

Utvärdering av modell- simulerade flöden av vatten, kväve och fosfor från land till Kattegatt och Skagerrak

Rapport från projekt Hav möter Land



Hav møter Land

Klima vatten samfundsplanlægning sammen

Rapportnummer: 32

Rapportnummer hos Länsstyrelsen: 2013:71

ISSN: 1403-168X

Författare: Johan Strömqvist, SMHI

Utgivare: Hav möter Land, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Omslagsfoto: Claes Hillén, Kartor: SMHI

Ämnesord: modellutvärdering, E-HYPE, flöden, transport av näringsämnen, modellera

Rapporten finns på www.havmoterland.se

Innehåll

Inledning	4
Metoder	5
HYPE modellen	5
E-HYPE version 2.1	5
Kalibrering	6
Utvärdering av modellen	7
Slutsatser	12
Referenslista	13
Appendix	14

Inledning

Vattenflöden och transport till hav av näringsämnen med ursprung från land kan ha stor påverkan på kustnära vatten och havet utanför. Sötvatteninflöde påverkar salthalt och näringsämnen bidrar till övergödning och uppkomsten av till exempel algblomningar. Genom att mäta flöden och näringsämnen koncentrationer går det att uppskatta tillrinningen till havet av vatten och näringsämnen. Det är generellt sett kostsamt att sätta upp och driva mätprogram vilket gör det svårt att erhålla data med tillräckligt hög tids- och rumsupplösning för att kunna få en god helhetsbild av tillståndet.

Matematiska beräkningsmodeller används ofta som ett sätt att extrapolera och interpolera mellan mätningar för att ge information i tid och rum där observationer saknas. Ett flertal hydrologiska modeller finns tillgängliga som utöver rent hydrologiska beräkningar även kan simulera vattenkemiska variabler som till exempel näringsämnen. Utdata från dessa modeller kan till exempel användas som indata i kustzons- och oceanografiska modeller. Modellerna, matade med projektioner av vädret i ett framtida klimat, möjliggör även för studier av hur hydrologin och vattenkemin kan komma att påverkas av klimatförändringar, något som inte är möjligt med mätningar. Det är även möjligt att simulera vilken effekt åtgärder för att minska näringsämnestransport kan ha, som till exempel förbättrad rening av avloppsvatten samt åtgärder inom jordbruket.

Syftet med studien är att utvärdera hur väl E-HYPE version 2.1, en paneuropeisk hydrologisk modelluppsättning som inkluderar näringsämnesberäkningar, simulera tillrinningen av vatten och näringsämnen till Skagerrak och Kattegatt. Resultaten som presenteras är en delmängd av den europatäckande modellen. Denna modell har inte specialanpassats för att erhålla den bästa överensstämmelsen med mätningar inom KASK-området, utan för att ge en så bra generell bild som möjligt av näringsläckage och vattendragsprocesser över hela den europeiska kontinenten. En detaljerad beskrivning av kalibreringsstrategi samt utvärdering av modellen för hela Europa finns i Donnelly et al. (2013).

Metoder

HYPE modellen

HYPE är en dynamisk, semi-distribuerad, processbaserad hydrologisk avrinningsområdesmodell (Lindström et al. 2010) som har möjligheten att med dygnsupplösning simulera flöden av vatten, kväve och fosfor. Modellen hanterar alla relevanta källor, sänkor, flödesvägar och processer i mark, vattendrag och sjöar som påverkar vattenflöden och näringsämnen i landskapet. Vid en typisk modelluppsättning för ett område delas avrinningsområden upp i delavrinningsområden som vidare delas in i klasser beroende på markanvändning och jordart. Varje klass har en vertikal uppdelning i upp till tre jordlager. Avrinning och ämne-transport simuleras från samtliga dessa lager samt eventuell ytavrinning och dränering från täckdikessystem. HYPE använder nederbörd och temperatur som drivdata tillsammans med de källor av kväve och fosfor som tillförs mark och sjöar (gödsling, atmosfärisk deposition och växtrester).

HYPE-modellen har använts för modellering av vattenkvalitet för stora geografiska områden tidigare, bland annat sverigetillämpningen (S-HYPE; Strömquist et al. 2012) och uppsättningen för Östersjöns avrinningsområde (Balt-HYPE; Arheimer et al. 2012). Data från dessa modeller finns allmänt tillgängliga på Vattenweb (<http://vattenwebb.smhi.se/>) respektive Balt-HYPE web (<http://balt-hypeweb.smhi.se/>).

