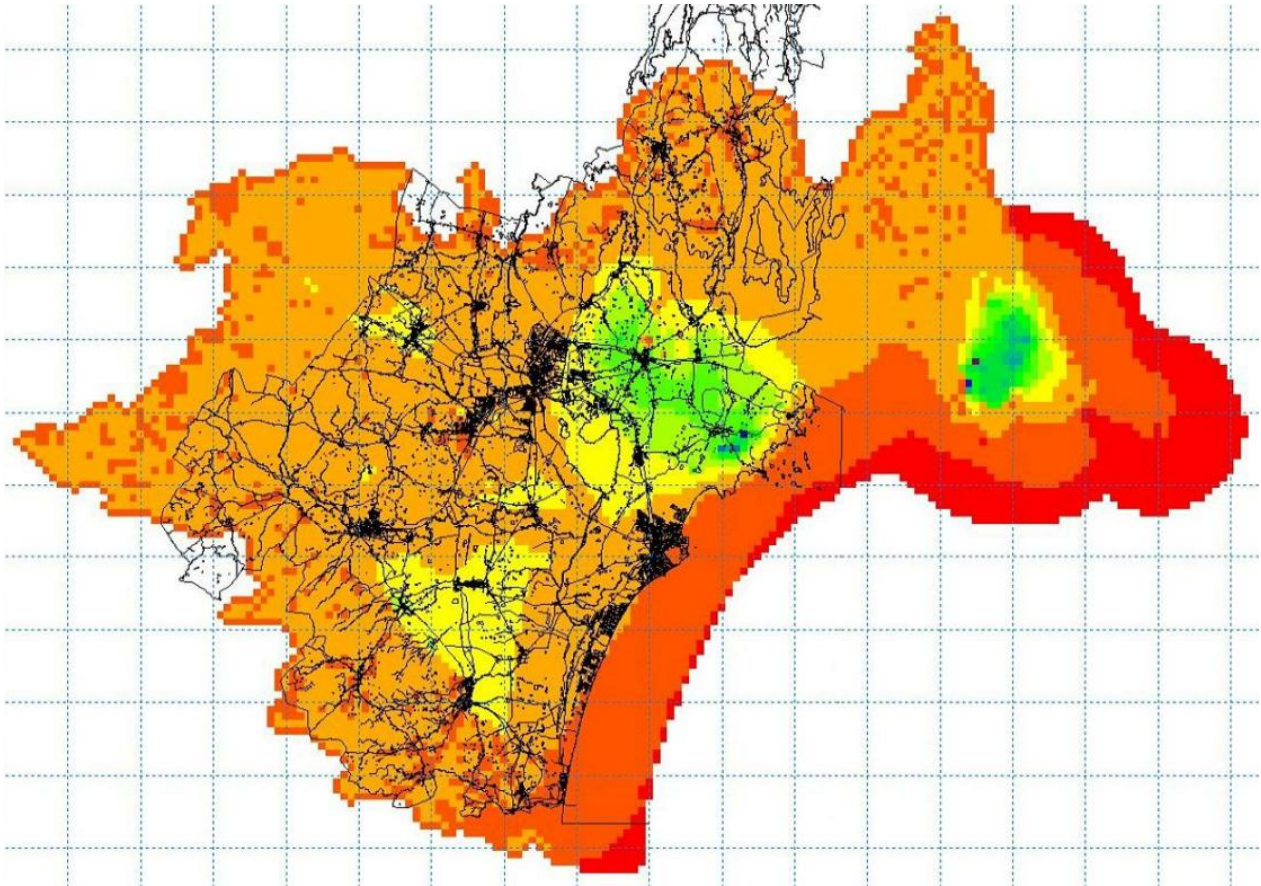


PM Genomförande och resultat



LÄNSSTYRELSEN I SKÅNE LÄN

Kristianstadsslätten klimatsimulering

Malmö 2013-05-20

Kristianstadsslätten klimatsimulering

PM Genomförande och resultat

Datum	2013-05-20
Uppdragsnummer	61671253659000
Utgåva/Status	Fastställd

HAMMARLUND ELISABET
Uppdragsledare/granskare

WALLIN THERESE/NIVFORS ANNA
Handläggare

Ramboll Sverige AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 61671253659000 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Inledning och syfte.....	1
2.	Omfattning och förutsättningar.....	1
3.	Genomförande.....	3
3.1	Meteorologisk utvärdering	3
3.2	Formulering av scenarier	5
3.2.1	Klimatscenarier (scenario 0, scenario a och scenario b).....	5
3.2.2	Uttagsscenarier.....	8
3.3	Framtagande av vattenbalanser	10
3.4	Flöden i Vramsån	10
3.5	Partikelspårning	11
4.	Modelleringsresultat.....	12
4.1	Trycknivåer i sandsten	12
4.2	In- och utläckage för sandsten.....	12
4.3	Vattenbalans	13
4.4	Flödet i Vramsåns nedströmsdel.....	19
4.5	Partikelspårning	20
	Referenser	21

Bilagor

- Bilaga 1. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc a och sc 0
- Bilaga 2. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc a och sc 0
- Bilaga 3. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc 1a och sc 0
- Bilaga 4. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc1a och sc 0
- Bilaga 5. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc 2a och sc 0
- Bilaga 6. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc 2a och sc 0
- Bilaga 7. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc 3a och sc 0
- Bilaga 8. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc 3a och sc 0
- Bilaga 9. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc b och sc 0
- Bilaga 10. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc b och sc 0
- Bilaga 11. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc 1b och sc 0
- Bilaga 12. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc1b och sc 0
- Bilaga 13. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc 2b och sc 0
- Bilaga 14. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc 2b och sc 0
- Bilaga 15. Förändring i medeltrycknivå i sandstenen mellan sc 3b och sc 0
- Bilaga 16. Förändring i minimetrycknivå i sandstenen mellan sc 3b och sc 0
- Bilaga 17. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc a och sc 0
- Bilaga 18. Förändringen i in- och utläckage mellan sc a och sc 0

- Bilaga 19. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc 1a och sc 0
- Bilaga 20. Förändringen i in- och utläckage mellan sc 1a och sc 0
- Bilaga 21. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc 2a och sc 0
- Bilaga 22. Förändringen i in- och utläckage mellan sc 2a och sc 0
- Bilaga 23. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc 3a och sc 0
- Bilaga 24. Förändringen i in- och utläckage mellan sc 3a och sc 0
- Bilaga 25. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc b och sc 0
- Bilaga 26. Förändringen i in- och utläckage mellan sc b och sc 0
- Bilaga 27. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc 1b och sc 0
- Bilaga 28. Förändringen i in- och utläckage mellan sc 1b och sc 0
- Bilaga 29. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc 2b och sc 0
- Bilaga 30. Förändringen i in- och utläckage mellan sc 2b och sc 0
- Bilaga 31. Skillnad i arealer med inströmningsområden mellan sc 3b och sc 0
- Bilaga 32. Förändringen i in- och utläckage mellan sc 3b och sc 0
- Bilaga 33. Modellerat flöde i Vramsåns nedströmsdel för samtliga scenarier
- Bilaga 34. Modellerat flöde i Vramsån, inzoomat mellan 0 och 5 m³/s
- Bilaga 35. Modellerat flöde i Vramsån, inzoomat mellan 0,3 och 0,6 m³/s
- Bilaga 36. Partikelspåringsresultat till sandstenen (inkl. transporttider) för sc 0
- Bilaga 37. Partikelspåringsresultat till sandstenen (inkl. transporttider) för sc 3b

Kristianstadsslätten klimatsimulering PM Genomförande och resultat

1. Inledning och syfte

Kristianstadsslätten är en av Sveriges viktigaste grundvattenresurser. I Länsstyrelsen i Skåne läns vattenförsörjningsplan för Skåne har övergripande beräkningar utförts för att beskriva hur grundvattenförhållandena påverkas vid ett förändrat klimat. Därutöver har Kristianstad kommun utfört modellberäkningar för olika uttagsscenarier på Kristianstadsslätten och ur dessa fått ut data om vattenbalanser och strömningsförhållanden i den viktiga sandstensakvifären.

För att ytterligare öka kunskapen om hur framtida klimatförändringar och ändrade uttagsscenarier påverkar vattenförhållanden på Kristianstadsslätten har Ramböll Sverige AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Skåne län i samarbete med Kristianstad kommun utfört modellsimuleringar i Kristianstad kommuns grundvattenmodell. Modellen är upprättad i MIKE SHE från DHI och ett flertal olika klimat- och uttagsscenarier har simulerats. Föreliggande rapport beskriver genomförandet och resultaten från detta arbete.

2. Omfattning och förutsättningar

Detta uppdrag har omfattat att utreda konsekvenser av framtida klimat- och uttagsförhållanden på Kristianstadsslätten. Förändringen av grundvattennivåer, in- och utströmningsområden i sandstenen och vattenföringen i Vramsån har ingått. Vidare har uppdraget omfattat framtagande av vattenbalanser för olika delar av slätten och partikelspårningsberäkningar. Arbetet har utförts i Kristianstad kommuns integrerade MIKE SHE- och MIKE 11-modell från 2006.

Uppdraget har omfattat modellering av åtta olika framtidsscenarier, vilka utgör kombinationer av olika klimat- och uttagsscenarier enligt Tabell 1 nedan. Därutöver har även dagens situation modellerats, kallat scenario 0.

Tabell 1. Sammanställning över samtliga beräkningsfall.

Uttagsscenario	Klimatscenario		
	Dagens klimat	Scenario a	Scenario b
Nuläge	0	a	b
Scenario 1		1a	1b
Scenario 2		2a	2b
Scenario 3		3a	3b

De två klimatscenerierna a och b har valts ut bland de sexton som ingår i EU-projektet ENSAEMBLEMES för åren 2071-2100. Först och främst har sju av de sexton scenerierna valts ut och analyserats med avseende på hur nederbörd, temperatur och potentiell avdunstning förändras jämfört med referensperioden 1961-1990. Därefter har ett bedömt "medelscenario" (scenario a) och ett "extremscenario" (scenario b) valts ut. I scenario a förväntas därutöver havsnivån ha stigit till 0,9 m ö h medan motsvarande havsnivåhöjning i scenario b är 1,6 meter. I båda scenerierna har flödet i Helge å justerats i förhållande till förväntade flödesförändringar genom att det tidsvarierande randvillkoret vid Torsebro har förändrats.

Utöver dagens uttagsscenario har tre framtida uttagsscenerier tagits fram. I uttagsscenario 1 har dagens bevattningssäsong i MIKE SHE utökats i relation till vegetationsperiodens förväntade förlängning. Vidare har dagens specifika bevattning ändrats utifrån det förväntade bevattningsbehovet i framtiden.

Uttagsscenario 2 utgår från uttagsscenario 1 men utöver dessa förändringar så har även en fullständig övergång från ytvatten- till grundvattenbevattning lagts in. Uttagsscenario 3 utgår från uttagsscenario 2 och innefattar därutöver ytterligare grundvattenuttag upp till den av SGU bedömda maxkapaciteten för Kristianstadsslätten på 70 Mm³/år.

Projektet har slutligen omfattat att utföra partikelspåringsberäkningar för referensfallet (scenario 0) och det förväntade worst case-scenariot (scenario 3b) i syfte att illustrera hur transporttiden från markytan till sandstenen förändras för ett vattenlösligt ämne.

Valet av de ursprungliga 16 klimatscenerierna från SMHI och utseendet på uttagsscenerierna har varit specificerat i förfrågan från länsstyrelsen. Likaså har förfrågan angivit vilka resultat som ska redovisas.

Samtliga framtidsscenerier har modellerats för åren 2071-2100. Således har samtliga tidpunkter i den tidsvarierade indatan i MIKE 11- och MIKE SHE-modellen förändrats så att exempelvis det första tidssteget 1980-01-01 i scenario 0 motsvarar det första tidssteget 2071-01-01 i de olika framtidsscenerierna. Indatan är på detta sätt ursprungligen densamma i samtliga scenerier. I samtliga scenerier har vidare ett maximalt tidssteg i MIKE SHE om 24 timmar använts. Därefter har indatafilerna förändrats utifrån de förutsättningar som gäller för respektive scenario. Dessa förändringar beskrivs i kapitel 3.2 nedan.

