Implementering av HAZUS-MH i Sverige

Möjligheter och hinder

Implementation of HAZUS-MH in Sweden

Opportunities and obstacles

Mattias Andersson

Marcus Thorell

Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap

Geomatik

Högskoleingenjörsprogrammet i lantmäteriteknik och geografisk IT

Examensarbete 22,5 hp

Handledare: Jan Haas

Examaninator: Jan-Olov Andersson

Datum: 2019-06-04

Förord

Detta examensarbete avslutar studierna på Högskoleingenjörsprogrammet i lantmäteriteknik och geografisk IT vid Karlstads universitet. Examensarbetet har initierats och genomförts i samarbete med Centrum för Klimat och Säkerhet (CCS) vid Karlstads universitet.

Vi vill rikta tack till vår handledare Jan Haas, som bidragit med stöd och feedback till vårt arbete.

Vi vill även tacka Tonje Grahn vid CCS för bra och givande guidning och för de kontakter vi haft förmån att träffa. Till Jesse Rozelle, Program Manager för Natural Hazards Risk Assessment Program/Hazus vid FEMA, stort tack för den feedback vi fått via mail och Skypemöten.

Vi vill även passa på att tacka varandra för att ha spenderat 15 veckor som studiekollegor med den här studien. Det har varit en rolig och väldigt lärorik upplevelse där vi stött på både utmaningar och medgångar.

Marcus Thorell & Mattias Andersson
Juni 2019

Sammanfattning

För modellering av risker vid naturkatastrofer är GIS ett grundläggande verktyg. HAZUS-MH är ett GIS-baserat riskanalysverktyg, utvecklat av den amerikanska myndigheten FEMA. HAZUS-MH har en välutvecklad metodologi för modellering av naturkatastrofer, vilket är något som efterfrågas på europeisk nivå inom ramen för översvämningsdirektivet. Därför föreligger ett intresse för implementering av HAZUS-MH för icke amerikanska förhållanden. Denna studies syfte är att fördjupa kunskaperna för implementering och användning av HAZUS-MH i Sverige. För att möjliggöra implementering behöver svenska data bearbetas för att matcha datastrukturen i HAZUS-MH.

Metoden innefattar en litteraturgenomgång av tidigare studier och manualer samt databearbetning. Erfarenheter av databearbetningen samlades in för att bygga upp en manual för databearbetning samt för att utvärdera möjligheter och hinder för implementering i Sverige.

Resultatet visar hur systemkrav och övriga inställningar för användning av HAZUS-MH ser ut. De övriga inställningarna berör koppling till HAZUS-MH databas med mera. För anpassning av svenska data beskrivs databehov (administrativ indelning, inventeringsdata och hydrologiska data), data-bearbetning (rekommenderad arbetsgång för att fylla shape-filer och tabeller med information) och dataimport. Vidare redogör resultatet för tillämpningen av HAZUS-MH med svenska data.

Denna studie identifierar flera möjligheter hos HAZUS-MH. Möjligheterna att skapa risk- och sårbarhetskartor samt dataimport är de största. Tidsåtgången för att utföra anpassningen av svenska data var runt 15 arbetsdagar. Denna studie uppskattar att med hjälp av manualer för anpass-ningen kan denna tid kortas till 3 arbetsdagar. Om processen att anpassa svenska data automat-iseras kan tiden kortas ytterligare.

Den största barriären enligt denna studie är insamling av data. För att kunna använda HAZUS-MH fulla potential behövs omfattande datainsamling. En annan barriär är begränsningar i hydro-logiska data, det är nödvändigt med externa hydrologiska data för en så korrekt analys som möjligt.

Vidare forskning inom området bör enligt denna studie fokusera på metoder för att samla in data samt hur en automatisk process för att anpassa data skulle kunna se ut.

Nyckelord: HAZUS-MH, GIS, Risk, Översvämning, Databearbetning

Abstract

When modeling risks for natural disasters, GIS is a fundamental tool. HAZUS-MH is a GIS-based risk analysis tool, developed by the American authority FEMA. HAZUS-MH has a well-developed methodology for modeling natural disasters, which is something that is demanded at European level within the flood directive framework. Hence, there is an interest in implementing HAZUS-MH for non-US conditions. The aim of the study is to deepen the knowledge for the implementation and use of HAZUS-MH in Sweden. To enable implementation, Swedish data is required to be processed to match the data structure of HAZUS-MH.

Methods for this study are a literature review of previous studies and manuals and data processing. Experiences of the data processing were collected to build a manual for data processing and to evaluate opportunities and obstacles for implementation in Sweden.

The result shows how system requirements and other settings for using HAZUS-MH look like. The other settings include connection to the HAZUS-MH database et cetera. For adaption of Swedish data, requirements including data (administrative division, inventory data and hydrological data), data processing (recommended workflow to fill shape-files and attribute tables with information) and data import are described. The result also describes the application of HAZUS-MH with Swedish data.

This study identifies several possibilities of HAZUS-MH. The opportunities for creating risk and vulnerability maps and data import are the largest. The time required to perform the adaptation of Swedish data was approximately 15 working days. This study estimates that with the help of manuals for the adaption, this time could be shortened to approximately 3 working days. If the process of adapting data is automated, this time could be shortened further.

The largest obstacle under this study is the data collection process, to use the full potential of HAZUS-MH extensive data collection is needed. Another obstacle is the limitation of hydrological data, external hydrological data is necessary to get as accurate analysis as possible.

Further research in the field should, according to this study, focus on methods of collecting data and development of an automatic process for managing data.

Keywords: HAZUS-MH, GIS, Hazard, Flood, Data processing

Akronymer

CDMS – Comprehensive Data Management System

DEM – Digital Elevation Model (Digital höjdmodell)

FEMA - Federal Emergency Management Agency

EFD – European Flood Directive

ESRI – Environmental Systems Research Institute

FIT – Flood Information Tool

GBS – General Building Stock

GIS – Geographic Information System

HAZUS-MH – HAZard United States - Multi Hazard

HEC-RAS – Hydrologic Engineering Centres - River Analysis System

MSB – Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap

SCB – Statistiska Centralbyrån

SMHI – Sveriges Metrologiska och Hydrologiska Institut

SQL – Structured Query Language

UDF – User Defined Facilities

USACE – US Army Corps of Engineers

Ordlista

Avancerad nivå 2-analys. En förbättring av nivå 1 analys genom att mer specifika inventeringsdata importeras.

Avancerad nivå 3-analys. Kräver större insats och kompetens av användaren för att förbereda och importera ingenjörsdata och data för förluster.

Datastruktur. Attributuppsättning.

Djup- och skadekurvor. Ett sätt att uttrycka uppskattade skador vid översvämning. Uttryck oftast som en funktion av procent som skadats och vattendjup.

Djupraster. Raster eller karta som representerar vattennivåer av en översvämning.

General Building Stock. Byggnadsdatabas som inkluderar alla grundläggande uppgifter.

Grundläggande nivå 1-analys. Den enklaste formen av analys vilken kräver minimal insats av användaren. Den är primärt baserad på information på Censusblocknivå (fastighetsnivå) och redovisar bara bredare mönster.

Hazard. En handling eller fenomen som potentiellt kan bringa fara eller skada för föremål eller person.

Inventeringsdata. Alla data om byggnader och transportnätverk med mera som HAZUS-MH använder.

Risk. Uppskattad effekt av en fara för personer, tjänster och faciliteter i ett samhälle.

Skadedata. Inventeringsdata som enligt analys berörts av naturkatastrof.

Statement of Contribution

Studien har gått ut på att implementera HAZUS-MH i Sverige. Det har krävt att studiens författare fördjupat sin kunskap i programvaran och metod. Det är ett arbete med flera delprocesser som hänger ihop, det har därför varit nödvändigt att inte skilja dem åt med en tydlig ansvarsfördelning.

Figurförteckning

Figur 1. Cykelns tre steg. 4
Figur 2. HAZUS-MH 5 processteg. 9
Figur 3. HAZUS-MH användarnivåer 10
Figur 4. HAZUS-MH FIT process. 13
Figur 5. Arbetsflöde. 20
Figur 6. Inloggning Microsoft SQL server management studio. 22
Figur 7. Attach Databases i Microsoft SQL server management studio. 23
Figur 8. Övergripande metod för anpassning av svenska data. 23
Figur 9. Matchning av fält. 28
Figur 10. Urklipp av skript Hazus_import.py. 30
Figur 11. HAZUS-MH Startup meny. 31
Figur 12. Val av studieregion. 31
Figur 13. Val av import i CDMS. 33
Figur 14. Tabell User Defined Facilities. 34
Figur 15. Val av djupraster 35
Figur 16. Alternativ för analys. 36
Figur 17. Berörda UDF vid 200-årsflöde. 37

Tabellförteckning

Tabell 1. Procentuell sannolikhet för överskridande av flöde. 7
Tabell 2. Nödvändig indata för användning av FIT. 14
Tabell 3. Indata i studien. 18
Tabell 4. Systemkrav HAZUS-MH. 21
Tabell 5. Använda databaser i studien. 24
Tabell 6. Filer för administrativa indelningar. 24
Tabell 7. Administrativa gränser. 25
Tabell 8. Nyckelattribut för data i HAZUS-MH. 25
Tabell 9. Python-skript. 26
Tabell 10. Datastruktur för hzCensusBlock. 27
Tabell 11. Databaserna State_DB och SyStateDB. 29

Innehållsförteckning

1. Inledning 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Problemställningar 3
1.3 Syfte 3
1.4 Frågeställningar 3
1.5 Avgränsningar 3
1.6 Målgrupp 3
2. Teori 4
2.1 Översvämningsanalyser i Sverige 4
2.1.1 Vattendrag och sjöar 5
2.1.2 Fokusområden för överlagringsanalys 6
2.1.3 Frekvensanalys 6
2.2 Metodologi för HAZUS-MH 8
2.2.1 Risk 8
2.2.2 Metodologi 8
2.3 Utmaningar med nuvarande metoder 10
2.4 Data i HAZUS-MH 10
2.4.1 Administrativa indelningar 10
2.4.2 Inventeringsdata 10
2.4.3 Data för hydrologi 11
2.4.4 Comprehensive Data Management System 15
3. Metod 17
3.1 Litteraturgenomgång 17
3.2 Implementering av HAZUS-MH 18
3.3 Dokumentation av erfarenheter 18
3.4 Indata 18
3.5 Programvaror 19
4. Resultat 20
4.1 HAZUS-MH systemkrav och övriga inställningar 21
4.1.1 Systemkrav 21
4.1.2 Övriga inställningar 21
4.2 Anpassning av svenska data för användning i HAZUS-MH 23
4.2.1 Datahämtning 24
4.2.2 Databearbetning 24

4.2.3 Dataimport 28
4.2.4 Överföring till HAZUS-MH 29
4.3 Tillämpning av HAZUS-MH med svenska data 30
4.3.1 Skapa en studieregion 30
4.3.2 Dataimport via CDMS 32
4.3.3 HAZUS-MH arbetsflöde 34
5. Diskussion 38
5.1 Möjligheter 38
5.2 Hinder 40
6. Slutsats 43
Referenser 45
Bilaga 1. Tomma databaser 50
Bilaga 2. Skript “Hazus_import.py” 53
Bilaga 3. HAZUS-MH Rapport 56

1. Inledning

Naturkatastrofer är något som existerat på jorden sedan urminnes tider. De här naturkatastroferna kan till exempel vara vulkanutbrott, tsunamis, orkaner, jordbävningar, översvämningar eller torka. Uppkomsten till olika typer av naturkatastrofer varierar, men dess ursprung är antingen klimatrelaterade eller geofysikaliska anledningar (Nationalencyklopedin u.å.). Läran om naturkatastrofer och dess risker är något som sträcker sig från början av 1900-talet fram till nutid, då det tidigare ansågs att anledningen till de olika naturkatastroferna inte var något som gick att påverka (Baez Ullberg & Becker 2016).

Naturkatastrofer är något som påverkar människor på en global nivå. Även om vissa områden är mer utsatta än andra så är det ett fenomen som kan ske var som helst (Alcántara-Ayala 2002). Förekomster av naturkatastrofer som skett mellan åren 1998 och 2017 är 7255 stycken, var av 43,4 % av de här händelserna är översvämningar (UNISDR 2018).

En faktor till att naturkatastrofer så som översvämningar inträffar är klimatet. För tillfället förändras klimatet till stor del på grund av människans påverkan (IPCC 2018). Mellan 1880 och 2012 ökade den globala medeltemperaturen med 0,85°C. Till följd av temperaturökningen så är några av konsekvenserna att havstemperaturen höjs vilket leder till att inlandsisar smälter. Det här i sin tur gör att översvämningsrisken ökar (Naturvårdverket 2013). Att förutse var och om en översvämning kommer ske är en komplex frågeställning då det kan ske var som helst där vatten finns. Förändringar i klimatet gör det även svårare att förutse översvämningar då tidigare studier blir utdaterade. För att minska sårbarheten mot bland annat översvämningar krävs kontinuerliga studier och kartläggning av riskerna (Rummukainen 2010).

Enligt det europeiska översvämningsdirektivet (EFD) är dagens strategi för att möta översvämningsrisker ett proaktivt tänk. Huvudresultaten är att tillhandahålla information om att förebygga, förbereda och avhjälpa vid händelser (EU 2007). För att möjliggöra den här metodiken är Geografiska Informationssystem (GIS) ett viktigt verktyg i processen (Albano et al. 2015).

1.1 Bakgrund

Inför en potentiellt allvarlig naturhändelse behöver krisberedskap upprättas. Denna krisberedskap kan enligt Federal Emergency Management Agency (FEMA) bestå av att identifiera sårbara områden, uppskatta effekter av faran och bedöma nödvändiga beredskapsnivåer och insatser (FEMA 2018). I en sådan krisberedskap kan ett GIS-baserat verktyg som Hazard United States – Multi Hazards (HAZUS-

MH) bidra med förmågor som att producera rapporter med kartor och tabeller över sociala samt ekonomiska konsekvenser till beslutsfattare och insatsledare. Enligt Kaveckis et al. (2011) så används HAZUS-MH av statsanställda och konsulter i USA som arbetar med riskreducering, krisberedskap och operativa insatser vid naturkatastrofer.

HAZUS-MH är både en metodologi och mjukvara utvecklad för att samhällen och organisationer ska kunna identifiera och minimera risker vid naturkatastrofer så som jordbävningar, översvämningar, orkaner eller tsunami. Metodologin tänktes ut och utvecklades av FEMA under tidigt 1990-tal. 1997 kom den första mjukvaran HAZUS97 med en modell för jordbävningar. Ett år senare, lanserades modeller för orkan och översvämning. Från och med 2004 fanns möjligheten att kombinera modeller i Multi-Hazard verktyget HAZUS-MH. I orkanmodellen infördes stöd för stormsvallvågor 2011. År 2017 introducerades möjligheten att skapa modeller för tsunamis (FEMA 2018). Kaveckis et al. (2011) beskriver att HAZUS-MH utvecklas kontinuerligt i samarbete mellan forskare, ingenjörer, programmerare och specialister inom naturkatastrofhantering.