E-HYPE version 2.1

Uppsättningen av HYPE-modellen för Europa (E-HYPE) har tagits fram och förfinats de senaste åren. I denna första version av modellen simuleras endast vattenflöden. Arbetet med att förbättra vattenmodellen och att lägga in näringsberäkningar har fortgått och en ny version (E-HYPE version 2.1) släpptes under våren 2013. Resultat från modellkörningar finns tillgängliga på E-HYPE web (<http://e-hypeweb.smhi.se/>).

Modelluppsättningen bygger på allmänt tillgängliga europeiska och globala databaser (Tabell 1). I modelluppsättningen har Europa delats in i 35 447 delavrinningsområden med en medianstorlek på 215 km². Modellen behandlar såväl punktkällor som diffusa källor av kväve och fosfor från till exempel jordbruksmark, men även övriga typer av markanvändning. Markläckaget beräknas dynamiskt och påverkas av källor (till exempel gödsling och atmosfärisk deposition), sänkor (till exempel växtupptag, denitrifikation), processer i marken samt av hydrologiska faktorer. Bidraget från punktkällor beräknades för varje delavrinningsområde utifrån befolkningsdata, schabloner för per-capita kväve- och fosforkoefficienter och landspecifik uppnådd reningsgrad av avloppsvatten. Väl ute i vattendragen transporteras näringsämnena mot havet under påverkan av olika retentionsprocesser (denitrifikation, sedimentation och omvandlingsprocesser mellan olika faser av kväve och fosfor). Vattnets omsättningstid, i sjöar och vattendrag, som simuleras implicit i modellen, påverkar retentionen i hög grad.

Kalibrering

Utöver in- och drivdata till modellen måste värden sättas på ett antal modellspecifika parametrar. I HYPE-modellen finns parametrar som antingen är generella och sådana som är kopplade till markanvändning eller jordart. Modellparameteriseringen utgick från parametrar framtagna under arbetet med sverigetillämpningen av HYPE (S-HYPE). Med detta som grund kalibrerades de jordarts- och markanvändningsberoende parametrar som styr avrinning från mark i ett antal små homogena områden med försumbar andel sjöareal. Avdunstningsparametrar ställdes även in bland annat med hjälp av data från ett antal s.k. fluxtorn lokaliserade i olika delar av Europa. Regleringsrutiner och avbördningsekvationer för ett antal större sjöar och dammar kalibrerades manuellt där nedströms vattenföringsdata fanns tillgänglig.

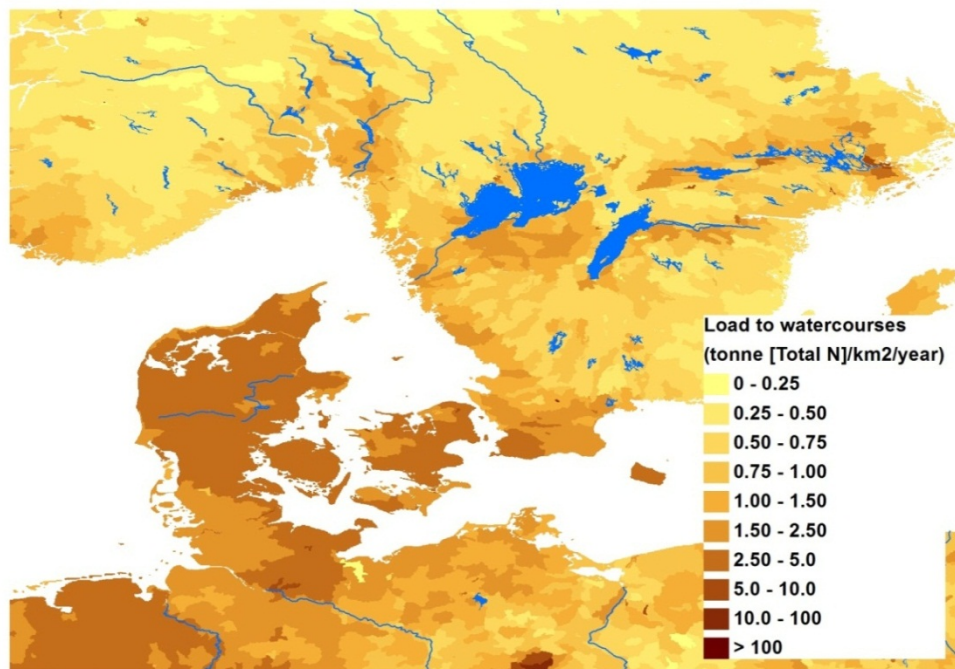
Parametrar som styr förluster av näringsämnen från jordbruksmarken, den dominerande diffusa källan för fosfor och kväve i stora delar av Europa, kalibrerades initialt med hjälp av data från 16 små jordbruksdominerade områden i Europa (Bouraoui et al. 2009). Parametrar som styr läckaget från övriga markanvändningar var hårdare knutna till S-HYPE parameteriseringen. Mätdata av närsaltskoncentrationer från mätstationer lagrade i EEAs WISE-databas användes för ytterligare finjustering av vattenkvalitetsparametrar. Version 4.1.0 av HYPE-modellen användes i samtliga beräkningar.

