



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

FORSKNING/STUDIE

Riskbedömning av översvämningar

Metoder, modeller, data

Riskbedömning av översvämningar - Metoder, modeller, data

Tidsperiod: 2020

Utförare: Karlstads Universitet

Ansvarig: Tonje Grahn, Barbara Blumenthal

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

MSB:s Kontaktpersoner: Viveca Norén, 010-240 40 99

Publ. nr: MSB1973 – maj 2022

ISBN: 978-91-7927-272-2

MSB har beställt och finansierat genomförandet av denna studierapport.
Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Innehåll

SAMMANFATTNING	4
1 INLEDNING	4
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Avgränsning.....	6
2 METOD.....	6
3 RESULTAT	6
3.1 Rheinatlas och översvämningsrisk-verktyget FloRiAn	6
3.1.1 Beräkning av översvämningsrisken	7
3.1.2 Människors hälsa.....	8
3.1.3 Miljö.....	9
3.1.4 Kulturarv	11
3.1.5 Ekonomi.....	11
3.1.6 Indata och programvara	14
3.1.7 Effekten av riskreducerande åtgärder	15
3.2 BT-FLEMO och Elbeatlas	15
3.3 Metodvalidering för ekonomiska skador	16
3.4 The multicolored manual- England och Wales	17
3.4.1 Skillnad mellan manual och handbok	18
3.4.2 Multi-Coloured Manual	18
3.4.3 Handboken	19
3.5 USA	23
3.5.1 Hazus	23
3.5.2 National Risk Index.....	26
4 SPANING OM DATAINSAMLING	30
5 SAMMANSTÄLLNING AV PÅGÅENDE UTVECKLINGSPROJEKT PÅ CSR .	32
6 LITTERATUR.....	34

Sammanfattning

I rapporten görs en genomgång av fem riskbedömningsmodeller som används vid hantering av översvämningsrisker i Europa och USA. Modellerna valdes efter en semistrukturerad litteraturstudie och en granskning av rapporter, dokument, riskbedömningsverktyg och programvara från statliga myndigheter och andra aktörer inom området naturrisker. Fokus har legat på tillämpade modeller som använts i praktiken av statliga aktörer. Modellerna som rapporten tar upp är

- Rheinatlas och översvämningsverktyget FloRiAn (Frankrike, Schweiz, Nederländerna, Tyskland)
- Elbe Atlas (Tyskland)
- FLEMO (Tyskland)
- Multi-Coloured Manual (Storbritannien)
- Hazus (USA)
- National Risk Index (USA)

Genomgången omfattar en översiktlig beskrivning av metoderna som ligger till grund för modellerna, dess syften och målgrupper, samt en beskrivning av indata och programvara som modellerna kräver.

Rapporten avslutas med förslag på vilka typer av data som skulle behöva samlas in för att höja tillförlitligheten av bedömningar av översvämningsrisker i Sverige. Dessutom beskrivs även pågående utvecklingsprojekt vid Centrum för forskning om samhällsrisker som riktar sig mot databaserade metoder och modeller för riskbedömning av naturolyckor.

1 Inledning

Analys av risk och sårbarhet ligger till grund för beslut om hur nutida och framtida risker kan hanteras. Att förstå och dokumentera effekter av naturolyckor är grunden för beslutsfattande när det gäller att hantera dessa risker. Det behövs vägledning för genomförandet av analyser, olika typer av underlag och en kvantitativ uppskattning av skador som förväntas om risker inte reduceras. MSB:s uppdrag *Studie om dataanvändning och databehov relaterat till stora olyckor och kriser* syftar till att undersöka det framtida behovet av data i Sverige som behövs som underlag för risk- och krishantering kopplat till stora olyckor och kriser. Metoder för att använda sådana data för riskbedömningar och andra beslutsunderlag vid krisberedskap ska också kartläggas. Centrum för forskning om samhällsrisker, CSR, vid Karlstads universitet är ett av tre universitet som bidrar med underlag till MSB:s studie. Målgrupp för denna rapport är MSB.

I denna rapport har CSR översiktligt kartlagt 5 riskbedömningsmodeller som används vid hantering av översvämningar i Europa och USA. Vidare föreslår CSR också vilken typ av data som fortsättningsvis kan vara gynnsamt att samla in för att höja tillförlitlighet i risk- och sårbarhetsanalyser av översvämningar.

1.1 Bakgrund

På den globala nivån betonar FN-ramverk som Sendairamverket för katastrofriskreducering och Agenda 2030 vikten av att anpassa samhällen till dagens klimat och de förändringar som vi kommer möta i framtiden. SCB har i uppdrag att samordna utveckling, produktionen och tillgängliggörande av den statistiska uppföljningen av Agenda 2030, där det föreslås också förbättringar av den statistiska uppföljningen (SCB 2020). I det globala Sendairamverket för katastrofriskreducering är en av de fyra prioriteringarna att uppnå en god förståelse för katastrofrisker (UNDRR 2015). Att samla och använda data beskrivs som viktigt för att uppnå detta. Enligt MSB (2019a) täcker inte de befintliga svenska databaserna över inträffade händelser behovet av underlag vid riskmodellering eller riskbedömningar av naturolyckor, och fyller inte heller databehov vid rapporteringen enligt Sendairamverket. Det finns mycket data som idag inte samlas in och det som samlas in finns inte samlat på ett ändamålsenligt sätt (MSB 2019a).

I Sverige saknas standardiserade kvantitativa tillvägagångssätt för riskbedömning av översvämning som inom samma metod förhåller sig till båda hot och konsekvenser av det samma, och som gör utfallen jämförbara över tid och plats (Grahn 2017 och Blumenthal 2018)

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att bidra till MSB:s studie om dataanvändning och databehov relaterat till stora olyckor och kriser. Rapporten gör en kartläggning av utvalda databaserade metoder och modeller som används för riskbedömning av översvämning i Europa och USA. Kartläggningen innehåller information om

- Syftet med metod/modell
- Målgrupp metod/modell är avsedd för
- Översiktligt vilken typ av data som används
- Beskrivning av pågående utvecklingsprojekt vid Centrum för forskning om samhällsrisker, CSR, som riktar sig mot databaserade metoder och modeller för riskbedömning av naturolyckor
- En spaning kring vilken typ av data som kan vara intressant att samla för att i framtiden bättre beskriva samhällets sårbarhet till följd av översvämning

1.3 Avgränsning

Kunskapssammanställningen avgränsar sig till metoder och modeller för riskbedömning av naturolyckor, främst översvämning, inom Europa och USA. Uppdraget utförs inom MBS:s befintliga finansiering för CSR vilket medför en begränsning till ca 160 timmars arbetstid inklusive inläsning, sammanställning, rapportskrivande, och slutpresentation.

2 Metod

Kunskapssammanställning har kartlagt modeller, metoder och data för bedömningen av främst översvämningsrisker på nationell nivå i Tyskland, Storbritannien och USA som används i praktiken av statliga myndigheter och organisationer. Kartläggning har genomförts som en semistrukturerat litteraturstudie/genomgång av rapporter, dokument och riskbedömningsverktyg/programvara från statliga myndigheter och andra aktörer inom området naturrisker.

3 Resultat

3.1 Rheinatlas och översvämningsrisk- verktyget FloRiAn

Som en reaktion på översvämningarna i Rhein 1993 och 1998 startade länderna Schweiz, Frankrike, Tyskland, Luxemburg och Nederländerna arbetet med Rheinatlas året 1998. Den första versionen blev klar 2001. En målsättning med skapandet av Rheinatlas var att minska skadorna till följd av översvämning i Rhein huvudfåra med 25% till år 2020 jämfört med skadeläge år 1995. Dessutom skulle man kunna utvärdera effekten av olika förebyggande åtgärder kvantitativt. Rheinatlas är ett verktyg för kartering av översvämningsrisker och värdering av skador (IKSR, 2001). Arbetet leds av Internationella kommissionen för skyddet av Rhen (IKSR) vars medlemmar är myndighetsrepresentanter från olika ministerier av de angränsande staterna. IKSR övergripande mål är hållbar utveckling av Rhens ekosystem, dricksvattenskydd och översvämningskydd. Från år 2007 anpassades Rheinatlas till översvämningsdirektivet målsättning (EU, 2007) och under de följande åren vidareutvecklades verktyget med hjälp av förbättrad geografisk information, framförallt med topografiska kartor med högre spatial upplösning och geografiska kartor på olika datamängder som rör befolkning, trafik och infrastruktur. Huvudfokus ligger på en kvantitativ bedömning av effekten av åtgärder som minskar översvämningsrisken. Man kan få kostnadsfri tillgång till verktyget som kallas ICPR FloRiAn (Flood Risk Analysis) genom att kontakta IKSR sekretariat(at)iksr.de. Användandet kräver dock GIS-kunskap.

Riskerna för människors hälsa, miljö och kulturarv beräknas icke-monetärt, medan de ekonomiska skadorna uppskattas utifrån tillgänglig ekonomisk statistik/data som kombineras med översvämningskarteringar (ICPR, 2016).

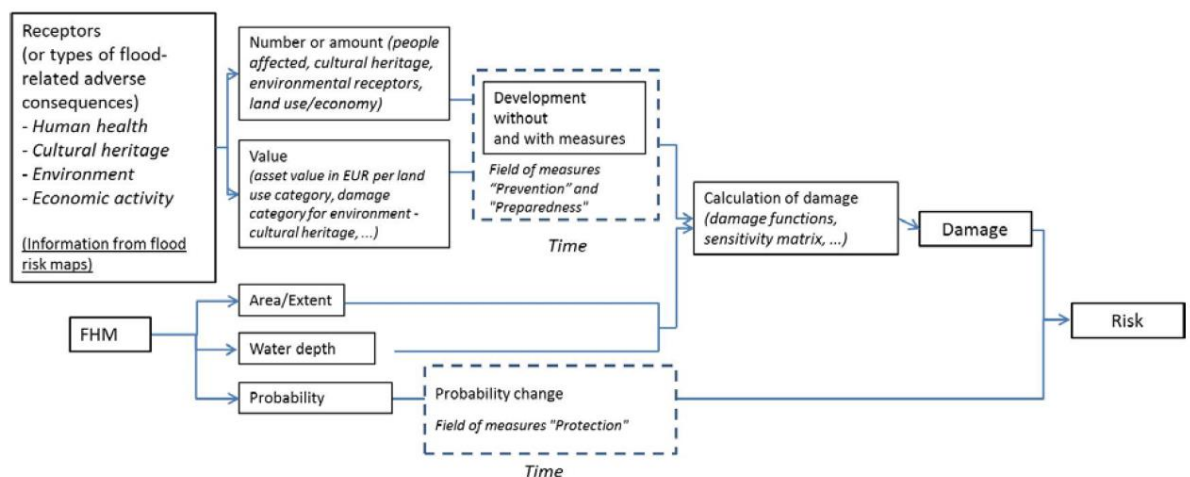
3.1.1 Beräkning av översvämningsrisken

Översvämningsrisken definieras som produkt av den potentiella skadan och sannolikheten för en översvämning genom det generella sambandet

$$\text{Översvämningsrisk (€ / år eller antal / år)} = \text{förväntad potentiell skada (€ eller antal)} \times \text{sannolikhet (1 / år)}$$

Beräkningen av översvämningsriskerna sker med ett geoinformationsbaserat system på rastercells nivå (Fig.1). Resultaten aggregeras på den önskade spatiala nivån i t.ex. en sträcka i Rheins huvudfåra, en kommun, distrikt, region, delstat, land eller hela Rhen(ICPR, 2016).

