

Bilaga 9. Havs- och vattenmyndigheten

Underlagsrapport

Datum
2014-06-16
Handläggare
Thomas Klein
Kunskapsavdelningen / Enheten för forskning och miljömål
thomas.klein@havochvatten.se

Dnr
00943-2014
Direkt
010-698 6049

Mottagare
SMHI

Uppdateringen av kunskapsläget sedan klimat- och sårbarhetsutredningen – Hav, vatten och fisk

Underlagsrapport från Havs- och vattenmyndigheten till SMHI:s *regeringsuppdrag att utarbeta underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat*

Underlagsrapporten har utarbetats av:

Thomas Klein, Ulrika Stensdotter Blomberg, Erika Axelsson, Margareta Lundin Unger, Johanna Andreasson, Anna Mellin, Fredrik Nordwall, Johan Kling, Håkan Carlstrand, Andreas Sundelöf, Christer Larsson, Anna Ek (alla Havs- och vattenmyndigheten) och Håkan Westerberg (SLU, Institutionen för akvatiska resurser).

Uppdrag och avgränsningar:

Havs- och vattenmyndigheten (HaV) är en svensk statlig förvaltningsmyndighet på miljöområdet för frågor om bevarande, restaurering och hållbart nyttjande av sjöar, vattendrag och hav. Myndigheten inledde sin verksamhet den 1 juli 2011 och sorterar under Miljödepartementet. Det är utifrån Havs- och vattenmyndighetens uppdrag som detta underlag har sammanställts.

Inom ramen för SMHI:s *regeringsuppdrag att utarbeta underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat* har HaV bjudits in att lämna underlag om "Naturmiljö och miljömålen" samt om fiskefrågor inom "Areella näringar och turism". Eftersom HaV har ett annat uppdrag än tidigare Fiskeriverket har vi valt att lägga fokus på "klimat effekter på Sveriges fiskfauna" och dess möjliga konsekvenser medan våra kollegor på Jordbruksverket kommer att förse SMHI med kompletterande underlag kring mer näringsrelaterade aspekter. Utöver underlag inom nämnda tematiska områden har vi även sammanställt ett underlag kring "vattenförsörjning och avloppssystem" samt en text om "tvärgående frågor" av relevans för klimatanpassning.

Tidsplanen för arbetet och genomgången av ny kunskap har varit en begränsande faktor i framtagandet av vårt underlag till SMHI:s *regeringsuppdrag*. Vårt underlag är således sannolikt inte fullständigt utan reflekterar den delen av ny kunskap och nya insikter som vi har lyckats sammanställa med dessa förutsättningar. I vissa delfrågor har även kunskapsluckor och behov av fortsatt utredning identifierats. Delar av underlaget kan också redan beröra åtgärder och kunskapen om behovet av åtgärder och därmed vara relevanta för den senare delen av *regeringsuppdraget*. Vissa frågor har varit svårt att ordna in i bara en rubrik vilket innebär att de kan belysas på flera ställen utifrån olika perspektiv.

Kopia till:

Havs- och
vattenmyndigheten
Box 11 930
404 39 Göteborg

Besök och leverans
Gullbergs Strandgata 15
411 04 Göteborg

Telefon 010-698 60 00
Fax 010-698 6111
havochvatten@havochvatten.se
www.havochvatten.se

Plusgiro 59 90 51-0
Bankgiro 757-8438
Organisationsnummer
202100-6420

Innehåll

Exekutiv sammanfattning	5
Naturmiljö och miljömålen	5
Klimat effekter på Sveriges fiskfauna.....	5
Vattenförsörjning och avloppssystem.....	6
Tvärgående frågor	6
Naturmiljö och miljömålen	8
Sammanfattning	8
Landekosystem, biologisk mångfald och andra miljömål	8
Begreppet biologisk mångfald	8
Klimatförändringarnas effekter på fjällekosystemen, överväganden och åtgärder	9
Sötvattenmiljön	9
Användning av sjöar och vattendrag	9
Systembeskrivning och miljömål	10
Miljökvalitetsnormer	10
Påverkan på vattenkvaliteten av hittillsvarande förändringar	10
Konsekvenser av framtida klimatförändringar	11
Östersjön och Västerhavet.....	14
Kort om observerade och förväntade effekter	14
Bottenviken och Bottenhavet.....	15
Effekter på arter – exempel	16
Havs försurning	16
Referenser.....	18
Klimat effekter på Sveriges fiskfauna	21
Sammanfattning	21
En hållbar förvaltning av fiskeresurserna	22
HaV:s uppdrag	22
EU:s nya fiskeripolitik	22
Mål för fiskförvaltningen	23
Fiskförvaltning och klimatförändringen.....	23
Ny kunskap, kunskapsluckor och utredningsbehov.....	24
Fisk och fiske i Sverige	24
Klimatförändringen i söt- och saltvattenmiljöer	25
Påverkansfaktorer av klimatförändringen.....	25
Klimat effekter på svenskt fiske.....	28
Referenser.....	30

Vattenförsörjning och avloppssystem	33
Sammanfattning	33
Dricksvattenförsörjning	33
Dricksvattenutredningen	33
Regionala klimatanalyser och vattenförsörjningsplaner	33
Smittskydd	34
Avloppssystemen	35
Referenser	35
Tvärgående frågor	36
Sammanfattning	36
Klimatförändringen och den europeiska lagstiftningen	36
Klimat effekter i ett havs- och vattenförvaltningsperspektiv	36
Referensförhållande inom ekologisk och kemisk status	37
Risk för försämring av status	37
Miljökvalitetsnormer	39
Miljöövervakning	40
Åtgärdsprogram och åtgärdsarbete	40
Klimatförändringarnas effekter för prövning och tillsyn	41
Effekterna av klimatförändringar i arbetet med restaurering	43
Strandskyddet	44
Samhällsekonomiska aspekter	44
Styrmedel	44
Värdering	45
Referenser	47

Exekutiv sammanfattning

Inom ramen för SMHI:s regeringsuppdrag att utarbeta underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat har HaV genomfört en genomgång av kunskapen sedan klimat- och sårbarhetsutredningen lämnade sitt slutbetänkande 2007. Inom många områden står sig huvudsatsarna ganska väl även idag trots att kunskapen om klimatförändringen och dess observerade och förväntade effekter har gått vidare.

Naturmiljö och miljömålen

Förväntade direkta och indirekta klimatförändringar såsom temperaturökning, förändrade nederbördsmonster och -intensiteter samt kortare issäsong förväntas leda till ökad avrinning och därmed ökad utlakning av närsalter och humus, men även till perioder med ökad risk för torka. Detta påverkar vattenfärg, övergödning, förekomst av alger och cyanobakterier och därmed vattenkvaliteten, liksom förutsättningar för biologisk mångfald.

Huvuddragen av de nya scenarierna och modellkörningarna som tagits fram för IPCCs femte bedömning bekräftar tidigare resultat vilket tyder på avsevärd temperaturökning inom Östersjön och Västerhavet vid slutet av detta århundrade. Effekterna är en minskad utbredning av istäcket, ökad tillförsel av näringsämnen men även effekter på utbredning av arter och ekosystem. Salthalten bedöms minska medan problem med syrefria bottnar och algblomningar har i vissa studier visats öka. Ett ytterligare riskmoment i detta sammanhang är även den observerade och förutspådda försurningen av haven. Det finns i många fall stora kunskapsluckor kring den samlade effekten av de variabler som påverkas av klimatförändringen.

När det gäller vindklimatet så tyder de senaste kunskapssammanställningarna snarare på en ökad osäkerhet jämfört med tidigare bedömningar.

Klimat effekter på Sveriges fiskfauna

Klimat- och sårbarhetsutredningen konstaterade i sitt slutbetänkande (SOU 2007:60) att stora förändringar av ekosystemen och fisket väntar i ett varmare klimat.

Temperaturhöjning, salthaltminskning och andra klimatfaktorer ändrar förutsättningarna för fiskbestånden. Torsken kan komma att slås ut helt i Östersjön och istället ersättas av sötvattenarter. Varmvattenarter kommer att ersätta kallvattenarter i insjöar. Fisket i Västerhavet och i vissa insjöar kan komma att gynnas.

De flesta av slutsatserna står sig även med dagens kunskapsläge men i vissa fall har forskningen gått vidare. Forskningsframsteg, t ex mer avancerade och komplexa klimatmodeller, leder dock inte nödvändigtvis till tydligare budskap utan kan även innebära att ”vedertagna sanningar” behöver revideras. Klimat- och sårbarhetsutredningen utgick t ex från ett ändrat vindklimat med kraftigare vindar och ett minskat antal fiskedagar i ett förändrat klimat. För detta finns inga övertygande belegg i den senaste forskningen.

Insikten om hur komplex påverkan är på fiskbestånden har generellt ökat. Det finns t.ex. synergieffekter mellan klimatändringar och fiskeriförvaltningen. En faktor som fått större uppmärksamhet efter slutbetänkandet är effekten av försurningen på grund av ökade utsläpp av koldioxid. Både direkta och indirekta effekter av försurningen kan förväntas på fiskbestånd och fisket.

Utredningens perspektiv var i huvudsak det yrkesmässiga fisket. Ett ändrat klimat får även effekter på akvakultur genom att högre temperatur gynnar tillväxt, men ökar också risken för sjukdomsspridning. Indirekt kommer effekter på det globala fisket att kunna påverka tillgången på foder för svensk akvakultur. Även fisketurismen kan påverkas av ett ändrat klimat både genom förändringar av fiskemöjligheter och människornas resvanor. Ökad torka kan i vissa områden försämra förutsättningarna för fiskfaunan i vattendrag.

Klimatförändringen och dess effekter behöver alltså ses i ett bredare perspektiv utgående från målsättningen att uppnå en hållbar förvaltning av fiskeresurserna. Medan det är sannolikt att de fysikaliska och kemiska förändringarna medför stora förändringarna av ekosystemen så är de detaljerade mönstren ofta mycket komplexa. Denna osäkerhet gör det också svårt att bedöma hur klimatförändringen kommer att påverka yrkesfisket, fritidsfisket, vattenbruket och fisketurism i detalj. När det gäller en hållbar fiskförvaltning i ett klimat i förändring utgör således ekosystemansatsen och försiktighetsprincipen två viktiga ledstjärnor.

Det finns även indirekta kopplingar där vissa - ur ett klimatperspektiv potentiellt önskvärda utvecklingslinjer - kan komma i konflikt med fisknäring. En uppenbar effekt är att koldioxidbeskattning och ökade bränslepriser kommer att minska lönsamheten för energiintensiva fiskemetoder, framför allt bottentrålning. Ökad etablering av vindkraft till havs begränsar de områden där trålning och fiske med ankrade redskap är möjlig. Ett viktigt verktyg i detta sammanhang är havsplanering som syftar till att underlätta havens långsiktiga förvaltning och utveckling. Havsplanering länkar samman all planering och förvaltning som rör våra havsområden. Planeringen innebär att nyttjande, utveckling och bevarande vägs mot varandra.

Vattenförsörjning och avloppssystem

Ökad nederbörd och extremväder påverkar avloppssystemen i allt högre utsträckning och förväntas resultera i stora utmaningar enligt de senaste klimatprojektionerna. Hur olika områden kommer att drabbas i framtiden beror till en stor del på de lokala geohydrologiska förutsättningarna samt hur bebyggelsen och avloppssystemen utformats. Klimatscenerierna pekar på en minskning av vattentillgången i stora delar av södra landet. Fler dygn med torr mark och mindre vatten i vattendragen ger konsekvenser för många olika verksamheter inklusive dricksvattenförsörjningen. Problembilden kompliceras av en längre vegetationsperiod och sannolikt ökad konkurrens om vatten.

Tvärgående frågor

Sedan klimat- och sårbarhetsutredningen har havs- och vattenförvaltningen vidareutvecklats med EU:s ramdirektiv för en marin strategi och ramdirektivet för vatten som väsentliga drivkrafter. I samband med införandet av dessa direktiv har ett antal tvärgående problemområden och frågeställningar identifierats. Bland dessa återfinns klimatförändringens effekt på referensvärden och miljökvalitetsnormer som behövs för att kunna bedöma miljöns status och dess förändring med tiden. Det finns även ett behov att kunna särskilja klimatförändringens effekter från den direkta påverkan genom mänsklig aktivitet. Behovet av detektering och attribution av förändringar ställer i sin tur utökade krav på miljöövervakningen både när det gäller antalet parametrar som behöver övervakas och långsiktigheten i övervakningen.

Det har kommit en del ny kunskap när som berör värderingar av vattenrelaterade miljöeffekter bland annat när det gäller värdet av dricksvatten, åtgärder för minskad övergödning och kostnaden av invasiva främmande arter.

Både i Sverige och inom EU förespråkas att externa effekter ska internaliseras för att ge rättvisande prissignaler ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Naturmiljö och miljömålen

I nedanstående genomgång av ny kunskap med koppling till naturmiljö och miljömålen har vi utgått ifrån strukturen i klimat- och sårbarhetsutredningen SOU 2007:60. Vi har så långt som möjligt valt att sammanställa ny kunskap som tillägg under rubrikerna och terminologin som användes inom SOU 2007:60. I vissa fall har vi dock valt att använda nya rubriker, dels för att sätta ökad fokus på utvalda exempel av klimatförändringens effekter och dels för att bättre återspegla Havs- och vattenmyndighetens ansvarsområden.

Sammanfattning

Förväntade direkta och indirekta klimatförändringar såsom temperaturökning, förändrade nederbördsmonster och -intensiteter samt kortare issäsong förväntas leda till ökad avrinning och därmed ökad utlakning av närsalter och humus, men även till perioder med ökad risk för torka. Detta påverkar vattenfärg, övergödning, förekomst av alger och cyanobakterier och därmed vattenkvaliteten, liksom förutsättningar för biologisk mångfald.

Huvuddragen av de nya scenarierna och modellkörningarna som tagits fram för IPCCs femte bedömning bekräftar tidigare resultat vilket tyder på avsevärd temperaturökning inom Östersjön och Västerhavet vid slutet av detta århundrade. Effekterna är en minskad utbredning av istäcket, ökad tillförsel av näringsämnen men även effekter på utbredning av arter och ekosystem. Salthalten bedöms minska medan problem med syrefria botten och algblomningar har i vissa studier visats öka. Ett ytterligare riskmoment i detta sammanhang är även den observerade och förutspådda försurningen av haven. Det finns idag stora kunskapsluckor kring den samlade effekten av de variabler som påverkas av klimatförändringen.

När det gäller vindklimatet så tyder de senaste kunskapssammanställningarna snarare på en ökad osäkerhet jämfört med tidigare bedömningar.

Landekosystem, biologisk mångfald och andra miljömål

Begreppet biologisk mångfald

Vid partskonferensen till konventionen om biologisk mångfald i Nagoya 2010 antogs de så kallade *Nagoya målen* där globala mål för biologisk mångfald och ekosystemtjänster beslutades i en särskild strategisk plan som sträcker sig till 2020. Planen innehåller 20 övergripande delmål, de s.k. Aichimålen, för biologisk mångfald.

Biologisk mångfald och ekosystemtjänster och deras kopplingar till klimatförändringen lyfts även fram i regerings proposition ”En svensk strategi för biologisk mångfald och Ekosystemtjänster” (Regeringen, 2014). Ekosystemtjänster utgör stora värden för samhället, t ex reglerande tjänster när det gäller klimatet. Klimatförändringarna påverkar biologisk mångfald och ekosystemtjänster, både direkt genom t.ex. förändrad temperatur och indirekt genom förändrad markanvändning.

2011 genomfördes en uppföljning av statens insatser för biologisk mångfald i rinnande vatten¹. I utvärderingen konstateras att dammar, vattenkraftverk och reglermagasin påverkar

¹ Biologisk mångfald i rinnande vatten och vattenkraft – En uppföljning. 2011/12:RFR 1

den biologiska mångfalden i rinnande vatten på ett mycket negativt sätt. Detta är ett välkänt problem och regeringen tillsatte därför en utredning² om hur regelverket kring vattenverksamhet kan ses över för att anpassa verksamheterna till dagens förutsättningar, bland annat ett förändrat klimat.

För att möta de förändringar som klimatförändringen för med sig tillsatte regeringen en utredning om långsiktig hållbar markanvändning³, som presenterade sitt delbetänkande 2013, slutrapportering kommer att ske i juni 2014. Utredningen presenterar bland annat insatser för att nå målet om en långsiktig hållbar markanvändning.

Klimatförändringarnas effekter på fjällekosystemen, överväganden och åtgärder

Sötvattenmiljöer i fjällen

Varmare och blötare väder smälter glaciärer och tinar permafrosten. När palsmyrarna tinas upp bildas vattensamlingar som är rika på organiskt material. Upptiningen leder till andra flödesvägar av vatten på och i marken samt ett ökat flöde av organiska ämnen, vilket kan få stor effekt på sjöar och vattendrag som oftast är klara och näringsfattiga i fjällregionen (Kokfelt et al. 2009).

Den förlängda sommarsäsongen och tidigarelagda islossningen medför att vårblomning av olika växtplanktongrupper sker tidigare, men det går inte att dra generella slutsatser om planktonodynamiken under resten av året. (Weyhenmeyer et al. 2011) Även i akvatiska ekosystem får höjd medeltemperatur effekten att sydliga arter kan sprida sig norrut, antingen som direkt effekt eller indirekt (t.ex. ökad bottenfaunaproduktion drar till sig nya fiskarter).

Beskogningen av kalfjället gör att sjöar och vattendrag som inte längre ligger ovanför trädgränsen får ett ökat inflöde av näringsämnen och organiskt kol. Ökade halter av humusämnen i vattnet gör att transparensen minskar och därmed produktionen av alger och bakterier i ytsedimentet, vilket ofta är den mest produktiva delen av näringsfattiga fjällsjöar. Samtidigt gör ökat inflöde av näringsämnen att planktonproduktionen kan öka i vattenmassan. Båda processerna kan förväntas accelerera med ökad temperatur (Karlsson 2009). Även det fortsatta prognosticerade nedfallet av luftburet kväve leder till snabbare eutrofiering av ytvatten i fjällmiljö, vilket påskyndas av den ökade temperaturen (Bergström et al. 2013).

Sötvattenmiljön

Användning av sjöar och vattendrag

För att lyfta vikten av vattenmiljöernas förmåga att kunna producera och leverera ekosystemtjänster tillsatte regeringen en utredning⁴. Utredningen analyserar strategier för att värdera ekosystemtjänster i kvalitativa, kvantitativa och monetära termer.

