

Grundvattnets ekosystemtjänster och deras ekonomiska värden – en inledande kartläggning

Tore Söderqvist, Andreas Lindhe,
Lars Rosén & Gerda Kinell

november 2014

SGU-rapport 2014:40



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Adresser till författarna:

Tore Söderqvist & Gerda Kinell
Enveco Miljöekonomi AB
Måsholmstorget 3
127 48 Skärholmen

Andreas Lindhe & Lars Rosén
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg

Omslagsbild: Källa i Färgelanda kommun.
Foto: Lars-Ove Lång.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

FÖRORD

Denna rapport har tagits fram av Institutionen för bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola, tillsammans med Enveco Miljöekonomi AB på uppdrag av SGU. Uppdraget är finansierat inom ramen för SGUs miljömålsarbete. SGU är ansvarig myndighet för miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet*. Det är idag mycket angeläget inom miljömålsarbetet, men även generellt för grundvattnet, att tydligare synliggöra grundvattnets värde för samhället. Det är då relevant att använda de beskrivningsmodeller och den terminologi som för närvarande är tongivande när det gäller generellt miljöarbete. Begreppet ekosystemtjänster ses alltmer som en grund för beskrivning av naturens resurser. I denna rapport redovisas synen på de tjänster som grundvattnet tillhandahåller för människan. Rapporten sammanfattar i vilken grad och hur grundvattnet beskrivits i metodstudier av ekosystemtjänster samt vilka som är de viktigaste tjänsterna som grundvattnet bidrar med. Ekonomiska värderingsmetoder beskrivs också kortfattat. SGU ser rapporten som ett viktigt bidrag till att synliggöra grundvattnets värde och att systematisera insatser för grundvattenarbetet i stort. Specifikt för miljömålsarbetet kan resultaten användas för att prioritera insatser för uppföljning och ge förslag till styrmedel för att uppnå miljökvalitetsmålet.

Under framtagandet av denna rapport arrangerades en workshop där ekosystemtjänster kopplade till grundvatten diskuterades och ett tack riktas till de externa representanter som medverkade: Patrik Alm (Länsstyrelsen i Västra Götaland), Niklas Blomquist (Göteborgs Stad), Per-Olof Johansson (Artesia Grundvattenkonsult AB), Åsa Fransson (Chalmers) och Sverker Molander (Chalmers).

Göran Risberg
Avd.chef och Stf. Gd, SGU

Lars-Ove Lång
Statsgeolog, miljömålsansvarig, SGU
adj. professor Chalmers

INNEHÅLL

Bakgrund	6
Syfte	6
Rapportens upplägg	6
Allmänt om ekosystemtjänster	7
Grundvattentjänster	9
Grundvatten och ekosystemtjänster i litteraturen	10
National Research Council om ekosystemtjänster	10
MA och TEEB om grundvattentjänster	12
Ytterligare litteratur om grundvatten och ekosystemtjänster	12
Förslag på indelning av grundvattentjänster	16
Ekonomiska värderingsmetoder	19
Beslutssituationer och värdering	24
Diskussion och slutsatser	25
Referenser	30

BAKGRUND

Det pågår en rad aktiviteter i samhället som nyttjar vatten och vattentjänster. Begreppet *ekosystemtjänster* används brett i samhället och då även vad gäller tjänster inom vattensidan. Det finns idag ett ökande intresse och behov av att värdera ekosystemtjänster ekonomiskt. Flera initiativ har tagits inom myndigheter, forskning och andra organisationer. Exempelvis beslutade regeringen i januari 2013 att tillkalla en särskild utredning med syfte att analysera och föreslå åtgärder för att bättre kunna värdera ekosystemtjänster samt förbättra kunskapsläget gällande ekosystemtjänsternas värde för samhället (SOU 2013:68). För ekosystemtjänster från grundvatten har emellertid endast begränsade insatser hittills gjorts i Sverige.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har ett övergripande ansvar för grundvattenfrågor i Sverige. SGU har också specifikt ansvar för arbetet inom miljömålet *Grundvatten av god kvalitet*. Enligt detta miljömål ska grundvattnet ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag.

Inom miljömålssystemet finns två etappmål om ekosystemtjänster. Den ena handlar om att förbättra kunskapen om ekosystemtjänster, det andra om att betydelsen av biologisk mångfald och värdet av ekosystemtjänster ska vara allmänt kända och integreras i ekonomiska ställningstaganden, politiska avväganden och andra beslut i samhället. I de förtydliganden som finns för måluppfyllelse i SGUs målmanual för miljö kvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* (maj 2014) anges att ekonomiska styrmedel bör inrättas så att avgifter och skatter innefattar samtliga kostnader för hantering av dricksvatten utifrån en hållbar vattenanvändning. Som ett led i att förbättra underlaget för hantering av grundvattenresurser i enlighet med miljömålsarbetet anges att det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster behöver synliggöras.

SYFTE

Det övergripande syftet med denna studie är att på ett övergripande sätt beskriva vilka ekosystemtjänster som grundvattnet tillhandahåller samt hur dessa kan värderas ekonomiskt. Specifika frågeställningar är:

- Hur kan ekosystemtjänstbegreppet användas för att beskriva de svenska grundvattenresursernas betydelse för samhället?
- Vilka ekosystemtjänster från grundvattenresurser i Sverige kan förväntas vara de huvudsakliga?
- Vilka metoder finns tillgängliga för att värdera grundvattnets ekosystemtjänster ekonomiskt?
- För vilka typer av beslut kan ekonomiska värderingar av ekosystemtjänster från grundvatten användas?
- Vilket arbete är viktigast att genomföra framöver för att synliggöra det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster från grundvatten?

RAPPORTENS UPPLÄGG

Resten av rapporten är indelad i sju kapitel. Nästa kapitel är en allmän genomgång av ekosystemtjänstbegreppet. Därefter ges en definition av grundvattentjänster, följt av en översikt över litteraturen om grundvatten och ekosystemtjänster. Värderingsmetoder som kan användas för en ekonomisk värdering av grundvattentjänster presenteras, varefter några exempel på hur grundvattentjänster kan identifieras och värderas utifrån ett par vanliga beslutssituationer ur svenskt perspektiv presenteras. Rapportens avslutande kapitel innehåller slutsatser och en diskussion.

I rapporten finns ett antal tabeller och figurer på engelska, vilket är originalspråket i referenserna. Anledningen till att originalspråket behållits är att underlätta jämförelsen mellan de olika

referenserna och undvika översättning i flera steg. De förslag och slutsatser som presenteras i rapporten innehåller endast svenska termer.

ALLMÄNT OM EKOSYSTEMTJÄNSTER

Begreppet *ekosystemtjänster* (*ecosystem services*) har blivit betydelsefullt för att beskriva människans beroende av naturen för hennes överlevnad och välbefinnande. Daily (1997) ses ofta som ett av pionjärbetena i ekosystemtjänstlitteraturen. Miljöekonomier och andra som intresserar sig för sambandet mellan människa och natur har i och för sig sedan länge undersökt hur människan och hennes samhällen stöds av naturen och miljön i termer av naturresurser, miljö-kvalitet osv., men styrkorna i ekosystemtjänstbegreppet ligger bland annat i följande:

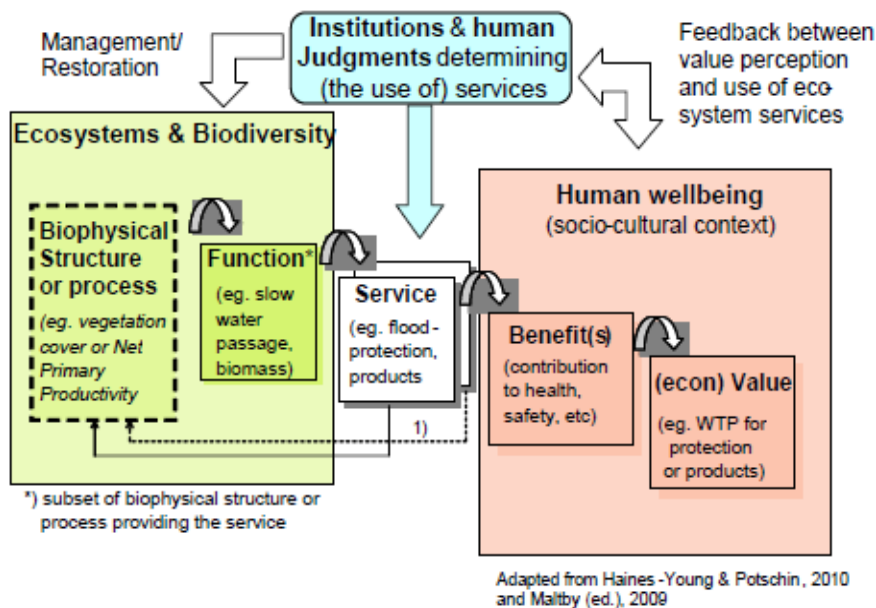
- Det betonar att naturens sätt att stödja människan ofta är beroende av komplexa samband inom och mellan olika ekologiska system.
- Det preciserar vad i naturen som människan efterfrågar och är på så sätt ett verktyg som indikerar vilken typ av information som naturvetenskapliga modeller behöver ge för att säga något om hur människan påverkas ekonomiskt och socialt av miljöförändringar.

Två särskilt betydelsefulla internationella initiativ att kartlägga och föreslå ekosystemtjänster har varit Millennium Ecosystem Assessment (MA, www.unep.org/maweb), som kom med sina slutrapporter i mitten av 00-talet, och det fortfarande aktiva initiativet The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, www.teebweb.org). MAs korta definition av ekosystemtjänster är "the benefits people obtain from ecosystems" (MA 2005a, s. V). TEEBs motsvarande korta definition är "the direct and indirect contributions of ecosystems to human well-being" (TEEB 2010a, s. 33).

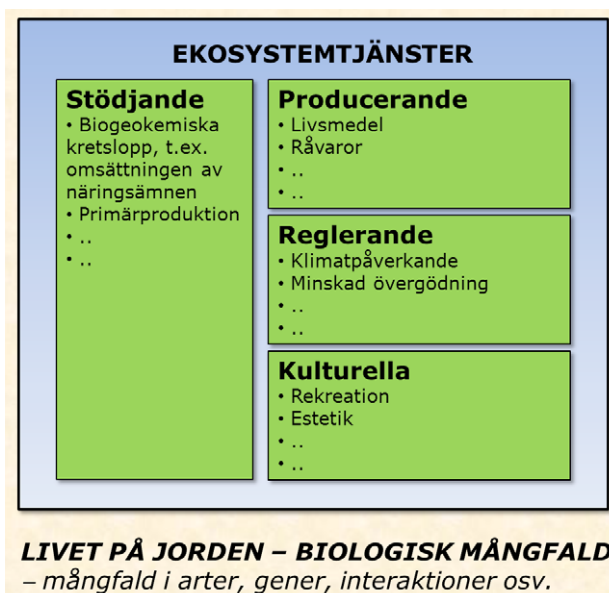
TEEB är vidare noga med att skilja mellan ekosystemtjänster och det bidrag till välbefinnande (*nytta*, på engelska *benefits*) som tjänsterna ger när de konsumeras av människan eller samhället (TEEB 2010b). Det bör observeras att denna nytta ofta är beroende av någon slags ytterligare insats än själva ekosystemtjänsten – exempelvis kan det krävas att en brunn borraras eller grävs för att människan ska kunna dra nytta av grundvattnets tillhandahållande av dricksvatten (Fisher m.fl. 2009). Olika metoder kan sedan användas för att mäta värdet av denna nytta. Till exempel kan ekonomiska värderingsmetoder tillämpas för att uttrycka nyttan monetärt. TEEBs syn på hur begreppen *tjänst*, *nytta* och (*ekonomiskt*) *värde* hänger ihop framgår av figur 1. Figuren visar även hur ekosystemtjänster utgör själva länken mellan de ekologiska systemen och människan.