Figur 1. Tillvägagångssätt som används i Rheinatlas, FHM står för Flood Hazard Map



Källa: (ICPR, 2016)

Förändringen av översvämningsrisken relateras till ett referensår och beräknas för att bedöma en åtgärds effekt. T. ex. beräknas förändringen av risken mellan år 2005 och 1995 enligt

$$\Delta R_{2005/1995} = (R_{2005} - R_{1995}) / R_{1995}$$

För uppskattningen av skadorna tas hänsyn till eventuella skadereducerande åtgärder och kostnaderna för dessa. Skador med åtgärd S_{ma} beräknas med sambandet

$$S_{ma} = S_{na} \times (1 - \text{Effekt} \times \text{Realisering})$$

Åtgärderna och deras tillhörande effekter är kategoriserat med hjälp av expertkunskap och litteratur.

Exempel: Skadan utan åtgärd är € 1000 och produkten av effekt och realisering 20%, minskas skadan med 200 €. Det återstår 80% av skadan, $1000 \times (1-0,2) = 800$ €.

Vattennivån delas upp i 5 klasser (Tabell 1), riskerna för människan och byggnader ökar med vattendjupet. Klassificeringen gäller för stående vatten eller en låg vattenhastighet (IKSR, 2001).

Tabell 1. Vattennivåklasser med risker för människor och byggnader

Klass	Vattendjup h	Risk
1	$h < 0,5$ m	Översvämning av byggnader kan förhindras med enkla åtgärder, risken för människoliv anses som mycket låg.
2	$0,5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$	Påtagliga skador på byggnader, men låg risk för människor om det finns högre våningar.
3	$2 \text{ m} < h < 3 \text{ m}$	Påtaglig risk för människoliv, då översvämningen kan gå upp till andra våningen. Stora skador på byggnader.
4	$3 \text{ m} < h < 4 \text{ m}$	Påtaglig risk för människoliv, då översvämningen gå upp till andra våningen. Stora skador på byggnader.
5	> 4 m	Livsfara. Hög risk för totalskador på byggnader.

3.1.2 Människors hälsa

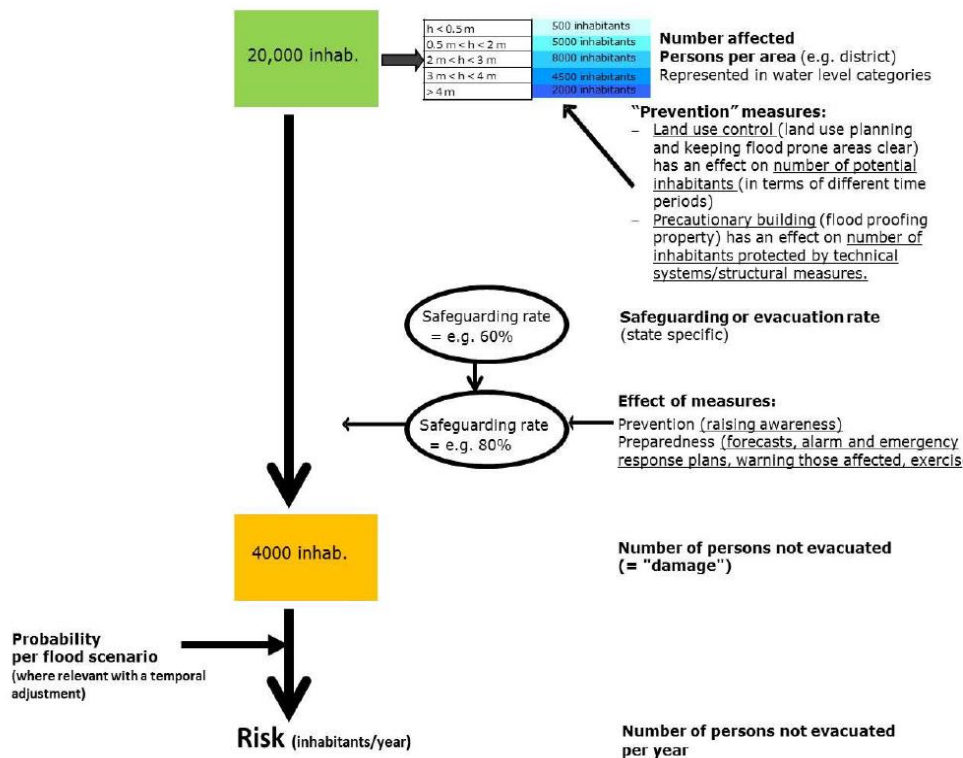
Människors hälsa kvantifieras i två steg och uttryckts som antal personer som inte kan evakueras från de översvämmade områden resp. sätta sig själv i säkerhet (ICPR, 2016) (se även Fig. 2).

1. Samtliga påverkade personer i det översvämmade området räknas, ut över detta kan antalet delas upp i vattennivåklasserna (tab. 1)
2. Antal personer som inte kan evakueras eller sätta sig i säkerhet (inte vill eller kan) bestäms genom att det antas en stats- eller områdesspecifik procentsats (evakueringsgrad)

Risken för människors hälsa beräknas som

$$Risk_{\text{människors hälsa}} = \text{Antal påverkade} \times (1 - \text{Evakueringsgrad}) \times \text{Sannolikhet (Antal/år)}$$

Figur 2. Metod människors hälsa



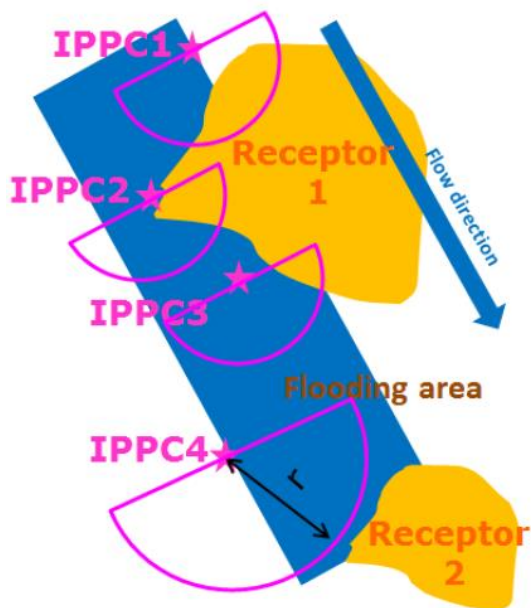
Källa: (ICPR, 2016)

3.1.3 Miljö

Metoden för den kvantitativa riskvärderingen för miljön utgår från antagandet att hotet inte utgår från själva översvämningshändelsen utan är en földeffekt som uppstår när miljöfarliga verksamheter som reningsverk, IPPC- eller SEVESO anläggningar översvämmas och miljöfarliga ämnen sprids genom översvämningssvattnet (ICPR, 2016).

Miljöskador som möjligen kan orsakas direkt genom själva översvämningen tas inte hänsyn till. Vidare antas att skadorna enbart kan uppstå nedströms anläggningarna och inom ett begränsat avstånd, som varierar mellan 10 och 50km, beroende på typen av anläggning (Fig. 3). I riskbedömningen ingår även områdets sårbarhet (som fågelskyddsområde, biotopskyddsområde eller dricksvattentäkt) som hotas av kontamination i tre steg och skadepotentialen (hotet) i fem steg, beroende på vilken typ av anläggning det handlar om. Dessutom påverkas hotnivån av vattendjupet i 5 steg (som i Tab. 1). Den sammantagna riskbedömningen sker med en 3x5 matris (Fig. 4) och resulterar i en risknivå mellan 0 och 4.

Figur 3. Påverkan av IPPC anläggningar på skyddsområden, principskiss



Källa: (ICPR, 2016)

Figur 4. Bedömning av översvämningsrisk för miljö

Contamination potential		Plants
1 (low)		
2		IPPC, water treatment plants
3		SEVESO1
4		SEVESO2
5 (high)		

Water level categories	
1	$h < 0.5 \text{ m}$
2	$0.5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$
3	$2 \text{ m} < h < 3 \text{ m}$
4	$3 \text{ m} < h < 4 \text{ m}$
5	$> 4 \text{ m}$

Ecological significance scale		Threat* \rightarrow				
Ecol. sensitivity	Type of protected area	Threat* \rightarrow				
		Low				High
		1	2	3	4	5
Low	Water-dependent bird protected areas, Other (various other undefined environmental protection assets)	1	1.5	2	2.5	3
Intermediate	Water-dependent flora & fauna habitat protected areas, Surface water bodies (WFD)	1.5	2	2.5	3	3.5
High	Drinking water and water source protected areas	2	2.5	3	3.5	4

* Threat = (contamination potential + water level category)/2

Damage category (DC)	low	Intermed.	high

Källa: (ICPR, 2016)

3.1.4 Kulturarv

För riskbedömning av kulturarv utgår Rhein-Atlas från betydelsen och sårbarheten av de hotade objekt eller stads- och kulturmiljöer (ICPR, 2016). För fyra olika typer av kulturarv, UNESCO världsarv, kulturmiljö, byggnadsminne och övrigt klassificeras betydelsen från internationellt (3), nationellt (2) och lokal (1) och kombineras sedan med vattendjupet till en skadematrix (Fig. 5). Till klassificeringen av vattennivåns skadeverkan användes lätt modifierade resultat av Dassanayake et al. (2012).

Figur 5. Bedömning av översvämningsrisk för kulturarv

Cultural significance scale	Physical impact scale (water level)				
	1 h < 0.5 m	2 0.5 m < h < 2 m	3 2 m < h < 3 m	4 3 m < h < 4 m	5 > 4 m
1 local significance (monuments, other)	1	1.5	2	2.5	3
2 national significance (protected urban areas/regions)	1.5	2	2.5	3	3.5
3 international significance (UNESCO world heritage site)	2	2.5	3	3.5	4
Damage category (DC)	low	intermediate	high		

Källa: (ICPR, 2016)

Skadorna för miljö och kulturarv summeras upp per rastercell och område t. ex. en kommun. Det summeras antal skador per rastercell och skadekategori (DC) låg-mellan-hög.

3.1.5 Ekonomi

Metoden för uppskattning av den potentiella ekonomiska skadan baseras på kunskap om sambandet mellan vattendjup och resulterande skada, så kallade skadefunktioner. Metoden tar inte hänsyn till ekonomiska skador orsakat av produktionsstopp och störningar i leveranskedjor, då det inte finns data tillgängliga på en så storskalig nivå som behövs för sådana överväganden (ICPR, 2016).

Metoden går ut på att överlagra information om översvämningsrisken med markanvändning (Fig. 6).