HAZUS-MH är utvecklat för användning i USA, men metodologin har överförts och anpassats till andra länder. Överföring och anpassning har främst handlat om jordbävningar i exempelvis Israel (Levi et al. 2010), Venezuela (Bendito et al. 2014), England och Tyskland (Jongman et al. 2012). Nastev & Todorov (2013) har i samarbete med FEMA överfört och anpassat översvämningsmodellen till Kanada. Inom ramen för europiska förhållanden har Kaveckis et al. (2011) utvärderat vilka möjligheter HAZUS-MH kan tillföra EFD eftersom det i dagsläget saknas ett standardiserat sätt att operativt implementera EFD. Likheter mellan HAZUS-MH kapacitet och de resultat som skapas inom EFD förekommer och gör HAZUS-MH intressant. Det finns även flertalet skillnader mellan USA och Europa när det gäller markanvändning, administrativa gränser, beräkningsenheter och översvämningsriskreducering.

Utifrån kriterier som förmåga att modellera översvämning, skadekostnadsalternativ, integration av GIS och användarvänlighet har Banks et al. (2014) kartlagt tillgängliga mjukvaror för modellering av översvämningssituationer. De fyra mjukvaror som hade stöd för alla kriterier var HEC-RAS, waterRIDE, MIKE Flood och HAZUS-MH. I denna studie identifierades HAZUS-MH som det bättre alternativet med tanke på dess förmåga att visuellt kommunicera de aktuella resultaten.

1.2 Problemställningar

Eftersom HAZUS-MH har utvecklats för användning i USA så är data strukturerad enligt amerikanska krav och standarder. De data som samlats in av USA:s myndigheter är väldigt detaljerad och homogen till sin karaktär, då lagring av den har skett på ett standardiserat sätt (FEMA 2016).

HAZUS-MH är en fast modul med stängd källkod vilket omöjliggör modifikation av programmet. Det innebär att den som vill tillämpa HAZUS-MH behöver matcha sin datastruktur med den som används i USA. Denna studie kommer därför undersöka hur svenska data behöver bearbetas för att matcha den datastruktur som HAZUS-MH är utvecklat för.

1.3 Syfte

Huvudsyftet och målet med studien är att undersöka om HAZUS-MH kan användas i Sverige. Möjligheter och hinder för användning i Sverige undersöks. I studien studeras ett översvämnings-scenario i en del av den svenska kommunen Karlstad, i Värmland.

1.4 Frågeställningar

- Hur ser databehovet för användning av HAZUS-MH ut? Vilka data behövs för att utföra analys på grundnivå respektive avancerad nivå? Hur väl uppfyller svenska data databehovet?
- Hur behöver de svenska data anpassas för att kunna användas i HAZUS-MH?
- Vilka är möjligheterna och hindren vid implementering av HAZUS-MH i Sverige?

1.5 Avgränsningar

- Fokus ligger på att tillämpa HAZUS-MH för översvämningsanalys, och inte för analys av andra typer av naturkatastrofer.
- Analyserna är begränsade till ett geografiskt valt område. En mindre del av Karlstads kommun har valts.
- Endast befintliga data kommer att anpassas och bearbetas.
- Ämnesområden som faller utanför denna studies omfång att studera är skadedata och dess ekonomiska och sociala följder.

1.6 Målgrupp

Resultaten av studien riktar sig mot riskhanterare med GIS-kompetens på lokal, regional och nationell nivå, och till alla som är intresserade av att använda HAZUS-MH för svenska förhållanden.

2. Teori

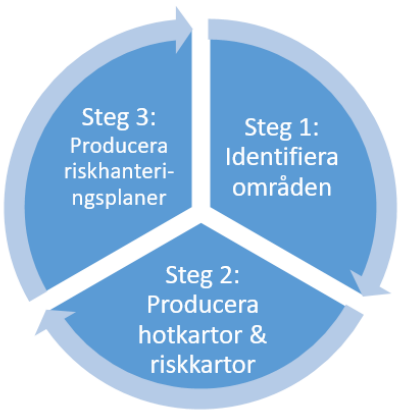
I följande kapitel presenteras teorin bakom studien. Teorin består av fyra delar, översvämningsanalys i Sverige, metodologi för HAZUS-MH, utmaningar med nuvarande metoder och data i HAZUS-MH.

2.1 Översvämningsanalyser i Sverige

Den 18:e januari 2006 föreslogs av Europakommissionen att bedömning av översvämning skulle utföras på alla vattendrag och kustlinjer för medlemsländer. Den 26:e november 2007 fullbordas förslaget och EU direktivet 2007/60/EG skapades. Med det här direktivet kräver EU att medlemsländer bedömer vattendrag och kustlinjer, kartlägger översvämningars utbredande och bedömer risken för människor i utsatta områden. Grundsyftet med direktivet är att medlemsländer ska värna om människors hälsa, miljö, ekonomisk verksamhet och kulturarv genom att ha kunskap om de negativa konsekvenserna (EU 2016).

Sverige följer direktivet genom förordningarna SFS 2009:956 som behandlar översvämningsrisker och MSBFS 2013:1 som behandlar riskhanteringsplaner. MSB är ansvarig myndighet för direktivet och utför det i samarbete med Länsstyrelsen. Enligt förordningen SFS 2009:956 sker arbetet i en cykel på 6 år som är uppdelad i tre 2-årsperioder där rapportering till EU sker kontinuerligt. Cykelns tre steg redovisas nedan och Figur 1 visar en övergripande bild över hur cykeln ser ut (MSB 2018a).

- Steg 1 omfattar ett arbete där MSB identifierar geografiska områden som har en betydande översvämningsrisk
- Steg 2 utförs av både MSB och Länsstyrelsen. MSB tar fram, utifrån de områdena i steg ett, kartor över översvämningarna. Länsstyrelsen tar fram kartor över översvämningsrisker för dessa områden.
- Steg 3 utförs av Länsstyrelserna där de ska ta fram riskhanteringsplaner. I riskhanteringsplanerna ska mål och åtgärder för hantering av översvämningsriskerna ingå.



Figur 1. Cykelns tre steg.

MSB (2018b) redovisar en rapport där områden med hög översvämningsrisk identifieras. Rapporten är från steg 1 enligt förordningen 2009:956 och i cykel 2. Granskningen har endast utförts över områden där tidigare kartering på översvämningar finns tillgänglig, då 90 % av översvämningar geografiskt sett har förekommit vid de här områdena. Resultatet från rapporten gav 25 områden som ligger i risk för översvämning, till skillnad från första cykeln då 18 områden identifierats. Granskningen utfördes i tre steg:

1. Kartor för områden som hotas av översvämning från vattendrag, större sjöar och hav framställdes.
2. Påföljder analyseras utifrån fyra fokusområden, i enlighet med EFD; människors hälsa, miljö, ekonomisk verksamhet och kulturarv som påverkas ogynnsamt av översvämningarna.
3. Identifiering av tätorter med störst konsekvens.

2.1.1 Vattendrag och sjöar

Vattendrag har analyserats till störst del utifrån vattendrags huvudfåra, men vid vissa fall även biflöden. Oavsett vilken del av vattendraget som analyserats så har beräkningen gjorts på den totala flödesmängden. Översvämningsscenariona har beräknats utifrån 100-årsflödet samt beräknat högsta flöde (BHF).

- *100-årsflöde* är ett vattenflöde som statistiskt sett inträffar på en viss plats i genomsnitt en gång på 100 år.
- *BHF* är ett vattenflöde som statistiskt sett inträffar på en viss plats i genomsnitt en gång på 10 000 år.

Klimatanpassning har utförts för 100-årsflödet för att resultatet ska återspegla verkligheten så bra som möjligt över de framtida år som analyserna täcker. Metodiken i klimatanpassning av 100-årsflödet är baserat på Elforsks-rapport om dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring (Andreasson et al. 2011).

Sjöarna Mälaren, Vättern och Vänern har analyserats med en annan metod där plana ytor i form av GSD-höjddata, grid 2+ använts. Översvämningsscenariona har beräknats utifrån 100-årsflödet samt beräknat högsta vattennivå (BHV). Exkluderat i analysen är dynamiskt modellering, vindpåverkan samt att vattennivåer utifrån klimatpåverkan endast studerats för 100-årsnivåer. Vattennivåer som analysen har utgått ifrån är framtagna av Eklund et al. (2017) i projektet Stora sjöarna skrivet för Sveriges Metrologiska och Hydrologiska Institut (SMHI).

Klimatanpassningen har utförts för 100-årsnivåerna för samtliga sjöar med hjälp av Representative Concentration Pathways (RCP) samt att förväntad landhöjning för respektive sjö har beräknats. RCP är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förändras i framtiden (Van Vuuren 2011).

2.1.2 Fokusområden för överlagringsanalys

I överlagringsanalysen för översvämmande tätorter har de fyra tidigare nämnda fokusområden använts med flöden och vattennivåer. MSB (2018b) har använt sig av 33 olika datamängder indelat i fokusområden. Övergripande vad de här fyra fokusområden, som MSB använt sig av beskrivs nedan.

- Ekonomisk verksamhet är datamängder i analysen som i stort representerar delar ur infrastrukturen. Exempel på vad ekonomisk verksamhet inkluderar är vattenverk, elektricitet och vatten. Antal anställda är även en datamängd inom ekonomisk verksamhet men har i rapporten behandlats separat. Antal anställda representerar antalet som är anställda vid varje arbetsställe.

- Kulturarvet är datamängder som till stor del representerar materiella ting som inte är möjligt att ersätta på grund av att de är skapade från en passerad tid. Exempel på vad kulturarv inkluderar är kyrkor, museer och byggnadsminnen.

- Miljö är datamängder över skyddade naturområden som drabbas negativt samt för verksamheter och förorenade områden som i och med en översvämning orsakar förorenings-spridning. Exempel på vad fokusområdet miljö inkluderar är Natura 2000-områden, vattenskyddsområden och områden med förorenad mark.

- Människors hälsa är datamängder som till stor del representerar samhällsviktiga verk-samheter. Objekt som direkt eller indirekt påverkar hälsan hos befolkningen. Exempel på objekt är sjukhus, brandstationer och Sveriges Radios lokalkontor. Antal boende är även en datamängd som hör inom det här fokusområdet men behandlades separat i den här rapporten. Antal boende representerar folkbokförda personer per adress.

2.1.3 Frekvensanalys

Översvämningar beskrivs vanligtvis vad gäller deras statistiska frekvens. Till exempel så beskriver ett 100-års flöde en händelse eller ett område med återkomsttid på 100 år och har 1 % sannolikhet att

drabbas av en översvämning vilket år som helst. Sker ett 100-årsflöde ett visst år har det ingen betydelse procentuellt om det kommer ske eller inte nästkommande år, 1 % sannolikheten är den samma. När översvämningar kartläggs används olika återkomsttider, där 100-årsflödet är ett vanligt sådant. Kartläggningen går att utföra på andra återkomsttider med varierande flöden, det beror helt på graden av risk som väljs att utvärderas. 5 år, 10 år 200 år och 500 år är exempel på andra återkomsttider som översvämningar beräknas på (Bender 1991).

Bergström (1993) beskriver att sannolikheten är ett inverterat värde på en viss händelses återkomsttid. Med återkomsttid menas den tid i år det i genomsnitt tar för ett givet värde att överträffas (formel 1).

$$p = \frac{1}{T} \qquad (1)$$

där p = sannolikheten för att ett värde överskrids under ett år,

och T = händelsens återkomsttid.

Ska det beräknas sannolikheten för n anläggning som står under en längre tid används formel 2

$$P_n = 1 - (1 - p)^n \qquad (2)$$

där P_n= sannolikheten för att ett värde överskrids under hela perioden,

p = sannolikheten för att ett värde överskrids under ett år,

n = antal år i perioden.

Ur Tabell 1 kan utläsas olika återkomsttider och dess procentuella sannolikhet att anläggning som står n antal år. En anläggning som står i 100 år har då en sannolikhet på 63 % att drabbas där återkomsttiden är 100 år.

Tabell 1. Procentuell sannolikhet för överskridande av flöde.

Återkomsttid (T)	**Periodlängd (n)**				
	5	**10**	**100**	**200**	**500**
5	67 %	89 %	100 %	100 %	100 %
10	41 %	65 %	100 %	100 %	100 %
50	10 %	18 %	87 %	98 %	100 %
100	5 %	10 %	63 %	87 %	99 %
200	2 %	5 %	39 %	63 %	92 %
500	1 %	2 %	18 %	33 %	63 %

2.2 Metodologi för HAZUS-MH

2.2.1 Risk

Definitionen av United Nations International Strategy for Disater Reduction (UNISDR) (2009) som beskriver ”katastrofrisk” lyder: ”den potentiella förlusten av liv, skada eller förstörd egendom för ett samhälle inom en specifik tidsperiod, bestämd av sannolikenheten som en funktion av fara, exponering, sårbarhet och kapacitet”. Katastrofrisk kan således innefatta naturkatastrofer likväl som terrorattacker. Kulmesch (2010) redogör för att termen ”risk” används på ett inkonsekvent sätt och utan samsyn mellan exempelvis riskhanterare, samhällsplanerare och försäkringsspecialister. I denna studie avser risken naturkatastrofer och mer specifikt översvämningar.

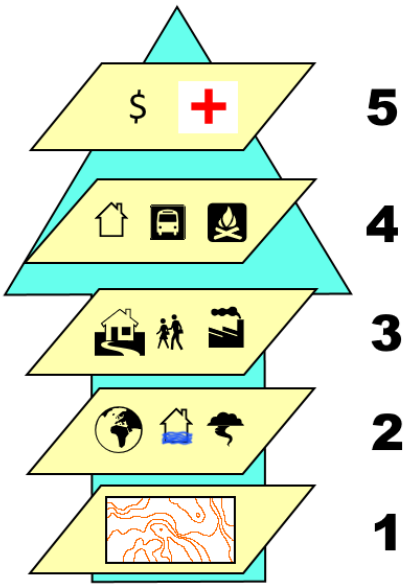
Det finns flera användbara definitioner av risk-begreppet. Crichton (1999, 2001) framställer risk i form av en triangel bestående av sårbarhet, hazard (fara) och exponering. Vidare beskriver Kulmesch (2010) att risk kan uttryckas som en produkt av sannolikhet och konsekvens, där konsekvensen kan definieras som ekonomisk, social eller miljömässig.