Som framgår av figur 2 identifierade MA fyra huvudkategorier av ekosystemtjänster: stödjande (*supporting*), producerande (*provisioning*), reglerande (*regulating*) och kulturella (*cultural*) (MA 2005a). Ibland görs en åtskillnad mellan ekosystemtjänster och ekosystemvaror (*ecosystem goods*) men vanligen används *ekosystemtjänster* som en allmän benämning som även innefattar olika typer av varor som ekosystemen levererar. Inom kategorin producerande ekosystemtjänster återfinns vad som i dagligt tal kan ses som varor (se t.ex. Rönnbäck m.fl. 2007).

TEEB identifierar i princip samma huvudkategorier av ekosystemtjänster som MA (TEEB 2010a; se även www.teebweb.org/resources/ecosystem-services), men ändrade namn på den stödjande kategorin till *livsmiljöer eller stödjande ekosystemtjänster* (*habitat or supporting services*) och har även en annorlunda syn på denna kategori än MA. Som stödjande ekosystemtjänster inkluderade MA fotosyntesen, primärproduktion och flera andra grundläggande naturliga processer som behövs för produktionen av alla andra typer av ekosystemtjänster. TEEB gör däremot en distinktion mellan sådana allmänna ekologiska processer och stödjande ekosystemtjänster (TEEB 2010b). Som stödjande ekosystemtjänster inkluderar TEEB endast livsmiljöer för arter



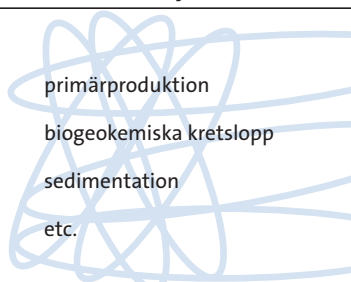
Figur 1. Vägen från ekosystemens strukturer och processer till människans välbefinnande (TEEB 2010b).



Figur 2. Fyra kategorier av ekosystemtjänster. Efter MA (2005a).

(*habitats for species*) och upprätthållande av genetisk mångfald (*maintenance of genetic diversity*) (TEEB 2010 a, b).

Två andra begrepp är intermediära (*intermediate*) och slutliga (*final*) ekosystemtjänster (Fisher m.fl. 2009 och figur 3). Dessa begrepp är viktiga att beakta om (det ekonomiska) värdet av ett förändrat tillhandahållande av en ekosystemtjänst ska beräknas. Anledningen är att tillhandahållandet av den eller de ekosystemtjänster som faktiskt konsumeras av människan ofta är beroende av andra tjänster, inte minst de stödjande ekosystemtjänsterna. De förra tjänsterna kan då beskrivas som slutliga och de senare som intermediära. Vilka tjänster som är intermediära eller slutliga beror på sammanhanget. Ur ett värderingsperspektiv är det viktigt att hålla isär intermediära och slutliga tjänster för att undvika dubbelräkning när ett förändrat tillhandahållande av en ekosystemtjänst ska värderas ekonomiskt.

Intermediära tjänster	Slutliga tjänster	Nyttor
 primärproduktion biogeokemiska kretslopp sedimentation etc.	 Rent vatten Skydd mot stormar Stabila vattenflöden	 → Dricksvatten → Skydd mot egendom → Rekreation, bevattning, vattenkraft

Figur 3. Exemplifiering efter Fisher m.fl. (2009) av skillnaden mellan intermediära och slutliga ekosystemtjänster, och de nyttor som de slutliga ekosystemtjänsterna ger upphov till. Ofta behövs även andra former av insatser för att nyttorna ska uppstå – exempelvis krävs byggande av vattenkraftverk och kraftledningar för att vattenkraft ska kunna fångas in och nyttiggöras.

GRUNDTVATTENTJÄNSTER

I analogi med TEEBs definition av ekosystemtjänster skulle en definition av grundvattentjänster kunna formuleras så här: *”Grundvattnets direkta och indirekta bidrag till människans välbefinnande”*.

Detta överensstämmer i stort sett med den definition som användes i en svensk kontext av Johansson m.fl. (2002): *”[Grundvattnets] tjänsteflöden definieras som de egenskaper hos en grundvattenresurs som direkt eller indirekt ger upphov till nytta hos individer”*. Johansson m.fl. (2002) utgick i sin tur från arbetet presenterat av amerikanska National Research Council (NRC 1997).

Är då grundvattentjänster detsamma som grundvattnets ekosystemtjänster? Inte nödvändigtvis, eftersom det enligt vissa definitioner på ekosystemtjänster krävs att åtminstone någon biologisk komponent ingår i produktionen av ekosystemtjänster. Detta synsätt användes t.ex. av Naturvårdsverket (2012), som inkluderade vattenförsörjning som en ekosystemtjänst, men med hänvisning till EUs arbete med att klassificera ekosystemtjänster (Common International Classification of Ecosystem Services, CICES, www.cices.eu) däremot bedömde att följande inte är ekosystemtjänster:

- Processer av fysikalisk karaktär som vädersystem, vattnets storregionala kretslopp och vattenkraft.
- Icke-förnybara resurser som mineral och fossila bränslen.
- Naturgivna förutsättningar som inte inbegriper biotiska faktorer, t.ex. land- eller botten-topografi som underlättar transporter.

Gränsdragningen kan vara mycket besvärlig, t.ex. när det gäller kulturella ekosystemtjänster såsom möjligheten till estetiska upplevelser, där estetiken inte nödvändigtvis behöver ha någon biologisk komponent (exempelvis en vacker urbergsformation eller en källa). Tanke sättet att ekosystemtjänster förutsätter en biologisk komponent innebär dock att *grundvattentjänster* och *grundvattnets ekosystemtjänster* inte nödvändigtvis ska ses som synonymer, utan att grundvattnets ekosystemtjänster är en delmängd av grundvattentjänster. Som vi snart ska se tillhandahåller nämligen grundvatten en del tjänster som är av enbart fysikalisk karaktär. Med andra ord är de ekosystemtjänster som grundvattnet direkt eller indirekt tillhandahåller en delmängd av den totala mängden av grundvattentjänster. Av denna anledning använder vi i denna rap-

port begreppet *grundvattentjänster* i enlighet med ovanstående definition. I begreppet innefattas grundvattnets ekosystemtjänster.

En annan diskussion om grundvatten och ekologi handlar om själva definitionen av grundvatten. Tomlinson & Boulton (2008) uppmärksammar grundvattnets roll för ekosystem och menar att gängse hydrogeologiska definitioner av grundvatten inte har ett tillräckligt ekologiskt perspektiv. Bland annat för att kunna belysa ekosystemtjänster från de ekosystem som har grundvatten som sin främsta vattenkälla, s.k. grundvattenberoende ekosystem (*groundwater dependent ecosystems*, GDE), inklusive de grundvattenberoende ekosystem som finns under markytan (*sub-surface groundwater dependent ecosystems*), föreslår de följande definition på grundvatten:

"Water that has been present in pores and cracks of the saturated zone of soil or rock for sufficient time to undergo physical and chemical changes resulting from interactions with aquifer environment. This functional definition extends the hydrogeological definition (all water beneath the water table in soils and geologic formations that are fully saturated) to one that is ecologically relevant. It is not proposed as a replacement for other definitions of groundwater, but it is suggested to help promote an ecological perspective." (Tomlinson & Boulton 2008, s. 3)

Ovanstående förslag på precisering av grundvattendefinitionen är rimlig och kan vara nödvändig då ekosystemtjänster från grundvatten studeras. Den bredare definitionen av grundvattentjänster kräver dock inte en fysisk, kemisk eller annan förändring av vattenkvaliteten. Av denna anledning kan den ofta förekommande definitionen av grundvatten användas då grundvattentjänster studeras, dvs. som allt vatten under markytan i den mättade zonen i jordlager och berggrund.

GRUNDVATTEN OCH EKOSYSTEMTJÄNSTER I LITTERATUREN

National Research Council om ekosystemtjänster

Ett lämpligt avstamp för en överblick över grundvattentjänster är det grundläggande arbetet av amerikanska National Research Council (NRC 1997). Begreppet ekosystemtjänster nämndes faktiskt i NRC (1997, s. 28), men mer i förbigående i ett påpekande om svårigheterna att ekonomiskt värdera de tjänster som komplexa hydrologiska eller ekologiska funktioner ger upphov till. Däremot understryks att grundvatten ger såväl utvinningstjänster (*extractive services*) som ekologiska tjänster (*ecological services*), där grunden för de senare är inflödet av grundvatten till våtmarker, vattendrag och sjöar.

I tabell 1 listas dels tjänster som NRC (1997) identifierade som kopplade till grundvatten när grundvattnet finns lagrat under jord, dels tjänster som är kopplade till grundvattenberoende ekosystem (GDE). De senare är sådana tjänster som tillhandahålls av ytvatten och våtmarker som är beroende av tillförseln av grundvatten till ytvatten och våtmarker. Listorna är bruttolistor, dvs. alla grundvattenförekomster tillhandahåller inte nödvändigtvis samtliga dessa tjänster. Med utgångspunkt från NRC (1997) identifierade Johansson m.fl. (2002) två huvudsakliga kategorier av grundvattentjänster:

1. Utvinningstjänster (*extractive services*), som förutsätter någon slags utvinning av grundvattnet.
2. In situ-tjänster (*in situ services*), som är de tjänster som grundvattnet ger när det inte pumpas upp för att utvinnas.

Tabell 2 redovisar de grundvattentjänster inom de här två huvudkategorierna som listades av Johansson m.fl. (2002). En jämförelse med figur 1 visar att listan i tabell 2 är en blandning av tjänster och de nyttor (*benefits*) som tjänsterna ger upphov till när de konsumeras av människan. Med andra ord saknas den distinktion mellan tjänster, nyttor och värden som tillämpas av TEEB.

Tabell 1. Grundvattentjänster identifierade av NRC (1997).

Potential services related to groundwater stored under ground	Potential services from surface water related to groundwater
Potable water for residential use	Surface water supplies for drinking water
Landscape and turf irrigation	Surface water supplies for landscape and turf irrigation
Agricultural crop irrigation	Surface water supplies for agricultural crop irrigation
Livestock watering	Surface water supplies for watering or livestock
Food product processing	Surface water supplies of food product processing
Other manufacturing processes	Surface water supplies for manufacturing processes
Heated water for geothermal power plants	Surface water supplies for power plants
Cooling water for other power plants	Erosion flood and storm protection
Prevention of land subsidence	Transport and treatment of wastes and other by-products of human economic activity through surface water supplies
Erosion and flood control through absorption of surface water runoff	Recreational swimming, boating, fishing, hunting, trapping, and plant gathering
Medium for wastes and other by-products of human economic activity	Commercial fishing, hunting, trapping, and plant gathering supported by ground water discharges
Improved water quality through support of living organisms	On-site observation or study of fish, wildlife, and plants purposes supported by ground water discharges for leisure, educational, or scientific purposes
Nonuse services (e.g. existence or bequest motivations)	Indirect, off-site fish, wildlife, and plant uses (e.g. viewing wildlife photos)
	Improved water quality resulting from living organisms related to ground water discharges
	Regulation of climate through support of plants
	Provision of nonuse services (e.g. existence services) associated with surface water bodies or wetlands environments or ecosystems supported by ground water discharges

Tabell 2. Grundvattentjänster identifierade av Johansson m.fl. (2002), baserat på NRC (1997).

Kategori	Tjänst	Typ av värde
Utvinningvärden	Dricksvatten för hushåll Färskvatten för industri Färskvatten för jordbruk	Användarvärden
In situ-värden	Ekologiska värden	
	Bidrag till ytvattenflöden, vilket t.ex. indirekt kan möjliggöra vattenkraft	
	Kulturmiljö, t.ex. kopplat till naturliga källor	
	Forskning och vetenskap	
	Rekreation	
	Buffert eller reserv, dvs. potentialen att använda grundvatten när det uppstår brist på vattentillgångar till följd av t.ex. torka	
	Skydd mot sättningar	
	Skydd mot saltvatteninträngning	
	Recipientvärden, t.ex. grundvattnets förmåga att rena föroreningar från dagvatten	
	Optionsvärden	
	Arvsvärden	
	Existensvärden	
	Optionsvärden	
	Arvsvärden	
	Existensvärden	
		Icke-användarvärden

MA och TEEB om grundvattentjänster

Med tanke på MAs och TEEBs inflytelserika roll för diskussionen av ekosystemtjänster är det av intresse att belysa hur och i vilken mån de har identifierat grundvattentjänster. Det visar sig att grundvattnets roll för tillhandahållandet av ekosystemtjänster inte har spelat någon framträdande roll i MAs och TEEBs arbeten. Detta är i linje med den observation som gjordes i samband med en workshop om grundvattnets ekosystemtjänster som nyligen hölls vid Stanford University (*The third workshop in the Comparative Groundwater Law and Policy Program series*, Stanford University, 8–10 april, 2013, <http://waterinthewest.stanford.edu/news-events/events/comparative-groundwater-workshop-3>). Där konstaterades att grundvattnets ekosystemtjänster är ett i det närmaste orört område inom existerande arbeten om ekosystemtjänster.

