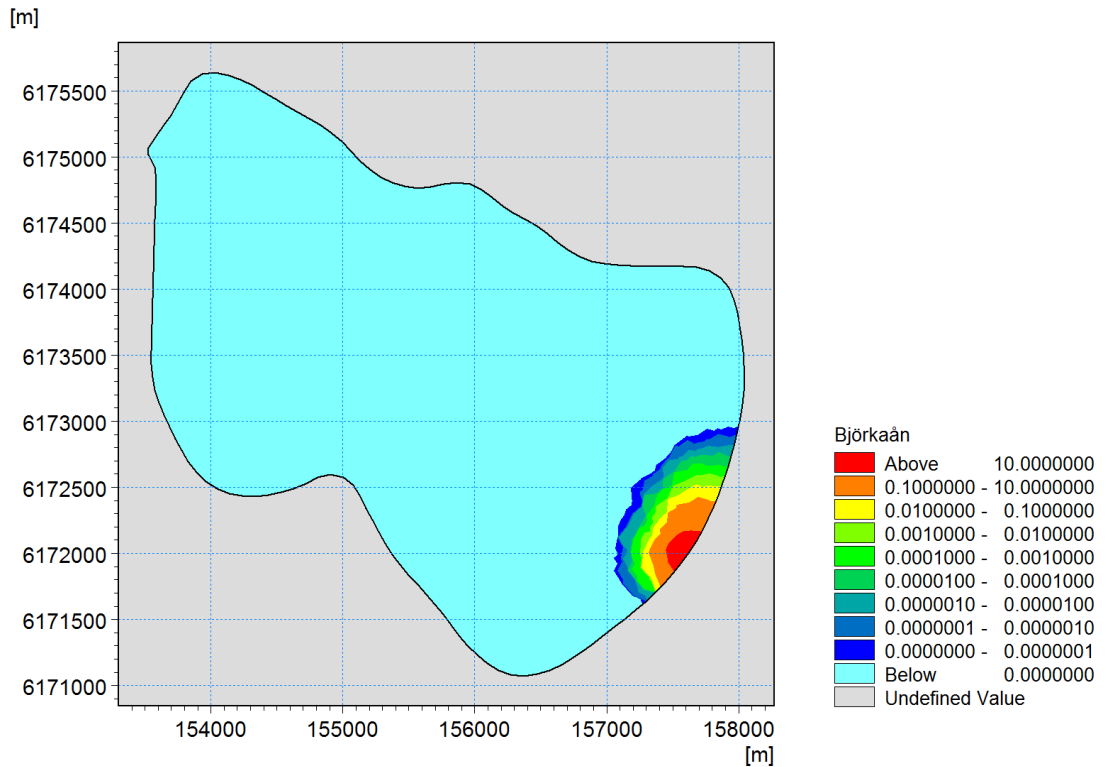
**Figur 46** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.



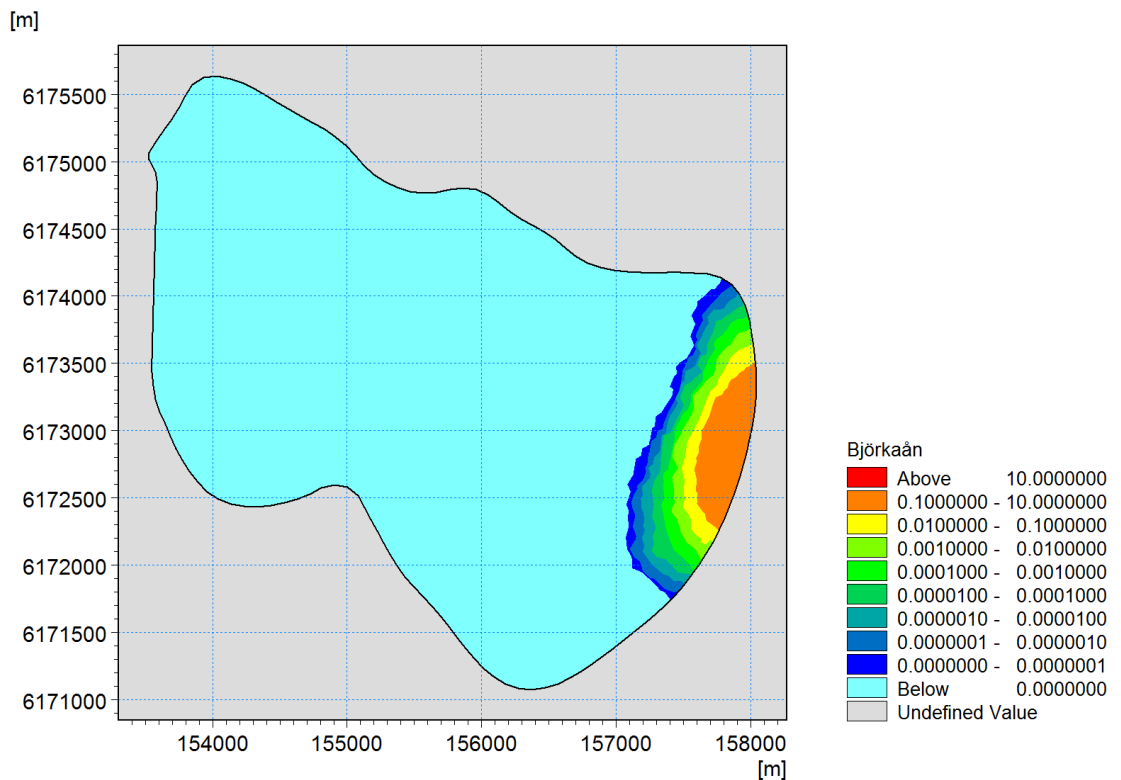
**Figur 47** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

## Scenario 3 – SSV, skiktad

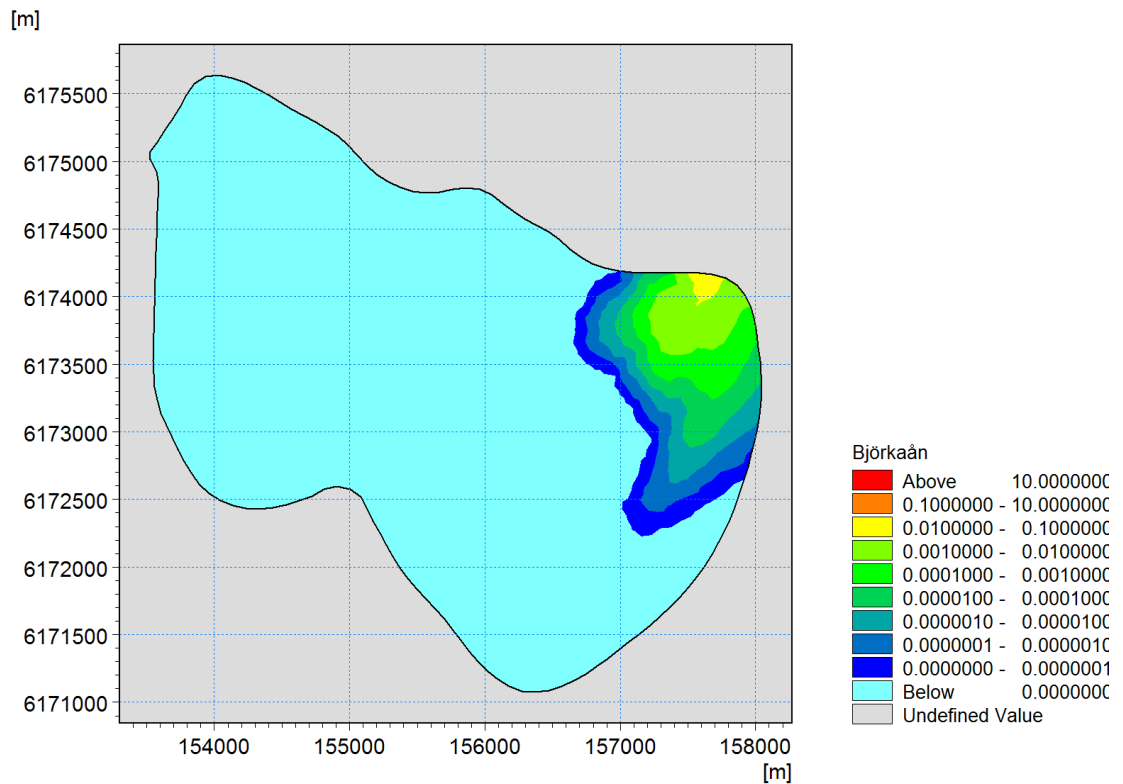
### Utsläpp från Björkaån



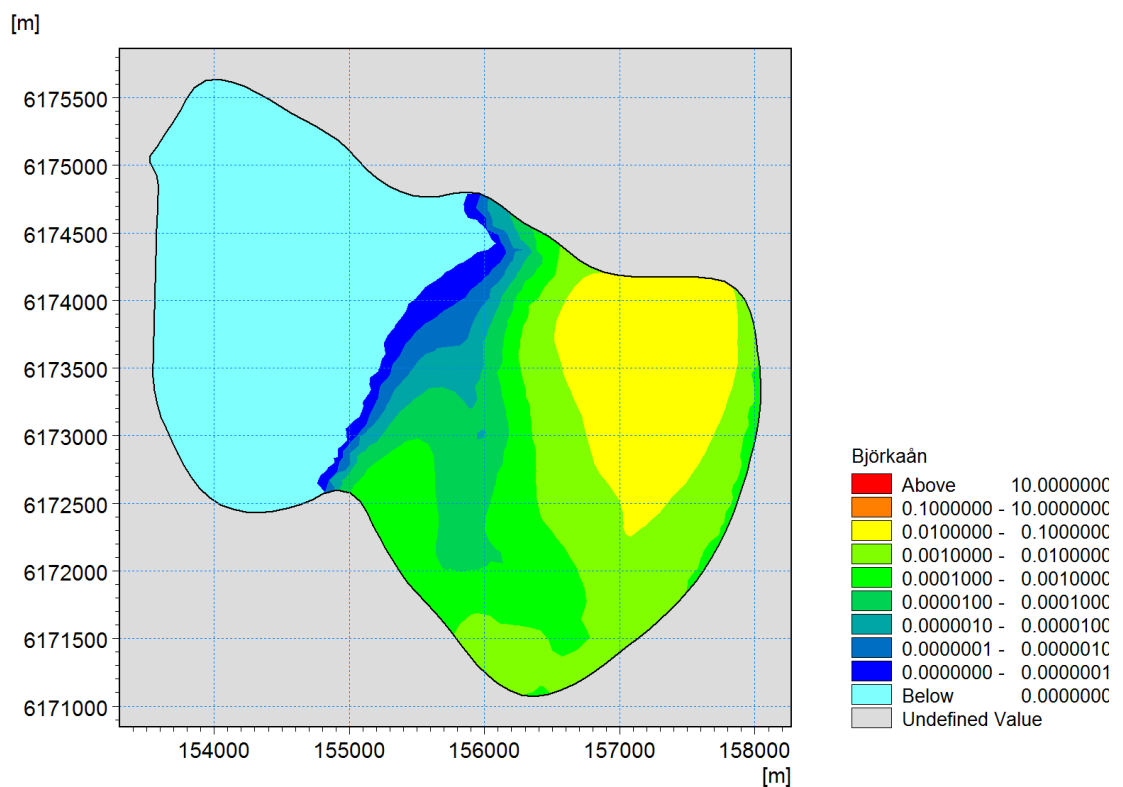
**Figur 48** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 49** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