3. Genomförande

3.1 Meteorologisk utvärdering

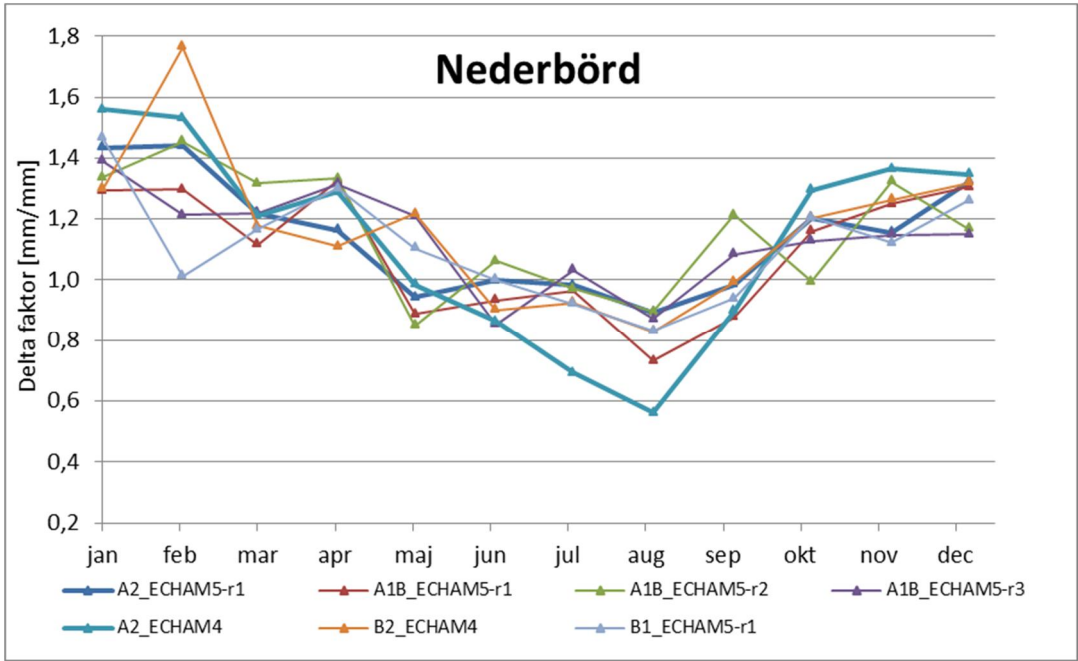
Den observerade klimatdata som använts som referensdata är SMHI:s månadsupplösta nederbörds-, temperatur- och potentiell avdunstningsdata för perioden 1961-1990.

Följande sju framtidsscenarioer för åren 2071-2100 har jämförts med referensdatan:

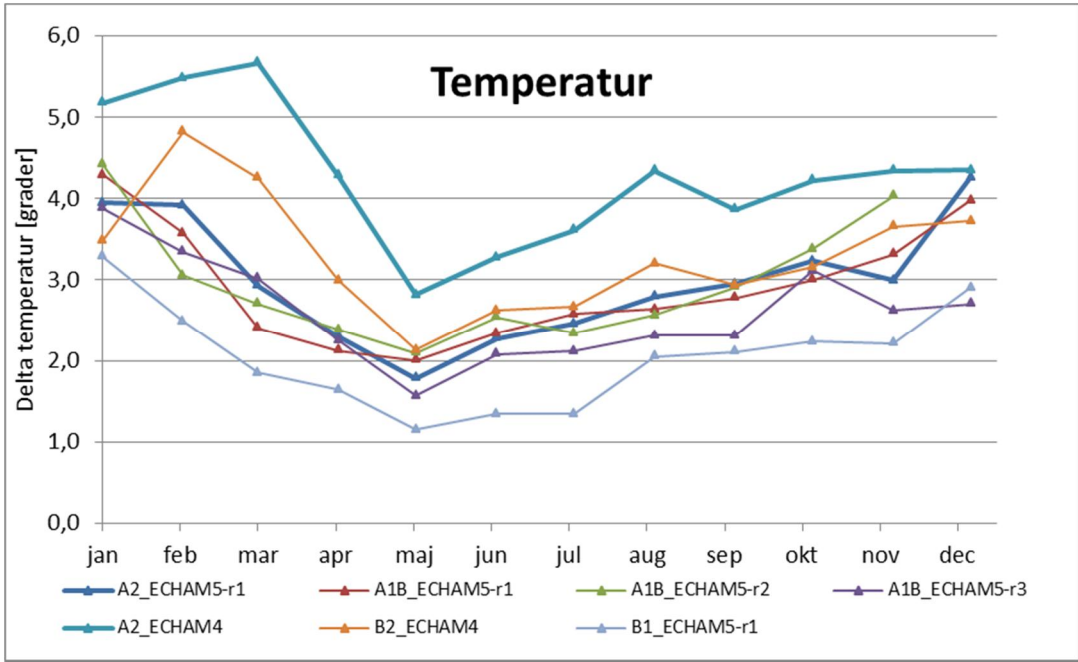
- A2_ECHAM5_r1
- A2_ECHAM4
- A1B_ECHAM5_r1
- A1B_ECHAM5_r2
- A1B_ECHAM5_r3
- B2_ECHAM4
- B1_ECHAM5_r1

A2, A1B, B1 och B2 utgör olika utsläppsscenarioer från FN:s klimatpanel, IPCC. De är således framtagna för att beskriva framtida utsläpp av växthusgaser. Dessa utsläppsscenarioer omvandlas till klimatscenarioer genom olika globala och regionala klimatmodeller. ECHAM 4 och ECHAM 5 är exempel på sådana globala modeller. För ECHAM 5 finns dessutom tre olika simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet. Dessa betecknas ovan som r1, r2 och r3. Samtliga ovanstående framtidsscenarioer är sedan körda med den regionala modellen RCA3 från Rossby Center vid SMHI (SMHI, rapport Nr 2011-52).

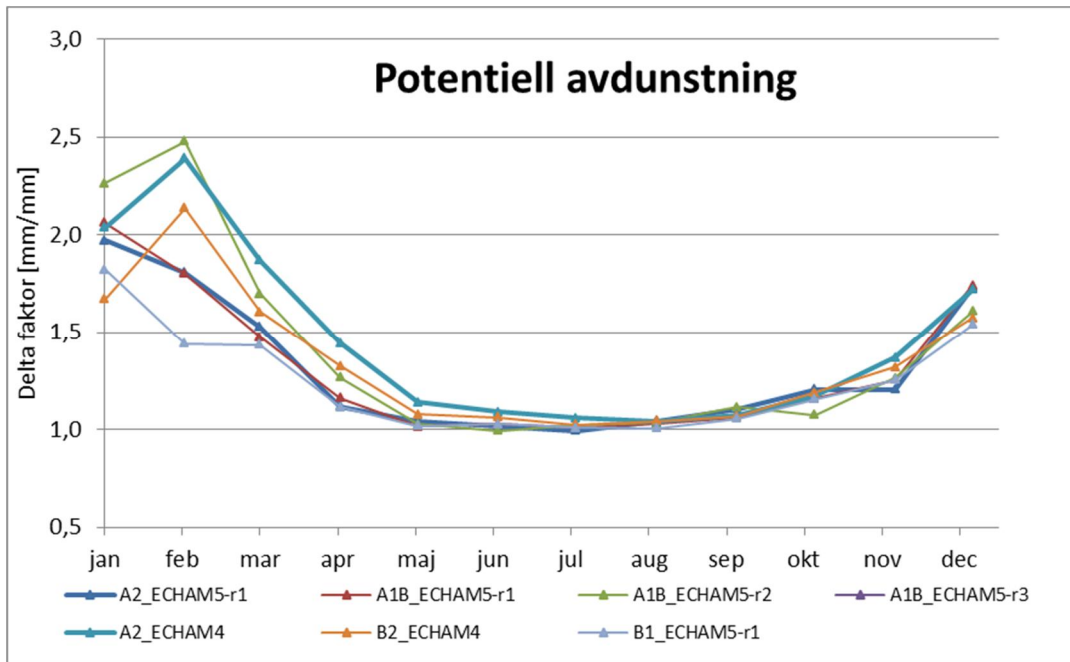
Resultaten från jämförelserna visas i Figur 1 för nederbörd, Figur 2 för temperatur och Figur 3 för potentiell avdunstning. Ur figurerna kan det utläsas hur månadsvärdena förändras från referensperioden 1961-1990 till 2071-2100.



Figur 1. Deltafaktor (förändring) för nederbörd från referensperioden 1961-1990 och de olika framtidsscenerierna för 2071-2100



Figur 2. Förändring i temperatur mellan nederbörd från referensperioden 1961-1990 och de olika framtidsscenerierna för 2071-2100.



Figur 3. Deltafaktor (förändring) för potentiell avdunstning från referensperioden 1961-1990 och de olika framtidsscenarierna för 2071-2100

Utifrån analys av figurerna ovan valdes som medelscenario (scenario a) A2_ECHAM5_r1 och som extremscenario (scenario b) A2_ECHAM4.

3.2 Formulering av scenarier

3.2.1 Klimatscenarier (scenario 0, scenario a och scenario b)

3.2.1.1 Scenario 0

Körningarna från scenario 0 baseras på den ursprungliga modell som erhållits av Kristianstad kommun.

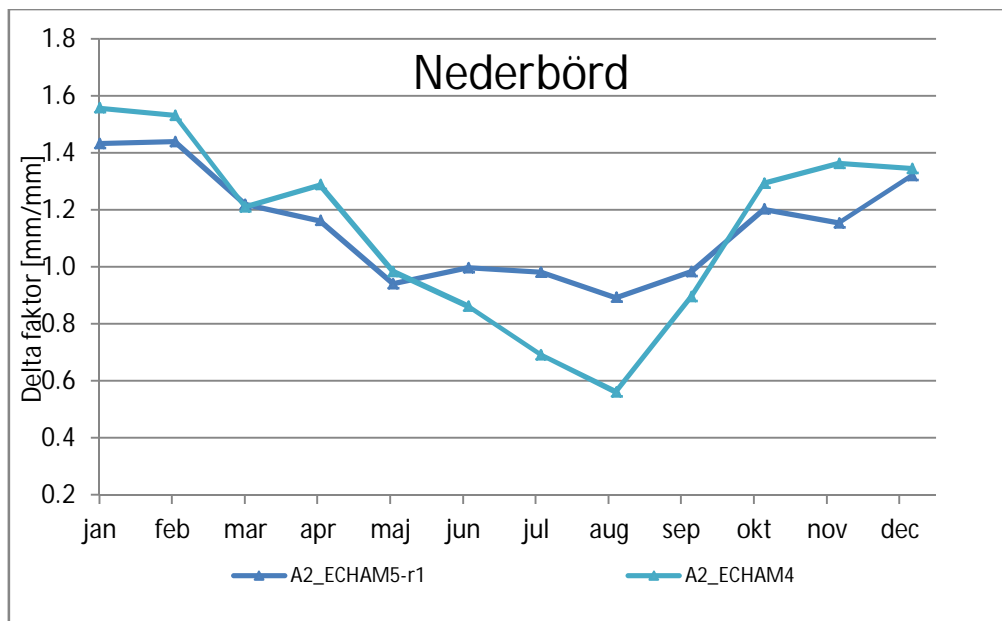
Indatafilerna till den ursprungliga modellen sträcker sig från år 1980 och framåt. Eftersom 30 år ska modelleras för varje scenario har således åren 1980-2009 valts för scenario 0.

I MIKE 11-modellen finns vissa tidsvarierande indata som bara sträcker sig till 2001. Tidsvarierande indata till MIKE SHE sträcker sig i de flesta fall till 2003-2004 (gäller klimatdata, vegetationsparametrar och pumpserier för inlagda brunnar). Dessa filer har förlängts genom att de sista åren har kopierats. För exempelvis nederbördsfilen, som i ursprungsmodellen bara sträcker sig till 2003, har således åren 1998-2003 kopierats för att även gälla för åren 2004-2009.

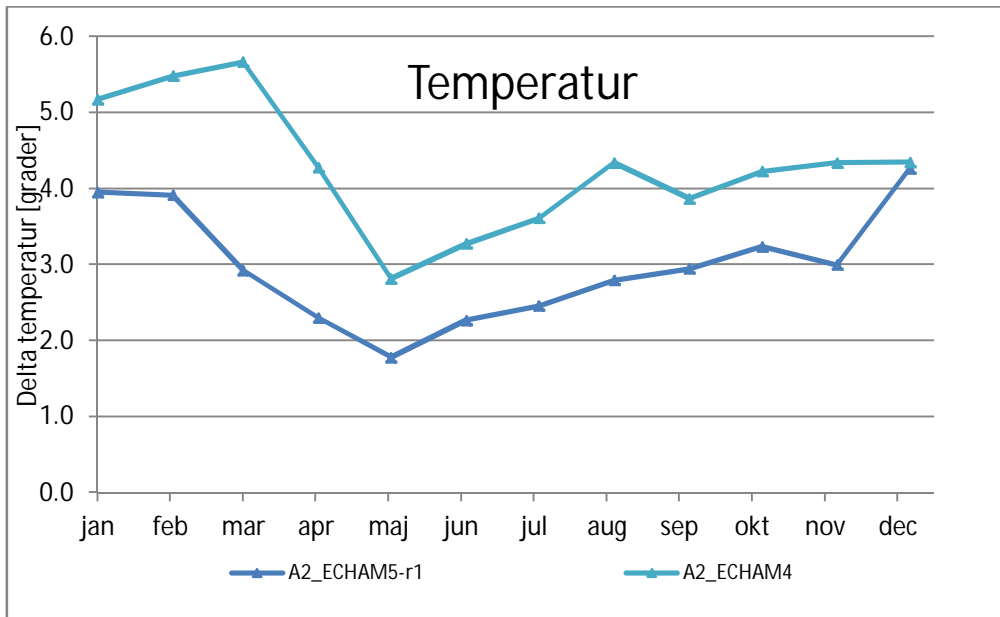
3.2.1.2 Scenario a och b

I scenario a har filerna för nederbörd och potentiell avdunstning räknats om med de månadsvisa förändringsfaktorer för A2_ECHAM5_r1 som beräknats i den meteorologiska utvärderingen (se kapitel 3.1). Förändringsfaktorn motsvara en ökning eller minskning av månadsmedelvärdet för klimatscenariot jämfört med referensperioden. För temperaturfilen har motsvarande månadsvisa förändring adderats till den ursprungliga filen. Det motsvarar en ökning av månadsmedeltemperaturen på mellan knappt 2° i maj och drygt 4 ° i december jämfört med temperaturen under referensperioden.