MA redovisar tillhandahållande av färskvatten som en producerande ekosystemtjänst och tar upp grundvatten som en källa till färskvatten, samt anger vidare reglering av vattenflöden och hydrologiska system som en reglerande ekosystemtjänst, för vilken påfyllning och urtappning av grundvatten spelar roll (MA 2005a). En fördjupning beträffande ekosystemtjänster från vatten och våtmarker sker i en särskild syntesrapport (MA 2005b). Fokus i denna rapport låg på våtmarker som tillhandahåller en rad olika ekosystemtjänster. Somliga våtmarker bidrar till att fylla på grundvatten vilket, givet den nytta som grundvatten kan ge, kan ses som en våtmarkstjänst. Våtmarker kan även vara grundvattenberoende ekosystem (GDE), dvs. vara beroende av inflöde av grundvatten för att fungera, och på så sätt är olika våtmarkstjänster indirekt beroende av grundvattnets kvantitet och kvalitet. I tabell 3 listas de ekosystemtjänster som MA (2005b, tabell 3.1) identifierade för *underjordiska våtmarker, inklusive grottor och grundvattensystem*.

I likhet med MA nämner även TEEB tillhandahållande av färskvatten som en producerande ekosystemtjänst och påpekar särskilt att ekosystemen ger både ytvatten och grundvatten (TEEB 2010a). Påfyllning och avtappning av grundvatten preciseras som en särskild ekosystemstruktur och -funktion i en nyligen publicerad TEEB-rapport om vatten och våtmarker (Russi m.fl. 2013). Denna TEEB-rapport handlar framför allt om våtmarker och konstaterar att vissa våtmarker bidrar till att fylla på grundvatten medan andra våtmarker är mottagare av grundvatten.

I en regional TEEB-studie som har gjorts för Norden preciseras olika ekosystemtjänster utifrån ett nordiskt perspektiv, och studien ger även förslag till hur ekosystemtjänsterna kan mätas med hjälp av indikatorer och mätbara proxyvariabler (Kettunen m.fl. 2012), se tabell 4 för den producerande ekosystemtjänst som har med färskvatten att göra.

Ytterligare litteratur om grundvatten och ekosystemtjänster

Nedan följer några observationer från nyare litteratur kring ekosystemtjänster och grundvatten.

Bergkamp & Cross (2006) använder MAs ekosystemtjänsttypologi för att beskriva länkar mellan grundvatten och ekosystemtjänster. De betonar att grundvatten ingår allmänt som en komponent i ekosystemens produktion av reglerande, stödjande och kulturella ekosystemtjänster. Följande mer specifika exempel ges:

- Stödjande tjänster
 - Den hydrologiska cykeln är grunden för allt liv. Grundvattnet är en nyckelkomponent av denna cykel. Ett överutnyttjande av grundvattnet stör den hydrologiska cykeln, vilket i sin tur kan få svåra konsekvenser beträffande t.ex. avdunstning, nederbörd och markfuktighet.
- Producerande tjänster
 - Tillhandahållande av färskvatten, där de påpekar att med undantag av istäcken och glaciärer är grundvatten jordens största lager av färskvatten.

Tabell 3. Ekosystemtjänster som tillhandahålls av underjordiska våtmarker, inklusive grottor och grundvatten-system, enligt MA (2005b, tabell 3.1). Den angivna skalan (Scale) för tillhandahållande av ekosystemtjänster är relativ jämfört med andra typer av ytvatten- och våtmarkssystem och gäller per hektar utifrån ett globalt genomsnitt, se MA (2005b).

Ecosystem service	Example	Scale
<i>Provisioning services</i>		
Food	Production of fish, game, fruit, cereals etc.	Not applicable
Fresh water	Storage and retention of water, supply of water for irrigation and for drinking water	High
Fibers and fuels	Production of timber, wood, peat, animal feed etc	Not applicable
Biochemical products	Extraction of materials from biota	?
Genetic materials	Medicine; genes for resistance to plant pathogens, ornamental species and so on	?
<i>Regulating services</i>		
Climate regulation	Regulation of greenhouse gases, temperature, precipitation, and other climatic processes; chemical composition of the atmosphere	Low
Hydrological regimes	Groundwater recharge and discharge; storage of water for agriculture or industry	Low
Pollution control and detoxification	Retention, recovery, and removal of excess nutrients and pollutants	Medium
Erosion protection	Retention of soils and prevention of structural change (such as coastal erosion, bank slumping and so on)	Low
Natural hazards	Flood control; storm protection	Low
<i>Cultural services</i>		
Spiritual and inspirational	Personal feelings and well-being; religious significance	Low
Recreational	Opportunities for tourism and recreational activities	Low
Aesthetic	Appreciation of natural features	Low
Educational	Opportunities for formal and informal education and training	Low
<i>Supporting services</i>		
Biodiversity	Habitats for resident or transient species	Low
Soil formation	Sediment retention and accumulation of organic matter	Not applicable
Nutrient cycling	Storage, recycling, processing, and acquisition of nutrients	Low
Pollination	Support for pollinators	Not applicable

- Lagring och kvarhållning av färskvatten för hushåll, industri (inklusive sådant som kylvatten för kraftverk) och jordbruk.
- Tillhandahållande av biologisk mångfald och genetiska resurser, särskilt i form av organismer som kan bryta ned föroreningar.
- Reglerande tjänster
 - Reglering av vattenflöden, bl.a. för att bibehålla och stödja vattenflöden i vattendrag, källor och våtmarker.
 - Rening av vatten och avfall genom mikroorganismers nedbrytning av olika föroreningar.
 - Erosionskontroll och översvämningsskontroll genom att ta hand om vattenflöden och genom att ge vatten åt växttäcket.
 - Klimatreglering genom lagring av koldioxid.
- Kulturella tjänster
 - Överutnyttjande av grundvatten kan göra grundvatten mer svåråtkomligt, vilket kan öka klyftor mellan resurssvaga och resursstarka grupper, t.ex. på så sätt att grupper som inte kan bekosta en djupare brunn måste köpa färskvatten istället.

Tabell 4. Ekosystemtjänster och föreslagna indikatorer och mätbara proxyvariabler för dessa tjänster. Fokus ligger på biologiska komponenter i ekosystemen. (Kettunen m.fl. 2012).

Ecosystem service	Indicator	Proxy variable
<i>Provisioning service: Fresh water (for consumptive use, with focus on the role of ecosystem's biotic elements)</i>		
Fresh water (provisioning of): drinking and potable water, water for other types of human consumption	Surface area and flow of fresh water available (connected to populated areas) Surface area and volume of aquifers (connected to populated areas) Share/coverage of water bodies Surface water flow (estimated) Note: Indicators do not take into consideration quality (nutrients, bacteria), in general in Nordic countries quality of inland water considered good.	Number of private wells in region
<i>Regulating service: Water and water flow</i>		
Drainage and stabilisation of water flow (non-flood related)	Index based on soil infiltration capacity (vertical flow) and subsurface water flow (horizontal)	Coverage of un-drained wetlands, peatlands and mires in natural state
Drought mitigation	Index for drought mitigation based on areal coverage and quality of water-storing ecosystems in drought risk areas (e.g. un-drained wetlands, mires in natural state) Coverage (%) of water-storing ecosystems in drought risk areas (e.g. un-drained wetlands, mires in natural state)	Loss of areas important for water storage (e.g. drained wetlands etc.)
Irrigation	Water availability for irrigation near arable lands (e.g. 1 km buffer)	Amount of water used for irrigation
Aquifer recharge	Coverage (%) of areas important for recharge (e.g. ridges)	Number / coverage of areas important for recharge under land use change (e.g. urbanisation) Regulation in place to protect natural areas important for groundwater

- Naturliga källor förknippas ofta med religiösa och spirituella värden.
- Stöd till kunskap och vetenskap.

Bergkamp & Cross (2006) tar också upp hur grundvatten är beroende av olika ekosystem genom den påfyllning som sker via våtmarker, vattendrag och nederbörd. Detta innebär i sin tur att klimatförändringar kan ge stora effekter på grundvatten, t.ex. genom att grundvattenmängden minskar eller åtminstone tillfälligt torkar ut eller genom att grundvattenflöden bidrar till översvämningar och spridning av föroreningar genom förhöjda grundvattennivåer.

Tomlinson & Boulton (2008) använder samma tjänstetypologi som Bergkamp & Cross (2006) och har ett särskilt fokus på de grundvattenberoende ekosystem (GDE:er) som finns under markytan, se även ovan. I en delvis mycket referensrik översikt över ekosystemtjänster som tillhandahålls av grundvatten tar Tomlinson & Boulton (2008) upp följande tjänster:

- Stödjande tjänster
 - Bioremediering, främst utförd av bakterier.
 - Biogeokemiska processer, t.ex. tillförsel eller reduktion av näringsämnen, och mineralisering av organiskt material.
 - Stöd till GDE, t.ex. vattendrag, våtmarker, strandnära ekosystem, grottekosystem, källor, vegetation till lands samt kustekosystem och marina ekosystem.

Tabell 5. Grundvattentjänster och tillhörande nyttor identifierade av Bann & Wood (2012).

Service	Benefit / outcome
Provisioning services	
Water supply	Public water supply Private / community water supply Agriculture Industrial abstraction
Habitat for hypogean species	Species diversity and potential genetic/scientific value
Sink / source of energy	Energy provision
Regulating services	
Recharge to surface waters (rivers, lakes, springs, wetlands, transitional waters)	Protecting the benefits of surface water for consumptive and non-consumptive use (e.g. water abstraction, recreation and tourism, non-use)
Flood risk regulation	Flood risk reduction (protection of property, agricultural land, human lives)
Sink for atmospheric carbon dioxide	Carbon capture
Dilution of pollutants	Reduced impact of contaminants
Attenuation of pollutants	Reduced impact of contaminants
Prevents subsidence	Avoidance of subsidence
Sustains habitats	Reduction of irrigation requirement
Cultural services	
Biodiversity non-use	Biological diversity, species, habitat
Tourism, spiritual, religious, educational experiences	Tourism, spiritual, religious, educational experiences

- Ekosystemteknik, exempelvis:
 - betande av biofilm av mikrofauna (stygofauna) som förutsätts förhindra alltför hög tillväxt av biofilm och förhindra påföljande igensättning av sediment.
 - bentisk och bottenlevande fauna i vattendrag som ändrar de fysiska och hydrauliska förhållandena genom exempelvis mekanisk bioturbation som förhindrar igensättning av sediment.
- Skydd för arter under torrperioder och saltkänsliga arter.
- Producerande tjänster
 - Dricksvatten.
 - Färskvatten för bevattning.
 - Färskvatten för industriella ändamål.
- Reglerande tjänster
 - Erosionskontroll och översvämningskontroll genom grundvattnets buffertfunktion.
- Kulturella tjänster
 - Stöd till vetenskap genom att tillhandahålla ekologiska indikatorer. Grundvattenfaunan (stygofaunan) är känslig för miljöförändringar och kan därför passa som underlag för ekologiska indikatorer.
 - Religiösa och spirituella värden för urbefolkning genom t.ex. berättelser som har att göra med källor och grottor.
 - Grottbaserad turism och rekreation.