Figur 6. Metod ekonomi

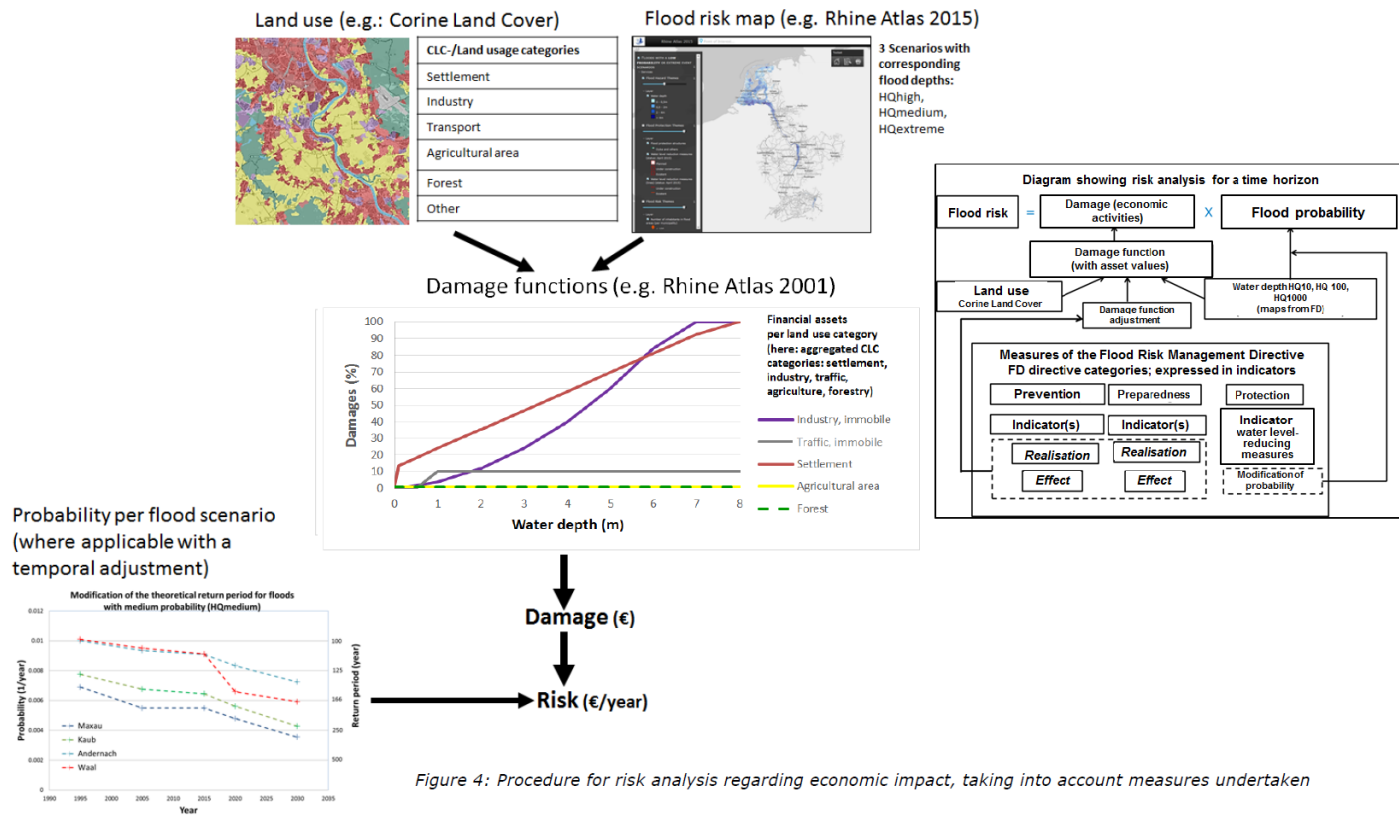
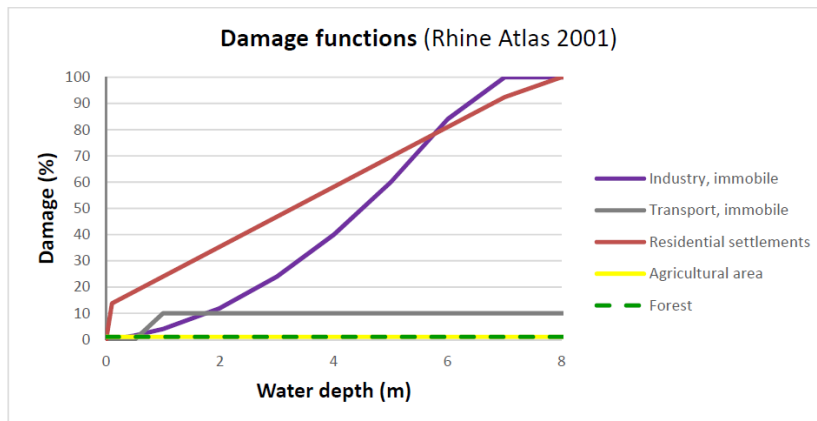


Figure 4: Procedure for risk analysis regarding economic impact, taking into account measures undertaken

Källa: (ICPR, 2016)

Figur 7. Skadefunktioner från Rheinatlas som grafer och tabell



Damage functions ICPR Rhine Atlas 2001	
Use	Type of function
Settlement, immobile	$y=2*x^2+2x$
Industry, immobile	$y=2*x^2+2x$
Traffic, immobile	$y=10*x$ for $x \leq 1$; $y=10$ for $x > 1$
Economic equipment	$y=11*x+7,5$
Settlement equipment	$y=12*x+16.25$ for $1 \leq x \leq 7$
Equipment, public goods	$y=7*x+5$
Settlement, mobile (35% economy, 60% settlement 5% public goods)	$y=11.4*x+12.625$
Industry, mobile	$y=7*x+5$
Traffics, mobile	$y=10*x$ for $x \leq 1$ $y=10$ for $x > 1$
Agriculture	$y=1$
Forestry	$y=1$

x = water level and/or water depth (WD) (in metres)
y = relative damage function and/or degree of damage (%)

Key:

Immobile = immobile items of property (damages to building fabric, infrastructures, house, roads...)

Mobile = mobile items of property (production/products, activity...)

Fittings = Household fittings, damages possible to building interiors and/or items of value on exterior surfaces (mixture of immobile and mobile); for residential buildings as well as in the area of economic activity (activities/production + building) and in state areas (large variety: offices, buildings with a social or educational purpose, functional buildings, ...).

Källa: (ICPR, 2016)

Det har anpassats skadefunktioner för olika markanvändningskategorier, bostäder, industri, trafik, landbruk och skog (Fig. 7). Skadefunktionerna uttrycker den potentiella skadan i % av det totala värdet, den så kallade loss ratio (LR). De ekonomiska skadorna beräknas per rastercell med hjälp av schablonvärden för det ekonomiska värdet i €/m² per markanvändningskategori som multipliceras med LR från skadefunktionerna och översvämmad yta. För Tyskland uppskattades

schablonvärdena från befintlig ekonomisk statistik för de olika förbundsländerna (Tab. 2). För Holland, Frankrike och Schweiz fanns inte sådana data och därför har tyska värden anpassats med landspecifik BNP och köpkraft (tab 2). Schablonvärden från 2001 aktualiserats med hjälp av prisindex för de olika Rhenländerna.

Tabell 2. Schablonvärden för markanvändning och lösöre från 2001

Specific property assets in Baden-Württemberg			
Category of use:	Value per m ² immobile	Value per m ² mobile	Total
1 Settlement	268.- Euro per m ²	54.- Euro per m ²	322.- Euro per m ²
2 Industry	262.- Euro per m ²	83.- Euro per m ²	345.- Euro per m ²
3 Traffic	246.- Euro per m ²	2.- Euro per m ²	249.- Euro per m ²
4 Agriculture		6.- Euro per m ²	6.- Euro per m ²
5 Forestry		2.- Euro per m ²	2.- Euro per m ²
6 Miscellaneous		No value	No value

Specific property assets in Hesse			
Category of use:	Value per m ² immobile	Value per m ² mobile	Total
1 Settlement	231.- Euro per m ²	51.- Euro per m ²	282.- Euro per m ²
2 Industry	258.- Euro per m ²	80.- Euro per m ²	338.- Euro per m ²
3 Traffic	300.- Euro per m ²	3.- Euro per m ²	303.- Euro per m ²
4 Agriculture		7.- Euro per m ²	7.- Euro per m ²
5 Forestry		1.- Euro per m ²	1.- Euro per m ²
6 Miscellaneous		No value	No value

Specific property assets in Rhineland-Palatinate			
Category of use:	Value per m ² immobile	Value per m ² mobile	Total
1 Settlement	181.- Euro per m ²	41.- Euro per m ²	222.- Euro per m ²
2 Industry	259.- Euro per m ²	81.- Euro per m ²	340.- Euro per m ²
3 Traffic	143.- Euro per m ²	1.- Euro per m ²	144.- Euro per m ²
4 Agriculture		5.- Euro per m ²	5.- Euro per m ²
5 Forestry		1.- Euro per m ²	1.- Euro per m ²
6 Miscellaneous		No value	No value

Specific property assets in North Rhine-Westphalia			
Category of use:	Value per m ² immobile	Value per m ² mobile	Total
1 Settlement	231.- Euro per m ²	59.- Euro per m ²	290.- Euro per m ²
2 Industry	231.- Euro per m ²	80.- Euro per m ²	311.- Euro per m ²
3 Traffic	263.- Euro per m ²	2.- Euro per m ²	265.- Euro per m ²
4 Agriculture		0.- Euro per m ²	0.- Euro per m ²
5 Forestry		1.- Euro per m ²	1.- Euro per m ²
6 Miscellaneous		No value	No value

Specific property assets in Switzerland			
Category of use:	Value per m ² immobile	Value per m ² mobile	Total
1 Settlement	275.- Euro per m ²	65.- Euro per m ²	340.- Euro per m ²
2 Industry	267.- Euro per m ²	90.- Euro per m ²	353.- Euro per m ²
3 Traffic	262.- Euro per m ²	3.- Euro per m ²	264.- Euro per m ²
4 Agriculture		7.- Euro per m ²	7.- Euro per m ²
5 Forestry		1.- Euro per m ²	1.- Euro per m ²
6 Miscellaneous		kein Wert	kein Wert

Specific property assets in France			
Category of use:	Value per m ² immobile	Value per m ² mobile	Total
1 Settlement	217.- Euro per m ²	51.- Euro per m ²	268.- Euro per m ²
2 Industry	229.- Euro per m ²	76.- Euro per m ²	305.- Euro per m ²
3 Traffic	232.- Euro per m ²	2.- Euro per m ²	234.- Euro per m ²
4 Agriculture		7.- Euro per m ²	7.- Euro per m ²
5 Forestry		1.- Euro per m ²	1.- Euro per m ²
6 Miscellaneous		kein Wert	kein Wert

Specific property assets in the Netherlands			
Category of use:	Value per m ² immobile	Value per m ² mobile	Total
1 Settlement	262.- Euro per m ²	59.- Euro per m ²	311.- Euro per m ²
2 Industry	262.- Euro per m ²	87.- Euro per m ²	350.- Euro per m ²
3 Traffic	266.- Euro per m ²	2.- Euro per m ²	268.- Euro per m ²
4 Agriculture		7.- Euro per m ²	7.- Euro per m ²
5 Forestry		1.- Euro per m ²	1.- Euro per m ²
6 Miscellaneous		kein Wert	kein Wert

Källa: (ICPR, 2001)

Per rastercell och markanvändningskategori beräknas den potentiella skadan enligt

$$S_{\text{cell}} = V_{\text{ma}} \times LR_{\text{ma}} \times Y_{\text{ma}}$$

S_{cell} – Skador per rastercell

V_{ma} – Schablonvärde för en specifik markanvändningskategori

LR_{ma} – Loss ratio för en specifik markanvändningskategori

Y_{ma} – Översvämmad yta av en specifik markanvändningskategori

Skadorna summeras sedan upp för alla markanvändningskategorier i en rastercell.

Den ekonomiska översvämningsrisken (potentiell skada x sannolikhet) beräknas som en integrerad risk som bygger på tre olika återkomsttider (10 år, 100 år, extrem) som kombineras i en förväntad årlig skaderisk (i €).