En metod för att med GIS mäta sårbarheten och risken vid hydrologiska och geologiska faror (naturkatastrofer) beskrivs av Fedeski & Gwilliam (2007). Metoden framställer risk i termer av skadekostnad. Skadekostnaden, för byggnader, är resultatet av inventeringar och GIS-analyser med avseende på exponering, fara och sårbarhet. Genom att aggregera (slå samman) data för de individuella byggnaderna med större geografiska ytor kan analyser på grannskapsnivå och traktnivå utföras. Metoden kan appliceras för att statistiskt utvärdera urbana miljöer och som verktyg vid klimateffektsstudier. Andra vetenskapliga angreppsätt för att utvärdera risk vid hydrologiska faror, översvämningar, har föreslagits av Dutta et al. (2003), Merz et al. (2007) och Messner & Meyer (2006). De definitionerna av risk som Kulmesch (2010) anser matcha konceptet bakom HAZUS-MH är de av Crichton (1999; 2001) och Fedeski & Gwilliam (2007).

2.2.2 Metodologi

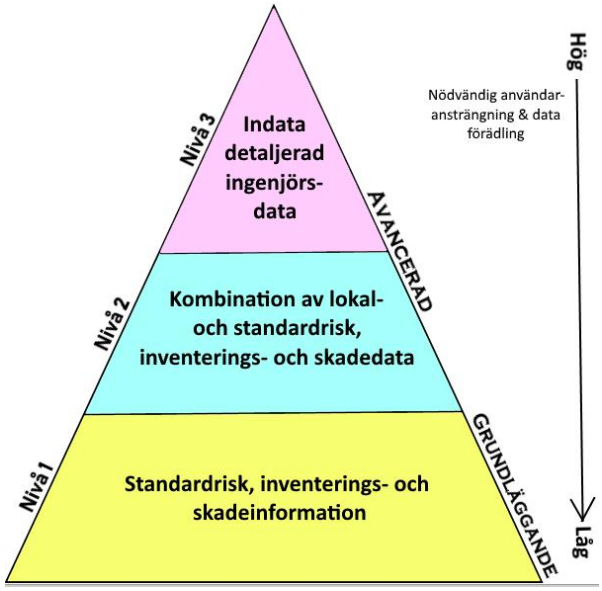
Scawthorn et al. (2006a) beskriver att HAZUS-MH grundläggande metodologi (Figur 2) börjar med en digital höjdmodell (DEM) eller likande topografisk information (1). Höjdmodellen tillsammans med hydrologiska data skapar utbredning och djup av översvämningen (2). Befolkning och egendom överlagras på översvämmade områden (3), för att bestämma skada (4) och förluster (5). Denna metod kan enligt Scawthorn et al. (2006a) skildras genom två huvudprocesser, översvämningsanalys (1-2) och uppskattad förlust vid översvämning (3-5). Process 1 innehåller den geografiska variationen av översvämningsdjup. Process 2 inrymmer uppskattade skador för byggnader och infrastruktur genom användning av djup- och skadekurvor (såbarhetskurvor). Från uppskattningarna beräknas direkta och indirekta förluster och resultaten redovisas genom tabeller och kartor. Uppskattning sker även för

behovet av tillfälligt boende utifrån berörd befolkning och graden av skada på byggnader. Förluster av fordon och jordbruksskördar uppskattas liksom mängden skräp. Mängden data som tillförs avgör hur omfattande analyserna blir (FEMA 2018).



Figur 2. HAZUS-MH 5 processteg.

HAZUS-MH verkar huvudsakligen på två nivåer, grundläggande och avancerad (FEMA 2018). När nivån stiger från grundläggande till avancerad så ökar även kraven på användarens kompetens (Figur 3). På den grundläggande nivån (nivå 1) behövs ingen omfattande teknisk kunskap. Grundläggande analys utförs oftast initialt för att uppskatta förluster och bestämma var mer detaljerade analyser behövs samt för att jämföra skadekostnader nationellt. Syftet med avancerad analys (nivå 2) är att göra en noggrann beräkning av förluster, vilket åstadkoms via mer noggranna hydrologiska data samt mer specifika inventeringsdata än nivå 1. Enligt FEMA (2018) är det nödvändigt att inkludera en hydrolog för att skapa hydrologiska data till utförandet av nivå 2 och 3 analys. Vidare för att utföra en nivå 3-analys krävs omfattande tekniska och ekonomiska data. Uppskattningsvis tar det enligt FEMA (2016) mellan 6 månader och 2 år att samla in data för en nivå 3 analys.



Figur 3. HAZUS-MH användarnivåer.

2.3 Utmaningar med nuvarande metoder

UNISDR (2017) beskriver att konceptet återkomsttid behöver omdefinieras i och med klimat-förändringarna. Nya tillvägagångssätt för att på ett så korrekt sätt som möjligt beräkna risk måste utvecklas.

2.4 Data i HAZUS-MH

De viktigaste data som används i HAZUS-MH är administrativa indelningar, inventeringsdata och hydrologiska data. CDMS är en databashanterare som används för att importera data i HAZUS-MH

2.4.1 Administrativa indelningar

I USA finns flertalet administrativa indelningar eller block som de kallas på den lägre nivån. I hierarkin över administrativa indelningar i USA kommer State först sedan följer County, Community, Tract och Censusblock. Censusblock är den minsta geografiska enheten som statistik samlas in på och det görs på ett standardiserat sätt (FEMA 2016). Alla områden har bestämda koder. Dessa koder används i HAZUS-MH som nycklar mellan olika geografiska data och tabeller.

2.4.2 Inventeringsdata

Scawthorn et al. (2006b) redogör för de inventeringsdata som HAZUS-MH hämtar statistik från. För att HAZUS-MH ska användas fullt ut behövs omfattande inventeringsdata. Den omfattar i stora drag direkt skadedata för byggnader och faciliteter, transportnätverk, livsviktiga samhällsfunktioner, jord-bruksprodukter, fordon, farliga verksamheter samt ekonomiska och sociala förluster. Även indirekta ekonomiska förluster beräknas.

Direkt skadedata:

- Byggnader och faciliteter. I HAZUS-MH kategoriseras byggnader in i det som kallas General Building Stock (GBS) och Essential Facilities. GBS är den kategori som i särklass innehåller mest data. I GBS klassificeras användningsområden för byggnaderna. Vidare innehåller GBS data om byggnadsyta, ersättningsdata eller värde, antal byggnader, byggnadsmaterial och antal boende. Essential Facilities innefattar sjukhus, brandstationer och skolor.
- Transportnätverk. Innefattar motorvägar, järnvägar, bussnätverk, hamnar, färjeterminaler och flygplatser.
- Livsviktiga samhällsfunktioner. Består av drickvattensystem, avloppsvattensystem, olje-system, gassystem, elsystem och kommunikationssystem.
- Jordbruksprodukter.
- Fordon. Antal fordon räknas, var fordonen befinner sig vid olika tidpunkter på dygnet, beräknat värde av fordon och en uppskattning av förluster görs utifrån översvämningens djup.
- Farliga verksamheter. Innefattar verksamheter som rör gifter, radioaktivitet, explosivitet eller reaktivitet, där stora konsekvenser är troliga även om bara en liten del av verksamheten skadas.
- Ekonomiska och sociala förluster. Innefattar beräkningar om huvudsakligen demografiska data, till exempel hur många boende som behöver tillfälligt boende.

Indirekta ekonomiska data:

- De ekonomiska konsekvenser som efterföljer en naturkatastrof, till exempel förändringar av produkter, anställningar och skatteintäkter.

2.4.3 Data för hydrologi

HAZUS-MH kan använda fyra olika källor för hydrologiska data: höjdmodell, Flood Information Tool (FIT), Depth Grid (djupraster) och HEC-RAS. För en nivå 1 analys skapas hydrologiska data av en höjdmodell där ett nätverk av floder skapas utifrån avrinningsriktning. Det fungerar bra vid tillfällen när det råder enklare hydrologiska förhållanden, vid mer komplexa förhållanden bör något av alternativen FIT, djupraster eller HEC-RAS användas som hydrologiskt data. Förklaring av alla alternativ följer nedan.

2.4.3.1 Höjdmodell

För höjdmodeller i Sverige så tillhandahåller Lantmäteriet höjdmodeller med olika upplösningar, där de med högst upplösning är på 2 m. Övergripande hur tillvägagångssättet ser ut för att framställa höjdmodellen är att laserskanning sker över Sverige där punkter klassificeras efter mark och vatten,

punkter från laserskanning beräknas med hjälp av linjär interpolering i ett triangulärt nät. Höjdmodellen GSD-Höjddata, grid 2+ levereras med koordinatsystemen SWEREF 99 TM för plan och RH2000 för höjd (Lantmäteriet 2014).

Light Detection And Ranging (LiDAR) är en laserskanningsmetod för att kart-lägga formen samt ytor över Jorden. Den vanligaste formen för att samla in data med LiDAR sker med flygplan, men det går även att använda stationära och mobila enheter för att samla in data (Carter et al. 2012).

Metoden som LiDAR använder sig av är att en laserpuls sänds mot jordytan och sen registreras tidsfördröjningen för reflekterat ljus att nå tillbaka till sensorn som skickat ut pulsen. Med den här informationen går det då att beräkna tredimensionella koordinater för inskannade objekt. Beräkningen utförs på den tid det tar för laserpulsen att ta sig fram och tillbaka, den vinkel pulsen har vid utsändning och den absoluta positionen för sensorn. Klassificering av inskannade data sker till stor del automatiskt men kan behövas kompletteras manuellt för områden som till exempel broar där laserpulsen har svårt att komma åt. Slutresultatet blir ett punktmoln som bland annat går att använda till skapandet av höjdmodeller (Carter et al. 2012).

Triangulära nät (TIN) är en linjär interpolering av punkter, i detta fall punktmoln i ett tredimensionellt koordinatsystem, som resulterar i icke överlappande triangelelement av varierande storlek (Vivoni et al. 2004).

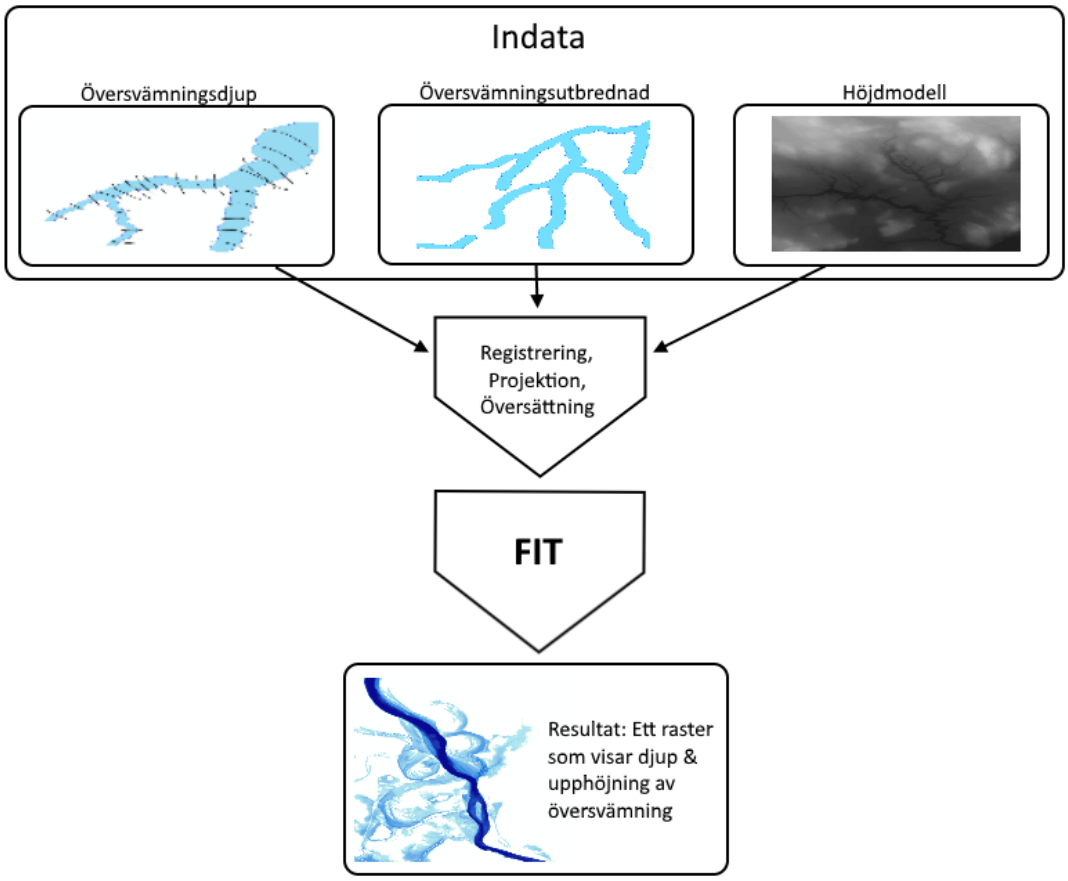
Lantmäteriet (2018) beskriver i sin rapport vilken kvalitet som ges för den nationella höjdmodellen. I SS-EN ISO 19157:2013 ges kvalitetsparametrar som Lantmäteriet använt för att redovisa kvaliteten.

Användning av endast en höjdmodell för att definiera hydrologin i HAZUS-MH beskriver Croope (2009) i en studie. En höjdmodell importeras till HAZUS-MH som ska täcka det tänkta studieområdet. Utifrån höjdmodellen genereras ett nätverk av flödesvägen genom flödesackumulering. För det skapade nätverket som definierar flödesvägen väljs sen ett flöde som ska representera översvämningen. Det går att välja fördefinierade flöden för bland annat 100-årsflöden eller själv skriva in ett värde på vilket flöde som nätverket ska ha.

2.4.3.2 Flood Information Tool

FEMA (2009) beskriver i sin användarmanual hur metodologin ser ut för att skapa djupraster med hjälp av Flood Informaiton Tool (FIT). FIT är ett ArcGIS-tillägg som gör det möjligt för användare att använda egna översvämningsdata. Den gör det möjligt att anpassa data så att det har rätt format i HAZUS-MH.

Översvämningar i FIT delas upp i två kategorier där olika typer av indata behövs. Indelningen är mellan älvar och kuster. I den här studien har det valts att endast beskriva metodologin för älvar då metoden i rapporten baseras utifrån Klarälven. Figur 4 redovisar en övergripande bild över hur processen i FIT ser ut, vilken indata som behövs och hur slutgiltigt resultat uppvisas.



Figur 4. HAZUS-MH FIT process.

För att använda verktyget FIT krävs spatiala data. Ska det skapas ett djupraster för en älv är det tre olika datatyper som behövs. I Tabell 2 redovisas datakraven för att skapa ett djupraster med FIT.

Tabell 2. Nödvändig indata för användning av FIT.

Nödvändig data	Ändamål	Format	Regler
Höjdmodell (DEM)	Beskriver höjden för området och bestämmer cellstorleken för resultaten	ArcInfo grid	Ska representera terrängens yta utan byggnader, träd osv.
Översvämningsdjup	Beskriver översvämningens djup och flöde i form av tvärsektioner	ArcGIS linje	Får inte korsa varandra. Bör korsa center av älven. Får inte innehålla attribut som "Along", "Power" eller "Skew"
Översvämningsgränser	Definierar centrumlinjen för översvämning och avgör översvämningens utbredande	ArcGIS polygon	Representeras av en sammanhängande polygon

Hur processen i FIT ser ut för älvar förklarar FEMA (2009) övergripande i följande steg. Indata ska stämma överens med data redovisad i Tabell 2.