Tabell 1. Lista över databaser använda vid uppsättningen av E-HYPE version 2.1. Källhänvisning finns i Appendix.

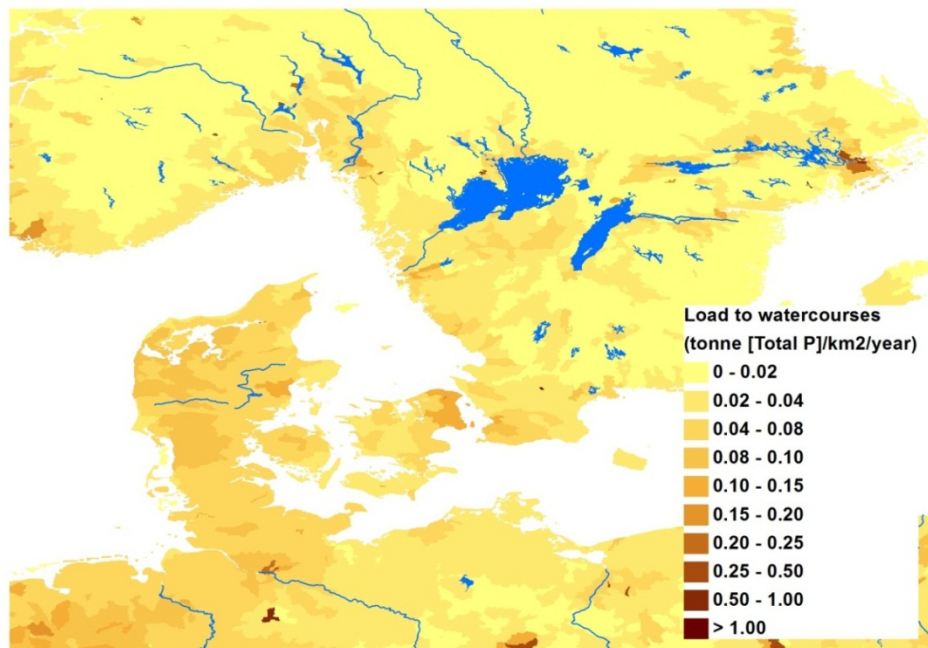
Variabel	Källa
Topografi/routing	Hydrosheds [1] och Hydro 1K (för latituder > 60 deg) [2]
Drivdata (nederbörd och temperatur)	ERA-INTERIM (korrigerad med data från GPCC för nederbörd)
Markanvändning	CORINE [3] and Globcover 2000 (Där CORINE saknar täckning)[4]
Urbana ytor	Euroland Soil Sealing 2009 [5]
Sjöytor	GLWD (Global Lake and Wetland database) [6]
Sjö- och reservoardata	GLWD (Global Lake and Wetland database) [6] ERMOBST [7] FLAKE-Global [8] International Water Power & Dam Construction yearbook 2011 [9] ILEC World Lake database[10] LEGOS [11] Svenskt vattenarkiv (SMHI) [12]
Bevattningsdata	European Irrigation Map [13] Gmia [14]
Jordartsdata	European Soils Database [15] och DSMW (Digital Soil Map of the World) [16]
Punktkällor (Urbana/Rurala)	HYDE population database[17], EEA (reningsgrad) [18]
Punktkällor (Industri)	EPTR[19]
Jordbruksdata/statistik	CAPRI [20]
Atmosfärisk kvävedeposition	MATCH[21]

Utvärdering av modellen

Områden med hög andel jordbruksmark dominerar den rumsliga bilden av kvävebelastningen till vattendrag i området enligt modellen (Figur 1). Simulerad belastning i Danmark är generellt hög på grund av stor andel jordbruksmark, brukad med relativt hög intensitet. I denna modelluppsättning beräknas punktkällor utifrån befolkningsdata varför stora befolkningscentra också sticker ut som ”hot spots”. För fosfor (Figur 2) är bilden likartad, men punktkällornas bidrag syns tydligare.



Figur 1. Lokal belastning av totalkväve från punktkällor och diffusa källor.

