

ANPASSNING TILL ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT



Länsstyrelserna

Mälaren om 100 år

- förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden

För mer information kontakta:

Länsstyrelsen i Stockholms län

Avdelningen för samhällsskydd och beredskap

Tfn 08-785 40 00

Rapportnummer 2011:26

www.lansstyrelsen.se/stockholm

Länsstyrelsen i Uppsala län

Enheten för samhällsskydd och beredskap

Tfn 018-19 50 00

Rapportnummer 2011:11

www.lansstyrelsen.se/upsala

Länsstyrelsen i Södermanlands län

Samhällsbyggnadsenheten

Tfn 0155-26 40 00

Rapportnummer 2011:12

www.lansstyrelsen.se/sodermanland

Länsstyrelsen i Örebro län

Enheten Information och krisberedskap

Tfn 019-19 30 30

Rapportnummer 2011:22

www.lansstyrelsen.se/orebro

Länsstyrelsen i Västmanlands län

Samhällsbyggnadsenheten

Tfn 021-19 50 00

Rapportnummer 2011:8

www.lansstyrelsen.se/vastmanland

Omslagsfoto: Camilla Wessberg, Länsstyrelsen i Uppsala län

Text och layout: Lovisa Lagerblad, Länsstyrelsen i Stockholms län

Utgivningsår: 2011

ISBN 978-91-7281-448-6

Rapporten finns även som pdf hos respektive länsstyrelse.

Besök gärna länsstyrelsernas gemensamma webbplats

www.lansstyrelsen.se

Anpassning till ett förändrat klimat

Klimatets förändringar berör samhällets alla sektorer och det är få verksamheter som kommer att förbli helt opåverkade. En medveten långsiktig planering innebär en rad åtgärder för att anpassa samhället till de klimatförändringar som märks redan idag och de som väntar i framtiden.

Länsstyrelsen har en samordnande roll i det regionala klimatanpassningsarbetet. Det innebär att stödja kommuner och andra aktörer för att underlätta planering och genomförande av lämpliga åtgärder. Underlag från sektorsmyndigheter behöver sammanställas och föras vidare, till exempel klimatunderlag som beskriver klimatets förändringar i olika tidsperspektiv. Regionala analyser behöver utföras och komma olika parter till godo. En viktig del av länsstyrelsens arbete är att bidra till att höja kunskapen inom regionen om klimatets förändringar och om de konsekvenser förändringarna innebär för samhället.

Sårbara områden och verksamheter bör identifieras så att lämpliga åtgärder kan vidtas för att anpassa samhället på ett hållbart sätt. Länets kommuner ansvarar för ett stort antal viktiga verksamheter. Kommunerna är ofta den aktör där de konkreta anpassningsåtgärderna kan och behöver genomföras. Ett samarbete mellan regionens olika aktörer är en mycket viktig del i detta arbete.

Den här förstudien lyfter frågan om Mälaren som dricksvattentäkt även nästa sekel. Förstudien är ett samarbete mellan Länsstyrelserna runt Mälaren.

Innehåll

ANPASSNING TILL ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT	3
FÖRORD.....	5
SAMMANFATTNING	6
HAVETS KÄRLEK TILL MÄLAREN	
– EN BLANDNING AV SÖTT OCH SALT	8
SYFTE OCH METOD	10
AVGRÄNSNING	11
PROBLEMBILD.....	12
Stiger havet?	12
När kan saltvattnet tränga in?.....	14
Dricksvatten för 2 miljoner och 2 miljarder.....	15
SKYDDANDE BARRIÄR	
– EXEMPEL FRÅN ANDRA STÄDER.....	16
S:T PETERSBURG.....	16
ROTTERDAM	18
LONDON	19
PLANER PÅ SKYDDANDE BARRIÄR.....	20
Köpenhamn	20
Göteborg	20
MÄLAREN OM HAVET STIGER ÖVER EN METER	
– EXEMPEL PÅ ALTERNATIV OCH LÖSNINGAR	22
NOLLALTERNATIVET	22
HÖJA MÄLAREN I TAKT MED HAVET	23
DÄMMANDE ANLÄGGNINGAR	24
ANGRÄNSANDE STUDIER OCH UPPDRAG	26
REGERINGSUPPDRAG	26
Mälaruppdraget	26
Översvämningshot mot trafik- och försörjningstunnlar	27
Ansvarsfördelning och finansiering ny reglering av Mälaren	27
TEKNISKA STUDIER, ÖVERSVÄMNING OCH DRICKSVATTEN	28
Slussenprojektet	28
Analys av översvämningsrisker i Mälarens vattensystem	30
Hydrodynamisk modellstudie av Mälaren	31
Förstudie regional vattenförsörjning från Vättern	32
Robust och klimatsäkrad dricksvatten- försörjning i Stockholms län	33
STIGANDE HAV – ETT KOMPLEXT PROBLEM I MÄLARREGIONEN.....	34
TEKNISKA FRÅGEOMRÅDEN	35
PLANERING	35
FINANSIERING.....	36
LÄNSSTYRELSENS ROLL I ETT FORTSATT ARBETE ...	36
REFERENSER	37
BILAGA 1 MÄLARENS HÖJDSYSTEM	40

Förord

Länsstyrelsen fick år 2009 regeringens uppdrag att samordna arbetet på regional nivå med anpassning till ett förändrat klimat. Denna förstudie är ett samarbete mellan länen kring Mälaren på uppdrag från respektive landshövding – Stockholm, Södermanland, Uppsala, Västmanland och Örebro län – och ingår i Länsstyrelsernas klimatanpassningsarbete. Rapporten syftar till att lyfta frågan om klimatförändringar med fokus på havsnivåhöjning med konsekvenser för Mälaren som dricksvattentäkt på lång sikt.

Rapporten tar kortfattat upp några av de frågeställningar som kan bli aktuella om havet stiger så mycket att nivåskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön minskar eller försvinner. Blir ett sådant scenario verklighet är det många frågor som behöver besvaras, till exempel:

Ska Mälaren åter bli en havsvik? Kan vi höja Mälarens nivå för att förhindra saltvatteninträngning? Finns det alternativa vattentäkter? Kan vi skydda Mälaren genom barriärer i Stockholms skärgård?

Länsstyrelserna arbetar med att analysera konsekvenser av klimatförändringarna och behovet av anpassningsåtgärder inom Mälarenregionen. Föreliggande förstudie är tänkt att utgöra ett bidrag för mer detaljerade studier som kommer att kräva expertkunskaper från en rad olika instanser samt en samordnande aktör inom Mälarenregionen.

22 augusti 2011




Per Unckel
Landshövding i Stockholms län



Bo Könberg
Landshövding i Södermanlands län



Ingemar Skogö
Landshövding i Västmanland län



Peter Egaradt
Landshövding i Uppsala län



Rose-Marie Frebran
Landshövding i Örebro län

Sammanfattning

Mälaren, Sveriges tredje största sjö, har sitt utlopp genom Stockholm och Södertälje. Sjön har många stora naturvärden, och är ett riksintresse enligt tredje och fjärde kapitlet i miljöbalken just med hänsyn till de natur- och kulturvärden som finns. Mälarevattnet utnyttjas dessutom som dricksvattentäkt av cirka 2 miljoner människor i Mälardalen.

Mälaren började regleras 1943 och reglerades fullständigt 1960 med tillkomsten av dammluckan i Stallkanalen. Med regleringen försöker man upprätthålla en lägsta nivå på 4,00 m och en högsta på 4,70 m i Mälarens höjdsystem (+0,16 respektive +0,86 i RH00). Nivån har sedan 1960 dock varit både lägre och högre.

Mälarens medelnivå ligger 0,67 m över medelnivån i Saltsjön. När nivån i Saltsjön är högre än i Mälaren, vilket främst har inträffat under vintern, strömmar saltvatten in i Mälaren. Mängderna har efter den fullständiga regleringen varit relativt måttliga. Risken för saltvatteninträngning ökar med minskad nivåskillnad. Om scenarierna enligt senare års forskning för ett stigande hav blir verklighet, globalt cirka en meters höjning av havsnivån från 1990 till 2100, blir nivåskillnaden vid medelvattenstånd endast 0,2 m.

SMHI:s känslighetsanalyser av den nya avtappningskapaciteten och regleringen i ett framtida klimat pekar på att en havsnivåhöjning på globalt 1 meter är hanterbar under normal drift. Däremot måste de kulvertar som alltid har förbindelse med Mälaren kunna stängas för att undvika saltvatteninträngning (Stockholm stad, 2010).

Den här studien har lyft fram tre möjliga vägval för att anpassa Mälaren mot ett stigande hav avseende dricksvattenfrågan:

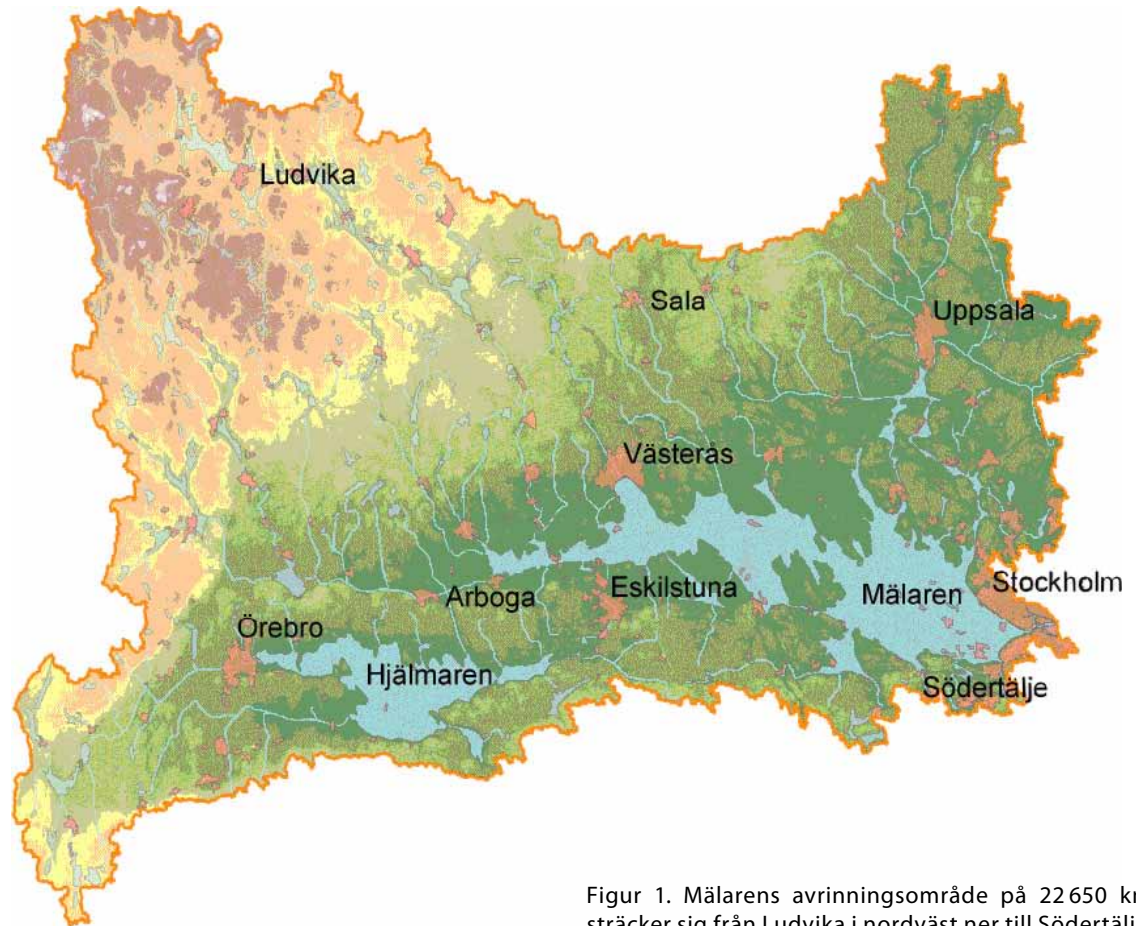
- Nollalternativet, en havsvik som kräver alternativ dricksvattentäkt
- Höja Mälaren i samma takt som havet
- Bygga barriärer och vallar i skärgården

Konsekvenserna av både klimatförändringarna och vårt sätt att agera samt följderna av dessa åtgärder kan bli dramatiska och ger upphov till en mängd frågeställningar. Den här förstudien har valt att fokusera på Mälaren som vattentäkt, men lika viktigt är att analysera översvämningensrisker längs Mälarens och kustens stränder vid ett stigande hav.

Hur ska vi planera för ny bebyggelse och infrastruktur vid Mälaren? Om vi vallar in innerskärgården försvinner estuarieförhållandet, vad betyder det för naturmiljön? Om Mälaren åter bli en salt havsvik, var hämtar vi då vårt dricksvatten?