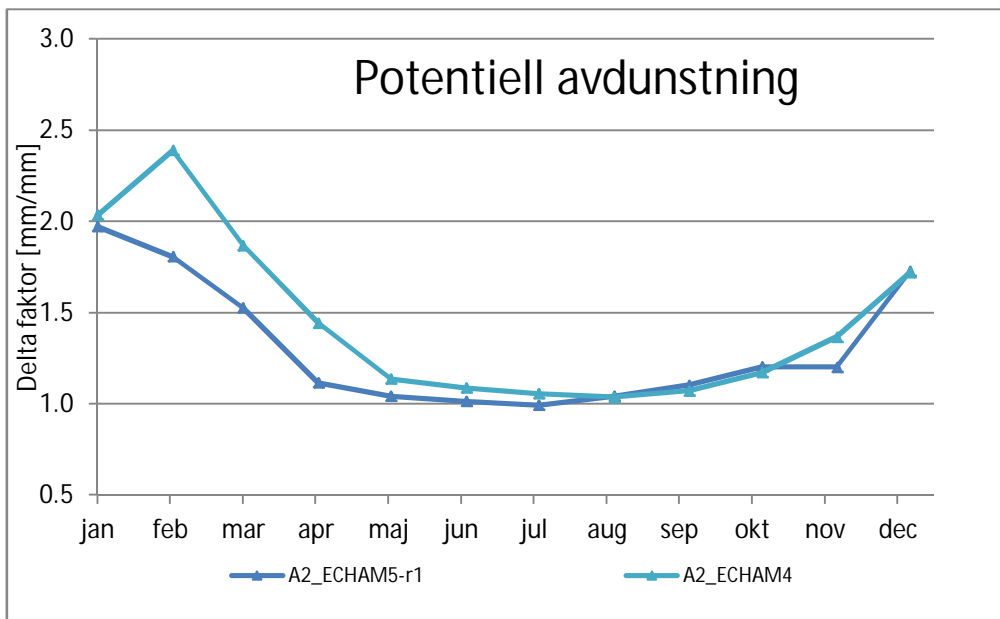
För scenario b har filerna för nederbörd, potentiell avdunstning och temperatur förändrats på samma sätt som för scenario a men enligt förändringarna enligt A2_ECHAM4 (se kapitel 3.1). Förändringsvärdena för A2_ECHAM5_r1 och A2_ECHAM4 visas i figur 4 för nederbörd, figur 5 för temperatur och figur 6 för potentiell avdunstning. Diagrammen utgör ett urval av de förändringskurvor som även visas i figur 1-figur 3.



Figur 4. Deltafaktor (förändring) för nederbörd från referensperioden 1961-1990 och framtidsscenerierna A2_ECHAM5_r1 och A2_ECHAM4 för 2071-2100



Figur 5. Förändring i temperatur mellan nederbörd från referensperioden 1961-1990 och framtidsscenerierna A2_ECHAM5_r1 och A2_ECHAM4 för 2071-2100



Figur 6. Deltafaktor (förändring) för potentiell avdunstning från referensperioden 1961-1990 och framtidsscenerierna A2_ECHAM5_r1 och A2_ECHAM4 för 2071-2100

I den ursprungliga nederbördsfilen finns vatten i form av nederbörd och bevattning inlagd. Förändringarna ovan har endast utförts för den del som gäller nederbörd.

I MIKE 11 har det tidsvarierande randvillkoret för Helge å vid Torsebro räknats om i enlighet med de förväntade förändringarna av flödet i Helge å i SMHI:s rapport *Klimatanalys för Skåne län*, rapport Nr 2011-52. I rapporten presenteras diagram över månadsvisa flöden för referensperioden och åren 2069-2098 för Helge ås utlopp i Hammarsjön. Ur diagrammet har en förändringsfaktor beräknats för två tillfällen per månad. Flödet vid Torsebro i indatafilen har sedan räknats om med dessa faktorer. Således har samma förändringsfaktorer använts för både scenario a och scenario b eftersom ytterligare data inte finns att tillgå. I MIKE 11 har även randvillkoret att vattennivån i vattendragen ska vara 0,9 m i scenario a och 1,6 m i scenario b vid utloppet till Östersjön ansatts (för att spegla havsnivåhöjningen).

I MIKE SHE har havsnivåhöjningen ansatts som ett randvillkor för samtliga beräkningslager. Därutöver har även dräneringsnivån i havet höjts till 0,9 respektive 1,6 meter. I övrigt har inte inlagda dräneringsnivåer i modellen förändrats.

3.2.2 Uttagsscenarier

3.2.2.1 *Uttagsscenario 0*

I uttagsscenario 0 uppgår grundvattenuttagen (inklusive Listerlandet) till i medeltal 31 Mm³/år.

Flertalet brunnar har i ursprungsfilerna en ökande uttagstrend under modelleringperioden. Eftersom ursprungsfilerna endast sträcker sig till 2003 och det behövs indata fram till 2009 för föreliggande projekt har åren 1998-2003 använts för att även gälla för åren 2004-2009. Som en följd blir medeluttaget för uttagsscenario 0 större än om modellen skulle ha körts med den ursprungliga indatan (och för en kortare period).

3.2.2.2 *Uttagsscenario 1*

I uttagsscenario 1 har dagens bevattningssäsong i MIKE SHE utökats i relation till vegetationsperiodens förväntade förlängning. Vidare har dagens specifika bevattning ändrats utifrån det förväntade bevattningsbehovet i framtiden.

För bedömning av bevattningsperiodens förlängning har en rapport från SLU (2009) studerats. I rapporten presenteras diagram över vegetationsperiodens utseende i Skåne sett över året för referensperioden 1996-1990 och för året 2085. För referensperioden framgår att vegetationsperioden som ett medel sträcker sig från halva april till halva november. För år 2085 presenteras att motsvarande period förväntas vara från halva januari till halva december. Vegetationsperioden förväntas således öka med fyra månader per år. Dock bedöms mängden solljus under våren vara begränsande för möjligheten att odla grödor varvid bevattningsperioden endast har förlängts så att den startar en månad tidigare än i scenario 0 och avslutas två månader senare. Detta innebär att bevattningssäsongen förlängts från 15 april-15 augusti (i scenario 0) till 15 mars-15 oktober (i framtids-scenariot).

I scenario 0 är bevattningen lika stor under hela bevattningssäsongen. I scenario 1 har detta ändrats så att den ursprungliga bevattningen under juli-augusti har multiplicerats med faktorn 2,2 medan bevattningen under övriga månader har multiplicerats med en faktor av 1,1. Att bevattningen har ökat mest under sommarmånaderna beror på att den meteorologiska utvärderingen har visat att minskningen i nederbörd är stor då (se vidare kapitel 3.1). Sammantaget har bevattningsmängden ökat med en faktor av 2,5. Detta motsvarar en ökning från dagens bedömda specifika bevattning på 100 mm/ha till 250 mm/ha, i enlighet med uppgifter från Jordbruksverket (rapport 2010:27). Förändringarna har utförts för samtliga bevattningsbrunnar som finns inlagda i ursprungsmodellen.

Eftersom en del av det uppumpade grundvattnet återförs till modellen som nederbörd har dessa delar av nederbördsfilen förändrats i scenario 1. Utifrån information i DHI:s och VBB Viaks dokumentationsrapporter av MIKE SHE-modellen (DHI & VBB Viak, 1998 och 2005) kan det beräknas att cirka 85% av det vatten som återförs utgörs av uppumpat grundvatten för bevattning. Återföring i ursprungsmodellen (scenario 0) sker hela året. Denna mängd vatten har därför räknats upp med en faktor av 2,5 gånger.

I MIKE SHE ansätts information om markanvändning och parametrar för vegetationen. Eftersom vegetationsparametrarna styrs av vegetationsperiodens längd har även dessa tidsvarierande filer förändrats i scenario 1 i överensstämmelse med SLU:s rapport (gäller index för bladarea och rotdjup). Vidare har en extra skörd av vall lagts in för de celler där detta är ansatt. I övrigt har inte markanvändningen eller antalet skördar per år ändrats.

I scenario 1 uppgår det totala grundvattenuttaget (inklusive Listerlandet) till i medeltal 40 Mm³/år.

3.2.2.3 *Uttagsscenario 2*

Uttagsscenario 2 utgår från uttagsscenario 1 (se kapitel 3.2.2.2) men utöver dessa förändringar så har även en fullständig övergång från ytvatten- till grundvattenbevattning lagts in.

I ursprungsmodellen finns inga ytvattenuttag inlagda eftersom dessa bedöms vara försumbara i förhållande till vattendragens vattenföring. Däremot tas det hänsyn till uttagen vid den återföring av vatten som är en del av nederbördsfilen. Ytvattenuttagen för bevattning under normalår beskrivs i DHI:s rapport (1998) uppgå till 10-15 Mm³/år.

För att hamna på ett lämpligt totalt uttag av grundvatten i förhållande till uttagsscenario 1 och 3 har 100 nya bevattningsbrunnar som pumpar 100 000 m³/år lagts in i modellen (det vill säga totalt 10 Mm³/år). Brunnarna har lagts in i de delar av modellområdet där det finns sedimentär berggrund och där det sker ytvattenbevattning idag (enligt muntliga uppgifter från Karl Andersson, s.k.

”Vatten-Kalle”). I de områden där mycket ytvattenbevattning sker har fler brunnar lagts in än där mindre ytvattenbevattning sker.

Pumpbrunnarnas filter har specificerats så att förhållandet mellan pumpning ur kalksten och sandsten ungefär speglar förhållandet i scenario 0.

I scenario 2 uppgår den totala grundvattenpumpningen (inklusive Listerlandet) till i medeltal 52,5 Mm³/år.

3.2.2.4 *Uttagsscenario 3*

I uttagsscenario 3 har modelleringen utgått från indatan i uttagsscenario 1 och 2 (se kapitel 3.2.2.2 och 0). Därutöver har 30 nya brunnar lagts in för att nå upp till SGU:s bedömda maximala uttagskapacitet på 70 Mm³/år (inklusive Listerlandet). Sex av brunnarna har placerats på Näsbyfältet eftersom Kristianstad kommun har planer på att anlägga ett nytt brunnsfält i detta läge (Kristianstad kommuns hemsida, 2013-04-12). Övriga brunnar har spridits ut jämnt över de områden där det finns sedimentär berggrund (inklusive Listerlandet).

3.3 Framtagande av vattenbalanser

Vattenbalanser har tagits fram för den sedimentära berggrunden på norra och södra slätten. Avgränsningen av områdena har gjorts utifrån DHI:s tidigare uppdelning (Kristianstad kommuns hemsida, 2013-04-12b).

Vattenbalanserna har tagits fram totalt för varje modellerad 30-årsperiod. Medelvärden för olika komponenter i vattenbalansen har således beräknats genom att dividera erhållna siffror med 30.

3.4 Flöden i Vramsån

Enligt överenskommelse med beställaren har inga flöden i Helge å presenterats (eftersom inflödet vid Torsebro är ansatt i de olika scenarierna). Däremot har resultat rörande flödet i Vramsåns nedre del tagits fram (nod 42915,27).

Inom ramen för Banverkets projekt Hallandsås har omfattande modellering utförts av Ramböll med MIKE 11 och MIKE SHE. I samband med modellering 2002 gjordes en analys av nederbördsdata från perioden 1987-2001. I analysen jämfördes månadsvärdena under perioden med månadsmedelvärdena. Av dessa data framkom att år 2001 var ett år då nederbördsfördelningen över året låg nära månadsmedelvärden och totalnederbörden var ca 10 % högre än årsmedelnederbörd. Året valdes därför som ett representativt år vad gäller nederbörd (Banverket, Projekt Hallandsås 2002). Detta motsvarar år 2092 i framtids-scenarierna. Således har flödet i Vramsån plockats ut för 2001 för scenario 0 och för 2092 för övriga scenarier.

Ur SMHI:s vattenweb (SMHI:s hemsida, 2013-04-12) har uppgifter om station-korrigerade och naturliga medellågvattenflöden (MLQ) vid Vramsåns utlopp i Helge å erhållits. De olika scenariernas modellerade flöden har jämförts med medel-

lågvattnenflödena varvid uppgifter om antal dagar under MLQ och längsta sammanhängande tid under MLQ har tagits fram.

3.5 Partikelspårning

Partikelspårningsberäkningar har utförts för scenario 0 och scenario 3b.

Partikelspårning kräver att uppgifter om porositet för de olika geologiska lagren har ansatts. I ursprungsmodellen är detta inte specificerat varvid följande värden har specificerats:

- Vatten = 0,99
- Torv = 0,05
- Sand = 0,2
- Lera = 0,001
- Grus = 0,25
- Morän = 0,1
- Kalksten = 0,05
- Sandsten = 0,15
- Urberg = 0,01.

10 vattenlösliga partiklar per cell (500·500 meter) har initialt placerats i den mättade zonen i det översta beräkningslagret inom modellområdet.