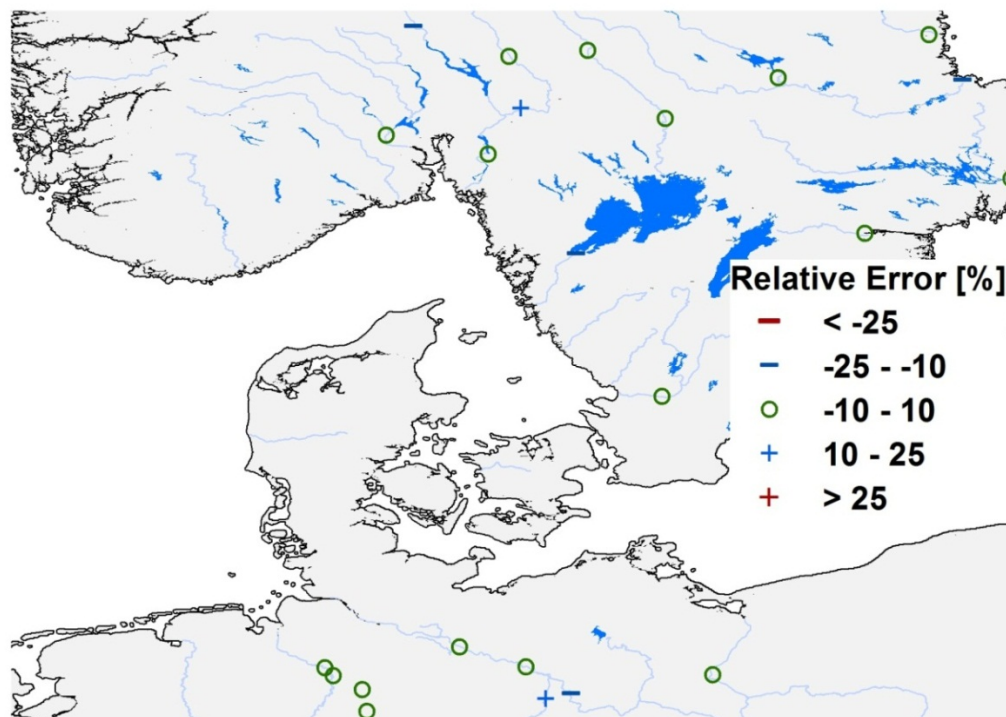


Figur 2. Lokal belastning av totalfosfor från punktkällor och diffusa källor för perioden.

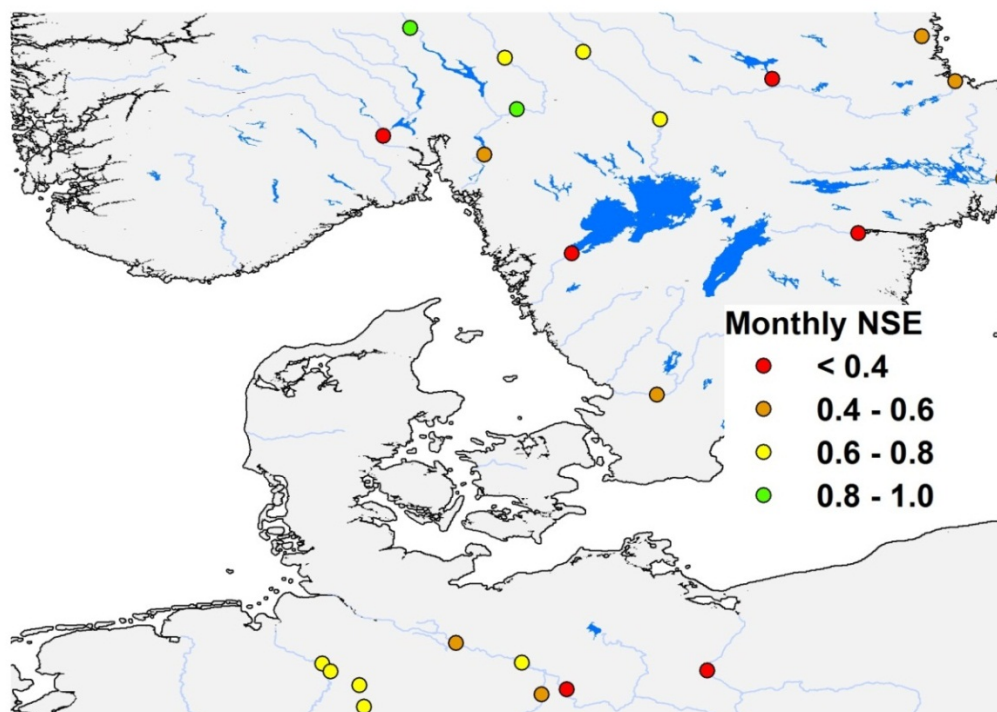
Modellens flödessimuleringar har utvärderats mot flödestidsserier från Global Runoff Data Center (GRDC) med avseende på volymfel (Figur 3) och flödesdynamik (Figur 4). Volymfelen i vattenföringssimuleringen är oftast inom $\pm 10\%$. Flödesdynamiken utvärderad med Nash-Sutcliffe Efficiency, ett vanligt mått för att utvärdera hydrologiska modeller, visar på medelgoda resultat, men de kan inte jämföras med lokalt- eller regionalt anpassade modeller (jämför till exempel S-HYPE; Strömqvist et al. 2012).