Andra städer, som Rotterdam, London och S:t Petersburg har redan idag vallar för att skydda sig mot dagens översvämningensrisk. Klimatanpassning av dessa delta-städer kommer att fortsätta vara en nyckelfråga. Mälarenregionen har mycket att lära både av andras erfarenheter internationellt och nationellt kunskapsutbyte. Regionen behöver därför fortsätta arbeta med dessa frågor, med målet att hitta en långsiktig lösning som ser till möjligheterna och underlättar för en hållbar utveckling.

Länsstyrelserna i Mälardalen har sett som sin uppgift att lyfta upp frågan på den politiska dagordningen. Föreliggande förstudie är tänkt att fungera som utgångspunkt för mer detaljerade studier. Vidare studier kommer att kräva expertkunskaper från en rad olika instanser samt en samordnande aktör.



Figur 1. Mälarens avrinningsområde på 22 650 km² sträcker sig från Ludvika i nordväst ner till Södertälje i sydost (Bergström, 2010).

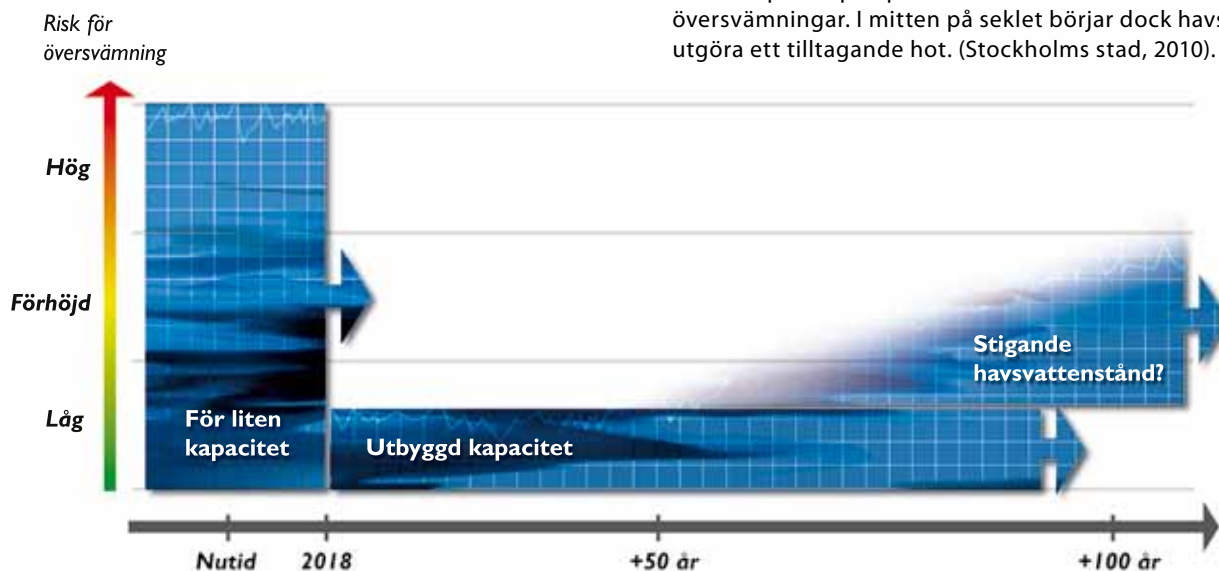
Havets kärlek till Mälaren – en blandning av sött och salt?

Tillgång till en lagom mängd vatten med god kvalitet är en unik lyx som Sverige än så länge har god tillgång till. De klimatscenarier som presenteras idag visar på en stor spännvidd, men huvuddragen är trots osäkerheter tillräckligt robusta för att ge en fingervisning om vart vi är på väg. I Mälarenregionen kommer det att bli varmare och blötare (SMHI, 2011). Den globala uppvärmningen påverkar dessutom havsnivån, som idag stiger. I Mälarenregionen pågår fortfarande landhöjningen från den senaste istiden, vilket innebär att havets höjning idag kompenseras av den snabbare landhöjningen.

Men internationella studier visar på att havets höjning beräknas accelerera och i slutet av seklet vara upp mot 1 meter globalt sett. Detta skulle, med landhöjning inräknad, innebära en höjning av havsnivån på cirka en halv-meter i Saltsjön

I Stockholms innerskärgård möts Saltsjöns bräckta vatten med Mälarens söta. Mälaren är Sveriges tredje största sjö och har reglerats sedan 1943 för att gynna jordbruk och sjöfart, minska risken för översvämningar samt förhindra saltvatteninträngning. Men risken för översvämningar är idag oacceptabelt stor och en ny avtappningskapacitet för Mälaren behövs (Stockholms Stad, 2010).

Figur 2. Risken för översvämning i Mälaren är idag oacceptabelt hög. En utbyggd avtappningskapacitet kommer på tidsperspektivet 50–100 år att minska risken för översvämningar. I mitten på seklet börjar dock havsnivån utgöra ett tilltagande hot. (Stockholms stad, 2010).



Möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren beror dels på den rent tekniska utformningen av luckorna men även på nivåskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön. När skillnaden är liten begränsas möjligheten till avtappning, och när skillnaden är noll blir utflödet från Mälaren det samma. Idag beror översvämningsrisken runt Mälaren på att möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren till Saltsjön är för liten. På 50 års sikt bedöms det vara de extremt höga tillflödena som utgör störst översvämningsrisk för Mälarenregionen, medan det på längre sikt (50–200 år) är troligt att den stigande havsnivån leder till ökande översvämningsproblem på grund av bristande möjlighet att avbörda mälarevatten (SMHI, 2010), se figur 2.

Om världshaven stiger utgör det inte bara ett problem när det gäller översvämningsrisken. Står Saltsjön högre än Mälaren kan saltvatten tränga in i det söta vattnet och orsaka problem med Mälaren som dricksvattentäkt för drygt 2 miljoner människor. I den regionala utvecklingsplanen för Stockholmsregionen (RUFSS, 2010) har man uppmärksammat problemet med ett stigande världshav:

”Det är av yttersta vikt att skilja mellan förändringar på kort sikt (till år 2030) och långsiktiga, mer dramatiska förändringar fram mot år 2100. I synnerhet måste länets vattenförsörjning genom Mälaren säkerställas. Det kan bli mycket problematiskt om havet stiger med mer än 0,7 meter, motsvarande dagens fallhöjd mellan Mälaren och Saltsjön.” (RUFSS, 2010, sida 83)

Den här förstudien lyfter upp frågan om Mälaren från slutet på seklet, med hänsyn till ett stigande hav orsakat av klimatförändringarna. Förstudien diskuterar alternativa lösningar för att förhindra saltvatteninträngning och ger exempel på hur andra städer skyddar sig mot havet.



Mälaren. Foto: Camilla Wessberg

SYFTE OCH METOD

Syftet med förstudien är att lyfta upp frågan om ett stigande hav och Mälaren som dricksvattentäkt på den politiska dagordningen. Avsikten är att föreliggande förstudie ska vara en bra utgångspunkt för kommande mer detaljerade och tekniskt djupgående studier.

Arbetsgången för förstudien kan i stora drag beskrivas i följande steg:

- belysa problembilden,
- undersöka vilka studier som finns gjorda eller är på gång och diskutera dess relevans för frågeställningen,
- titta på hur några andra städer har gjort,
- beskriva några alternativ och dess konsekvenser för att skydda Mälaren, samt
- sammanfatta frågorna och formulera förslag till en huvudstudie.

Utöver ett inledande kapitel som beskriver havsnivåhöjningen och Mälaren som dricksvattentäkt disponeras rapporten utifrån arbetsgången som beskrivs ovan. I sista kapitlet presenteras slutsatserna samt frågeställningar som bör utredas närmare i en huvudstudie.

Förstudien har tagits fram gemensamt av Länsstyrelserna kring Mälaren inom klimatanpassningsuppdraget. Arbetsgruppen har bestått av Lovisa Lagerblad i Stockholms län med handledning av Måns Enander, Västmanlands län. En referensgrupp, se referenslistan, bestående av klimatanpassningssamordnarna kring Mälaren har träffats tre gånger under projektets gång.

Under arbetets gång genomfördes även en workshop med några deltagare från Länsstyrelsen i Stockholms län (se referenslistan). Syftet med workshopen var att diskutera deltagarnas tankar och idéer kring frågeställningen.

Klimatunderlaget har varit SMHI:s analyser, bland annat *Regional klimatsammanställning – Stockholms län* (2011) och *Förslag på Mälarens framtida reglering – Slutrapport fas3* (2010). Intervjuer och diskussioner har förts fortlöpande med personer med relevant kompetens.

Rapporten har, utöver referensgruppen, ytterligare granskats av Rolf Karlsson från Länsstyrelsen Västmanland län, Bo Westergren och Christer Lännergren, Stockholm Vatten och Carin Nilsson från SMHI som har faktagranskat klimatuppgifterna.



AVGRÄNSNING

Det kommer ständigt nya forskningsresultat som ökar den vetenskapliga kunskapen om klimat- och havsnivåförändringar. Avstamp i den här förstudien är att den globala havsnivåhöjningen mellan 1990 och 2100 kan bli 1 meter (SMHI, 2011).

Rapporten beaktar inte frågor om förändrad vattenkvalitet och vattenmiljöaspekter bortsett från problematiken med saltvatteninträngning. För information om hur klimatförändringarna kan påverka dricksvattenkvaliteten, se till exempel rapporten *Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län* (Tyréns, 2011). Den nationella samordningen när det gäller dricksvatten och klimatförändringar sköts av Livsmedelsverket enligt proposition 2008/09:162.

Rapporten tar inte upp frågeställningen om vad som händer längs kusten eller hur man avseende den fysiska planeringen bör planera vid en stigande havsnivå. Däremot ingår denna aspekt i en av de alternativa lösningar som diskuteras. Ett länsstyrelsegemensamt projekt mellan Skåne, Uppsala, Västernorrland, Halland och Stockholm län tar just nu fram studien *Klimatanpassning i den fysiska planeringen*. Rapporten beräknas bli klar i september 2011. Sedan tidigare finns rapporten *Stigande havsnivå – konsekvenser för fysisk planering* utgiven av Länsstyrelserna i Skåne och Blekinge län (2008).



Foto: Marianne Berlin

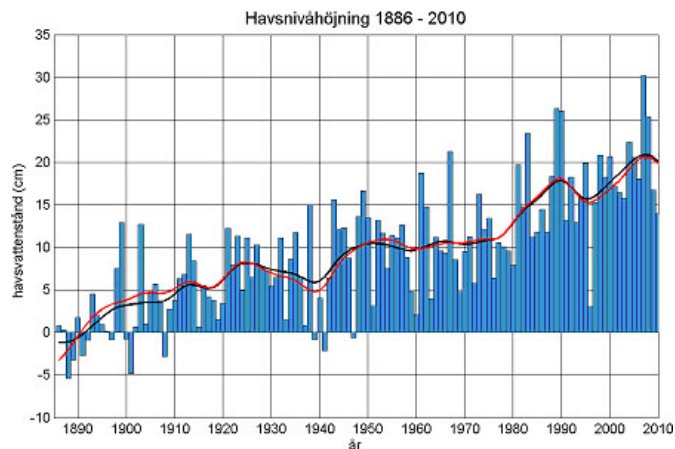
PROBLEMBILD

Stiger havet?

Ingen vet precis hur världen kommer att utveckla sig teknologiskt, befolkningsmässigt, politiskt, ekonomiskt och vilka konsekvenser detta kan innebära för klimatet. Därför är det också svårt att exakt säga hur stor havsnivåhöjningen kommer att bli. Internationella utredningar pekar på att den globala havsnivåhöjningen under perioden 1990-2100 kan bli uppåt 1 meter, se tabell 2 sid 30 (SMHI, 2011). 1 meter bedöms vara en rimlig övre gräns av SMHI och är alltså inte ett medelvärde. Den holländska Deltakommittén har angivit intervallet 2–4 meter som möjlig havsnivåhöjning till år 2200 (Deltacommissie, 2008). SMHI anser det i ett första steg rimligt att räkna med 2 meter till år 2200 (SMHI, 2011).

Under den senaste istiden, för ungefär 10 000 år sedan, var havsnivån cirka 100 meter lägre än idag eftersom vattnet då var bundet som is. Idag ökar isavsmältningen, vilket leder till att världshaven stiger. Om accelerationen av ismältningen fortsätter kommer smältande landis vara den huvudsakliga orsaken till havsnivåhöjning i slutet på detta sekel (Rignot m.fl., 2011). Utöver isarnas avsmältning är det många komplicerade processer som styr havsnivåförändringarna; termisk expansion, lufttryck och vindar, landhöjning/sänkning, salthalt och temperatur med mera.