En annan lista på tjänster används av Bann & Wood (2012) som en grund för ekonomisk värdering av grundvattentjänster, inklusive en empirisk studie av det ekonomiska värdet av ett antal grundvattenförekomster i Namibia. De grundvattentjänster som identifierades av Bann & Wood (2012) framgår av tabell 5. Observera att i deras lista ingår grundvattentjänster som,

åtminstone i en direkt bemärkelse, saknar biologisk komponent, t.ex. grundvattnets roll för energiförsörjning och markstabilitet. Däremot berör inte Bann & Wood (2012) stödjande ekosystemtjänster, vilket kan förklaras av att syftet med deras studie är att genomföra en ekonomisk värdering av grundvattentjänster. Då hamnar fokus naturligt på slutliga tjänster, medan stödjande ekosystemtjänster vanligen är intermediära tjänster.

Betydelsen av den biologiska komponenten av underjordiska och grundvattenrelaterade ekosystem för vattenrening, biomediering och vatteninfiltration understryks av Herman m.fl. (2001) och Boulton m.fl. (2008). Boulton m.fl. (2008) menar dessutom att en hög biologisk mångfald i dessa grundvattenekosystem bidrar till deras resiliens på så sätt att den ökar deras motståndskraft mot naturliga och antropogena störningar. Culver (2003) påpekar att för nedbrytning av organiska substanser är det viktigt att grundvattnet är heterogent beträffande dess syrehalt; såväl zoner med låga syrehalter som zoner med höga syrehalter behövs.

Flera av de tjänster som Bann & Wood (2012), Bergkamp & Cross (2006) och Tomlinson & Boulton (2008) tar upp återfinns också i Goldscheiders (2012) studie av karstlandskap. Grundvattnet i ett karstlandskap är en integrerad del av ett karstekosystem som bl.a. består av:

- Vatten, som ger dricksvatten och färskvatten för jordbruk.
- Jord, som behövs för jordbruk och fungerar som kolsänka.
- Vegetation, som fungerar som kolsänka och som ger biologisk mångfald på markytan.
- Fauna, som ger biologisk mångfald på såväl markytan som under markytan.
- Grottor, som ger habitat för biologisk mångfald under markytan och lagrar vatten.

Goldscheider (2012) påpekar vidare att stora kulturella värden kan förknippas med karstlandskap och grottor som mejslas ut genom underjordiska vattenflöden och exemplifierar detta med de ca 50 karst- och grottområden som har klassats som världsarv av UNESCO.

Som har framgått är många olika ekosystem beroende av tillförsel av grundvatten, och grundvatten stöder därmed det tillhandahållande av ekosystemtjänster som grundvattenberoende ekosystem (GDE:er) står för. GDE har bl.a. studerats i EU FP7-projektet GENESIS (Groundwater and Dependent Ecosystems: New Scientific and Technological Basis for Assessing Climate Change and Land-use Impacts on Groundwater, www.thegenesisproject.eu). Baserat på arbete i GENESIS delar Kløve m.fl. (2011) in GDE i tre olika grupper:

- Ekosystem i akviferer och grottor.
- Ekosystem som är beroende av att grundvatten finns under markytan.
- Ekosystem som är beroende av grundvattenytans nivå.

Typen av GDE avgör vilka ekosystemtjänster som de tillhandahåller, vilket Kløve m.fl. (2011) illustrerar genom tabell 6 för sex olika GDE:er och elva olika ekosystemtjänster.

FÖRSLAG PÅ INDELNING AV GRUNDVATTENTJÄNSTER

Med utgångspunkt från de beskrivningar och indelningar som identifierats i litteraturen, presenteras nedan ett förslag till hur grundvattentjänster (inkl. ekosystemtjänster) kan delas in utifrån ett svenskt perspektiv (se tabell 7). Indelningen baseras bl.a. på följande:

- Vi definierar grundvattentjänster i linje med TEEB som *Grundvattnets direkta och indirekta bidrag till människans välbefinnande*.
- Enligt vissa definitioner på ekosystemtjänster krävs att det ingår åtminstone någon biologisk komponent i produktionen av ekosystemtjänster. I så fall är *grundvattentjänster* och *grund-*

Tabell 6. Graden av tillhandahållande av ekosystemtjänster från sex olika typer av grundvattenberoende ekosystem (GDE), enligt Kløve m.fl. (2011).

Spring	Minor riverbed	Riparian and alluvial forests	Fluvial annexes (pools, ponds)	Fens, swamps	Lakeshores	Roles and values	
						Flood expansions	Hydromorphologic values
						Low-flow regulation	
						Recharge of aquifers	
						Solid material supply to rivers	
						Nutrient regulations	Ecologic / environmental values
						Toxic retention / bioremediation	
						Suspended material interception	
						Primary productivity	
						Patrimonial / cultural richness	Social values
						Amenities	
						Goods (fishes etc.)	

	Strong
	Medium
	Low

vattnets ekosystemtjänster inte synonyma begrepp, eftersom det för vissa grundvattentjänster inte krävs någon biologisk komponent, dvs. de är baserade på grundvattnets fysikaliska egenskaper, exempelvis grundvattnets betydelse för markstabilitet. Därför kan mängden grundvattentjänster ses som summan av mängden grundvattentjänster som enbart är av fysikalisk karaktär och mängden grundvattentjänster som har åtminstone någon biologisk komponent. Den här indelningen är dock inte särskilt operationellt användbar, eftersom dessa två mängder inte nödvändigtvis är enkelt urskiljbara.

- Som ett förslag till syntes från litteraturstudien föreslår vi att:
 - Indelningen i stödjande, producerande, reglerande och kulturella tjänster (från MA och TEEB) används även för grundvattentjänster (oavsett om grundvattentjänsterna är helt och hållet av fysikalisk karaktär eller om en biologisk komponent ingår).
 - En variant av typologin i NRC (1997) och Johansson m.fl. (2002) används för att beskriva belägenheten för grundvattnet:
 - In situ som grundvatten i sin underjordiska belägenhet.
 - Ex situ som direkt utvinning av grundvatten.
 - Ex situ som grundvattnets bidrag till ytvatten.
- De två föreslagna indelningarna i föregående punkt går att korstabulera och i korstabellens fält återfinns de flesta av de grundvattentjänster som har nämnts i litteraturen (se tabell 7).
- Observera att syftet med tabell 7 är att ge en pedagogisk överblick. För att ekonomiskt värdera grundvattentjänster behöver man skilja mellan intermediära och slutliga grundvattentjänster.

ter och dessutom kunna härleda orsakssamband. Exempelvis är det nödvändigt att kunna svara på frågor av följande typ: Om åtgärd X vidtas för att skydda grundvattenresursen Y, hur påverkar detta tillhandahållandet av olika grundvattentjänster?

De indelningar och beskrivningar som identifierats i litteraturen har kompletterats och justerats så att den slutgiltiga indelningen är anpassad till svenska förhållanden. Detta arbete gjordes bl.a. genom en workshop med representanter som på olika sätt arbetar med grundvatten- eller ekosystemrelaterade frågor. Det slutgiltiga förslaget på indelning presenteras i tabell 7.

Nedan presenteras också viktiga aspekter rörande indelningen och hur synen på grundvatten och grundvattentjänster påverkar kategoriseringen. Genom att vi här fokuserar på grundvattentjänster (dvs. den lite bredare definitionen som inkluderar men inte uteslutande utgörs av ekosystemtjänster) blir beskrivningen mindre beroende av en strikt definition av vad som definieras som grundvatten och det blir lättare att även beakta t.ex. egenskaper hos den geologiska avlagringen som tillsammans med grundvattnet möjliggör olika tjänster.

Det bör noteras att utöver de mer lättidentifierade direkta tjänsterna och nyttorna i form av t.ex. vattenförsörjning för hushåll och jordbruk, så finns det tjänster som är av stor betydelse

Tabell 7. Förslag på indelning och klassificering av grundvattentjänster.

	Grundvattentjänst			
Grundvattnets belägenhet	Stödjande grundvattentjänster (fokus på habitat och genetisk diversitet)	Producerande grundvattentjänster	Reglerande grundvattentjänster	Kulturella grundvattentjänster
In situ som grundvatten i marken	Möjliggör grundvattenberoende terrestra ekosystem	Reservtåkt för dricksvatten, färskvatten, jordbruk, kylvatten, varmvatten (se nedan)	Skydd mot: • sättningar • skador på grundläggning • skador på konstruktionsmaterial • saltvatteninträngning • torka • erosion och översvämningar genom grundvattnets buffertfunktion	Turism och rekreation (inkl. religiösa, spirituella och kulturella värden) kopplat till källor, grottor m.m.
	Tillhandahållande av livsmiljöer för arter (habitat), även som skydd för arter under torrperioder och saltkänsliga arter	Påfyllning av akviferer (som sedan är möjliga att utvinna, se nedan)	Utspädning eller rening av föroreningar	Stöd till kunskap och vetenskap (indikatorer m.m.)
	Upprätthållande av genetisk diversitet		Biogeokemiska processer, t.ex. tillförsel eller reduktion av näringsämnen och mineralisering av organiskt material	Icke-användarvärden, t.ex. att själva existensen av en grundvattenförekomst värdesätts av människor som inte nyttjar denna förekomst
			Klimatreglering genom lagring av koldioxid	
Ex situ som direkt utvinning av grundvatten (vattentåkt)	(Grundvattnet bidrar till sådana tjänster i den mån det används för ändamål som t.ex. bevattning av odlingar som i sin tur tillhandahåller tjänster)	Dricksvattenförsörjning för hushåll Vattenförsörjning för jordbruk och industri Energiutvinning	(Grundvattnet bidrar till sådana tjänster i den mån det används för ändamål som t.ex. bevattning av odlingar som i sin tur tillhandahåller tjänster)	(Grundvattnet bidrar till sådana tjänster i den mån det används för ändamål som t.ex. bevattning av odlingar som i sin tur tillhandahåller tjänster)
Ex situ som grundvattnets bidrag till ytvatten	Grundvattnets bidrag till alla tjänster som ytvatten tillhandahåller, dvs. den stora mängd av stödjande, producerande, reglerande och kulturella tjänster som ytvatten tillhandahåller. Här ingår t.ex. grundvattenberoende akvatiska ekosystem.			

men typiskt inte uppmärksammas. Detta kan vara tjänster av den typ som i tabell 7 benämns stödjande tjänster. Exempelvis utgör mindre grundvattenförekomster i tunna moräntäcken en viktig förutsättning för skogsbruk i vissa områden.

Vilka tjänster som är aktuella kan varieras mycket beroende på det område som studeras. Exempelvis kan den viktigaste tjänsten i en tätort vara stabila grundvattennivåer för att förhindra sättningar. För ett samhälle nära en isälvsavlagring kan det däremot vara dricksvattenförsörjningen som utgör den viktigaste tjänsten och som är direkt beroende av vattenkvaliteten och uttagsmöjligheten. För att tydliggöra vilka egenskaper som är avgörande för de tjänster som kan tillhandahållas eller inte, kan exempelvis nedanstående parametrar utnyttjas:

- uttagsmöjligheter
- grundvattennivåer
- hydrauliska förhållanden
- mekaniska egenskaper
- termiska egenskaper
- kemiska egenskaper
- biologiska egenskaper
- estetiska och kulturella egenskaper
- socioekonomiska egenskaper.

Socioekonomiska egenskaper avser här de faktorer som avgör varför en viss grundvattentjänst efterfrågas i samhället och som exempelvis påverkar vilken förväntan som finns i samhället på tillhandahållande av en grundvattentjänst. Detta kan exempelvis handla om ökade krav på vattenförsörjning till fritidshusområden om fritidshus i högre utsträckning förväntas vara utrustade med vattenkonsumerande bekvämligheter.

Utifrån ovanstående egenskaper och parametrar kan även ett resonemang föras kring vad som måste skyddas för att säkerställa en viss tjänst eller vilka egenskaper som hotas av naturlig eller mänsklig påverkan. Ett exempel på det förstnämnda är att skydda grundvattnets kemiska kvalitet för att tillgodose dricksvattenförsörjningen till ett samhälle eller att upprätthålla grundvattennivåer för att undvika sättningsskador på byggnader. Exempel på egenskaper som kan hotas av naturlig eller mänsklig påverkan är grundvattnets biologiska egenskaper till följd av hög belastning av näringsämnen från jordbruket. Ett annat exempel är grundvattnets estetiska och kulturella egenskaper som kan påverkas vid minskade källflöden till följd av kraftig avsänkning av grundvattennivåer.