Modellen har även utvärderats mot oberoende mätdata från EEAs WISE-databas med avseende på kväve- och fosforkoncentrationer. Jämförelserna är gjorda för stationer med mer än tre års data med avrinningsområden större än 250 km^2 . Data i denna databas är lagrade i form av års- och säsongsmedelvärden av kväve- och fosforkoncentrationer för mätstationer hämtade från nationell miljöövervakning. EEA data är till skillnad mot HYPE-resultaten inte flödesviktade.

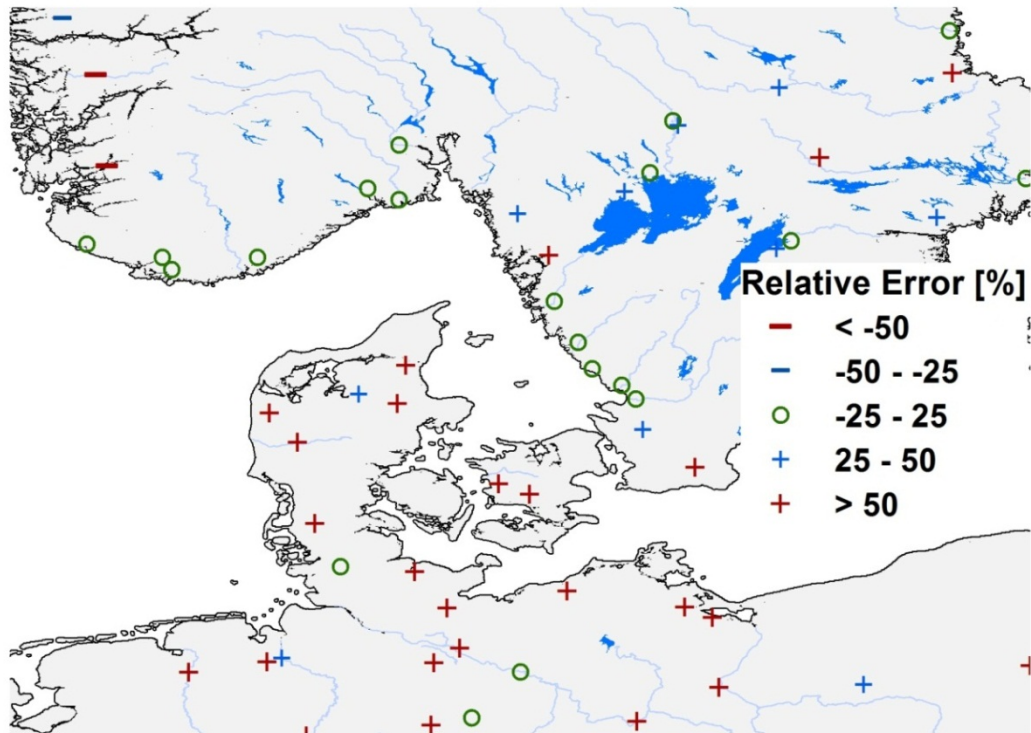
Modellen simulerar relativt väl nivåerna av totalkväve i svenska och norska vattendrag medan en generell överskattning ses i danska vattendrag (Figur 5). Fosfor överskattas generellt i hela området (Figur 6). Det bör återigen påpekas att modellen inte är specifikt anpassad för detta område utan är en kompromisslösning för att ge en god generell bild av flöden och näringsämnen över hela Europa. Modellresultatet visar på en generell överskattning av förlusterna i Danmark, vilket kan bero på överskattade förluster från jordbruksmarken.