- Översvämningsgränser – Användaren är tvungen att identifiera var gränserna för nedströms- och uppströmsflödet ska gå för tänkt analysområde. Djuprastret kommer att skapas mellan dessa avgränsningar. För att få värden till djuprastret behöver användaren även identifiera vilka attribut från filen med översvämningsdjup som anger data för djupet.
- Centrumlinje för flöde – Efter att älvens avgränsningar har bestämts kommer FIT att skapa en centrumlinje som går från uppströmsavgränsningen till nedströmsavgränsningen. Centrumlinjen definierar flödesvägen och används till att avgöra vilka tvärsnitt som kommer att inkluderas i beräkningarna av djuprastret. Viktigt att kontrollera så att den skapade centrumlinjen korsar tvärsektioner som ska vara med i beräkningen.
- Avgränsande polygon – Från centrumlinjen skapas en buffertzon vars syfte är att inkludera hela ytan som anger översvämningsgränserna. Det är buffertzonen som definierar vilket område djuprastret kommer att beräknas på. Buffertzonen är till en början dynamisk så det är möjligt att öka eller minska önskat område den ska inkludera i beräkningen.
- Biflödesområde – Områden där älven har avstickare i flödesvägen (biflöden), behöver inte inkluderas i buffertzonen. FIT erbjuder ett alternativ till att analysera dessa områden.

- Interpolera ytterligare djupraster – FIT har möjligheten att skapa påföljande djupraster genom interpolering. För det behövs att tvärsektioner i analysen har värden för minst tre olika översvämningar.

Vidare beskriver FEMA (2009) huvudfunktionerna med verktyget FIT.

- Multihazard-analys: Det är möjligt att processa data för både älv och kust
- Tillåter egna användardata: Såpass flexibel att det är möjligt att arbeta med egna framtagna data för höjdmodell och översvämningsdata
- Interpolation med översvämningsytor: Algoritmer tillhandahåller ett medel för att interpolera översvämningsdjup mellan tvärsnitten från indata ”Översvämningsdjup”
- Analys för översvämningsdjup: Skapar djupraster för området
- Översvämningsfrekvensanalys: Efter att djupraster skapats är det möjligt att skapa djupraster för användarvalda återkomsttider
- Vägledning genom hjälpfunktioner: Gör det lättare att transformera egna data för att passa i FIT

2.4.3.3 Djupraster

Djupraster är ett raster som representerar vattennivåer och utbredning av översvämningar. Djupraster tas fram av en hydraulisk datamodell. Information om höjddata, flöden, strukturer i vattendraget som kan påverka vattnets rörelser, vattendragets lutning, bottenfriktion och landskapets topografi används i modellen. Med hjälp av GIS skapas djupraster och indata som krävs är en digital höjdmodell och tvärsektioner som beskriver vattenståndet längs vattensträckan (MSB 2017).

2.4.3.4 HEC-RAS

Hydrologic Engineering Centre – River Analysis Systems (HEC-RAS) är ett program för att från grunden modellera hydrologiska och hydrauliska förhållanden för floder. Programmet är ett i en serie av program som är utvecklat av US Army Corps of Engineers (USACE). Dessa program är fritt tillgängliga och kommer med utförlig dokumentation och exempeldata (USACE 2019).

2.4.4 Comprehensive Data Management System

Comprehensive Data Management System (CDMS) är ett verktyg för HAZUS-MH som gör det möjligt för användare av HAZUS-MH att uppdatera och lägga till data som senare används till analyser. CDMS laddas ner och installeras automatiskt vid samma tillfälle som HAZUS-MH.

Att integrera egna data i HAZUS-MH kräver omfattande manuellt arbete då HAZUS-MH har en förbestämd datastruktur, CDMS är ett verktyg för att underlätta den här processen. Grundläggande så

fungerar CDMS som ett valideringsfilter för att data ska importeras korrekt. Filformat som stödjs som input är Esri shape-filer (.shp), MS Excel (.xls), MS Access (.mdb) och Esri geodatabaser. Nämnda filformat, med korrekt datastruktur valideras sedan för att slutligen importeras till databaser som används i användning av HAZUS-MH (FEMA 2019).

3. Metod

I följande kapitel behandlas studiens genomförande. Metoden är indelad i fem delar, litteraturgenomgång, implementering av HAZUS-MH, dokumentation av erfarenheter, indata och programvaror.

3.1 Litteraturgenomgång

För att förstå överflyttbarheten av HAZUS-MH till svenska förhållanden behövdes litteratur inom området studeras. Via en genomläsning av manualer och tidigare forskning kunde kunskapsnivån om programvaran och dess implementering på regioner utanför USA nå en nivå lämplig för studiens ändamål. De viktigaste källorna var:

- Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2016). *Hazus – MH Technical manual*. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.
- Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2018). *Hazus flood model user guidance*. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.
- Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2019). *Comprehensive Data Management System*. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.
- Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (u.å.). *Comprehensive Data Management System – Data Dictionary*. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.
- Rozelle, J. (2016). International Flood Model Toolkit. Curitiba, Brasilien.
- Kaveckis, G., Paulus, G. & Mickey, K. (2011). *Potential Contribution of HAZUS-MH to Flood Risk Assessment in the Context of the European Flood Directive*. Na.
- Scawthorn, C., Blais, N., Seligson, H., Tate, E., Mifflin, E., Thomas, W., Murphy, J. & Jones, C. (2006a). HAZUS-MH flood loss estimation methodology. I. Overview and Flood Hazard Characterization. *Natural Hazards Review*, 7, 60–71.
- Scawthorn, C., Flores, P., Blais, N., Seligson, H., Tate, E., Chang, S., Mifflin, E., Thomas, W., Murphy, J., Jones, C. & Lawrence, M. (2006b). HAZUS-MH flood loss estimation methodology. II. Damage and loss assessment *Natural Hazards Review*, 7 (2) (2006), pp. 72–81

Metoden för att finna litteratur var att sökning på internet. Sökord som användes i Google Scholar var: HAZUS-MH, Hazus, Flood, Risk, Flood risk assessment. Sökord som användes på FEMA:s hemsida var: CDMS, Flood User Manual.

De viktigaste slutsatserna från litteraturgenomgången var kunskap om hur datakravet för HAZUS-MH såg ut samt hur data på ett smidigt sätt kunde importeras i HAZUS-MH. Extra viktiga var de studier som tidigare testat att implementera HAZUS-MH utanför USA, till exempel Kaveckis et al. (2010).

3.2 Implementering av HAZUS-MH

I ett första skede användes data från USA tillsammans med FEMA:s manualer för att skapa en förståelse för hur HAZUS-MH fungerade och vilka funktioner som fanns tillgängliga. Den här förståelsen lade grunden för senare analyser med svenska data. Innan svenska data kunde importeras in i HAZUS-MH behövde data hämtas och bearbetas. Bearbetningen skedde med hjälp av en GIS-programvara och två olika databashanterare.

3.3 Dokumentation av erfarenheter

För att identifiera möjligheter och hinder gällande implementeringen av HAZUS-MH för svenska förhållanden så skedde dokumentation av erfarenheter löpande under studiens gång. Dessa erfarenheter låg till grund för resultatets utformning. Utformningen av resultatet avsåg binda dessa erfarenheter i en användarmanual för implementeringen.

3.4 Indata

De indata som används i studien framgår av Tabell 3.

Tabell 3. Indata i studien.

Källa	Namn	Kommentar	Format
Lantmäteriet	Byggnader	Byggnader inom Karlstad kommun (polygon)	.shp
	Fastigheter	Fastigheter inom Karlstad kommun (polygon)	.shp
SCB	Kommuner	Alla kommuner (polygon)	.shp
	Län	Alla län (polygon)	.shp
MSB	Hotkarta, djup	En hotkarta över Karlstads kommun	GRID
FEMA	State_DB	Tom databas med förberedd struktur, Bilaga 1	.mdb
	syHazusDB	Tom databas med förberedd struktur, Bilaga 1	.mdb
	PR	Databas med information för området Puerto Rico.*	.mdf

*** I PR finns färdig information för att utföra analys i HAZUS-MH. I och med studiens metod kommer denna information skrivas över med svenska data.**

3.5 Programvaror

ESRI, ArcGIS 10.5.1

FEMA, HAZUS-MH 4.2 (SP2)

FEMA, CDMS

Microsoft Access

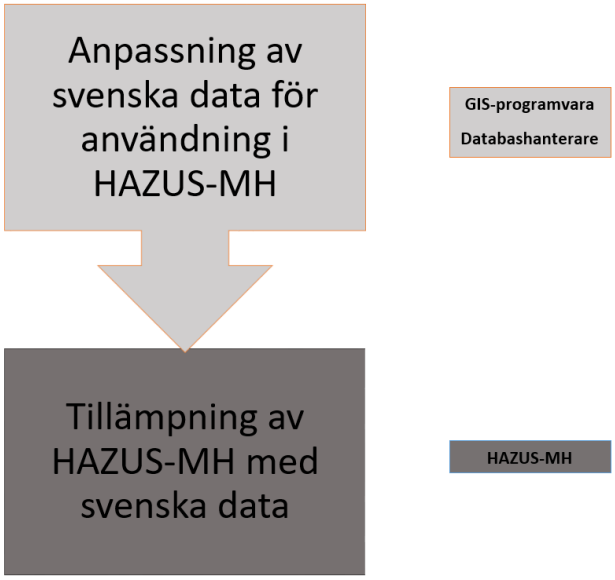
Microsoft SQL Server 2014

Microsoft SQL Server Management Studio

4. Resultat

Resultatet av studien redovisar tillvägagångssättet för att HAZUS-MH ska vara möjligt att använda med svenska data. Resultatet redovisas i tre delar. Första delen tar upp systemkrav och inställningar för HAZUS-MH. För att kunna använda HAZUS-MH förutsätts att systemkrav och inställningar möts.

Andra och tredje delen redogör för anpassning av svenska data för användning i HAZUS-MH samt tillämpning av HAZUS-MH med svenska data, se Figur 5. För att ta HAZUS-MH i bruk utanför USA krävs att lokala data förbereds och importeras till programmets databaser. Detta kan göras manuellt eller mer lämpligt via skript. Andra delen beskriver vad som minimalt måste göras för att kunna skapa en så kallad studieregion.



Figur 5. Arbetsflöde.

Tredje delen beskriver tillämpningen av HAZUS-MH med svenska data. Första steget när HAZUS-MH öppnas är att bygga en studieregion. När studieregionen skapas bestäms två parametrar. Den fösta är vilken typ av naturkatastrof som ska modelleras, jordbävning, översvämning, orkan, tsunami eller en kombination. Den andra parametern är utsträckningen av studieregionen. Den kan ske på huvudsakligen fem olika geografiska nivåer State, County, Community, Tract eller Censusblock. Det ligger på denna studie att skapa svenska motsvarigheter till dessa. När studieregionen är byggd kan HAZUS-MH öppnas och förberedas för att utföra analys. Användardata i form av hydrologiska modeller kan skapas eller importeras till HAZUS-MH. För att kunna utföra flera analyser på varje studieregion skapas sedan ett Scenario. Därefter bestäms hur många parametrar som ska ingå i analysen innan den körs. Resultat redovisas som statistik i tabellformat som lätt kan visualiseras i kartan. Rapporter över valfria parametrar kan utan svårighet genereras. Resultatets omfattning avgörs av hur mycket statiskt som importerats till databaserna.

4.1 HAZUS-MH systemkrav och övriga inställningar

I det här delkapitlet redovisas de krav som ställs på system och vilka inställningar som är nödvändiga för att det ska vara möjligt att använda sig av HAZUS-MH (FEMA 2018).

4.1.1 Systemkrav

Systemkrav enligt teknisk manual redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Systemkrav HAZUS-MH.

Hårdvara	Krav
CPU	2.2 GHz dual core minimum
Minne/RAM	2 GB minimum
Hårddisk	Cirka 10 GB diskutrymme behövs för lagring av ett större multi-hazard område
Grafikkort	24-bit kapabelt grafikkort med minst 128 MB minne och 1024 x 768 eller högre upplösning är rekommenderat
Mjukvara	**Krav**
Operativsystem	Microsoft Windows 10 Pro, 8.1, och 7 Pro (64-bit)*
GIS-Program	Esri ArcGIS 10.5.1 med tillägget "Spatial Analyst" tillgängligt
***HAZUS-MH installation är möjligt på andra operativsystem/servicepacket, men utan garanti att det kommer fungera lika bra.**	

4.1.2 Övriga inställningar

4.1.2.1 Inställningar i Windows

HAZUS-MH är ursprungligen skapad för att användas i USA där punkt “.” är decimalavskiljare medan det i Sverige är kommatecken “,“ som används. För att data ska vara kompatibelt i HAZUS-MH behöver grundinställningarna för språk ändras i Windows så att “.“ är decimalavskiljare.

Den här inställningen ändras via stegen som redovisas nedan:

1. Öppna **Windows inställningar**
2. Sök på **Region & Språk** och tryck vidare
3. Öppna **Administrativa språkinställningar**
4. Välj fliken **Format** och ändra antingen i **ytterligare inställningar** till att decimalsymbol är “.“ eller välj ett alternativ i rullgardinsmenyn **format** där “.“ är decimalsymbol. I den här studien valdes formatet English (Swedish) i rullgardinsmenyn.

4.1.2.2 Inställningar i mappen Hazusdata

När en studieregion ska skapas söker modulen HAZUS-MH efter data i mappen “Inventory” (C:\HazusData\Inventory). Här ska då mappen som innehåller PR.mdf, se indata, placeras för att i senare skede byggas en studieregion utifrån.

4.1.2.3 Inställningar i databashanteraren

För att genomföra en import av data i senare skede behöver en koppling till en av HAZUS-MH databaser utföras i Microsoft SQL server management studio.

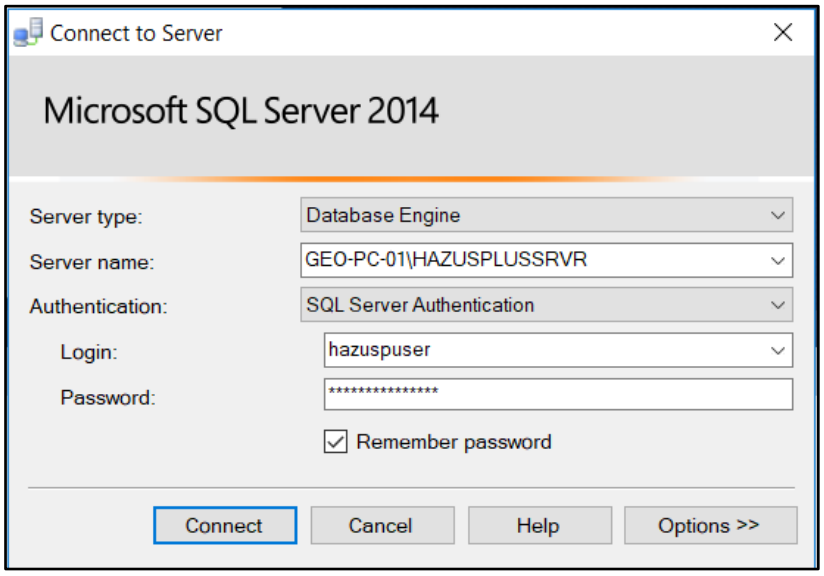
Koppling i Microsoft SQL server management studio som utförs redovisas nedan:

1. Öppna **Microsoft SQL server management studio**
2. Logga in till servern HAZUSPLUSSRVR med uppgifter enligt Figur 6. Där även ifyllda attribut förklaras nedanför.