3.1.6 Indata och programvara

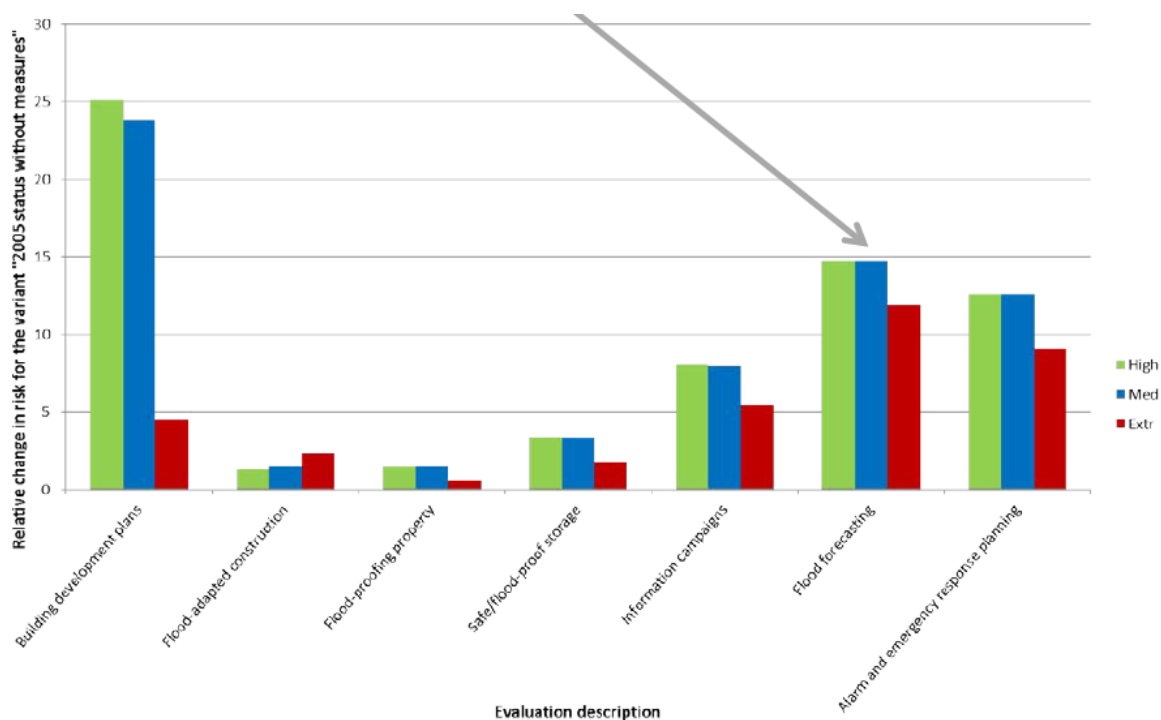
Verktuget FloRiAn kräver som indata en topografisk karta och geoinformation över befolkningsmängd och utveckling, markanvändning, dricksvattentäkter, reningsverk, SEVESO-anläggningar, fågelskyddsområden, natura 2000 områden, kulturarv och översvämningskarteringar. Verktuget kräver ArcGis med Spatial

Analyst. Gedigen GIS kunskap behövs för förberedning av input-data och tolkning och uppföljning av output-data.

3.1.7 Effekten av riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder behöver inventeras med hjälp av en standardiserad enkät. Effekterna av de olika åtgärderna har värderats genom relevant litteratur och expertkunskap.

Figur 8. Effekt av individuella riskreducerande åtgärder



Källa: (ICPR, 2016)

Exemplet ovan (fig. 8, grå pil): översvämningsvarning kan reducera översvämningsrisken med 15% gentemot risken 2005. Åtgärder har störst riskminskande effekt mot översvämnningar med låg och mellan hög återkomsttid.

3.2 BT-FLEMO och Elbeatlas

BT-FLEMO är en probabilistisk skademodell för byggnadsskador utvecklad i Tyskland efter översvämnningen av floden Elbe i sommaren 2002 (Kreibich et al., 2017). Till skillnad till Rheinatlas är det en multivariat metod. Med hjälp av en ensemble av beslutsträd, korrelerades åtta ingångsparametrar som vattennivå/vattendjup, översvämningsens varaktighet, flödes hastighet och vattenföroreningar, förbyggande åtgärder, byggnadsareal och värde samt

återkomsttid för översvämningshändelser. BT-FLEMO (Bagging decision Tree based Flood Loss Estimation Model) är lämplig att användas på meso-nivå, dvs. för medelstora till stora områden. Modellen kvantifierar även osäkerheter i skadeprognosen. Modellen utvecklades och validerades med skadedata från 19 kommuner i floden Muldes avrinningsområde (biflöde till floden Elbe) som drabbades av översvämningen år 2002. Det kunde inte hittas några indikationer att FLEMO-modellen används i praktiken t. ex från myndigheter i Tyskland till översvämningsskadebedömning.

För ElbeAtlas (Label, 2012) har en likande metod som Rheinatlans används med skillnaden att schablonvärden för markanvändning (Euro/m²) har tagits från BEAM-Basic European Assets Map (JRC, 2014) för Tyskland. Karteringen har genomförts av ett konsortium av flera konsultföretag. Källor där den ekonomiska delen av metoden beskrivs kunde inte hittas. Denna nationella kartering hade beställt av tyska Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance (BBK)). Liknande karteringar finns för flera andra europeiska länder, men inte för Sverige.

3.3 Metodvalidering för ekonomiska skador

WIFO (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung) jämförde olika enklare ansatser för en kvantitativ bedömning av översvämningsskador med hjälp av befintliga fritillgängliga datamängder (Sinabell et al., 2016). De fyra utfall validerades på empiriska skadedata från en inträffad, lokal översvämningshändelse. Det som jämfördes var

- a) Markanvändningsvärden per area. Monetära värden för skador för markanvändningskategorier per översvämmat area (Euro/m²) från Rheinatlas och Elbeatlas. Skadebeloppen representerar den potentiella totalskadan.
- b) Byggnadsvärden. Det användes marknadsvärden eller kostnader för nyproduktion (Euro/byggnad)
- c) Byggnadsvärden per m². Det användes schablonvärden per m² byggnadsyta (euro/m²)
- d) Skadefunktioner. Det användes funktionerna från Rhein-Atlas

Resultaten visade att skadefunktionerna från Rheinatlas låg närmast de faktiskt inträffade skadorna. Skadefunktionerna från Rheinatlas uppskattade skadorna något för högt, medan de övriga tre metoder överskattade skadekostnaderna betydligt.

(Wünsch et al., 2009) jämförde Rheinatlans skadefunktioner med FLEMO och en enkel skadefunktion av Murl (2000), där Loss Ratio sattes som 2% av vattendjupet och en annan funktion där $LR = \frac{27\sqrt{x}}{100}$, där x är vattendjupet (Hydrotek, 2001a och 2001b). Till valideringen användes ett skadataset som man hade samlat in

efter de svåra översvämningarna i Tyskland sommaren 2002. Medan Rheinatlas och FLEMO hade en lätt tendens att underskatta skadorna, ledde Hydroteks skadefunktion en till för höga uppskattningar. Murl's skadefunktion däremot gav för låga resultat.

3.4 The multicolored manual- England och Wales

Flood Hazard Research Centre (fhrc) vid Middlesex Universitet har varit drivande för framtagande av riskbedömningsmodeller för översvämning i U.K. Sedan 70-talet har fhrc tagit fram fem manualer som beskriver påverkan från- och tagit fram skadedata för översvämning och kusterosion i England och Wales. Det började med Blue Manual av Penning-Rowell & Chatterton (1977). I Blue Manual läggs grunden för en gedigen kartläggning av effekter och skador av översvämning. Där redovisas också det omfattande arbetet som gjordes för att ta fram U.K.'s skadefunktioner för uppskattning av relationen mellan vattennivå och skada på byggnader. Blue Manual följdes av Red Manual i 1987 och Yellow Manual i 1992. I 2005 kom Multi-Coloured Manual som var en syntes och utveckling av de tidigare manualerna. Under perioden 2009-2011 hade fhrc uppdraget av U.K.'s Environment Agency (EA) att uppgradera all data och information i manualen baserad på nyare inträffade händelser och nyare forskning. Detta har resulterat i en ny version av Multi-coloured Manual (2013), och en Multi-coloured handbok. Handboken är nu tillgänglig i ett online-format, mcm-online. Det är ett resultat av ett samarbete mellan fhrc, EA och DEFRA. I U.K.'s rapportering till IRDC enligt Sendai ramverket rörande frågan om de har tillgång till någon nationell databas för insamling av katastrofdata (disaster losses) lyfter U.K. fram Multi-Coloured Manual. Från myndighetssidan sägs det att detaljerad information relaterat till katastrofförluster samlas och analyseras i syfte att fatta informerade investeringsbeslut och förbättra framtida riskbedömningar (UK 2017), och MCM lyfts fram som exempel

“the Multi-Coloured Manual which guides users carrying out economic assessments of flood and coastal erosion risk management schemes is informed by detailed analysis of the impacts of flood events”

Tillvägagångsätt i manualerna och handboken är standard för ekonomisk bedömning av riskreduktion relaterat till översvämning och kusterosion i England och Wales (mcm-online 2020). MCM-handbok och manual skiljer sig något från övriga verktyg beskrivet i rapporten genom att alla delar inte är fritt tillgängliga. Mcm-online har en sektion som är öppen (open access section) och en sektion som kräver licens. Både licenserna och MCM-manualen är avgiftsbelagda.

3.4.1 Skillnad mellan manual och handbok

Handboken är tänkt att vara en enkel och uppdaterad resurs. Den ska göra det möjligt för användaren att genomföra ekonomiska bedömningar med minimal ansträngning för att majoriteten av riskreducerande åtgärder vid översvännings- och kusterosion ska kunna bedömas. Metodologier i handboken uppdateras när ny information blir tillgänglig och ersätter då de befintliga från den senast tryckta versionen av manualen. Bedömningarna ska stödja offentliga organisationers krav att analysera och rapportera enligt riktlinjer från HM Treasury, EA och DEFRA. Bedömningarna är dock inte alltid enkla och manualen kompletterar handboken med fördjupad information, beskrivningar, teori och metod. Handboken finns från tidigare i tryckt version men nu som sagt även i en digital version.

3.4.2 Multi-Coloured Manual

Syftet med Multi-Coloured Manual, MCM, är i första hand att tillhandahålla tillämpbara metoder och data för att värdera nytta av riskhantering av fluviala översvämningar och kusterosion (Penning-Rowsell et al. 2013). MCM riktar sig mot ingenjörer och tjänstemän som arbetar med hantering av översvänningsrisker och värdering av åtgärder. MCM ger detaljerade beskrivningar och exempel på vad översvämningar kan kosta, blandad med teori och goda råd. Kartläggningen av MCM nedan är enbart översiktlig och ger ingen fördjupad beskrivning av metoder och data och kan enbart ses som en fingervisning av vad som lyfts i MCM. För utförlig beskrivning av data och tillvägagångssätt se Penning-Rowsell et al. (2013).

Sektioner med information, riktlinjer och data som belysas i MCM

- Skada på bostäder
- Övriga fastigheter (ex. skolor, kyrkor, sjukhus, industri, handel, kontor, parkering, lekpark, etc.)
- Infrastruktur (ex. transportnätverk, eldistribution, VA-nät, skolor)
- Rekreation
- Jordbruk
- Miljö

Skador på fastigheter (residential och non-residential) är till största delen, men inte enbart, baserat på direkta skador. MCM tillhandahåller skadefunktioner (depth-damage functions) för skattning av direkta översvämningsskador på fastigheter. Dessa är till största del baserat på ett syntetiskt tillvägagångssätt, dvs. detaljerade ”vad-om” scenarion. T. ex. vad är den sannolika skadan på en specifik typ av byggnad om den översvämmas upp till en specifik vattennivå? Denna typ av frågor har besvarats för många typbyggnader och översvämningsscenario av experter, exempelvis byggnadsingenjörer och skadereglerare, tillsammans med forskare. Det

syntetiska tillvägagångssättet inkluderar också kunskap som kommer från empiriska data (Penning-Rowsell et al.2013, Grahn 2017, Grahn 2020a).

Under Infrastruktur värderar MCM indirekta skador till följd av översvämning orsakat av avbrott i service eller kommunikation (Penning- Rowsell et al. 2013). Detta baseras bl.a. på typ av infrastruktur, hur många som drabbas av avbrottet, under hur lång tid, och en skattad betalningsvilja (WTP) för att undvika avbrottet.