Nettoeffekten av havsnivåhöjningen i Stockholm beräknas genom förhållandet mellan landhöjning och havets stigning. Under 1900-talet steg havet med ungefär 1,5 mm/år, se figur 4. Den absoluta landhöjningen i Stockholm beräknas vara ungefär 5,2 mm/år (52 cm/100 år) vilket gav en upplevd landhöjning på cirka 3,8 mm/år (SMHI, 2011). Havsnivåhöjningen från 1980 till idag har



Figur 4. Havsvattenståndets (årsmedelvärden) förändring korrigerade för den absoluta landhöjningen runt Sveriges kuster (baserat på 14 mätstationer) jämfört med 1886 års nivå. Stockholm följer medelvärdet för Östersjön. Den röda och svarta linjen visar gauss-filtrerade¹ årsvärden för Stockholms respektive alla stationer (Hammarklint, 2011).

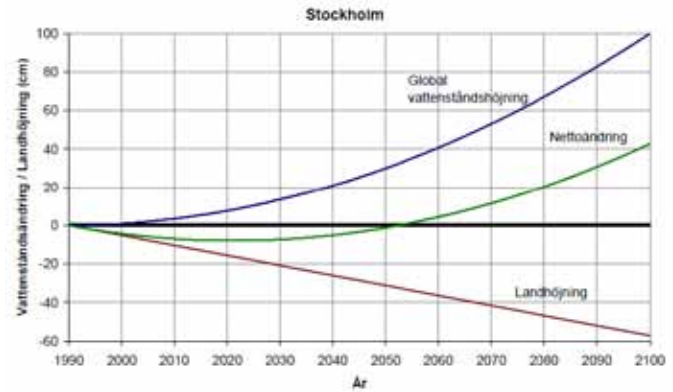
varit ungefär 3 mm/år, vilket innebär en accelererande höjning de senaste 20 åren (Hammarklint, 2011).

SMHI har bedömt att havsnivåhöjningen globalt kan bli +30 cm till år 2050, se figur 5 (SMHI, 2011). Om detta blir verklighet kommer medelvattenståndet i Saltsjön år 2050 att passera det medelvattenstånd som rådde 1990. Marginalen mellan Mälaren och Saltsjön kommer efter det att börja minska och vi har nått en vändning mellan landhöjning och havsnivåhöjning, se figur 5.

¹ Ett Gauss-filter motsvarar ungefär vanliga rullande medelvärden över 10 år. Beräkningen görs så att man lyfter fram värdena i centrum (SMHI, 2008).

En meters global höjning av vattennivån fram till år 2100 gör att marginalen till havet från Mälaren minskar till drygt 20 cm, se figur 6.

Det bör observeras att det successivt kommer nya forskningsrön om havsnivåhöjningen som kan komma att ändra dagens kunskapsbild. Den här förstudien baseras helt på SMHI:s forskning om havsnivåhöjning.



Figur 5. Illustration över förhållandet mellan havsvattenståndshöjning och landhöjning i Stockholm om havet stiger 1 meter till år 2100 och 0,3 m till år 2050. År 2050 inträffar brytpunkten då havets höjning går fortare än landhöjningen vilket för Stockholms del betyder att Saltsjön och Mälarens nivåer börjar närma sig varandra (SMHI, 2011).



Figur 6. Mälarens marginal till Saltsjön om havet stiger med 1 meter vid normalt vattenstånd.

När kan saltvattnet tränga in?

I nuläget förekommer det mycket sällan inträngning av saltvatten till Mälaren. Det största kända inbrottet (efter full reglering av Mälaren på 1960-talet) inträffade vid årsskiftet 1975-76 och gav en mycket svag effekt på råvattnet vid Norsborgs vattenverk, vilket beror på batymetri¹ (se figur 14 sid 31) mellan Slussen och intagen (Lännergren & Westergren, Stockholm Vatten, 2011).

Mälarens nivå regleras genom fyra avtappningspunkter. Tre av dem finns i Stockholm – Norrström (Riksbron och Stallkanalen), Söderström (Nils Ericssonsslussen och Karl Johanslussen) samt Hammarby Sluss. Den fjärde avtappningspunkten finns i Södertälje där regleringen sker genom Södertälje sluss samt en kulvert i närheten (Mäaren). Den mest kritiska av dessa punkter är idag Norrström, där saltvatten i praktiken kan komma in i Mälaren då havsnivån överstiger +0,54 meter i RH00. Detta är idag relativt ovanligt (Lännergren & Westergren, Stockholm Vatten, 2011).

För att inträngande saltvatten ska ställa till problem för vattenverken måste saltvattnet först nå till intagen. Mellan intagen och slussen finns så kallade djuphålur eller bassänger. Hur stor volym dessa djuphålur har påverkar hur mycket saltvatten som måste tränga in innan det når fram till vattenverkens intag. En grov uppskattning är att det rör sig om några tiotal miljoner m³ (Mm³). Ytterligare påverkande faktorer är hur Saltsjöns nivå står i förhållande till Mälaren, och om det pågår stor tillrinning till Mälaren. En framtida minskning av skillnaden i medelvattenstånd mellan Mälaren och Saltsjön innebär dock en framtida ökad risk för saltvatteninträngning i Mälaren (Lännergren & Westergren, Stockholm Vatten,

2011). Det hänger ihop med att antalet dagar per år då Saltsjön står högre än Mälaren på grund av högvatten ökar med minskad skillnad i medelvattenstånd mellan Mälaren och Saltsjön. Med dagens nivåskillnad inträffar det cirka 2 dagar/år, men ökar till 23 dagar/år om Saltsjön höjs 30 cm, och till 75 dagar per år om Saltsjön höjs med 50 cm (SMHI, 2011). Nya Slussen (kanaler, luckor och övriga konstruktioner) och den planerade större avtappningskapaciteten innebär ett relativt gott översvämningsskydd för Mälaren, även vid en global havsnivåhöjning på 1 meter, vilket motsvarar cirka en halvmeter i Saltsjön vid slutet av seklet när hänsyn är tagen till landhöjningen (Stockholms stad, 2010), se Slussenprojektet sid 28–29.

40 000 000 000

En förstudie från 2009 gjord vid Chalmers tekniska högskola har uppskattat det potentiella värdet av Mälarens eko- och sociotekniska systemtjänster samt dess värde för människans välbefinnande till 40 miljarder kronor. I dessa 40 miljarder är värdet av Mälaren som dricksvattensystem uppskattat till 2 miljarder kronor/år. Värderingsmöjligheten för olika tjänster är olika. Vissa är tydligt greppbara som till exempel yrkesmässigt fiske, medan andra är mer svårvärderade som till exempel natur- och vattenupplevelser (Morrison, 2009).

¹ Batymetri beskriver terrängens fysiska form, nivåförhållanden och lutningar under vatten, vilket är ungefär motsvarigheten till topografi på land.

Dricksvatten för 2 miljoner och 2 miljarder

Mälaren försörjer drygt 2 miljoner människor med dricksvatten (Hedenberg, Svenskt Vatten, 2011). Dricksvattenproduktionen har värderats till 2 miljarder kronor per år (Morrison, 2009). Det totala uttaget från Mälaren är ungefär 8 m³/s vilket motsvarar cirka 250 Mm³/år (Mälarens Vattenvårdsförbund, 2009)¹ vilket är jämförbart med ungefär 5 procent av Mälarens medelflöde.

Dricksvatten från Mälaren produceras av Norrvatten, Stockholm Vatten, Telge och Mälarenergi samt ett tiotal mindre producenter som till exempel vattenverken i Bålsta och Skokloster. Stockholm Vatten och Norrvatten är de största dricksvattenproducenterna.

Stockholm Vatten producerade år 2009 cirka 140 Mm³ dricksvatten som distribuerades ut från vattenverken Norsborg och Lovö till vattenledningsnätet för vidare distribution till Stockholm, Huddinge och anslutna grannkommuner, totalt cirka 1,25 miljoner brukare (Stockholm Vatten, 2009). Den långsiktiga trenden har varit att den specifika förbrukningen (liter/person/dygn) har minskat medan den totala produktionen har ökat. Minskningen kan delvis förklaras i ett mer resurseffektivt vattennyttjande, medan den totala produktionens ökning delvis beror på befolkningstillväxten.

Utöver Stockholm Vatten producerade Telge år 2009 cirka 10,5 Mm³ dricksvatten, Mälarenergi cirka 14,6 Mm³, Norrvatten 43,4 Mm³, se tabell 1. Totalt ger detta en årsproduktion på cirka 208,5 Mm³. Stockholm Vatten har cirka 20 procent ej debiterat vatten, alltså skillnaden mellan vad som produceras och man tar betalt för. Förlusten beror bland annat på utläckage, odebiterad för-

brukning och egen användning (Lännergren, Stockholm Vatten, 2011).

I RUFSS 2010 är befolkningstillväxten i Stockholms län beräknad att öka från cirka 2 miljoner till cirka 2,4 miljoner människor till år 2030 (2 312 000 – 2 495 000 beroende på låg eller hög befolkningsökning). I hela östra Mellansverige inklusive Stockholms län bedöms tillväxten vara runt 570 000 personer till år 2030 (RUFSS, 2010). Det pekar på att behovet av dricksvatten kring Mälaren kommer att öka och att framgent kunna säkerställa Mälaren som dricksvattentäkt har därför mycket hög prioritet.

Tabell 1. Sammanställning av brukare och total vattenproduktion från Mälaren år 2009. Exkluderat de mindre vattenproducenterna.

Större vattenproducent Mälaren	Brukare cirka (p/år) (2009)	Total vattenproduktion (Mm ³ /år) (2009)	Källa
Norrvatten	520 000	43,4	Årsredovisning 2009 ¹
Stockholm Vatten	1 240 000	140	Stockholm Vatten, hemsida ²
Mälarenergi	100 000	14,6	Hemsida ³
Telge	80 000	10,5	Telge, Dan Godman, 2011-02-18
Totalt:	1 940 000	208,5	

1. http://www.norrvatten.se/PageFiles/491/norrvatten_2009_www%5b1%5d.pdf

2. www.stockholm.vatten.se/sv/om-oss/broschyrer-rapporter-och-filmer/

3. <http://www.malarenergi.se/sv/om-malarenergi/anlaggningar/vattenverket/>

¹ Baserat på att Mälaren utgör dricksvattentäkt för 1,5 miljoner människor fördelat på 8 större intag för kommunal vattenförsörjning och ett 20-tal mindre anläggningar (Mälarens Vattenvårdsförbund, 2009).

Skyddande barriär

- exempel från andra städer

S:T PETERSBURG

S:t Petersburg är till stor del byggt på gammal träskmark endast några meter över havsytan. Staden ligger i utloppet av Nevafloden som rinner ut i den Finska viken.

År 1999 upplevde S:t Petersburg en av de värsta översvämningarna på många år. Nevafloden steg till +2,71 meter (i höjdsystemet Baltic Chart Datum BCD, med en normal nivå på +0,0 meter BCD). Kostnaden för skadorna, utan mänskliga eller kulturella skador inräknade, beräknades till £14 miljoner. En framtida översvämning på +3 meter beräknas översvämma 94 km² av staden och orsaka skador för hundratals miljoner.

Orsaken till dessa översvämningar är stormfloder som pressat upp havsvattennivån högt över det normala, ofta i kombination med lågtryck, vilket gör att floden svämmar över sina bräddar. Under de senaste 30 åren har översvämningarna återkommit ungefär vartannat år (Halcrow, 2010).

Kopplingen till klimatförändringar och konsekvenser av detta, till exempel högre vattennivåer i Östersjön, görs än så länge inte på S:t Petersburgs myndigheter enligt Natalia Kislyakova (Natalia Kislyakova, Consulate General of Sweden in Saint Petersburg, 2011).

För att skydda staden mot översvämningar har en 25,4 kilometer lång stormflodsbarriär konstruerats. Barriären ska skydda staden från översvämningar från stormfloder med en återkomsttid på 1000 år¹. Barriären manövreras med en av världens största hydrauliska konstruktion och

stängs vid behov. För sjöfart finns två navigationskanaler, varav den ena är 200 meter bred. På barriären går en sexfilig motorväg som är en del av ringleden kring S:t Petersburg, se figur 8 (Halcrow, 2010).