Naturvårdsverket levererade 2012 en skrivelse⁵ med ett urval av naturens tjänster som har stor betydelse för människan. Urvalet av akvatiska ekosystemtjänster är gjort med koppling

² Ny tid ny prövning – förslag till ändrade vattenrättsliga regler. SOU 2013:69

³ Strategi för en långsiktig hållbar markanvändning. Delbetänkande 1. SOU 2013:43

⁴ Synliggöra värdet av ekosystemtjänster. SOU 2013:68

⁵ Sammanställd information om Ekosystemtjänster. Dnr NV-00841-12

till vattnets kvalitet såsom livsmiljö för olika akvatiska organismer, produktion av dricksvatten m.m.

Systembeskrivning och miljömål

Tillägg om Riksdagens beslut om miljömålen.

Riksdagen beslutade våren 2010 om en ny målstruktur⁶ för miljömålsarbetet med ett generationsmål, miljökvalitetsmål och etappmål.

Den 26 april 2012 beslutade⁷ regeringen om preciseringar och etappmål i miljömålssystemet. Flera av preciseringarna beskriver ett miljötillstånd där sötvattensmiljöerna har en förmåga att kunna leverera ett antal olika ekosystemtjänster såsom dricksvatten, fiskeresurser, bad och båtliv m.m. Februari 2014 beslutade⁸ regeringen om ytterligare etappmål som bland annat tar upp helhetsyn på markanvändning, skydd av land och sötvattensområden och marina områden samt miljöhänsyn i skogsbruket.

Miljökvalitetsnormer

För att uppnå en god vattenkvalitet finns en rad olika lagstiftningar där vi följer och mäter utvecklingen av miljötillståndet i våra vatten. Badvattenförordningen⁹ som är Sveriges implementering av EUs badvattendirektiv¹⁰ är en av dessa där Sverige årligen¹¹ rapporterar till kommissionen om vattenkvaliteten vid de badplatser som pekats ut av kommunerna som EU-badplatser. Många av badplatserna används också som ytvattentäkter för kommunernas dricksvatten. De mikrobiologiska parametrar som ska analyseras enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om badvatten (HVFMS 2012:14) är *Escherichia coli* (*E. coli*) och Intestinala enterokocker. Vid ett förändrat klimat kan bakterietillväxten öka med stigande temperaturer.

Vattendirektivet¹² är införlivat i den svenska lagstiftningen genom att miljöbalken kompletterats, genom vattenförvaltningsförordningen och genom att förändringar av länsstyrelseinstruktionen införlivades i svensk lagstiftning. Det tidigare fisk- och musselvattendirektivet har upphört och har nu införlivats i vattenförvaltningsförordningen¹³

Påverkan på vattenkvaliteten av hittillsvarande förändringar

Data från de nationella trendsjöarna i fjällen har utvärderats (Goedkoop och Angeler 2011) för att undersöka om och i så fall hur dessa sjöar förändrats över tid och om eventuella

⁶ Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete prop. 2009/10:155 (bakgrund bet. 2009/10:MJU25, rskr. 2009/10:377)

⁷ Svenska miljömål - preciseringar av miljökvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål Ds 2012:23.

⁸ Regeringsbeslut M2014/593/Nm

⁹ Badvattenförordningen (2008:218)

¹⁰ Badvattendirektivet 2006/7/EG

¹¹ european-bathing-water-quality-2012

¹² Ramdirektivet för vatten (2000/60/EG)

¹³ Förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön

förändringar redan nu kan kopplas till klimateffekter. I undersökningen ingick sex fjällsjöar samt två sjöar i skogslandet ovan polcirkeln med insamlade data sedan 1988 eller i två fall från 1995. Resultaten visade minskande sulfatkoncentrationer och ökande pH som en följd av minskad deposition av försurande ämnen. Vidare registrerades en signifikant reduktion av fosforhalterna. För övriga vattenkemiska parametrar, inklusive absorbans, fanns inga tydliga trender. Bedömningen av förändringar i biota var komplicerad. En tendens till ökat artantal registrerades, möjligen kopplad till högre temperatur men kan också relateras till pH. Någon lägre biomassa av växtplankton kunde inte konstateras trots att fosfornivåerna reducerats.

Konsekvenser av framtida klimatförändringar

Höjd temperatur leder till förändring i skiktningförhållandena, på så sätt att tidigare skiktning av sjöarna leder till längre och mer stabila skiktade perioder. Längre skiktningar ökar risken för syrgasbrist i näringsrika och humösa sjöar, med P-läckage, eutrofiering och större metanproduktion i sediment (Sobek et al. 2009).

Ökad avrinning av näring bidrar också till en ökning i eutrofieringens omfattning och intensitet, och märks snabbare i vattendrag än i sjöar. Kortare isläggning på sjöar hör ofta ihop med längre skiktningfri period under det kalla halvåret, vilket leder till att mer kyla blandas ned i vattnet och medför att kallvattensarterna (glacialrelikterna) inte drabbas, trots högre medeltemperatur under året. Kortare isläggning har dock ännu så länge bara observerats i södra Sverige (Weyhenmeyer 2011).

Temperaturökningen leder till ökad nedbrytning i sjösediment, och därmed till minskad inlagring av organiskt kol och ökad produktion av CO₂ i sediment (Gudasz et al. 2010). Det kan leda till påskyndat CO₂-läckage från t.ex. våra stora kraftverksdammar, där vattnet är mycket näringsfattigt men det finns näringsresurser lagrade i sedimenten.

En ökad avrinning medför ett ökat utläckage av näringsämnen från marken till sjöar och hav och kan också medföra ökade risker för spridning av föroreningar i eller från marken och deponier. Ökad vattenfärg och därmed ökad humustillförsel resulterar i mer inlagring av både organiskt kol och kvicksilver i sediment. Om bottenvattnet är syresatt, leder denna ökade sedimentering av kvicksilver till ökad metylering och därmed upptag i näringsväven. Om bottenvattnet är syrefritt stannar kvicksilvret i sedimentet (Sobek et al., pågående forskning vid Uppsala Universitet).

Klimatscenerierna¹⁴ pekar på en förändring av vattentillgången i framtiden. Speciellt i de södra delarna av landet kan vattentillgången komma att minska, åtminstone under vissa perioder. Längre perioder med torr mark, mindre vatten i vattendragen och längre vegetationsperioder kan innebära en ökad konkurrens om vatten. Detta innebär konsekvenser för t ex grödor, skogstillväxt, bevattning, dricksvatten, djurhållning, vattenuttag inom industrin, turism och hälsofrågor men även en risk för negativ påverkan på den biologiska mångfalden.

Främmande arter

¹⁴ <http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenerier/vattenforhallanden-1.22672>. SMHI:s analys för vattentillgången bygger på de gamla SRES-scenerierna. Uppdaterade hydrologiska analyser som bygger på de nya RCP-scenerierna finns än så länge inte tillgängliga. Resultaten från de nya regionala klimatmodellerna som drivs av RCP-scenerierna pekar dock överlag på liknande mönster som tidigare modellberäkningar, bl a en kraftig temperaturökning och längre vegetationsperioder. Det kan därmed antas att den tidigare hydrologiska analysen står sig väl även idag.

I projektet AquAliens användes en ekologisk modell för studier av 13 för Europa främmande vattenväxter och deras möjliga utbredning med hänsyn till klimatändringar. Modellen omfattade temperatur och nederbördsdata. Resultaten visar att 10 av de i modellen testade arterna kan komma att minska sin areella utbredning i Europa men för flera arter var osäkerheterna så stora att prognoser om kommande utbredningar blev svåra. Trots misstanken att flera arter med naturlig utbredning i subtropiska och tropiska områden skulle öka sin areella täckning i Europa visade modellen att detta inte var fallet. Endast för 3 arter kan man se en allmän ökning i förekomst över Europa.

Ser man däremot till förändringar i ett mer nationellt perspektiv så är det flera invasiva arter som nu finns i Mellan- och Sydeuropa som har möjlighet att sprida sig norrut och få betydande utbredningar i Norden. Exempel på sådana arter är vattenpest, kinesisk ullhandskrabba, sötvattensmanet, cercarier och svartmunnad smörbult (Främmande arter i våra vatten, AquAliens slutrapport 2008-01-31, samt Övervakning av främmande arter i Mälaren – en sammanställning av dagens kunskap av introducerade arter, Naturvårdsverkets rapport 6375, 2011).

I sjöar sprider sig flagellaten gubbslem (*Gonyostomum semen*) och bildar besvärande blomningar. Spridningen av gubbslem är noterad sedan 1988. Studier av de svenska miljöövervakningssjöarna har kopplat spridningen till klimatförändringseffekter (Rengefors et al. 2012), även om det är svårt att avgöra vad som har störst betydelse: ökad temperatur eller humushalt.

Exempel på ökade flöden, näringstransporter och andra effekter såsom torka

Vid ökade nederbördsmängder kan avrinningen från land öka och transporten av näringsämnen skyndas på. En nyligen publicerad studie från Holland¹⁵ visar att vid ett förändrat klimat kan kvalitén på ytvatten komma att försämrats så mycket att det 2050 inte längre går att använda för dricksvattenuttag. Under varmare perioder under sommar halvåret riskerar man på många platser att få vattenbrist och torka. I vattendrag och sjöar som används som recipienter för industrier riskerar utspädningseffekten att utebli på grund av den minskade mängden vatten och därmed orsaka skador på växt och djurlivet.

Länsstyrelsen, Sydsvatten och Region Skåne genomförde under 2013 projektet Klimatanalys för dricksvattenförsörjning i Skåne¹⁶. I samband med att nederbördsmängderna ökar och fördelningen över året förändras påverkas vattentillgången i såväl grundvattenmagasin som ytvattenresurser. I Skåne är t.ex. avdunstningen och växternas vattenupptag av stor betydelse för nybildningen av grundvatten. SMHI har gjort beräkningar av det skånska klimatet fram till år 2100. Klimatberäkningarna visar att somrarna blir varmare och torrare och vintrarna varmare och blötare. Årsmedeltemperaturen väntas öka med cirka 4 °C till en genomsnittlig årsmedeltemperatur på drygt 11°C vid slutet av seklet. Årsmedelnederbörden väntas öka med 100–150 mm över hela länet från ungefär 800 mm idag. Både för temperatur och nederbörd väntas de största ökningarna ske under vintern. Kraftiga regn ökar sannolikt i intensitet, det vill säga mer regn på kortare tid. Antalet dagar med torra förhållanden i marken under

¹⁵ http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2012/oktober/Effects_of_climate_change_on_water_quality_at_drinking_water_abstraction_points_Analysis_of_concentrations_of_substances

¹⁶ Skånes dricksvattenförsörjning i ett förändrat klimat. Länsstyrelsen Skåne, Sydsvatten och Region Skåne.

växtsäsongen beräknas öka med 50–80 dagar per säsong samtidigt som växtsäsongen förlängs med 50–70 dagar.

Mer kunskap behövs för att kunna avgöra vilka konsekvenser en ökad temperatur i ytvattentäkter kan tänkas ha på vattenkvalitén. En studie finansierad av svenskt vatten *Humanpatogena virus i svenska vattentäkter – NORVID*¹⁷, har tittat närmare på möjligheten att göra säkrare riskanalyser. Målet i NORVID var att med en känslig, robust, snabb och kostnadseffektiv analysmetod ta fram underlag för att möjliggöra säkrare riskanalyser avseende humanpatogena virus i svenska ytvatten. Det undersökningen med säkerhet visade var att det finns virusgenom (infektiösa eller inte) i de undersökta vattentäkterna och att avloppsvatten är en bidragande orsak. Risken att virus sprids från dricksvatten till konsument är mycket liten tack vare de barriärer som finns. Samtidigt kan en enstaka riskhändelse, såsom en kraftig bräddning i närheten av intaget, i kombination med tillfälligt nedsatt barriärfunktion medföra att virus tar sig igenom beredningen i sådana halter att den acceptabla risken överskrids.

Nederbörds mängderna har generellt ökat med i genomsnitt 6-8% i Europa under det senaste århundrade mellan 1901 och 2005. Det finns stora geografiska skillnader men det framgår tydligt att nederbörds mängder har minskat i medelhavsområdet och i östra Europa.

Ett förändrat klimat diskuteras flitigt runt om i Europa. I Kommissionens *vitbok*¹⁸ presenterades en ram för hur man ska kunna minska EU:s sårbarhet för klimatförändringens effekter. I rapporten lyfts vikten av förbättrad kunskap och medlemsstaterna uppmanas att utveckla metoder, modeller och prognosverktyg till 2011. Europeiska miljöbyrån EEA publicerar vart fjärde år en rapport¹⁹ med klimatförändringens påverkan, resultaten baseras på en rad olika indikatorer. I rapporten konstateras att kostnaderna för skador som uppkommit på grund av naturkatastrofer har ökat. Kostnaderna för skador förväntas öka i takt med ett förändrat klimat. Några av indikatorerna är bland annat luft temperatur, vatten havsförsurning, glaciärutbredning, snötäcke, fenologi m.m.

Under 2000-talet har stora skador på alträd (*Alnus glutinosa*) uppstått utmed vattendrag och sjöar i södra och västra Sverige. Skadorna orsakas av den invasiva algsvampen *Phytophthora alni* som sprids via vatten och dödar alar utmed påverkade vattendrag och sjöar. Alar har stor betydelse för rinnande vattenekosystem; rotsystemet stabiliserar stränderna och skapar habitat för fiskyngel, och deras näringsrika löv bidrar till ett art/individrikt bottenfauna- och fisksamhälle. Träden skapar även skugga för kallvattengynnade arter såsom till exempel öring. För att följa utvecklingen har artdatabanken genomfört en fjärranalysstudie av skador på framförallt al utmed vattendrag i södra och västra Sverige²⁰. I Mörrumsån och Helge å som undersökts i studien är påvisade skador sannolikt kopplade till sommaröversvämningarna 2004 och 2007, något som varit hypotesen efter en fält- och laboratoriestudie 2010. Inte i något av dessa vattendrag kan

¹⁷ Riskanalys med MRA och GDP baserad på långtidsundersökning av norovirusförekomst i svenska ytvattentäkter. Rapport nr 2013-20

¹⁸ Vitbok, anpassning till klimatförändring: en europeisk handlingsram. KOM(2009) 147 Slutlig.

¹⁹ EEA report No 12/2012 Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012, An indicator-based report. ISSN 1725-9177

²⁰ ArtDatabanken rapporterar Nr 13. 2013. Fjärranalys av skador på al utmed vattendrag och sjöar i södra och västra Sverige – utveckling av metodik och beskrivning av status. ISSN: 1402-6090

skador påvisas i flygbilder månaden före dessa tillfällen. Skadorna har simultant drabbat bestånd som stått under vatten. Om översvämningarna kommer att ske allt oftare i framtiden skulle det kunna få negativa konsekvenser för strandvegetationen och i förlängningen påverka växt och djurlivet i vattendrag negativt.

Forskning från KTH visar att det moderna jordbruket bidrar till förändrade vattendrag där bland annat den totala vattendragslängden minskat och naturliga flödehinder har tagits bort²¹. Våtmarker kan jämna ut höga flödesnivåer och fungera som vattenhållande magasin, men dessa har i stor utsträckning dikats ur för att kunna odlas. Utdikningar som görs för att slippa översvämningar i ett område riskerar att flytta problemen nedströms.

Naturvårdsverket genomför Integrerad övervakning av miljötillståndet i skogsekosystem (IM) inom programområdet ”Skog”. Övervakningen är relaterad till FN-konventionen om effekter av långtransporterade luftföroreningar ”Long-range transboundary air pollution – LRTAP 1979” (UN/ECE). Mätningarna utförs i skyddade områden med lång kontinuitet, utan skogsvårdande åtgärder. Deposition av luftföroreningar och potentiell klimatpåverkan är de enda mänskliga störningarna i områdena. Syftet med IM-övervakningen skiljer sig från syftena med övriga miljöövervakningsprogram genom att IM i detalj skall kunna förklara förändringar i miljön och därmed bidra till tolkningen av resultaten från de mer extensiva programmen. Ett förändrat klimat, temperatur och nederbörd, påverkar både flödesbilden hos mark- och grundvatten samt nedbrytningen av organiskt material och kemiska processer i mark, markvatten eller grundvattensystemet. Enligt de klimatscenarier som tagits fram förväntas en ökad mängd nederbörd i huvuddelen av landet. Sydöstra Sverige, som redan idag är det torraste området, bedöms dock att få minskad nederbörd. Det medför ökad årlig grundvattenbildning och avrinning i större delen av landet med undantag av den sydöstra delen. För IM-området Kindla medför det att den effektiva nederbörden kommer att vara ca 50 mm högre under 30-årsperioden 2071-2100 än under perioden 1961-1990. För östra Götaland innebär klimatscenarierna ca 50 mm lägre effektiv nederbörd²².

I moränslutningar innebär de förväntade klimatförändringarna relativt stora förändringar i grundvattennivåer. Högre grundvattennivåer innebär betydligt större andel markytens grundvattenflöden på grund av att moräner har ett uppluckrat skikt med större vattensläpplighet (högre hydraulisk konduktivitet) upp mot markytan. Det innebär att grundvatten i större utsträckning genomströmmar markprofilens övre delar som är anrikade på organiskt material och vissa tungmetaller. Anrikningen förstärks i utströmningsområdena i anslutning till ytvattendragen.

Östersjön och Västerhavet

Kort om observerade och förväntade effekter

Flera nyare kunskapssammanställningar (t ex IPCC 2013, EEA 2012, HELCOM 2013²³) bekräftar i stort de observerade och/eller projicerade förändringarna som

²¹ <http://www.kth.se/aktuellt/nyheter/risken-for-oversvamningar-i-sverige-har-okat-1.376172>

²² Integrerad övervakning av miljötillståndet i svensk skogsmark – IM Årsrapport 2009

²³ HELCOM 2013 bygger i stort på en pågående större vetenskaplig genomgång av klimatförändringen inom Östersjöregionen [BALTEX Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin II (BACC II)] som dock inte har publicerats än.

uppmärksammades redan i SOU 2007:60. För Östersjön och Västerhavet förväntas ökade vattentemperatur och värmehalt. Som ett resultat av ökad nederbörd och avrinning förväntas salthalten minska i Östersjön, speciellt i kustnära områden.

Den maximala utbredningen av havsisen i Östersjön har redan observerats minska och förväntas minska drastiskt i framtiden i linje med tidigare resultat från klimatsimuleringar (t ex HELCOM 2013).