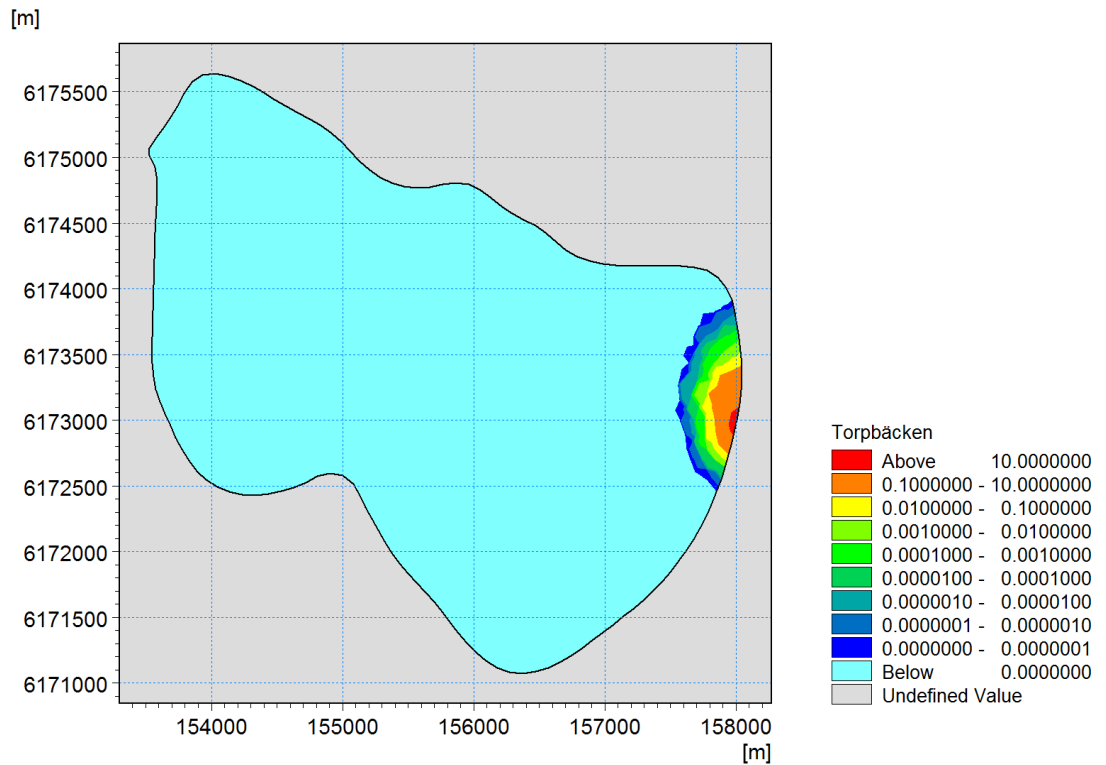


**Figur 50** *Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.*

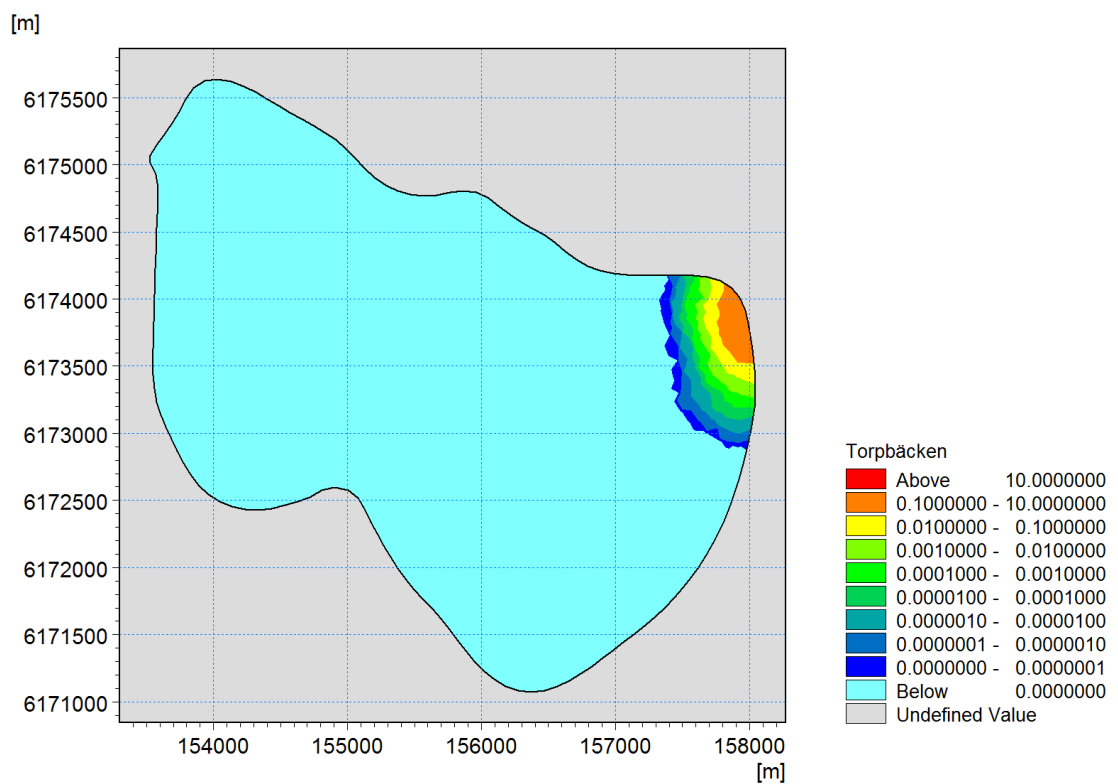


**Figur 51** *Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.*

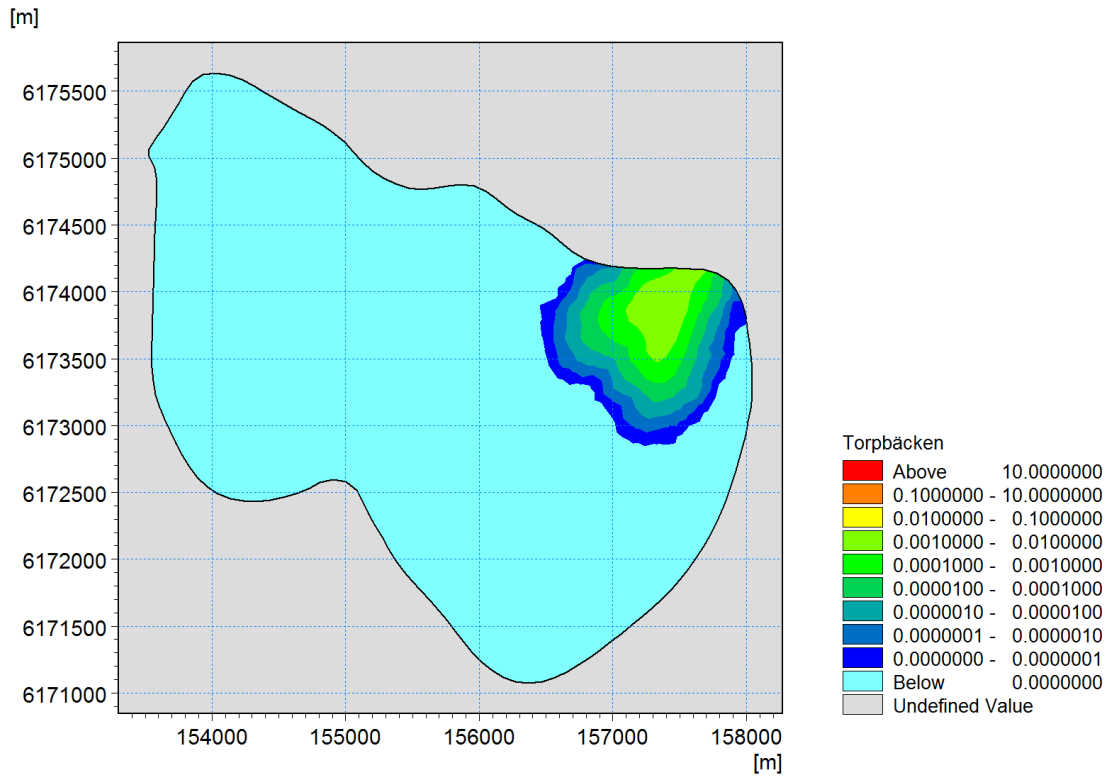
## Utsläpp från Torpbäcken



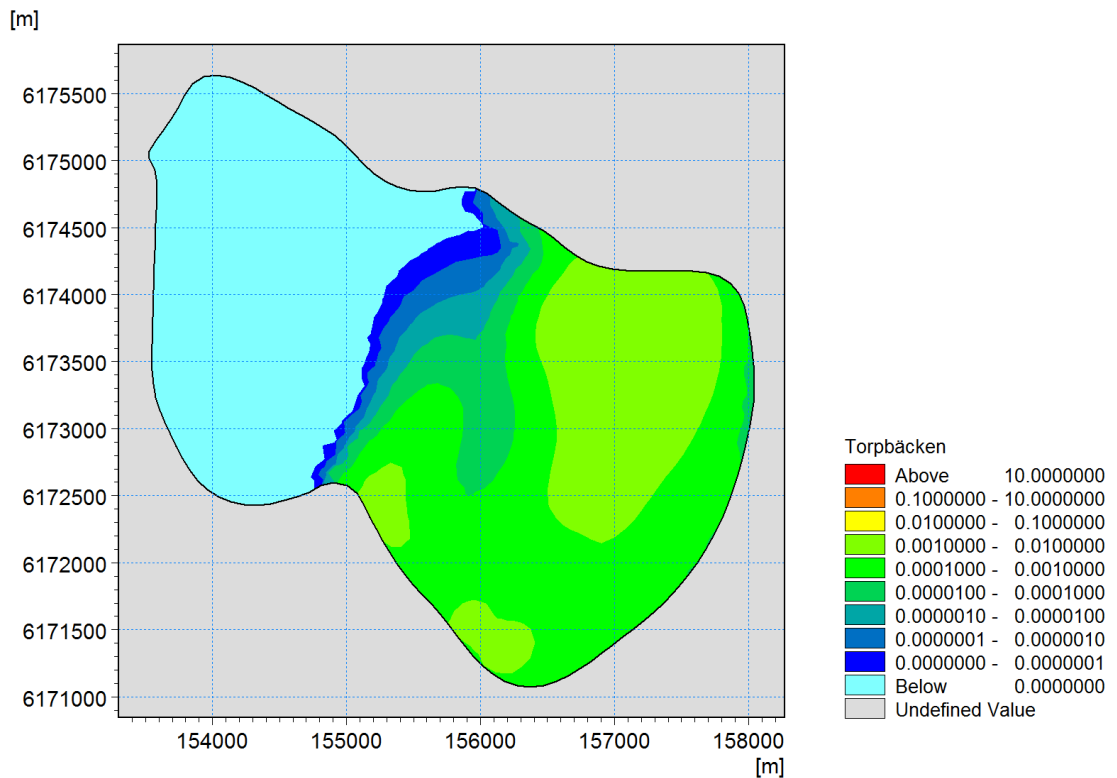
**Figur 52** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 53** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.



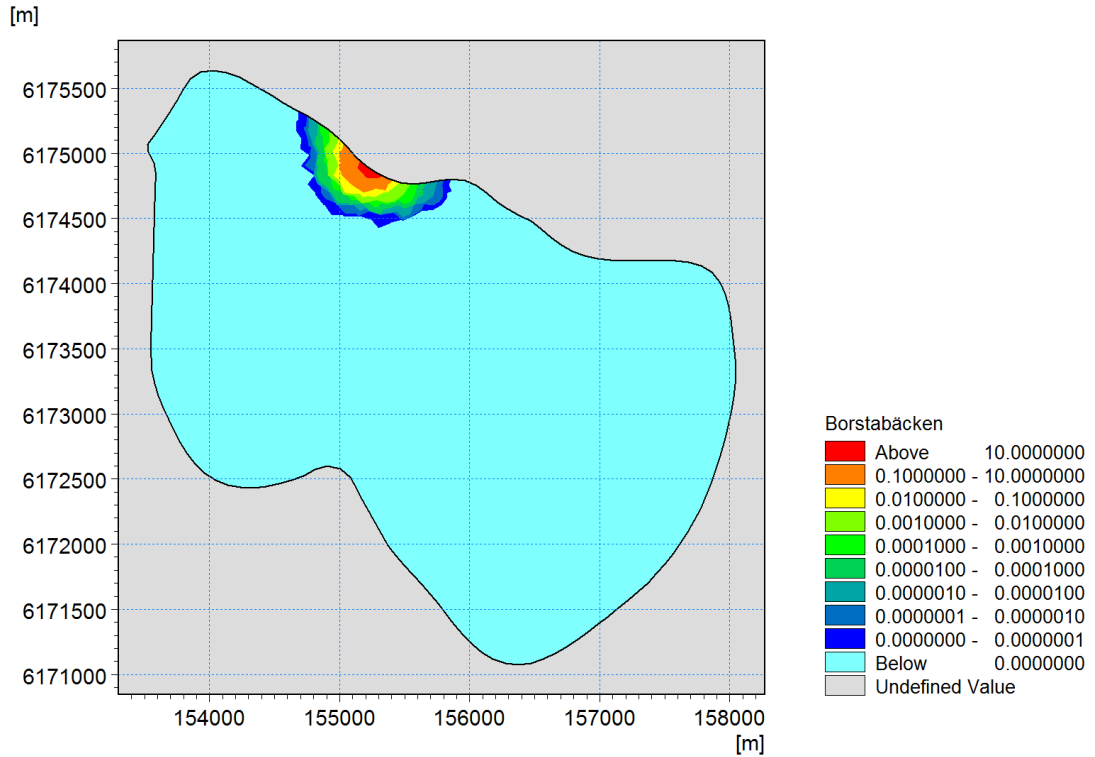
**Figur 54** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.