EKONOMISKA VÄRDERINGSMETODER

I detta avsnitt följer en genomgång av metoder som finns tillgängliga för att ekonomiskt värdera ett förändrat tillhandahållande av grundvattentjänster. Med ett *förändrat tillhandahållande* avses en förändring i en grundvattentjänsts kvalitet eller kvantitet på grund av exempelvis en minskad eller ökad grundvattenkvantitet, en minskad eller ökad kvalitet hos grundvattnet eller någon annan förändring av grundvattnets egenskaper som spelar roll för en eller flera grundvattentjänster. Indelningen av olika metoder framgår av tabell 8 och utgår från TEEB (2010b, kapitel 5). Nedan presenteras var och en av metoderna kortfattat utifrån ett grundvattentjänstperspektiv. I tabell 9 återfinns de grundvattentjänster som identifierades tidigare i rapporten (se tabell 7). De mest relevanta värderingsmetoderna för respektive grundvattentjänst markeras i tabell 9 med hjälp av en bokstavskod (se tabell 8). Johansson m.fl. (2002) presenterade också ett antal möjliga värderingsmetoder, och i fotnoten till tabell 8 förklaras hur benämningarna i Johansson m.fl. (2002) förhåller sig till de metoder som listas i tabellen. För allmänna presentationer av olika

Tabell 8. Sammanställning av olika metoder som finns tillgängliga för ekonomisk värdering av grundvattentjänster. Källa: Egen bearbetning av TEEB (2010b, kapitel 5).

Värderingsansats	Värderingsmetod	Bokstavskod
Värdering baserad på faktisk marknad för grundvattentjänst	Marknadspris (för grundvattentjänsten)	A
Värdering baserad på skadekostnader	Skadekostnader	B
Produktionsbaserad värdering	Produktionsfunktionsmetoden	C
Värdering baserad på individers faktiska beteende på relaterade marknader (revealed preference methods)	Resekostnadsmetoden	D
	Fastighetsvärdeometoden	E
Värdering baserad på scenariometoder (stated preference methods)	Individbaserade och gruppbaserade scenariometoder	F
Värdering baserad på åtgärds-kostnader	Åtgärds-kostnader	G

Johansson m.fl. (2002) tog framför allt upp produktionsfaktormetoden, ersättningskostnadsmetoden, skyddsutgiftsmetoden och direkta metoder som särskilt användbara värderingsmetoder för att värdera tjänsteflöden från grundvatten. Produktionsfaktormetoden sammanfaller med kategori C ovan, ersättningskostnadsmetoden och skyddsutgiftsmetoden ses här som delmetoder i kategori G ovan och direkta metoder är samma sak som scenariometoder (kategori F ovan).

ekonomiska miljövärderingsmetoder, se t.ex. Brännlund & Kriström (2012), Freeman (2003), Hanley & Barbier (2009), Kinell & Söderqvist (2011) och Söderqvist m.fl. (2004).

Som framgår av tabell 8 och tabell 9 är mångfalden av möjliga metoder att använda tämligen stor. Bedömningen av vilken eller vilka metoder som är lämpligast att använda påverkas olika faktorer. Det kan vara möjligt att kombinera olika metoder och sedan summera resultat. Men sådana kombinationer och summeringar måste alltid göras med omsorg, eftersom dubbelräkningsriskerna kan vara stora. Inte minst gäller detta vid tillämpning av de olika kostnadsbaserade värderingsmetoderna (B och G), eftersom gränserna mellan dessa metoder kan vara vaga. Det kan exempelvis också vara vanskligt att summera resultat från olika studier som har använt sig av scenariometoder.

En generell nackdel med värdering baserad på åtgärds-kostnader är att kostnaden för att t.ex. restaurera en grundvattentäkt inte nödvändigtvis ger information om nyttan av att få grundvattentäkten restaurerad. Detta är ett problem eftersom det är nyttan som är central för bedömningen av det ekonomiska värdet av restaureringen. Det kan därför ofta vara svårt att tolka resultaten av en värdering baserad på åtgärds-kostnader.

A. Marknadspriser för grundvattentjänster

I vissa fall kan grundvattentjänster vara prissatta. Detta gäller främst producerande grundvattentjänster i form av direkt utvinning, t.ex. som dricksvatten. En marginell ökning eller minskning av utvinningen kan i princip värderas som den marginella förändringen i utvunnen kvantitet multiplicerat med marknadspriset. I praktiken är användbarheten av denna metod dock begränsad på grund av att priset på vattnet vanligen inte sätts på någon välfungerande marknad, utan ofta är administrativt satt eller prissatt av ett monopol.

B. Skadekostnader

Skadekostnader (*damage costs*) är kostnader till följd av de negativa effekter som skulle uppstå eller uppstår om tillhandahållandet av grundvattentjänsten minskar. Eftersom dessa kostnader skulle kunna undvikas om minskningen inte realiseras, kallas de ibland för undvikandekostnader (*avoided costs*). Denna metod kan användas för att värdera en rad olika grundvattentjänster. Flera stödjande, producerande och reglerande grundvattentjänster skulle troligen resultera i en kostnad om tillhandahållandet av dessa skulle minska. Exempel på dessa är stödjande tjänster såsom tillhandahållande av livsmiljöer för arter, producerande tjänster som dricksvattenförsörj-

Tabell 9. Översikt över de värderingsmetoder som troligen är mest tillämpbara för respektive grundvattentjänst. Se tabell 8 för förklaring av bokstavskoder.

	Grundvattentjänst			
Grundvattnets belägenhet	Stödjande grundvattentjänster (fokus på habitat och genetisk diversitet)	Producerande grundvattentjänster	Reglerande grundvattentjänster	Kulturella grundvattentjänster
In situ som grundvatten i marken	Möjliggör grundvattenberoende terrestra ekosystem Metod: Samtliga metoder A–G kan vara relevanta beroende på vilka tjänster de terrestra ekosystemen ger	Reservtåkt för dricksvatten, färskvatten, jordbruk, kylvatten, varmvatten (se nedan) Metod: A, B, C, E, F, G	Skydd mot: • sättningar Metod: B, C, E, F, G • skador på grundläggning Metod: B, C, E, F, G • skador på konstruktionsmaterial Metod: B, C, E, F, G • saltvatteninträngning Metod: B, C, E, F, G • torka Metod: B, C, E, F, G • erosion och översvämningar genom grundvattnets buffertfunktion Metod: B, C, E, F, G	Turism och rekreation (inkl. religiösa, spirituella och kulturella värden) kopplat till källor, grottor m.m. Metod: B, C, D, F, G
	Tillhandahållande av livsmiljöer för arter (habitat), även som skydd för arter under torrperioder och saltkänsliga arter Metod: B, C, F, G	Påfyllning av akviferer (som sedan är möjliga att utvinna, se nedan) Metod: A, B, C, F, G	Utspädning eller rening av föroreningar Metod: B, C, E, F, G	Stöd till kunskap och vetenskap (indikatorer m.m.) Metod: B, F, G
	Upprätthållande av genetisk diversitet Metod: B, C, F, G		Biogeokemiska processer, t.ex. tillförsel eller reduktion av näringsämnen och mineralisering av organiskt material Metod: B, C, F, G	Icke-användarvärden Metod: F
Ex situ som direkt utvinning av grundvatten (vattentåkt)	(Grundvattnet bidrar till sådana tjänster i den mån det används för ändamål som t.ex. bevattning av odlingar som i sin tur tillhandahåller tjänster)	Dricksvattenförsörjning för hushåll Metod: A, B, E, F, G Vattenförsörjning för jordbruk och industri Metod: A, B, C, E, F, G Energiutvinning Metod: A, B, C, E, F, G	(Grundvattnet bidrar till sådana tjänster i den mån det används för ändamål som t.ex. bevattning av odlingar som i sin tur tillhandahåller tjänster) Metod: B, C, E, F, G	(Grundvattnet bidrar till sådana tjänster i den mån det används för ändamål som t.ex. bevattning av odlingar som i sin tur tillhandahåller tjänster) Metod: B, C, E, F, G
Ex situ som grundvattnets bidrag till ytvatten	Grundvattnets bidrag till alla tjänster som ytvatten tillhandahåller, dvs. den stora mängd av stödjande, producerande, reglerande och kulturella tjänster som ytvatten tillhandahåller. Här ingår t.ex. grundvattenberoende akvatiska ekosystem Metod: Samtliga metoder A–G kan vara relevanta			

ning och inte minst reglerande tjänster. För att värdera skadekostnader används ofta någon av de övriga värderingsmetoderna.

Ett exempel är den reglerande grundvattentjänsten *skydd mot sättningar*. Om egenskaperna hos grundvattnet (främst stabila grundvattennivåer) skulle förändras på ett sätt som minskar detta skydd är det troligt att en rad olika konsekvenser uppstår. Om det skulle uppstå sänkning av grundvattnets nivåer som i sin tur ger upphov till sättningar som t.ex. skadar en väg så att vägen behöver stängas av uppstår olägenheter för trafikanter i form av tidskostnader. Ett annat

exempel är förändringar i dricksvattnets kvalitet som medför ökade hälsorisker. Dessa ökade hälsorisker skulle kunna värderas som de ökade kostnaderna för samhället till följd av vårdkostnader och produktionsbortfall, vilket egentligen är en slags tillämpning av produktionsfunktionsmetoden, se C nedan. Men de ökade hälsoriskerna kan också innebära ett minskat välbefinnande hos människor i form av ökad oro, något som inte nödvändigtvis reflekteras av vårdkostnader och produktionsbortfall. För att värdera sådant minskat välbefinnande kan det vara nödvändigt att använda sig av scenariometoder, se F nedan. Åtminstone för analyser som är avgränsade för det svenska samhället är en annan typ av skadekostnad det bötesbelopp som Sverige eventuellt skulle vara tvungna att erlagga till EU om Sverige inte uppfyller sina förpliktelser beträffande grundvattnets status. Detta skulle innebära en förlust för det svenska samhället, såvida inte bötesbeloppet inte återtransfereras till Sverige på något sätt.

C. Produktionsfunktionsmetoden

Att ekosystemtjänster är en produktionsfaktor betyder att de används för produktionen av en marknadsvara. Detta är en vanligt förekommande situation även för grundvattentjänster. Industrier använder vatten exempelvis för kylning. Färskvatten är en central insatsvara i produktionen inom olika industriella näringar, t.ex. produktion av livsmedel, pappersmassa och kemikalier. För jordbruket är färskvatten helt avgörande för produktionen. Produktionsfunktionsmetoden går ut på att ta reda på vilken roll grundvattentjänster spelar för olika typer av produktion och därigenom kunna sluta sig till hur produktionen och producenternas vinster skulle påverkas av ett förändrat tillhandahållande av tjänsterna. Om t.ex. ett jordbruksföretag skulle drabbas av en minskad tillförsel av färskvatten kan detta få som effekt att skörden försämras, vilket ger en minskad vinst för företaget. Om jordbruksföretaget vidtar motåtgärder för att undvika skördeförsämringen uppstår å andra sidan extrakostnader som också påverkar vinsten negativt, se vidare åtgärds-kostnader (G) nedan.

D. Resekostnadsmetoden

Med resekostnadsmetoden går det att värdera de rekreationsmöjligheter som naturen erbjuder. Betalningsviljan för att besöka ett rekreationsområde kan skattas om det finns tillräckligt mycket information om hur mycket pengar och tid som folk lägger ned på att ta sig till området. Att studera rekreationsvärdet av ett visst område, exempelvis en nationalpark, var den ursprungliga användningen av resekostnadsmetoden. Mer moderna tillämpningar av metoden går ut på att undersöka hur olika egenskaper hos ett rekreationsområde påverkar efterfrågan på rekreation. Det kan exempelvis röra sig om att vattenkvaliteten i ett strandområde spelar roll för hur många som besöker området. Om det finns kunskap om hur denna påverkan ser ut, och om just vattenkvalitetens påverkan på efterfrågan kan sorteras ut från alla andra faktorer som påverkar efterfrågan (resekostnad, inkomst, serviceutbud och så vidare), kan det gå att beräkna en betalningsvilja för en förbättring av egenskaperna.