   Server name: Här ska användares individuella namn för datorn fyllas i följt av \HAZUSPLUSSRVR

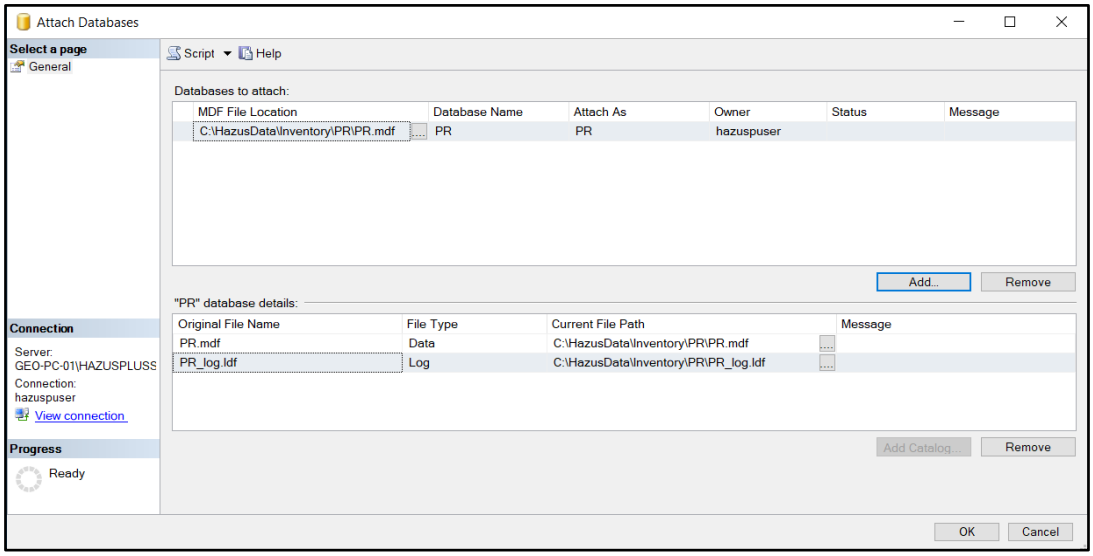
   Login: hazuspuser

   Password: Gohazusplus_02



Figur 6. Inloggning Microsoft SQL server management studio.

3. Högerklicka på **Databases** och välj alternativet **Attach**
4. Välj **Add...** och i fältet **Database Data file location** sök efter **C:\HazusData\Inventory\PR**
5. Välj filen **PR.mdf** och tryck på **OK**
6. Nu ska menyn som redovisas i Figur 7 visa sig

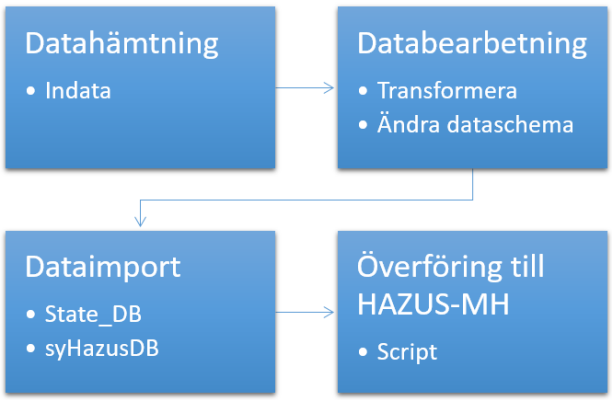


Figur 7. Attach Databases i Microsoft SQL server management studio.

7. I fältet "PR database details" ska endast "PR.mdf" finnas. Om "PR_log.ldf" finns ska den tas bort genom att **markeras** och sen trycka på **Remove**. När endast "PR.mdf" finns med är slutliga steget att trycka på **OK**

4.2 Anpassning av svenska data för användning i HAZUS-MH

I det här delkapitlet kommer det redovisas hur all data som använts bearbetas för att möjliggöra skapandet av en studieregion. Delar som tas upp är datahämtning, databearbetning, dataimport och överföring till HAZUS-MH (Figur 8). Datahämtning innefattar de data som behövs för att möjliggöra skapandet av en studieregion. Databearbetning innebär att anpassa data så den passar i databaserna State_DB och syHazusDB. Dataimport beskriver hur tidigare nämnda databaser fylls med data. Överföring till HAZUS-MH beskriver hur data från databaserna State_DB och syHazusDB överförs in i HAZUS- databas.



Figur 8. Övergripande metod för anpassning av svenska data.

4.2.1 Datahämtning

Utifrån den egenvalda studieregionen införskaffas data över området. Vilka data som behövs för att bygga en studieregion framgår av Tabell 5 och 6. I kommande avsnitt beskrivs dessa igenom mer detaljerat.

Tabell 5. Använda databaser i studien.

Databaser		
Namn	**Format**	**Kommentar**
State_DB	.mdb	Tom databas med förberedd struktur
SyHazusDB	.mdb	Tom databas med förberedd struktur
PR	.mdf	Databas med information för området Puerto Rico*
*** I PR finns färdig information för att utföra analys i HAZUS-MH. I och med studiens metod kommer denna information skrivas över med svenska data.**		

Tabell 6. Filer för administrativa indelningar.

Filer för administrativa indelningar		
Namn	**Format**	**Kommentar**
Fastigheter	.shp	Fastigheter i Karlstads kommun*
Kommun	.shp	Karlstads kommun
Län	.shp	Värmlands län
***Studien förutsätter att denna fil är klippt efter det tänkta studieområdet.**		

4.2.2 Databearbetning

Ett antal tabeller (inventeringsdata) och geografiska data (administrativa indelningar) i databaserna StateDB och syHazusDB måste innehålla data för att HAZUS-MH senare ska kunna generera en studieregion. Datastrukturen för de administrativa indelningarna måste byggas från grunden. Huvudsakligen behöver de administrativa indelningarna transformeras och datastrukturen ändras. Vidare behöver tabellerna för inventeringsdata fyllas i med fiktiva värden och nyckelattributen behöver vara korrekta.

4.2.2.1 Transformera

Gemensamt för alla administrativa indelningar är att referenssystemet behöver ändras till WGS 84. All data var ursprungligen i SWEREF 99 TM, så en transformation utfördes med verktyget **Project** för att transformera till WGS 84.

4.2.2.2 Ändra datastruktur

De administrativa indelningarna (shape-filer) som ska bearbetas för att matcha strukturen i State_DB och syHazusDB framgår av Tabell 7. Shape-filerna med svenska data bearbetas i en GIS-

programvara för att exakt efterlikna datastrukturen i databaserna. Fält behöver matcha i namn och datatyp.

Tabell 7. Administrativa gränser.

Administrativa indelning – (shape-filer)	
HAZUS-MH administrativa indelning (namn i databas)	**Den valda svenska indelningen**
State (syState)	Värmlands län
County (syCounty, hzCounty)	Karlstads kommun
Tract (syTract, hzTract)	Sammanfogade (**Dissolve**) från attributet trakt i fastigheter
CensusBlock (hzCensusBlock)	Fastigheter

De attribut, nyckelattribut, som binder samman de administrativa gränserna (shape-filerna) framgår av Tabell 8. Dessa nyckelattribut måste ha samma värde i alla shape-filer de förekommer i.

Tabell 8. Nyckelattribut för data i HAZUS-MH.

Nyckelattribut som används i både geografiska data och inventeringsdata			
Nyckelattribut	**Används i (shape-filer)**	**Datatyp (Längd)**	**Värde som använts i denna studie**
State	HzCounty, syCounty	Text (2)	PR
StateFips	HzCounty, syState, syCounty	Text (2)	17
CountyFips	HzCounty, hzTract, syCounty, syTract	Text (5)	StateFips+CountyFips3
CountyFips3	HzCounty, syCounty	Text (3)	080
Tract	HzTract, hzCensuBlock, syTract	Text (11)	ConutyFips+Tract6
Tract6	HzTract, syTract	Text (6)	000001
CensusBlock	hzCensusBlock	Text (15)	Tract+0001

Skapande av nyckelattributen CensusBlock och Tract kan ske på flera olika sätt. I denna studie användes Field Calculator med Python- och VBScript, se rekommenderad arbetsgång. Lämpligast skapas attributen enligt de administrativa områden som gäller i USA. Varje Tract och Censusblock ska ha ett eget unikt nummer.

Här nedan ges en rekommenderad arbetsgång för hur datastrukturen för administrativa gränser (hzCensusBlock) ändras.

Rekommenderad arbetsgång

Börja med att bearbeta filerna för State och County med hjälp av en GIS-programvara. Gå vidare och bearbeta Tract och Censusblock:

1. För att skapa filen Tract, använd funktionen **Dissolve** för filen fastigheter, använd attributet “trakt” som Dissolve_Field. Spara den nya filen.

2. Öppna nya filen Tract och **skapa ett nytt fält** (Text, 11). Döp till Tract.

3. För att fylla fältet Tract använd **Field Calculator (Figur)** med följande **VB-Script**: "17080"+right(([FID]+1+1000000),6). [FID] är första attributet i en shape-fil.

4. Öppna både Tract och Fastigheter. Utför en **Spatial Join** mellan Fastigheter och Tract, ett nytt fält som heter FID_2 skapas (det fältet ger alla fastigheter som ligger inom samma tract samma nummer). **Spara filen** som skapats av Spatial Join och använd som ny fil för Fastigheter. Fortsätt redigera filen Tract enligt punkt 11.

5. **Skapa ett nytt fält** i Fastigheter (Short int). Döp till index.

6. I det nya fältet används **Python-skript** enligt Tabell 9. (Skriptet skapar en räknesnurra för varje FID2 nummer).

Tabell 9. Python-skript.

Pythonskript	

Pre-Logic Script Code:	projectCounts={}
	def getCount(project):
	  if not project in projectCounts:
	  projectCounts[project] = 0
	  projectCounts[project] += 1
	  return projectCounts[project]

“index” =	getCount(!FID_2!)

7. **Skapa ett nytt fält** (Text, 4). Döp till index2.

8. För att fylla fältet index2 använd **Field Calculator** med följande **VB-Script**: right(([index]+1000),4).

9. **Skapa ett nytt fält** (Text, 15), döp till hzCensusBlock.

10. För att fylla fältet hzCensusBlock, **lägg ihop fälten** tract och index2 med **Field Calculator** och **VB-Script:** tract &””&index2

11. **Lägg till övriga fält** till fastigheter enligt Tabell 10, där finns datastrukturen som HAZUS-MH känner igen. Det går bra att redigera datastruktur i form av en ESRI Geodatabas eller som

shape-fil. Endast databas stödjer Short int, så vid redigering i shape-fil går det bra att använda Long int istället.

12. **Ta bort** de gamla svenska attributen.

Tabell 10. Datastruktur för hzCensusBlock.

Namn	Datatyp (längd)	Kommentar
OBJECTID	Object ID	Ändra ej
Shape	Geometry	Ändra ej
CensusBlock	Text (15)	Se rekommenderad arbetsgång
Tract	Text (11)	Se rekommenderad arbetsgång
BldgSchemesID	Text (10)	Ska stämma med övriga filer
BlockType	Text (1)	Sätt ett "R" om du jobbar med Riverine.
BlockArea	Double	Beräkna med Calculate Geometry
CenLat	Double	Beräkna med Calculate Geometry
CenLongit	Double	Beräkna med Calculate Geometry
PctWithBasemnt	Short int/Long int	Fyll med fiktivt värde
Pct1StoryRes1	Short int/Long int	"
Pct2StoryRes1	Short int/Long int	"
Pct3StoryRes1	Short int/Long int	"
PctSplitLvlRes1	Short int/Long int	"
Pct1to2StryRes3	Short int/Long int	"
Pct3to4StryRes3	Short int/Long int	"
Pct5StryPlusRes3	Short int/Long int	"
PctLowRiseOther	Short int/Long int	"
PctMidRiseOther	Short int/Long int	"
PctHighRiseOther	Short int/Long int	"
Pct1CarGarage	Short int/Long int	"
Pct2CarGarage	Short int/Long int	"
Pct3CarGarage	Short int/Long int	"
PctCarPort	Short int/Long int	"
PctNoGarage	Short int/Long int	"
IncomeRatio	Double	"

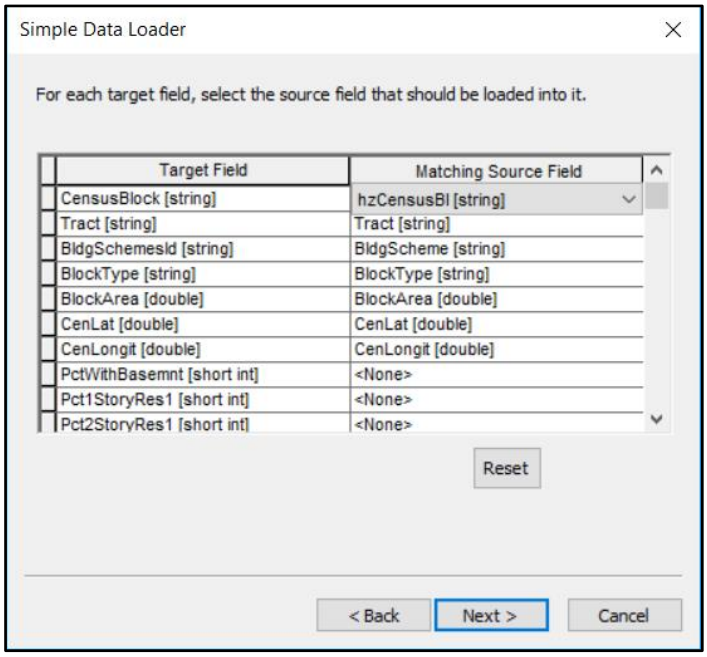
4.2.2.3 Fyll i tabeller

De tabeller som behöver finnas med framgår av Tabell 11. Tabellerna behöver fyllas med riktiga eller fiktiva värden. Öppna Microsoft Access och **exportera** varje tabell som Excel-fil till en lokal mapp, då

stämmer filnamn och datastruktur. Redigera Excel-filerna därifrån. Infoga Censusblock-nummer och Tract-nummer, fyll sedan kolumnerna med riktiga eller fiktiva värden. I denna studie användes fiktiva värden i skapandet av studieregion.