Arbetet med barriären påbörjades redan år 1979. År 1987 avbröt man dock arbetet på av ekonomiska skäl och för att man inte visste hur stor den negativa miljöpåverkan på Nevabukten skulle bli. En internationell utredning tillsattes och den visade 1990 på att den negativa påverkan från en färdig barriär inte skulle bli så stor och projektet uppmanades att fortsätta. Enligt Aleksandr Viktorovitj Polozov, chef för avdelningen för myndighetskontakter på Styrelsen för skyddsanläggningar, är det dock fortfarande oklart hur byggandet påverkar den ekologiska situationen i området. Vidare belyser han vikten av att vatten byts fritt mellan Neva och Östersjön.

År 2002 finansierade European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) en lämplighetsstudie, vilket senare resulterade i ett lån på \$240 miljoner till den Ryska regeringen. Även European Investment Bank (Luxemburg) och Nordic Investment Bank (Helsinki) har lånat ut pengar till bygget (Waterland) som i slutändan finansieras på federal nivå, det vill säga pengarna kommer från Moskva. Mer än 40 organisationer har hittills deltagit i byggandet och just nu är det den statliga organisationen Styrelsen för skyddsanläggningar som bär huvud-ansvaret för anläggningen.

Barriären beräknas vara klar 2011 till en kostnad av £4,5 miljarder och beräknas skydda S:t Petersburg från översvämningar under 200 till 500 år (Halcrow, 2010).

¹ Den samlade sannolikheten för att ett 1000-års flöde inträffar under 100 år är 10 procent.

Effekten av barriären och dammen i Finska viken på det lokala klimatet i området är fortfarande oklart enligt forskarna. Enligt Polozov har det skett eller kommer att ske vissa positiva saker sett ur miljösynpunkt under de senaste eller kommande åren. Bland annat har nya områden med stillastående vatten skapats längs Finska vikens stränder. Dessa områden har lockat till sig nya arter.

Ringleden förväntas minska trafikbelastningen inne i staden och på så sätt förbättra miljön och klimatet där. Dessutom är den regelbundna miljöövervakningen systematiserad i samarbete med European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), vilket gör att miljöeffekterna nu kan mätas och följas av flera internationella organisationer (Viktorovitj Polozov, 2011).

Den vetenskapliga grunden bakom dessa påståenden har inte granskats närmare i denna förstudie.

Figur 8. Flygbild över S:t Petersburg översvämningsbarriär.
<http://www.halcrow.com/Our-projects/Project-details/St-Petersburg-Flood-Barrier-Russia/> © Halcrow 2010



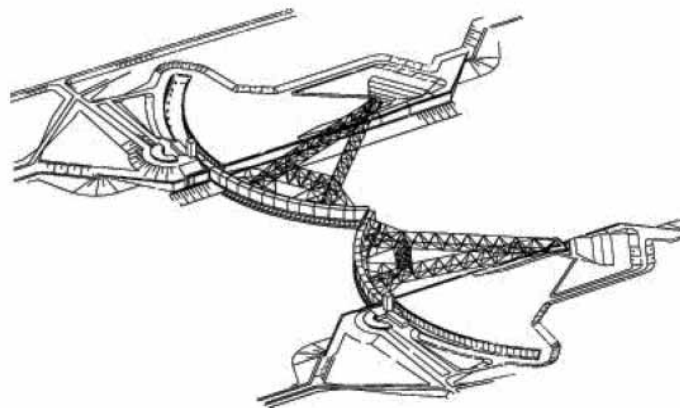
ROTTERDAM

Miljonstaden Rotterdam, vid utloppet av floden Maas, är den lägst belägna deltastaden i Europa. För att skydda sig mot översvämningar är staden idag skyddad med ett nätverk av fördämningar och dyner samt den stora Maeslantbarriären (Maeslantkering). Det mesta av översvämningsskyddet runt Rotterdam är konstruerat för att kunna klara en översvämning med en återkomsttid på 10 000 år. Medelhöjden på skydden runt Rotterdams kust är 10 meter höga. Man har då räknat med att en storm kan pressa upp vattnet 4 meter plus effekten av vågor (Keringhuis, 2011). Keringhuis är ett samarbete mellan Rijkswaterstaat, Province of Zuid-Holland och Delfland Water Board.

I staden har man uppmärksammat att klimatförändringarna kommer att innebära nya utmaningar. De holländska forskarna tror att den relativa havsnivåhöjningen år 2100 kan bli mellan 65–130 cm jämfört med 1990 års nivåer. Man har då räknat med en landsänkning på 10 cm längs kusten, och att den globala medeltemperaturen stiger med 6°C (Deltacommissie, 2008). Dessutom räknar man med att frekvensen av översvämningar kommer att bli tätare. Rotterdam har därför byggt upp en anpassningsstrategi, där ett av fem fokusområden är just vattensäkerhet. För att minimera risken för att en katastrof inträffar har det på regional nivå bedömts att säkerhetsnivån på stormflodsbarriärerna måste förbättras. På stadsnivå har behovet av att förbättra säkerhetsnivån på fördämningarna identifierats. (City of Rotterdam, 2010)

Rotterdam har en av världens största hamnar, och en barriär lik den i Themsen skulle inte fungera eftersom den skulle blockera för sjöfarten. Maeslantbarriären som tog sex år att bygga (1991–1997) består istället av två flytande slussportar som vid behov fälls ut, se figur 9. Enligt

beräkningar behöver barriären under dagens förhållanden stängas en gång vart tionde år, vilket är när havsvattenståndet beräknas bli högre än 3 meter över NAP (Normaal Amsterdams Peil). Sedan den byggdes har detta hänt en gång (om man bortser från testkörningar), nämligen vid den stora stormen i Nordsjön 2007. Det tog då en halvtimme för de två portarna att stängas över den 360 meter breda kanalen (BBC, 2007). Med en höjd havsvattennivå kommer barriären att behöva stängas oftare, kanske med en frekvens på vart femte år om femtio år (Keringhuis, 2011).



Figur 9. Maeslantbarriären skyddar Rotterdam från stormfloder.

LONDON

I London arbetar bland annat Storbritanniens naturvårdsverk, Environment Agency UK, på en långsiktig plan för Thamesestuariat, ett projekt med namn TE2100. Den barriär man har idag, Thames Barrier, blev färdig 1982-1983, med en beräknad livslängd på cirka 50 år. Anledningen till att man kom igång med att bygga barriären var den allvarliga översvämningen som drabbade Europa 1953. Barriären tog cirka 30 år att bygga och har hittills stängts ungefär 117 gånger. Barriären är konstruerad för att skydda främst mot stormfloder.

Ett av syftena med projektet TE2100 är att ta fram en plan som visar hur översvämningssrisker kan hanteras i Thamesestuariat detta århundrade med följande utgångspunkter – ett förändrat klimat, ett förändrat estuarie och ett åldrande översvämningsskydd.

I planen har man identifierat ett antal faktorer som med olika grad av osäkerhet påverkar hur stor översvämningssrisken kan bli; vågor, flodens flöde, havsnivåhöjning, stormfloder och sannolikheten att flera av dessa företeelser inträffar samtidigt (Reeder, 2010).

Så här långt har TE2100 projektet gjort en del upptäckter, nedan presenteras ett urval av dem (Environment Agency UK, 2010):

- Man kommer troligtvis inte att se några större förändringar i det system som finns idag förrän efter år 2070 även om man från omkring år 2030 kommer att behöva investera mer i att uppgradera det aktuella systemet.

- Stormfloders höjd och återkomsttid i Nordsjön påverkas mindre av klimatförändringar än man tidigare trott.
- Det finns i dagsläget inte behov av en yttre flodmynningsfördämning. Det värsta scenariot anger en havsnivåhöjning till slutet av seklet på 2,7 meter, med det anses mycket osannolikt.
- Fysisk planering och beredskap kommer att spela en allt större roll för att minska riskerna i samband med exploatering och skydd av flodslätterna.

PLANER PÅ SKYDDANDE BARRIÄRER

Köpenhamn

I Köpenhamns kommuns klimatanpassningsplan har man gett förslag på hur man skulle kunna skydda staden mot ett stigande hav, se figur 10. I Norra hamnen, Nordhavnen, kan en barriär byggas med dammluckor som vid risk för högvatten stängs. I söder, söder om Kalveboderne, skulle en skyddsanläggning med slussluckor kunna uppföras (Københavns kommune, 2011).

I Köpenhamns kommuns klimatanpassningsplan presenteras en projektöversikt. Under rubriken Havvand (havsvatten) finns projektet Opmåling af kystlinien (fritt översatt till Mätning av strandlinjen) som ett delprojekt åren 2011-2012 vilket är nödvändigt för att kunna identifiera i vilka områden det finns behov av ytterligare kustskydd. Under år 2011 är även Val av metod för att säkra staden mot stormfloder från havet ett prioriterat projekt i kommunen (Københavns kommune, 2011).



Figur 10. Övre: två förslag till en barriär mot Öresund vid Nordhamnen. Nedre: förslag till upprättande av skydd söder om Kalveboderne (Københavns kommune, 2011).

Göteborg

Om havet närmar sig nivåer på 2,5 meter över dagens normalvattennivå kan det i Göteborg bli aktuellt med öppningsbara barriärer likt dem i S:t Petersburg, London eller Rotterdam. För situationen i Göteborg krävs två stycken barriärer, en vid förgreningen Göta – Nordre Älv samt en utanför Älvsborgsbron. Den utanför Älvsborgsbron måste placeras så pass långt ut att bassängen klarar av att magasinera vatten från de tre åarna (Lärjeån, Säveån och Mölndalsån) vid stängt läge (Göteborgs stad, 2009).

Även ett förslag med en icke öppningsbar barriär vid Älvsborgsbron har diskuterats. Några negativa konsekvenser man identifierat vid ett sådant projekt är (Göteborgs stad, 2009):

- stor energiåtgång för att pumpa ut vatten från de tre åarna,
- sårbart, om något havererar innebär det stora konsekvenser för Göteborg stad,
- natura 2000 intressena i Nordre Älv spolieras,
- sjöfarten till och från Väneren får en längre väg,
- råvattenintaget skulle behöva flyttas,
- saltvattenspärren i Nordre Älv skrotas,
- stillastående vatten i staden kan orsaka luktproblem,
- stora konsekvenser för Kungälv.

För närvarande bedömer man att framtida höga vattenstånd kan klaras av genom till exempel höjningar längs älvkanten och pumpar som i extremlägen pumpar ut å-

eller dagvatten. Göteborgs stad har bett Chalmers tekniska högskola att utreda frågan om barriär närmare i examensarbeten och doktorsavhandlingar (Göteborgs stad, 2009).

Mälaren om havet stiger över en meter - exempel på alternativ och lösningar

Den här förstudien har identifierat tre möjliga vägval för att anpassa Mälaren mot ett stigande hav avseende dricksvattenfrågan:

- Nollalternativet, en havsvik som kräver alternativ dricksvattentäkt
- Höja Mälaren i samma takt som havet
- Bygga barriärer och vallar i skärgården

Alla alternativen utgår från att nya Slussen, avtappningskapaciteten och regleringen är genomförda.

NOLLALTERNATIVET

I nuläget förekommer det mycket sällan inträngning av saltvatten i Mälaren. Den måttliga inträngning som förekommer, med dagens reglering, kan inte heller påverka råvattnet vid intagen till vattenverken på grund av bottenpografin mellan Slussen och vattenintagen. En framtida höjning av Saltsjöns nivå i snabbare takt än landhöjningen (i Stockholm +0,52 m/100 år) kan givetvis påverka råvattnet till vattenverken (Lännergren & Westergren, Stockholm Vatten, 2011). Med ett varmare klimat under sommaren, som innebär ökad avdunstning, finns risk för en sänkning av Mälarens lägsta vattennivå med ytterligare påverkan på råvattnets kvalitet.

De alternativa vattentäkter till Mälaren som oftast diskuteras är Dalälven eller Vättern. Det skulle i prakti-

ken innebära att en cirka 15–20 mil lång tunnel plus ledningar till vattenverken behöver byggas. En sådan tunnel innebär en stor risk och sårbarhet ur ett samhällsperspektiv. Dessutom påverkas troligtvis vattenkvaliteten av transporten i ledningarna. Med en så pass stor sårbarhet måste nya reservvattentäkter planeras genom till exempel anläggande av större råvattenreservoarer/sjöar tillsammans med säkring av befintliga vattentäkter.

Gamla utsläpp från gruvor och industrier till Dalälven kan innebära att sedimenten innehåller tungmetaller och andra skadliga ämnen (Tyréns, 2011), och en sämre vattenkvalitet kräver dyrare rening. Förutom okända problem när det gäller tillgång till råvatten och dess kvalitet skulle investeringskostnaden för byte av vattentäkt mycket grovt uppskattat uppgå till minst cirka 15–20 000 miljoner kronor (Stockholm Vatten, 2007). Mängden dricksvatten som tas från Mälaren är idag cirka 210 Mm³/år.