Ur resultaten har samtliga partiklar som nått sandstenen under den 30-åriga modelleringstiden registrerats. Dessa partiklars ursprungslägen har sedan ritats upp på en illustrationskarta. Ur resultaten har även transporttiden från jordlagren till sandstenen tagits fram så att riskkartor har erhållits.

4. Modelleringsresultat

4.1 Trycknivåer i sandsten

För trycknivån i sandstenen har resultat rörande förändringen i medeltrycknivån och minimitrycknivån under modelleringsperioden mellan de olika framtids-scenarierna och scenario 0 tagits fram. Anledningen att motsvarande resultat för maximala trycknivåer inte presenteras är dessa i scenario 0 motsvarar initialvärdena, som är indata i ursprungsmodellen. Det kan således konstateras att dessa initialvärden ligger för högt och resultaten är således inte representativa för utredningen.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario a och scenario 0 visas i bilaga 1. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 2.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario 1a och scenario 0 visas i bilaga 3. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 4.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario 2a och scenario 0 visas i bilaga 5. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 6.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario 3a och scenario 0 visas i bilaga 7. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 8.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario b och scenario 0 visas i bilaga 9. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 10.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario 1b och scenario 0 visas i bilaga 11. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 12.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario 2b och scenario 0 visas i bilaga 13. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 14.

Förändringen av medeltrycknivå i sandstenen mellan scenario 3b och scenario 0 visas i bilaga 15. Motsvarande förändring för minimitrycknivån visas i bilaga 16.

4.2 In- och utläckage för sandsten

Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario a och scenario 0 visas i bilaga 17. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 18.

Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario 1a och scenario 0 visas i bilaga 19. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 20.

Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario 2a och scenario 0 visas i bilaga 21. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 22.

Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario 3a och scenario 0 visas i bilaga 23. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 24.

Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario b och scenario 0 visas i bilaga 25. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 26.

Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario 1b och scenario 0 visas i bilaga 27. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 28.

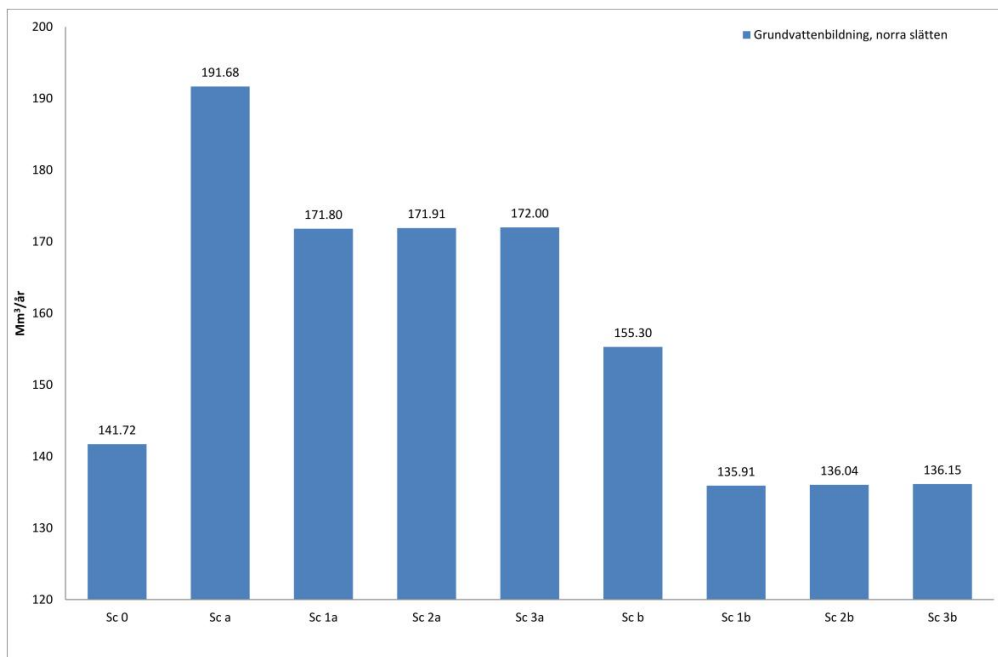
Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario 2b och scenario 0 visas i bilaga 29. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 30.

Förändringen av arealer med inströmningsförhållanden till sandstenen mellan scenario 3b och scenario 0 visas i bilaga 31. Förändringen i in- och utläckage mellan scenariot och scenario 0 visas i bilaga 32.

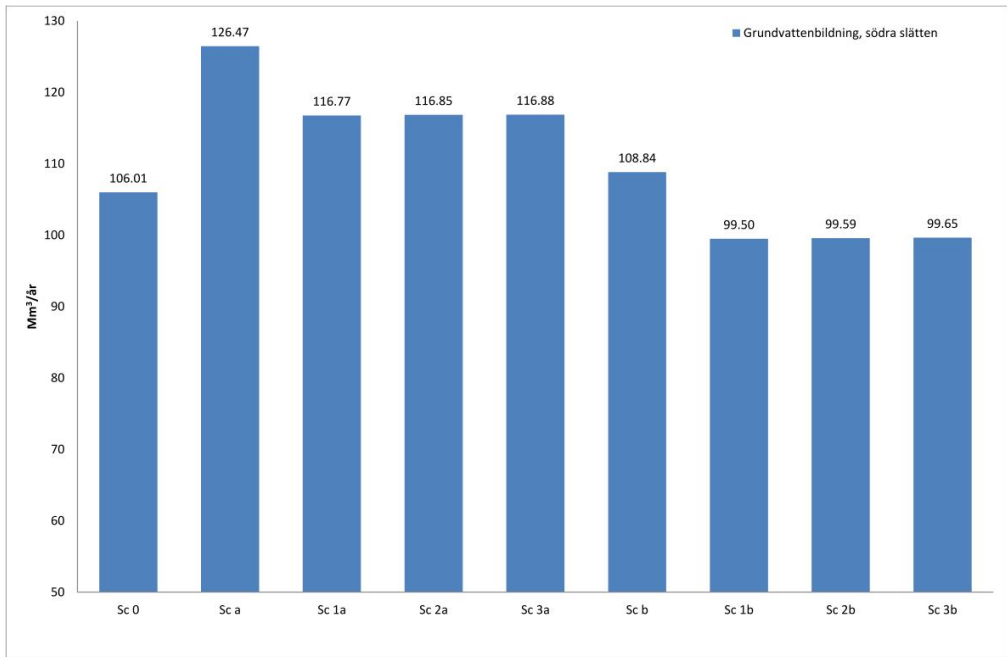
4.3

Vattenbalans

Den totala grundvattenbildningen ($Mm^3/år$) till jordlagren för de olika scenarierna visas i figur 7 för norra slätten och figur 8 för södra slätten.

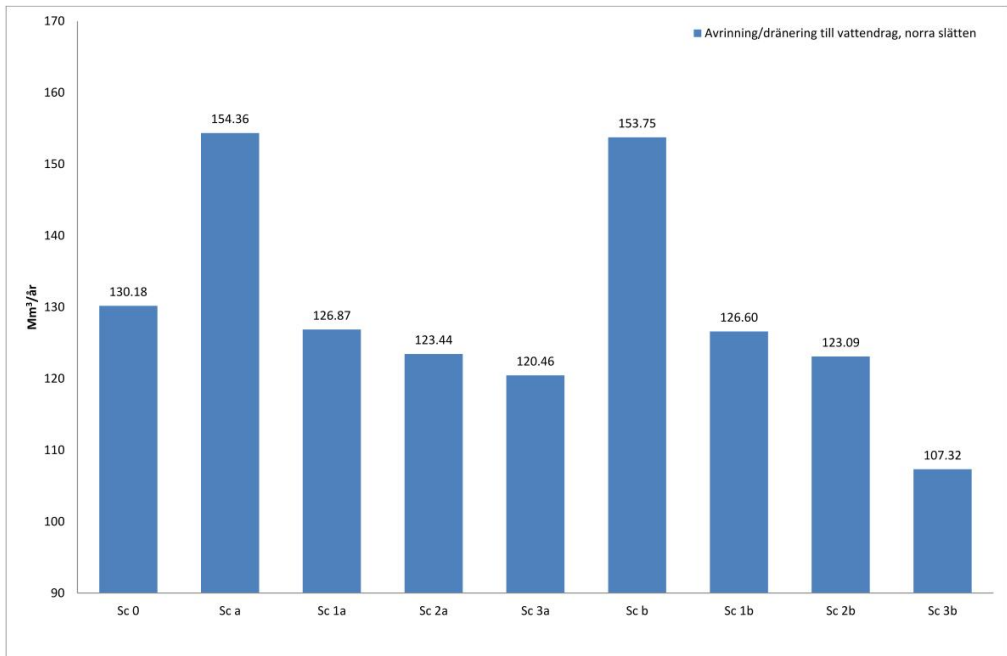


Figur 7. Total grundvattenbildning till jordlagren ($Mm^3/år$) för norra slätten

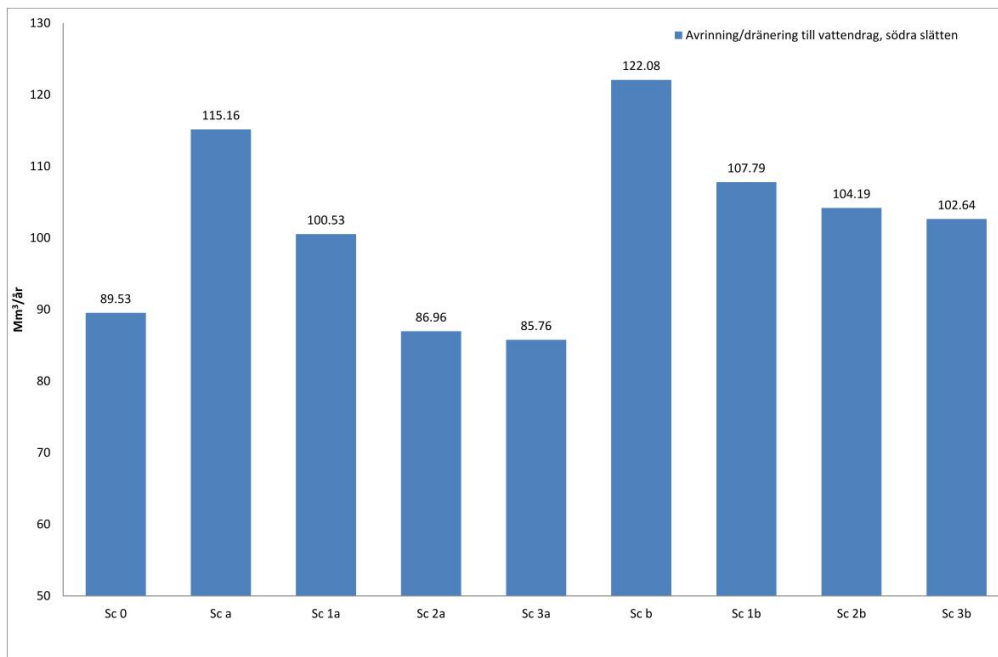


Figur 8. Total grundvattenbildning till jordlagren (Mm³/år) för södra slätten

Det totala flödet till vattendrag för de olika scenarierna visas i figur 9 för norra slätten och figur 10 för södra slätten. I staplarna ingår dränering, avrinning och utbyte med grundvattnet som medelvärden per år.

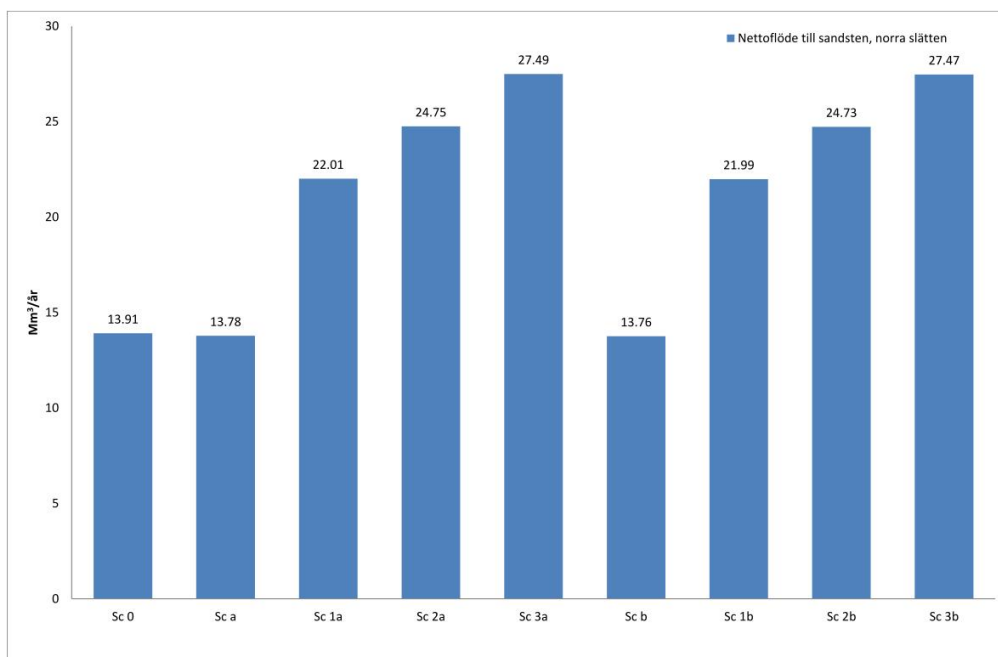


Figur 9. Totalt flöde till vattendrag (Mm³/år) för norra slätten. I siffrorna ingår avrinning, dränering och utbyte med grundvattnet