4.2.3 Dataimport

När de administrativa indelningarna och tabellerna har bearbetats behöver de laddas in i de tomma databaserna (State_DB och syHazusDB). Detta görs bäst med hjälp av funktionen **Load** i ArcCatalog, enligt Figur 9. Det är viktigt att datastrukturen följs annars kommer inte importen av data fungera. Under **Load** funktionen matchas fält med fält enligt Figur 9. I Tabell 11 framgår vilka shape-filer som måste laddas i State_DB och syHazusDB för att byggandet av en studieregion senare ska fungera.



Figur 9. Matchning av fält.

Alternativ import: Istället för att använda verktyget **Load** importeras en hel fil in i databasen. Den här metoden går till på följande sätt: ta bort aktuell feature class till exempel hzCensusBlock från databasen State_DB. Importera till databasen State_DB en shape-fil, med samma namn som ursprungsfilen(hzCensusBlock), som innehåller korrekt datastruktur och nödvändig information för hzCensusBlock. Attributnamn i shape-filer är begränsade till tio tecken, så används den här metoden för import är det nödvändigt att manuellt ändra fälten för attribut vid import så att det stämmer överens med HAZUS-MH struktur.

Tabell 11. Databaserna State_DB och SyStateDB.

Databaser		
State_DB		
Typ	**Namn**	**Kommentar**
Shapefil	hzTract	General Study Region Boundaries
	hzCounty	"
	hzCensusBlock	"
	flAgMap	Agriculture databases
Tabell	hzDemographicsT	General Building Stock Tabels
	hzDemographicsB	"
	hzBuildningCountOccupT	"
	hzBuildningCountOccupB	"
	hzExposureOccupT	"
	hzExposureOccupB	"
	hzExposureContentOccupT	"
	hzExposureContentOccupB	"
	hzSquareFootageOccupT	"
	hzSquareFootageOccupB	"
	flAgricultureInventory	Agriculture databases
	hzMeansCountyLocationFactor	County Location Factor
	flSchemeCoastal	General Building Stock Mapping Schemes
	flSchemeGLakes	"
	flSchemeInfo	"
	flSchemeMapping	"
	FlSchemeRiverine	"
	hzGenBldgScheme	"
	hzGenBldgSchemes	"
syHazusDB		
Typ	**Namn**	**Kommentar**
Shapefil	syTract	General Study Region Boundaries
	syState	"
	syCounty	"

Importera tabellerna en och en i Microsoft Access. Eftersom de exporterades från samma ställe så stämmer namn och datastruktur. Välj att skriva över tidigare data.

4.2.4 Överföring till HAZUS-MH

Detta steg kräver att inställningarna under rubriken "Inställningar i mappen Hazus-data" är färdiga. I mappen C:\HazusData\Inventory\PR ligger en så kallad State-fil med data för Puerto Rico (PR). Denna

fil kommer i detta steg skrivas över med data som laddads in i State_DB och syHazusDB. Detta sker med hjälp skriptet “Hazus_Import.py” som är skapat av Jesse Rozelle. Hazus_Import.py finns i sin fullständighet i Bilaga 2.

Öppna Hazus_Import.py med en IDLE. Ändra sökvägen på rad 37, sökvägen ska leda till mappen med State_DB och syHazusDB, se röd markering i Figur 10. Tryck på spara och kör sedan skriptet, det tar mellan 5 och 10 minuter om allt är korrekt. Skriptet flyttar innehållet i State_DB och syHazusDB till State-filen PR och en studieregion med svenska data går nu att bygga.

```
!!!!!IMPORTANT:  The folderpath variable below is the only variable you need to edit.
Point this to the folder containing your completed Hazus-MH International Model Toolkit
geodatabases.  !!!!!!!WARNING!!!!!!! This step is irreversible and the data overwritten will be
irretrievable.  Please proceed with caution.
"""
folderpath = r'C:\Users\Admin\Desktop\NGGC90Examensarbete\Hazusimport\testl'

env.workspace = folderpath
compname = os.environ['COMPUTERNAME']
sqlname = 'HAZUSPLUSSRVR'
```

Figur 10. Urklipp av skript Hazus_import.py.

Denna process går att utföra utan skript, men det är manuellt arbete som utförs med hjälp av databashanterare, tar lång tid och kräver viss insikt i HAZUS-MH databasstruktur.

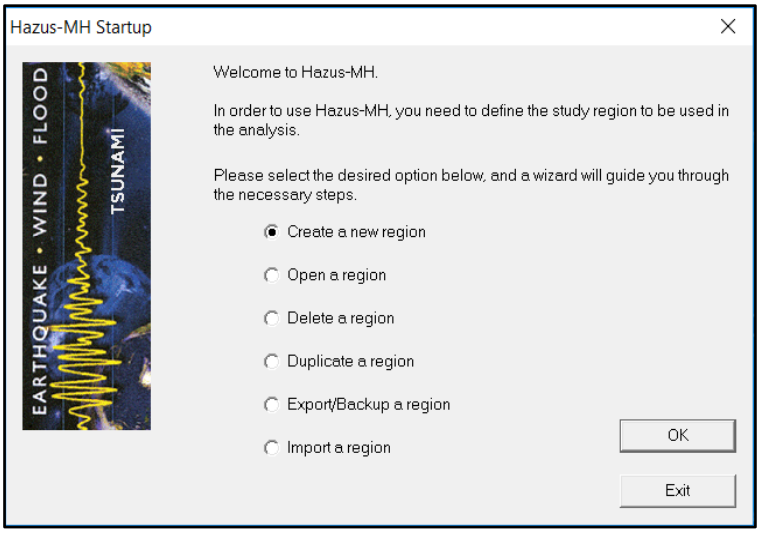
4.3 Tillämpning av HAZUS-MH med svenska data

I den här delen beskrivs tillämpningen av HAZUS-MH med svenska data som bearbetas i tidigare skede.

4.3.1 Skapa en studieregion

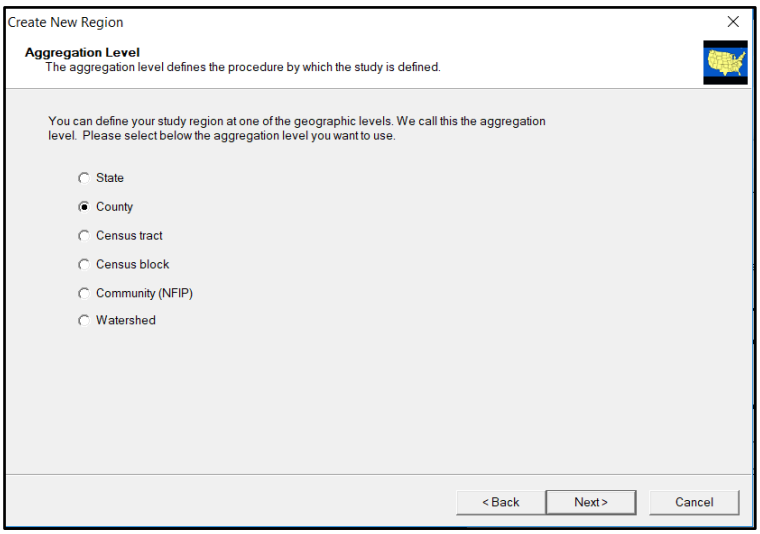
En studieregion är det första steget som utförs i användningen av HAZUS-MH. Studieregionen är det valda område som analyserna kommer att beräknas inom och i den här guiden kommer redovisningen av HAZUS-MH användning utföras med hjälp av data som bearbetas i kapitel 5.2.

1. Vid den initiala starten av HAZUS-MH så kommer valen upp som ses i Figur 11. Valet **Create a new region** ska vara ifyllt som i Figuren, för att sen gå vidare med **OK**.



Figur 11. HAZUS-MH Startup meny.

2. Fyll i önskat namn för studieregionen samt om så önskas en beskrivning för regionen och välj sen **Next**.
3. I nästa fönster får användaren välja vilken typ av naturkatastrof analyser ska anpassas efter för studieregionen. Det går att kombinera naturkatastrofer här men bearbetad data från del 2 är utförd för översvämningar ska **Flood** väljas och sedan **Next**.
4. Nu ska fönstret som redovisas i Figur 12 visas. I den här menyn väljer användaren hur stort studieområde som ska skapas. Se Tabell 7 för vägledning i studieregionens täckning. För att skapa en studieregion för Karlstads kommun välj **County** och sen **Next.**



Figur 12. Val av studieregion.

5. Välj **Varmland (PR)** under States och **Karlstad** under Counties. Tryck sedan **Next** för att slutföra skapandet av studieregion.

Efter följande steg skapar HAZUS-MH en studieregion över det område användaren har valt. Processen för att skapa en studieregion tar olika lång tid beroende på hur stort område som valts.

6. För att öppna önskad studieregion väljs alternativet **Open a region** som redovisas i Figur 11.

4.3.2 Dataimport via CDMS

För att möjliggöra analyser på berörda objekt i en studieregion behöver import av data ske med hjälp av CDMS. I den här delen förklaras hur utförandet av import går till för byggnader, User Defined Facilities (UDF).

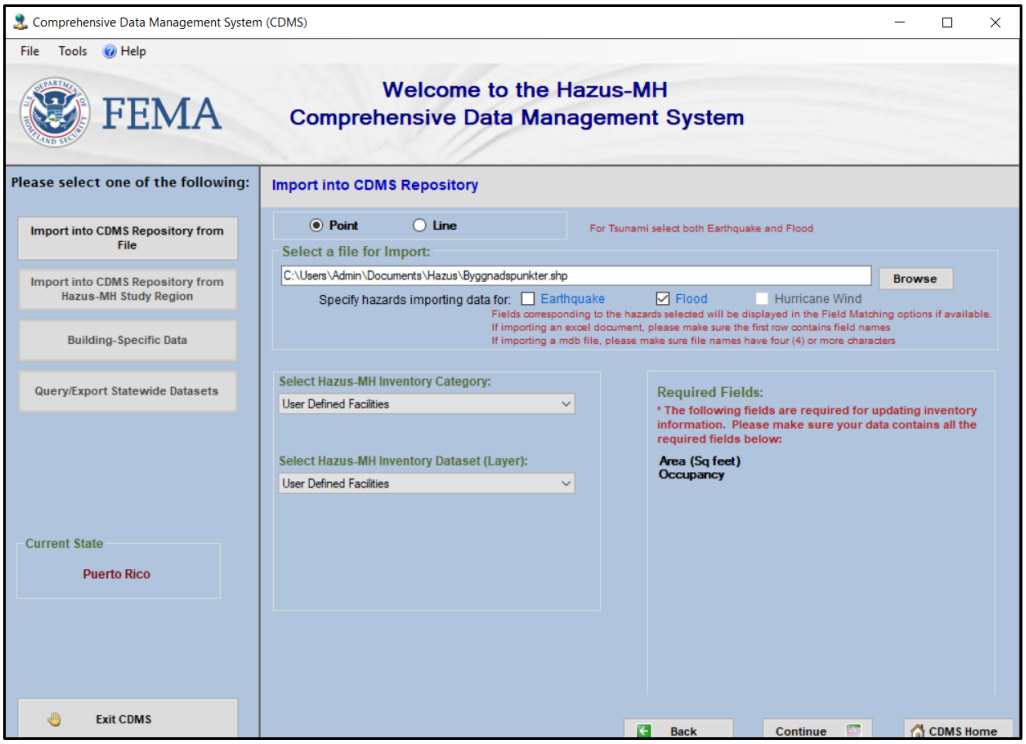
Data i form av byggnader från Lantmäteriet, se Tabell 3, valdes som indata till användning. För import av spatiala data i CDMS är punktobjekt eller linjeobjekt möjlig. Byggnadspolygonen ska därför omvandlas till punktobjekt via verktyget **Feature to point** i ArcGIS.

När byggnader representeras som punkter behöver Hazus Flood Model User Guidance (FEMA 2018), CDMS – Data Dictionary (FEMA u.å.) och Comprehensive Data Management System (FEMA 2019) studeras för att få kunskap över hur data måste bearbetas för att det ska vara möjligt att användas i HAZUS-MH. För UDF är det viktigt att ha med Trakt-nummer (vilken Trakt punkten finns i), Area och Occupancy som värden i attributtabellen. Resterande värden som behöver fyllas får fiktiva värden. De får fiktiva värden på grund av att de inte tillåts vara NULL.

För att få attributet Trakt-nummer till byggnaderna utförs en **Spatial Join**. Byggnadspunkterna används som **Target features** och hzTract används som **Join Features**. Resterande värden som är nödvändiga inför import i CDMS uppdateras i attributtabellen för byggnadspunkter med hjälp av verktyget **Field Calculator**.

När föregående steg är klara är användaren redo att använda CDMS för att importera in till HAZUS-MH databasen. Följande steg utförs i CDMS.

1. Välj fliken **Tools** i meny fältet och välj alternativet **Specify HAZUS-MH Data Location.** Nu öppnas ett fönster där det ska anges vilken databas en anslutning ska skapas till. Lokalisera den databas som data ska uppdateras till och välj **OK**. För den här guiden anges C:\HazusData\Inventory\PR\PR.mdf
2. När angiven databas är kopplad väljs **Import into CDMS Repository from File.** I den här menyn anges filen för byggnadspunkter och vart i HAZUS-MH databasen den ska importeras. I Figur 13 redovisas hur det bör se ut. Välj **Continue**.



Figur 13. Val av import i CDMS.

3. I nästa fönster ska Hazus-ID identifieras. Finns inte det i attributtabellen anges **No HAZUS ID** i rullgardinsfönstret **Select HAZUS-ID Field ** (if available)**. CDMS skapar då ett unikt Hazus-ID för varje punktobjekt. Välj **Continue**.
4. Nästa steg är att matcha de fält från attributtabellen från byggnadspunkter med de fält data ska importeras till. Ange attribut från byggnadspunkter under fliken **Source Fields**, destination under **Destination Fields** och välj **Add Match**. När attribut är matchade välj **Continue**.
5. Slutgiltiga steget är att föra över data från CDMS Repository till databasen för angiven region. Markera valda data i **CDMS Repository** och välj **Transfer to Statewide Dataset**.

Har dessa steg utförts korrekt kommer användarens data nu befinna sig i HAZUS-MH databaser som används för uppbyggnad av studieregioner. För att det ska vara möjligt att arbeta med tillagda data behöver en ny studieregion skapas där det blir inkluderat.

För det här exemplet användes User Defined Facilities för att importera data via CDMS. Möjligheten finns att även importera andra objekt helt beroende på vad som ska analyseras vid en översvämning. Vad för objekt som går att analyseras och hur datastrukturen ska se ut går att hitta i CDMS – Data Dictionary (FEMA u.å.). Tillvägagångssättet för import är liknande det som beskrivits i delkapitlet ovan 4.3.2 Dataimport via CDMS med undantag för vissa parametrar som kan skilja mellan objekten.