För att kunna bedöma mer exakt när – vilken havsnivå och vid vilken varaktighet – hur länge högvatten råder – som saltvatteninträngning utgör ett hot mot Mälaren som vattentäkt krävs detaljerade studier. Den nya Slussen, med tätare luckor, ökad avtappningskapacitet och ändrad reglering, beräknas i känslighetsanalyser klara en global havsnivåhöjning på 1 meter (Stockholm stad, 2010).

Grundvatten är även en viktig resurs som påverkas av Mälaren och Saltsjöns nivåer. Vid Mälarens kajer runt Slussen strömmar inte grundvattnet från land mot ytvattnet som är det normala, utan från ytvattenområdet

in mot land (Stockholms Stad, 2010). Hur grundvattnets kvalitet och kvantitet påverkas av en höjd havsnivå är intressant inte bara för områdena kring Stockholm utan längs hela kusten.

Förutom att dricksvattenfrågan blir en knäckfråga kommer Mälaren med stora saltvatteninträngningar att övergå till att bli ett estuarieområde. En förhöjd salthalt påverkar både natur- och vattenmiljön, men även areella näringar och friluftsliv skulle påverkas. En förhöjd nivå av Mälaren påverkar även bebyggelse och infrastruktur och ökar risken för översvämningar. Åtgärder för att skydda lågt liggande områden, till exempel i form av vallar, skulle troligtvis behöva bli mycket omfattande.

Det bör påpekas att frågan om hur snabbt havsnivån stiger i framtiden finns det idag fortfarande stor osäkerhet kring. SMHI har angett en rimlig övre gräns för höjning av havet globalt med 0,3 m år 1990 till år 2050 och med 1,0 m år 1990 till år 2100 (SMHI, 2011).

HÖJA MÄLAREN I TAKT MED HAVET

I RUFSS (2010) presenteras alternativet att höja Mälaren i takt med havet för att förhindra saltvatteninträngning. Liknande resonemang förs i Regionplane- och trafikkontorets rapport "Klimatförändringar – dags att anpassa sig?" (2009).

En höjning av Mälarens medelvattnenivå i takt med Saltsjöns höjning leder till ökad risk för översvämningar inom Mälarenregionen. I delbetänkandet till Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2006:94) diskuteras invallning som en möjlig åtgärd för skydd mot Mälaren vid översvämning. Bostäder, industrifastigheter, vägar, järnvägar med mera skulle behöva säkras upp. Enbart

kostnaden för att valla in bostäder kring Mälaren beräknades mycket grovt till 600-750 miljoner kronor (SOU 2006:94) och enligt Vägverket skulle kostnaden för att höja vägarna utanför tätorterna uppgå till 400 miljoner (Stockholms stad, 2010). Strandområden kring Mälaren som redan idag är ihoptryckta skulle få ännu mindre utrymme. Begränsningar, i form av bland annat bebyggelse, gör det svårt för de naturliga strandhabitaten att förflytta sig vertikalt.

I det pågående Mälarpdraget som MSB ansvarar för, se sid 26, beskrivs vilka konsekvenser översvämningar upp till +2,25 meter över Mälarens medelvattnenivå skulle få för samhällsviktig verksamhet (med samhällsviktig verksamhet avses bland annat dricksvattenförsörjning, elförsörjning och kommunikationer). Därtill kommer konsekvenser för jordbruket, utlakning av förorenade områden, naturmiljön med mera. Kostnaden för att säkra dessa områden med hjälp av vallar och andra tekniska lösningar skulle troligtvis bli mycket stor. En höjning av Mälaren för att förhindra saltvatteninträngning kräver även att dammkrönen höjs och förstärks. Vid byggnation av den nya Slussen kommer tätning och höjning av luckor att ske vid Söderström.

Ytterligare en svår fråga att besvara är hur planeringen kring Mälaren framgent ska se ut. Den nya regleringen minskar risken för översvämningar, vilket gynnar strandnära bebyggelse. Blir det däremot så att Mälaren måste höjas och ny bebyggelse tillkommit och planlagts lägre än dagens rekommendationer, ökar kostnaderna för eventuell invallning ytterligare. Ett alternativ skulle också vara att flytta bebyggelse från strandlinjen, vilket även det skulle innebära stora kostnader.

DÄMMANDE ANLÄGGNINGAR

De stora inloppen till Stockholm är begränsade i antal. För färjetrafik och större fartyg finns egentligen bara Oxdjupet och Kodjupet att tillgå. Oxdjupet var på Gustav Vasas tid en militärstrategiskt viktig punkt. Han beordrade 1549 att djupet skulle fyllas upp med sten så att all trafik tvingades ta vägen förbi Vaxholm och Kodjupet (idag Vaxholmsleden), som då var starkt befäst (Stockholms Hamnar, 2011). Oxdjupet rensades på 1800-talet upp och idag passerar här de flesta fartyg som angör hamnarna i Stockholm (Trafikverket, 2010).

Att skydda Mälaren via dämmande barriärer i skärgården är en möjlighet som bör utredas. Barriärer kan antingen vara öppningsbara eller ej öppningsbara, vilket ger olika konsekvenser. Nedan presenteras kort tre alternativ till dämning. Alternativen är naturligtvis inte fullständigt beskrivna.

Alternativ 1: En sluss byggs vid Oxdjupet. Vidare behövs då även fördämningar i Skurusundet och sunden runt Vaxön vid Oxdjupet, se figur 11.

Detta förslag skulle således skydda allt inom dämningen. Slussen vid Oxdjupet kräver dock att Mälarens vatten pumpas ut i havet vid någon eller några av fördämningarna om barriären är en icke öppningsbar barriär.

Förslaget skulle skapa en ny sjö med sött eller möjligen svagt bräckt vatten i innerskärgården. En nivåskillnad mellan Mälaren och den nya dammen skulle kunna regleras av de slussar som finns i Slussen (Norrström och Söderström), Södertälje och Hammarby.

Fördämningen skulle även kunna ligga vid andra platser än sunden vid Vaxholm. Läger man den närmare Stockholm krymper området som man kan skydda, och lägger man den längre ut blir kostnaden troligtvis högre.



Figur 11. Ortofoto med bebyggelse i lila över Stockholm och innerskärgården. Det mörkare blågröna visar Saltsjön och det ljusare blå på Mälaren. Strategiskt viktiga platser från förslag 1 och 2 är utmärkta med namn. Ortofoto och Markdata Terrängkartan från Lantmäteriet, vattenförekomster från SMHI.

Alternativ 2: En fördämning och sluss byggs i Fällström samt att Kolström blockeras i höjd med bron mellan Värmdö och Ingarö. Därigenom förhindrar man bebyggelse runt Baggensfjärden från att påverkas av den stigande havsytan. I norr en sluss vid Oxdjupet likt alternativ 1.

Alternativ 3: En damm förbinder Södra Ljusterö med Värmdö vid Grinda och Viggssö, se figur 12. En fördämning byggs även mellan fastlandet och Norra Ljusterö. I söder byggs en fördämning antingen vid Skurusundet eller vid Kolström och Fällström, se figur 11.



Figur 12. Ortofoto med bebyggelse i lila över norra Värmdö och Södra Ljusterö. Skala 1:100 000. Några strategiskt viktiga platser från förslag 3 är utmärkt med namn. Ortofoto och Markdata Terrängkartan från Lantmäteriet, vattenförekomster från SMHI.

I samtliga förslag är slussen i Södertälje kanal en direkt förbindelse mellan Mälaren och Saltsjön. Där måste man således säkra att saltvatten inte kan tränga in, till exempel genom en extra sluss vid Linanäs som då fungerar som en buffertzon.

En barriär, sluss eller fördämning skapar nya ekologiska förutsättningar. Stormflodsbarriären utanför S:t Petersburg är just nu mycket intressant för forskarna eftersom man med antropogen påverkan förändrar ett stort deltaområde. För Stockholms innerskärgård, som idag används som utsläppspunkt för renat avloppsvatten, finns det anledning att tro att problem skulle uppstå om detta vatten blev stillastående en längre tid. Motsatt problem uppkommer då det är stor tillrinning till Mälaren, vid till exempel vårflod, eller i framtiden hög vintertillrinning, då vattnet i den nya "Stockholmsjön" kommer att behöva

pumpas ut. Maximal avtappningskapacitet vid nya Slussen är beräknad till 2000 m³/s. Att pumpa ut detta vatten skulle kräva en enorm energiförbrukning. Dessutom återstår frågan om var vattnet skulle släppas ut.

Huvudsyftet i samtliga alternativ är att hantera havsnivåhöjningen och inträngningen av saltvatten i Mälaren. I förslaget Dämmande alternativ uppnås även effekten, i olika omfattning beroende på förslag, att skydda mark, bebyggelse och infrastruktur inom det dämnda området, samt runt hela Mälaren, mot höjda globala havsnivåer.

En barriär innebär även att all sjöfart in mot Stockholm och Mälaren måste passera en slusspunkt. I Rotterdam, som har en av världens största hamnar, valde man att inte bygga en barriär likt den i Themsen då man bland annat inte ville blockera för sjöfarten.

Angränsande studier och uppdrag

Ett antal både stora och små studier och regeringsuppdrag kopplade till Mälaren, översvämning och vattenförsörjning pågår och är klara. För att inte riskera dubbelarbete och samtidigt få en överblick över vad som är på gång presenteras här ett antal. Det finns fler projekt som har relevans till frågan. Dessa är de som identifierats som viktigast för denna förstudies frågeställning.

REGERINGSUPPDRAG

Mälarpuppdraget

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har fått i uppdrag av regeringen att analysera och bedöma vilka konsekvenser en översvämning av Mälaren medför för olika viktiga samhällssektorer (Fö2010/560/SSK). Uppdraget fanns med i Klimat- och energipropositionen (prop. 2008/09:162).

Uppdraget handlar om att kartlägga konsekvenser på samhällsviktig verksamhet vid en översvämning i Mälaren. I begreppet samhällsviktig verksamhet ingår till exempel energiförsörjning, transporter och dricksvattenförsörjning. Konsekvensanalysen innefattar en beskrivning och sammanställning av vid vilka vattennivåer i Mälaren som olika konsekvenser kan inträffa.

Tillsammans med respektive ansvarige för den samhällsviktiga verksamheten kommer de vattenstånd i Mälaren definieras då konsekvenser bedöms uppstå. Utifrån brister eller oklarheter i hanteringsförmågan kommer en bedömning av konsekvenser för verksamheten att göras med hjälp av en femgradig skala:

- Mycket begränsad: verksamheten fungerar som vanligt.
- Begränsad: verksamheten fungerar i stor utsträckning som vanligt med vissa undantag. Det som anses skyddsvärt påverkas inte eller mycket lite.
- Allvarlig: verksamheten fungerar delvis men det som är skyddsvärt påverkas uppenbart och omprioriteringar måste göras.
- Mycket allvarlig: verksamheten fungerar hjälpligt eller inte alls och det som är skyddsvärt påverkas betydligt. Stora omprioriteringar måste göras.
- Katastrofal: verksamheten fungerar inte.

Översvämningsskarteringen ska baseras på den av Lantmäteriet nya nationella höjdmodellen som är under framtagande (ej färdig). Det kommer att tas fram översvämningsskikt för vattennivåer var 10:e centimeter från +0,85 till +3,10 i RH2000. Värdet +0,85 motsvarar Mälarens medelvattenstånd och +3,10 då vattnet börjar rinna över marker, in i tunnlar och över dammkrön.

GIS-analyser av de olika översvämningsskikten kommer att tas fram för ett antal olika nyckeltal till exempel beräkning av hur stora arealer av olika markslag som befinner sig inom området, hur många människor som finns mantalsskrivna, hur många kilometer väg som står under vatten och så vidare.

Slutredovisning till regeringen ska enligt uppdraget ske den 30 september 2011, men MSB har hemställt om förlängd utredningstid till 29 februari 2012 på grund av den försenade nya höjddatamodellen från Lantmäteriet. (Susanne Edsgård MSB, februari och mars 2011).

Översvämningshot mot trafik- och försörjnings-tunnlar

Regeringen har gett Länsstyrelsen i Stockholms län i uppdrag att kartlägga riskerna för översvämningshot på centrala funktioner i systemet med trafik- och försörjnings-tunnlar under Stockholm (Fö2010/559/SSK). Uppdraget fanns med i Klimat- och energipropositionen (prop. 2008/09:162). Under Stockholm har i uppdraget tolkats som tunnlar i Stockholms län. Uppdraget redovisades i slutet på juni 2011 och genomfördes med stöd av konsultbolaget Tyréns AB.