Exempel: Skattad kostnad för el-avbrott

Antal hushåll som påverkas av avbrottet elförbrukning per timme * uppskattad längd på avbrott * WTP per timme*

Ett annat tillvägagångssätt för att skatta kostnad för avbrott i service är att beräkna övertid för personal exempelvis för sjukvårdspersonal, polis, räddningstjänst etc., eller kostnad för service som inte kan användas pga. avbrott, exempelvis kostnad per sjukhussäng, dagisplats, som inte kan användas under pågående översvämning (Penning-Rowsell et al. 2013).

Under Rekreation ligger fokus på rekreationsområdets värde för användaren. Det är primärt två typer av information som behövs; Hur många användare påverkas av störningen/förhindret en översvämning medför, och det monetära värdet användaren förknippar med störningen/förlusten av rekreationstjänsten (Penning-Rowsell et al. 2013). Det finns flera metoder för att ta fram värden på rekreationstjänster, exempelvis CV-metoden eller reskostnadsmetoden.

Under Jordbrukssektor lyfter MCM två perspektiv på översvämningsskador; Finansiell påverkan som speglar hur en översvämning påverkar jordbrukarens inkomster och utgifter, och ekonomisk påverkan som tar ett bredare perspektiv, exempelvis hur en lokal översvämning påverkar en regions eller en nations ekonomi. Data som används i MCM listar bl.a., men inte enbart, följande data som intressant att kvantifiera för denna sektor: Typ av grödor eller foder, area, marknadspriser för grödor och foder, typ av djurhållning, antal djur, marknadspriser för djur.

Under Miljö lyfter Penning-Rowsell et al. (2013) olika utmaningar med värderingar av miljö i relation till översvämningssrisk och riskreducerande åtgärder och hur mål för riskreduktion kan hamna i konflikt med miljömål. Vägledning i denna sektion av MCM är mer generell jämfört med övriga sektioner och inte lika praktiskt tillämpbart som de övriga delar av MCM.

3.4.3 Handboken

Handboken är en fristående ”Steg-för-steg-guide” för att bedöma fördelarna (nyttan) med riskhantering av översvämning och kusterosion. När nyttan jämförs med kostnader för att reducera risk kan användaren analysera relationen mellan nytta och investeringskostnad. Jämförelsen ska göra det möjligt att identifiera de åtgärder som maximerar den samhällsekonomiska lönsamheten.

Online-handboken innehåller metoder för att bedöma skada på bostäder och övriga fastigheter (kommersiella/industriella). Uppdaterade data om skador på bostäder och övriga fastigheter baseras på relationen mellan vattendjup och skada (skadefunktioner) i Excel och flat-file format. Enligt hemsidan ska MCM-online även innehålla data över fordonsskador och evakueringskostnader. Detta har dock inte observerats i kartläggningen som redovisas i denna rapport. Vidare innehåller handboken information om skyddsåtgärder och varning på fastighetsnivå, metoder för att uppskatta direkta och indirekta skador på skolor, sjukhus, och infrastruktur, jordbruksfluster och rekreativvärden. Metodologier i handboken uppdateras när ny information blir tillgänglig och kan därför ersätta dem i 2013 års handbok. I handboken är priser uppdaterade till 2020 års prisnivå.

MCM-online har en sektion som är öppen (open access section) och en sektion som kräver licens. Den licensierade sektionen innehåller mer detaljerad information och data kring exempelvis kostnadsuppskattningar. Licenskostnaden beror på organisationstillhörighet och användarbehov. Den publika sektionen <https://www.mcm-online.co.uk/public/> är indelat i tre användarnivåer (Fig. 9). Den öppna sektionen vänder sig främst till användare som är relativt nya inom riskbedömning och samhällsekonomisk analys av översvämningsrisk.

Figur 9. Tre nivåer av MCM-handboken under open access-sektionen

Level 1	<p>Target Audience Members of the public or members of a flood action group who have experienced flooding in the past or are concerned about future flood risk but have little or no knowledge of flood risk management and the processes involved.</p> <p>Learning Outcomes A general overview of floods; how the risk reduction process works and where economics fits in; what the key words/terminology mean; what kind of data goes into economic assessments of flood schemes; the categories of flood risk management benefits and their importance.</p> <p>Contents An introduction to flood risk management and cost-benefit analysis; Assessing flood damage to residential, non-residential (commercial) property and 'other' losses.</p>
Level 2	<p>Target Audience Individuals already engaged and knowledgeable with certain aspects of flood risk management. The information provided assumes you are aware of the different types of flood risk and have some knowledge of flood risk management schemes.</p> <p>Learning Outcomes How the flood risk reduction process works and where economics fits in; a reminder of what kind of data goes into economic assessments; the categories of FRM benefits and their importance; some approximate figures about the possible benefits of investments</p> <p>Contents An overview of cost-benefit analysis; Assessing flood damage to residential and non-residential (commercial) property and when to consider 'other' losses; A simple flood damage calculator.</p>
Level 3	<p>Target Audience Individuals with a good knowledge of flood risk management, likely to have a background in geography, emergency planning or drainage engineering within a local authority, Environment Agency team or a similar flood-concerned organisation. This section is not aimed at private sector flood risk management consultants.</p> <p>Learning Outcomes How the risk reduction process works and where economics fits in; how this relates to Partnership Funding; tools to simulate a typical flood situation in order to gain a greater insight into the benefits of investments.</p> <p>Contents The risk reduction process and partnership funding; Benefit appraisal case study and calculation tools.</p>

Källa: mcm-online 2020

Nivå 1 beskriver översiktligt de olika stegen för bedömning av risk, nyttor och kostnader.

Nivå 2 fördjupar något och tillhandahåller också en enklare beräkningsmodell för uppskattning av monetär nytta kopplat till genomförande av åtgärd, *The Weighted Annual Average Damage (WAAD) Estimation Tool*. Beräkningsmodellen laddas ned i form av en Excel-fil och är baserat på genomsnittliga värden för påverkan på bostäder (residential) och övriga fastigheter (non-residential). Ingen ytterligare uppdelning mellan typer av egendom görs inom dessa två kategorier. Beräkningar av effekten av åtgärder kan skilja sig mycket från faktisk effekt i ett specifikt geografiskt område. Skattningarna kan endast användas som grova bedömningar och borde inte användas på micro-nivå ex. gatunivå. WAAD hittar ni här: <https://www.mcm-online.co.uk/public/level2-step3/>.

Nivå 3 höjer, enligt den information som har varit tillgänglig för granskning, detaljeringsnivå och förkunskapskrav hos användare ytterligare. Nivå 3 ska innehålla en detaljerad fallstudie som inkluderar alla steg i en kostnads-nyttoanalys, inklusive beräkningsmodell för kostnadsnyttokvot. Fallstudien är dock i skrivande stund inte tillgänglig via hemsidan och granskning har inte varit möjligt att genomföra. Utöver beräkningsmodellen WAAD tillhandahåller nivå 3 ett förenklat verktyg för att uppskatta nytto-kostnad av riskhantering (A simplified benefit:cost appraisal tool for flood risk management)(Fig.11). Verktöget hittar ni här (klicka på bilden) <https://www.mcm-online.co.uk/public/level3-step3/>. Nyttan är den skada som inte kommer inträffa, på bostäder och annan egendom, till följd av att åtgärden genomförs. Denna nytta beräknas med skadefunktioner baserat på relationen mellan vattennivå i byggnader och skadestorlek. Kostnaden motsvarar kostnaden för genomförandet av en åtgärd. Vidare tar analysen hänsyn till tidsperioder för vilka kostnader och nyttor ska beräknas (antal år), och räknar om alla kostnader och nyttor till ett nuvärde med hjälp av diskonteringsränta. Återkomsttid för översvämning, vattennivåer, exponerad egendom (residential och non-residential), tidsperiod, och diskonteringsränta bestäms av utförare. Inga andra faktorer ingår i den förenklade analysen.

Figur 10. Skärmdump av Exel-fil med WAAD

How do I use the tool?
There are three steps to calculating a ball-park annual average damage figure:

- 1 Enter the number of residential and non-residential properties (NRPs) into the red table for each band of risk, based on the EA flood map for your location.
- 2 Now enter the number of residential and NRPs into the green table as would now be the case if the flood protection measures had been implemented.
- 3 The tool will automatically calculate the estimated total benefits from the scheme.

Map legend
 Risk of Flooding from Rivers and Sea
 High
 Medium
 Low
 Very Low

High: > 1 (flood) in 30 (years) (3.3%)
Medium: between 1 in 100 (1%) and 1 in 30
Low: 1 in 1000 (0.1%) and 1 in 100
Very low: "this area has a chance of flooding of less than 1 in 1000"

Note: This takes into account the effect of any flood defences that may be in this area. Flood defences reduce, but do not completely stop, the chance of flooding as they can be overtopped or fail.
[Click here for the EA flood maps](#)

1 Enter the number of properties under the **current situation**

Category	Residential	Non-Residential
High Risk Area	100	100
Medium Risk Area	50	50
Low Risk Area	20	20

2 Enter the **average ground floor size** for all of the NRPs in sq metres (m²): **66**

Enter the number of properties **after** protection measures have been implemented

Category	Residential	Non-Residential
High Risk Area	80	80
Medium Risk Area	20	20
Low Risk Area	20	3

*The average floorsize for all NRPs at flood risk in England and Wales is 66m²

3

Total Benefits provided by the new scheme (£)	5 - 10	Millions
---	--------	----------

This is for the 50-year lifetime of the scheme with a 3.5% discount rate

Källa: mcm-online 2020

Figur 11. Skärmdump av första flik i Excel- fil för benefit:cost appraisal

A simplified benefit:cost appraisal tool for flood risk management (Issue 1; 2020)

A Word of caution:
This is a somewhat complex spreadsheet, incorporating all the stages in calculating the benefit:cost ratio and other indices of scheme worthwhileness. It is not for the novice, because the complexity will be somewhat off-putting. It is also somewhat simplified, in that average flood depths are used for properties affected, rather than individual property levels and resulting flood depths. It is a tool to be "played with", rather than used as a serious project appraisal calculator.

Select one of the steps below:

- 1 Calculate the number of properties at risk for each return period
- 2 Assign the correct depth-damage value from the Multi-Coloured Manual data
- 3 Calculate the discounted annual average damages
- 4 Calculate the Benefit:Cost Ratio and select the most worthwhile scheme

Key

- Inputs
- Outputs
- Intermediate workings
- Read me/info
- Step overview

Källa: mcm-online 2020

3.5 USA

I USA finns det lång erfarenhet av att använda sig av kvantitativ analys som beslutsunderlag vid riskreduktion. Federal Emergency Management Agency, FEMA, samordnar den federala regeringens roll när det gäller att förbereda, förebygga, mildra effekterna av, reagera på och återhämta sig från alla nationella katastrofer, antingen naturliga eller människoskapade, inklusive terrorhandlingar. FEMA's Natural Hazard Risk Program ligger under avdelningen för aktuarie- och katastrofmodellering vid FEMA's huvudkontor och är bl.a. ansvarig för utveckling, tillämpning och support vid genomföranden av FEMAs National Flood Insurance program (NFI), National Risk Index (NRI) och FEMA's metodologi för att beräkna potentiella förluster till följd av naturolyckor, HAZUS MH-Hazard United States Multi Hazard.

3.5.1 Hazus

Hazard, med tillhörande programvara för riskbedömning av naturolyckor i USA, är ett tillvägagångssätt för riskbedömning av översvämning, jordbävning, orkan och tsunami som används för riskhantering av naturolyckor i USA på lokal och regional nivå. Hazus erbjuder ett standardiserat och effektivt tillvägagångssätt för kvantitativ riskbedömning. Hazus-metodologin är en integrerad modell som syftar till att identifiera och kvantifiera naturolycksrisk, med avseende på människor, egendom och infrastruktur, för att stödja beslutsfattande kring förebyggande, planering, beredskap, och återuppbyggnad i riskutsatta områden. Metodologin och det verktyg som programvaran är har många målgrupper som kan delas in i två grupper, genomförare (ex. riskanalytiker, och forskare) och användare (ex. beslutsfattare och kommunikatörer). Hazus gör riskbedömning tillämpligt för riskhanterare på olika myndighetsnivåer men också för privata aktörer och andra organisationer.