Den globala havsnivån har under 1993 och 2010 stigit snabbare jämfört med perioderna 1901-2010 och 1971-2010 (IPCC, 2013) och förväntas stiga till upp till en meter fram till 2100. Den pågående landhöjningen efter den senaste istiden medför dock att den lokala havsnivåhöjningen blir lägre i de mellersta och norra delarna av Sverige. Havsnivån förväntas fortsätta stiga efter 2100 pga den termiska expansionen men det är svårt att spå hur mycket eftersom få modeller räknar längre än till 2100. Som jämförelse kan man ta den senaste tidsperiod mellan istiderna (interglaciär, för c:a 129000 till 116000 år sedan) där havsnivån bedöms ha varit mellan 5 och 10 m högre under flera årtusenden enligt IPCC.

Miljöobservationer inom Östersjön (t ex Havet 2012, speciellt Andersson och Hansson, 2012) tyder på en ökning av problemen med syrebrist. Jämförelsen av perioderna 1960-1998 och 1999-2011 visar på en ökning av både utbredningen och volymen av syrefattiga respektive syrefria bottnar i Östersjön. Klimatmodellering (t ex ECOSUPPORT 2012 och 2014) tyder på att både frekvensen och längden av perioder med syrebrist kan öka i ett framtida klimat. Även antalet dagar som är gynnsamma för algblomning kan öka.

Klimat- och sårbarhetsutredningen utgick från ett ändrat vindklimat med kraftigare vindar och ett minskat antal fiskedagar i ett förändrat klimat. För detta finns dock inga starka belägg i den senaste forskningen. En analys av det svenska vindklimatet baserat på tryckobservationer (Wern och Barring 2008) visar inga signifikanta trender för stormar i Sverige under det senaste århundradet men tyder däremot på en liten minskning av medelvindstyrkan. Även flera nyare kunskapssammanställningar är försiktiga i sina bedömningar av observerade respektive förväntade trender (t ex EEA 2012, HELCOM 2013, IPCC 2013). T ex konstaterar HELCOM (2013) att det inte finns någon klar bild men kanske en svag tendens av en ökning av medelvinden över havet. När det gäller extremvinder är bilden ännu otydligare.

För en diskussion av havsförsurningsproblematiken se det separata avsnittet om havsförsurning i detta underlag. För en mer djupgående genomgång av observerade och förväntade klimatförändringar hänvisas till aktuella kunskapssammanställningar och forskningsrapporter (t ex IPCC 2013, EEA 2012, HELCOM 2013).

Bottenviken och Bottenhavet

Klimatförändringar förutspås orsaka ett ökat flöde av brunt, relativt näringsrikt sötvatten från norrlandsälvarna till Bottenviken och Bottenhavet. En vanlig och etablerad uppfattning är att ökade utsläpp av näringsämnen till havet orsakar övergödning och algblomningar i kustområdena.

En studie visar att detta kan ifrågasättas om vattnet som flödar ut innehåller höga koncentrationer löst organiskt kol i form av humusämnen, samt kväve och fosfor (Andersson et al. 2013). I studien undersöktes om tillsats av humus kunde ändra strukturen och produktionen av den pelagiska näringsväven i havsvatten från norra Östersjön. När näringsämnen (fosfor och kväve) tillsattes till havsvattnet reagerade ekosystemet med ökad produktion inom alla delar av mikronäringsväven, med växtplankton dominerat av trådalger.

När dessutom humusämnen tillsattes stimulerades främst djurplankton och bakterier (dvs systemet blev heterotroft) och växtplankton dominerades av kulformiga picocyanobakterier. De vanliga övergödningssymptomen uppträdde alltså inte när det tillsatta vattnet var tillräckligt brunt.

Effekter på arter – exempel

Klimatförändringen kan innebära komplexa fysikaliska och kemiska förändringar för arter och ekosystem, effekter som i många fall är svårbedömda. För att illustrera komplexiteten ges här två exempel på klimatförändringens möjliga effekter på nyckelarter i Östersjön respektive Västerhavet.

Blåstång

Som tidigare beskrivits förväntas havstemperaturen öka samtidigt som havsisen både i utbredning och volym bedöms minska i Östersjön. Isfria vintrar och en tidigare vår skulle kunna ha negativa konsekvenser för blåstången (*Fucus vesiculosus*) som är en av våra viktigaste habitatbildande arter. Blåstångens förökning är känslig för förändrad temperatur. Dessutom kan tillväxten försämrans av grumlighet orsakad av ökad avrinning och större mängder växtplankton, och trådformiga alger kan konkurrera ut blåstången (t ex Kraufvelin et al. 2012).

Ålgräsängar

En aktuell rapport av projektet “Hav möter land” beskriver effekterna av klimatförändringen på ålgräs (Rasmussen et al. 2013). Ålgräs (*Zostera marina*) är en viktig art som har minskat kraftigt vid västkusten. Den växer på grunda havsbottnar likt högväxta gräsbestånd med bandlika blad av en halv till nära en meters längd. Ålgräs är viktig för en hög produktion och artrikedom i kustområdena och har även en viss stabiliserande effekt på havsbotten vilket ger ett naturligt kustskydd genom dämpning av vattenrörelse och vågor. Klimateffekterna kan vara komplexa och i vissa fall kompensera varandra. Direkta effekter såsom ökad tillförsel av koldioxid skulle kunna vara gynnsamt för ålgräset, medan fysisk påverkan (t ex av stormar och vågor) ger en negativ effekt. Ökningen av havsvattentemperaturen anses däremot bara relevant vid mycket höga temperaturer och lokalt. Klimatförändringen representerar dessutom ett hot som behöver ses i samband med andra miljöhot. Behovet av analys av olika miljöhot men även deras samverkan som så kallade multipla stressorer har även lyfts i aktuella kunskapsynteser såsom HELCOM 2013. Utifrån detta resonerar Rasmussen et al. (2013) att klimatförändringen kanske inte är det största hotet mot ålgräs.

Frågeställningen blir ännu mer komplex när indirekta effekter inkluderas, något som gjorts i en studie om klimateffekterna på ålgräsängar som ett helt ekosystem (Alsterberg et al., 2013). Indirekta effekter av klimatförändringen uppträder när ett djur eller växt påverkas via klimatförändringens effekter på en annan organism. Resultaten från denna studie tyder på att effekterna till stor del styrs av olika djurs närvaro eller frånvaro, framförallt mindre algätande kräftdjur. Om inte de små algätande kräftdjuren finns i ålgräsängar, så kan klimatförändringarna komma att utgöra ett mycket större hot mot ålgräsängarna.

Havs försurning

Bakgrund

Havs försurning framstår allt mer som ett om långsiktigt miljöhot (t ex IPCC, 2013; HELCOM, 2013). Aktuella sammanfattningar av kunskapsläget (t ex AMAP, 2013; IGBP, IOC, SCOR, 2013) tyder på att belastningen av havet genom utsläpp av försurande ämnen

(främst koldioxid på global nivå) på sikt kan leda till betydande effekter på marina organismer, ekosystem och den biologiska mångfalden. Dessa effekter kan även innebära ett hot mot miljö kvalitetsmålet ”Hav i balans samt levande kust och skärgård”.

Bland klimatprojektionerna som har bedömts i den senaste rapporten av FN:s klimatpanel (IPCC, 2013) tyder de scenarierna med höga utsläppen på omfattande och långvariga minskningar av pH, dvs försurning av havet, vid slutet av detta seklet. En vändning av försurningstreden spås bara i det scenariot som förutsätter kraftfulla minskningar av koldioxidutsläppen (RCP2.6).

Effekter

Havs försurning förväntas ha betydande effekter på marina organismer, ekosystem och den biologiska mångfalden. Idag finns dock en stor osäkerhet om hur organismerna i havet påverkas av minskningen i pH. Även om arter som gynnas av ett lägre pH tar över när andra slås ut kommer näringsväven att se annorlunda ut. Effekterna av ökad försurning kan alltså få långtgående konsekvenser för hur ekosystemen i framtiden kommer att se ut, konsekvenser som vi idag inte kan förutse.

Forskningen tyder på att havsförsurning kan påverka ett flertal processer såsom fotosyntes, tillväxt och överlevnad. Laboratorieförsök har till exempel visat på att vissa arter skulle kunna slås ut lokalt inom några få årtionden som en följd av havsförsurning. Ett exempel är ormstjärnan i Gullmarsfjorden.

Marin försurning är ett förhållandevis ungt forskningsområde och många vetenskapliga utmaningar kvarstår. Tidigare arbeten har tenderat att fokusera på enskilda marina arters respons på försurning. Forskningen har kommit fram till att vissa arter är mer motståndskraftiga mot stigande surhet än andra. Utmaningen är dock att förstå hur hela ekosystem reagerar på samverkan av olika klimatrelaterade stressfaktorer, däribland temperatur, kombinerat med annan påfrestning som miljögifter och övergödning. Det behövs även mer kunskap om hur hela ekosystem reagerar på ökande surhet i ett längre tidsperspektiv. Undersökningarna behöver vara tillräckligt långa för att kunna följa generationer av organismer för att få information om vilka som dör och vilka som klarar av att anpassa sig.

Eftersom försurning pågår samtidigt som andra miljöförändringar behöver försöken bli mer sofistikerade och realistiska. Ett exempel är så kallade studier av mesokosmer där delar av ekosystem följs under kontrollerade experimentella förhållanden. Genom dessa studier kan betydelsen av vissa ekologiska interaktioner undersökas. Det är också viktigt att övervaka såväl fysikaliska och kemiska som biologiska parametrar och att mätningar kombineras med modellering för att kunna avslöja den naturliga variationen i ekosystemen.

Åtgärder

En huvudslutsats av kunskapssammanställningarna (t ex IGBP, IOC, SCOR, 2013) är att den enda realistiska åtgärden till den globala havsförsurning är en minskning av koldioxidhalten i atmosfären. På regional och lokal nivå kan det däremot behövas ytterligare åtgärder. Det kan till exempel finnas avsevärda lokala bidrag till försurning genom utsläpp av, förutom koldioxid, även svavel- och kväveoxider från kolkraftverk eller sjöfart.

Svavel- och kväveoxiderna bidrar också till en försämring av havsvattnets buffrande förmåga, vilket gör havet ännu känsligare för försurning. Kunskaps synteserna pekar även på att det är

viktigt att stärka ekosystemens motståndskraft genom att minska påfrestningen från andra faktorer, så kallade stressorer.

Vid sidan om havsförsurningen finns stressorer som temperaturökning, förändringar i syre och salthalten eller förändringar i havets skiktning, överexploatering av naturresurser och miljögifter. I vissa fall kan minskade koldioxidutsläpp medföra flera förbättringar såsom att hejda temperaturökningen och sänkningen av pH.

Minskade utsläpp av koldioxid rekommenderas även av den internationella arbetsgruppen AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) i sin sammanfattning för politiska beslutsfattare inom Arktiska Rådet.

Eftersom ett flertal av de senaste vetenskapliga synteserna har utpekat människans koldioxidutsläpp som huvudkälla till den globala havsförsurningen finns synergipotential med miljö kvalitetsmålet ”Begränsad klimatpåverkan” inom det svenska miljömålssystemet och det internationella tvågradersmålet. Lokalt och regionalt kan dock även andra källor och ämnen vara av betydelse (t ex svavelutsläpp) vilket innebär ytterligare kopplingar till miljö kvalitetsmåleten ”Frisk luft” och ”Bara naturlig försurning”.

Referenser

Vetenskapliga artiklar, rapporter och kunskapsynteser

Adrian, R., C. M. O'Reilly, H. Zagarese, S. B. Baines, D. O. Hessen, W. Keller, D. M. Livingstone, R. Sommaruga, D. Straile, E. Van Donk, G. A. Weyhenmeyer, and M. Winder. 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography* 54(6, part 2):2283–2297.

Alsterberg, C., J. S. Eklöf, L. Gamfeldt, J. N. Havenhand, och K. Sundbäck, 2013: Consumers mediate the effects of experimental ocean acidification and warming on primary producers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Tillgänglig: <http://www.pnas.org/content/early/2013/04/26/1303797110.abstract>

AMAP, 2013: AMAP Assessment 2013: Arctic Ocean Acidification. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. viii + 99 pp. Tillgänglig: <http://www.amap.no/documents/doc/AMAP-Assessment-2013-Arctic-Ocean-Acidification/881>

Andersson, A., Jurgensone, I., Rowe, O-F., Simonelli, P., Bignert, A., Lundberg, E., Karlsson, J. 2013. Can humic water discharge counteract eutrophication in coastal waters? *PLOS ONE*, pp 8, 4, c 61293. DOI: [10.1371/journal.pone.0061293](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061293) (MG 1174).

Andersson, L. och Hansson, M., 2012: Rekordstor utbredning av syrefria bottnar i Östersjön. *Havet* 2012, s37-42.

Bergström, A.K., Faithfull, C., Karlsson, D., Karlsson, J. 2013: Nitrogen deposition and warming - effects on phytoplankton nutrient limitation in subarctic lakes. *Glob Chang Biol*. 19(8):2557-68. DOI:10.1111/gcb.12234.

ECOSUPPORT, 2012: AMBIO Special Issue. ECOSUPPORT – Different Ecosystem Drivers Under Future Climate Scenarios in the Baltic Sea. Tillgänglig <http://link.springer.com/journal/13280/41/6/page/1>

ECOSUPPORT, 2014: Advanced tool for scenarios of the Baltic Sea ECOsystem to SUPPORT decision making. Tillgänglig <http://www.baltex-research.eu/ecosupport/>

EEA, 2012: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report. EEA Report No 12/2012, Copenhagen, Denmark. Tillgänglig:

<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>

Goedkoop, W. och D. Angeler. 2011: Biologiska och vattenkemiska förändringar arktiska och arktisk/alpina sjöar. Institutionen för vatten och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport 2011:7.

Gudasz, C., D. Bastviken, K. Steger, K. Premke, S. Sobek, and L. J. Tranvik. 2010. Temperature-controlled organic carbon mineralization in lake sediments. *Nature* 466: 478-481.

Havsmiljöinstitutet, 2012: Havet 2012. Om miljötilståndet i svenska havsområden.

Tillgänglig

http://www.havsmiljoinstitutet.se/digitalAssets/1391/1391098_havet_2012_121126.pdf

HELCOM, 2013: Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 137. Tillgänglig:

<http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP137.pdf>

IGBP, IOC, SCOR (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden. Tillgänglig

<http://www.igbp.net/publications/summariesforpolicymakers/>

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Tillgänglig: http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf

Jansson, M., T. Hickler, A. Jonsson och J. Karlsson. 2008: Links between terrestrial primary production and bacterial production and respiration in lakes in a climate gradient in subarctic Sweden. *Ecosystems* 11: 367-376.

Karlsson, J., Byström, P., Ask, J., Ask, P., Persson, L. and M. Jansson. 2009: Light limitation of nutrient-poor lake ecosystems *Nature* 460: 506-509.

Kokfelt, U., Rosén, P., Schoning, K., Christensen, T.R., Förster, J., Karlsson, J., Reuss, N., Rundgren, M., Callaghan, T.V., Jonasson, C., Hammarlund, D., 2009: Ecosystem responses to increased precipitation and permafrost decay in subarctic Sweden inferred from peat and lake sediments. *Global Change Biology* 15 (7), 1652–1663.

Kraufvelin, P., A.T. Ruuskanen, S. Bäck & G. Russell, 2012. Increased seawater temperature and light during early springs accelerate receptacle growth of *Fucus vesiculosus* in the northern Baltic proper. *Mar. Biol.* 159:1785-1807.

Rasmussen, J. R., J. Havenhand och P. Grønkjær: Ålegræs og klimaforandringer i Kattegat- og Skagerrakområdet Rapport fra projekt Hav møder Land. Rapportnummer hos Länsstyrelsen: 2013:45, ISSN: 1403-168X. Tillgänglig

<http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/havmoterland/SiteCollectionDocuments/Publikationer/2013-45.pdf>

Rengefors, K., Weyhenmeyer, G., Bloch, I., 2012: Temperature as a driver for the expansion of the microalga *Gonyostomum semen* in Swedish lakes. *Harmful Algae*, 18: 65-73.
DOI:[10.1016/j.hal.2012.04.005](https://doi.org/10.1016/j.hal.2012.04.005).

Sobek, S., E. Durisch-Kaiser, R. Zurbrügg, N. Pasche, M. Wessels, B. Wehrli, 2009: Organic carbon burial efficiency in lake sediments controlled by oxygen exposure time and sediment source. *Limnology and Oceanography*, 54(6), 2243-2254.

UNECE, 2009: Guidance on Water and Adaptation to Climate Change, UNECE report 2009 ECE/MP.WAT/30. Tillgänglig <http://www.unece.org/index.php?id=11658>

Wern L., Barring L., 2008: Sveriges vindklimat 1901-2008. Analys av förändring i geostrofisk vind. SMHI-rapport Meteorologi Nr 138/2009.

Weyhenmeyer, G. A., D. M. Livingstone, M. Meili, O. Jensen, B. Benson, J. J. Magnuson. 2011. Large geographical differences in the sensitivity of ice-covered lakes and rivers in the Northern Hemisphere to temperature changes. *Global Change Biology* 17: 268-275.

Weyhenmeyer, G. A., Y. T. Prairie, and L. J. Tranvik. 2014: Browning of boreal freshwaters coupled to carbon-iron interactions along the aquatic continuum. *PLoS ONE* 9: e88104.

Webblänkar

Regeringen, 2014: En svensk strategi för biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Prop 2013/14:141. Tillgänglig <http://www.regeringen.se/content/1/c6/23/57/10/667ff56b.pdf>

Översvämningskartor: <http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/oversvam/oversvam.htm>

Vatten och avlopp: <http://www.klimatanpassning.se/Hur-paverkas-samhallet/vatten-och-avlopp-information-1.22569>

Dricksvatten: <http://www.lansstyrelsen.se/kalmar/SiteCollectionDocuments/Sv/manniska-och-samhalle/krisberedskap/Dricksvattenprojektet/Brunare%20vatten.pdf>

Forskningsbehov för säkert dricksvatten:

<http://www.formas.se/PageFiles/7672/Material%20till%20Formas%20121031HP.pdf>

Övervakning av främmande arter i Mälaren – en sammanställning av dagens kunskap av introducerade arter (Naturvårdsverkets rapport 6375, 2011)

De glacialrelikta kräftdjurens utbredning i Sverige (2012):

<https://www.havochvatten.se/hav/uppdrag--kontakt/publikationer/publikationer/2012-06-01-de-glacialrelikta-kräftdjurens-utbredning-i-sverige.html>

Klimat effekter på Sveriges fiskfauna

Sammanfattning

Klimat- och sårbarhetsutredningen konstaterade i sitt slutbetänkande (SOU 2007:60) att stora förändringar av ekosystemen och fisket väntar i ett varmare klimat.