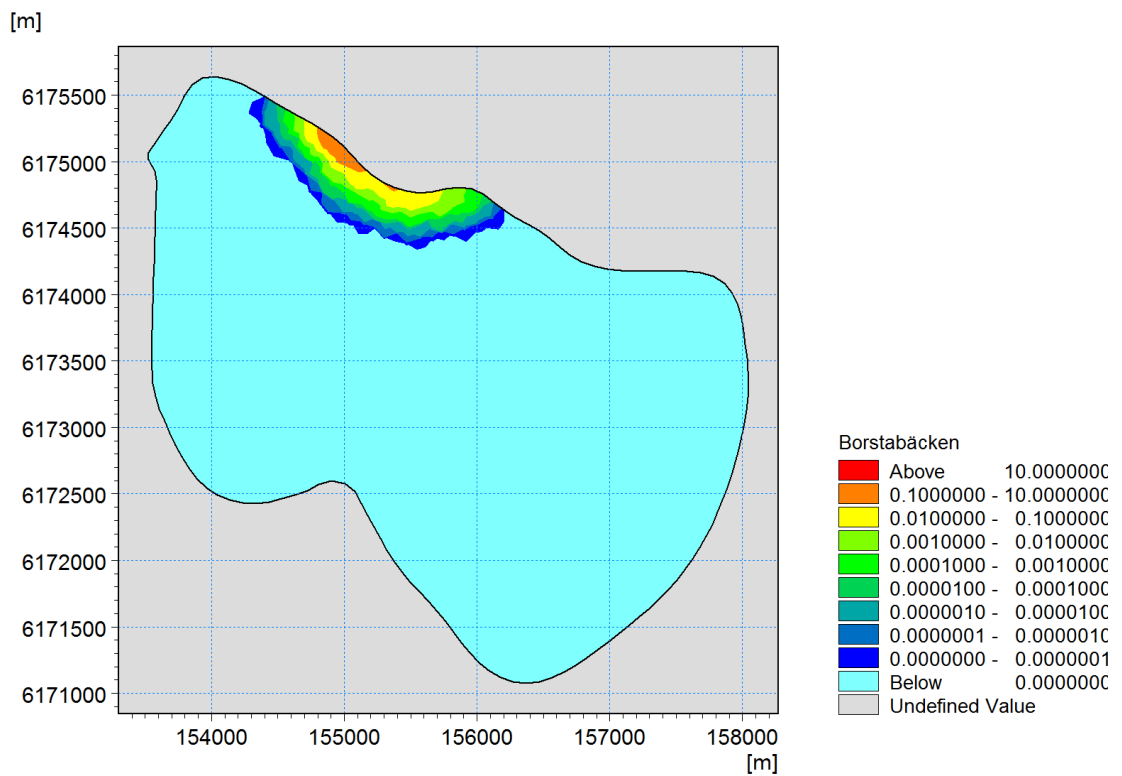
**Figur 55** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.



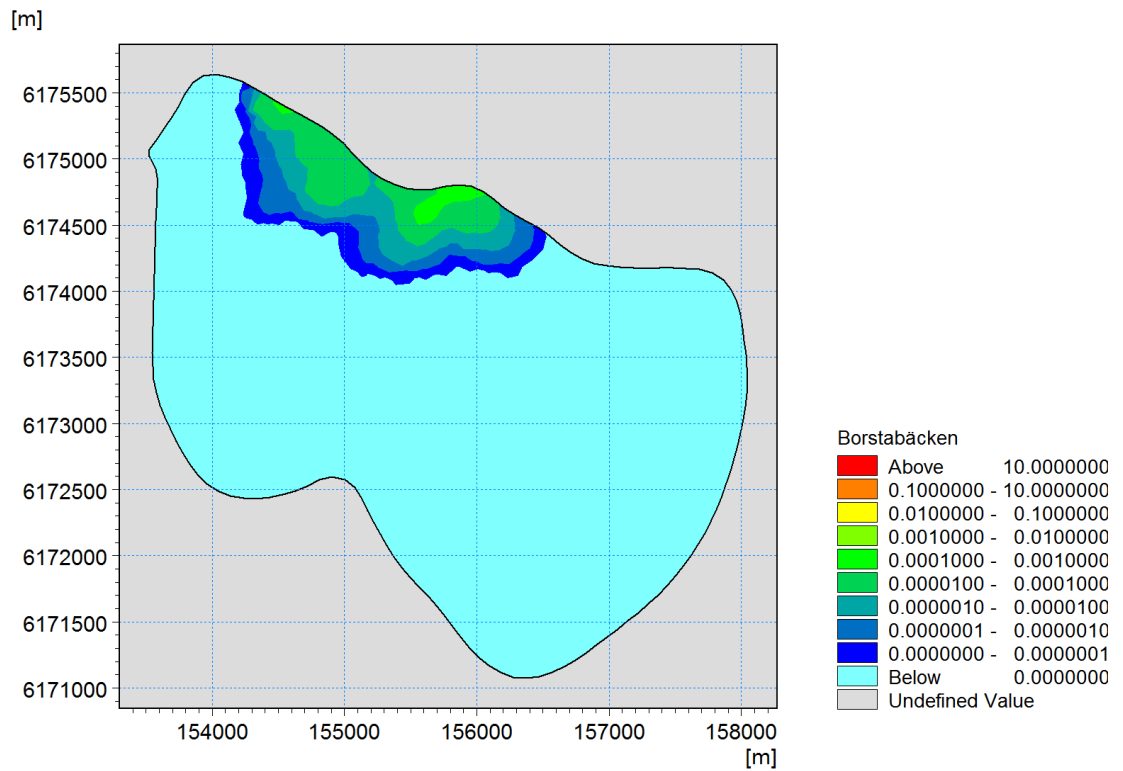
## Utsläpp från Borstabäcken



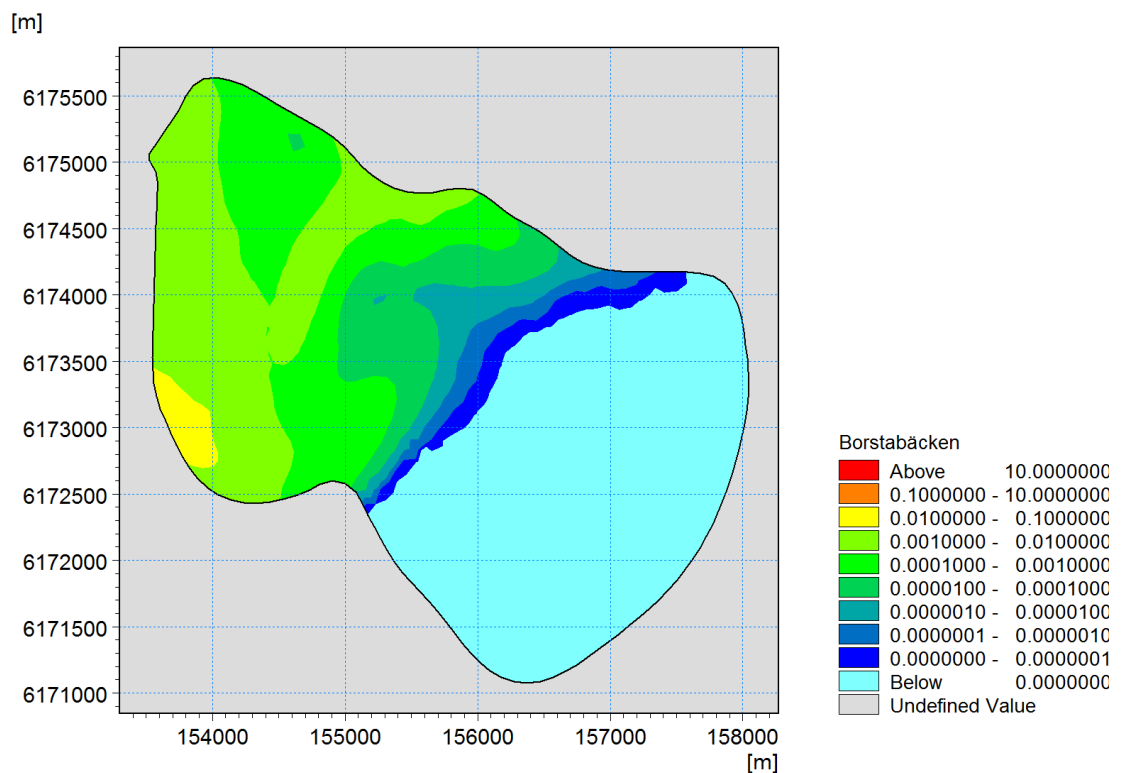
**Figur 56** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 57** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