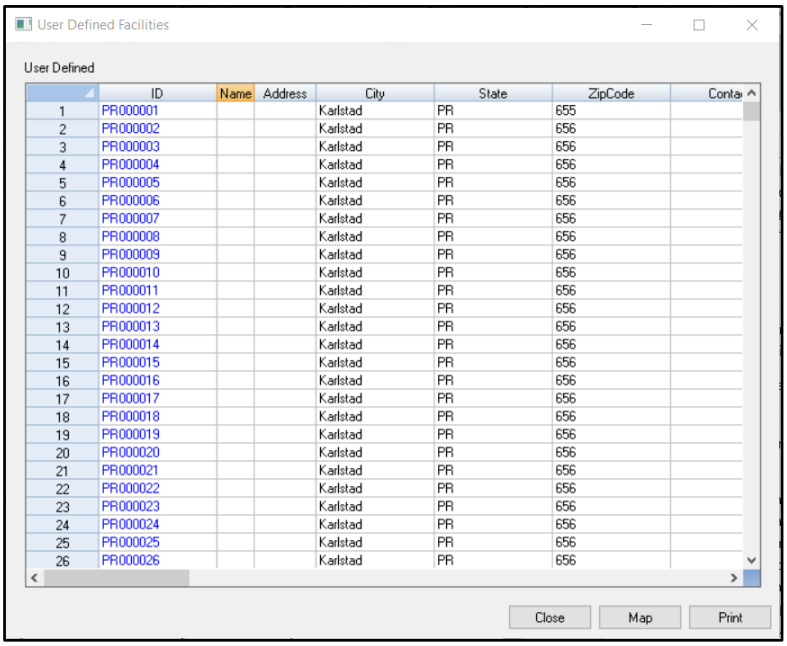
4.3.3 HAZUS-MH arbetsflöde

När en studieregion är skapad och data importerad kan arbetet i HAZUS-MH starta. Eftersom HAZUS-MH är byggt på ArcGIS så är det grafiska användargränssnitt hos dessa två väldigt lika. Arbetsflödet i HAZUS-MH följer menyraden. Menyraden innehåller rubrikerna Inventory, Hazard, Analysis och Results.

4.3.3.1 Inventory

För att granska värden samt i vissa fall redigera data HAZUS-MH utför beräkningar utifrån används **Inventory** i menyfältet. Data som finns i **Inventory** är den som valts att inkludera av svenska data samt data som användaren i senare tillfälle importerat via CDMS, se delkapitel 4.3.2 Dataimport via CDMS hur det går till. I det här exemplet har User Defined Facilities importerats och nedan beskrivs hur det kan granskas och redigeras. Redigering rekommenderas innan data importeras med CDMS.

1. Välj **Inventory** i menyfältet och välj **User Defined Facilities**.
2. Fönstret som redovisas i Figur 14 ska nu vara synligt för användaren.
3. Text som är markerat i blå färg går inte att redigera men text i svart färg är värden som går att redigera. Det här gör det möjligt att redigera enskilda data utan att behöva utföra en ny import av hela filer.
4. Alternativet **Map** som redovisas i Figur 14 presenterar vald data i HAZUS-MH kart vy.

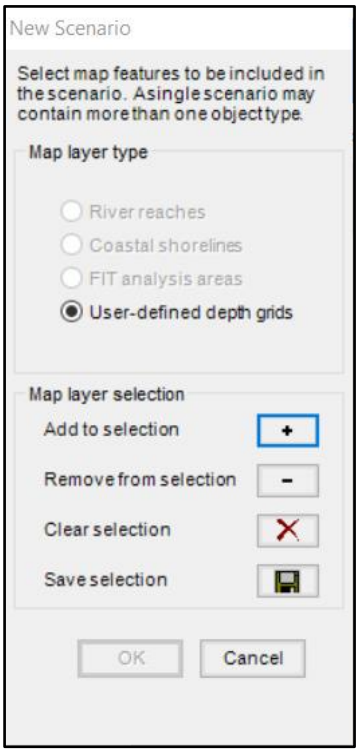


Figur 14. Tabell User Defined Facilities.

4.3.3.2 Hazard

Denna meny förbereder data inför analysen. Menyerna och undermenyerna följs i tur och ordning, vid import av djupraster är stegen:

1. Under **Hazard** och **Flood Hazard Type** välj **Riverine Only**.
2. Under **Hazard** välj **User Data**. Här importeras de hydrologiska data, i detta fall ett djupraster, som ska användas. Två parametrar sätts, **Units** och **Return period**. HAZUS-MH klipper rastret efter studieregionen och ändrar koordinatsystem vid importen.
3. Under **Hazard** och **Scenario** välj **New**. Skriv i ett namn, rekommenderat att välja ett namn kopplat till återkomsttiden för översvämningsdata. Välj sedan vilken data som ska ingå i analysen, välj **Add to selection** för att markera djuprastret och sedan **Save selection** enligt Figur 15.



Figur 15. Val av djupraster.

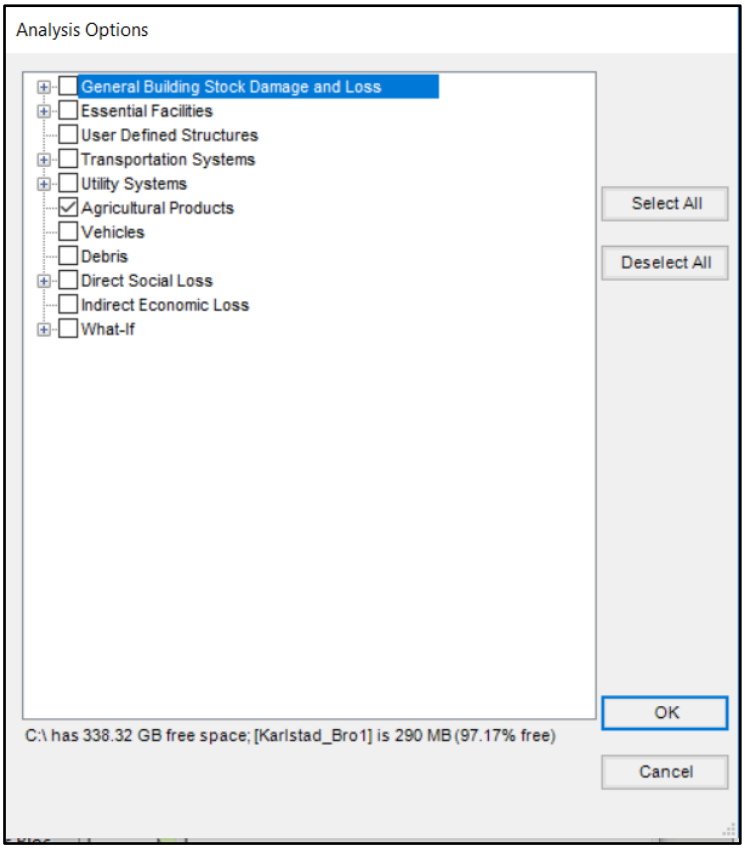
4. Under **Hazard** och **Riverine** välj **Delineate Floodplain**.

För att förbereda för en grundläggande analys kan manualen Hazus Flood Model User Guidance (kapitel 4) användas. För att förbereda för en avancerad analys (FIT, djupraster, HEC-RAS) kan manualen Hazus Flood Model User Guidance (kapitel 12) användas.

4.3.3.3 Analysis

Efter att ett översvämningsscenario har valts ska användaren välja data som analyser kommer att ha med i beräkningen. Analyserna använder sig av data som går att granska i **Inventory**. Det här görs under alternativet **Analysis** i menyfältet. Följande steg utförs det här:

1. Välj **Analysis** i menyfältet. Här finns flertalet alternativ, där det går att studera vilka parametrar som används för beräkningar för kostnader.
2. Välj **Run** och fönstret som redovisas i Figur 16 visas. Här redovisas de alternativ som analysen kan utföra beräkningar på. Vad som går att beräkna beror helt på vad för data som användaren importerat till HAZUS-MH databasen. Se kapitel 4.3.2 Dataimport via CDMS för guide över hur import av data utförs.



Figur 16. Alternativ för analys.

3. Välj den data som är importerad och aktuell för din analys. I denna studie användes **User Defined Structures**. Tryck sedan **OK**. Processen för att beräkna beror på hur mycket data som valts till analysen.

När **Analysis** är färdigt visas inga värden, utan nästa steg är att gå vidare till **Results** i menyfältet.

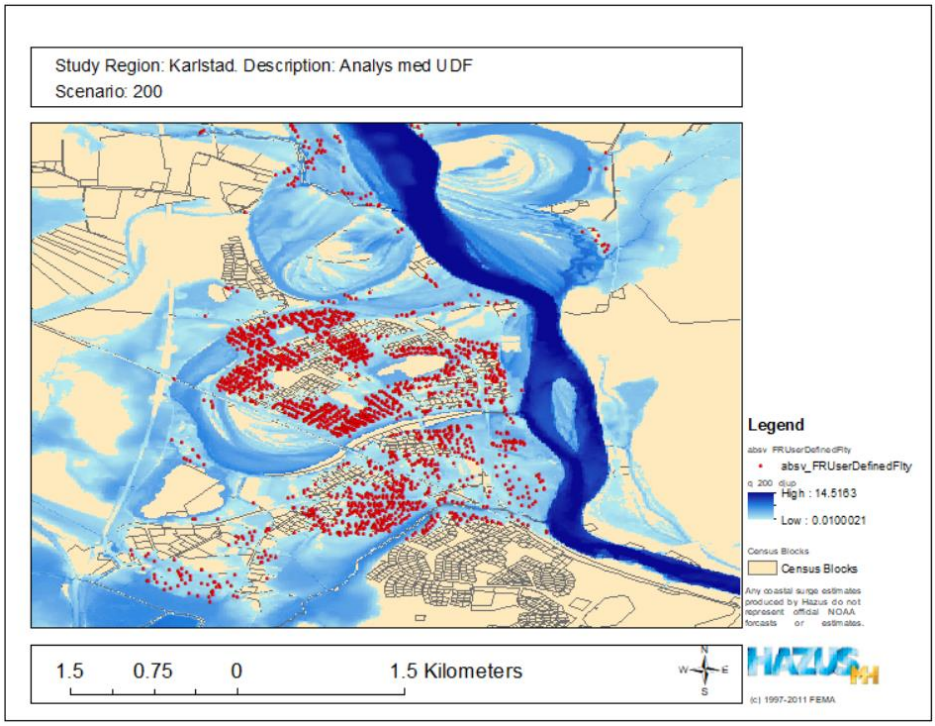
4.3.3.4 Results

För att få ut resultat från skapade översvämningsanalyser är sista steget i arbetsflödet menyfältet **Results**. För att få ut resultat följs dessa steg:

1. Första steget är att välja vilket översvämningsscenario resultaten ska redovisas utifrån. Välj **Results** i menyfältet och ta alternativet **View current scenario results by...**.
2. I fönstret **View Results by** ska användaren välja vilket scenario resultaten ska baseras på, då flera analyser på flera återkomsttider kan ha utförts. I menyn **Available Results:** väljs det namn som angivits i delkapitel 4.3.3.2 Hazard under punkt 3 och välj **OK**.
3. När scenariot valts som resultat ska baseras på går det att välja under **Results** vilket resultat som ska redovisas. I Bilaga 3 ges ett exempel hur en rapport ser ut efter att dessa steg utförts.

De resultat som är möjliga att redovisa här är helt beroende vilken data som användaren har valt att importera in i HAZUS-MH databas. Att importera data till HAZUS-MH som sedan går att analysera beskrivs under tidigare delkapitel 4.3.2 Importera data via CDMS.

Användaren kan välja att visualisera sitt resultat som tematiska kartor. Detta görs lätt genom att i en resultatmeny **markera en kolumn** och välja **Map** så skapas ett nytt lager i kartan. För att använda lagren till en karta behöver de först exporteras från HAZUS-MH, det rekommenderas inte att försöka skapa en kartlayout i HAZUS-MH. I Figur 17 redovisas ett mindre område i Karlstad där ett lager för berörda **User Defined Facilites** skapats utifrån ett 200-årsflöde, layouten är HAZUS-MH egna.



Figur 17. Berörda UDF vid 200-årsflöde.

5. Diskussion

I den här studien har implementering av HAZUS-MH testats för svenska förhållanden. Upplägget för diskussionen kommer att vara i två delar där möjligheter och hinder för implementeringen i Sverige presenteras.

5.1 Möjligheter

HAZUS-MH som helhet

Enligt UNISDR (2017) är tekniken för riskmodellering för översvämningar välutvecklad medan tekniken för att redovisa exponering och sårbarhet är underutvecklad. FEMA:s HAZUS-MH är ett verktyg som bryter denna trend, då verktyget har utomordentlig teknik för både riskmodellering och redovisningsmöjligheter för exponering samt sårbarhet. Denna välutvecklade teknik tillsammans med möjligheten att modellera flera typer av naturkatastrofer samtidigt gör HAZUS-MH till ett toppmodernt riskanalysverktyg (FEMA 2018).

Anpassning av svenska data för användning i HAZUS-MH

För att på ett effektivt sätt implementera HAZUS-MH i Sverige bör redan befintliga administrativa indelningar användas. Att skapa nya indelningar och binda statisk till dem skulle vara ett stort arbete eftersom det skulle behöva ske på nationell nivå för att säkerställa homogena resultat. En rekommendation är därför att ta hänsyn till vilka administrativa indelningar som idag används för statistikinsamling och använda dessa, det finns ingen anledning att börja om från början på den fronten. De administrativa indelningarna som använts i denna studie var län, kommun, trakt och fastighet. Att tillgå finns även SAMS (utgående indelning) och DeSO från Statistiska Centralbyrån (SCB), eller avrinningsområden från SMHI, dessa skulle i så fall utgöra en nivå mellan kommun och trakt. Om fastigheter visar sig lämpligt att använda kan troligtvis trakt utlämnas, vilket då ger indelningen län, kommun, DeSO och fastigheter. DeSO följer läns- och kommungränser men inte fastighetsgränser, vilket kan leda till svårigheter med sammanslagningen av fastigheter till DeSO.

Beroende på vad resultatet ska användas till behöver de administrativa indelningarna vara olika och skildra ändamålet. Om ett resultat skulle användas för att till exempel skapa ett underlag till en försäkringspremie mot naturkatastrofer så borde de administrativa indelningarna i möjligaste mån skildra de verkliga riskerna som råder, vilket i så fall talar för en avancerad analys med punktobjekt. Tekniken finns för att göra avancerade analyser på fastighetsnivå. En barriär för att få fram ett resultat i ett sådant scenario kan vara användningen av känsliga data, vilket även Grahn (2017) konstaterar. Frågan är då om ändamålet främjar medlen eller om integriteten väger tyngre, i en avancerad analys

blir nämligen varje hushåll en datapunkt, medan en grundläggande analys sker på grannskapsnivå (traktnivå).