Temperaturhöjning, salthaltsminskning och andra klimatfaktorer ändrar förutsättningarna för fiskbestånden. Torsken kan komma att slås ut helt i Östersjön och istället ersättas av sötvattenarter. Varmvattenarter kommer att ersätta kallvattenarter i insjöar. Fisket i Västerhavet och i vissa insjöar kan komma att gynnas.

De flesta av slutsatserna står sig även med dagens kunskapsläge men i vissa fall har forskningen gått vidare. Forskningsframsteg, t ex mer avancerade och komplexa klimatmodeller, leder dock inte nödvändigtvis till tydligare budskap utan kan även innebära att ”vedertagna sanningar” behöver revideras. Klimat- och sårbarhetsutredningen utgick t ex från ett ändrat vindklimat med kraftigare vindar och ett minskat antal fiskedagar i ett förändrat klimat. För detta finns inga övertygande belegg i den senaste forskningen.

Insikten om hur komplex påverkan är på fiskbestånden har generellt ökat. Det finns t.ex. synergieffekter mellan klimatändringar och fiskeriförvaltningen. En faktor som fått större uppmärksamhet efter slutbetänkandet är effekten av försurningen på grund av ökade utsläpp av koldioxid. Både direkta och indirekta effekter av försurningen kan förväntas på fiskbestånd och fisket.

Utredningens perspektiv var i huvudsak det yrkesmässiga fisket. Ett ändrat klimat får även effekter på akvakultur genom att högre temperatur gynnar tillväxt, men ökar också risken för sjukdomsspridning. Indirekt kommer effekter på det globala fisket att kunna påverka tillgången på foder för svensk akvakultur. Även fisketurismen kan påverkas av ett ändrat klimat både genom förändringar av fiskemöjligheter och människornas resvanor. Ökad torra kan i vissa områden försämra förutsättningarna för fiskfaunan i vattendrag.

Klimatförändringen och dess effekter behöver alltså ses i ett bredare perspektiv utgående från målsättningen att uppnå en hållbar förvaltning av fiskeresurserna. Medan det är sannolikt att de fysikaliska och kemiska förändringarna medför stora förändringarna av ekosystemen så är de detaljerade mönstren ofta mycket komplexa. Denna osäkerhet gör det också svårt att bedöma hur klimatförändringen kommer att påverka yrkesfisket, fritidsfisket, vattenbruket och fisketurism i detalj. När det gäller en hållbar fiskförvaltning i ett klimat i förändring utgör således ekosystemansatsen och försiktighetsprincipen två viktiga ledstjärnor.

Det finns även indirekta kopplingar där vissa - ur ett klimatperspektiv potentiellt önskvärda utvecklingslinjer - kan komma i konflikt med fisknäring. En uppenbar effekt är att koldioxidbeskattning och ökade bränslepriser kommer att minska lönsamheten för energiintensiva fiskemetoder, framför allt bottenrålning. Ökad etablering av vindkraft till havs begränsar de områden där trålning och fiske med ankrade redskap är möjlig. Ett viktigt verktyg i detta sammanhang är havsplanering som syftar till att underlätta havens långsiktiga förvaltning och utveckling. Havsplanering länkar samman all planering och förvaltning som rör våra havsområden. Planeringen innebär att nyttjande, utveckling och bevarande vägs mot varandra.

En hållbar förvaltning av fiskeresurserna

HaV:s uppdrag

Havs- och vattenmyndigheten (HaV) är en svensk statlig förvaltningsmyndighet på miljöområdet för frågor om bevarande, restaurering och hållbart nyttjande av sjöar, vattendrag och hav. Myndigheten inledde sin verksamhet den 1 juli 2011 och sorterar under Miljödepartementet. HaV har ett annat uppdrag än tidigare Fiskeriverket som deltog i Klimat- och sårbarhetsutredningens arbete. Med anledning till detta ger vi här en kort beskrivning av HaV:s uppdrag och strategiska arbetet för en hållbar förvaltning av fiskeresurserna. Det är utifrån detta uppdrag som det föreliggande underlaget om klimatförändringens effekter har sammanställts.

Enligt sin instruktion ska Havs- och vattenmyndigheten inom sitt ansvarsområde vara pådrivande, stödjande och samlande vid genomförandet av miljöpolitiken och verka för en hållbar förvaltning av fiskeresurserna. Regeringens målsättning för fisket är att yrkesfisket, fritidsfisket och fiskeribranschen ska bidra till att skapa arbete, välfärd och levande kust- och insjösamhällen. Förutsättningen för att det ska lyckas är att allt fiske bedrivs resurseffektivt och miljömässigt hållbart, med effektiva fiskeregler och selektiva fångstredskap. De nationella miljömålen betonar vikten av skydda hotade arter, bevara genetisk variation, vidmakthålla ekosystemtjänster och att naturligt förekommande fiskarter ska fortleva i livskraftiga bestånd.

EU:s nya fiskeripolitik

Europeiska unionens råd och Europaparlamentet har antagit en ny gemensam fiskeripolitik, som trädde i kraft den 1 januari 2014. Bland annat antogs en ny grundförordning, Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 1380/2013 av den 11 december 2013 (EU 2013).

Målsättningarna är bl.a. att fiskekvoter ska fastställas så att man säkerställer en maximalt hållbar avkastning (MSY), ett succesivt införande av ett utkastförbud samt strävan om en minskad negativ inverkan på de marina ekosystemen.

Klimatanpassning inom Europeiska Havs- och Fiskerifonden

Europeiska havs- och fiskerifonden (EHFF) är ett nytt finansiellt instrument som ska främja de mål om tillväxt, arbetstillfällen och hållbarhet som ingår i reformen av den gemensamma fiskeripolitiken och stödja genomförandet av EU:s integrerade havspolitik. Det innebär att finansieringsinstrument som tidigare funnits spridda nu samlas i en enda förordning och fond. En förutsättning för att få stöd ur fonden är att regelverket kring den gemensamma fiskeripolitiken följs både av medlemsstater och av enskilda stödsökande. Havs- och fiskerifonden ska också bidra till att uppnå EU:s gemensamma tillväxt- och sysselsättningsstrategi (den s.k. Europa 2020-strategin).

EU Kommissionen har presenterat ett arbetsunderlag om ”Principer och rekommendationer för att integrera klimatanpassning inom ramen för EHFF (KOM 2013). Både klimatanpassning och utsläppsminskningar är tvärgående EU-prioriteringar. EU kommer därför att driva på integration av klimathänsyn i olika sektoriella policyområden. Detta är särskilt relevant för finansieringsmekanismer såsom EHFF som möjliggör en effektiv styrning av sektoriell verksamhet i linje med de uttalade prioriteringarna. Inom EHFF bör klimatanpassning inkluderas både på en övergripande nivå i överenskommelserna mellan Kommissionen och medlemsstaterna samt inom de operationella programmen.

Program inom EHFF bör så långt som möjligt vara avstämda med befintliga anpassningsstrategier på nationell och europeisk nivå. Information om existerande anpassningsstrategier förmedlas genom EU:s samordningsplattform för klimatanpassning Climate-ADAPT (EEA 2014).

Denna integrering av klimatanpassning inom sektoriella policyområden ligger i linje med policyrekommendationer såsom strategin (Andersson, 2013) och aktionsplanen (Altvater och Stuke, 2013) som framtagits inom ramen för forskningsprojektet Baltadapt. Relevanta klimatanpassningsunderlag i detta sammanhang har även tagits fram inom ramen för de regionala konventionerna OSPAR och HELCOM (t ex OSPAR 2009a och HELCOM 2013).

Mål för fiskförvaltningen

Politikens mål återspeglas i Havs- och vattenmyndighetens instruktion som anger att myndigheten ska verka för en hållbar förvaltning av fiskeresurserna. Detta har både ett ekosystem- och ett näringsperspektiv.

Det hållbara fisket som Havs- och vattenmyndigheten vill uppnå kännetecknas av att förvaltningen utgår från ekosystemansatsen och försiktighetsprincipen samt baseras på bästa tillgängliga vetenskapliga bedömningar. Förvaltningen ska uppnå följande tillstånd:

- Minsta möjliga oönskad fiskeridödlighet
- Minsta möjliga negativ påverkan på alla organismer och miljön
- God regelefterlevnad
- Bärkraftiga fiskerianknutna näringar inom ramen för långsiktigt hållbart nyttjande.

Fiskförvaltning och klimatförändringen

Klimat- och sårbarhetsutredningen konstaterade i sitt slutbetänkande (SOU 2007:60) att stora förändringar av ekosystemen och fisket väntar i ett varmare klimat.

Temperaturhöjning, salthaltminskning och andra klimatfaktorer ändrar förutsättningarna för fiskbestånden. Torsken kan komma att slås ut helt i Östersjön och istället ersättas av sötvattenarter. Varmvattenarter kommer att ersätta kallvattenarter i insjöar. Fisket i Västerhavet och i vissa insjöar kan komma att gynnas.

SOU 2007:60 utgår i sin analys från ett underlag om klimateffekter på svenskt fiske från Fiskeriverket (Fiskeriverket 2007). Slutsatserna illustrerar redan att klimatförändringen och dess effekter är relevanta för fiskförvaltningen. Däremot föranleder HaV:s uppdrag att frågan behöver ses utifrån ett bredare perspektiv: Termen "fiske" bör t ex tolkas på ett sätt som inkluderar både yrkesfisket och fritidsfisket. Det finns även ett behov att inkludera klimateffekternas betydelse för vattenbruket. Även utvecklingen av fisketurism i takt med klimatförändringen är en öppen fråga.

Flera av dessa frågeställningar går inte att besvara på ett detaljerat sätt idag utan kräver en mer ambitiös genomgång av kunskapsläget, utredningsbehov och i vissa fall sannolikt ny forskning. I det föreliggande underlaget har vi därför valt att fokusera på kunskap om klimateffekterna på Sveriges fiskfauna. Hur de fysikaliska och kemiska förändringarna påverkar yrkesfisket, fritidsfisket, vattenbruket eller fisketurism och hur dessa aspekter på bästa möjliga sätt kan inkluderas i en hållbar fiskförvaltning kräver ytterligare utredning.

Som redan illustrerats i avsnittet om EU:s nya fiskeripolitik är det viktigt att en hållbar förvaltning av fiskeresurserna tar hänsyn till klimatförändringen och anpassningsbehov. Förvaltningen behöver baseras på bästa tillgängliga vetenskapliga bedömningar och utgå från

ekosystemansatsen och försiktighetsprincipen (t ex BalticStern 2013). Betydelsen att stärka den biologiska mångfalden och säkra ekosystemtjänster som vattenrening, produktion av mat och fibrer samt rekreation och friluftsliv lyfts även fram särskilt i regeringens proposition ”En svensk strategi för biologisk mångfald och ekosystemtjänster” (Regeringen, 2014).

Ny kunskap, kunskapsluckor och utredningsbehov

Fisk och fiske i Sverige

I detta avsnitt ges en kort sammanfattning av fisk och fiske i Sverige. För en mer utförlig beskrivning hänvisas läsaren till Fiskeriverkets bilaga till SOU 2007:60 och aktuella rapporter såsom resurs- och miljööversikten (SLU 2012).

I svenska vatten har registrerats totalt 255 fiskarter, varav cirka 140 uppträder regelbundet. Av dessa återfinns 40 endast i sötvatten och 12 både i sött och bräckt vatten. Fiskar är växelvarma och deras fysiologi är anpassad till ett begränsat temperaturintervall. Man skiljer mellan typiska varmvattensarter som ål, gös och havsabborre samt kallvattensarter som lax, siklöja och torsk.

Det svenska yrkesfiskets totalfångst har under de senaste 5 åren minskat från cirka 250 till 190 tusen ton. Det totala fångstvärdet har varit ungefärligt konstant runt 1 miljard kr per år. Huvuddelen av fångsten (70-80% av kvantiteten och 40-55% av värdet) utgörs av pelagiska arter – sill, skarpsill och tobis – som till största delen går till fiskmjölstillverkning.

Västerhavet

Fiskfaunans sammansättning i Västerhavet är ungefär densamma som i övriga Nordsjön. Omkring 80 marina fiskarter förökar sig i svenska vatten. Skagerrak och Kattegatt har den största diversiteten av fiskarter. I detta område påträffas också flest tillfälliga gäster från varmare områden, t.ex. St Persfisk och gulstrimmig mullus. Räkor och havskräfta är vid sidan av de pelagiska arterna de viktigaste målarterna för yrkesfisket. Antalet fiskarter minskar generellt från Skagerrak mot Öresund. Torsk, sill, skarpsill och tobis dominerar, samt på sand- och lerbotten oftast plattfiskar.

Östersjön

I Östersjön blandas sötvattens- och saltvattensarter. I Östersjön förekommer cirka 50 fiskarter vilket är lägre än i Västerhavet på grund av den lägre salthalten. De vanligaste arterna i utsjöområden är torsk, sill och skarpsill, medan kustområden i Östersjön och Bottniska viken domineras av sötvattensarter, framför allt abborre och mört. Ål förekommer längs hela kusten, men mer allmänt i de södra delarna. I Östersjön återfinns även en del ishavsrelikter som hornsimpa. Även i Östersjön domineras yrkesfisket av de pelagiska arterna. De värdemässigt viktigaste arterna därutöver är siklöja och ål. Bestånden av lax, öring, ål och till viss del även sik, är en blandning av naturlig och utplanterad fisk.

Sjöar och vattendrag

Sötvattenfiskfaunan i Sverige omfattar 52 arter, där tolv förekommer även i marin miljö. Artsammansättningen i sjöar och vattendrag varierar mycket mellan norra och södra Sverige och mellan näringsrika och näringsfattiga vatten. Lax, öring och ål vandrar mellan saltvatten och sötvatten och är viktiga både för yrkesfisket och för fritidsfisket. Abborre och gädda är

annars de dominerande arterna i fritidsfisket. Några arter, exempelvis hornsimpa och rödingar, levde nära iskanten vid senaste istiden och blev kvar som ishavsrelikter när isen försvann. Andra arter, exempelvis mört och löja kom in senare i avsmältningsskeendet. Vid tiden för Ancylussjön kom andra mer värmekrävande arter in.

Klimatförändringen i söt- och saltvattenmiljöer

För en diskussion hur söt- och saltvattenmiljöer inom klimatsystemet har observerats förändra och spås förändra i framtiden hänvisas läsaren till de senaste kunskapssynteserna (t ex IPCC 2013, HELCOM 2013, EEA 2012, OSPAR 2009b). En bra bild över det hydrografiska läget kan även fås genom rapporterna från Internationella Havsfiskerådet ICES (t ex ICES 2013).

Påverkansfaktorer av klimatförändringen

En översikt över påverkansfaktorer av klimatförändringen finns i Tabell 1.

Klimatförändringen kan påverka fisk i både söt- och saltvatten genom flera mekanismer (t ex Jeppesen et al. 2010, Jeppesen et al. 2012, Otterson et al. 2010). I en studie av 24 europeiska sjöar konstaterar Jeppesen et al. (2012) att klimatförändringen kan resultera i komplexa förändringar av artsammansättningen som en följd av både direkta effekter såsom temperaturförändringen och indirekta effekter som är kopplade till övergödning, förändring av vattennivåer, skiktning och försaltning. Dessa faktorer kan påverka fiskens metabolism, biotiska interaktioner och den geografiska utbredningen. I en genomgång av forskningslitteraturen och befintliga data anser Jeppesen et al. (2010) att sammansättningen kan påverkas på ett sätt som liknar övergödningseffekterna. Detta skulle innebära att gränsvärden behöver sättas lägre för att nå god ekologisk status men det kvarstår en del forskningsbehov för att nå fram till mer robusta slutsatser.

Fisk reagerar på höjd vattentemperatur vad gäller artsammansättning, födoval, tillväxthastighet m.m. De flesta responser hos fiskesamhället är indirekta, dvs födoorganismerna växlar eller miljön förändras (växer igen, brunifieras, mindre syre vid botten, etc).

Laxfiskar är särskilt känsliga för förändringar i vattenflöde och vattentemperatur då dessa påverkar såväl lekvandring och smoltutvandring som överlevnaden i vattendragen. Lekvandringen kan försenas om vattenflödet är för lågt under sommaren-hösten, likaså kan smoltutvandringen ske för tidigt på våren så att smoltöverlevnaden blir lägre. På sikt kan störningar i de havsvandrande arternas livscykel bli så uttalade att populationer slås ut.

Fiskfaunans resiliens mot klimatförändringen kan även hindras av mängden vandringshinder i vattendragen (Hein et al. 2011). När fiskfaunan inte kan reagera på det förändrade klimatet torde många vatten förlora arter utan att nya kan komma dit (HaV 2013b).

Låga vattenflöden i kombination med förhöjda vattentemperaturer försämrar överlevnaden hos laxfiskar som förekommer i vattendragen medan andra arter som karpfiskar gynnas. I Schweiz har man i alpina vattendrag också noterat en migrering av förekomstzonen för öring högre upp i vattensystemen. Öringen förekommer nu högre upp i vattendragen än tidigare, samtidigt som öringen har slagits ut i de lägre belägna delarna på grund av förhöjda vattentemperaturer och en ökad förekomst av en för fisken dödlig njursjukdom.

Effekterna av temperaturökning och ändrad vattenfärg på akvatiska ekosystem i norra Europa har även undersökts av Nicolle et al. 2012 i en så kallad mesokosmstudie.

Enligt Otterson et al. (2010) kan klimatförändringen påverka marina fiskpopulationer på många olika sätt och på olika tids- och rumsskalor. Effekterna kan vara indirekta och resultera av en kaskadeffekt uppåt genom näringsväven alternativt direkta. Sambanden mellan fysikaliska klimatförändringar inom haven och populationsförändringar har undersökts inom ramen för ett globalt program om dynamiken av marina ekosystem (Global Ocean Ecosystems Dynamics, GLOBEC). Populationens förändring kan vara linjär eller icke-linjär och direkt eller indirekt.

Även nyare kunskapssammanställningar om klimateffekter och sårbarhet (t ex EEA, 2012, HELCOM 2013, OSPAR 2009b) lyfter fram sambanden mellan fiskbeståndens geografiska utbredning och främst temperaturförändringar och ändringar i födoväven. Minskade inflöden av vatten med hög salthalt till Östersjön under perioden 1980 till mitten av 2000-talet anses av HELCOM (2013) ha resulterat i minskad salinitet, syrebrist och en kollaps av torskens reproduktion i centrala Östersjön (1986-1993).