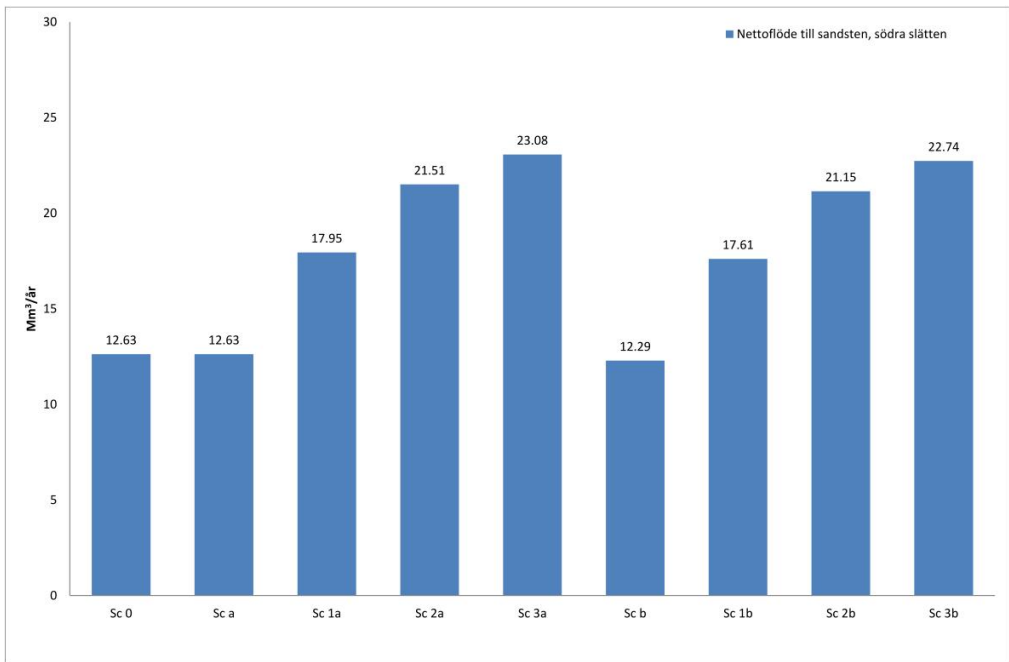


Figur 10. Totalt flöde till vattendrag (Mm³/år) för södra slätten. I siffrorna ingår avrinning, dränering och utbyte med grundvattnet

Nettogrundvattenflödet till sandstenen för de olika scenarierna visas i figur 11 för norra slätten och figur 12 för södra slätten.

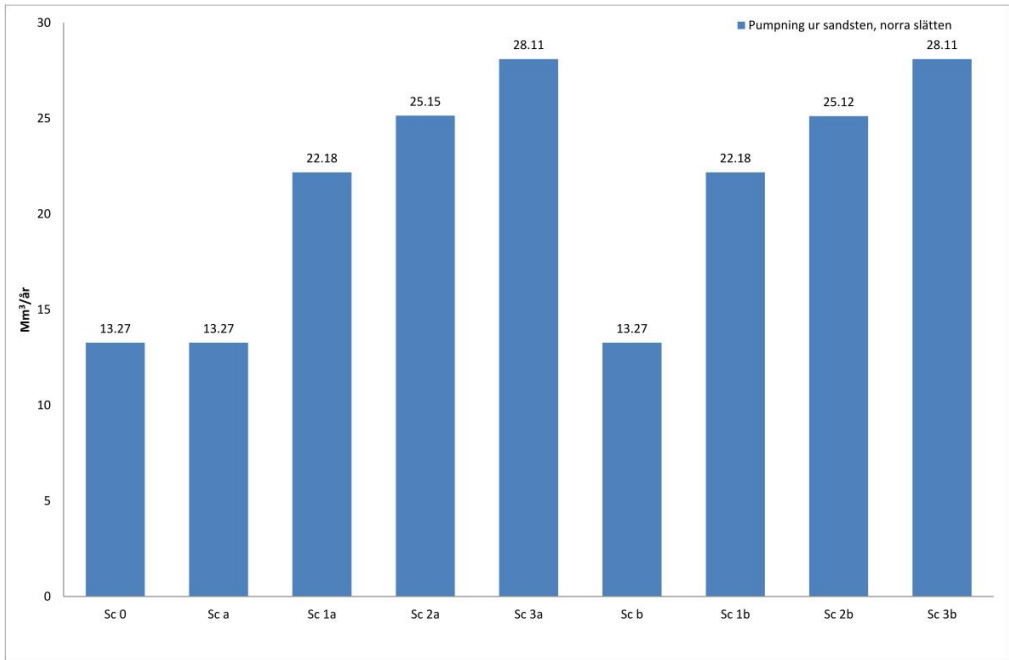


Figur 11. Nettogrundvattenflöde till sandstenen (Mm³/år) för norra slätten

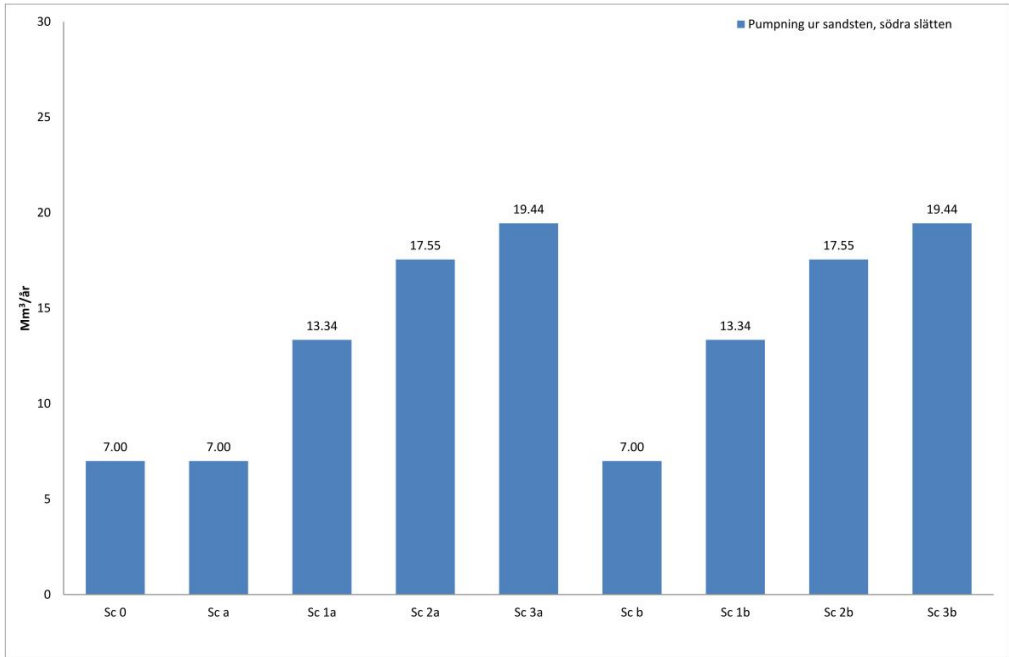


Figur 12. Nettogrundvattenflöde till sandstenen (Mm³/år) för södra slätten

Storleken på pumpningen ur sandstenen för de olika scenarierna visas i figur 13 för norra slätten och figur 14 för södra slätten.

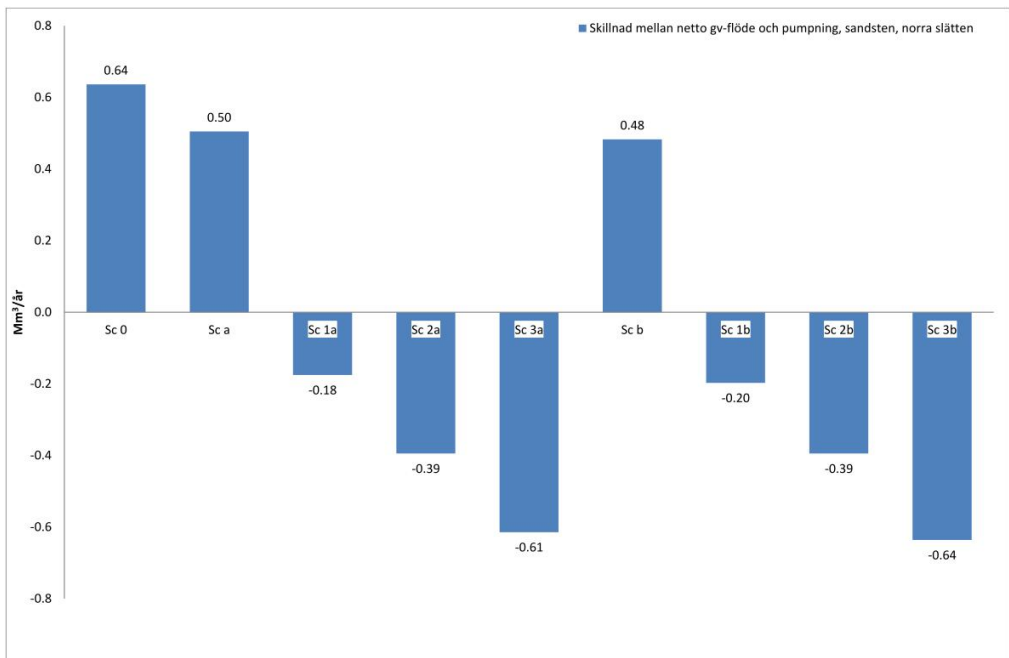


Figur 13. Total pumpning ur sandstenen (Mm³/år) för norra slätten

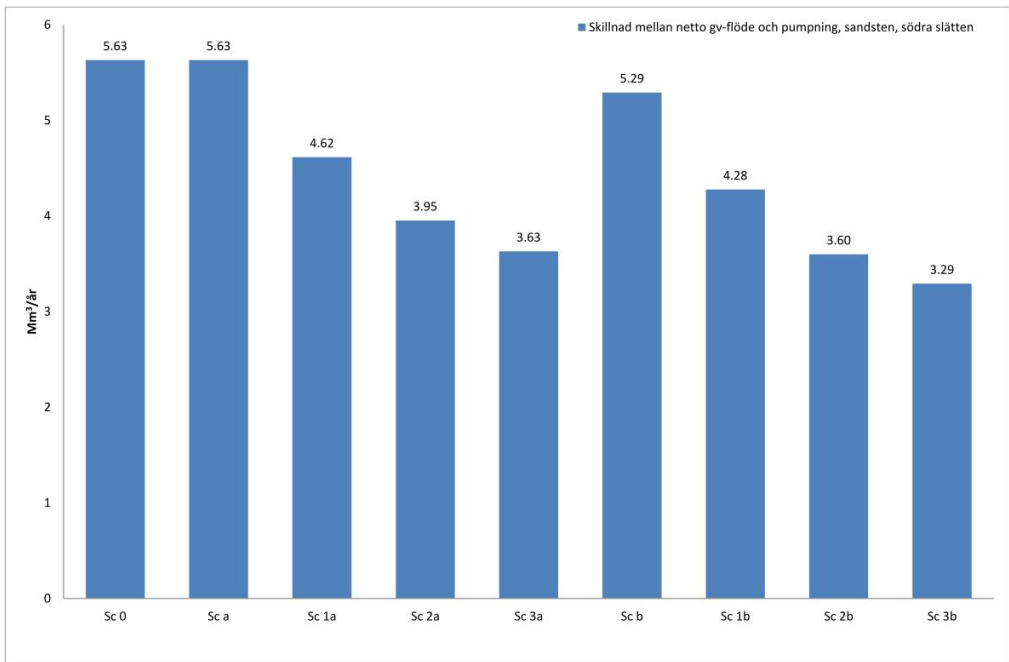


Figur 14. Total pumpning ur sandstenen (Mm³/år) för södra slätten

Skillnaden mellan nettogrundvattenflöde till sandstenen och det uppumpade flödet som ett årsmedelvärde för de olika scenarierna visas i figur 15 för norra slätten och figur 16 för södra slätten.