Scawthorn et al. (2006) beskriver hur HAZUS huvudsakligen består av de två processerna: 1) analys av översvämning (hazard), där rumslig variation av vattnets djup och hastighet för ett givet område kartläggs, och 2) konsekvensanalys, där direkta skador och förluster på byggnader, infrastruktur, fordon och jordbruk skattas. Även behov av tillfälligt boende kan uppskattas utifrån mängd population som exponeras för en översvämning (sistnämnda möjligen inte så relevant med avseende på svenska översvämningar för nuvarande). Direkt skada och förluster på byggnader skattas med hjälp av så kallade skadefunktioner (depth-damage or vulnerability curves).

Hazus-metodologin har analyserats i det avslutade MSB-finansierade forskningsprojektet Kvantitativa beslutsmodeller för riskreduktion vid CSR vid Karlstads universitet <https://www.kau.se/csr/hazus>, men är också en del av det pågående projektet Kvantitativ riskbedömning av naturolyckor. Hazus och National Risk Index <https://www.kau.se/csr/forskning/forskningsprojekt/kvantitativ-riskanalys-av-naturolyckor-hazus-och-national-risk>. I det sistnämnda ska vidare tillämpning av

Hazus i Sverige utvecklas och med det finns en tydlig synergieffekt med projektet Riskbedömningsmetoder för skyfallsskador som finansieras av Formas ska genomföras vid CSR med projektstart 21-01-0.

3.5.1.1 Hazus MH programvara och struktur

Hazus är fritt nedladdningsbart på FEMAS hemsida. ESRI's ArcGIS, vilket är en kommersiell produkt, är dock för nuvarande nödvändigt för att kunna använda Hazus. Sedan open source GIS produkter av hög kvalitet har blivit tillgängliga så har FEMA dock ett pågående arbete med att flytta Hazus från en ArcGIS plattform till en open source GIS plattform, vilket då kommer att göra Hazus tillgängligt för flera.

Hazus MH programvara består av fyra moduler där varje modul representerar en typ av naturolycka. Figur 12 ger en översikt över vilken typ av information som kan hanteras och vilka skador och förluster som kan analyseras inom de olika modulerna om underlagsdata finns, och som då kan ligga till grund för riskbedömning.

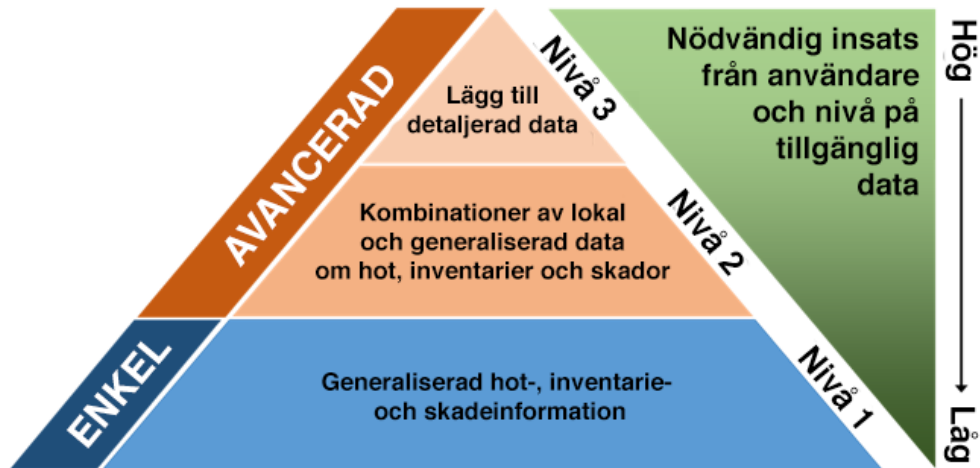
Figur 12. Beskrivning av typinformation som kan analyseras i Hazus om data finns

Hazus Capabilities	Earthquake Ground Shaking Ground Failure	Flood Frequency Depth Riverine Coastal Surge	Hurricane Wind Surge	Tsunami Depth Momentum Flux Runup Velocity
Inputs				
Historic	✓		✓	
Deterministic	✓	✓	✓	✓
Probabilistic	✓	✓	✓	
User-supplied	✓	✓	✓	✓
Other supported inputs	Real-time & scenario USGS ShakeMaps	Risk MAP, User-supplied depth grids (ArcGRID, GeoTIFF, IMAGINE), HEC-RAS (.FLT)	Hurrevac, User-supplied wind files (.dat)	NOAA PMEL SIFT, State models
Direct Damage				
General Building Stock	✓	✓	✓	✓
Essential Facilities	✓	✓	✓	
Transportation Systems	✓	✓		
Utility Systems	✓	✓		
User-Defined Facilities	✓	✓	✓	✓
Induced Damage				
Fire Following	✓			
Debris Generation	✓	✓	✓	
Direct Losses				
Cost of Repair	✓	✓	✓	✓
Income Loss	✓	✓	✓	✓
Agricultural		✓		
Casualties	✓			✓
Shelter and/or Evacuation Needs	✓	✓	✓	✓
Average Annualized Loss (AAL)	✓	✓	✓	

Källa: Hazus MH-Flood 4.2 & Grahn (2020b)

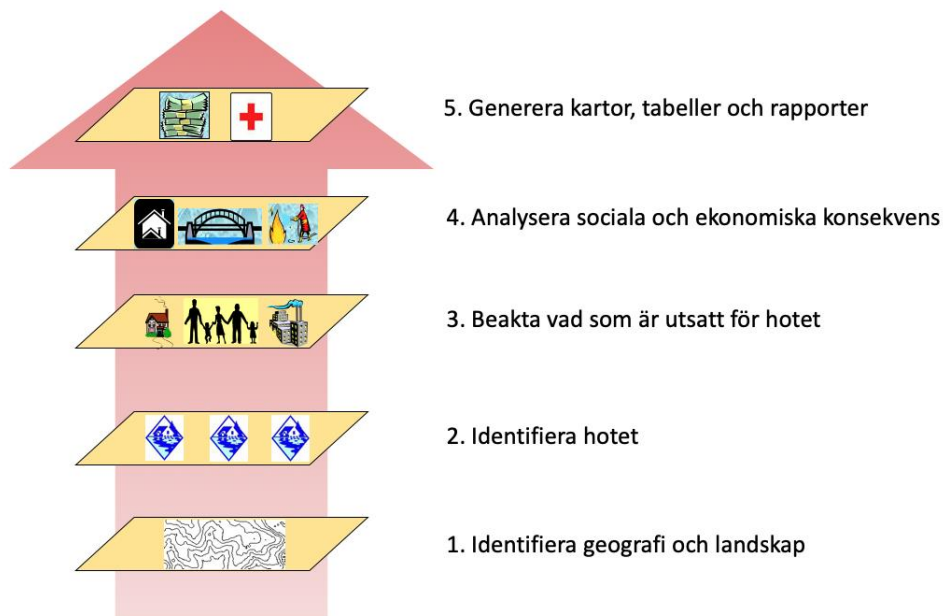
I programvaran finns möjlighet att göra analyser på tre olika nivåer som kräver olika mängd expertis (fig. 13). Nivåerna skiljer sig med avseende på databehov och tidsåtgång.

Figur 13. Beskrivning av analysnivåer i Hazus MH Floods med avseende på expertis, databehov, och tidsåtgång



Källa: Grahn 2020b

Figur 14. Tillvägagångssätt för riskbedömning i Hazus MH mjukvara



Källa: Grahn (2020b)

Indata

I Hazus programvara (i USA) ingår en betydande databas som består av landstäckande inventering av demografiska data, byggnader, samhällsviktig

infrastruktur och anläggningar för farligt avfall. Amerikanska datakällor är amerikansk Census (demografi, bostäder), Dun and Bradstreet (commercial buildings), och diverse federala databaser (infrastruktur transport, el, vatten, avlopp mm, lantbruksdata) (Schnedier och Schauer 2006). I USA är geografisk fördelning av invånare, byggnader, infrastruktur, fordon och jordbruksresurser tillgänglig från "Inventory data" som är inkluderat i Hazus verktyget. Hazus General Building Stock (GBS) är en omfattande samling byggnadsattribut och modellparametrar som används för att beräkna naturriskpåverkan på en given region. Detta är US specifik information, baserat på det nationella byggnadsbeståndet och det är inte tillgänglig för användare utanför USA (själva Hazus är tillgänglig för alla).

För uppskattning av skador på byggnader används skadefunktioner baserat på relationen mellan vattennivå och skadeomfattning. Genom Hazus får analytiker tillgång till mer än 900 olika USA-baserade skadefunktioner för byggnader som kan bidra till att anpassa scenarion.

Det finns i nuläget inte svenska datamotsvarigheter som per automatik kan importerats till Hazus programvara så alternativa data och tillvägagångssätt måste tas fram, anpassas och appliceras.

Kostnadsnytto-analys i Hazus

I nuvarande amerikansk tillämpning av Hazus används programvaran sällan i syftet att genomföra kostnadsnyttoanalyser. Från det att programvara och metodologi parallellt utvecklades har programvaran anpassats till användares behov. När det söks finansiell stöd för riskreduktion hos federala myndigheter så krävs det att den sökande parten har genomfört en kostnyttoanalys som visar på en positiv samhällsekonomisk lönsamhet. De har inget krav på sig att genomföra kostnyttoanalysen i Hazus eller annan specifik mjukvara men FEMA erbjuder ett stöd och en mall för kostnyttoanalys som ligger utanför Hazus programvara. Det är en Excel-baserat mall med tillhörande manual för vägledning kring monetära värden (FEMA 2016). Det finns dock möjligheter att använda Hazus-analyser till kostnadsnyttoanalys av riskreduktion. Detta kräver dock två eller flera körningar i Hazus beroende på antal åtgärder och deras uppskattade effekter på översvämningsexponering. Körning 1 blir då en modellering av monetära förluster av översvämning utan implementering av åtgärd. Övriga körningar blir modelleringar av monetära förluster efter implementering av åtgärder för riskreduktion. Nyttan av en åtgärd blir då mellanskillnaden mellan monetära förluster med och utan åtgärden (körning 2 – körning 1).

3.5.2 National Risk Index

National Risk Index (NRI) är ett nyutvecklat webbverktyg för kommunikation och bedömning av multirisiker med avseende på naturolyckor/naturhändelser (lanserades i november 2020). NRI skapades för att underlätta för samhällen att förstå den egna relativa naturolycksrisken och den samhällspåverkan som kan förväntas vid exponering för ett hot. NRI inkluderar 18 olika naturolyckstyper,

bland annat översvämmingar, och väger in deras sannolikhet att inträffa i olika delar av USA, den sociala och ekonomiska sårbarhet, och samhällets resiliens. Användningsområden för NRI är många men den kan bl.a. nyttjas för att prioritera mellan lokala, regionala eller nationella risker och/eller uppskatta den sammanvägda risken som utgörs av multipla naturolyckor/naturhändelser. I USA har framtagandet av NRI drivits av FEMA. Utvecklandet och tillhandahållande av data har dock vilat mycket på frivilliga insatser och bidrag från andra amerikanska myndigheter och övriga organisationer.

Indata till NRI har hämtats från trovärdiga och etablerade källor i USA. En förutsättning i datainsamlingen var att underlag ska vara tillgängliga nationellt på *Census tract* nivå och innehålla geografisk (spatial) och tidsmässig (temporal) information. *Census tract* är en amerikansk administrativ indelning där information om folkräkning, demografi etc. sammanställs på denna nivå av United States Census Bureau. Statistiska centralbyrån (SCB) är närmaste motsvarighet i Sverige som sammanställer liknande information. Vidare gällande datainsamling har data samlats från både allmänt tillgängliga källor och från organisationer som samarbetar med FEMA. Vad gäller datahantering stöds NRI av aggregerade och normaliserade data.