Hur påverkansfaktorerna samverkar verkar dock långt ifrån klarlagt. T ex konstaterar Gräns et al. (2014) i en experimentell studie av hälleflundror att försämringar i syreupptagningsförmåga inte begränsar fiskars utbredning och tillväxt vid höga vattentemperaturer. Till skillnad mot vad man tidigare trott visade det sig dock att hälleflundrornas tillväxt påverkades oberoende av deras syretransportförmåga, och till sin stora förvåning upptäckte forskarna att fiskar som levt i den kallaste temperaturen växte mycket sämre vid framtidens låga pH.

Hur havs- och sötvattenarter och -ekosystem påverkas av klimatförändringen lär även fortsättningsvis vara ett aktivt forskningsområde. I Östersjöcentrums sammanställning av kunskapsläget, trender och identifiering av kunskapsluckor (Östersjörapporten 2014) konstateras följande: ”Forskning under det senaste decenniet har lett till framsteg i vår förståelse av fisk och fiske, inte minst när det gäller orsakerna till några av de storskaliga förändringar som upptäckts i fiskpopulationer. Samarbetet mellan olika forskningsområden har ökat och kombinationen av exempelvis klimatförändringar, övergödning och överfiske har visat sig kunna leda till förändringar i artsammansättning, biomassa och artfördelning. Flera av de viktigaste fiskarterna har visat sig ha genetiskt distinkta populationer, med lokala anpassningar av t.ex. äggens flytkraft och återvändande till reproduktionsområden. Det är också klarlagt att ett hållbart fiske kan leda till att bestånden återhämtar sig och att den ekonomiska avkastningen ökar.

Viktiga kunskapsluckor inkluderar förståelsen av trofiska interaktioner, födosammansättning och den bentisk-pelagiska kopplingen. Det är fortfarande oklart om det finns ett direkt samband mellan primärproduktion och fiskbiomassa, och hur fiskpopulationer är strukturerade och påverkas av migrationsmönster och rekrytering. Dessutom finns det stora osäkerheter kring effekterna av flera och samverkande miljöproblem, och hur t.ex. förändringar i hydrologi och klimat kommer att påverka populationer och näringsvävar. För dessa och andra kunskapsluckor finns det behov av mer och bättre data, inklusive fältdata på fiskpopulationernas storlek och åldersstruktur, samt en fortsatt och ökad integrering av ekosystemmodellering med forskning baserad både på experiment och observationsstudier.”

Det finns även frågor kring effekterna av miljögifter och hur dessa i sin tur komma att påverkas av klimatförändringen, t ex genom ökad transport och urlakning (se t ex Hanson et al. 2009).

Effekterna av klimatförändringen, t ex temperaturökningen, på fisk och fiskodlingar är i många fall svårt att särskilja från andra påverkansfaktorer såsom höga exploateringsrater

eller teknologiska utvecklingar (EEA, 2012). Utifrån ett förvaltningsperspektiv finns det ett behov att både kunna göra en samlad bedömning av olika påverkansfaktorer men samtidigt att kunna särskilja klimateffekter från andra påverkansfaktorer för att kunna följa och bedöma effekterna av anpassningsåtgärder och -strategier.

Tabell 1: Påverkansfaktorer av klimatförändringen på den svenska fiskfaunan

<i>Vattentemperatur</i>	För växelvarma djur som fiskar påverkas alla fysiologiska processer av omgivningstemperaturen. Arterna är därför genetiskt anpassade till ett optimalt temperaturområde. En mindre ökning av medeltemperatur medför att ämnesomsättningen ökar, vilket gynnar tillväxt men också risken för svält. En temperaturhöjning över den till vilken arten är anpassad ger negativa effekter på fiskens kondition. Stora temperaturökningar och tillfälliga extrema temperaturer är generellt negativa.
<i>Salthalt</i>	Salthalten i västerhavet torde inte påverkas signifikant mer än i kustregionen, där emellertid varmare och, genom ökad tillrinning, sötare ytvatten minskar vertikalomblandningen och ökar risken för syrebrist i bottenvattnet. En ökad nederbörd och avrinning kan leda till en påtaglig utsötning av Östersjön. Utbredningen av olika fiskarter i Östersjön styrs av salthaltsgradienten i nord-sydlig riktning och kommer att förändras. Reproduktionen av flera arter, främst torsk, är också starkt beroende av salthaltsförhållandena.
<i>Istäcke</i>	En senare isläggning och tidigare islossning påverkar tidpunkten för lek hos flera insjö- och Östersjöarter. Det påverkar också möjligheten för isfiske, vilket är viktigt för fritidsfiskesektorn.
<i>Nederbördsmönster</i>	Årsmedel (blötare), fördelning (blötare vintertid, ibland torrare sommartid), extremer; dessa faktorer påverkar förutom salthalten i marina miljöer (se ovan) vattenstånd och vattenföring i sjöar och vattendrag, vilket i sin tur ger effekter på fiskfaunans sammansättning och fisbeståndens reproduktion. Ökad avrinning medför ökade transporter av närsalter, humus och miljögifter, vilket orsakar ökad eutrofiering och försämrad vattenkvalitet.
<i>Syrebrist</i>	Primärt ökar risken för akut syrebrist på grund av klimatändringarnas inverkan på eutrofiering och vertikalomblandning. Vid högre temperatur kan mindre mängd syrgas lösas i vattnet, vilket innebär begränsningar av hur täta besättningar man kan hålla i akvakulturanläggningar.
<i>Försurning</i>	En ökad koldioxidhalt i atmosfären innebär att mer koldioxid löses i vatten och pH sjunker. Prognosmodeller visar på en 2 till 3-faldig ökning av surhetsgraden i Östersjön över de kommande 100 åren (Havenhand 2012). Effekterna på fisk är oklara men är troligen i första hand indirekta genom ändringar av ekosystemets sammansättning.

Klimat effekter på svenskt fiske

När det gäller specifika svenska fisken har kunskapsläget när det gäller klimat effekter inte förändrats nämnvärt sedan SOU 2007:60. Här tas därför endast upp aspekter som inte berörts i Fiskeriverkets bilaga till utredningen. När det gäller det internationella perspektivet hänvisas läsare till aktuella kunskapssammanställningar såsom FAO (2009).

Fiskeriförvaltning

När bestånden inte är statiska utan ökar eller minskar på grund av klimat effekter leder konstanta biologiska referensnivåer för lekbiomassa och fiskeridödlighet till felaktigt satta kvoter. Vissa arter, till exempel torsk och rödspätta i Nordsjön, kommer att tåla ännu lägre fisketryck, medan andra, som tunga, kan exploateras relativt sett hårdare vid varmare klimat. Fördelningen av kvoter inom EU har fastlagts grundat på medlemsländernas historiska fångster av olika arter i olika områden, den så kallade relativa stabiliteten. När bestånden förskjuts geografiskt innebär det att fördelningen kan behöva förhandlas om; en komplicerad och långvarig process. Det har också visat sig att det finns synergier mellan klimat effekter på bestånd och valet av förvaltningsstrategi (Bartolino et al. 2014). Det är därför önskvärt att utveckla långsiktiga förvaltningsmodeller där klimatprognoser är en integrerad del.

Fiskets bedrivande

Klimat- och sårbarhetsutredningen utgick från ett ändrat vindklimat med kraftigare vindar och ett minskat antal fiskedagar i ett förändrat klimat. För detta finns dock inga starka belägg i den senaste forskningen. En analys av det svenska vindklimatet baserat på tryckobservationer (Wern och Barring 2008) visar inga signifikanta trender för stormar i Sverige under det senaste århundradet men tyder däremot på en liten minskning av medelvindstyrkan. Även flera nyare kunskapssammanställningar är försiktiga i sina bedömningar av observerade respektive förväntade trender (t ex EEA 2012, HELCOM 2013, IPCC 2013).

En väsentlig påverkansfaktor som inte behandlades av klimat- och sårbarhetsutredningen är effekter av ändrade bränslepriser som följd av åtgärder för att minska koldioxidutsläppen. Bränslekostnaderna både för storskaligt och småskaligt fiske är höga; generellt 30-50% av det infiskade värdet (FAO 2007). I dag är fisket, till skillnad från annan näringsverksamhet, undantaget från all energibesättning. Även en måttlig koldioxidskatt skulle få stora effekter på fisket och t.ex. sannolikt göra mycket av bottenräningen olönsam. Eftersom dagens fiske kännetecknas av stor överkapacitet och effekten av klimatändringar på fiskbestånd tenderar att bli större under hårt fisketryck torde en energiskatt på fisket vara gynnsam i flera avseenden.

Försurning

Kunskapen om försurningens effekter i havet är ännu begränsad (se även det separata avsnittet om havsförsurning och t ex Gräns et al. 2014). I första hand kommer arter med kalkskal att påverkas och effekter på fisk är sannolikt i första hand indirekta via förändringar av födosammansättningen. För sill och makrill utgör t.ex. vingsnäcken periodvis en viktig del av födan. Minskar eller försvinner sådana arter i planktonekosystemet påverkas kvaliteten, kvantitet och timing av fiskens föda, vilket kan orsaka minskad tillväxt och överlevnad.

Ägg och larvstadierna är troligen de stadier som är känsligast för pH-ändringar. Ett specifikt klimatrelaterat fenomen har observerats i Östersjön (Hudd och Kjellman 2002). I detta fall orsakas försurningen av sura bergarter i området. En tidig snösmältning för ut surt vatten i

kustzonen och orsakar massdöd av larver av lake när detta sammanfaller med kläckningsperioden. Ökad temperatur kan förväntas öka frekvensen av sådana perioder.

Vattenbruket

Totalt producerades i Sverige år 2012 ca 12 500 ton matfisk, drygt 1000 ton för utsättning och 1300 ton musslor. Värdet på den totala produktionen var 340 miljoner svenska kronor. Den vanligaste arten är regnbåge och därefter röding. Internationellt sett är vattenbruk en liten näring i Sverige. Det finns knappt 200 odlingar, men verksamheten ökar. Försök i olika skalor med recirkulerande system, odling av grödor tillsammans med fisk och odling i öppet vatten i täta dukkassar pågår.

Det största hotet från kommande klimatändringar riktas mot rödingodling, som har vuxit snabbt och nu dominerar i norra Sverige. Röding är en utpräglad kallvattensart med en letaltemperatur under 20 °C. Ökad medeltemperatur och fler extrempperioder kan innebära att denna odling blir omöjlig. Varmare klimat innebär också större risk för sjukdomsspridning. Högre vattentemperaturer gör att parasitinfektioner får ett snabbare och allvarigare sjukdomsförlopp. Indirekt kan all matfiskodling påverkas om klimatändringarna globalt leder till prishöjningar eller brist på fiskmjöl och fiskolja för fodertillverkningen.

Ökande temperatur innebär i princip möjlighet att utveckla odling av andra arter. I praktiken krävs dock omfattande utvecklingsarbete och uppbyggnad av en marknad för arten för att etablera en ny typ av akvakultur.

Fritidsfisket

Över en miljon svenskar fritidsfiskar varje år. Allmänheten har rätt att fiska med handredskap utan något särskilt tillstånd utmed kusterna och i de stora sjöarna. Med undantag för ostkusten mellan Uppsala och Blekinge län är även fiske med ett begränsat antal nät, burar m.m. tillåtet. I alla dessa områden har även utländska medborgare rätt att fiska med handredskap. För fiske i sötvatten krävs normalt tillstånd från fiskerättsinnehavaren.

De flesta fritidsfisketillfällen förläggs till sötvatten (cirka 60% av antalet fiskedagar) och abborre och gädda utgör cirka hälften av fångsten. Laxfiskar svarar för cirka en fjärdedel av fångsterna i sötvatten. Även i havet utgör abborre och gädda en stor del av fångsterna, men den vanligaste arten är sill. Tillsammans svarar dessa tre för knappt hälften av fritidsfiskefångsten (Fiskeriverket 2005).

Fritidsfiskets målarter med undantag av laxfiskarna kommer alltså i stor utsträckning att gynnas av högre vattentemperatur. Andra klimateffekter, t.ex. mer varierande och högre flöde i vattendragen, påverkan på födoorganismer o.s.v. kan påverka resursen negativt, men eftersom det helt dominerande motivet för att ägna sig åt fritidsfiske är avkoppling och naturupplevelse torde det krävas stora effekter på fiskbestånden för att det skall påverka viljan att fiska.

Indirekta klimateffekter har sannolikt större betydelse för utvecklingen av fritidsfiske och turistfiske. Fiske från is är en populär del av fritidsfisket som kan missgynnas genom kortare säsong och påverkan på rödingbestånden. Den viktigaste effekten kan vara om utlandsturismen minskar p.g.a. att många av hänsyn till klimateffekten avstår från långa flygresor och väljer att tillbringa ledigheten i närområdet, där fiske då är en trolig aktivitet. En sådan utveckling skulle gynna den inhemska delen av fisketurismen, medan andelen utländska besökare kan minska.

Referenser

Altvater, S. och Stuke, F. 2013: Baltadapt Action Plan. Recommended actions and proposed guidelines for climate change adaptation in the Baltic Sea Region. Danish Meteorological Institute. Copenhagen. Tillgänglig
http://www.baltadapt.eu/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=0&view=finish&catid=72&cid=361

Andersson, L. 2013: Baltadapt Strategy for Adaptation to Climate Change in the Baltic Sea Region. A proposal preparing the ground for political endorsement throughout the Baltic Sea Region. Danish Meteorological Institute. Copenhagen. Tillgänglig
http://www.baltadapt.eu/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=0&view=finish&catid=72&cid=360

Baltadapt
http://www.baltadapt.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=175&Itemid=287

BalticStern, 2013: The Baltic Sea –Our Common Treasure. Economics of Saving the Sea. Tillgänglig
<https://www.havochvatten.se/download/18.2a9b232013c3e8ee03e6bde/1363349789482/the-baltic-sea-our-common-treasure>

Bartolino, V., Margonski, P., Lindegren, M., Linderholm, H.W., Cardinale, M., Rayner, D., Wennhage, H., Casini, M., 2014. Forecasting fish stock dynamics under climate change: Baltic herring (*Clupea harengus*) as a case study. Fisheries Oceanography, Vol. 23, No. 3, 2014, p. 258-269.

EcoChange, 2014: Ecosystem Dynamics in the Baltic Sea in a Changing Climate Perspective. Tillgänglig <http://www.umf.umu.se/english/ecochange>

EEA, 2012: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report. EEA Report No 12/2012, Copenhagen, Denmark. Tillgänglig:
<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>

EEA, 2014: European Climate Adaptation Platform (Climate-ADAPT). Tillgänglig
<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

EU, 2013: The Common Fisheries Policy (CFP). Management of EU fisheries. Tillgänglig
http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/index_en.htm

FAO. 2007. The state of world fisheries and aquaculture – 2006. FAO Rome.

FAO, 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture. Overview of current scientific knowledge. Technical Paper 530. FAO Rome.

Fiskeriverket, 2005: Fiskeriverket/SCB-rapport Fiske 2005. Tillgänglig
https://www.havochvatten.se/download/18.64f5b3211343cffddb2800018435/1348912831451/finfo2005_10.pdf

Fiskeriverket, 2007: Klimateffekter på svenskt fiske. Underlagsrapport utarbetad för Klimat- och Sårbarhetsutredningen 2007-06-04. Bilaga B26.

<http://www.government.se/content/1/c6/08/93/34/557cfd35.pdf>

Gräns, A., F. Jutfelt, E. Sandblom, E. Jönsson, K. Wiklander, H. Seth, C. Olsson, S. Dupont, O. Ortega-Martinez, I. Einarsdottir, B. T. Björnsson, K. Sundell and M. Axelsson, 2014: Aerobic scope fails to explain the detrimental effects on growth resulting from warming and elevated CO₂ in Atlantic halibut. *J Exp Biol* 2014 217:711-717. ; doi:10.1242/jeb.096743

Hanson N, Förllin L, Larsson Å. 2009. Evaluation of long term biomarker data from Perch (*Perca fluviatilis*) in the Baltic Sea suggest increasing exposure to environmental pollutants. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28:364–373

HaV, 2013: EU:s fiskepolitik. Tillgänglig

https://www.havochvatten.se/download/18.276e7ae81443563a7502643/1393851784823/GFP-2013+2014-02-28_SLUTLIG.pdf

HaV, 2013a: Fiskvandring – arter, drivkrafter och omfattning i tid och rum. Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Tillgänglig <https://www.havochvatten.se/download/18.5f66a4e81416b5e51f73111/1383209282318/rapport-2013-11-fiskvandring.pdf>

HaV, 2013b: Sötvattnet 2013. Om miljötillståndet i Sveriges sjöar och vattendrag. Tillgänglig https://www.havochvatten.se/download/18.16a42a771405a5e96073bd1/1380119464400/S%C3%B6tvatten_2013_72dpi_klar.pdf

Havenhand, J. 2012. How will Ocean Acidification Affect Baltic Sea Ecosystems? An Assessment of Plausible Impacts on Key Functional Groups. *Ambio* 41:637-644.

Hein, C. L., Öhlund, G. & G. Englund, 2011. Dispersal through stream networks: modelling climate-driven range expansions of fishes. *Diversity and Distributions* 17: 641–651.

HELCOM, 2013: Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013. *Balt. Sea Environ. Proc. No. 137*. Tillgänglig: <http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP137.pdf>

Hudd, R., Kjellman, J., 2002. Bad matching between hatching and acidification: a pitfall for the burbot, *Lota lota*, off the river Kyrönjoki, Baltic Sea. *Fisheries Research* 55:153-160.

ICES, 2013: ICES Report on Ocean Climate 2012 prepared by the Working Group on Oceanic Hydrography. [http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20\(CRR\)/crr321/IROC%202012.pdf](http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20(CRR)/crr321/IROC%202012.pdf)

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Tillgänglig: http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf

Jeppesen, Erik, et al. 2010: Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function. *Hydrobiologia* 646(1), 73-90.

Jeppesen, E., et al., 2012. Impacts of climate warming on the long-term dynamics of key fish species in 24 European lakes. *Hydrobiologia*, 694(1), 1-39.