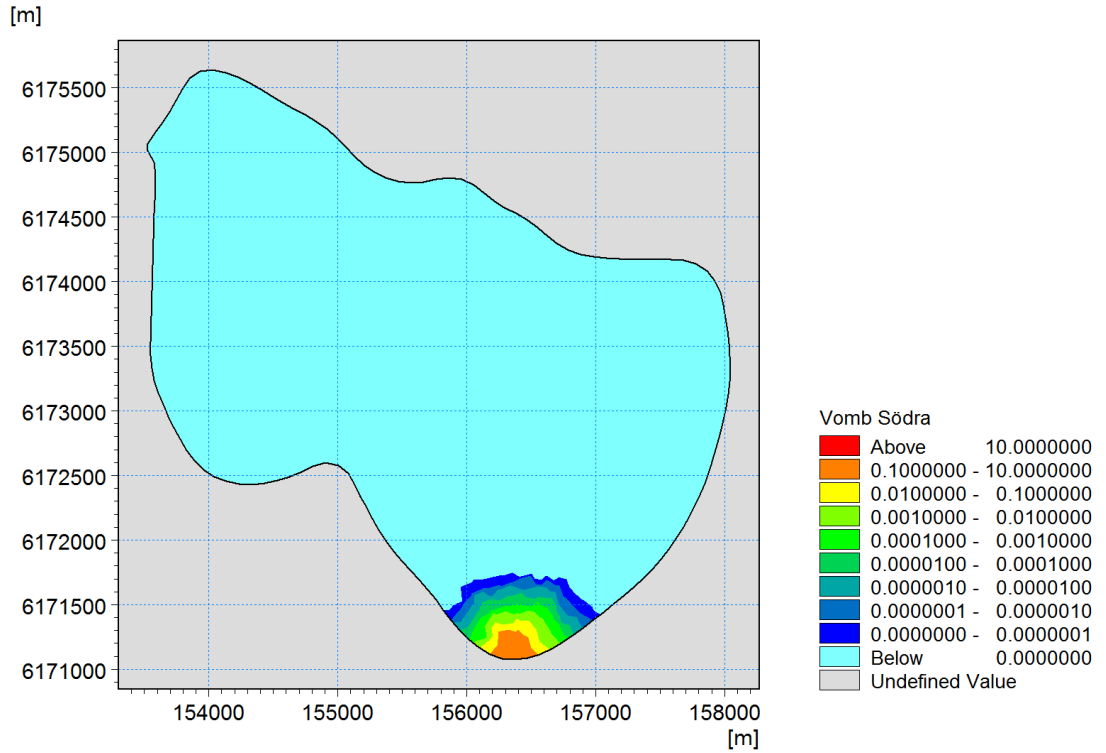


**Figur 58** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

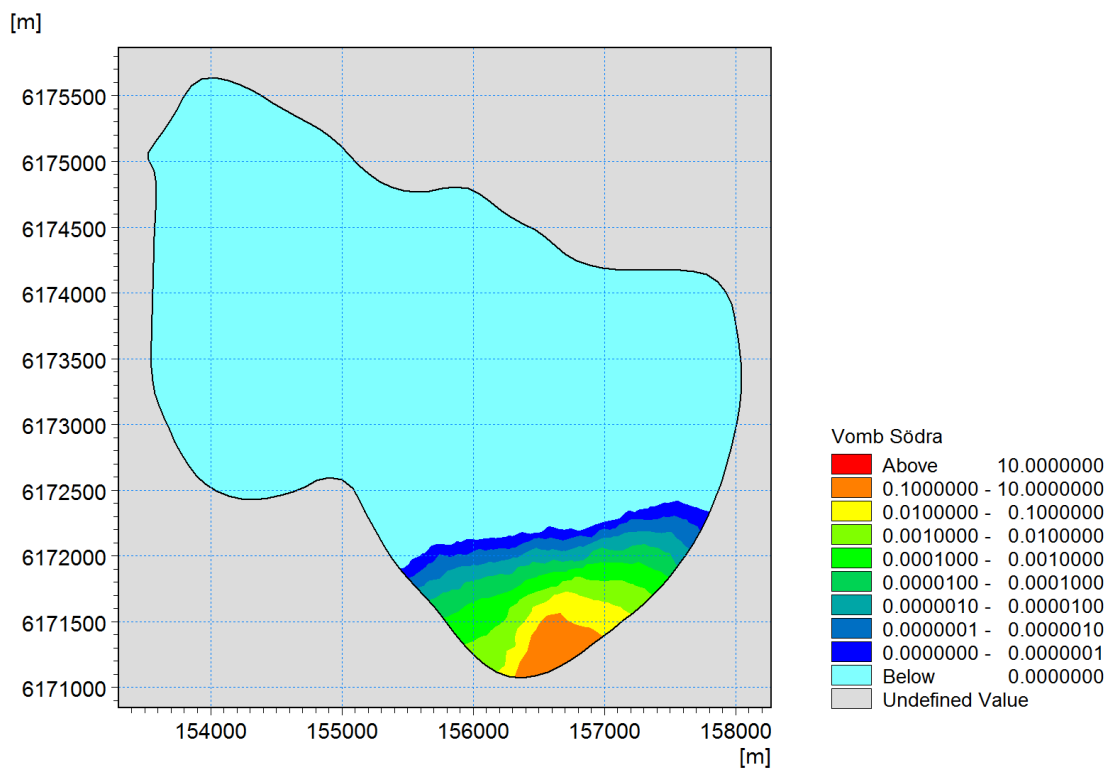


**Figur 59** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

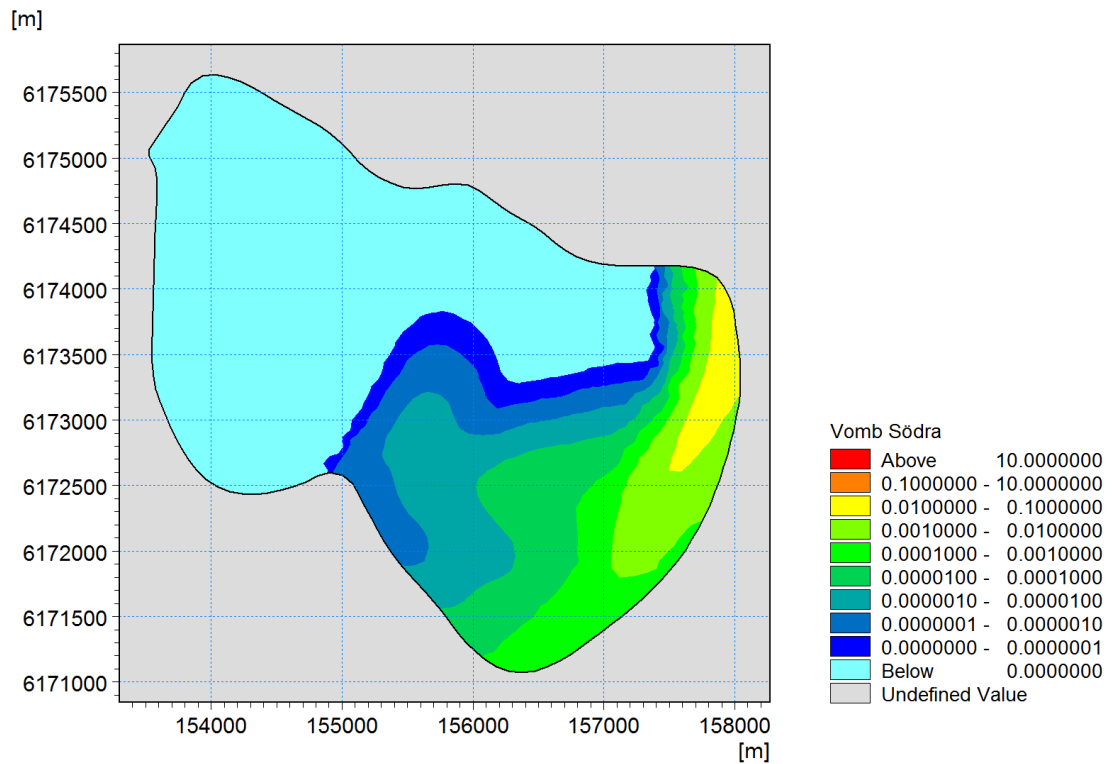
## Utsläpp från Vomb Södra



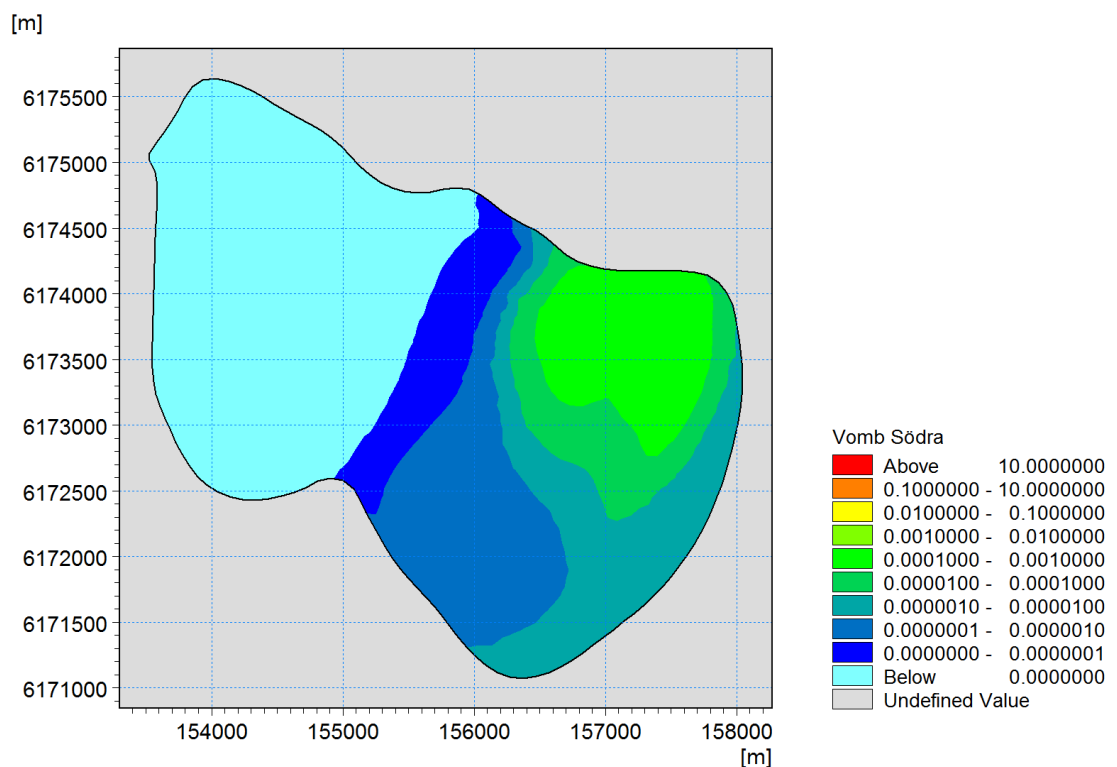
**Figur 60** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 61** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.



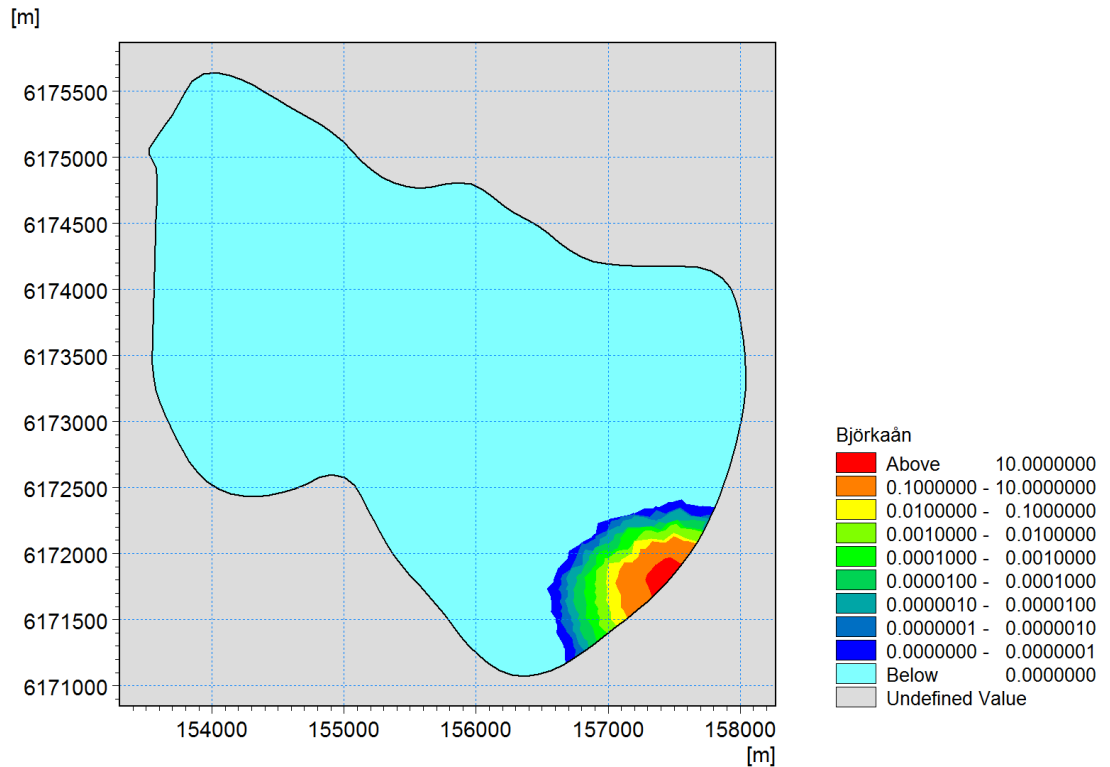
**Figur 62** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.



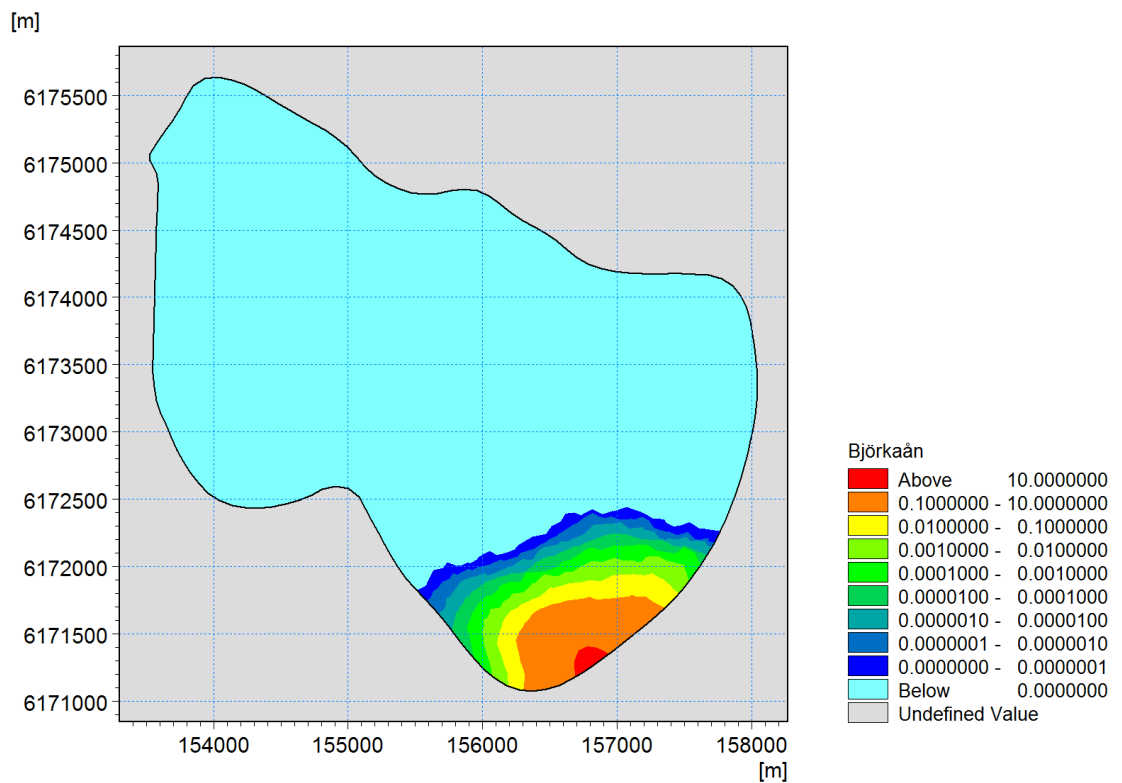
**Figur 63** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