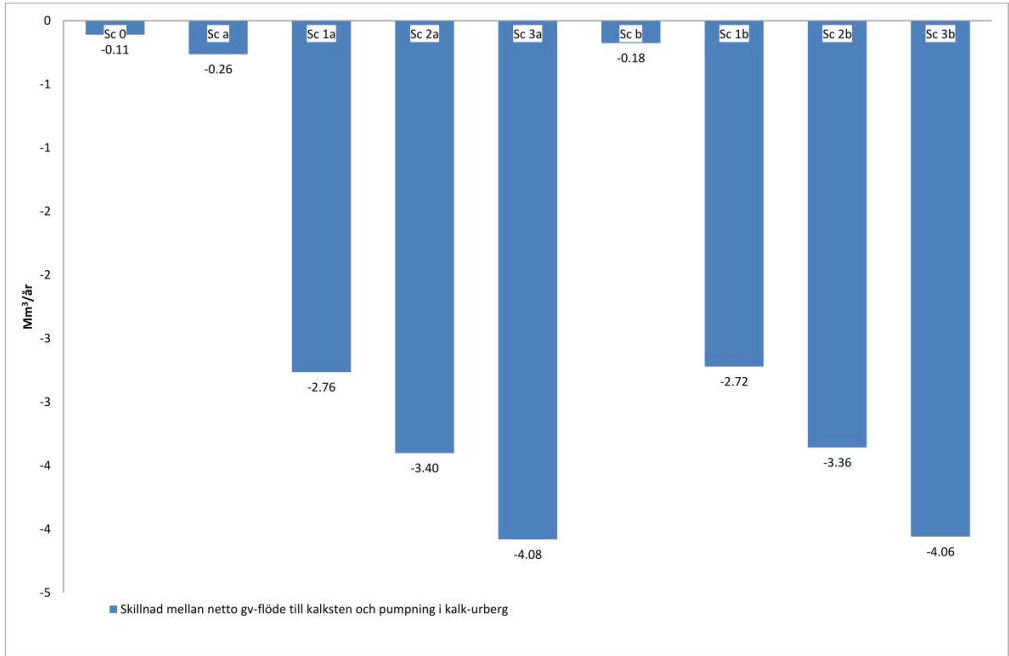


Figur 15. Skillnad mellan nettogrundvattenflöde och pumpning för sandstenen, norra slätten (Mm³/år)

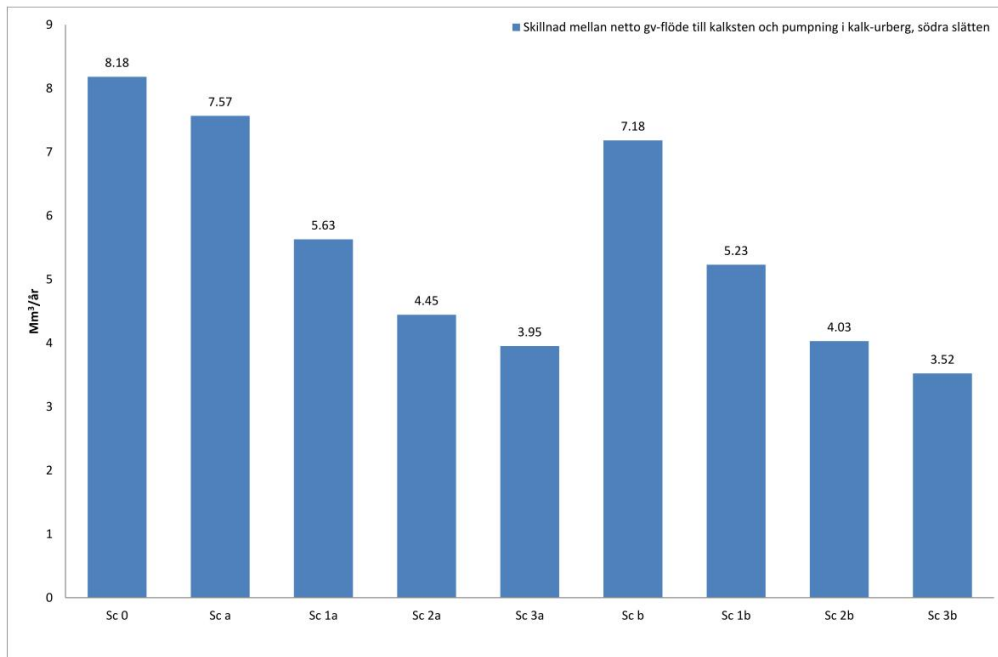


Figur 16. Skillnad mellan nettogrundvattenflöde och pumpning för sandstenen, södra slätten (Mm³/år)

Motsvarande skillnad mellan nettogrundvattenflöde till kalkstenen och pumpning i kalksten till urberg visas i figur 17 för norra slätten och figur 18 för södra slätten.



Figur 17. Skillnad mellan nettogrundvattenflöde till kalkstenen och pumpning ur kalksten till urberg för norra slätten (Mm³/år)



Figur 18. Skillnad mellan nettogrundvattenflöde till kalkstenen och pumpning ur kalksten till urberg för södra slätten (Mm³/år)

4.4

Flödet i Vramsåns nedströmsdel

Modellerat flöde i Vramsåns nedströmsdel för de olika scenariernas referensår (2001 för scenario 0 och 2092 för övriga) visas i bilaga 33. I bilaga 34 visas en inzoomning av samma data för flöden mellan 0 och 5 m³/s.

I bilaga 35 visas samma data som ovan men med en inzoomning på flöden mellan 0,3 och 0,6 m³/s. I diagrammet visas också värdena på stationskorrigerad medellågvattenföring (MLQ1) och naturlig medellågvattenföring (MLQ2) för Vramsån. Information om MLQ kommer från SMHI:s hemsida (vattenweb, 2013-04-13).

I tabell 2 presenteras information om det sammanlagda antalet dygn med flöden under medellågvattenflödena för scenario 0 och a-scenarierna (a, 1a, 2a, 3a). I tabell 3 presenteras motsvarande information för scenario 0 och b-scenarierna (b, 1b, 2b och 3b).

Tabell 2. Modelleringsresultat gällande det sammanlagda antalet dygn med flöden under det stationskorrigerade medellågvattenflödet (MLQ1) och det naturliga medellågvattenflödet (MLQ2) för referensåret för scenario 0 och a-scenarierna

	sc 0	sc a	sc 1a	sc 2a	sc 3a
Dygn under MLQ 1	0	0	0	0	20
Längsta sammanhängande period under MLQ 1 (dygn)	0	0	0	0	7 (1/8-8/8)
Dygn under MLQ 2	29	2	119	132	137
Längsta sammanhängande period under MLQ 2 (dygn)	16 (21/7-6/8)	2 (3/8-5-8)	99 (4/6-11/9)	126 (8/5-12/9)	132 (7/5-17/9)

Tabell 3. Modelleringsresultat gällande det sammanlagda antalet dygn med flöden under det stationskorrigerade medellågvattenflödet (MLQ1) och det naturliga medellågvattenflödet (MLQ2) för referensåret för scenario 0 och b-scenarierna

	sc 0	sc b	sc 1b	sc 2b	sc 3b
Dygn under MLQ 1	0	0	0	24	63
Längsta sammanhängande period under MLQ 1 (dygn)	0	0	0	5 (13/9-18/9)	37 (30/7-19/9)
Dygn under MLQ 2	29	28	131	145	147
Längsta sammanhängande period under MLQ 2 (dygn)	16 (21/7-6/8)	6 (30/7-5/8)	131 (11/5-19/9)	136 (6/5-20/9)	136 (5/5-19/9)

4.5

Partikelspårning

Resultaten från partikelspårningen för scenario 0 visas i bilaga 36. Motsvarande resultat för scenario 3b visas i bilaga 37. I bilagorna framgår de ursprungliga lägena för de partiklar som tagit sig ner till sandstenen under modelleringsperioden (30 år). I bilagorna framgår även transporttiderna för de olika partiklarna.

Referenser

Banverket, Projekt Hallandsås 2002, *MIKE SHE och MIKE 11 modellering av Hallandsås Indata; Nederbörd*, Upprättad av Ramböll augusti 2002.

DHI & VBB Viak, 1998, *Dokumentation av MIKE SHE-modellen för Kristianstadsslätten*

DHI & VBB Viak, 2005, *Dokumentation av uppdateringar av MIKE SHE-modellen för Kristianstadsslätten*

Jordbruksverket, rapport 2010:27, *Förstudie, Konsekvenser för jordbrukets vattenanläggningar i ett förändrat klimat*

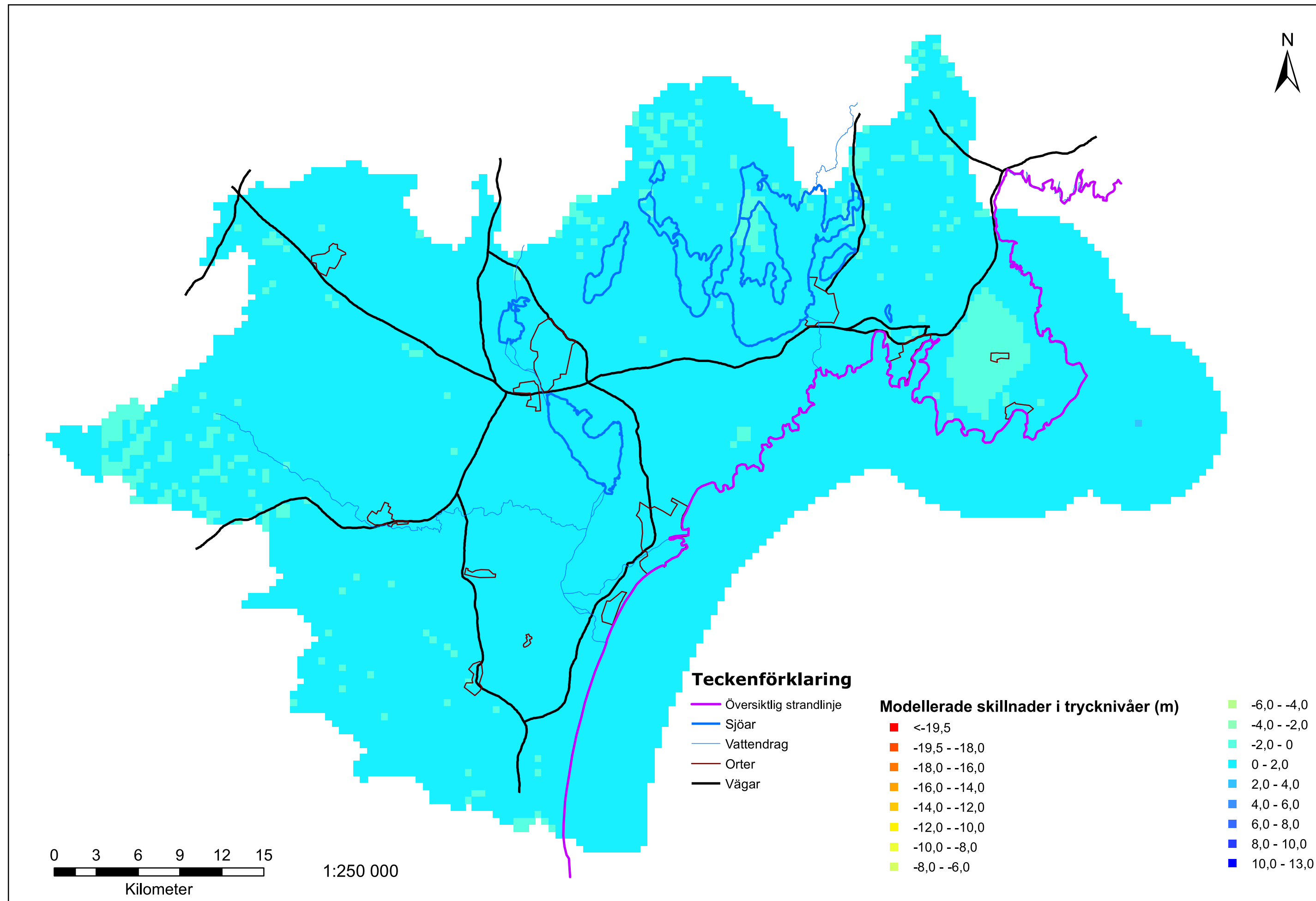
Kristianstad kommuns hemsida, 2013-04-12, klicka på länken "*Nya vattentäkter för Kristianstad kommun*" under "Dokument från möte med grundvattenrådet 5 maj 2011", <http://www.kristianstad.se/sv/Kristianstads-kommun/Djur--natur/Vatten/Grundvatten/Grundvattenrad/Moten-med-Grundvattenradet/>