KOM, 2013. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT. Principles and recommendations for integrating climate change adaptation considerations under the 2014-2020 European Maritime and Fisheries Fund operational programmes. Tillgänglig: http://ec.europa.eu/fisheries/reform/emff/climate-change_en.pdf

Nicolle, A., Hallgren, P., Von Einem, J., Kritzberg, E. S., Granéli, W., Persson, A., Brönmark, C. and Hansson, L.-A., 2012: Predicted warming and browning affect timing and magnitude of plankton phenological events in lakes: a mesocosm study. *Freshwater Biology*, 57: 684–695. doi: 10.1111/j.1365-2427.2012.02733.x

OSPAR, 2009a: Impacts of climate change on the North-East Atlantic ecosystem. Tillgänglig http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00463/p00463_impacts%20of%20climate%20change.pdf

OSPAR, 2009b: Assessment of climate change mitigation and Adaptation. Tillgänglig http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00464/p00464_climate%20change%20mitigation%20adaptation%20final.pdf

Ottersen, G., Kim, S., Hused, G., Polovina, J.J. och Stenseth, N.C., 2010: Major pathways by which climate may force marine fish populations. *J Mar Syst* 79(3-4):343–360. Tillgänglig <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924796309000906>

Perry, A.L., Low, P.J., Ellis, J.R., och Reynolds J.D. , 2005. Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fishes. *Science* 308, 1912 *Science* 308: 1912-1915

Pörtner, H.O., Knust, R. 2007. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. *Science*, 315: 95–97.

Regeringen, 2014: En svensk strategi för biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Prop 2013/14:141. Tillgänglig <http://www.regeringen.se/content/1/c6/23/57/10/667ff56b.pdf>.

SLU, 2012: Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten. Resurs- och miljööversikt 2012. Tillgänglig https://www.havochvatten.se/download/18.13780b7613b461ffa9e1bca/1359645638555/ROM+2012+webb_mindre.pdf.

SOU 2007:60: Klimat- och sårbarhetsutredningen. <http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>

Wern L., Barring L., 2008: Sveriges vindklimat 1901-2008. Analys av förändring i geostrofisk vind. SMHI-rapport Meteorologi Nr 138/2009.

Östersjörapporten, 2014: A survey of some current trends, scientific standpoints and knowledge gaps in Baltic Sea science. Underlagsrapport utarbetat Stockholms universitets Östersjöcentrum på uppdrag av Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten. Rapporten kan fås av HaV.

Vattenförsörjning och avloppssystem

Sammanfattning

Ökad nederbörd och extremväder påverkar avloppssystemen i allt högre utsträckning och förväntas resultera i stora utmaningar enligt de senaste klimatprojektionerna. Hur olika områden kommer att drabbas i framtiden beror till en stor del på de lokala geohydrologiska förutsättningarna samt hur bebyggelsen och avloppssystemen utformats. Klimatscenerierna pekar på en minskning av vattentillgången i stora delar av södra landet. Fler dygn med torr mark och mindre vatten i vattendragen ger konsekvenser för många olika verksamheter inklusive dricksvattenförsörjningen. Problembilden kompliceras av en längre vegetationsperiod och sannolikt ökad konkurrens om vatten.

Dricksvattenförsörjning

Dricksvattenutredningen

Dricksvattenutredningen ska enligt sina direktiv med utgångspunkt i rådande ansvarsfördelning lämna en uppdaterad analys av klimatförändringarnas framtida effekter på dricksvattenförsörjningen i Sverige, vilka risker detta medför och samhällets sårbarhet. Analysen ska enligt utredningens bedömning lämnas med utgångspunkt i de senaste kunskapsunderlag som nu finns tillgängliga, så att slutsatserna från den tidigare Klimat- och sårbarhetsutredningen kan utvecklas och preciseras.

HaV anser att det är lämpligt att avvakta resultat från denna.

Regionala klimatanalyser och vattenförsörjningsplaner

Klimatanalyser har tagits fram för i stort sett samtliga län. Information finns på: <http://klimatanpassning.se/2.481/vem-har-ansvaret/lansvisa-klimat-och-sarbarhetsanalyser-1.25071>.

Genom införande av vattenförsörjningsplaner kan kommuner och länsstyrelser få en samlad överblick av de vattenförekomster som behövs för att säkra en långsiktigt hållbar vattenförsörjning. Regionala vattenförsörjningsplaner finns framtagna för flertalet län bland annat i Skåne, Kronoberg, Dalarna, Kalmar och Stockholm. SGU har tagit fram vägledning om vattenförsörjningsplanen (SGU, 2009).

Det finns också ett antal studier genomförda med fokus på hur climateffekterna kan komma att påverka vattenförsörjningen.

Länsstyrelserna kring Mälaren har tagit fram en förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden (Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden). Risken för saltvatteninträngning ökar med höjningen av havsnivån och är det största hotet mot Mälaren som vattentäkt. Mer information om hur klimatförändringarna kan påverkanka dricksvattenkvaliteten i Stockholms län finns t ex i rapporten Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholm län (Tyréns, 2011). Ökad temperatur och nederbörd ger ex ökad vattenfärg och humushalter, ökat tillskott av näringsämnen, ökad risk för vattenburen smitta och ökad risk för kemiska föroreningar och saltvatteninträngning. Redan idag är saltvatteninträngning ett hot mot mindre grundvattentäkter i kust och skärgård (Tyréns, 2011).

Länsstyrelsen i Värmlands län har tagit fram kunskapsunderlag som ska hjälpa kommunerna att hantera följderna av klimatförändringar på lokal nivå (Länsstyrelsen i Värmlands län, 2011). Klimateffekterna har delats upp i ökad tillrinning, ökning av intensiva regn, större marköversvämningar och högre temperatur. Slutsatser som dras är att många dricksvattentäkter är utsatta redan idag och har drabbats vid något tillfälle av effekter av klimatförändringar i samband med skyfall eller översvämningar. Ytvattentäkterna är mer utsatta för risker än grundvattentäkter och stor risk föreligger för försämrad kvalitet av vattnet i ytvattentäkter. Frekvens av bräddning från reningsverk och pumpstationer kommer att öka vid extremväder och kan leda till ökad spridning av patogener.

Resultat från hydrologiska beräkningar kopplade till regionala klimatmodeller (t ex SMHI, 2012) pekar på en minskning av vattentillgången i stora delar av södra landet. Fler dygn med torr mark och mindre vatten i vattendragen ger konsekvenser för många olika verksamheter inklusive dricksvattenförsörjningen. Problembilden kompliceras av en längre vegetationsperiod och sannolikt ökad konkurrens om vatten.

SGU har sammanställt rapporten Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat, SGU 2010. Sammanfattande faktorer av vikt för dricksvattenförsörjningen:

- Grundvattnets kvalitet kan påverkas genom ändrade förutsättningar i markprocesser.
- Förändringar i markanvändningen kan ha betydelse för grundvattenkvaliteten, ex ökad användning av gödsling och bekämpningsmedel.
- Ökad föroreningsrisk från enskilda och allmänna avloppsanläggningar pga ökad nederbörd.
- Ökad risk för saltvatteninträngning

Material från Svenskt Vatten

Säkrare dricksvattenförsörjning – motverka föroreningsrisker inom avrinningsområden, SVU-rapport 2010-07

Risikanalys från råvatten till tappklar, SVU-rapport 2010-08

Smittskydd

Enligt SOU 2007:69 kommer riskerna för klorresistenta parasiter och virus sannolikt öka.

Vintern 2010 skedde utbrottet av *Cryptosporidium* i Östersund, våren 2011 i Skellefteå. I bägge fallen var det en humanspecifik *Cryptosporidium* som var orsaken vilket innebär koppling till smitta från avloppsvatten.

Sen dess har vattenverket i Sverige satsat mycket på att öka barriären med UV-ljus och ultrafilter.

Tre MSB-finansierade projekt som Livsmedelsverket leder pågår 2013-2015

- Riskklassning av svenska ytvatten: kartläggning av klimat och miljöberoende variationer i ytvattenkvalitet – underlag tas fram mha råvattendata, klimatdata, analyser av indikatorer och patogener.
- Verktyslåda för fekal källspårning på laboratorium och i fält: inventering av möjligheterna att bättre kunna härleda föroreningar till en viss typ av utsläppskälla
- Hälsoeffekter av planerade och oförutsedda händelser i produktion och distribution av dricksvatten

Av intresse är också VISK – Virus i vatten skandinavisk kunskapsbank www.visk.nu

Avloppssystemen

Ökad nederbörd och extremväder påverkar avloppssystemen i allt högre utsträckning. Hur olika områden kommer att drabbas beror helt på de lokala geohydrologiska förutsättningarna samt hur bebyggelsen och avloppssystemen utformats. Det är viktigt att kommunerna genomför sårbarhetsanalyser för extrema nederbördssituationer. Ett viktigt hjälpmedel är Lantmäteriets nya höjddatabas för Sverige, www.lm.se.

Ett ökat antal extremväder i framtiden kan antas leda till ökad bräddning men än så länge syns inga signifikanta trender i den befintliga statistiken (Naturvårdsverket, personlig kommunikation).

Rapporter från Svenskt Vatten

Regnintensitet i Europa med fokus på Sverige - ett klimatförändringsperspektiv - SVU-rapport 2012-16

Hösten 2011 publicerades P105 ”Hållbar dag- och dränvattenhantering – Råd vid planering och utformning”. Publikationen tar upp hela kedjan från första planeringsmötet till drift och underhåll av utförda anläggningar.

Publikationen byggs upp av många praktiska exempel från Svenska kommuner. Många kommuner har förverkligat detta i dagvattenstrategier och policier, ex Malmö, Växjö, Göteborg, Stockholm, Kungsbacka.

HaV och NV har tillsammans tagit fram en vägledning för kommunal VA-planering (Havs- och vattenmyndigheten 2014).

Referenser

Länsstyrelsen i Värmlands län, 2011. Riskbedömning dricksvattentäkter i ett förändrat klimat, Värmlands län.

Länsstyrelsen i Skåne län, 2012. Handbok för klimatanpassad vattenplanering i Skåne, Rapport 2012:8.

Länsstyrelserna 2011, Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden.

Tyréns 2011, Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län. VAS-rådets rapport nr 10.

Länsstyrelsen i Kalmar län, Regional vattenförsörjningsplan Kalmar län 2013.

SGU, 2010. Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat, SGU-rapport 2012:12

SGU, 2009. Vattenförsörjningsplan-identifiering av vattenresurser viktiga för dricksvattenförsörjningen, SGU-rapport 2009:24.

Havs- och vattenmyndigheten, 2014. Vägledning för kommunal VA-planering – för hållbar VA-försörjning och god vattenstatus, 2014:1.

SMHI, 2012: <http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarioer/vattenforhallanden-1.22672>

Tvärgående frågor

Sammanfattning

Sedan klimat- och sårbarhetsutredningen har havs- och vattenförvaltningen vidareutvecklats med EU:s ramdirektiv för en marin strategi och ramdirektivet för vatten som väsentliga drivkrafter. I samband med införandet av dessa direktiv har ett antal tvärgående problemområden och frågeställningar identifierats. Bland dessa återfinns klimatförändringens effekt på referensvärden och miljö kvalitetsnormer som behövs för att kunna bedöma miljöns status och dess förändring med tiden. Det finns även ett behov att kunna särskilja klimatförändringens effekter från den direkta påverkan genom mänsklig aktivitet. Behovet av detektering och attribution av förändringar ställer i sin tur utökade krav på miljöövervakningen både när det gäller antalet parametrar som behöver övervakas och långsiktigheten i övervakningen.

Det har kommit en del ny kunskap som berör värderingar av vattenrelaterade miljöeffekter, bland annat när det gäller värdet av dricksvatten, åtgärder för minskad övergödning och kostnaden av invasiva främmande arter.

Både i Sverige och inom EU förespråkas att externa effekter ska internaliseras för att ge rättvisande prissignaler ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Klimatförändringen och den europeiska lagstiftningen

En viktig förändring jämfört med SOU 2007:60 är utvecklingen av det miljöpolitiska landskapet. När det gäller sötvatten, havs- och fiskförvaltning så har ett flertal europeiska direktiv och lagstiftningar antingen vidareutvecklats respektive tillkommit. Bland dessa politiska ramverk återfinns EU:s ramdirektiv för vatten, ramdirektivet för en marin strategi och den gemensamma fiskeripolitiken. Kommissionen har även lagt ett direktivförslag om en ram för fysisk planering i kust- och havsområden och integrerad förvaltning av kustområden.

Klimatfrågan har blivit en viktig EU-prioritering. Ett eget direktorat för klimatåtgärder (DGCLIMA 2014) etablerades 2010 med uppdraget att arbeta med både utsläppsminskning och klimatanpassning. När det gäller anpassning så har EU-Kommissionen även lanserat en europeisk anpassningsstrategi och ett omfattande material om anpassning inom olika sektorer (DGCLIMA, 2013). Klimatanpassning är en horisontell frågeställning som berör ett antal sektoriella (vertikala policyområden). Ett huvudelement i strategin är därför att verka för en förbättrad inkludering av klimatanpassning i de sektoriella policyområdena.

I följande kapitel diskuteras några konkreta utmaningar som klimatförändringen medför inom ramen för havs- och vattenförvaltningen.

Klimat effekter i ett havs- och vattenförvaltningsperspektiv

I EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG, här efter kallad vattendirektiv) finns ingen direkt hänvisning till klimatförändringar. Effekten av klimatförändringar ingår dock indirekt i hela vattenförvaltningskedjan, som förändrat referensförhållande, som ett påverkanstryck och som en faktor som kan leda till ökat påverkanstryck genom olika drivkrafter.

Inom genomförandet av ramdirektivet för en marin strategi (2008/56/EC, här efter kallad havsmiljödirektiv) har klimatförändringar identifierats som en av de största

påverkanskällorna på den marina miljön förutom fisket och förluster av habitat m.m. Klimatförändringarna kan innebära att temperatur och koldioxidhalt förändras som i sin tur leder till indirekta effekter såsom minskad isutbredning, förändrad skiktning, näringsregim och pH. I många fall är problematiken med klimatförändringar i vattendirektivet och havsmiljödirektivet likartad²⁴.

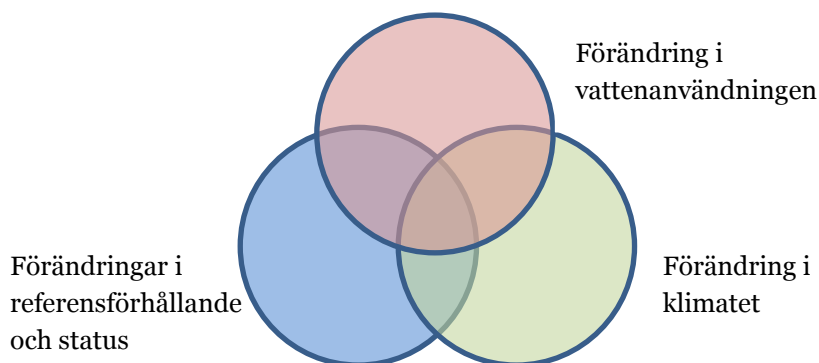
Referensförhållande inom ekologisk och kemisk status

Klimatförändringar kommer påverka statusklassningen på längre sikt. All statusklassningen utgår från ett fastställt referensförhållande som oftast förutsätts gälla under en förvaltningscykel. Om nederbörden och temperaturen förändras kommer detta att påverka referensförhållandet. I många fall har vi ännu inte så detaljerade modeller att vi kan förutsäga förändringarna på vattenförekomstnivå eller i mindre avrinningsområden. Om referensförhållandet förändras finns det risk att förändringar enligt bedömningsgrunder härleds felaktigt till mänskliga påverkanstryck.

Det finns behov av att utifrån prognoserna för klimatförändringar ta fram vägledning för hur förändrade referensförhållanden kan se ut och hur de ska hanteras inom vattenförvaltningen. Detta relaterar till Artikel 4 i vattendirektivet.

Risk för försämring av status

Klimatförändringarna kan påverka såväl kemisk som ekologisk status på många sätt. Följande får ses som ett exempel på några av de effekter på statusen som kan uppstå i ett förändrat klimat. Mycket tyder på att klimatförändringarna kommer leda till ökad nederbörd, framförallt vintertid, men med torrare somrar. Detta kan påvisas redan idag även om avrinningen inte alltid har ökat på grund av ökad skogsareal. Ökad nederbörd och temperatur kan leda till ökad mobilisering av tungmetaller, till exempel kvicksilver i skogen, direkt eller indirekt genom ökat behov av markavvattning och större uttag av skogsbränslen. Detta leder till påverkan på kemisk status. Även ökad transport av finmaterial från erosion kan leda till statusförsämring i vattendrag och sjöar. Inom jordbruket kan ökad nederbörd innebära ökad risk för ytavrinning och näringsläckage som i sin tur leder till försämrade ekologisk status. Ökad avrinning innebär att vattendragen kommer att börja anpassa sin morfologi till det nya hydrologiska tillståndet. Det kan därför förväntas att vattendragen men också sjöarna blir hydromorfologiskt mer aktiva. I områden med ökad risk för torra kan



Figur 1 Principerna för klimatförändringar utifrån ett vattenförvaltningsperspektiv.

²⁴ En besläktad problematik finns även inom fiskförvaltningen när bestånden inte är statiska utan varierar pga klimatförändringar. Konstanta biologiska referensnivåer för lekbiomassa och fiskeridödlighet kan då leda till felaktigt satta kvoter.

konkurrens om vattnet för bevattning och kraftproduktion minska förutsättningarna för biologisk mångfald.

Ökad nederbörd och minskad tjäle vintertid innebär att vi får en förändring i relationen mellan grundvattnet och ytvattnet. Vid höga nederbördstillfällen finns det ökad risk att grundvattenförekomster kontamineras. Varmare klimat kan leda till ökad bakterietillväxt vilket i sin tur ställer ökat krav på rening och hygien i hela kedjan för dricksvattenförsörjning. Detta i sin tur kan leda till ökat behov av reservvattentäkter och ökat skydd för befintliga vattentäkter. Med minskad nederbörd sommartid kan det också uppstå brist på grundvatten. Det kan påverka dels dricksvattenförsörjningen men också grundvattenberoende ekosystem.

Högre temperatur sommartid kan leda till att man snabbare når syrefattiga förhållanden i sjöar och vattendrag jämfört med tidigare. För kustvattenförekomsterna kan näringsstatusen försämrans genom ökad uttransport av näring genom inlandsvatten samtidigt som havet värms upp tidigare och under längre period. Risk för algblomning kan därför öka. För det kustnära området skulle ökad stormfrekvens och intensivare vågklimat²⁵ innebära ökad erosion längs kusten men också påverkan och omblandning av bottenmiljöerna.