## Scenario 4 – ONO, skiktad

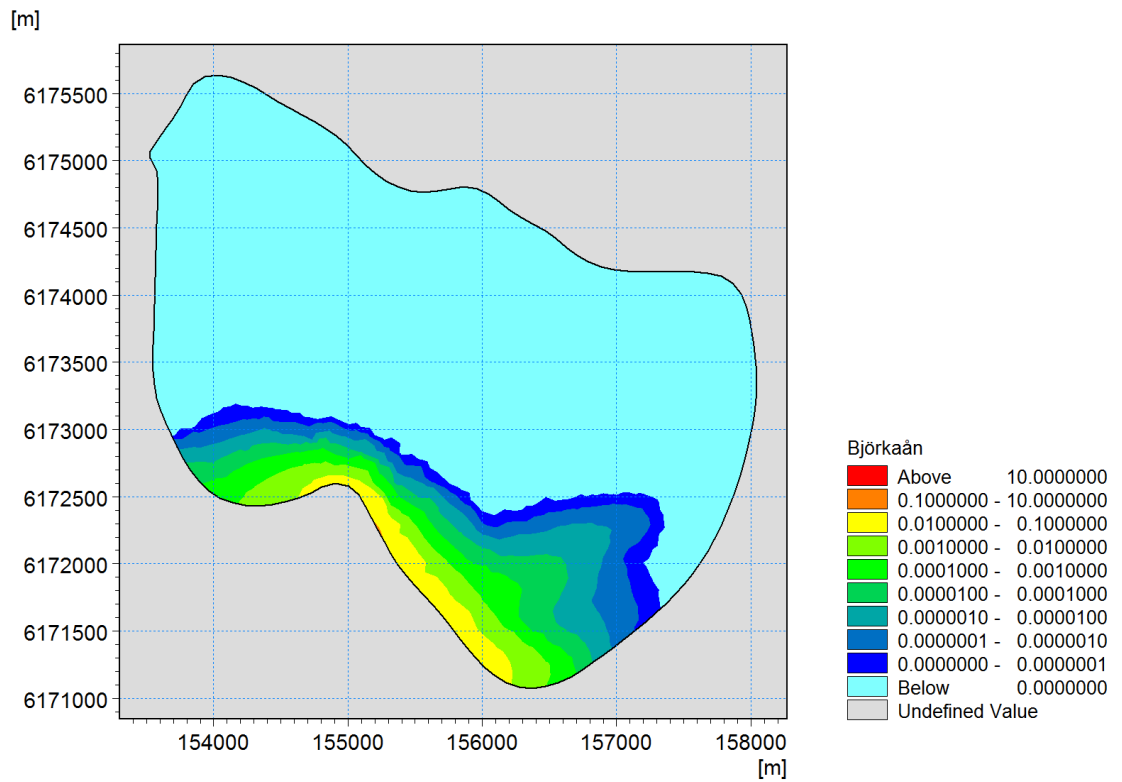
### Utsläpp från Björkaån



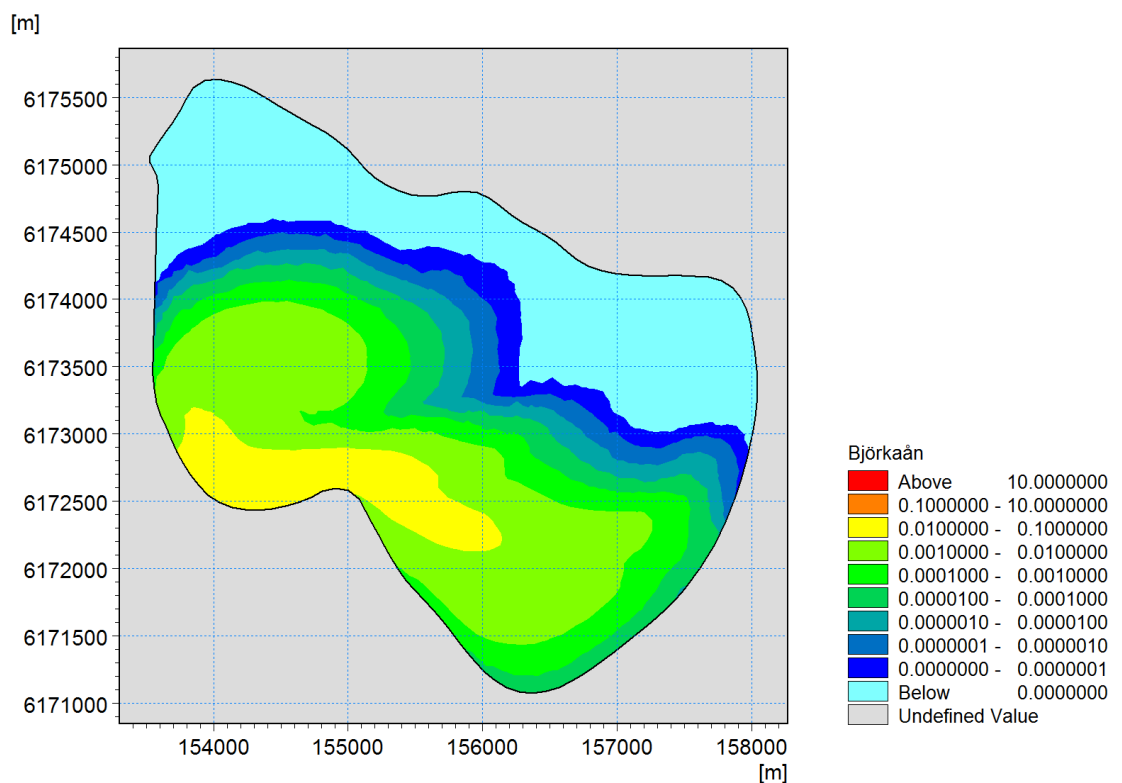
**Figur 64** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 65** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