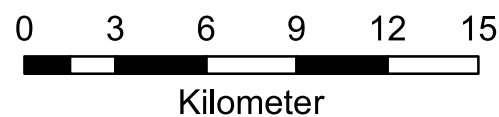
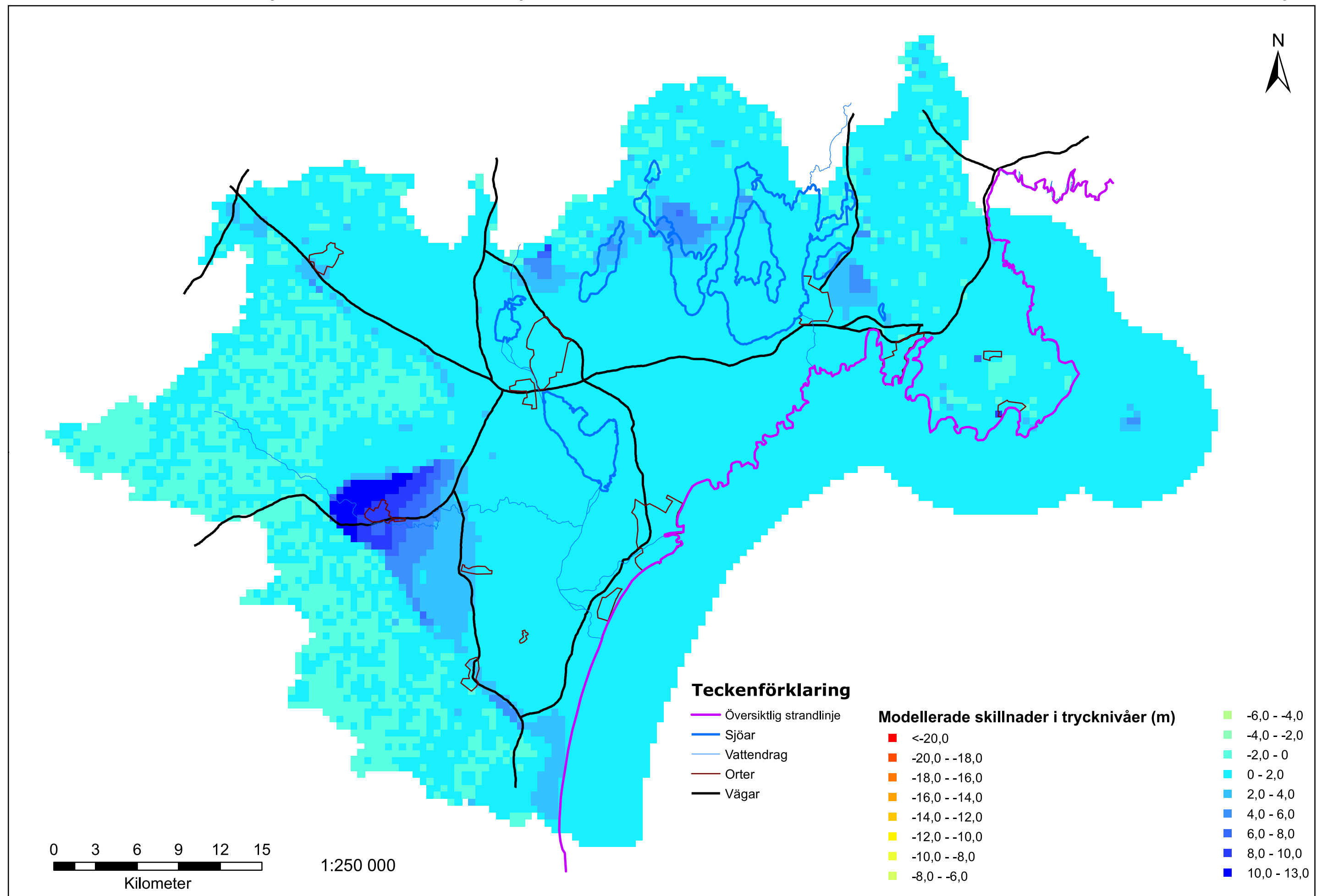
Kristianstad kommuns hemsida, 2013-04-12b, klicka på länken "*Grundvattenbudget för Kristianstadsslätten*" under "Dokument från möte med grundvattenrådet 5 maj 2011", <http://www.kristianstad.se/sv/Kristianstads-kommun/Djur--natur/Vatten/Grundvatten/Grundvattenrad/Moten-med-Grundvattenradet/>

SLU, 2009, *Strategic Analysis of Swedish Agriculture, Production systems and agricultural landscapes in a time of change*

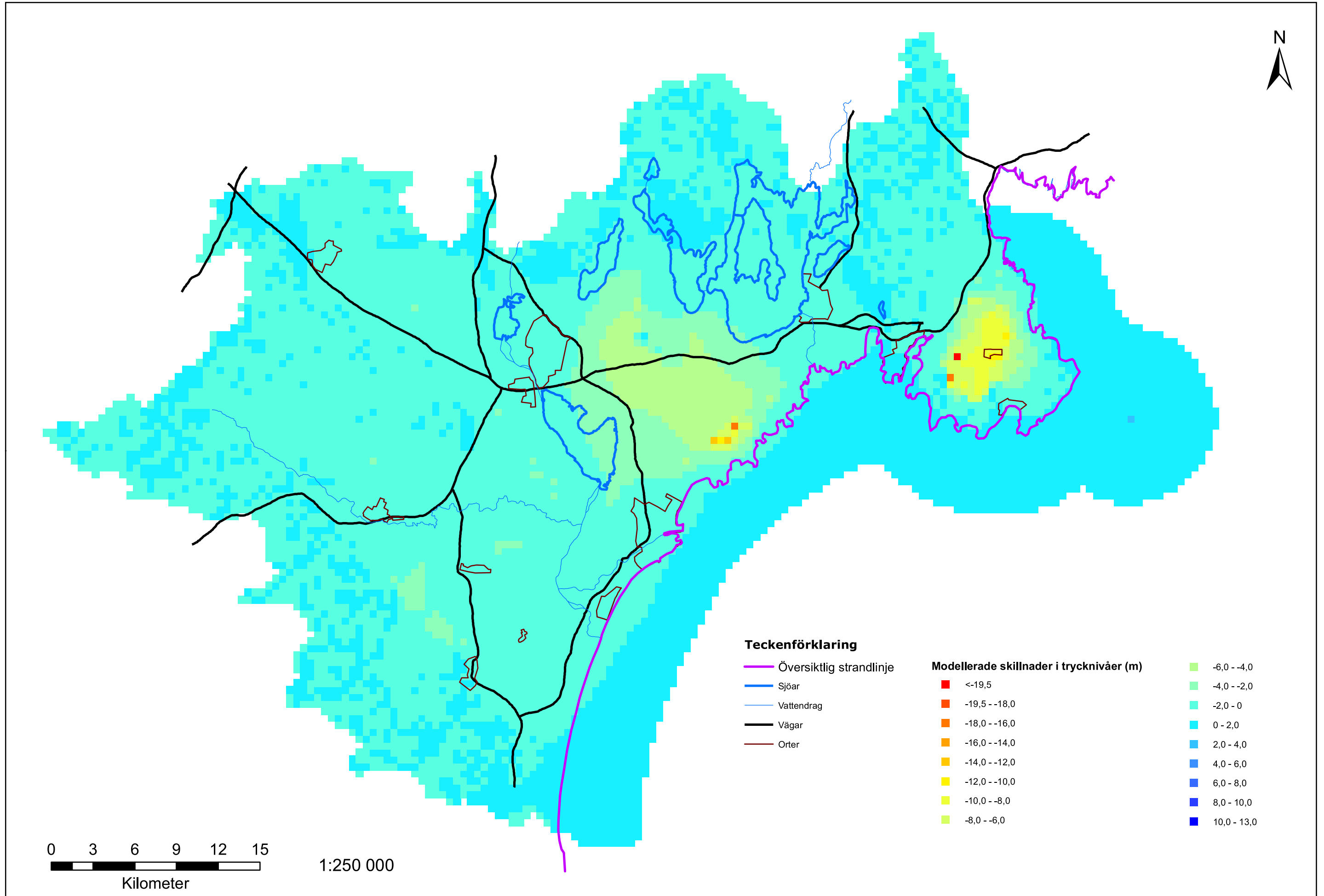
SMHI, 2011, *Klimatanalys för Skåne län*, Rapport Nr 2011-52

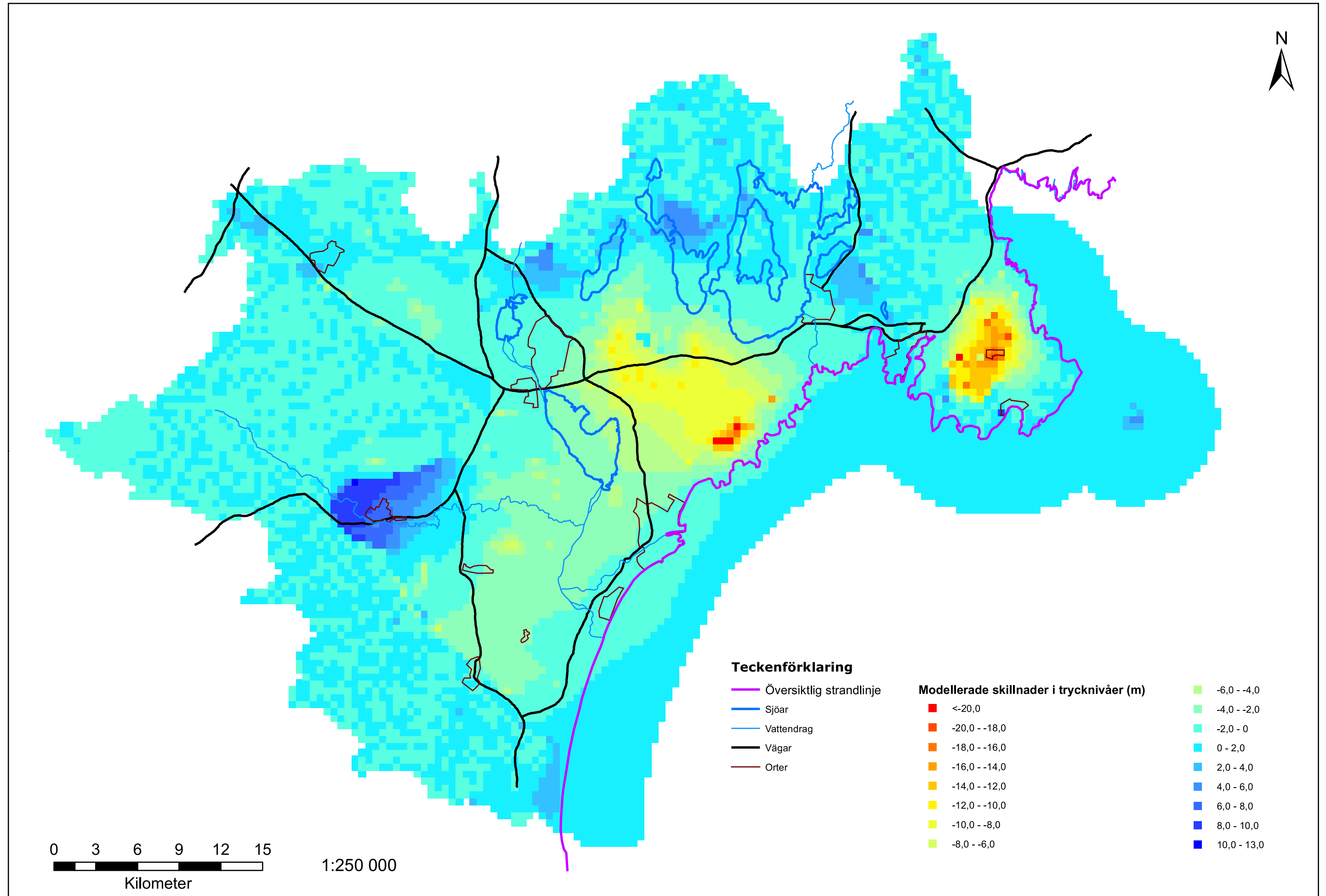
SMHI:s hemsida (vattenwebb), 2013-04-13, <http://vattenwebb.smhi.se/>