Underlagsmaterial till projektet är framtaget av bland annat SMHI genom promemorian *Regional klimatsammanställning för Stockholms län – Översvämningshot i ett vidare perspektiv* (SMHI, 2010). I promemorian presenteras bland annat klimatpåverkad nederbörd och flödessituation i ett framtida klimat.

I uppdraget diskuteras översvämningshot av Mälaren, havet, nederbörd, vattendrag och grundvatten liksom åtgärder. Rapporten är inte offentlig i alla delar på grund av känsligt och därför sekretessbelagt innehåll.



Figur 13. Rapport 2011:24 *Kartläggning av riskerna för översvämningshot i tunnelsystemen i Stockholms län*, från Länsstyrelsen i Stockholms län 2011.

Ansvarsfördelning och finansiering av åtgärder för en ny reglering av Mälaren

Ingemar Skogö, landshövding i Västmanlands län, fick den 17 september 2010 Regeringens uppdrag att biträda Förvarsdepartementet i arbetet med att underlätta för en effektiv process för samråd och klarläggande av frågor rörande ansvarsfördelning och finansiering av åtgärder för en ny reglering av Mälaren. Syftet med den nya regleringen är bland annat att reducera risken för översvämningshot vid höga vattennivåer och minska risken för saltvatteninträngning från havet vid låga vattennivåer i Mälaren.

Uppdraget innebär, med vissa avgränsningar, att lämna förslag till:

- en högsta nivå på Mälaren som innebär en acceptabel risk,
- vilka åtgärder som är de mest kostnads- och miljömässigt effektiva för att inte överstiga denna nivå och samtidigt förhindra en saltvatteninträngning i Mälaren från Östersjön samt
- finansiering av de föreslagna åtgärderna.

Den tidsmässiga avgränsningen i uppdraget är 100 år. Det är samma tidsperspektiv och livslängd som gäller för Slussenanläggningen i Stockholm och den tid anläggningen bedöms ha tillräcklig avtappningskapacitet. De nya krav på Slussen i Stockholm som kan komma att krävas om havet stiger en meter eller mer blir således inte aktuella förrän en ny ombyggnation av anläggningen behövs (Rolf Karlsson, Förvarsdepartementet, mars 2011). I samhällsekonomiska kalkyler för infrastrukturinvesteringar räknar man på en avskrivningstid på 40 år. I tids-

perspektivet 100 år bör kostnaderna för de nu föreslagna åtgärderna ha avskrivits med god marginal (Rolf Karlsson, Försvarsdepartementet, mars 2011).

Inom uppdraget har man utvecklat en fördelningsmodell utifrån ett antal fördelningsprinciper och fördelningsfaktorer. De kostnader som ska fördelas är de kostnader som kommer från en ökning av avtappningskapaciteten.

En slutredovisning av uppdraget ska göras senast 1 november 2011.

TEKNISKA STUDIER, ÖVERSVÄMNING OCH DRICKSVATTEN

Slussenprojektet

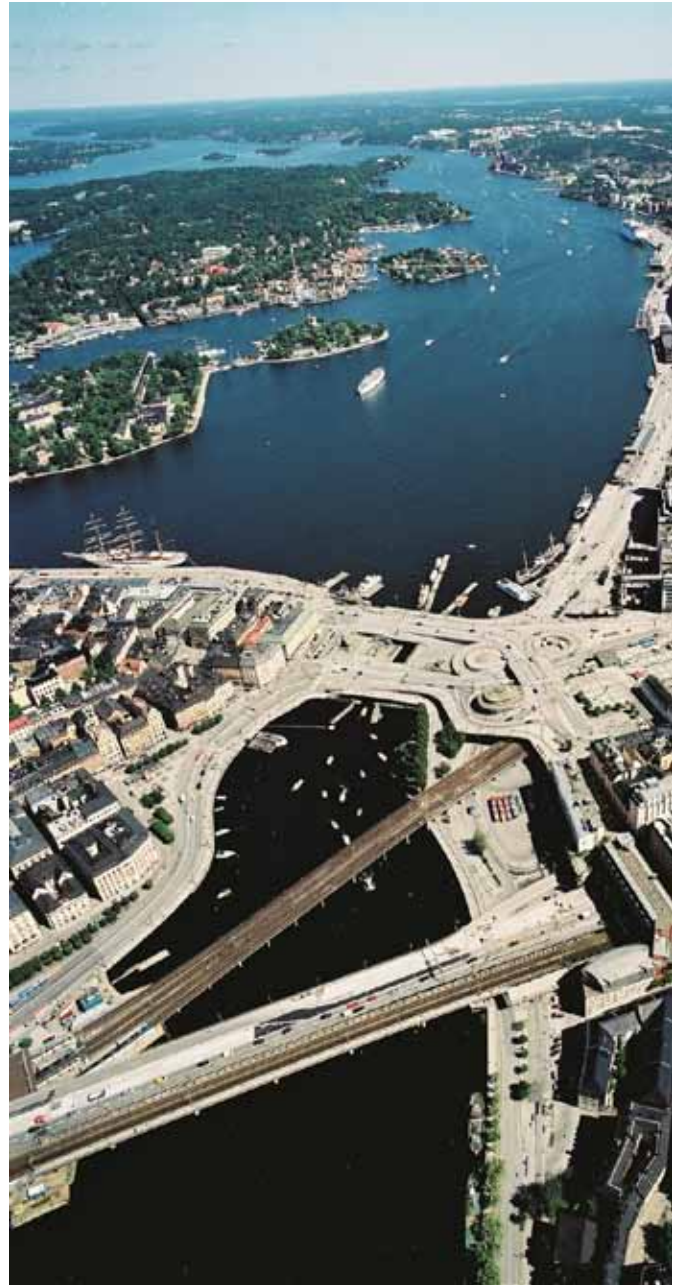
Stockholm stad bedriver, genom Slussenprojektet, ett arbete med att öka Mälarens avtappningskapacitet och ta fram en ny reglering för Mälaren. Arbetet inleddes 2007 och tog vid där Klimat- och sårbarhetsutredningen avslutade sitt arbete om Mälaren. Arbetet genomförs med stöd av bland andra SMHI, Structor, SWECO, Tyréns, Calluna, WSP, Norconsult, Statens Maritima Museer, Jordbruksverkets vattenenhet, DHI och SSPA.

Stockholms stad skapade 2007 en referensgrupp för arbetet med regleringen där bland andra Sjöfartsverket, Stockholm Vatten, Norrvatten, LRF, Länsstyrelserna runt Mälardalen, Vattenmyndigheten, WWF och SNF ingår. Samråd enligt miljöbalken har hållits 2007 och 2010 med berörda parter i Mälardalen samt med statliga myndigheter, verk och organisationer. Ett slutligt förslag på ny reglering av Mälaren finns framme som visar vattenstånd under normala förhållanden och vid extrema tillfällen med hög tillrinning av vatten till sjön. Stockholms stad gör konsekvensanalyser för bebyggelse, infrastruktur, dricksvatten och övriga samhällsviktiga funktioner samt sjöfart, jordbruk, skogsbruk, naturmiljö, kulturmiljö med mera. Både förslaget på ny reglering och dagens reglering konsekvensanalyseras. De slutliga konsekvensanalyserna kommer till stor del att baseras på Lantmäteriets nya nationella höjdmmodell som är under framtagande, kompletterat med bland annat inmätningar i fält till exempel av låglänta strandängsområden och svämlövskog.

Slussen, en viktig trafikanläggning och knutpunkt i centrala Stockholm, är i dåligt skick. Slussen har byggts om ungefär vart hundra år och då anpassats till Stock-

holms utveckling och de funktioner som behövt lösas på platsen. Stockholms stad har fattat beslut att Slussen ska byggas om och anpassas till vår tids behov för tre viktiga funktioner på platsen; trafik, stadsliv och vatten. Översvämningsriskerna i Stockholm och runt Mälaren är idag oacceptabelt stora. Riskerna beror på att det idag inte går att tappa ut tillräckligt mycket vatten från Mälaren till havet när det rinner mycket vatten till sjön. Nya Slussen innebär att Mälarens avtappningskapacitet mer än fördubblas från dagens cirka 800 till cirka 2000 kubikmeter per sekund. De nya avtappningskanalerna i Slussenområdet med möjlighet att tappa ut mer vatten från Mälaren till Saltsjön är en förutsättning för den nya regleringen av Mälaren. Syftet med den nya regleringen är att minska översvämningsriskerna runt Mälaren, minska risken för låga vattenstånd i Mälaren och förhindra saltvatteninträning. Vattenfunktionen i nya Slussen tryggar dricksvattnet för 2 miljoner människor och minskar översvämningsriskerna för bebyggelse, infrastruktur med mera runt Mälaren. SMHI bedömer att Mälarens avtappningskapacitet måste ökas och byggas ut omgående, oavsett om klimatet ändras eller inte. Den nya avtappningskapaciteten och regleringen för Mälaren ger en god säkerhetsnivå enligt SMHI. Den skapar också bättre förutsättningar att klara av framtida klimatförändringar i form av högre temperatur i Mälardalen och stigande havsvattenstånd. Slussenanläggningen dimensioneras för en livslängd på cirka 100 år.

Stockholm stad planerar att lämna in en tillståndsansökan enligt miljöbalken för större avtappningskapacitet och ny reglering av Mälaren med mera till Mark- och Miljödomstolen runt årsskiftet 2011/2012. Stockholm stad planerar påbörja byggandet av de nya vattenanläggningarna i Slussen 2014. Den nya regleringen av Mälaren beräknas kunna tas i drift 2020. (Monica Granberg, Structor Miljöbyrå Stockholm AB, 2011.)



Slussen. Foto: Stadsbyggnadskontoret

Analys av översvämningsrisker i Mälarens vattensystem

SMHI har tagit fram en analys av översvämningsrisker i Mälarens vattensystem. Rapporten är författad av Sten Bergström vid SMHI på uppdrag av Sparbanken Västra Mälardalen. Syftet med rapporten är att översiktligt analysera de översvämningsrisker som finns i Mälardalen idag. Rapporten är författad innan utredningen av Slussenprojektet, vilket ur vissa aspekter gör slussenmaterialet mer aktuellt.

Rapporten tar bland annat kortfattat upp några av de forskningsprogram om klimatförändringar och havsvattennivåhöjning som pågår internationellt. En sammanställning av scenarier för framtidens globala havsnivå kan ses i tabell 2 till höger.

Tabell 2. Sammanställning av några nyligen gjorda utvärderingar av den förväntade havsvattennivåhöjningen till år 2100. Landhöjningens effekt är ej medtagen i dessa siffror (Bergström, 2010). Listan är inte en komplett förteckning och referensperioderna skiljer sig något åt.

Datum	Källa	Referensperiod	Höjning till ungefär år 2100 (cm)
Januari 2007	IPCC	1980-1999	18-59 (exklusive isdynamik)
Hösten 2008	Holländska Delstatkommittén	1990	55-120
April 2009	Rummukainen och Källén	2009	"Det kan röra sig om en meter under de närmaste 100 åren"
Juni 2009	Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam	1980-1999	75 (65-100)
Juni 2009	UK Climate Projections science report	1980-1999	11,6 – 75,8 runt Storbritannien och Irland
November 2009	Copenhagen diagnosis	1980-1999	"at least twice as much as projected by Working Group1 of the IPCC AR4" "it may well exceed 1 m"
November 2009	NOAA	"by the end of this century"	3 – 4 fot (90-120 cm)
November 2009	Netherlands Environmental Assessment Agency	1990	55 -110 (40 -105 lokalt för Holland)

Hydrodynamisk modellstudie av Mälaren

En hydrologisk modellstudie av Mälaren är genomförd av DHI Sverige AB på uppdrag av Mälarens Vattenvårdsförbund. Syftet med studien är att öka kunskapen om den övergripande cirkulationen och de fysiska förhållandena i Mälaren samt att ta fram modellverktyg för framtida studier och applikationer (DHI, 2010).