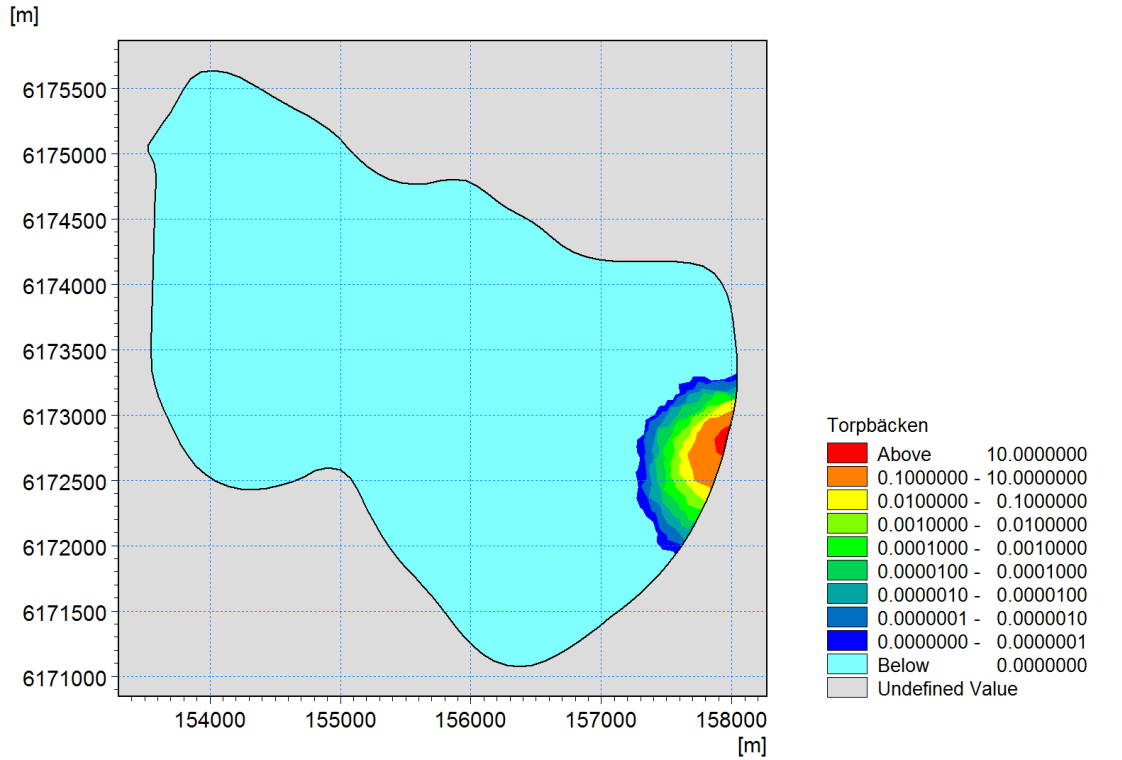


**Figur 66** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

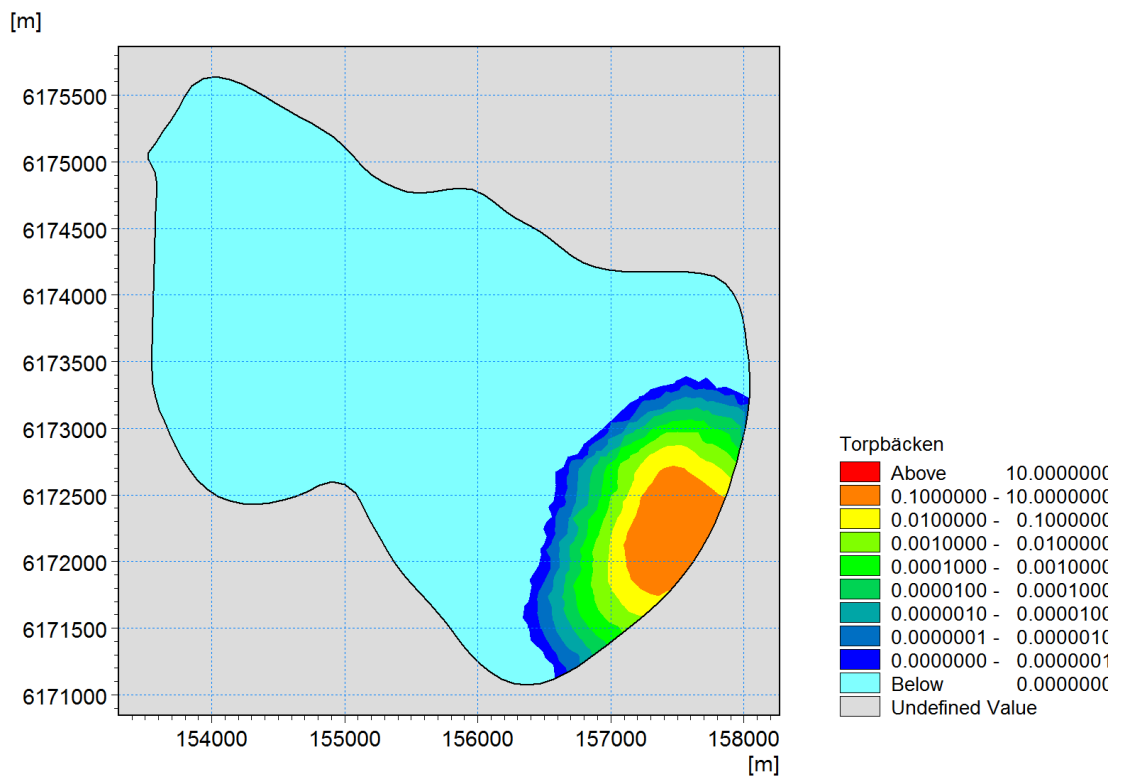


**Figur 67** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

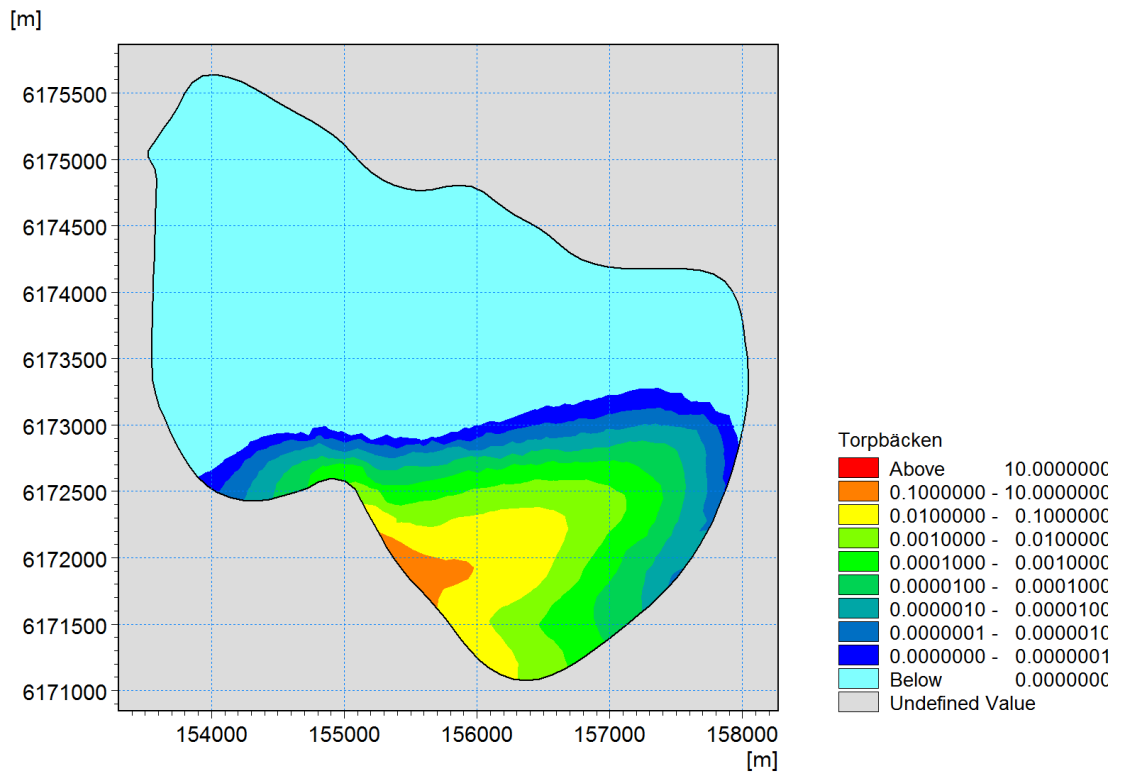
## Utsläpp från Torpbäcken



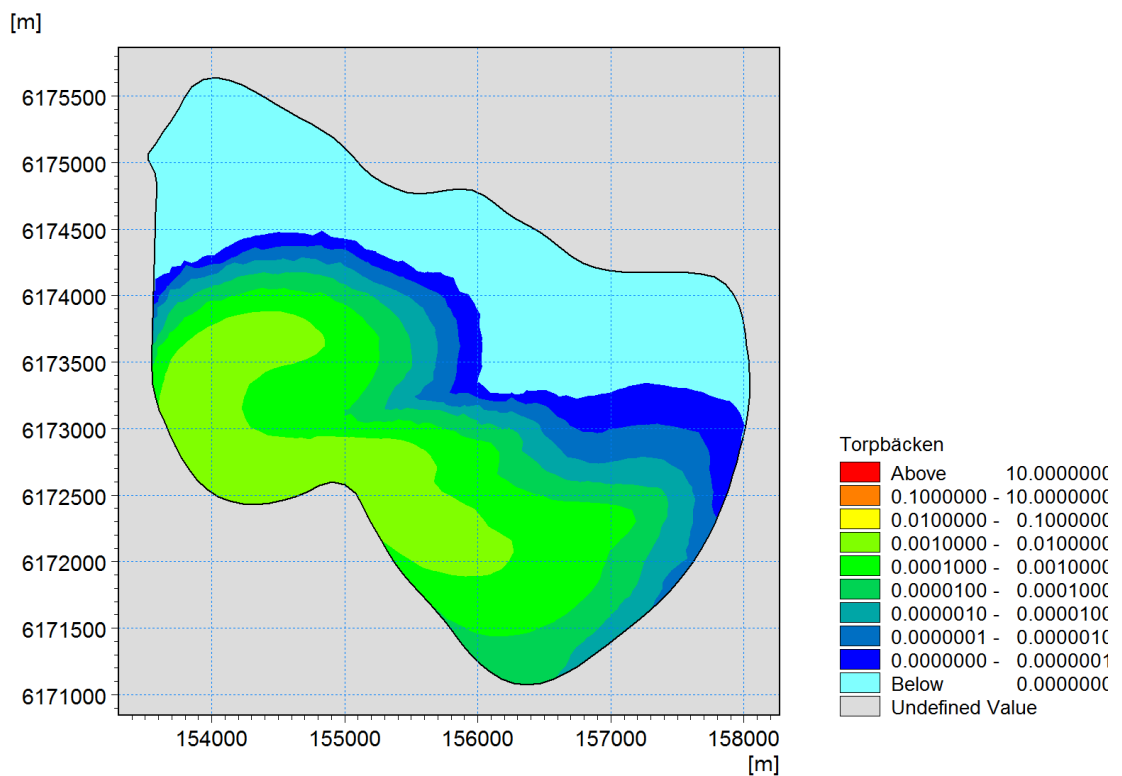
**Figur 68** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 69** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.



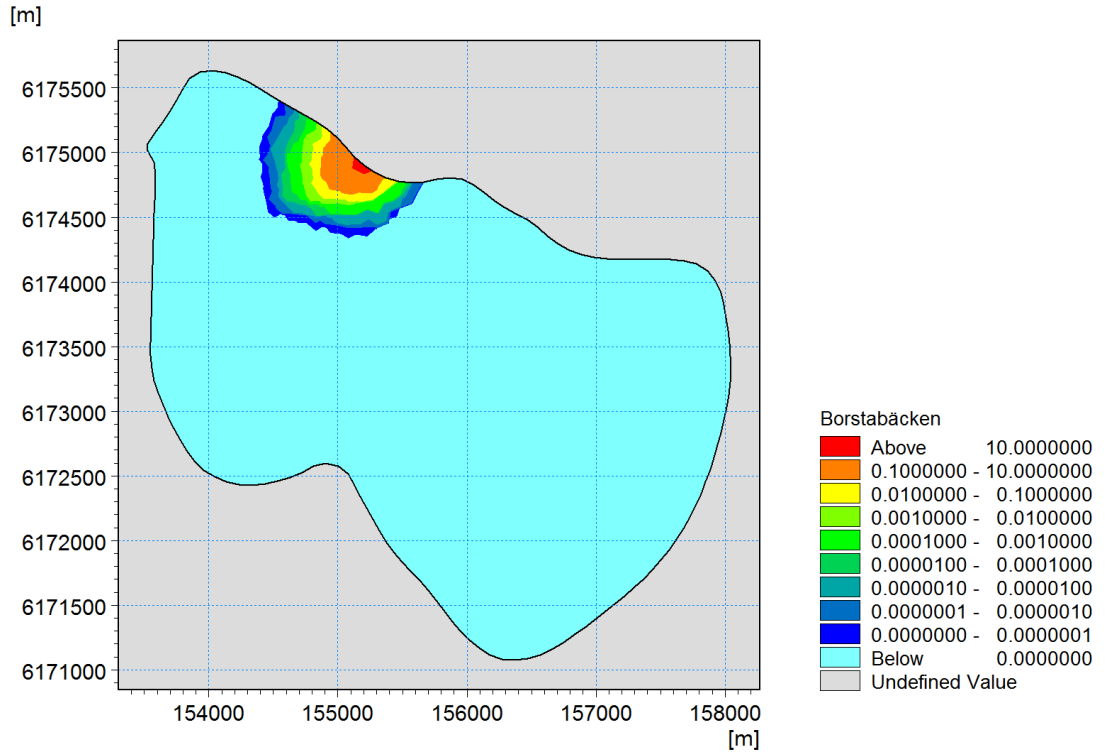
**Figur 70** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.



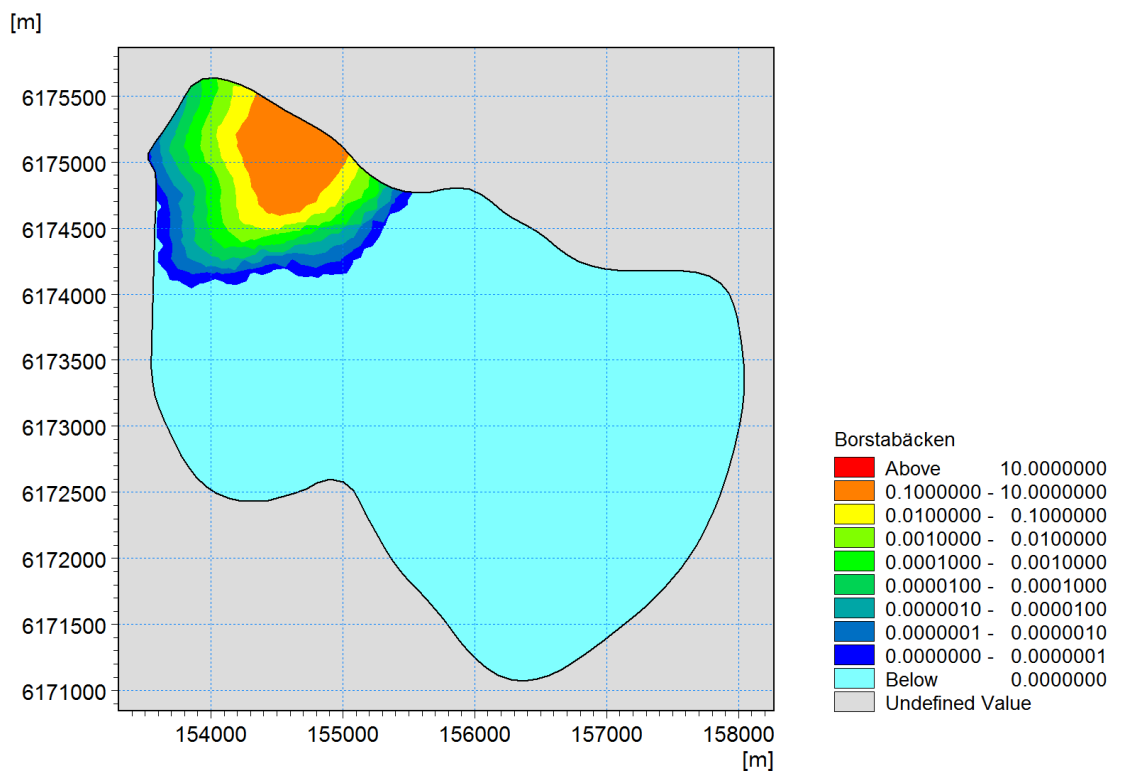
**Figur 71** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.