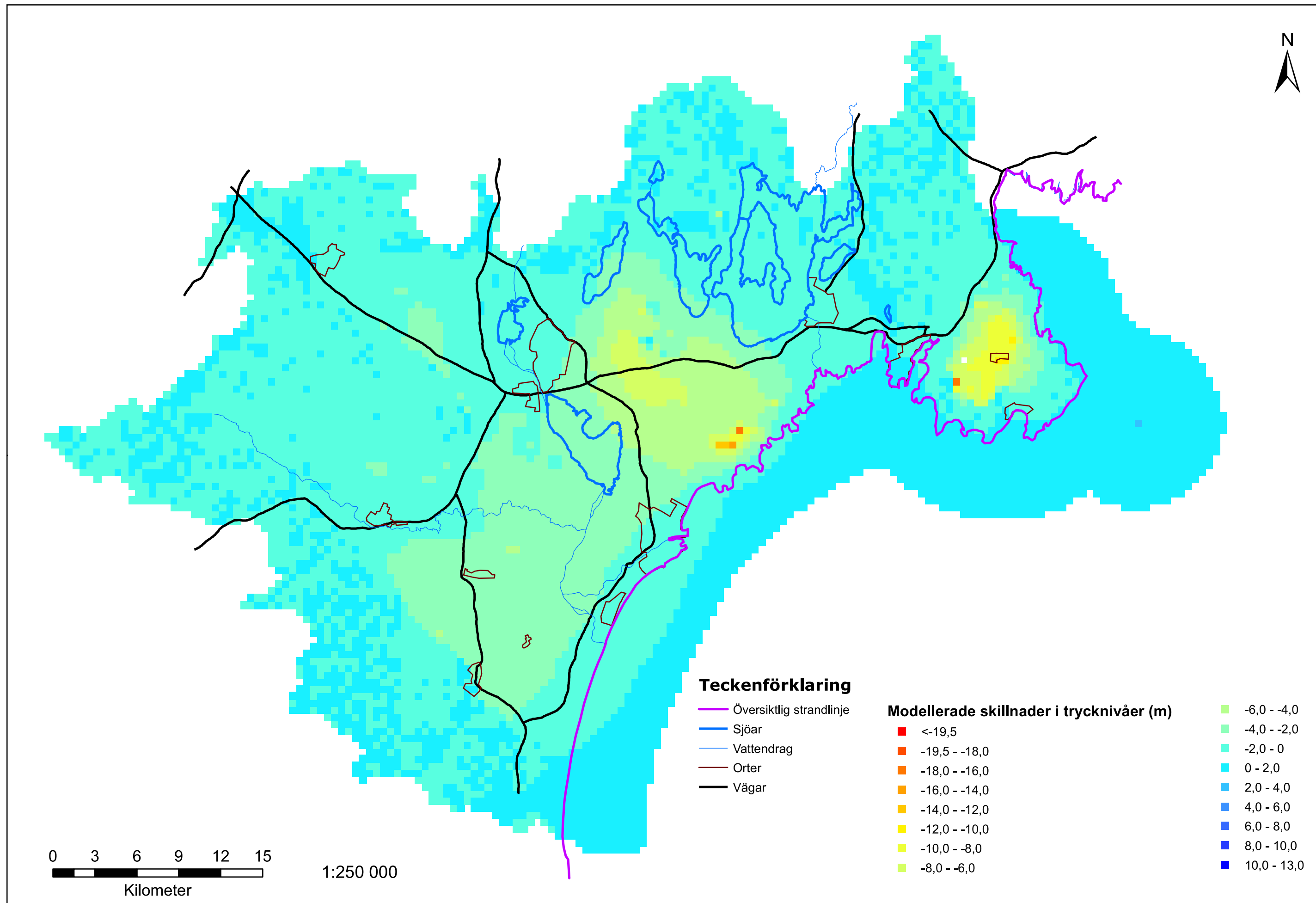


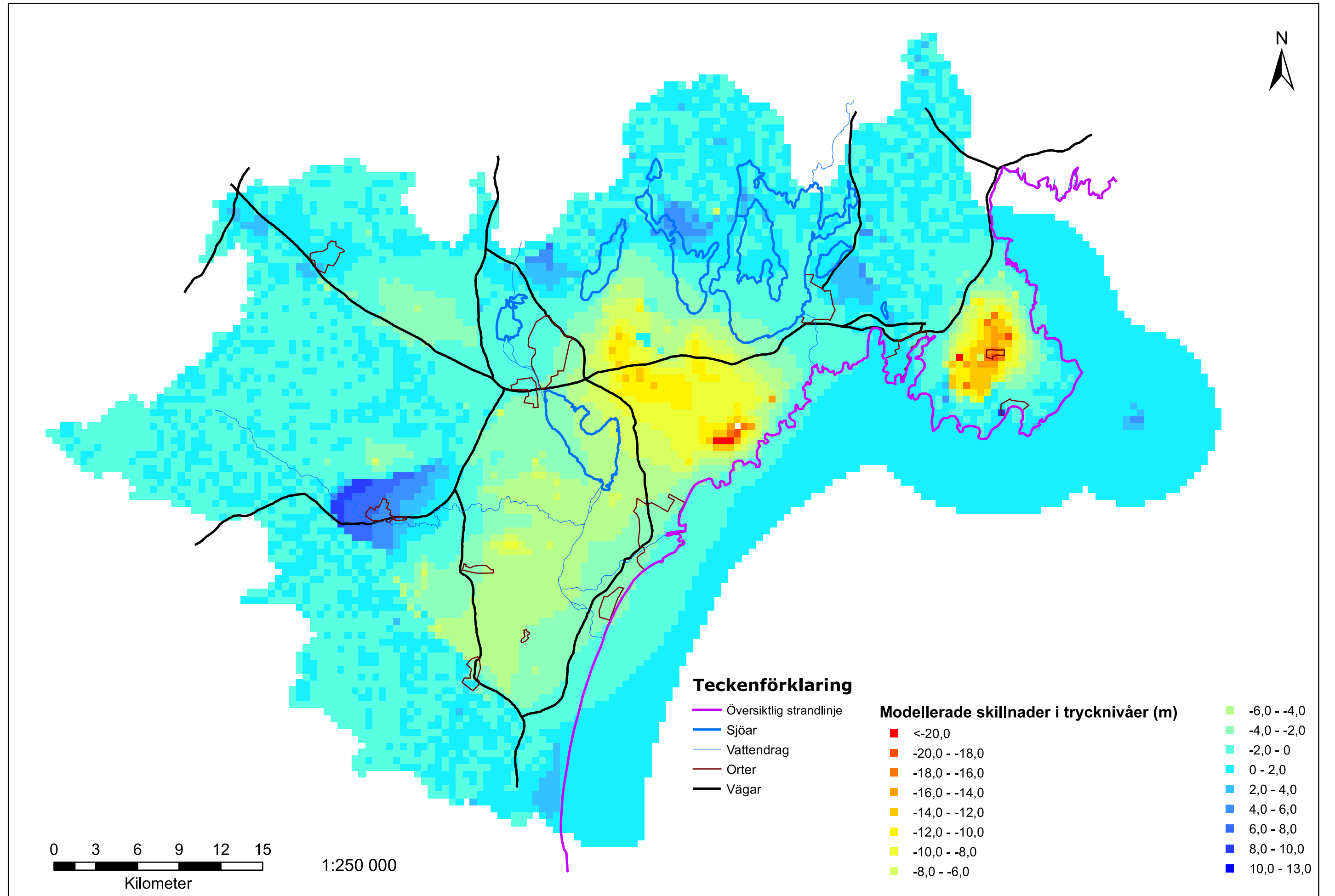


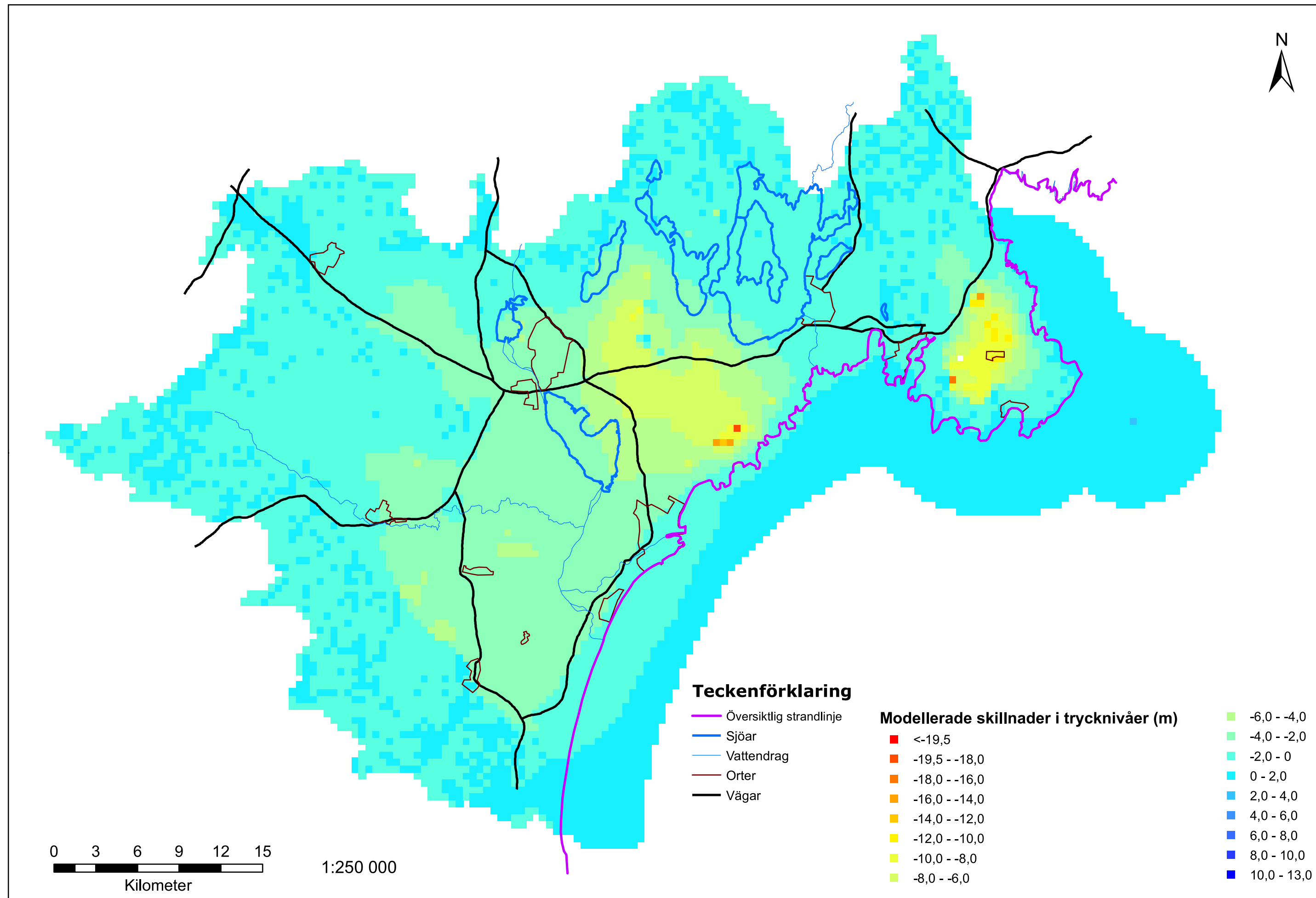
1:250 000

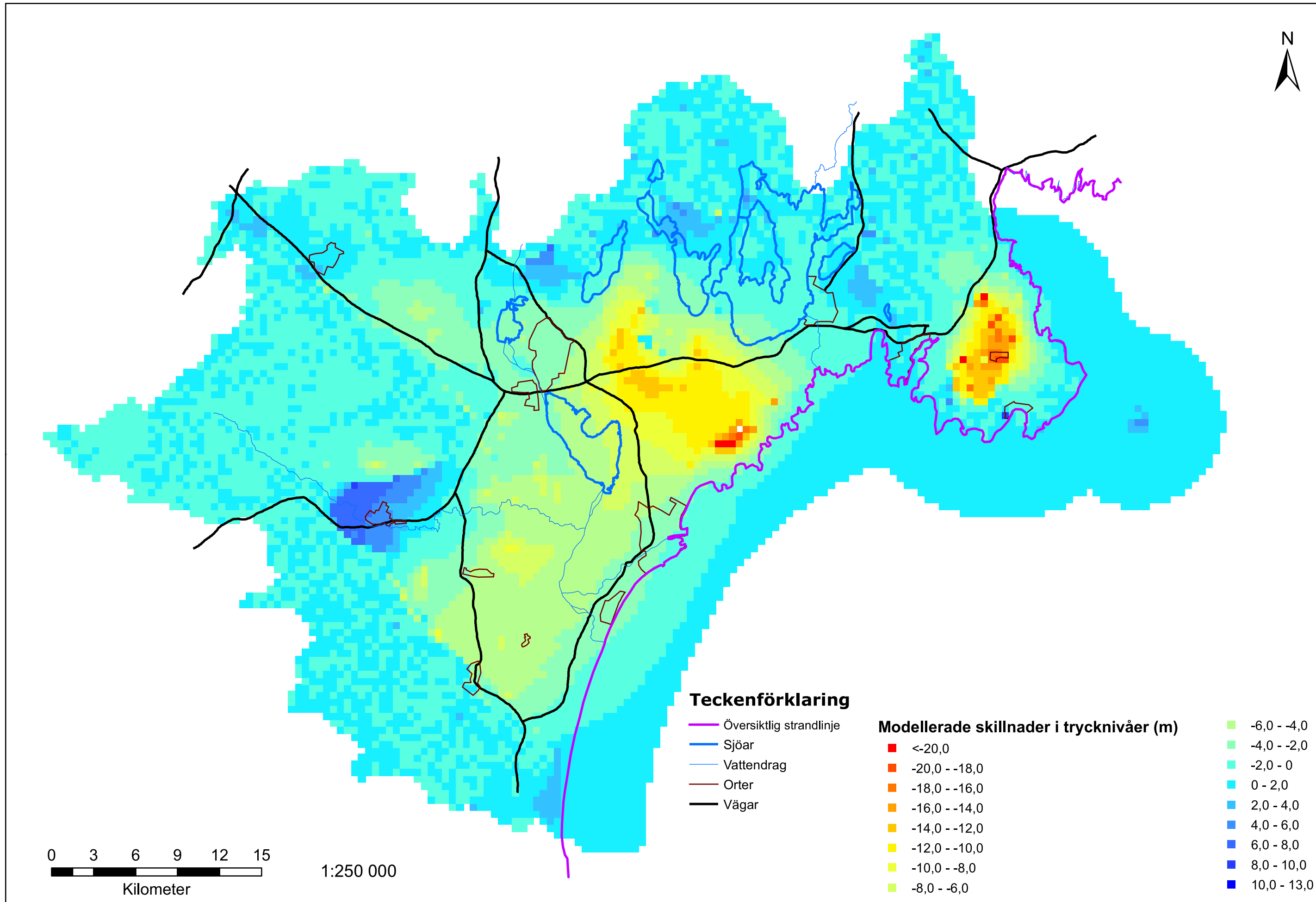












Teckenförklaring

- Översiktlig strandlinje
- Sjöar
- Vattendrag
- Orter
- Vägar

Modellerade skillnader i trycknivåer (m)

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ <-20,0 ■ -20,0 -- -18,0 ■ -18,0 -- -16,0 ■ -16,0 -- -14,0 ■ -14,0 -- -12,0 ■ -12,0 -- -10,0 ■ -10,0 -- -8,0 ■ -8,0 -- -6,0 | <ul style="list-style-type: none"> ■ -6,0 - -4,0 ■ -4,0 - -2,0 ■ -2,0 - 0 ■ 0 - 2,0 ■ 2,0 - 4,0 ■ 4,0 - 6,0 ■ 6,0 - 8,0 ■ 8,0 - 10,0 ■ 10,0 - 13,0 |
|---|---|

0 3 6 9 12 15
Kilometer

1:250 000