Det är troligen endast sällan som resekostnadsmetoden kan vara lämplig att skatta grundvattentjänsters ekonomiska värden. Det beror på att endast ett fåtal grundvattentjänster handlar om tillhandahållandet av rekreationsmöjligheter. Upplevelser av t.ex. grundvattenkopplade grottor och källor är dock tänkbare att värdera med hjälp av resekostnadsmetoden. Dessutom kan stora rekreationsvärden vara kopplade till de ytvatten som på något sätt beror på tillförsel av grundvatten.

E. Fastighetsvärdemetoden

Miljö- och hälsofaktorer kan påverka priset på fastigheter. Ett fritidshus som har säker tillgång till bra dricksvatten kan ha ett högre marknadspris än ett fritidshus som har en mindre säker

tillgång till bra dricksvatten, även om husen och omgivningarna i alla andra avseenden är identiska. Om data om husens pris, egenskaper och omgivning, inklusive egenskaper hos dricksvattentillgången, finns tillgängliga, kan ett indirekt marknadspris på en säker tillgång till bra dricksvatten skattas med hjälp av fastighetsvärderingsmetoden. Den här metoden kan i princip användas för att värdera många olika grundvattentjänster, men i allmänhet krävs ett stort datamaterial som i detalj beskriver fastigheternas olika egenskaper. De här egenskaperna måste därtill vara kända för säljare och köpare för att de ska kunna ge utslag på fastighetsmarknaden.

F. Scenariometoder

Scenariovärderingsmetoden (*contingent valuation method*) är den allra vanligaste scenariometoden. Den är en individbaserad scenariometod som med hjälp av intervjuer eller enkäter går ut på att beskriva ett scenario i form av en miljöförändring för ett (vanligen) slumpmässigt urval personer. Sedan ställs i typfallet frågor om personernas betalningsvilja för ett förverkligande av förändringen. Ibland tillfrågas personer i stället om sina kompensationskrav. Man kan säga att metoden går ut på att skapa en hypotetisk marknadssituation. *Choice experiments* är en närbesläktad scenariometod som bygger på hur de utvalda personerna väljer mellan olika situationer som skiljer sig åt med avseende på bland annat betalningskrav och egenskaperna hos en miljöförändring. Valen ger möjlighet att härleda en betalningsvilja för var och en av egenskaperna. Det finns också gruppbaseade scenariometoder där grupper av individer gemensamt får diskutera sig fram till en rimlig värdering av miljöförändringen.

En viktig poäng med scenariometoder är att de gör det möjligt att få information om värderingar hos människor som åtminstone inte för tillfället använder sig av det som ska värderas. Om förekomsten av en vacker källa skulle värderas med hjälp av resekostnadsmetoden baseras värderingen enbart på besökarna till denna källa, men det kan mycket väl tänkas att även icke-besökare bryr sig om källan. Människor kan värdesätta blotta existensen av en god miljö (så kallade existensvärden) även om de aldrig själva har tänkt sig att komma i närkontakt med den. Sådana icke-användares värderingar kan fångas upp med hjälp av scenariometoder.

Scenariometoder är flexibla och vältestade och kan i princip användas för att värdera alla grundvattentjänster. Användningen begränsas dock av i vilken mån det anses rimligt att förlita sig på svar som baserar sig på en hypotetisk situation. Om detta finns en omfattande diskussion, se vidare t.ex. Brännlund & Kriström (2012) och Kinell & Söderqvist (2011).

G. Åtgärdskostnader

Ibland förekommer det att grundvattentjänster värderas genom olika typer av kostnader för åtgärder som kan påverka tillhandahållandet av tjänsterna eller som behöver vidtas om tillhandahållandet minskar. Som nämnts ovan kan resultatet av sådan värdering vara svårtolkad och bör användas med försiktighet. Ibland kan åtgärdskostnader tolkas som en minimiskattning av det egentliga värdet av grundvattentjänsterna, men i vissa fall kan åtgärdskostnader vara en över-skattning av det egentliga värdet, se vidare nedan.

En typ av åtgärdskostnad är de skyddsutgifter som enskilda aktörer tar på sig för att avhjälpa ett minskat tillhandahållande av grundvattentjänster. Ett exempel är de kostnader som en lantbrukare ådrar sig om grundvattenförsörjningen för bevattning via lantbrukarens brunn minskar så pass att hon eller han måste ordna vattenförsörjningen på något annat sätt. Lantbrukaren tar rimligen inte på sig högre åtgärdskostnader än vad som behövs för att minska skadan av den minskade grundvattenförsörjningen (exempelvis kostnaden för att fördjupa en brunn), varför lantbrukarens åtgärdskostnad kan ses som en minimiskattning av nyttan för lantbrukaren att få tillbaka den ordinarie grundvattenförsörjningen. Om exempelvis borrning av en ny brunn behövts så hade lantbrukaren troligen tagit på sig även dessa kostnader. Ett annat exempel är indi-

vider som köper vatten på flaska eller installerar vattenfilter för att undvika att utsättas av vatten av sämre kvalitet. Om vattnet får god kvalitet igen eller om individernas förtroende för vattnet återställs slipper individerna dessa skyddsutgifter.

Andra åtgärds kostnader kan handla om faktiska eller potentiella kostnader för att ersätta naturliga grundvattentjänster med mänskligt skapade system. Att utöka vattenreningssystemet i reningsverk skulle exempelvis kunna ses som ett sätt att kompensera för en minskning av grundvattnets förmåga att rena vatten. En sådan utökning medför dock kostnader. I ekosystemtjänst-sammanhang brukar sådana kostnader för att ersätta naturliga tjänster med mänskligt skapade system kallas för ersättningskostnader (*replacement costs*). I vattenförsörjningssammanhang är annars en vanlig typ av ersättningskostnad de kostnader som uppstår om en alternativ vatten-täkt måste tas i bruk om en ordinarie vattentäkt blir utsatt för en förorening (jfr. Johansson m.fl. 2002).

Andra typer av åtgärds kostnader är de kostnader som behövs, eller skulle behövas, för att avhjälpa de negativa effekter som uppstår vid ett minskat tillhandahållande av en grundvattentjänst och kostnaden för att restaurera det naturliga tillhandahållandet av en grundvattentjänst. Exempel kan vara kostnaden för att reparera sättningsskador som uppstår till följd av ett minskat tillhandahållande av grundvattentjänsten *skydd mot sättningar*. Ett exempel på en restaureringskostnad är kostnaden för att restaurera en grundvattentäkt vars utvinningstjänst har blivit störd på grund av att föroreningar har trängt in i grundvattnet. Det bör observeras att det ofta kan vara svårt att avgöra om de här typerna av åtgärds kostnader underskattar eller överskattar det egentliga värdet av grundvattentjänsterna. Exempelvis kanske ett mänskligt skapat system är ett ofullkomligt substitut till den naturliga grundvattentjänsten, och då blir ersättningskostnaderna en underskattning av det egentliga värdet. Å andra sidan kanske inte ett kostnadseffektivt sätt att ersätta den naturliga grundvattentjänsten har identifierats. Om då onödigt höga kostnader används som ett sätt att värdera den naturliga grundvattentjänsten kan detta leda till en överskattning av det egentliga värdet. Ett grundläggande problem vid värdering med hjälp av åtgärds kostnader är annars att det kan vara okänt om individer i samhället är beredda att göra avvägningar som motiverar åtgärds kostnaderna, vilket har att göra med svårigheten att tolka kostnader som nytta (jfr. Freeman 2003, s. 460).

BESLUTSSITUATIONER OCH VÄRDERING

Grundvatten och därmed grundvattenrelaterade tjänster kommer på olika sätt in då frågor om t.ex. samhällsutveckling och miljövard diskuteras. I dessa diskussioner och då beslut ska fattas kan en värdering av de tjänster grundvatten tillhandahåller vara till stor hjälp. Frågorna kan vara av såväl lokal som regional karaktär och i vissa fall även av mer nationell betydelse. Exempel på situationer då utnyttjande och skydd av grundvatten måste analyseras och diskuteras är då det finns motstående intressen, exempelvis mellan vattenförsörjning och täktverksamhet. Värdet av en grundvattentjänst kan också bli avgörande då beslut ska fattas om skyddsåtgärder, exempelvis upprättande av vattenskyddsområden med skyddsföreskrifter, eller mer specifika skyddsåtgärder i form av t.ex. skyddsmembran längs en väg vars placering gör att en viktig grundvattenförekomst kan skadas vid olyckor. Grundvattentjänster och deras värde kan också vara ett viktigt underlag vid planarbete, vid prioritering av åtgärder för att förbättra grundvattenförekomsternas status samt vid diskussion och beslut om ekonomiska styrmedel.

För att illustrera hur ekonomiska värderingsmetoder kan användas utgår vi i denna rapport från två exempel som beskrivs nedan. Det ena exemplet baseras på en grundvattenförekomst med god status men som riskerar att skadas. Det andra exemplet är fokuserat på en grundvattenförekomst som idag har dålig status och där frågan är om och i så fall vilka åtgärder som är lämpliga att vidta.

Exempel 1

Utanför en medelstor stad finns en grundvattenförekomst som idag inte utnyttjas för dricksvattenförsörjning. Det har förts diskussioner inom kommunen om behovet av att komplettera den befintliga vattentäkten. Den aktuella grundvattenförekomsten har förts fram som ett huvudalternativ eftersom vattenkvaliteten anses vara mycket bra och kapacitetsmässigt är det bara denna förekomst som kan tillgodose de behov som finns. Parallellt planeras ett vägprojekt som kraftigt ska förbättra transporterna till och från två större industrier i kommunen. Den föreslagna vägsträckningen är sådan att möjligheten till dricksvattenuttag i den aktuella grundvattenförekomsten kan hindras eller kraftigt försämrats. Förutom den potentiella föroreningsrisken bedöms vägbygget medföra grundvattensänkningar och därmed påverka kapaciteten ur dricksvattensynpunkt. Vidare strömmar vatten från grundvattenmagasinet ut i en å med skyddade arter som kan påverkas om utflödet minskar. Grundvattensänkningarna förväntas också medföra stabilitetsproblem varför det inom ett område kommer att krävas stabiliseringsåtgärder.

Exempel 2

I ett jordbrukslandskap finns en grundvattenförekomst som idag bedöms ha dålig status på grund av höga nitrit- och nitrathalter. På grund av detta är det i dagsläget inte lämpligt att utnyttja förekomsten för dricksvattenförsörjning, men om det var möjligt skulle det skapa bättre möjligheter för att bygga bostäder i ett närliggande område, som är en attraktiv del av kommunen. Vid vattenförekomsten finns en källa som är historiskt känd som *hälsokälla* och som tidigare var välbesökt. Den försämrade vattenkvaliteten har uppmärksamats av kommunen och även i media, vilket medfört att källan och det kringliggande området idag har ett mycket litet antal besökare.

Baserat på ovanstående exempel har tabell 10 och tabell 11 tagits fram. Dessa beskriver hur de förändringar som tas upp i exemplen kopplar till olika konsekvenser och hur dessa kan utredas. På motsvarande sätt beskrivs i tabell 12 och tabell 13 hur de förutspådda konsekvenserna kan värderas ekonomiskt och med vilka metoder.