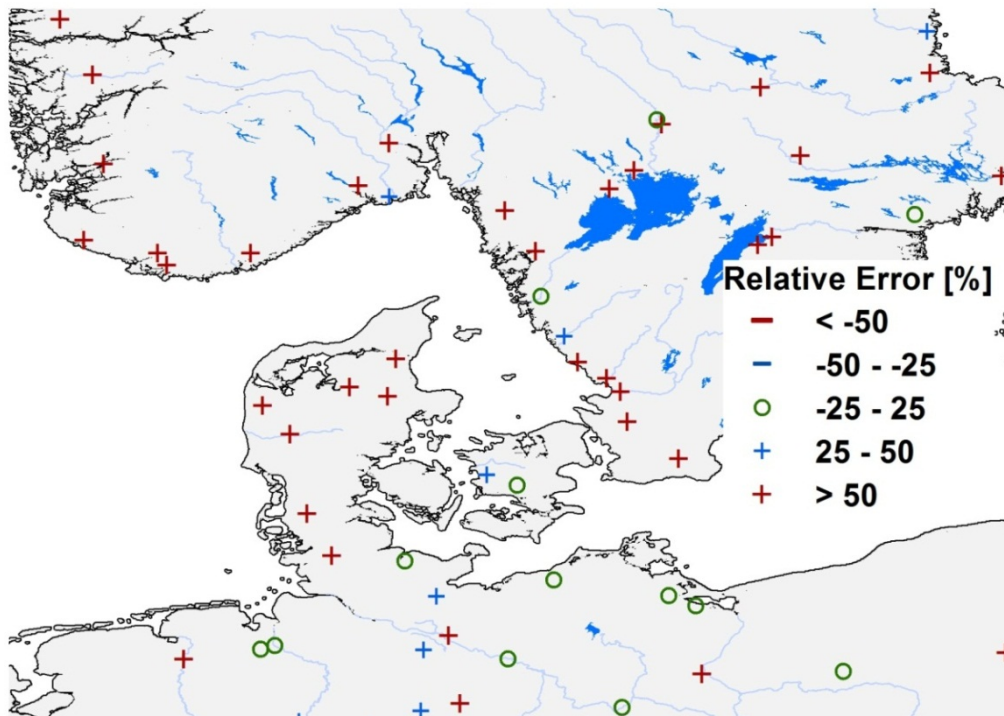
Figur 3. Relativt fel i simulerad vattenföring jämfört med stationsdata för perioden 1990-2008.



Figur 4. Nash-Sutcliffe Efficacy (NSE) för simulerad vattenföring jämfört med stationsdata för perioden 1990-2008.



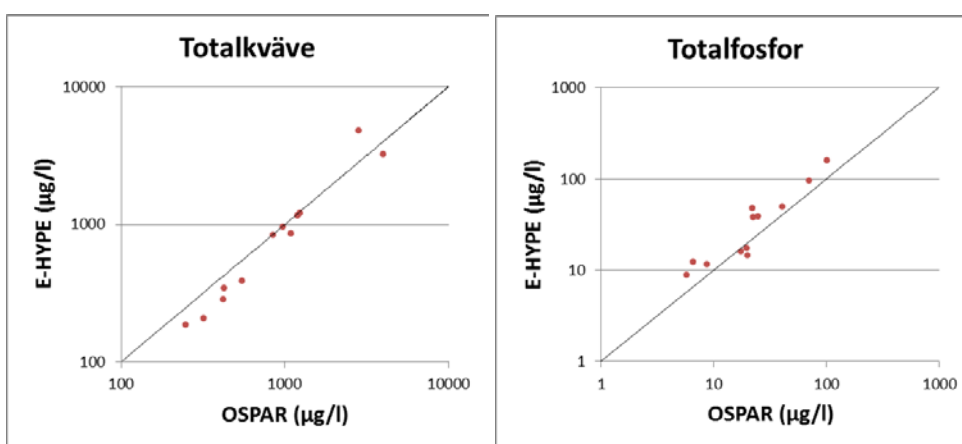
Figur 5. Relativt fel i simulerad totalkvävekoncentration jämfört med stationsdata för perioden 1990-2008.



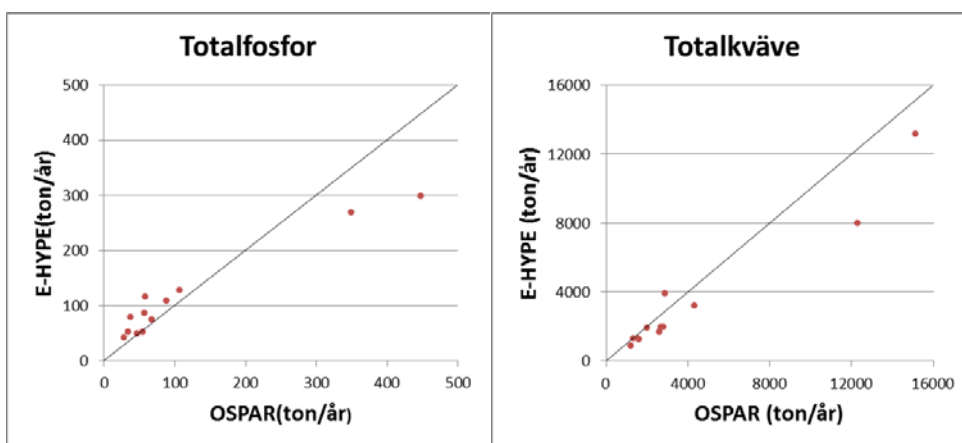
Figur 6. Relativt fel i simulerad totalfosforkoncentration jämfört med stationsdata för perioden 1990-2008.