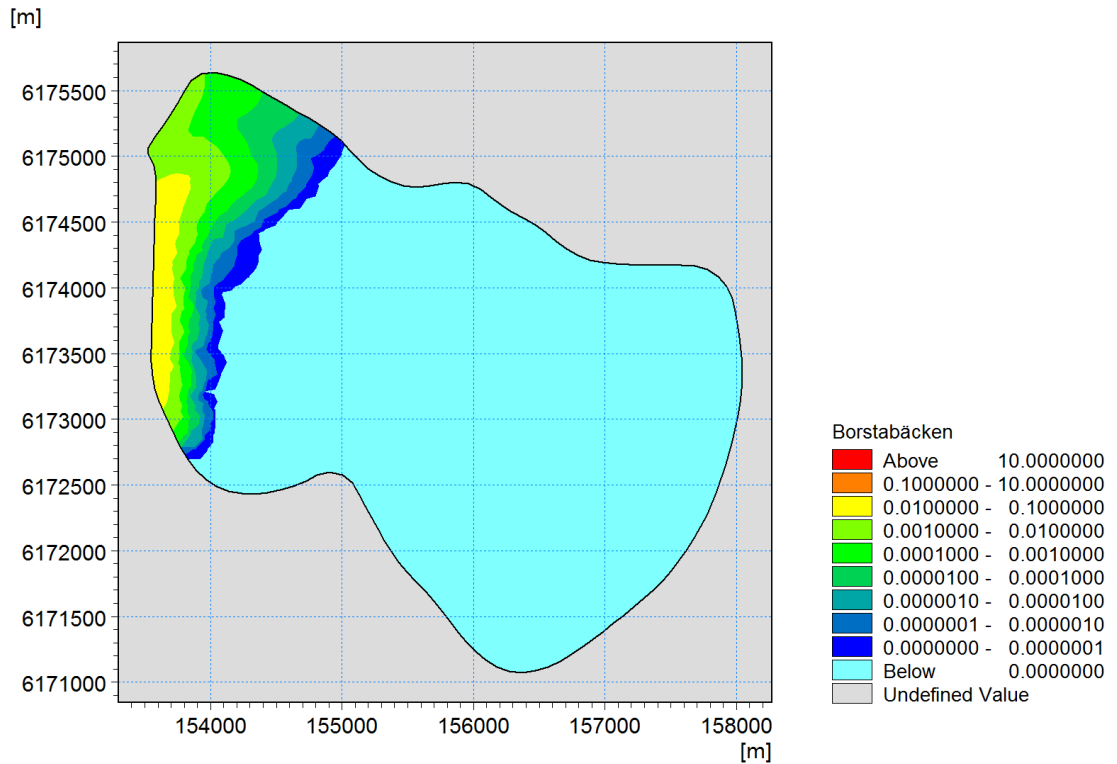
## Utsläpp från Borstabäcken



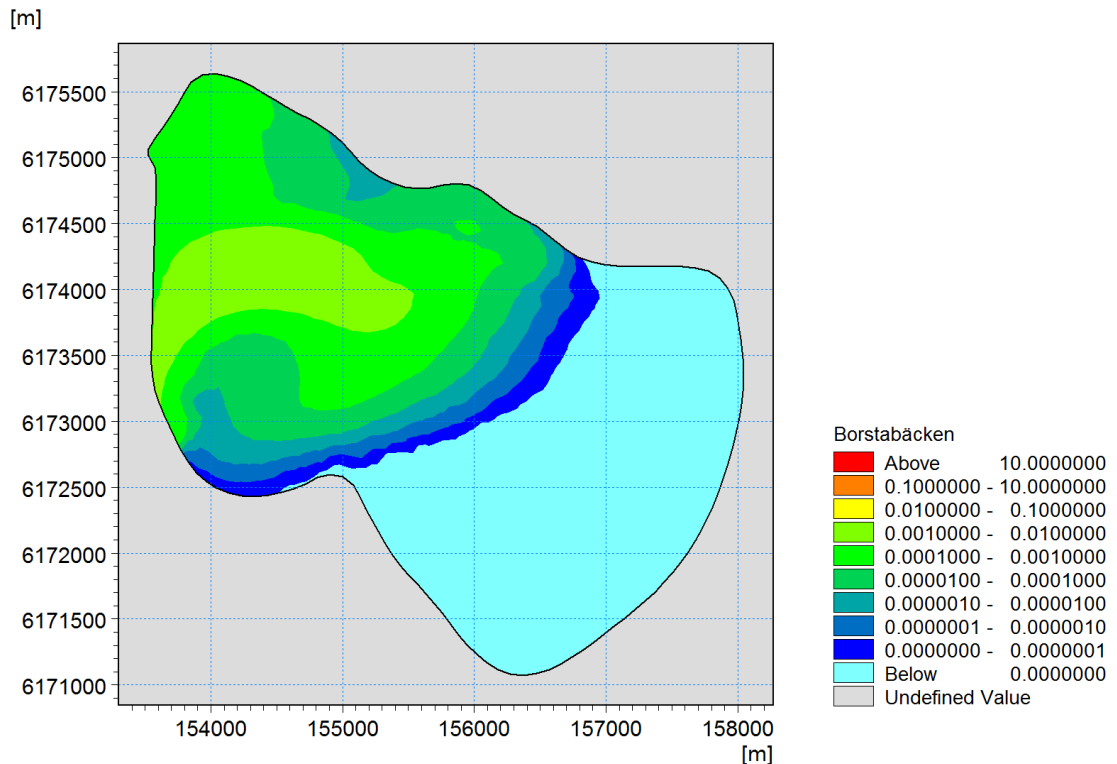
**Figur 72** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 73** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