De korta beskrivningarna i tabell 10 och tabell 11 av hur olika konsekvenser och eventuella åtgärder kan utredas ska endast ses som exempel. Beroende på de förhållanden som råder i det specifika fallet kan olika utredningstyper bli aktuella. Det finns modeller och verktyg för att exempelvis modellera flöden och föroreningsutbredning. Det går också att räkna på hur förändringar i grundvattennivåer påverkar markstabiliteten. Det handlar dock, som alltid, om att hitta tillförlitliga indata och att kunna beskriva de faktiska förhållandena på ett korrekt sätt. En utmaning då effekter av olika karaktär utreds är de fall då det uppstår olika typer av földeffekter. Osäkerheten i utredningar och bedömningar kan lätt öka om exempelvis ett förändrat grundvattenflöde påverkar ett annat ekosystem och konsekvenserna i det sistnämnda ska analyseras. Nedan beskrivs i tabell 12 och tabell 13 i form av exemplifieringar hur de konsekvenser som tas upp i exemplen skulle kunna värderas ekonomiskt.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Ekosystemtjänster har fått stor uppmärksamhet inom många områden. En av anledningarna till detta kan vara att ekosystemtjänsterna tydliggör vad det är människan drar nytta av, dvs. värderar, från naturen. Detta visar också vilka aspekter som hydrogeologiska och ekologiska modeller m.m. behöver kunna beskriva och förklara för att underlätta en värdering av dessa tjänster. Vad gäller ekosystemtjänster från grundvatten har dock endast begränsade arbeten hittills gjorts i Sverige.

För att beskriva hur grundvattnet på olika sätt utnyttjas av människan i dagens samhälle är begreppet ekosystemtjänster inte tillräckligt. Enligt vissa strikta definitioner av ekosystem-

Tabell 10. Beskrivning av de konsekvenser som förändringarna i exempel 1 kan leda till och hur dessa kan utredas. De egenskaper som listas i tabellen ingår i förslaget på indelning av grundvattentjänster.

Förändring	Egenskaper som påverkas	Konsekvenser	Exempel på hur konsekvenser kan utredas
Ny föroreningskälla introduceras (väg och trafik)	Kemiska egenskaper	Ökad fara för förorening av grundvattenmagasinet. (t.ex. vid trafikolycka eller användning av vägsalt)	Föroreningsrisken kan t.ex. analyseras genom att sannolikhet för olycka beräknas med hänsyn till trafikflöde, säkerhetsåtgärder m.m. Möjliga förebyggande åtgärder kan också utredas. Vidare kan undersökningar i form av spårämnesförsök och hydrauliska tester samt spridningsmodellerings göras för att studera hur ett utsläpp kan förväntas spridas och påverka grundvattentäkten.
	Biologiska egenskaper		
Grundvattennivån sänks under och efter byggtiden	Grundvattennivåer	Sämre kapacitet för grundvattenmagasinet att tillhandahålla dricksvattenförsörjning	Hydrogeologiska undersökningar och grundvattenmodellering för att utreda eventuell grundvattensänkning under och efter byggtiden och hur det påverkar kapaciteten för dricksvattenförsörjning.
	Uttagsmöjligheter	Minskat flöde i närliggande å vilket påverkar skyddade arter negativt	Miljökonsekvensutredning för att identifiera skyddade arter, bedöma hur de påverkas av ett minskat vattenflöde i ån och utreda eventuella möjliga åtgärder.
	Hydrauliska förhållanden	Sättningar i marken uppstår till följd av stabilitetsproblem	Geoteknisk utredning för att utreda stabilitetsproblem och möjliga åtgärder.

Tabell 11. Beskrivning av de konsekvenser som förändringarna i exempel 2 kan leda till och hur dessa kan utredas. De egenskaper som listas i tabellen ingår i förslaget på indelning av grundvattentjänster.

Förändring	Egenskaper som påverkas	Konsekvenser	Exempel på hur konsekvenser kan utredas
Kvävetillförseln från jordbruket minskas genom reducerad diffus spridning (t.ex. på åkrar) och sanering av eventuella punktkällor	Kemiska egenskaper	Förbättrad vattenkvalitet vilket gör det möjligt att utnyttja grundvattenmagasinet för dricksvattenförsörjning för ett potentiellt bostadsområde	Grundvattenmodellering inklusive spridningsmodellering av kväveföroreningarna för att utreda effekten av en minskad kvävetillförsel. Som underlag krävs bland annat provtagning av mark och grundvatten.
	Biologiska egenskaper	Förbättrad vattenkvalitet vilket möjliggör en restaurering av hälsokällan och intilliggande område som besöksmål, vars attraktivitet bl.a. avgörs av upplevelsen av källans skönhet, kvalitet och historia samt människors ekonomiska möjligheter att resa till besöksmålet	
	Estetiska och kulturella egenskaper		
	Socioekonomiska egenskaper		

Tabell 12. Exempel på möjliga principiella tillvägagångssätt för ekonomisk värdering av konsekvenserna i exempel 1 (bokstäverna inom parentes hänvisar till värderingsmetoderna som presenteras i kapitlet om värderingsmetoder).

Konsekvens	Exempel på möjliga tillvägagångssätt
Ökad fara för förorening av grundvattenmagasinet (Berör främst producerande grundvattentjänster från grundvattnets belägenhet in situ som grundvatten i marken, eftersom grundvattenmagasinet i nuläget inte utnyttjas som vattentäkt)	Ett rimligt tillvägagångssätt är här att studera skadekostnader (B) som skulle uppstå om föroreningarna påverkar tillhandahållandet av olika grundvattentjänster, exempelvis att risken ökar att grundvattenmagasinet inte längre kan utnyttjas för potentiell dricksvattenförsörjning. Eftersom grundvattenmagasinet i nuläget inte utnyttjas som vattentäkt är det troligen nödvändigt att formulera ett scenario som specificerar hur många hushåll som potentiellt skulle försörjas av vattentäkten och hur denna försörjning skulle påverkas av en ökad risk för föroreningar. Föroreningsepisoder skulle t.ex. kunna leda till skadekostnader i form av ökade hälsorisker och de kostnader som sådana hälsorisker medför i form av sjukdom, minskat välbefinnande, osv. Att se på åtgärds kostnader (G) för att komma till rätta med eller förebygga föroreningsproblematiken kan också vara ett möjligt tillvägagångssätt, men problematiken om åtgärds kostnader är en överskattning eller underskattning av det egentliga värdet (jfr. kapitlet om värderingsmetoder) tillkommer dock.
Sämre kapacitet för grundvattenmagasinet att tillhandahålla dricksvattenförsörjning (Berör främst producerande grundvattentjänster från grundvattnets belägenhet in situ som grundvatten i marken, eftersom grundvattenmagasinet i nuläget inte utnyttjas som vattentäkt)	Eftersom grundvattenmagasinet i nuläget inte utnyttjas som vattentäkt är det troligen nödvändigt att först formulera ett scenario som specificerar hur många hushåll som potentiellt skulle behöva försörjas av vattentäkten. En minskad kapacitet kan göra det nödvändigt för kommunen att hitta en alternativ vattentäkt, vilket troligen leder till extrakostnader i förhållande till möjligheten att utnyttja grundvattenmagasinet. Ett möjligt tillvägagångssätt är här därför att se på åtgärds kostnader (G) för att ersätta grundvattenmagasinet som vattentäkt med något alternativ. Det är viktigt att då ha i åtanke att problematiken om åtgärds kostnader är en överskattning eller underskattning av det egentliga värdet (jfr. kapitlet om värderingsmetoder) tillkommer.
Minskat flöde i närliggande å vilket påverkar skyddade arter negativt (Berör grundvattnets bidrag till tjänster från ytvattenssystem från grundvattnets belägenhet ex situ som grundvattnets bidrag till ytvatten)	Att skyddade arter påverkas negativt kan påverka tillhandahållandet av kulturella ekosystemtjänster. Existensvärden kan föreligga om människor bryr sig om förekomsten av arterna, och om arterna gör ån intressant för besök finns även rekreationsvärden. Existensvärden är generellt svårvärderade, eftersom de endast kan fångas in med hjälp av scenariometoder (F) och är även en betydande utmaning för scenariometoder eftersom det ofta är svårt att begränsa värderingen till just de skyddade arterna i ån. För rekreationsvärden är scenariometoder (F) och resekostnadsmetoden (D) lämpliga värderingsmetoder. Arterna kan möjligen även ha koppling till andra typer av ekosystemtjänster än kulturella om arterna har någon funktionell betydelse genom att t.ex. spela en roll för tillhandahållandet av någon producerande, stödjande eller reglerande ekosystemtjänst, vilket således bör undersökas. Åtgärds kostnader (G) kan potentiellt också användas för värderingen. Man skulle exempelvis kunna tänka sig att se på kostnaden för att kompensera den negativa inverkan i ån genom att flytta arterna till annan plats eller förbättra skyddet av dem på annan plats. Detta förutsätter dock att detta är genomförbart. Vidare är det svårt att bedöma om denna kostnad är en överskattning eller underskattning av det egentliga värdet (jfr. kapitlet om värderingsmetoder), i det här fallet nyttoförlusten av att arterna påverkas negativt.
Sättningar i marken uppstår till följd av stabilitetsproblem (Berör reglerande grundvattentjänster från grundvattnets belägenhet in situ som grundvatten i marken)	Ett rimligt tillvägagångssätt är här att studera skadekostnader (B) som skulle uppstå till följd av sättningarna. Exempelvis kan konstruktioner såsom byggnader, vägar och ledningar skadas eller riskerar att skadas av sättningarna, vilket kan leda till kostnader i form av produktionsbortfall när byggnader inte längre kan användas, och t.ex. ökade trafiksäkerhetsrisker och tidsförluster för omledning av trafik till följd av vägsador, etc. Att se på åtgärds kostnader (G) för att komma till rätta med eller förebygga stabilitetsproblemen kan också vara ett möjligt tillvägagångssätt, men problematiken om åtgärds kostnader är en överskattning eller underskattning av det egentliga värdet (jfr. kapitlet om värderingsmetoder) tillkommer.

Tabell 13. Exempel på möjliga principiella tillvägagångssätt för ekonomisk värdering av konsekvenserna i exempel 2 (bokstäverna inom parentes hänvisar till värderingsmetoderna som presenteras i kapitlet om värderingsmetoder).

Konsekvens	Exempel på möjliga tillvägagångssätt
Förbättrad vattenkvalitet vilket gör det möjligt att utnyttja grundvattenmagasinet för dricksvattenförsörjning för ett potentiellt bostadsområde (Berör främst producerande grundvattentjänster från grundvattnets belägenhet in situ som grundvatten i marken, eftersom grundvattenmagasinet i nuläget inte utnyttjas som vattentäkt)	Eftersom grundvattenmagasinet i nuläget inte utnyttjas som vattentäkt är det troligen nödvändigt att först formulera ett scenario som specificerar hur många hushåll som potentiellt skulle kunna försörjas av vattentäkten. Sedan kan det undersökas hur mycket större åtgärdskostnaderna (G) skulle bli om dessa hushåll istället skulle behöva försörjas på ett alternativt sätt. På så sätt går det att visa kostnadsbesparingen som skulle göras om grundvattenmagasinet kan användas som vattentäkt. Det bör dock observeras att det då tas för givet att det är av godo att bygga bostäder just i det närliggande området och inte på något annat ställe. Problematiken om åtgärdskostnader är en överskattning eller underskattning av det egentliga värdet (jfr. kapitlet om värderingsmetoder) tillkommer. Eventuellt skulle även en tillämpning av fastighetsvärdemetoden (F) kunna vara aktuell, eftersom värdet på marken för det tänkta bostadsområdet kan öka om utnyttjandet av grundvattenmagasinet skulle göra det mer lönsamt att bygga bostäder på just denna mark jämfört med någon annan lösning för att tillhandahålla dricksvatten.
Förbättrad vattenkvalitet vilket möjliggör en restaurering av hälsokällan och intilliggande område som besöksmål (Berör kulturella ekosystemtjänster från grundvattnets belägenhet in situ som grundvatten i marken)	Detta handlar om ett ökat tillhandahållande av en kulturell grundvattentjänst. Existensvärden kan föreligga om människor bryr sig om förekomsten av hälsokällan i sig, och om källan är intressant för besök finns även rekreationsvärden. Eftersom källan i nuläget inte föremål för besök är det svårt att tillämpa resekostnadsmetoden (D), eftersom den bygger på data om faktiska besök till ett rekreationsområde. Därför är det sannolikt rimligast att värdera restaureringen med hjälp av scenariometoder (F).

tjänster krävs det någon biologisk komponent i produktionen av en ekosystemtjänst. En sådan komponent ingår dock inte alltid i alla tjänster som grundvattnet tillhandahåller och som människan utnyttjar. Av denna anledning förespråkas i denna rapport begreppet *grundvattentjänster*, som inkluderar men inte är begränsat till ekosystemtjänsterna från grundvattnet.