Jämförelsen med de till OSPAR rapporterade kväve- och fosforkoncentrationer i större vattendrag som mynnar till havet visar på en liknande bild som jämförelsen med EEA data (Figur 7). Kvävekoncentrationerna i flodmynningarna överensstämmer relativt väl med uppskattningarna i OSPAR medan fosforuppskattningen i E-HYPE generellt är högre än OSPARs. Det är värt att notera att modellen, även om de relativa felen är stora i vissa punkter, simulerar den rumsliga variabiliteten väl.

Transporten av kväve och fosfor till havet (Figur 8), som även är beroende av flödet fångar den rumsliga variabiliteten väl, särskilt med avseende på kväve. För fosfor så slår de överskattade koncentrationerna igenom även på transportuppskattningen.



Figur 7. Medelhalter av totalkväve (a) och totalfosfor (b) i större vattendrag inom KASK-området simulerat med E-HYPE jämfört med rapporteringen till OSPAR.



Figur 8. Årlig transport av totalkväve (a) och totalfosfor (b) i större vattendrag inom KASK-området simulerat med E-HYPE jämfört med rapporteringen till OSPAR.

Slutsatser

Modellutvärderingen visar att E-HYPE version 2.1 väl simulerar det rumsliga mönstret av transport och halter av kväve i vattendrag som dränerar till Kattegatt och Skagerrak. Fosforkoncentrationerna blir däremot generellt överskattade i området.

Modellen som använts är en del av en generell modell över vattenflöden och närsalter i hela Europa. Man skulle kunna få en betydligt bättre överensstämmelse mellan simuleringsresultat och mätvärden om ett visst mått av regional anpassning av modellen och individuell kalibrering av viktiga sjöar gjordes.

Referenslista

- Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C., Lindström, G., & Strömqvist, J. (2012). Water and nutrient simulations using the HYPE model for Sweden vs. the Baltic Sea basin – influence of input-data quality and scale. *Hydrology research* 43(4):315-329.
- Bouraoui, F., Grizzetti, B., Adelsköld, G., Behrendt, H., de Miguel, I., Silgram, M., Gómez, S., Granlund, K., Hoffmann, L., Kronvang, B., Kværnø, S., Lázár, A., Mimikou, M., Passarella, G., Panagos, P., Reisser, H., Schwarzl, B., Siderius, C., Sileika, A. S., Smit, A. A. M. F. R., Sugrue, R., VanLiedekerke, M. & Zaloudik, J. (2009) Basin characteristics and nutrient losses: the EUROHARP catchment network perspective. *J. Environ. Monit.*, 11, 515-525.
- Donnelly, C., Arheimer, B., Capell, R., Dahné, J. & Strömqvist, J. (2013) Regional overview of nutrient load in Europe – challenges when using a large-scale model approach, E-HYPE. *Proceedings of the IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden (In press).*
- Lindström, G., Pers, C.P., Rosberg, R., Strömqvist, J. and Arheimer, B. (2010). Development and test of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) model – A water quality model for different spatial scales. *Hydrology Research* 41.3-4: 295-319.
- Strömqvist, J., Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C. and Lindström, G. (2012) Water and nutrient predictions in ungauged basins: set-up and evaluation of a model at the national scale, *Hydrological Sciences Journal*, 57:2, 229-247.