Ökad nederbörd, framförallt i form av intensiva regntillfällen sommartid kan leda till betydande översvämningar. I de flesta fall sker dessa i områden som redan i dag översvämmas, men det finns risk för ökat antal översvämningar i samband med snabb snösmältning och isdammar i norra Sverige. Kraftigare översvämningar kan leda till breddning av reningsverk med omfattande påverkan på vattenkvalitén, mobilisering av miljögifter i förorenade områden, ökad uttransport av slam och miljögifter genom dagvattensystem.

När det gäller miljögifter så finns ett antal möjliga kopplingar till klimatförändringen, t ex:

- Ökad nederbörd ger ökat utflöde och därmed en större risk för att mer miljöfarliga ämnen når vattendragen från städer.
- Ökad nederbörd ger utökad urlakning ur jordar och från tex kopparkoppar och andra stora ytor.
- Ökade flöden och stormar kan frilägga gamla synder som ligger begravda i sediment både i sjöar och kustnära områden.
- Förändrad biologisk aktivitet, dvs andra arter, kan också frigöra ämnen som ligger begravda i sediment.
- Ökade flöden gör att reningsverken oftare kommer behöva brädda sitt vatten vilket resulterar i ökade utflöden av miljöfarliga ämnen läkemedel och antibiotika resistent bakterier.

Med varmare klimat ökar risken för spridning av främmande arter både i inlandsvatten och kust- och övergångsvatten. Vi har redan effekter av detta problem i Sverige. Eftersom det är svårt att förutsäga vilka arter det handlar om är det viktigt att det finns en framförhållning och en beredskap för detta. Främmande arter kan mycket väl sänka statusen för en vattenförekomst.

²⁵ När det gäller trenderna av frekvensen och intensiteten av stormar finns idag ingen tydlig bild. Ett ökande havsvattenstånd innebär dock påverkan av kusterna kommer att förändras även under ett oförändrat vind- och vågklimat.

Avseende kemisk och ekologisk status finns det behov av en sammanfattning av de långsiktiga effekterna av klimatförändringar på ekologisk och kemisk status i vattenmiljöerna, samt en analys hur dessa förändringar kan särskiljas från de förändringar som uppstår från mänsklig aktivitet. Det finns också behov att utifrån nuvarande miljöövervakning säkerställa att det går att påvisa närvaro av de fysikaliska, kemiska, hydromorfologiska och ekologiska förändringar som kan förväntas i ett förändrat klimat.

Miljökvalitetsnormer

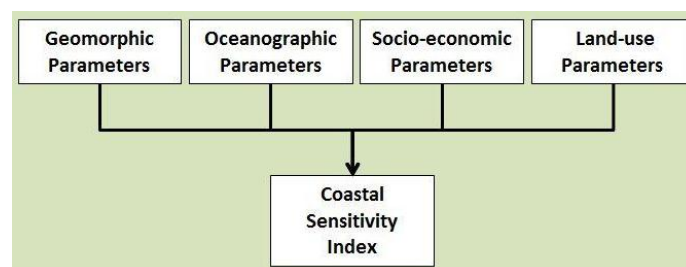
Miljökvalitetsnormerna har i de flesta fall bedömts vara möjliga att uppfylla till 2021 och i vissa fall 2027. Klimatförändringarna kommer dock att innebära att en rad drivkrafter och därmed påverkanstryck kommer att förändras. Ökad nederbörd kommer att öka behovet av markavvattning i såväl skogsbruket och jordbruket. Detta kan leda till att det i vissa fall blir svårt att uppnå normerna till den fastställda tidpunkten genom ökad fysisk påverkan och förändrad vattenkvalité. I vissa fall måste vi beakta mindre strängt krav eller kraftigt modifierade vatten.

Det finns en rad sekundära effekter som uppstår i ett förändrat klimat. Med varmare klimat kommer produktionen i skogs- och jordbruk sannolikt öka. Förutom ökad tillväxt kommer också både tillväxt- och odlingssäsongen att förlängas. Det kommer innebära en möjlighet för Sverige men kan samtidigt innebära att påverkanstrycken på vattenförekomsterna sannolikhet ökar, till exempel genom ökad gödsling, ökade markskador i form av kompaktion av jorden, men också ökad mängd bekämpningsmedel. Bristen på tjäle vintertid kan öka risken för körskador. I södra Sverige förväntas nederbörden sommartid minska vilket kan leda till ekologisk vattenbrist på grund av allt för omfattande markavvattning. Minskad tillgång på vatten sommartid kan innebära att samma vatten cirkuleras fler gånger något som kan öka halten av persistenta miljögifter.

Mer frekvent perioder sommartid med kraftig åsknederbörd kan leda till ökad ytavrinning av både sediment och näringsämnen ut till vattendrag och sjöar.

Ökad frekvens av översvämningar kan leda till ökat behov av översvämningsskydd av olika former som i sin tur påverkar möjligheten att uppnå miljökvalitetsnormen. Det kan bli aktuellt att i vissa fall ändra miljökvalitetsnormen till kraftigt modifierade vatten om den samhällsekonomiska avvägningen visar att skydden måste bibehållas eller öka i omfattning.

En havsytehöjning motsvarande 80 cm får omfattande påverkan på framförallt de två södra vattendistrikten. Den geografiska definitionen på kustvattenförekomster blir i detta sammanhang en intressant fråga. Ett ökat havsvattenstånd innebär större påverkan på det grunda vattenområdet och de kustnära landområdena även om vindklimatet inte skulle ändras avsevärt. Flera länder, bland annat Nya Zeeland har tagit fram känslighetsindex för bland annat kusten med också inlandsvatten.



Figur 2 Exempel på innehållet i ett känslighetsindex för klimatförändringar i kusten från Nya Zeeland.

Inom vattenkraften, som idag är den absolut största påverkanskällan i inlandsvatten kommer produktionen att öka med upp till 15 %. Norge inkluderar redan idag den ökade produktionen i vattenkraften i sin prioritering av åtgärder som en del i villkorsrevisioner. En del av det tillkommande vattnet kommer att spillas förbi kraftverket, men en del skulle kunna användas för att återskapa ekologiska flöden. Det är även viktigt att se över om miniminflöden kan bibehållas vid torrare perioder.

Utifrån ovanstående resonemang finns det behov att sammanställa vilka risker, men också möjligheter, en framtida klimatförändring kan innebära för möjligheten att uppnå miljö kvalitetsnormerna och hur man ska beakta detta i den ekonomiska analysen som ska genomföras i vattenförvaltningen.

Miljöövervakning

Klimatförändringar kan innebära att referensförhållanden förändras. Det är därför viktigt att miljöövervakningssystemen är designade att kunna särskilja denna förändring från mänsklig påverkan. Miljöövervakningen kan också utgöra ett tidigt varningssystem för att detektera konsekvenserna av förändrat klimat genom att effekten av klimatförändringarna har passerat gränsen för resiliensen för det fysiska och ekologiska systemet. En viktig del är att säkerställa att den biologiska miljöövervakningen verkligen är sammankopplad med hydrologisk och meteorologisk övervakning på ett tydligt sätt.

Vi vet att de största konsekvenserna av klimatförändringarna kommer ske i Arktis. Det kan därför finnas skäl att prioritera miljöövervakningsstationer i dessa områden och tydligt ange vilka stationer som sannolikt kommer att vara goda indikatorer på klimatförändringar. Det är också viktigt att vi har tydliga referensstationer i övriga Sverige som är granskade ur ett klimatförändringsperspektiv.

Det finns ett behov av se över miljöövervakningens förmåga att detektera klimatförändringar och säkerställa att mänsklig påverkan kan skiljas från effekter av klimatförändringar.

Åtgärdsprogram och åtgärdsarbete

Inom åtgärdsprogrammet och åtgärdsarbetet inom vattendirektivet finns det behov av att säkra arbetet för ett förändrat klimat. Idag finns ingen nationell vägledning för hur detta arbete ska genomföras. Inom CIS-processen²⁶ har ett vägledningsdokument tagits fram.

Vid fastställande av konkreta åtgärder behöver en analys genomföras som försäkrar att åtgärder har en hållbar funktion även i framtiden. Detta kan påverka kostnadseffektiviteten för specifika åtgärder. Placering av våtmarker för näringsretention i områden där vi kan förvänta oss mer översvämningar antingen från vattendrag eller kusten innebär lösningar som idag kan ha hög kostnadseffektivitet men i ett framtida klimat kan få allvarliga funktionsstörningar vid skyfall och översvämningar.

Det kan också tillkomma nya åtgärder som en del i klimatanpassningen. ”Natural water retention areas” är en åtgärd som lyfts allt mer inom översvämningdirektivet. Med rätt analys kan dessa områden sammanfalla med områden där det finns behov av att restaurera våtmarker eller naturliga svämplan nära sjöar och vattendrag och därmed även gynna biologisk mångfald.

²⁶CIS: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive

Inom den samhällsekonomiska analysen bör konsekvenserna av ett förändrat klimat beaktas både avseende vattenanvändningen i framtiden och att värdet av att genomföra åtgärder för att förstärka ekosystemtjänsterna kan förändras med tiden. Den samhällsekonomiska analysen i dagens klimat och i ett framtida förändrat klimat kan visa att rangordningen enligt en ”merit order” kurva för kostnadseffektiviteten kan komma att förändras. Vissa åtgärder som idag har hög kostnadseffektivitet kan få lägre värde i relation till andra åtgärder.

När det gäller oproportionerliga kostnader kan gränsen förflyttas både upp och ner i ett framtida klimat. Till exempel kan nuvarande jordbruksproduktion inom vissa områden såsom svämplanen bli olönsam med allt oftare översvämningar. Den samhällsekonomiska analysen kan också påverka användningen av kraftigt modifierade vatten genom att denna fastställs från ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Åtgärdsprogrammen ska beakta klimatförändringar och det behöver tas fram vägledning hur detta arbete ska genomföras. Vidare behövs vägledning för hur klimatförändringar ska beaktas i den samhällsekonomiska analysen i såväl havsmiljödirektivet som vattendirektivet.

Klimatförändringarnas effekter för prövning och tillsyn

Havs- och vattenmyndigheten ska enligt förordning (2011:619) med instruktion för Havs- och vattenmyndigheten ansvara för den centrala tillsynsvägledningen under miljöbalken och samverka med länsstyrelserna för att åstadkomma ett effektivt tillsynsarbete. Myndigheten ska även bevaka allmänna miljövårdsintressen i mål och ärenden där miljöbalken tillämpas och som handläggs hos myndigheter och domstolar samt lämna myndighetens synpunkter tidigt i processen, delta i miljöprövningar som gäller frågor som är principiellt viktiga eller har stor betydelse för havs- och vattenmiljön eller fisket.

Klimatförändringarna kommer behöva få en större roll i samband med tillståndsprövning, särskilt avseende vilka, och på vilka sätt, krav ställs på verksamheter inom prövning av olika verksamheter. Prövningen förutsätter ofta att såväl ekosystem som fysiska och kemiska processer är vid någon form av jämviktsförhållande. En viktig fråga kommer uppstå hur man ska hantera villkor i tillstånden när hela system förändras mot ett nytt dynamiskt jämviktsförhållande med det förändrade klimatet. Redan idag finns det till exempel vattenkraftverk som har krav på minimitappning som inte går att uppfylla därför att hydrologin i avrinningsområdet har förändrats efter det att verksamheten fick tillstånd.

Enligt MB kap. 2, 3 §, ska alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. Denna paragraf kan få en större betydelse i ett framtida klimat när de hydrologiska och klimatologiska förutsättningarna förändras. Vattenverksamheter som idag anses ha en begränsad påverkan på miljön, kan få en allt större negativ betydelse för den biologiska mångfalden i ett förändrat klimat. Vattenuttag kan vara ett sådant exempel som måste begränsas i större utsträckning med hänvisning till MB 2 kap. 3 §. Vattenförekomsternas förmåga som recipient kan också förändras i ett framtida klimat. Även MB 2 kap. 6 § kan få en betydligt viktigare roll i ett förändrat klimat, speciellt avseende vattenbrist. Större krav på hur bevattningsvatten används kan bli en verklighet när vattenbrist blir ett större problem än idag.

Enligt MB 3 kap. 1 §, ska mark- och vattenområden användas för det eller de ändamål för vilka områdena är mest lämpade med hänsyn till beskaffenhet och läge samt föreliggande behov. Företräde skall ges sådan användning som medför en från allmän synpunkt god

hushållning. Även mark- och vattenområden som är särskilt känsliga från ekologisk synpunkt skall så långt möjligt skyddas mot åtgärder som kan skada naturmiljön (MB 3 kap. 3 §). Idag finns ingen tydlig vägledning eller exempel på vattenområden som kan vara särskilt känsliga. Det skulle kunna innebära områden med betydande risk för ytavrinning, svämplan som regelbundet översvämmas, kustnära områden som domineras av känsliga fysiska och ekologiska processer. I ett framtida förändrat klimat kan behovet av att förtydliga tredje kapitlet i Miljöbalken öka.

Idag är de flesta tillstånden för vattenverksamheter obegränsade i tid. Med beaktande av de effekter som förväntas av ett framtida klimat finns det skäl att tidsbegränsa vissa tillstånd, alternativt ange villkor som medger en adaptiv drift av verksamheten.

MB 6 kap. tar upp frågor som berör Miljökonsekvensbeskrivningar. Även denna fråga kan beröras av effekter av klimatförändringar. Eftersom många tillstånd är på obegränsad tid, finns det risk att det uppstår behov av ytterligare skyddsåtgärder eller begränsningar efter tillståndet har getts på grund av de förändrade förutsättningarna i ett förändrat klimat. För vissa verksamheter, särskilt vattenverksamheter finns det skäl att ställa större krav på att klimatförändringar beaktas i miljökonsekvensbeskrivningarna.

Avseende miljöfarlig verksamhet kan det behövas ställa större krav på verksamhetens hantering av kemiska produkter och ämnen. Vi har redan idag industrier som ligger inom svämplanen med risk för att få allvarliga störningar vid översvämningar. Om frekvensen och storleken på översvämningar kommer att öka i ett framtida klimat finns ett ökat behov av att verksamhetsutövaren säkerställer att det inte uppstår föroreningsskada i det fall fastigheten översvämmas. Förebyggande åtgärder och villkor är nödvändiga i dessa fall. Idag saknas ett underlag vilka verksamheter som ligger inom ett område med risk för översvämningar. MSB arbetar kontinuerligt med att ta fram översiktliga översvämningsskarteringar. Det finns ett behov att Vattenmyndigheternas hydromorfologiprojekt inkluderar GIS-kartläggningar av svämplanen.

Även miljöriskområden enligt MB 10 kap. 15 §, förekommer inom områden som idag översvämmas eller där det finns en betydande risk för att hamna i ett översvämningssområde. Vid översvämningstillfällen kan miljögifter föras ut i ytvattenförekomster genom infiltration av översvämningssvatten eller genom kraftig erosion vid höga flöden i vattendrag. Även ökad frekvens av skred och ras på grund av förändrad hydrologisk regim kan innebära en ökad risk för att föroreningar i miljöriskområden tillförs yt- och grundvattenförekomster. Statens Geotekniska Institut har huvudansvaret för frågor som berör skred och ras. I många fall har vattenreglering redan idag inneburit förändrat erosionsmönster vilket i vissa fall har ökat intensiteten på skred och ras. Havs- och vattenmyndigheten har en tillsynsvägledande roll för vattenverksamheter och med ett framtida klimat kan det bli ännu viktigare att säkerställa att de givna tillstånden följs.

När det gäller vattenverksamhet enligt MB 11 kap. anges det som den verksamhet som definieras enligt MB 11 kap. 1 § och som förekommer i ett vattenområde, definierat enligt MB 11 kap. 4 §. En viktig fråga är om byggnader, till exempel industrifastigheter, bostäder kan beaktas som en anläggning. En analys av vattenmyndigheterna visar att det finns ett mycket stort antal fastigheter inom områden som är potentiella översvämningssområden. Det finns en stor brist i den kommunala planeringen avseende översvämningar. Havs- och vattenmyndighetens roll vid prövning och tillsynsvägledning till länsstyrelserna kan därför öka när ett framtida klimat beaktas.

Enligt särskilda förutsättningar för vattenverksamhet (MB 11 kap. 7 §) ska en vattenverksamhet utföras så att den inte försvårar annan verksamhet som i framtiden kan antas beröra samma vattentillgång och som främjar allmänna eller enskilda ändamål av vikt. Detta krav gäller om vattenverksamheten kan utföras på detta sätt utan oskälig kostnad. Idag får man anse att avrinningsområdesperspektivet i prövningar är eftersatt. Oftast bedöms bara de lokala effekterna, inte effekter uppströms och nedströms eller den ackumulerade effekten som förekommer vid omfattande markavvattning. Vattenreglering för kraftändamål är idag helt och hållet optimerad på just kraftproduktionen och inverkan på andra sektorer har bara beaktats i begränsad omfattning. I ett framtida klimat kan det finnas skäl att begränsa denna frihet i form av villkorsändringar med beaktande av MB 11 kap. 7 §. När och var detta bör ske behöver utvecklas.

Enligt MB 11 kap. 11 § behövs inte tillstånd för vattentäkter för jordbruksfastighets husbehovsförbrukning. Denna paragraf är olycklig eftersom den inte beaktar att det finns en ackumulerad effekt av vattenuttagen. Redan idag finns det avrinningsområden där jordbrukets totala pumpkapacitet överstiger tillgången sommartid med flera hundra procent. Var och ett kan inte anses vara tillståndspliktigt men problem kan uppstå om samtliga genomför vattenuttaget samtidigt. I ett framtida klimat kan denna fråga få en betydligt större vikt och geografisk omfattning. Idag har olika länsstyrelser olika principer för när vattenuttag innebär betydande miljöpåverkan. Det finns därmed redan idag ett behov att ta fram nationell vägledning som också bör beakta att förutsättningarna kan komma förändras i ett framtida klimat.

MB 11 kap. 13 § tar upp frågor som berör markavvattning. Enligt denna paragraf ska ett tillstånd för markavvattning eller annan åtgärd för att avvattna mark förenas med de villkor som behövs för att begränsa eller motverka skada på allmänna eller enskilda intressen. Med ökad årsmedelnederbörd kan markavvattningar leda till ökat påverkanstryck på vattenförekomsterna inte minst avseende övergödning, fysisk påverkan och spridning av miljögifter varför det kan finnas skäl att ompröva villkoren när klimatet förändras.

Det behövs en strategi för Havs och vattenmyndigheten, hur myndigheten ska föra in klimatförändringsperspektivet i myndighetens roll i samband med prövningar. Det behövs också en sammanställning som visar på behovet av tillsynsvägledning utifrån ett förändrat klimat.