Den indelning av grundvattentjänster som föreslås i denna rapport ger en överblick över vilka aspekter som bör beaktas då grundvattentjänster diskuteras. De till tjänsterna beskrivna värderingsmetoderna visar på vilka möjligheter det finns att ekonomiskt värdera ett förändrat tillhandahållande av grundvattentjänster. Denna information kan vara till stor hjälp då exempelvis motstående intressen eller olika typer av skydd för grundvattnet diskuteras. Information om grundvattentjänster och dess värde kan även påverka planarbete och prioritering av åtgärder för att förbättra grundvattenförekomstens status. Denna information kan också vara viktigt då ekonomiska styrmedel diskuteras och eventuella beslut ska fattas.

Rapporten belyser hur grundvattentjänster kan värderas ekonomiskt, vilket således ger ett underlag för att bedöma i vilken grad olika åtgärder (skyddande, återställande eller nyttjande) är ekonomiskt försvarbara och hållbara. Det bör understrykas att en ekonomisk värdering förutsätter att de relevanta grundvattentjänsterna först har identifierats och sedan kvantifierats i lämplig enhet (t.ex. kubikmeter dricksvatten, antal besökare till en hälsokälla, osv.) innan de slutligen kan monetariseras med hjälp av ekonomiska värderingsmetoder. Som betonas i SOU 2013:68 är identifieringen eller kvantifieringen i sig ett viktigt bidrag till beslutsunderlaget oavsett om monetariseringen kan genomföras eller inte.

En viktig aspekt på ekonomiska värderingar är hur monetära värden ändras beroende på när de utfaller i tid. Diskonterning är ett begrepp som används vid alla samhällsekonomiska beräkningar. Det innebär en omräkning med hjälp av en räntesats för att ta hänsyn till att samhällsekonomiska effekter (nyttor och kostnader) inträffar vid skilda tidpunkter och därför inte kan

jämföras direkt med varandra. En diskonteringsränta används för att räkna om alla nyttor och kostnader till ett nuvärde.

Diskontering är en omdebatterad metod, eftersom kostnaderna med åtgärder som syftar till att förbättra miljön ofta inträffar före nyttorna som åtgärderna leder till. I en nuvärdesberäkning tenderar detta att leda till att nyttorna väger lättare än kostnaderna. Allmänt gäller att ju högre diskonteringsränta och ju längre fram i tiden en konsekvens inträffar desto lägre blir dess nuvärde. Om diskonteringsräntan däremot är noll värderas framtida kostnader och nyttor lika högt som dagens kostnader och nyttor.

I dagsläget används ofta en räntesats på 3,5 % i samhällsekonomiska analyser i Sverige (jfr. Trafikverket 2014). I projekt som rör miljöeffekter och berör framtida generationer rekommenderas ibland lägre räntesatser för att inte effekter som inträffar långt in i framtiden ska värderas alltför lågt. Exempelvis rekommenderar den s.k. Stern-rapporten (Stern 2006) en diskonteringsränta på 1,4 % för projekt rörande climateffekter i samhället, och det kan visas att teoretiskt avgörs storleken på diskonteringsräntan bland annat av vilken ekonomisk utveckling som kan förväntas inträffa i framtiden (Söderqvist 2006, Persson & Sterner 2008). Diskontering och nuvärdesberäkningar innebär också att tidshorisonten för den ekonomiska analysen blir av avgörande betydelse. Med hänsyn till den stora betydelse som valet av diskonteringsränta och tidshorisont har på den kvantitativa ekonomiska analysens utfall bör alltid en känslighetsanalys utföras med avseende på räntesats och tidshorisont.

Fokus för den här rapporten har varit ett ekonomiskt perspektiv på grundvatten och de tjänster som grundvatten tillhandahåller samhället. För en mer heltäckande utvärdering av åtgärders nytta och hållbarhet räcker det inte med att enbart analysera ekonomisk hållbarhet, utan de miljömässiga och sociala dimensionerna av hållbarhet måste också föras in i analysen. En sådan mer heltäckande utvärdering kan exempelvis göras med hjälp av multikriterieanalys (MKA). Med hjälp av MKA skulle en uppsättning kriterier kunna definieras och användas för att bedöma huruvida olika åtgärder påverkar möjligheten att utnyttja eller tillhandahålla olika grundvattentjänster, och även för att definiera kriterier som är förknippade med samtliga tre hållbarhetsdimensioner av hållbarhet. Rosén m.fl. (2009, 2013) beskriver en MKA-tillämpning som gäller åtgärder för sanering av förorenad mark, men som är överförbar till åtgärder som gäller grundvatten.

Avslutningsvis kan konstateras att för att synliggöra det ekonomiska värdet av grundvattentjänster (vilket inkluderar ekosystemtjänster från grundvatten) är det viktigt att vid åtgärder som påverkar grundvattenförekomster:

- Undersöka åtgärdernas inverkan på olika egenskaper hos grundvattnet.
- Utredda konsekvenserna av denna inverkan med hjälp av modeller och andra hjälpmedel för att:
 - identifiera vilka grundvattentjänster som påverkas.
 - där så är möjligt även kvantifiera hur de identifierade grundvattentjänsterna påverkas.
 - där så är möjligt och anses rimligt dessutom tillämpa ekonomiska värderingsmetoder för att monetarisera den påverkan som har kvantifierats.

Som framgått ovan kommer resultatet av en ekonomisk värdering alltid att bero på ett antal olika bedömningar och antaganden gällande komplexa naturvetenskapliga och ekonomiska samband. En ekonomisk värdering måste därför alltid ses som ett av flera underlag till en beslutsprocess.

REFERENSER

- Bann, C. & Wood, S.C., 2012: Valuing groundwater: A practical approach for integrating groundwater economic values into decision making – a case study in Namibia, southern Africa. International Conference on Groundwater Special Edition 2012 .*Water SA* 38 (3), 461–466. ISSN 1816-7950.
- Bergkamp, G. & Cross, K., 2006: *Groundwater and ecosystem services: towards their sustainable use*. Proceedings of the International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS), Alicante, Spain, 177–193.
- Boulton, A.J., Fenwick, G.D., Hancock, P.J. & Harvey, M.S., 2008: Biodiversity, functional roles and ecosystem services of groundwater invertebrates. *Invertebrate Systematics* 22, 103–116.
- Brännlund, R. & Kriström, B., 2012: *Miljöekonomi*. Andra upplagan. Studentlitteratur, Lund.
- Culver, D.C., 2003: *Groundwater ecosystem services and healthy groundwater ecosystems*. Department of Biology, American University, Washington, DC.
- Daily, G.C. (red.), 1997: *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- Fisher, B., Turner, R.K. & Morling, P., 2009: Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, 643–653.
- Freeman III, A.M., 2003: *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*. Second Edition. Resources for the Future, Washington, DC.
- Goldscheider, N., 2012: A holistic approach to groundwater protection and ecosystem services in karst terrains. *AQUA mundi (2012) Am06046*, 117–124. DOI 10.4409/Am-046-12-0047.
- Hanley, N. & Barbier, E.B., 2009: *Pricing nature: cost-benefit analysis and environmental policy*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Herman, J.S., Culver, D.C. & Salzman, J., 2001: Groundwater ecosystems and the service of water purification. *Stanford Environmental Law Journal* 20, 479–495.
- Johansson, P.-O., Djurberg, H., Gunnemyr, L., Söderqvist, T. & Collentine, D., 2002: Värdering av grundvattenresurser: Metoder och tillvägagångssätt. *Naturvårdsverket Rapport 5142*.
- Kettunen, M., Vihervaara, P., Kinnunen, S., D'Amato, D., Badura, T., Argimon, M. & Ten Brink, P., 2012: Socio-economic importance of ecosystem services in the Nordic Countries: Synthesis in the context of The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). *Tema-Nord 2012:559. Nordiska Ministerrådet, Köpenhamn*.
- Kinell, G. & Söderqvist, T., 2011: Ekonomisk värdering med scenariometoder: En vägledning som stöd för genomförande och upphandling. *Naturvårdsverket Rapport 6469*.
- Kløve, B., Allan, A., Bertrand, G., Druzynska, E., Ertürk, A., Goldscheider, N., Henry, S., Karakaya, N., Karjalainen, T.P., Koundouri, P., Kupfersberger, H., Kvoerner, J., Lundberg, A., Muotka, T., Preda, E., Pulido-Velazquez, E. & Schipper, P., 2011: Groundwater dependent ecosystems. Part II. Ecosystem services and management in Europe under risk of climate change and land use intensification. *Environmental Science and Policy* 14, 782–793.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005a: *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005b: *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- NRC, 1997: *Valuing ground water: economic concepts and approaches*. Committee on Valuing Ground Water, U.S. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC. ISBN 0-309-52362-1.
- Naturvårdsverket, 2012: *Sammanställd information om ekosystemtjänster*. Skrivelse till Miljödepartementet 2012-10-31. Ärendenr NV-00841-12. Naturvårdsverket, Stockholm.

- Persson, M. & Sterner, T., 2008: Konsensus i förändring – klimatekonomi efter Stern. *Ekonomisk Debatt* nr 4/2008, 65–81.
- Rosén, L., Back, P.-E., Söderqvist, T., Soutukorva, Å., Brodd, P. & Grahn, L., 2009: Multi-kriterieanalys för hållbar efterbehandling – metodutveckling och exempel på tillämpning. *Naturvårdsverket Rapport 5891*.
- Rosén, L., Norrman, J., Norberg, T., Volchko, Y., Söderqvist, T., Back, P.-E., Norin, M., Brinkhoff, P., Bergknut, M. & Döberl, G., 2013: *SCORE: Multi-criteria analysis (MCA) for sustainability appraisal of remedial alternatives*. Bioremediation and sustainable environmental technologies – 2013, Second International Symposium on Bioremediation and Sustainable Environmental Technologies (Jacksonville, Florida; June 10–13, 2013). ISBN 978-0-9819730-7-4, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio.
- Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., Kumar, R. & Davidson, N., 2013: *The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands*. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland.
- Rönnbäck, P., Kautsky, N., Pihl, L., Troell, M., Söderqvist, T. & Wennhage, H., 2007: Ecosystem goods and services from Swedish coastal habitats: Identification, valuation and implications of ecosystem shifts. *Ambio* 36, 534–544.
- SOU (2013:68): *Synliggöra värdet av ekosystemtjänster – Åtgärder för välfärd genom biologisk mångfald och ekosystemtjänster*. Statens offentliga utredningar, Stockholm.
- Stern, N., 2006: *The economics of climate change – the Stern review*. Cabinet Office, HM Treasury, Cambridge University Press, Cambridge.
- Söderqvist, T., Hammer, M. & Gren, I.-M., 2004: *Samverkan för människa och natur: En introduktion till ekologisk ekonomi*. Studentlitteratur, Lund.
- Söderqvist, T., 2006: Diskontering i samhällsekonomiska analyser av klimatåtgärder. *Naturvårdsverket Rapport 5618*.
- TEEB, 2010a: *The economics of ecosystems and biodiversity: Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. ISBN 978-3-9813410-3-4.
- TEEB, 2010b: *The economics of ecosystems and biodiversity: Ecological and economic foundations*. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan, London and Washington.
- Tomlinson, M. & Boulton, A., 2008: *Subsurface groundwater dependent ecosystems: a review of their biodiversity, ecological processes and ecosystem services*. Waterlines Occasional Paper No. 8. ISBN 978-1-921107-67-2. National Water Commission, Australian Government, Canberra.
- Trafikverket, 2014: *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.1. Kapitel 3, kalkylprinciper och generella kalkylvärden*. <http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Planera_o_utreda/Gallande_forutsattningar_och_indata/ASEK_kalkylvarden/03_generella_principer_o_v%C3%A4rden_a51.pdf> (tillgänglig 2014-04-26).