Karlstad universitet/Centrum för forskning om samhällets risker har ett pågående forskningsprojekt där analys av NRI är ett delprojekt. Projektet finansieras av MSB. Avsnitten om NRI i denna rapport är hämtat från det pågående projektets delrapportering till MSB hösten 2020, bilaga 1. ytterligare information om projektet finns på projekthemsidan där nya resultat kommer att publiceras fortlöpande <https://www.kau.se/csr/forskning/forskningsprojekt/kvantitativ-riskanalys-av-naturolyckor-hazus-och-national-risk,och hos FEMA> <https://www.fema.gov/flood-maps/products-tools/national-risk-index>.

Naturolycka/naturhändelse i NRI

I NRI representeras de mest vanliga naturolyckstyper som förekommer inom USA's gränser. Utöver detta inkluderas också signifikanta regionala naturolyckor/naturhändelser, ex. tsunami och vulkanisk aktivitet. Totalt inkluderar NRI 18 olika typer.

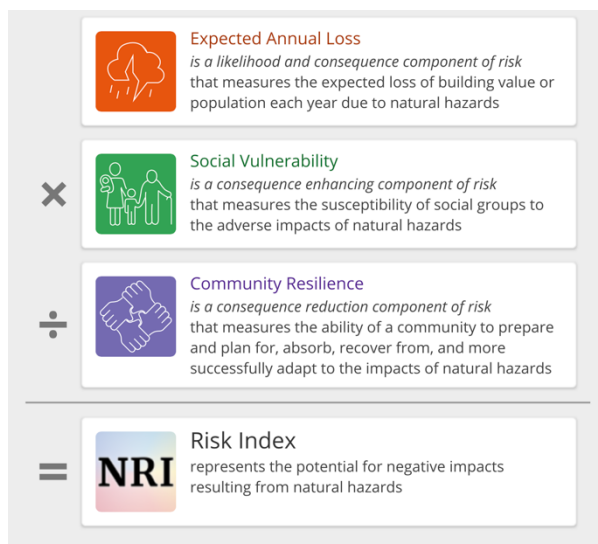
- Lavin
- Värmebölja
- Stark vind
- kustöversvämning
- Orkan
- Tornado
- kyla
- Isstorm
- Tsunami
- Torka
- Jord/ler skred
- Vulkanisk aktivitet
- Jordbävning
- Åska
- Löpeld (wildfire)
- Hageloväder
- Översvämning vattendrag
- Vinterväder

Delarna i NRI

NRI beräknas enligt följande (Fig 15):

$$NRI = (Expected\ Annual\ Loss * Social\ Vulnerability) / Community\ Resilience$$

Figur 15. Beskrivning av beståndsdelarna i NRI



Källa: (FEMA 2020)

Förväntad årlig förlust (Expected Annual Loss)

Förväntade årliga förluster representerar monetära förluster av byggnadsvärden, inom areella näringar, och befolkning. Ett högre förväntat värde, relativt till övriga faktorer i indexet, leder till ett högre riskindex. Monetära skattningar av befolkningsförluster är baserat på det statistiska måttet Värde av statistiskt liv (VSL). Underlag till Förväntade årliga förluster tillhandhålls av federala och statliga myndigheter, akademi och andra forskningsinstitutioner. Datatyper varierar mellan naturolyckstyperna och det gör även längden på dataserierna. För vissa naturolyckor/naturhändelser krävdes flera datakällor medan andra vilar på endast ett sammanhållet dataset. Förväntade årliga förluster beräknas enligt följande

$$Förväntade\ årliga\ förluster = Exponering\ naturolyckor * Frekvens\ naturolyckor * historiska\ förluster$$

Social sårbarhet (Social Vulnerability)

Social sårbarhet är grupperns känslighet för negativ påverkan från naturolyckor/naturhändelser inkl. oproportionerlig fördelning vad gäller dödsfall, skador, och övriga förluster mellan samhällsgrupper. Ett högre socialt sårbarhetsvärde, relativt till övriga faktorer i indexet, leder till ett högre riskindex. Flera sårbarhetsindex blev värderade för användning i NRI men efter en granskning beslutades att använda SoVI, Social Vulnerability Index, SoVI 2010-2014, framtaget av South Carolina's Hazard and Research Institute (HVRI) <http://artsandsciences.sc.edu/geog/hvri/front-page>. Social sårbarhet är definierat

av Cutter et al. (2000) som potentialer för förlust av egendom eller liv. SoVI är ett sammansatt index som syftar till att kvantifiera social sårbarhet och differentiera mellan områden baserat på deras sociala sårbarhet (Cutter et al. 2003). En anpassning och en tillämpning har gjort av SiVI i vårt grannland Norge. Se Holand et al. (2011) och Holand & Lujala (2013). Det pågår även ett forskningsprojekt vid Karlstads universitet/Centrum för forskning om samhällsrisker där det utvecklas ett svenskt sårbarhetsindex baserat på svenska data. Forskningsprojektet är inspirerat av Cutter och den norska tillämpningen. Projektet finansieras av MSB och ska slutrapporteras i december 2020.

SoVI 2010–2014

SoVI 2010–2014 är grupperat i 7 komponenter och med 28 undervariabler (Zusak 2019). Underlagsdata hämtas från US census data. SoVI-metodologin använder procentuella värden och omvandlar dessa till Z-värden (Cutter & Emric, 2017), med medelvärde 0 och standardavvikelse 1. När värden är standardiserade används Principal Component analys, variabler grupperas och genom en additiv modell kan en övergripande skattning för social sårbarhet tas fram.

1. Race and class (7 variabler)
2. Wealth (5 variabler)
3. Elderly residents (6 variabler)
4. Hispanici ethnicity (5 variabler)
5. Special needs individuals (2 variabler)
6. Native American ethnicity (1 variabel)
7. Service industry employment (2 variabler)

Samhällsresiliens

The Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC) framtaget av South Carolina's Hazard and Research Institute (HVRI) vid University of South Carolina representerar samhällsresiliens i NRI

<http://artsandsciences.sc.edu/geog/hvri/bric>. BRIC identifierar samhällets förmåga att förbereda och planera för, hantera, återhämta sig ifrån och anpassa sig till effekter av och påverkan från naturolyckor/naturhändelser. Ett högre värde på samhällsresiliens, relativt övriga faktorer i NRI, leder till ett lägre riskindex.

4 Spaning om datainsamling

Behovet av standardiserade indikatorer för mänskliga och ekonomiska effekter i förlustredovisningen har erkänts allmänt (IRDR 2015). För närvarande finns det tre globala förlustdatabaser (CREDs EM-DAT, Munich Re's NatCatSERVICE och Swiss Re's sigma) (IRDR 2015). IRDR (2015) ger vägledning till metoder för datainsamling för katastrofförluster och hur man kan registrera mänskliga och ekonomiska effekter i en databas. På nationell nivå (i Europa) finns för närvarande mer än 55 förlustdatabaser, med en stor majoritet som använder DesInventar-databasmodellen (IRDR 2015). Cirka 35 nationella databaser som erbjuder förlustdata fram till 2014 kunde endast göra det med ekonomiskt och / eller tekniskt stöd från FN (IRDR 2015).

MSB har två databaser för information om stora händelser – Stora olyckor och Naturolycksdatabasen. Ingen av databaserna har uppdaterats sedan 2015 och enligt MSB (2019) är databaserna inte tillförlitliga för att tillhandahålla kvantitativa data. Naturolycksdatabasen har dessutom lagts ned pga. tekniska problem, och innehållet nås nu endast i form av en Excel-fil (MSB 2019a).

Av Sendai-ramverket förväntas det att förlustdatabaser som minimum innehåller indikatorer på primärnivå. I takt med att förlustredovisningar förbättras är det mycket önskvärt att databaser utvidgas med sekundära och tertiära indikatorer för att ge en mer övergripande bild av mänskliga effekter av katastrofer. De fem primära mänskliga indikatorerna är: dödsfall, saknade -, skadade, exponerade och ekonomiska förluster som kumulativa uppskattningar utan att skilja mellan direkta eller indirekta effekter (IRDR 2015). Dessutom rekommenderas att inkludera information om tillförlitlighet och osäkerhet i skattningar och indextal. Detta för att underlätta för användare i deras tolkning av informationen. Ett exempel på information, om kvantitativa mått på osäkerhet och tillförlitlighet saknas, är: Högt trovärdighet, måttligt trovärdighet, lågt trovärdighet, inget trovärdighet.

En annan viktig aspekt och värt att inkludera i en databas är om förlusterna täcks av försäkring eller ej. Täcks det av en försäkring (ex. hemförsäkring) kan det ge värdefull information kring omfattning av skador men kan inte räknas som en samhällsrelaterad förlust (MSB 2010). Trots att försäkringsbolagens skadedata har visat sig som en bra källa har bolagens möjligheter av att dela med sig av sina data ytterligare försämrats genom införandet av den Europeiska dataskyddsförordningen GDPR i maj 2018.

Ambitionen inom EU är att länderna ska ha en nationell databas för katastrofdata. Det finns också en ambition om att de nationella riskbedömningar som alla medlemsländer ska göra och rapportera till EU ska baseras på insamlade data (MSB 2019b).

SMHI:s arbete med indikatorer

SMHI har fått i uppdrag av regeringen att utveckla ett system för uppföljning och utvärderingar av det nationella arbetet med klimatanpassning. Systemet inkluderar kontinuerlig datainsamling och uppföljning som ska ligga till grund för utvärdering och analys. Som en del av detta pågår ett arbete med att ta fram effektindikatorer som mäter sårbarhet och anpassning inom olika samhällsområden. SMHI:s arbete riktar sig mot klimatanpassningsindikatorer i stort men där naturolyckor är representerade, och därför kan effektindikatorerna visa sig vara lämpliga som underlagsdata för framtida riskbedömningar av naturolyckor. Resultat ska rapporteras till regeringen december 2020. Följande principer finns för indikatorerna: Indikatorerna ska fokusera på de mest centrala riskerna och möjligheterna, och de områden där arbete med klimatanpassning pågår. Indikatorerna ska tillsammans mäta både sårbarhet och anpassning inom fokusområdena. Indikatorerna ska inte styra mot missanpassning. Systemets datainsamling ska både vara kontinuerlig och flexibel. Indikatorerna ska i möjlig mån utgå från befintliga data.

Förslag på information och data för framtida riskbedömning

Behovet av data som underlag för riskbedömningar är stort. Viss data sammanställs, men ofta för andra ändamål och är utspritt på olika aktörer. I tabell 3 spanar vi kring vilken typ av information och data som skulle vara värdefullt för riskbedömning av översvämningar. Sammanställningen är inte komplett, den ska snarare ses som en skiss som kan vidareutvecklas i framtiden. De gulmarkerade områdena i tabellen representerar mått uttryckt i monetära enheter.