Effekterna av klimatförändringar i arbetet med restaurering

Även för arbetet med restaurering kommer klimatförändringarna vara viktigt. Dels behöver åtgärderna analysera hur vattenflöden, vattenstånd kommer att förändras inför åtgärder. Om dimensionerande flöden förändras kan det få stora konsekvenser på val av konstruktion och hållbarheten för olika lösningar. SMHI har tagit fram mycket hydrologisk data för såväl sjöar som vattendrag både i dagens klimat i ett framtida scenario, men detta måste i många fall översättas till hydraulik i vattendrag. För kusten behövs en sammanställning vad olika mätningar och modeller kan leverera i form av framtida vågklimat, vattenståndsvariationer och strömningar. Idag innehåller den nationella restaureringshandboken mycket begränsad information om hur klimatförändringar ska kunna beaktas i åtgärdsarbetet. Samspelet mellan hydrologisk regim, morfologiskt tillstånd och förändrat klimat behöver utvecklas i handboken.

Samtidigt kan klimatförändringarna innebära att åtgärdsbehovet behöver öka för att kunna bibehålla hotade arter och populationer. Idag är Sveriges vattendrag kraftigt fragmenterade av över 30 000 artificiella barriärer. Dessutom förekommer ett mycket stort antal

vandringshinder i in- och utlopp av sjöar. Sannolikt är detta en underskattning. När klimatet förändras kommer arter och populationen behöva förflytta sig i avrinningsområdet när habitaterna förändras. I dag är många populationer inlåsta i korta delsträckor eller enstaka sjöar. Detta skapar en låg resiliens i ekosystemen för klimatförändringar.

Klimatförändringarna innebär att restaureringsprojekt i större utsträckning behöver beakta ett förändrat klimat, förändrad hydrologisk regim och mer dynamiska habitat. Vägledning för detta bör tas fram. Klimatförändringar innebär också att vissa åtgärder, framförallt åtgärder mot bristande konnektivitet bör prioriteras och radikalt öka i åtgärdstakt. Detta krävs för att öka ekosystemens resiliens.

Strandskyddet

Strandskyddet enligt 7 kap. 13§ miljöbalken ska långsiktigt trygga att medborgarna har tillgång till strandområden genom allemansrätten. Dessutom ska strandskyddet bevara goda livsvillkor för djur- och växtlivet. För att tillgodose syftena är det enligt huvudregeln förbjudet att inom strandskyddsområden vidta vissa åtgärder, bl.a. att uppföra nya byggnader.

Strandskyddet är ett generellt skydd och gäller på ett likartat sätt i hela landet. Bestämmelserna gäller oavsett om området är tät- eller glesbebyggt och oavsett vilka naturtyper eller arter som finns i området. Naturen behöver inte vara extra skyddsvärd för att bestämmelserna ska gälla. Bestämmelserna gäller vid alla kuster, sjöar och vattendrag oavsett storlek.

I en konsekvensanalys av ändringar i strandskyddslagstiftningen eller upphävande av strandskyddet bör även risker för byggande och höga vattenflöden, översämningar särskilt beaktas. Topografin bör vara en viktig grund i bedömning av dispenser. Byggande i svämplanet vilket är de flacka ytor längs sjöar och vattendrag som bildats och bildas genom återkommande översämningar bör undvikas eftersom det är direkt olämpligt på flera olika sätt inbegripet byggande (M2012/3437/Nm).

Samhällsekonomiska aspekter

Det har kommit en del ny kunskap när det gäller värderingar av vattenrelaterade miljöeffekter bland annat när det gäller värdet av dricksvatten, åtgärder för minskad övergödning och kostnaden av invasiva främmande arter.

Både i Sverige och inom EU förespråkas att externa effekter ska internaliseras för att ge rättvisande prissignaler ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Enligt vattendirektivet ska medlemsländerna tillämpa polluter pay principle (PPP) vid prissättning av vattentjänster. Sverige mfl länder har fått kritik för att vi gjort en för snäv definition av vad som är en vattentjänst och därmed inte fullt ut följer direktivets krav på användande av PPP.

Det har kommit rapporter som visar på att kommunerna i vissa fall har bristfällig kunskap om behovet att vidta klimatanpassningsåtgärder. En majoritet av de kommunchefer och kommunpolitiker som i en enkätundersökning angav att de är osäkra om det faktiskt sker en klimatförändring angav också att de inte har behov av ytterligare information, vilket pekar på ett behov av tydligare statlig styrning.

Styrmedel

I detta avsnitt sammanfattar vi i punktform ny kunskap och i vissa fall pågående forskning om styrmedel.

- Vattendirektivet inkluderar prissättning som styrmedel för att fånga miljökostnaderna av vattenanvändningen, dvs. principen om att förorenaren betalar. I Europeiska Kommissionens strategi Water Blueprint (Blueprint to safeguard Europe's waters) från 2012 nämns att EU vill införa en gemensam metod för att beräkna kostnadspåslagen för en mer effektiv vattenhushållning ska nås. Handelssystem för vattenrättigheter nämns också som ett effektivt styrmedel, främst för floder. Möjlighet till att söka finansiellt stöd för vattenhanteringsprojekt nämns som viktigt, men som en möjlighet först efter att prissättning införts. Om frivilliga initiativ i medlemsstaterna inte är tillräckliga, övervägs tillägg till Vattendirektivet för att skapa bindande krav. (Europeiska Kommissionen 2013)
- Sverige har fått ett antal rekommendationer om vad som behöver förbättras i implementeringen av Vattendirektivet, bl.a. att cost recovery av vattentjänster ska vara transparent, inkludera fler vattentjänster och att de ska inkludera kostnader för miljö- och resurspåverkan. Tydliggörande av PPP (Europeiska Kommissionen 2012)
- Införlivandet av EU:s direktiv för inre vattenvägar i Sverige (år 2013, definitioner dock ej satta av Transportstyrelsen än) kan öppna upp för en ny typ av fartygstrafik (bl.a. pråmar). Dessa fartygstyper har lägre säkerhetskrav än fartyg ämnade för havsgående trafikering, dock har de striktare bränslekrav. (Sveriges riksdag 2013)
- Reglerna för strandskyddsdispenser har ändrats och de administreras nu av kommunerna. Det finns en utvärdering av strandskyddet som gjorts av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2009)
- Två forskningsrapporter vi hittat pekar på att kunskap om klimatförändringar och om behovet av anpassningsåtgärder är bristfälligt hos beslutsfattare i många kommuner (FOI 2012 och Glaas 2013). FOI-rapporten pekar också på att många kommunala beslutsfattare inte anser att de behöver mer kunskap om detta. Glaas-rapporten lyfter behov av starkare nationell styrning och tydligare nationella mål.
- OECD har år 2008 tagit fram en handbok för att genomföra regleringskonsekvensbeskrivningar (RKB), för att öka transparensen i beslutsfattandet. Om slutsatsen av RKB:n innebär införandet av en ny reglering krävs en fördjupad samhällsekonomisk konsekvensanalys. (VTI 2013)

Värdering

- Sociala kostnaden av koldioxid och diskonteringsränta: Ekonomiska modeller är mycket känsliga för diskonteringsräntan som påverkan framtida generationers värden. En hög diskonteringsränta leder till att långsiktiga effekter värderas väldigt lågt (Heal et al. 2013). När det gäller klimatanpassning handlar det ofta om att ta stora kostnader på kort sikt för att få stora nyttor på lång sikt. Med de diskonteringsräntor som rekommenderas idag (tex 3,5% av ASEK inom transportsektorn (Trafikverket 2012)) så värderas en nytta på en miljard kr om 100 år till 32 miljoner kr idag. En investering idag på 40 miljoner kr för att få nyttan på 1 miljard (fasta priser, dvs. inflation borträknat) om 100 år är alltså inte samhällsekonomiskt lönsamt. Därför har det av ett antal forskare inom miljöekonomi argumenteras för att använda en avtagande diskonteringsränta i samhällsekonomiska analyser (t.ex. Arrow et al. 2013).
- I SOU 2007:60 har ett antal skadekostnadsberäkningar genomförts för olika naturolyckor, det saknas dock flera värderingar och/eller kvantifieringar av externa

effekter (miljöeffekter m.m.). I rapporten finns inte heller kvalitativa resonemang om dessa effekter och den värdeförlust det kan medföra, t ex effekter av ökad mängd invasiva främmande arter, ökad övergödning och havsförsurning (t ex ökad urlakning av miljögifter i sediment) inklusive icke-användarvärden som värdet av att veta att framtida generationer kan använda en naturresurs i framtiden och existensvärdet av en naturresurs. I vissa fall finns det idag ett bättre faktaunderlag. Flertalet värderingsstudier har genomförts sedan 2007, bl.a. för

- övergödning i Östersjön (BalticStern 2013, Naturvårdsverket 2009)
 - kostnaden för några främmande invasiva arter i Sverige (Gren et al. 2009)
 - Metod för värdering av grundvatten som dricksvattenresurs (SGU 2010).
 - Den samhällsekonomiska kostnaden vid *Cryptosporidium* i dricksvattnet i Östersund 2010 uppskattas till 220 miljoner kr (FOI och Livsmedelsverket 2011)
 - Chalmers DRICKS-projektet. Mälaren värderas som helhet till 40 miljarder kr varav dricksvattenförsörjningen värderas till 1,4 miljarder kr per år. (Morrisson 2009)
 - I Köpenhamns klimatanpassningsplan finns uppskattningar av den samhällsekonomiska kostnaden av ett 20-års regn och ett 100-års regn 2010 respektive 2110 utan klimatanpassning samt nettokostnader av klimatanpassningsåtgärder²⁷.
- I den tidigare utredningen gavs ett antal rekommendationer för fortsatt forskning, ett av förslagen var instiftandet av forskningsprogrammet SWECIA (Swedish Research Programme on Climate, Impact and Adaptation) och Stockholm Resilience Centre. Inom ramen för SWECIA har bl.a. följande studerats: Optimal beskattning av fossila bränslen; Klimatet och ekonomin; Uncertainty, climate change and the global economy; Linking climate, economy and ecosystem models. Inom Stockholm resilience centre: Towards a sustainable water future: shaping the next decade of global water research; Social learning towards a more adaptive paradigm? Reducing flood risk in Kristianstad municipality, Sweden.
 - Vattenmyndigheternas arbete:
 - Tagit fram en rapport om hur vattenförvaltningen skulle kunna anpassas till klimatförändringar,
 - Vid analys av fysiska åtgärder ingår att ta hänsyn till effekter av klimatförändringar,
 - Breddning av avloppssystemet verkar fortfarande vara under diskussion,
 - För översvämning finns ett antal åtgärdsförslag som kommer att föreslås, t.ex. om reglering i vattenkraftsmagasinen och utökade ekologiska kantzoner vid vattendrag (för att minska påverkan när avloppsvatten rinner ut orenat).

²⁷ <http://www.kk.dk/da/om-kommunen/indsatsomraader-og-politikker/natur-miljoe-og-affald/klima/klimatilpasning>

Globala initiativ för beräkning av kostnader och nytta av klimatanpassning

- Global Commission on the Economy and Climate: Representanter från Storbritannien, Norge, Sverige, Indonesien, Sydkorea, Colombia och Etiopien ska fortsätta på den väg som Sternrapporten stakade ut. De ska räkna på vad klimatförändringarna kommer att kosta framöver och vad vi tjänar på förebyggande insatser. Nicholas Stern ska utvärdera resultatet (kallas av vissa för Stern 2.0.). Rapporten ska publiceras i september 2014.
- Per Krusell (Stockholms universitet) leder ett internationellt forskningsprojekt med målet att ta fram en ekonomisk modell för att beräkna framtida kostnader av ett förändrat klimat. I motsats till Sternrapporten som kom 2006 och pekade på höga kostnader för klimatförändringarna, visar Krusells beräkningar att BNP kommer att sjunka med endast ett par procent i de flesta länder, däribland Sverige. I vissa länder innebär klimatförändringarna till och med ett ekonomiskt uppsving. Per Krusell ser problemet med att en ökad medeltemperatur på jorden kommer att drabba fattiga människor kring ekvatorn hårt, men han tycker det är viktigare att få de fattiga länderna att utvecklas ekonomiskt än att bekämpa klimathotet.

Referenser

Arrow, K., Cropper, M., Gollier, C., Groom, B., Heal, G., Newell, R., Nordhaus, W., Pindyck, R., Pizer, W., Portney, P., Sterner, T., Tol, R.S.J., and Weitzman, M., 2013: *Determining Benefits and Costs for the Future Generations*, Policy forum Environmental Economics, Science 26, Vol. 341, no. 6144, pp. 349-350, 2013.

BalticStern, 2013: The Baltic Sea –Our Common Treasure. Economics of Saving the Sea. Tillgänglig

<https://www.havochvatten.se/download/18.2a9b232013c3e8ee03e6bde/1363349789482/th e-baltic-sea-our-common-treasure>

DGCLIMA, 2013:

http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm

DGCLIMA, 2014: <http://ec.europa.eu/clima/>

Europeiska Kommissionen 2012: Commission staff working document, Member state: Sweden, Accompanying the document Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) River Basin Management Plans, Brussels, 14.11.2012 SWD(2012)396 final. Tillgänglig online: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/pdf/CWD-2012-379_EN-Vol3_SE.pdf

Europeiska Kommissionen 2013: A Water Blueprint for Europe. Tillgänglig online: http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/brochure_en.pdf

Filatova, T., Mulder, J.P.M., van der Veen, A., 2011: *Coastal risk management: How to motivate individual economic decisions to lower flood risk?*, Ocean & coastal management, 54, pp. 164-172.

FOI 2012: Kommunpolitikens och kommunchefers syn på klimatförändring och anpassningsbehov, Resultat från en enkätundersökning, FOI.

FOI och Livsmedelsverket 2011: Cryptosporidium i Östersund vintern 2010/2011, konsekvenser och kostnader av ett stort vattenburet sjukdomsutbrott. Tillgänglig online:

http://www.slv.se/upload/dokument/livsmedelsforetag/dricksvatten/cryptosporidier_i_ost_ersund_vintern_2010_2011.pdf

Glaas, E., 2013: Reconstructing Noah's ark, Integration of climate change adaptation into Swedish public policy, Linköping University.

Gren, I-M., Isacs, L., and M. Carlsson. 2009: Costs of alien invasive species in Sweden. *Ambio* 38(3):135-141

Heal, G. & Millner, A., 2014: *Agreeing to disagree on climate policy*, PNAS, 111, 10, pp. 3695-3698. Sammanfattning tillgänglig online:

<http://www.pnas.org/content/111/10/3695.abstract.html?etoc>

Köpenhamns klimatanpassningsplan. 2010: Tillgänglig online:

http://www.klimatilpasning.dk/media/576854/k_benhavns_klimatilpasningsplan.pdf

Morrisson Greg, 2009: Mälarens värde (förstudie), Chalmers

http://www.dricks.chalmers.se/files/rapporter/Malarens_varde.pdf

Naturvårdsverket, 2009: Monetära schablonvärden för miljöförändringar, Rapport 6322.

Naturvårdsverket, 2011: Dispens från strandskyddet En utvärdering av roller, ansvar och förutsättningar efter förändringen i lagstiftningen 2009 RAPPORT 6472 Tillgänglig online:

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6472-3.pdf>

Naturvårdsverket, 2013: Samhällsekonomiska analyser av miljöprojekt – en vägledning.

Regeringen, 2014: En svensk strategi för biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Prop 2013/14:141. Tillgänglig <http://www.regeringen.se/content/1/c6/23/57/10/667ff56b.pdf>.

SGU, 2010: <http://www.sgu.se/dokument/nyhetsbrev/grundvatten-juni-2012.pdf>,

[http://www.sgu.se/opencms/export/download/pdf/SGU-rapport_2010-22-](http://www.sgu.se/opencms/export/download/pdf/SGU-rapport_2010-22-GVvaerdering.pdf)

[GVvaerdering.pdf](http://www.sgu.se/opencms/export/download/pdf/SGU-rapport_2010-22-GVvaerdering.pdf) och

<http://s1011389.crystone.net/uploads/20.%20Vikten%20av%20obra%20vattenskyddsomr%C3%A5den%20of%C3%B6r%20grundvatten.%20Jacob%20Lev%C3%A9n.pdf>

Sveriges Riksdag, 2013: Tekniska föreskrifter för fartyg på inre vattenvägar, Regeringens proposition 2012/13:177. Tillgänglig online: http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Forslag/Propositioner-och-skrivelser/Tekniska-foreskrifter-for-fart_H003177/?html=true

Trafikverket, 2012: Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5 Kapitel 5 Övergripande kalkylparametrar Version 2012-05-16. Tillgänglig online:

http://www.trafikverket.se/PageFiles/73641/samhallsekonomiska_principer_och_kalkylvar_den_for_transportsektorn_asek_5_kapitel_5_overgripande_kalkylparametrar_.pdf

Vattenmyndigheterna, 2012: Bibliotek ger stöd i valet av åtgärder för bättre vatten.

Tillgänglig online: <http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/om-vattenmyndigheterna/mer-att-lasa/nyhetsbrev/nyhetsbrev-3-oktober-2012/Pages/vattenforvaltning-forandrat-klimat.aspx?keyword=f%c3%b6r%c3%a4ndrat+klimat>, 2014-03-14.

Vattenmyndigheterna, 2012: Vattenförvaltning i ett förändrat klimat. Tillgänglig online:

<http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/om-vattenmyndigheterna/mer-att-lasa/nyhetsbrev/nyhetsbrev-3-oktober-2012/Pages/vattenforvaltning-forandrat-klimat.aspx?keyword=f%c3%b6r%c3%a4ndrat+klimat>, 2014-03-14.

VTI, 2013: Samhällsekonomiska åtgärder i krisberedskapsarbetet – teori, metodik och tillämpning, VTI rapport 789. Tillgänglig online:

<http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/samhallsekonomiska-analyser-av-atgarder-i-krisberedskapsarbetet--teori-metodik-och-tillampning.pdf>

EU-sidor med relevans till havs-, vatten-, och fiskförvaltning

EU ramdirektiv för vatten (2000/60/EG): http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

EU ramdirektiv för en marin strategi (2008/56/EC):

http://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index_en.htm

EU direktivförslag om en ram för fysisk planering i kust- och havsområden och integrerad förvaltning av kustområden:

http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/maritime_spatial_planning/index_en.htm

EU, 2013: The Common Fisheries Policy (CFP). Management of EU fisheries. Tillgänglig

http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/index_en.htm