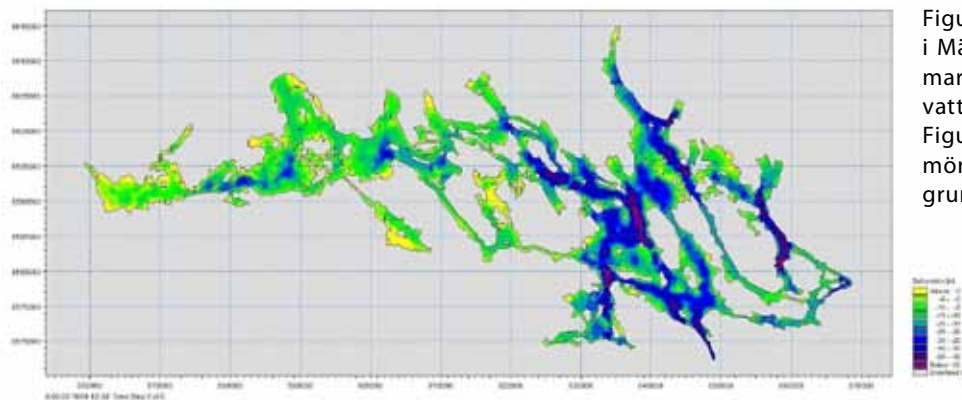
En tredimensionell numerisk hydrodynamisk modell har med hjälp av modellverktyget MIKE 3 FM satts upp för Mälaren¹. Modellen har simulerat ett år (2007) för Mälaren. Resultatet visar bland annat att vattnets ålder varierar mellan bassängerna. Den visar även att huvuddelen av nettoflödet genom centrala Mälaren går en nordlig väg (DHI, 2010).

Ett intressant användningsområde av modellen kan vara simuleringar över hur eventuella fördämningar på olika platser i Saltsjön påverkar cirkulationen i innerskärgården och Mälaren.

Modellen skulle även kunna användas för att simulera saltvatteninträngning i Mälaren vid olika scenarier, till exempel dämmande anläggningar. Vid ett sådant förfarande krävs nya randvillkor.

Eftersom modellen beskriver Mälaren med hög upplösning i tre dimensioner är den datorkrävande, vilket innebär att långa tidsperioder (>10 år) tar en vecka eller mer att simulera, beroende på tillgänglig datorkraft.

Modellens kvalitet är till stor del beroende av kvaliteten på indata. Tyvärr är tillgången på observationer av strömmar, tillflöden och skiktning mycket begränsade. Dessutom finns digitaliserade sjömätningar tillgängliga endast för farlederna, medan djupen i övriga områden baseras på sjökort vilka sällan anger det exakta djupet utan snarare en underskattning av djupet. Vattendjupet är en av flera viktiga faktorer när man ska simulera cirkulationen. (Olof Liungman, DHI, 2011).



Figur 14. De hydrodynamiska förhållandena i Mälaren beskrivs i första hand av strömmarna, vattenutbytet mellan de olika vattenförekomsterna och temperaturen. Figuren visar Mälarens batymetri där mörkblått är djupare områden och gult grundaste (figur från DHI, 2010).

¹ Hydrodynamik är en vetenskap som behandlar vätskors (och gasers) strömning. Indata till modellen (MIKE 3 FM) är till exempel vind, tillflöde från land och bottenfriktion. Tillståndsvariabler är sådant som modellen räknar ut, till exempel strömmar, temperatur, blandning och salthalt.

Förstudie regional vattenförsörjning från Vättern

Förstudien avseende regional vattenförsörjning från Vättern är genomförd av Norconsult AB på beställning av Länsstyrelsen i Örebro län. Förstudien visar på möjligheten att transportera vatten från Vättern för att säkra dricksvattenförsörjningen för kommuner i Örebro län. Den framtida dricksvattenförsörjningen är en svår fråga för många kommuner i Örebro län (Peder Eriksson, Länsstyrelsen Örebro län, jan 2011).

Flera av kommunerna saknar en tillförlitlig reservvattenförsörjning och Svartån, se figur 15, som används som råvatten till Örebro, har dålig vattenkvalitet.

I rapporten redovisar man den kalkylerade årskostnaden av fem olika alternativ. Man redovisar även årskostnaden utslaget på vattenpriset för respektive berörd kommun. Alternativ 4 och 5 i förstudien är en cirka 5 mil lång bergstunnel där mikrosilat råvatten transporteras för att sedan distribueras ut i ledningsnätet. I alternativ 4 byggs ett nytt vattenverk och i alternativ 5 används befintliga vattenverk (Norconsult, 2010).



Figur 15. Svartån vid Lindbacka, strax uppströms Örebro i maj 2010. Foto Ernst Witter © Länsstyrelsen i Örebro län.

Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län

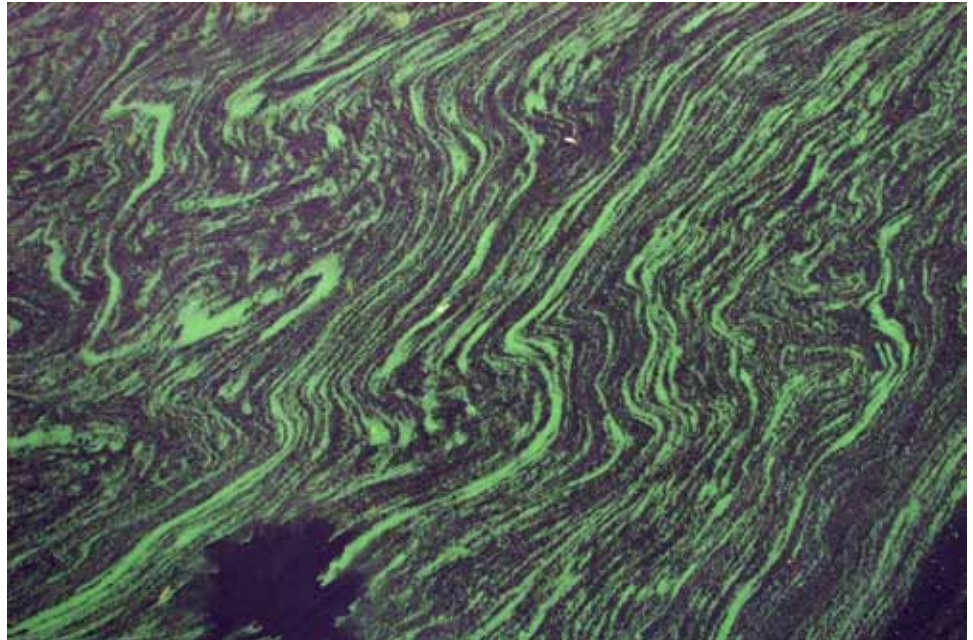
På beställning av VAS-rådet och Länsstyrelsen i Stockholms län har Tyréns AB genomfört projektet *Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län*. Syftet är att beskriva hot och sårbarheter kopplade till dagens och framtidens klimat för att säkerställa en robust dricksvattentillgång i Stockholms län (Tyréns, 2011).

I rapporten belyser man vikten av en framsynt planering där Mälarens framtid som en sötvattensjö är en ödesfråga.

”Det största hotet för vattenförsörjningen i framtiden är en höjning av havet, som på sikt riskerar att bli så hög att Mälaren hotas att omvandlas till en havsvik.”

Sannolikheten att en saltvatteninträngning i östra Mälaren sker år 2100 bedöms i utredningen som mycket stor, med följdkonsekvensen stor.

Rapporten syftar till att utgöra ett viktigt kunskapsunderlag för beslutsfattande när det gäller Stockholms dricksvattenförsörjning och vilka åtgärder som är nödvändiga att vidta. (Tyréns, 2011)



Algblomning. Foto: Christina Fagergren

Stigande hav – ett komplext problem i Mälarenregionen

Mälarenregionen befinner sig idag i en relativt gynnsam situation då landhöjningen gör att havsnivåhöjningen i dagsläget inte äter upp vår kust, orsakar svåra översvämningar eller leder till omfattande saltvatteninträngning. Internationella forskningsstudier pekar idag på en meter som ett rimligt övre värde på en global havsnivåhöjning mellan åren 1990 och 2100 (SMHI, 2011). Räknas landhöjningen bort betyder det för Mälarenregionens del en nettohöjning av Saltsjöns yta på ungefär 50 cm till år 2100. Vid 1 meters global havsnivåhöjning står Mälarenregionen inför flera komplicerade frågeställningar.

Kuststäder världen över står inför samma problematik. Flera städer riskerar redan idag att översvämmas när havet står extremt högt vid till exempel kraftiga stormar i kombination med lågtryck eller tidvatten. Den här förstudien har bland annat visat hur tre städer, S:t Petersburg, Rotterdam och London, skyddar sig mot havet idag.

Förstudien har lyft fram tre principiella sätt att hantera anpassningen av Mälaren till en stigande havsnivå avseende dricksvattenproblematiken:

- Nollalternativet, en havsvik som kräver alternativ dricksvattentäkt
- Höja Mälaren i samma takt som havet
- Bygga barriärer och vallar i skärgården

För att kunna värdera dessa alternativ, och eventuellt fler, rekommenderas att en utredning genomförs som innebär följande:

- Utvärdering och bedömning av möjliga strategier och tillhörande konsekvenser, positiva som negativa, för att skydda Mälaren mot ett stigande hav, samt ge långsiktiga rekommendationer för en framgent tryggad dricksvattenförsörjning.
- Utveckling av en riskbaserad kostnadsnyttoanalys till stöd för att fatta strategiska och långsiktiga beslut under stor osäkerhet.
- Samarbete med andra kuststäder, nationellt och internationellt, för kunskapsöverföring och utveckling av gemensamma strategier.

Vidare visar den här förstudien att det behövs kunskap inom flera områden för att skapa klarhet i de långsiktiga frågorna. Nedan ges ett antal identifierade frågor och frågeområden som bör ingå i en utredning.

TEKNISKA FRÅGEOMRÅDEN

- Fortsatta studier och bevakning kring havsnivåhöjningen, speciellt i Östersjön.
- Utredning av vid vilken permanent havsnivå det föreligger allvarlig risk för saltvatteninträngning vid högvatten som kan påverka möjligheten att producera dricksvatten. Kan man genom åtgärder, som till exempel tätning och höjning av luckor vid slusspunkterna, klara högre nivåer än 1 meter global havsnivåhöjning?
- Översvämningskarteringar över Mälaren och skärgården som visar vad som blir översvämmat och när (kopplingar till MSB:s Mälarpdrag, Slussenprojektet och i viss mån utredningen om finansiering av Mälarens reglering). Modellen kan användas bland annat för kostnads- och nyttoberäkningar.
- Dimensionering och utformning av skyddsåtgärder. Riskanalys för prioritering av skyddsåtgärder.
- Utredning av alternativa dricksvattenförsörjningsåtgärder.
- Belysning av konsekvenser för vattenmiljön i Saltsjön vid en avstängning med barriärer på grund av ökad mängd sötvatten respektive avloppsvatten.

PLANERING

- Hur kan arbetet med en sektorövergripande flexibel strategi för Mälaren in i nästa sekel organiseras?
- Vilka möjligheter i form av till exempel nya exploateringsområden, naturskyddsområden kan uppkomma i samband med skydd med barriärer mot havet?
- Vilka juridiska verktyg, till exempel plan- och bygglagen, lagen om skydd mot olyckor, översvämningsdirektivet, vattendirektivet (med åtgärdsprogram) är relevanta styrmedel?
- Vilka strategiska vägval i tids- och rumsperspektiv kan identifieras, till exempel nästa reglering av Mälaren eller ombyggnation av Slussen. När behöver beslut tas?
- Efter vilka riktlinjer och rekommendationer ska vi planera för ny bebyggelse och infrastruktur runt Mälaren och Saltsjön?

FINANSIERING

- På vilken nivå hör beslutet och finansieringen av en fortsatt utredning hemma – på nationell, regional eller kommunal nivå? Vilken lönsamhet finns det för de olika åtgärderna?
- Finns det anledning att redan idag börja planera för finansieringen? Vilken regional aktör skulle kunna fatta beslut om gemensamma investeringar?
- Vad innebär fördjupade ekonomiska värderingar av Mälarens alla attribut: tekniska, sociala, natur- och indirekta värden? Fokus bör ligga på värden där någon är beredd att betala, men det är även viktigt att identifiera absoluta värden som inte går att ersätta, till exempel förlust av olika arter.

LÄNSSTYRELSENS ROLL I ETT FORTSATT ARBETE

Länsstyrelsens arbete har hittills bestått i att lyfta upp frågan på dagordningen. Föreliggande förstudie är avsedd att utgöra en bra utgångspunkt för mer detaljerade studier. Dessa kräver både expertkunskaper från en rad olika instanser samt en aktör som ansvarar för den stor-regionala samordningen.

Länsstyrelsen har identifierat frågan inom klimatanpassningsuppdraget och finner att frågan, på grund av dess omfattning och beskaffenhet, behöver behandlas i särskild ordning. Frågeställningen kommer därför inte att ytterligare hanteras inom det klimatanpassningsuppdrag som Länsstyrelsen fått av regeringen för åren 2009-2011. Därför är det angeläget att det genomförs en huvudstudie rörande Mälaren med avseende på dricksvattenförsörjning för nästa sekel, där bland annat de frågeställningar som listas i denna rapport hanteras.