Tabell 3. Spaning kring databehov. De gulmarkerade områdena står för monetära mått

Översvämning	Fastigheter	Människor	Samhällsviktiga verksamheter (funktion)
sannolikhet/återkomsttider	Geo-refererens (grid referens) för fastighet	Antal boende i ett område	Sjukhus (antal användare, oanvänd resurs)
Föreoret vatten	Fastighetskategori	Antal arbetare i ett område	Vårdcentraler
Varaktighet	Area på fastighet i m2 om fastigheten är non-resident	Antal personer per hushåll	Äldreboende (antal användare, oanvänd resurs)
	Grundyta byggnad	Ålder	Polis
	Yta byggnad	Sjukdagar orsakat ex. av kontinert vatten	Räddningstjänst
	Antal våningar	Sårbarhetsindex	Skolor (antal användare)
	Med eller utan källare	VSL	Förskolor (antal användare)
	Uppskattat vattennivå i hus	QUALY	
	Höjd för tröskelnivå för översvämning vi fastighet		
	Byggmaterial struktur		
Ariella näringar	Markanvändning/topografi	Kritisk infrastruktur (funktion)	Kritisk infrastruktur (objekt)
Typ av grödor och foder	Andel hårdgjord yta i urbana områden	EI (antal användare, längd avbrott)	EI
Marknadspriser för grödor och foder	Terrängens lutning	Transport person & Gods (trafikflöden, längd avbr	Transport (järnväg, väg, längd)
Antal djur	topografisk höjd	IT och telekomm. (antal användare, längd avbrott)	IT och telekomm.
Typ av djur	TWI	Vatten/VA (antal användare, längd avbrott)	Vatten/VA (kategori, dimention, längd)
marknadspriser kött, mjölk			
Typ av skog			
Hektar skog			
Marknadspriser skog			
Ersättning till skogbrukare/jordbrukare/djurhållare för bortfall av inkomst			
Förorenade område	Kultur	Rekreation	Ekonomi
Seveso-anläggning	Typ/Kategori	Typ av rekreationsområde	Fastighetens/Byggnadens taxeringsvärde
Typ av förorening	Antal användare	Antal användare	Köpkraft i området (statial aggregat)
Area på område	Längd på avbrott eller förhinder	Längd på avbrott eller förhinder	Ersättning för avbrott
Påverkan från översvämning	WTP	WTP	Overtidersättning (ex. vårdpersonal)
Påverkan det hälsa, djurliv, natur			
Kostnad för sanering av förorenad mark			
Deponikostnad			
Resiliens	fordon		
Förmåga till (själv)evakuering	Antal fordon i området		
Förebyggande åtgärder			
Beredskap(praktisk och mental)			
Förmåga att vidta akuta åtgärder			

5 Sammanställning av pågående utvecklingsprojekt på CSR

Projektet SPLASH (Skyfallsmodellering-PLANering, Analys och SårbarhetsHantering) 2018 – 2019, KK-finanserat

Genom analys av inträffade skyfallshändelser undersöktes sambanden mellan nederbördsintensitet, markanvändning, byggnadskarakteristika och topografi i Jönköping. Med hjälp av 17 år av koordinatsatt översvämningsskadedata och högupplöst nederbördsdata från kommunens nederbördsmättnät testades olika metoder för en bedömning av skyfallsrisker. Ett mål var även utvecklingen av skadefunktioner som bl. a bygger på nederbördsmängd. Det testades också en insamlingsmetod av skadedata efter översvämningar som utfördes med en enkät av restvärdesräddarna på plats.

Kvantitativa beslutsmodeller för riskreduktion - genomförbarhet, objektivitet och transparens (2018-2020)

Syftet med projektet var att analysera överförbarheten och tillämpbarheten av Hazus-metodologin med tillhörande mjukvaruprogram till Sverige. Projektet har genomförts i nära samarbete med FEMA. Samarbetet har bidragit till att identifiera tillvägagångssätt, rutiner och system som kan överföras till Sverige. Projektet finansierades av MSB:s postdoktorala forskningsfinansiering.

Sårbarhetsindex för klimatrelaterade risker i Sverige (2020)

Projektet genomförs på uppdrag av MSB och syftar till att inhämta kunskap om senaste tidens utveckling inom forskning om social sårbarhet med fokus på industriländer länder. Projektet ska söka identifiera lämpliga socio-ekonomiska och geografiska indikatorer, generella eller hotspecifika, som kan användas som utgångspunkt för sårbarhetsindex kopplat till social sårbarhet för klimatrelaterade risker. Relevanta och tillgängliga data sammanställs och lagras i en geodatabas och ska ligga till grund för rumsliga analyser med målet att skapa indexvärden.

Kvantitativ riskanalys av naturolyckor - Hazus och National Risk Index (2020-2022)

Projektet bygger vidare på projektet *Kvantitativa beslutsmodeller för riskreduktion*. Projektet syftar till att utveckla svensk tillämpning av Hazus genom att påbörja ett syntetiskt tillvägagångssätt för utveckling av svenska skadefunktioner (depth-damage functions). Vidare ska projektet analysera National Risk Index. Indexets vetenskapliga förankring och databehov ska kartläggas, likaså processen bakom framtagande och införande av indexet i USA. Projektet görs i Samarbete med FEMA och MSB:s Transatlantiska krets. Projektet finansieras av MSB.

Utveckling av riskbedömningsmetoder för skyfallsskador (2021-2023)

Formas finansierad (text från ansökan)

Med hjälp av en metod (Delphitekniken) som sammanför expertkunskap från både privat och offentlig sektor och som inkluderar empiriska ansatser för skyfallsskador som tidigare har utvecklats på centrumet kommer tas fram kvantitativa skad modeller för skyfallsskador i Sverige som kan användas som beslutsstöd för riskreducerande åtgärder och inom klimatanpassning. Målet är att utveckla metoder och modeller som är överförbara mellan olika regioner i Sverige och i möjligaste mån använda fritt tillgängliga data.

6 Litteratur

Blumenthal, B (2018).: Nederbördsintensitet och andra faktorer som påverkar skyfallsskador ; Rainfall intensity and other flood damage affecting factors. Karlstads universitet, Licentiatavhandling, *Centrum för klimat och säkerhet* Karlstad, Sweden, 2018.

Centrum för forskning om samhällsrisker (2019). Svensk manual för installation av Hazus (2019). <https://www.kau.se/csr/forskning/forskningsprojekt/kvantitativa-beslutsmodeller-riskreduktion-genomforbarhet> (2020-11-9).

Cutter, S. L., J. T. Mitchell, and M. S. Scott. 2000. Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers* 90 (4): 713–37.

Cutter, S.L. & Emrich, C.T., 2017. *Social Vulnerability Index (SoVI®): Methodology and Limitations*.

Dassanayake, D., Burzel, A., and Oumeraci, H (2012).: Evaluation of cultural losses, XtremRisk Progress Report. *Leichtweiß-Institute for Hydraulic Engineering and Water Resources, Technische Universität Braunschweig*, 2012.

EU: The European Parliament and the Council of the European Union (2007) Directive on the assessment and management of flood risks. In: Official Journal L 288, 2007.

FEMA (2016). Benefit-Cost Sustainment and Enhancements. Baseline Standard Economic Value Methodology Report, July 28, 2016.

FEMA (2020). National Risk Index. Technical Documentation. Draft aug. 10,2020

Grahn, T. (2020a) Assessment of Residential Flood Damage Functions to Guide Policy Choices, CSR Rapport 2020:1, Karlstad. https://www.kau.se/files/2020-06/CSR%20Report%202020-1%20Assessment%20of%20Residential%20Flood%20Damage%20finalv2_0.pdf (2020-12-01)

Grahn, T. (2020b) Svensk tillämpning av Hazus-MH Floods - Fallstudie Karlstad. <https://www.kau.se/files/2020-05/Fallstudie%20Karlstad.pdf> (2020-12-01)

Holand, I. S., Lujala, P., & Rød, J. K. (2011). Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach. *Norske Geografiske Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 65(1), 1-17. doi:10.1080/00291951.2010.550167

Holand, I. S., & Lujala, P. (2013). Replicating and Adapting an Index of Social Vulnerability to a New Context: A Comparison Study for Norway. *The Professional Geographer*, 65(2), 312-328. doi:10.1080/00330124.2012.681509

- HYDROTEK (2001a) Hochwasser-Aktionsplan Angerbach. Teil 1. Berichte und Anlagen. *Studie in Auftrag des Umweltamtes Düsseldorf*. Aachen 2001
- HYDROTEK (2001b) Hochwasser-Aktionsplan Lippe. Teil 1. Berichte und Anlagen. *Studie in Auftrag des Umweltamt Lippstadt*. Aachen 2001
- MURL (2000) Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW. *Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen*. Düsseldorf 2000
- ICPR (2001). Rhine-Atlas, *International Commission for the Protection of the Rhine*, Koblenz, Germany, 2001.
- ICPR (2016) Tool and Assessment Method for Determining Flood Risk Evolution or Reduction, *Internationale Kommission zum Schutz des Rheins*, Koblenz, Germany ISBN 978-3-946755-29-6, 118, 2016.
- JRC (2014) Basic European Assets Map, Germany
<https://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/882d04dd-a354-4f97-8e3f-9320797434a2> (2020-11-30)
- Kreibich, H., Botto, A., Merz, B., and Schröter, K.: Probabilistic, multivariable flood loss modeling on the mesoscale with BT-FLEMO, *Risk analysis*, 37, 774-787, 2017.
- LABEL (2012). Labe-ELBE 2012 plus. Ergebnisse und Empfehlungen aus dem Projekt LABEL. *LEAD PARTNER LABEL Sächsisches Staatsministerium des Innern Referat 45 – Europäische Raumordnung, Regionalentwicklung*. 2012
- MSB (2019a). Uppdragsbeskrivning: Studie om dataanvändning och databehov relaterat till stora olyckor och kriser. *Enheten för kunskapsutveckling (KUV)*. Ärendenummer 2019-07604.
- MSB (2019b). Developing a national strategy for disaster risk reduction and resilience in Sweden. Recommendations for the implementation of the Sendai Framework Global Target E. Publication number MSB 1391 - April, 2019 ISBN 978-91-7383-943-3
- MSB (2010). Ekonomiska konsekvenser av kraftiga skyfall- Tre fallstudier. Publikationsnummer MSB 0187-10. <https://rib.msb.se/filer/pdf/25652.pdf> (2020-12-1)
- Penning-Rowsell, E.C., Chatterton J.B. (1977). The benefits of flood alleviation: A manual of assessment techniques. (The Blue Manual). Aldershot, UK: Gower Technical Press.
- Penning-Rowsell, E. C., Priest S., Morris J., Tunstall S., Viavattene C., Chatterton J., Owen D. (2013) Flood and coastal risk management. A manual for economic appraisal. (The multicolored manual) Milton Park, Abingdon, Oxon. Routledge.

SCB (2020). Genomförandet av Agenda 2030 i Sverige Delredovisning av den statistiska uppföljningen, mars 2020

Scawthorn C., Flores P., Blais N., Seligson H., Tate E., Chnag S., Mifflin E., Thomas W., Murphy J., Jones C., Lawrence M. (2006). HAZUS-MH Flood loss estimation.

Schnedier P.J & Schauer B. (2006). Hazus- Its Development and Its Future. Natural Hazard Review vol 40, 2006.

Sinabell, F., Böhs, G., Lackner, S., Pennerstorfer, D., Habersack, H., Löschner, L., Samek, R., Schober, B., and Seher, W. (2016) Naturgefahren und die Belastung von Landshaushalten, *WIFO Studies*, 2016.

UNDRR (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030
https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf
(download 2020-11-27)

UNISDR. (2018). UNISDR Words into Action guidelines: Implementation guide for local disaster risk reduction and resilience strategies. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

United Kingdom- government (2017). United Kingdom. Sendai Framework Data Readiness Review- Report- United kingdom.
https://www.preventionweb.net/files/53206_unitedkingdomgbr.pdf (download 2020-11-29)

Wünsch, A., Herrmann, U., Kreibich, H., and Thieken, A. H. (2009). The role of disaggregation of asset values in flood loss estimation: a comparison of different modeling approaches at the Mulde River, Germany, *Environmental Management*, 44, 524-541, 2009.

Zusak C. (2019). Seminar presentation of National risk index. Karlstad 4 September 2019.
<https://hazards.geoplatform.gov/portal/apps/MapSeries/index.html?appid=ddf915a24fb24dc8863eed96bc3345f8>



Swedish Civil
Contingencies
Agency