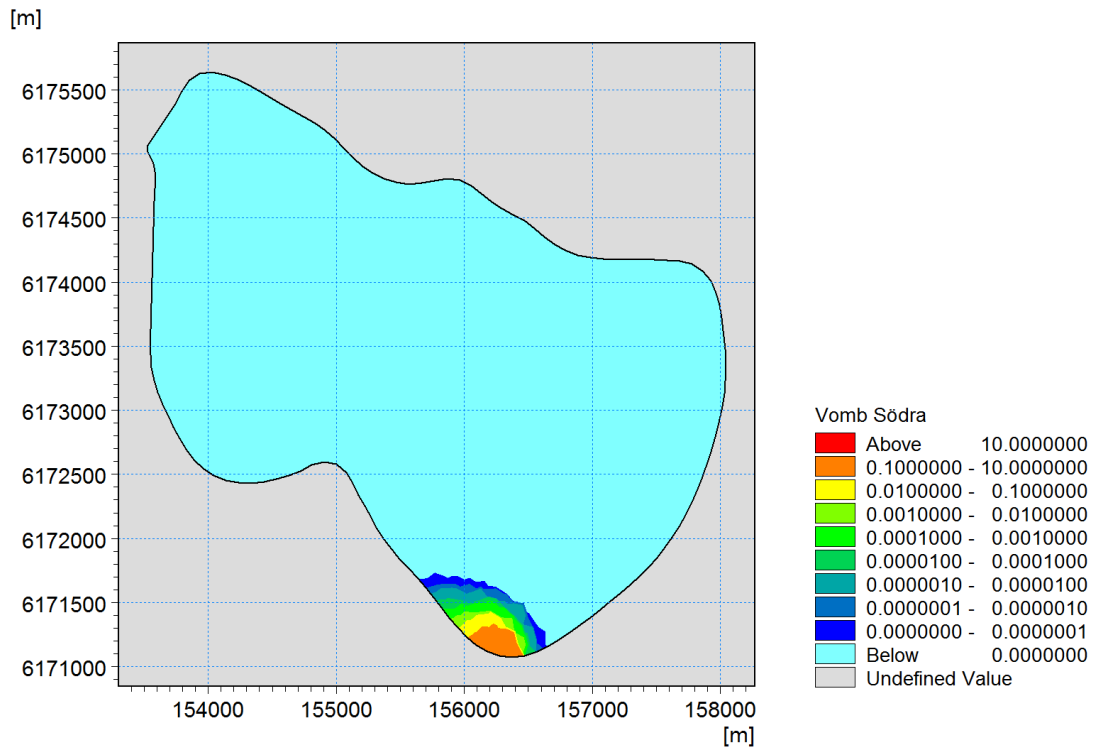


**Figur 74** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

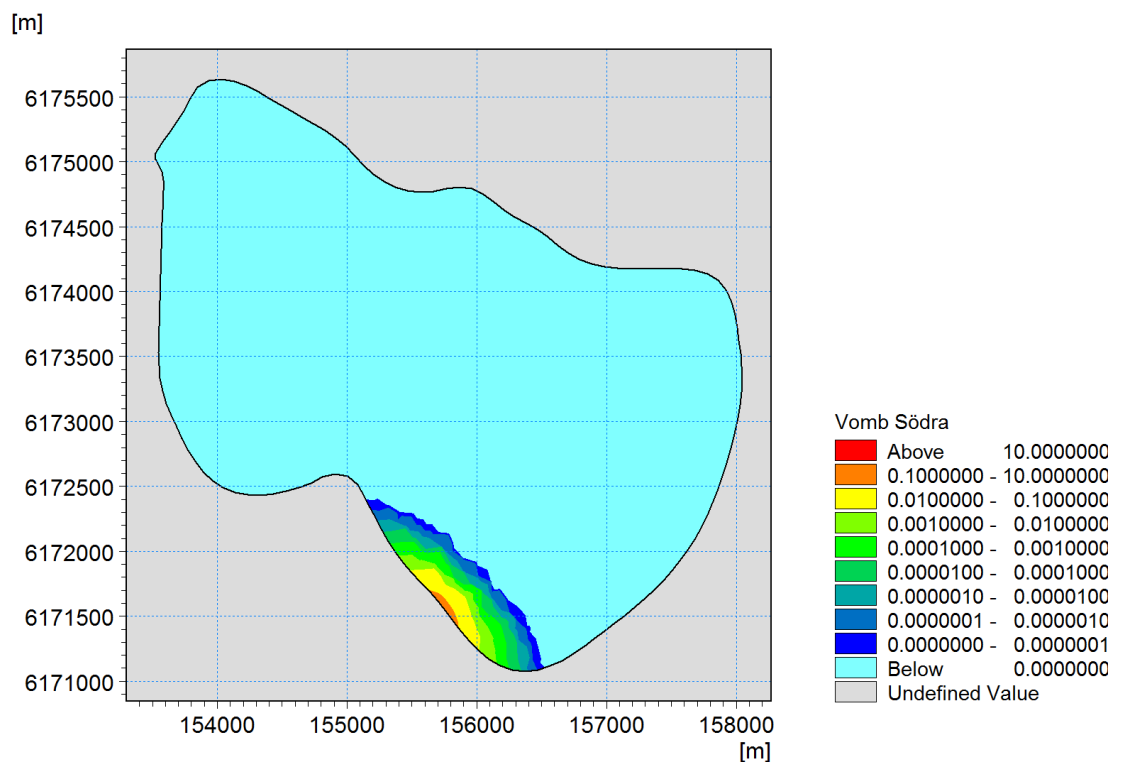


**Figur 75** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

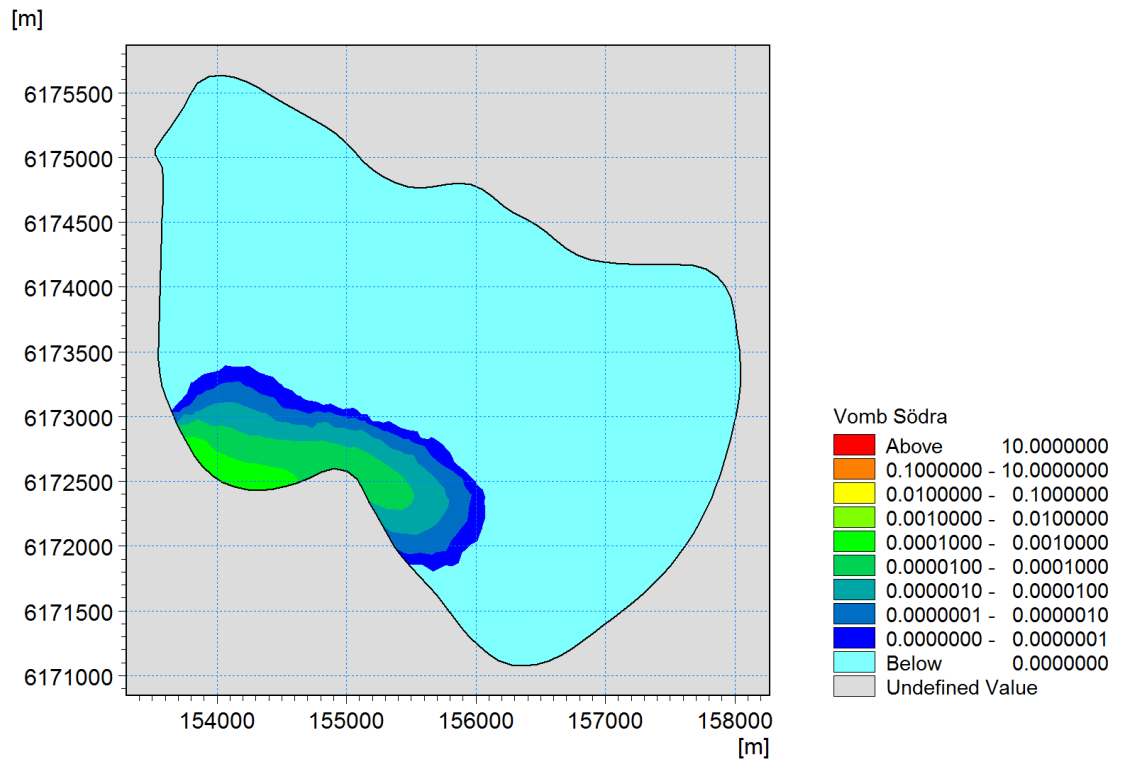
## Utsläpp från Vomb Södra



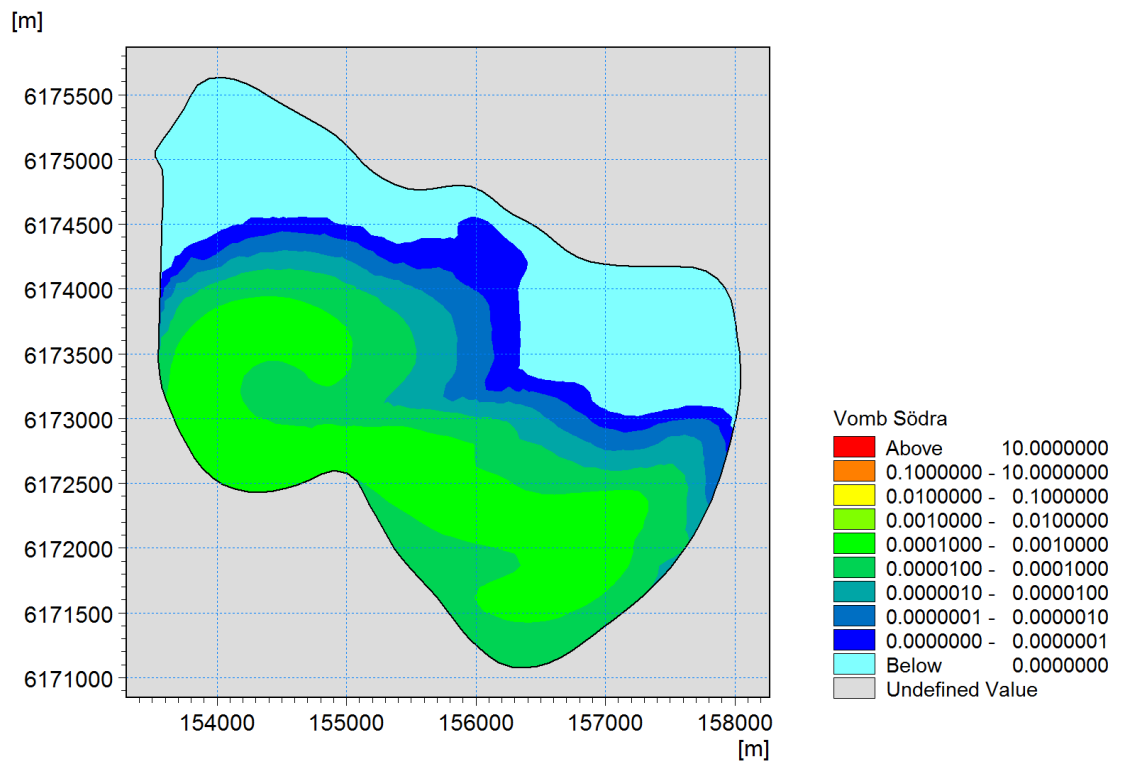
**Figur 76** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 1 timme efter utsläppet.



**Figur 77** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 6 timmar efter utsläppet.

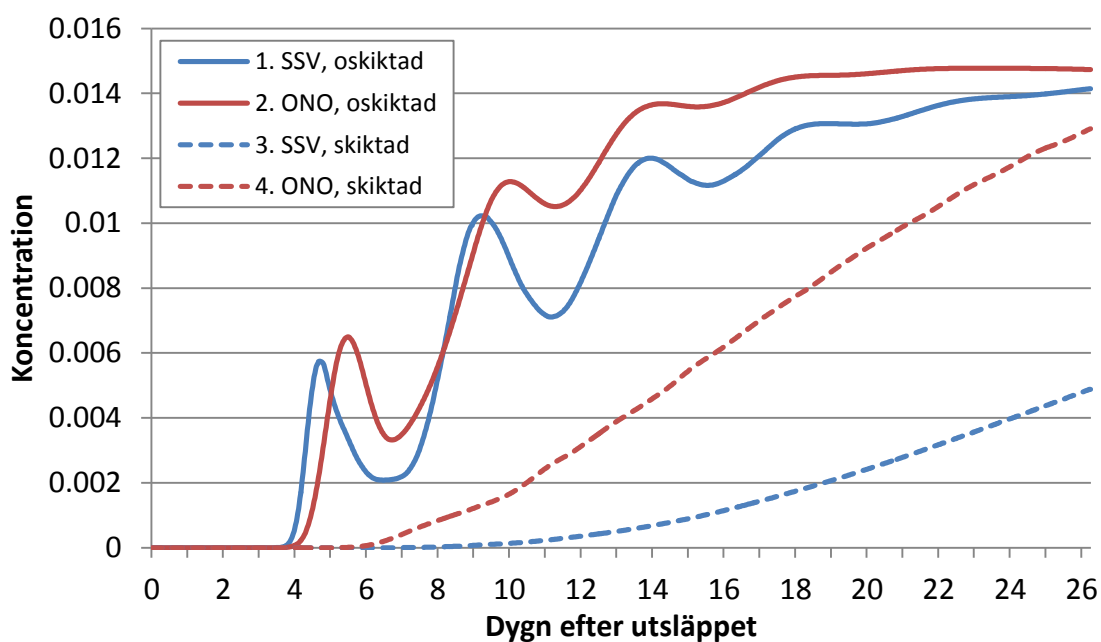


**Figur 78** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 24 timmar efter utsläppet.

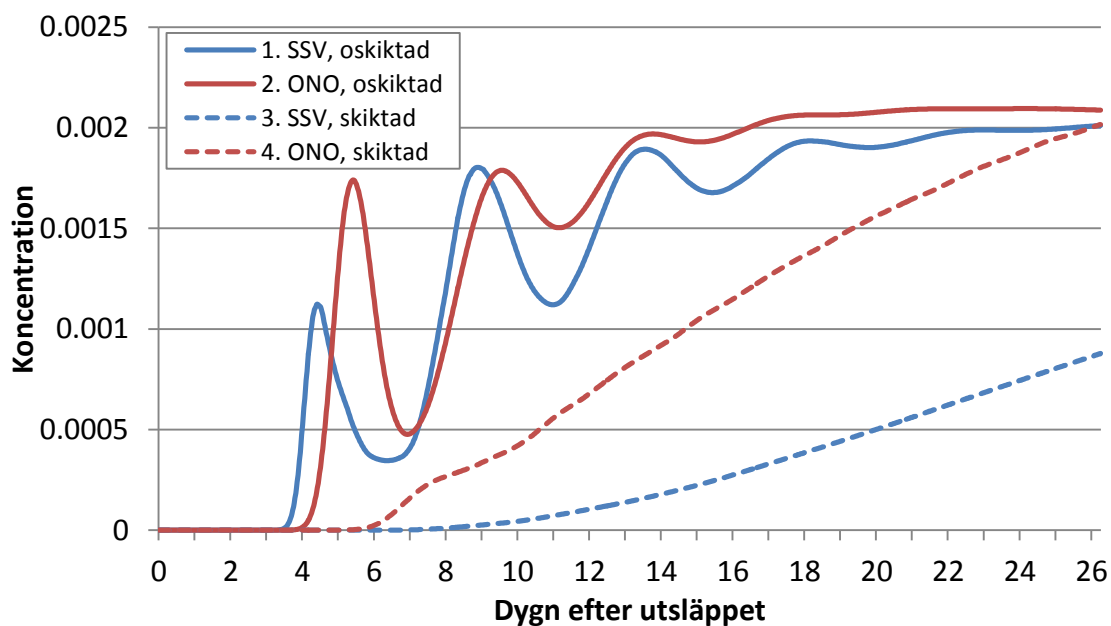


**Figur 79** Koncentration [godtycklig enhet] i ytlagret 3 dygn efter utsläppet.

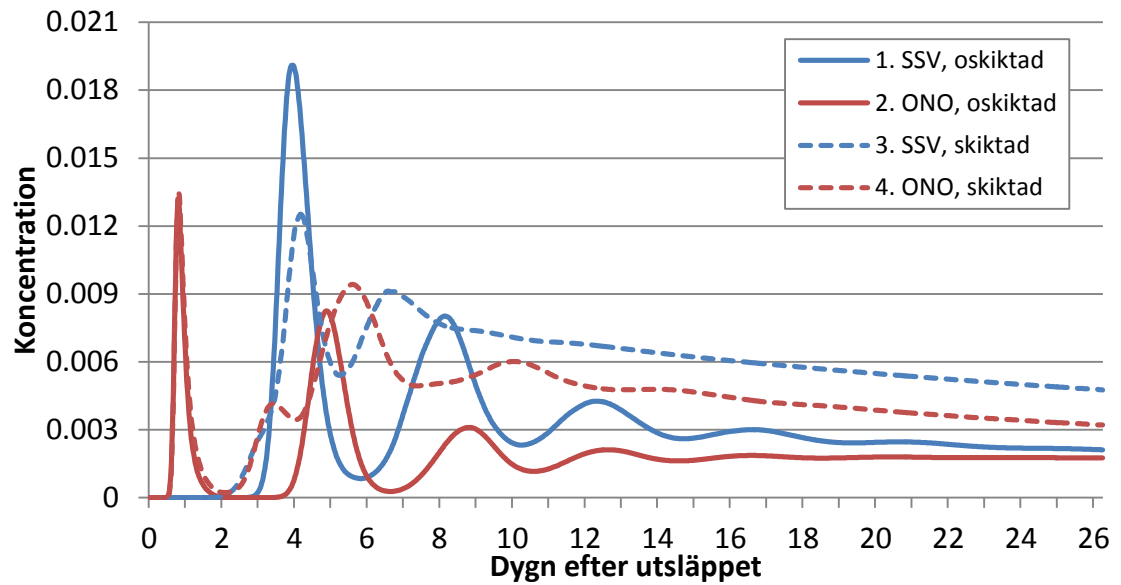
## Appendix 2 – Koncentration i utloppet



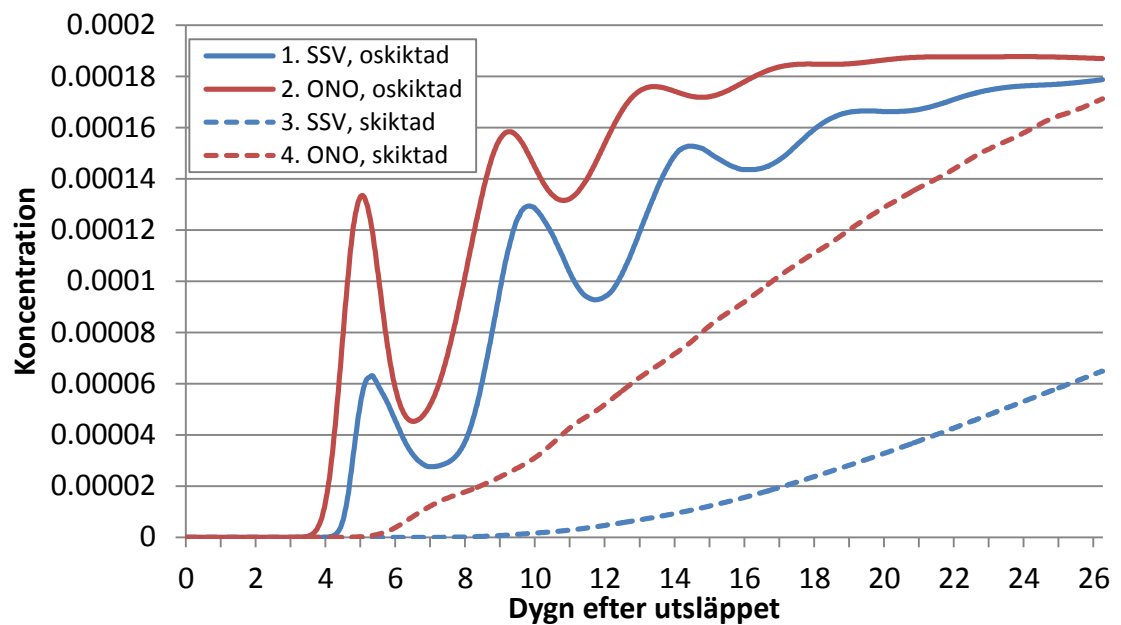
**Figur 80** Koncentration [godtycklig enhet] vid utloppet till Kävlingeån då utsläppet kommer från Björkaån.



**Figur 81** Koncentration [godtycklig enhet] vid utloppet till Kävlingeån då utsläppet kommer från Torpbäcken.



**Figur 82** Koncentration [godtycklig enhet] vid utloppet till Kävlingeån då utsläppet kommer från Borstabäcken.



**Figur 83** Koncentration [godtycklig enhet] vid utloppet till Kävlingeån då utsläppet kommer från Vomb Södra.