Länsstyrelsen är en viktig aktör i det fortsatta arbetet med frågeställningarna kring Mälaren under nästa sekel. Inom ramen för Länsstyrelsens ordinarie uppdrag hanteras flera av de områden med frågeställningar som har lyfts fram i förstudien. Länsstyrelsen har därför även framgent en viktig roll i detta sammanhang.

Referenser

BBC News. 2007. *North Sea flood tide fears recede*. Tillgänglig på: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/7086175.stm> Sidan uppdaterad 2007-11-09. [2011-03-25].

Bergström, S. 2011. *Regional klimatsammanställning – Stockholms län. Del 2: Översvämningar, flöden och havsvattenstånd*. Presentation seminarium 1 februari Länsstyrelsen i Stockholms län.

Bergström, S. 2010. *Analys av översvämningsrisker i Mälarens vattensystem*. Rapport nr 2010-21. SMHI, Norrköping.

City of Rotterdam. 2010. *Connecting Delta Cities*. ISBN 978-90-816067-1-4

Deltacommissie. 2008. *Working together with water – A living land builds for its future*. Findings of the Deltacommissie 2008. Tillgänglig på: http://www.deltacommissie.com/doc/deltareport_full.pdf [2011-02-24]

DHI. 2010. *Hydrodynamisk modellstudie av Mälaren*. DHI Sverige AB, Lund. Tillgänglig på: <http://www.malaren.org/document/Hydrodynamisk-modellstudie.pdf> [2011-01-14]

Environment Agency UK. 2010. Tillgänglig på: <http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/104697.aspx> Sidan uppdaterad 2010-05-20. [2011-04-01]

Halcrow, 2010. <http://www.halcrow.com/Our-projects/Project-details/St-Petersburg-Flood-Barrier-Russia/> [2011-03-02].

Hammarklint, T. 2011. *Svenska havsvattenståndsserier – En klimatindikator*. SMHI, Norrköping. http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.8629!Svenska_havsvattenstandsserier_-_En_klimatindikator.pdf [2011-03-03]

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC). 2010-11-08. Tillgänglig på: <http://www.eea.europa.eu/>

data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-assessment-3/#toc-0 [2011-02-07].

Göteborgs stad. 2009. *Extrema väderhändelser. Fas 2. Fallstudie Gullbergsvass*. Stadsbyggnadskontoret, Göteborg.

Keringhuis. 2011. Rijkswaterstaat, Province of Zuid-Holland and Delfland Water Board. Tillgänglig på: [Tillgänglig på: http://www.keringhuis.nl/engels/home_flash.html](http://www.keringhuis.nl/engels/home_flash.html) [2011-04-11].

Kristianstads kommun. 2010. *Så skyddas Kristianstad mot översvämningar*. Tillgänglig på: <http://www.kristianstad.se/vallprojektet> [sidan uppdaterad 2010-10-06 och besökt 2011-01-12]

Kågeson, P. 2009. *Att skärma Stockholm från havet*. Nature Associates. PM 2009-12-15 kommentarer till Regionplane- och trafikkontorets rapport 4:2009.

Københavns kommune. 2011. *Københavns klimatilpasningsplan*. Teknik- og Miljøforvaltningen. Utkast februari 2011. Tillgängligt på: <http://www.kk.dk/sitecore/content/Subsites/Klima/SubsiteFrontpage/Klimatilpasningsplan.aspx> [2011-03-07]

Lantmäteriet. 2010. *Höjdsystem - Presentation*. Tillgänglig på: http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=4210 [2011-08-22]

Länsstyrelserna i Skåne och Blekinge län. 2008. *Stigande havsnivå – konsekvenser för fysisk planering*. ISBN 978-91-85587-66-7

Malmö stad. 2008. *Klimatet, havsnivån och planeringen*. Malmö Stadsbyggnadskontor. Dialog-pm, 2008:2.

Morrison, G. 2009. *Mälarens värde*. Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Mälarens Vattenvårdsförbund. 2009. *Mälaren en sjö för miljonerna*. Tillgänglig på: <http://www.malaren.org/artikel.asp?categoryID=2> [sidan uppdaterad 2009-01-14 och besökt 2011-02-21]

Norconsult. 2010. *Förstudie regional vattenförsörjning från Vättern, steg 2 och 3*. Norconsult AB, Göteborg.

Reeder, T. 2010. presentation från konferensen, Deltas in times of Climate Change Rotterdam 2010, *Flexible Planning in the Thames Estuary*, Environment Agency UK. Tillgänglig på: http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/delta_cities_website/conference_delta_cities/ds_4_thames_estuary [2011-04-11]

Regionplane- och trafikkontoret. 2009. *Klimatförändringar – dags att anpassa sig? En rapport om anpassning till effekterna av klimatförändringarna i Stockholmsregionen*. Rapport 4:2009.

Rignot, E., Velicogna, I., van den Broeke, M. R., Monaghan, A. & Lenaerts, J. 2011. *Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise*. Geophysical Research Letters, Vol 38.

RUFS Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen. 2010. Regionplanenämnden och Länsstyrelsen i Stockholms län. Tillgänglig på: www.regionplanekontoret.sll.se/rufs2010

SMHI. 2008. *Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden*. SMHI, Hydrologi Nr 110. Tillgänglig på: http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.1682!Hydrologi_110%5B1%5D%5B1%5D.pdf [2011-02-10]

SMHI. 2010-11-03. *Regional klimatsammanställning för Stockholms län – Översvämningshot i ett vidare perspektiv*. PM Version 1.

SMHI. 2010. *Förslag på Mälarens framtida reglering – Slutrapport fas3*. Rapport nr 2010-16 SMHI, Norrköping.

SMHI. 2011. *Regional klimatsammanställning – Stockholms län*. Rapport Nr 2010-78. SMHI, Norrköping.

Stockholms Hamnar. 2011. *1500-talet*. Tillgänglig på: <http://www.stockholmshamnar.se/sv/Historia/Epoker/1500-talet/?imgId=224> [2011-01-25]

Statens offentliga utredningar. SOU 2006:94. *Översvämningshot - Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaran och Väneren*.

Stockholms stad. 2010-10-27. *Preliminär MKB, tillstånd enligt miljöbalken*. Slussenprojektet Samrådsunderlag. Exploateringskontoret, Stockholms stad. Tillgänglig på: <http://www.stockholm.se/slussen> [2011-01-12]

Stockholm Vatten. 2007a. *Samråd om vattenverksamhet. Ökad avtappningskapacitet och vattenbyggnadsarbeten vid Slussen samt förändrad reglering av Mälaren*, Remissvar, DNR 241-5228, Exploateringskontorets dnr E2007-510-01734

Stockholm Vatten. 2007b. *Remissvar på remissen om ”Remiss av Slutbetänkandet av Klimat och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60)”*, DNR 022-3153

Stockholm Vatten. 2009. *Verksamheten 2009, Stockholm Vatten, En del av den växande regionen*. http://www.stockholmwater.se/commondata/rapporter/arsredovisning/svab_arsredovisning_09.pdf [2011-02-04]

Svenskt Vatten. 2011. *Dricksvatten – vårt viktigaste livsmedel*. <http://www.svensktvatten.se/web/dricksvatten.aspx> [2011-02-22]

Trafikverket. 2010-11-16. *Historik om Oxdjupsleden i Stockholms skärgård*. Tillgänglig på: <http://www.trafikverket.se/Farjerederiet/Farjeleder/Farjeleder-i-ditt-land/Farjeleder-i-Stockholm213/Oxdjupsleden/Historia-om-Oxdjupsleden/> [2011-01-25]

Tyréns AB. 2011. Författad av Törneke, K., Tilly, L., & Bruzell, S. *Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län*. VAS-rådets rapport nr 10. ISSN 1653-8870

Waterland, Water Information Network, Netherlands. www.waterland.net Sökväg: Specials > Flood control & protection > Dutch project > Flood Protection Barrier, St: Petersburg. [2011-03-02]

Mejlkontakt

- Johan Andréasson, SMHI, 2010-11-29
- Susanne Edsgård, Projektledare Mälaruppdraget, Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap (MSB), 2011-02-24
- Peder Eriksson, Enhetschef Vattenenheten, Länsstyrelsen i Örebro län, 2011-01-10
- Gullvy Hedenberg, Svensk Vatten, 2011-02-22
- Monica Granberg, Structor Miljöbyrå Stockholm AB, 2011-07-12
- Natalia Kislyakova, Consulate General of Sweden in Saint Petersburg, mars 2011
- Christer Lännergren, Stockholm Vatten, 2011-02-18
- Carin Nilsson, SMHI, april-juni 2011
- Aleksandr Viktorovitj Polozov, chef för avdelningen för myndighetskontakter på Styrelsen för skyddsanläggningar S:t Petersburg, mejlkontakt genom Natalia Kislyakova mars 2011
- Bo Westergren, Stockholm Vatten, 2011-02-21

Telefonkontakt

- Bertil Israelsson, Norconsult AB, Göteborg, 2011-01-20
- Olof Liungman, DHI Sverige AB, 2011-01-20

Personlig träff

- Rolf Karlsson och Lars Edenman, Länsstyrelsen Västmanland, 2011-03-18
- Per Kågeson, Nature Associates, Stockholm, 2011-01-25
- Bo Westergren och Christer Lännergren, Stockholm Vatten, 2011-02-04

Referensgrupp Mälaren

Karin Von Sydow, Uppsala län, Kaj Hellner, Södermanland län, Måns Enander, Västmanland län, Christina Frost, Lovisa Lagerblad och Susanne Aristegui Adolphi, Stockholm län, Daniel Bergdahl, Örebro län.

Workshop Länsstyrelsen i Stockholms län

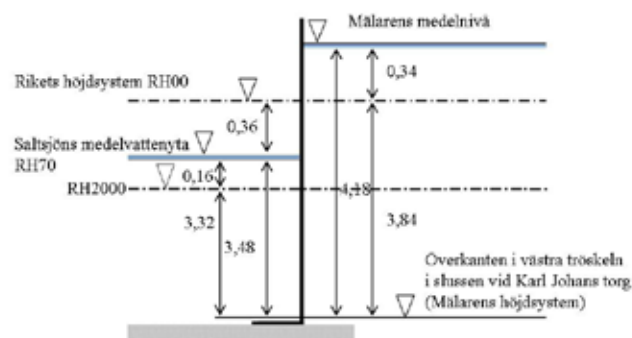
Per Berglund, Miljöskydd, Olof Paulin Hansson, Samhällsskydd och Beredskap, Anette Björlin, Miljöanalys, Mats Nordin, Naturvård och Johan Hjalmarsson, Planfrågor.

Bilaga 1 - Mälarens höjdsystem

I Sverige finns idag tre nationella höjdsystem; RH 00, RH 70 och RH 2000. I dagsläget är det RH 2000 som är det officiella nationella höjdsystemet.

RH 00 skapades i slutet på 1800-talet och nollnivån (RH = 0) valdes som medelvattenytan i Stockholm år 1900. I nationella sammanhang har RH 00 spelat ut sin roll, men på lokal och regional nivå finns fortfarande tillämpningar, och speciellt i Stockholm används systemet ibland. RH 00 tog ej hänsyn till landhöjningen och systemet skiljer sig därför mot både RH 70 och RH 2000. Det var just på grund av landhöjningen som behovet med ett nytt höjdsystem blev aktuellt och man skapade då RH 70. RH 70 har nollnivån definierad av Normaal Amsterdams Peil (NAP) vilket är en nollpunkt i Amsterdam som används i flera europeiska länder. RH 2000 blev officiellt 2005 och är Sveriges nya nationella höjdsystem. Det är mer detaljerat än sina föregångare och har med sina 50 000 fixpunkter en mycket bättre nationell täckning (Lantmäteriet, 2010).

För att komplicera det ytterligare har Mälaren ett eget höjdsystem; Mälarens höjdsystem. I domen från 1966 anges alla höjder i förhållande till överkanten i västra tröskeln i slussen vid Karl Johans torg. Nollpunkten vid Karl Johans torg är belägen 3,84 m under nollpunkten i RH 00 och 3,48 m under nollpunkten i RH 70 och RH 2000. Relationen mellan Mälarens höjdsystem, RH 00, RH 70 och RH 2000 ges i figur 16 till höger (SOU 2006:94).



Figur 16. Förhållandet mellan Mälarens nivå, Saltsjöns nivå och höjdsystemen RH 00, RH 70, RH 2000 och Mälarens höjdsystem i Stockholm. Alla mått är angivna i meter. (Originalfigur från Stockholms Hamnar AB, november 2000).

Egna anteckningar



Länsstyrelserna

Stockholm
Södermanland
Uppsala
Västmanland
Örebro

Mer information kan du få av klimatanpassningssamordnarna på respektive länsstyrelse. Broschyren finns som pdf på respektive länsstyrelses hemsida.