Appendix

Datakällor använda vid uppsättningen av E-HYPE version 2.1

1. Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A.: New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Trans., AGU* 89(10), 93–94 (2008)
2. USGS (US Geological Survey): Hydro1k Elevation Derivative Database. <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>
3. EIONET,2003.Central Data Repository. <http://cdr.eionet.eu.int>. [Date accessed: 14 Feb 2009]
4. GLC2000; http://bioval.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/data_access.php
5. Euroland Soil Sealing 2009: HR Layer Imperviousness 2009 - Pan european - P-EL-03. Produced by: GeoVille, Planetek, Infoterra
6. GLWD (Global Lakes and Wetlands database) Lehner, B. and P. Döll (2004): Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology* 296/1-4:1-22
7. EEA (register called ERMObst) European Environmental Agency Waterbase (EEA, 2009) EEA (2009) European Environmental Agency's Waterbase. www.eea.europa.eu/data-andmaps/data/waterbase-lakes-6 Accessed 15 January 2010.
8. Kirillin, G., et al. 2011, FLake-Global: Online lake model with worldwide coverage, *Env. Modell. Soft.*, in press, doi:10.1016/j.envsoft.2010.12.004
9. (<http://edition.pagesuiteprofessional.co.uk/launch.aspx?referral=other&pnum=225&refresh=cZ14S05wdF09&EID=e09e710c-eda7-4a00-8395-19b66f2dea5d&skip=&p=22>)
10. (<http://wldb.ilec.or.jp/LakeDB2/>) (ILEC= International Lake Environment Committee Foundation)
11. LEGOS (Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales) <http://www.legos.obs-mip.fr/en/>
12. Swedish water archive (SVAR) <http://svarwebb.smhi.se/>
13. European Irrigation Map: Wriedt, G., Van der Velde, M., Aloe, A., Bouraoui, F., 2009. A European irrigation map for spatially distributed agricultural modelling. *Agricultural Water Management* 96, 771-789, doi:10.1016/j.agwat.2008.10.012
14. IWMI Global Irrigated Area Map (GIAM) www.iwmiGIAM.org/info/main/index.asp
15. RC: http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/ESDB/index.htm European Soils Database
16. www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home
www.fao.org/nr/land/soils/digital-soil-map-of-the-world/en/

17. Goldewijk, K., Beusen, A., de Vos, M. & van Drecht, G. 2011. Holocene=Anthropocene. The HYDE database for integrated global change research over the past 12,000 years. Global Ecology and Biogeography. Hydrolog. Sci. J. (in press Feb 2012).
18. EEA Treatment level www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/waterbase-uwtd-urbanwaste-water-treatment-directive-1
19. European Pollutant Release and Transfer Regulation (EPRTTR) www.eea.europa.eu/dataand-maps/data/member-states-reporting-art-7-under-the-european-pollutant-release-and-transferregister-e-prtr-regulation-4
20. Britz, W., Pérez, I., Zimmermann, A. & Heckeley, T. 2007 Definition of the CAPRI Core Modelling System and Interfaces with other Components of SEAMLESS-IF. SEAMLESS report no. 26, January 2007. Understanding fresh-water quality problems in a changing world Proceedings of, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ., 2013).
21. MATCH www.smhi.se Andersson, C., Langner, J. and Bergström, R. 2007. Interannual variation and trends in air pollution over Europe due to climate variability during 1958-2001 simulated with a regional CTM coupled to the ERA40 reanalysis. Tellus 59B, 77-98.
22. GEMSTAT www.gemstat.org
23. EEA www.eea.europa.eu



Om projekt Hav möter Land

Klimat, vatten, samhällsplanering tillsammans

Hav möter Land samlar 26 organisationer i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak.



Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser.

Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap.

I projektet arbetar kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter tillsammans. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

Hjälp gärna till på www.havmoterland.se.



Partners

Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Østfold fylkeskommune

Artdatabanken

Aust-Agder fylkeskommune

Buskerud fylkeskommune

Falkenbergs kommun

Fylkesmannen i Aust-Agder

Fylkesmannen i Buskerud

Fylkesmannen i Telemark

Fylkesmannen i Vestfold

Fylkesmannen i Østfold

Göteborgs universitet

Havs- och vattenmyndigheten

Kungsbacka kommun

Larvik kommune

Lysekils kommun

Länsstyrelsen i Hallands län

Nøtterøy kommune

Orust kommun och projekt 8 fjordar

Region Halland

SMHI

Sotenäs kommun

Telemark fylkeskommune

Vestfold fylkeskommune

Västra Götalandsregionen

Århus Universitet

Utvärdering av modellsimulerade flöden av vatten, kväve och fosfor från land till Kattegatt och Skagerrak

Modellutvärderingen visar att E-HYPE version 2.1 väl simulerar det rumsliga mönstret av transport och halter av kväve i vattendrag som dränerar till Kattegatt och Skagerrak. Fosforkoncentrationerna blir däremot generellt överskattade i området.

Modellen som använts är en del av en generell modell över vattenflöden och närsalter i hela Europa. Man skulle kunna få en betydligt bättre överensstämmelse mellan simuleringsresultat och mätvärden om ett visst mått av regional anpassning av modellen och individuell kalibrering av viktiga sjöar gjordes.



Hav möter Land

Projekt Hav möter Land samlar 26 kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak. Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser. Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

www.havmoterland.se



Hav møter Land



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden



Interreg IVA
ÖRESUND – KATTEGAT – SKAGERRAK