När en databas har skapats med svenska data så används verktyget CDMS för att importera användardata till analyser. CDMS anses som ett väldigt bra verktyg då den validerar data innan import sker till HAZUS-MH databaser och det här underlättar processen betydligt då det i tidigt skede går att se om data är korrekt för att använda i HAZUS-MH. Det finns även stor valmöjlighet för vilken data som går att importera samt att informationen i data går att välja till ett minimum eller att ha detaljerad information för varje objekt. Vid minimumkrav blir resultatet av analyser likt en överlagringsanalys där antal objekt som påverkas redovisas. Importeras detaljerad information går det bland annat erhålla skadedata för varje enskilt objekt.

Den här möjligheten att importera data i HAZUS-MH med detaljerad skadedata öppnar upp att använda programvaran för att nå målen för EU direktivet 2007/60/EG där medlemsländerna i EU ska kartlägga riskerna vid översvämningar. I en tidigare studie beskriver Kaveckis et al. (2011) hur HAZUS-MH kapacitet, dess förmåga att producera risk- och sårbarhetskartor, matchar många av de behov som finns inom EFD men att även tillkortakommanden finns för implementering inom EFD.

Tidsåtgången för implementeringen av HAZUS-MH i denna studie får räknas ihop genom att addera delarna inlärning av programmet, anpassning av data samt utförande av analyser. Inlärning av HAZUS-MH som mjukvara behöver inte ta längre tid än två till tre dagar, om rätt manualer och stöd finns tillgängligt. För att förstå hela HAZUS-MH metodologi och dess möjligheter behövs först och främst kunskap inom branschen riskhantering med inriktning naturkatastrofer. I denna studie var tidsåtgången för att skapa en studieregion ungefär 15 arbetsdagar. Den tiden kan avsevärt kortas. Med hjälp av bättre manualer för ändamålet så uppskattar denna studie att tidsåtgången inte bör överstiga tre arbetsdagar vid ett första försök. Om automatisering dessutom används kan tidsåtgången kortas ner avsevärt per studieregion även om det tar en viss insats att sätta upp en automatiserad process. För att ytterligare minska tidsåtgången rekommenderas att användaren först sätter sig in i hur HAZUS-MH fungerar genom att använda manualer från FEMA, och först därefter anpassa data.

Målgrupp

Målgruppen och användningen för HAZUS-MH är bred. Inför en naturkatastrof kan analyser utföras och riskreducerande insatser påbörjas tack vare att all information finns geografiskt bunden. Beslutsfattare kan ta del av rapporter från HAZUS-MH för att möjliggöra riskreduceringen. Under en naturkatastrof kan insatsledare ta del av mer detaljerade rapporter och kartor för insatsarbete.

Enligt Tate et al. (2014) är HAZUS-MH designat för att användas av riskplanerare och nödhjälps-personal som ofta saknar erfarenhet av översvämningsanalys och GIS. Detta kan ses som en möjlighet såvida data för analyserna förbereds av experter. Oavsett är förberedelsen av data en invecklad process om den ska göras från början. I USA finns färdiga datapaket, så kallade State-filer, dessa innehåller inventeringsdata på censusblocknivå för grundläggande analyser. Att upprätta ett liknade system för svenska förhållanden skulle vara intressant. Målgruppen i Sverige för ett sådant system skulle i så fall vara myndigheter, räddningstjänst och kommuner. Om grundläggande analyser utelämnas och fokus ligger på avancerade nivå 2 och 3 analyser kan HAZUS-MH med fördel användas av främst konsulter.

5.2 Hinder

Insamling av data

De inventeringsdata som HAZUS-MH använder för analyser är insamlad via fältarbete. Att samla in dessa data kräver ett betydande inventeringsarbete av fastigheter och byggnader. Inventeringsdata som i USA används för att bedöma risk för byggnader vid naturkatastrofer är omfattande. Den innefattar bland annat byggnadens material, grund och höjd på första våning med mera. Tillgängligheten av motsvarande data i Sverige är enligt Grahn (2017) generellt sätt låg. Dessutom hålls de mest omfattande data av privata försäkringsbolag. Hursomhelst krävs det ett omfattande arbete för att fullt ut fylla den inventeringsdata som HAZUS-MH kan använda vid analyser för översvämningar. Det behöver även tilläggas att de data som denna studie använt inte är kostnadsfria. Prisuppgifter kan erhållas av främst Lantmäteriet.

Begränsningar i hydrologiska data

För att ange hydrologin för ett översvämningsscenarion i HAZUS-MH finns fyra olika metoder (DEM/FIT/Djupraster/HEC-RAS). Metoden som använder sig av DEM data eller FIT är processer som utförs inom HAZUS-MH medan djupraster och HEC-RAS är data som skapas via externa programvaror.

När metoden användes där DEM angav hydrologin blev resultatet felaktigt då HAZUS-MH själv kalkylerade fram flödesvägen genom flödesackumulering. Då det råder komplexa hydrologiska förhållanden i Karlstad så inkluderades inte alla flödesvägar i den här metoden. FIT är ett verktyg som används inom HAZUS-MH för att skapa ett djupraster utifrån tre indata-typer: höjdmodell, översvämningsutbredning och översvämningsdjup i form av tvärsektioner. Lantmäteriet tillhanda-håller höjdmodell men de andra två indatatyperna krävs det större arbete att få tag i och blir då en begränsning. Den här metoden testades med exempeldata från FEMA och vi kom fram till att djuprastret som skapas i FIT inte fångar helhetsbilden av översvämningen. Då FIT använder sig av en avgränsningspolygon i skapandet av djupraster fångas inte hela översvämningens utbredande.

Djupraster som användes ansågs ge bra resultat för att göra en analys i den här rapporten. Djupraster till skillnad från DEM finns inte rikstäckande så här blir resultatet beroende på att det finns ett djupraster för valt område alternativt att användaren får skapa ett eget. I arbetet undersöktes användning av HEC-RAS och det är ett bra men komplext program som kräver ytterligare kunskap i ämnet för att det ska vara möjligt att använda i HAZUS-MH. De här sistnämnda metoderna kräver därför kunskap utöver användning av HAZUS-MH för att möjliggöra ett så bra resultat som möjligt.

De här observationerna angående den hydrologiska modelleringen är i enighet med det Kaveckis et al. (2011) redovisar i sin slutsats. HAZUS-MH är inte designat för att skapa hydrologiska och hydrauliska modeller. I användning av HAZUS-MH rekommenderas därför att externa programvaror används för att skapa hydrologiska och hydrauliska modeller.

Datastruktur

Som tidigare nämnt under möjligheter är HAZUS-MH en bra programvara som tillfredsställer flera målgruppers behov. I USA finns det data för varje stat så att det går att skapa studieregioner, utföra enklare analyser och om användaren vill ha mer noggrannare analyser finns möjligheten att importera egna data. I Sverige finns inte någon grunddata för att utföra analyser på utan all data får samlas in och bearbetas manuellt. Det här kan vara en tidskrävande process då data både ska representera rätt objekt som efterfrågas samt att datastrukturen inte stämmer överens med den som HAZUS-MH kräver.

Det första steget i användning av HAZUS-MH i Sverige blir därför att både samla in data och strukturera den för att stämma överens med datastrukturen. Här får stor del av tiden användas till att studera databaser samt att läsa manualer för att förstå hur datastrukturen ska se ut. Då vissa filer ska innehålla kopplingar mellan varandra. Möjlig lösning för vidare studier i det här området rekommenderas att se över en mer automatiserad process där användare enklare kan få fram en studieregion.

Dataimport

Att importera data till HAZUS-MH databaser är en process som inte behöver utföras i USA men är något som är nödvändigt här i Sverige. För att det ska lyckas måste tidigare steg i processen där datastrukturen byggs upp utföras korrekt. Själva importen utförs av ett förbyggt skript som “tvingar” in data till HAZUS-MH databaser, så oavsett om det är korrekt data eller inte kommer det importeras. Det är när det ska skapas en studieregion det märks om importen var lyckad eller inte. Som okunnig i området kan det bli mycket “trial and error” här för att det tillslut ska fungera och är ännu ett delmoment som kan ta upp mycket av tiden för att lyckas skapa en studieregion i HAZUS-MH.

En annan import av data som utförs i användandet av HAZUS-MH är den data som analyser ska ha med i beräkningar. För att importera detta används CDMS och det är smidigare sätt att importera data än

skripten men måste fortfarande följa en viss datastruktur då analyserna till exempel tar med kostnader på påverkade objekt. CDMS är ett valideringsfilter som förenklar processen av import men det krävs fortfarande förståelse om hur det ska byggas upp och manualer bör studeras för att det ska vara möjligt.

Enheter och språk

Denna studie drar samma slutsatser som Kulmesch (2010) vad det gäller enheter och språk i HAZUS-MH. Metersystemet behöver kunna tillämpas i hela programmet. Monetära enheter som euro behöver utöver dollarn få stöd. Dessa förändringar behöver äga rum inom modulen likväl som i resultatets delar det vill säga tabeller och rapporter. Vissa ändringar slår igenom när Windowsinställningarna ändras, men inte överallt.

Att kunna ändra språkinställningar är önskvärt även om engelska är fullt gångbart. För att rapporter och kartor ska kunna användas direkt ur HAZUS-MH behöver dessa vara på svenska.

Beroende av ArcGIS licens

Eftersom HAZUS-MH är en modul till ArcGIS krävs giltig licens för ArcGIS. Dessutom måste rätt version av ArcGIS vara installerat. Detta gör användning av HAZUS-HM till en kostnadsfråga.

Rapporternas begränsningar

För att HAZUS-MH funktionalitet med skapandet av rapporter ska vara användbart för svenska förhållanden behöver rapporterna bättre matcha svenska användningsområden. Denna studie har i brist av data inte kunnat studera alla rapporter som finns tillgängliga, men anser ändå att det skulle vara till fördel om rapporterna gick att skräddarsy. Även Kulmesch (2010) drar samma slutsats, att rapporterna ska kunna anpassas till EFD.

6. Slutsats

Denna studie har undersökt databehovet för användning av HAZUS-MH. Databehovet består av administrativ indelning (geografiska data), inventeringsdata (tabeller) och hydrologiska data. För en grundläggande analys behövs administrativ indelning och inventeringsdata men inga hydro-logiska data eftersom HAZUS-MH skapar dem på egen hand utifrån en DEM. Vid en avancerad analys behövs däremot hydrologiska data som skapats av ett program som är specialiserat på hydrologi. Vidare för den avancerade analysen behövs ytterligare data, till exempel byggnadspunkter.

Svenska data uppfyller dessa behov i den meningen att de har rätt format. Viss anpassning av datastrukturen hos administrativa data och inventeringsdata behövdes. De hydrologiska data behövde ingen anpassning.

HAZUS-MH är en programvara som inkluderar de flesta aspekter som önskas vid analys av översvämningar. För att HAZUS-MH skulle kunna användas utan hinder i ett större nationellt sammanhang, på liknande sätt som i USA, rekommenderas det att:

- Vedertagna administrativa indelningar används, eftersom det är ett stort arbete att skapa nya.
- Databearbetningen sker på ett automatiserat sätt, vilket är önskvärt då det spar tid.
- Hydrologiska data skapade av en specialiserad programvara används, för att kunna utföra så korrekta analyser som möjligt.
- Datainsamling sker på ett standardiserat sätt, för att statistik ska vara homogen oavsett analysområde.

Vidare bedöms att mer data är nödvändigt för att öka kvaliteten av analyserna, denna studies författare önskar följande data:

- Hydrologiskt och hydrauliskt modellerade data över alla större och tätortsnära vattendrag i Sverige. Dessa data får gärna vara skapade av experter inom området, exempelvis SMHI.
- Alla fastigheter i Sverige. Dessa får gärna innehålla typ av fastighet (skog eller bostad).
- Data om byggnader, dess byggnadsmaterial, typ av grund, höjd på första våning, källare, med mera. Byggnadspolygoner skulle även kunna användas för att visualisera berörda byggnads-punkter.
- Även data om infrastruktur är önskvärt. Det kan innefatta järnvägar, vägar, broar, vatten- och avloppsystem, elnät med dess delar.

För fortsatta studier rekommenderas att undersöka hur inventeringsdata kan samlas in på ett lämpligt sätt. Med ytterligare information om till exempel byggnader skulle ett resultat stämma bättre överens med verkligheten än med de fiktiva värden som används i den här studien. För att vidareutveckla

metoden som beskrivs i den här studien så rekommenderas att det utvecklas en mer automatiserad process i skedet där studieregion skapas. Det skulle möjliggöra en snabbare arbets-process.

Referenser

Albano, R., Mancusi, L., Sole, A. & Adamowski, J. (2015). *Collaborative strategies for sustainable EU flood risk management: FOSS and geospatial tools—challenges and opportunities for operative risk analysis*. ISPRS International Journal of Geo-Information, *4*(4), 2704-2727.

Alcántara-Ayala, I. (2002). *Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries*. Geomorphology, *47*(2-4), 107-124.

Allen, M.R. , Dube, O.P. , Solecki, W. , Aragón-Durand, F. , Cramer, W., Humphreys S., Kainuma, M. , Kala J., Mahowald, N. , Mulugetta, Y. ,. Perez, R., Wairiu, M. & Zickfeld, K. (2018): *Framing and Context. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R.,. Pirani A, Moufouma-Okia W. , Péan, C. , Pidcock, R. , Connors, S.,. Matthews, J. B. R, Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E. , Maycock, T. , Tignor, M. , & Waterfield, T. (eds.)]. In Press.

Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K. & Rosberg, J. (2011). *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring-metodutveckling och scenarier*. Elforsk rapport, 11, 25.

Baez Ullberg, S. & Becker, P. (2016). *Katastrofriskreducering: perspektiv, praktik, potential.* Lund: Studentlitteratur.

Banks, J. C., Camp, J. V. & Abkowitz, M. D. (2014). *Adaptation planning for floods: a review of available tools*. Natural hazards, *70*(2), 1327-1337.

Bender, S. (1991). *Primer on natural hazard management in integrated regional development planning.* Organization of American States, Department of Regional Development and Environment. Executive Secretariat for Economics and Social Affairs, Washington, DC.

Bendito, A., Rozelle, J. & Bausch, D. (2014). *Assessing potential earthquake loss in Mérida State, Venezuela using Hazus*. International Journal of Disaster Risk Science, 5(3), 176-191.

Bergström, S. (1993) *Sveriges hydrologi - grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI/Svenska hydrologiska rådet. Norrköping.

Carter, J., Schmid, K., Waters, K., Betzhold, L., Hadley, B., Mataosky, R. & Halleran, J. (2012). *An introduction to LiDAR technology, data and applications*. NOAA Coastal Services Center, 2.

Crichton, D. (1999). *The risk triangle*. Natural disaster management, 102, 103.

Crichton, D. (2001).*The implications of climate change for the insurance industry*. Building Research Establishment. Watford.

Croope, S. V. (2009). *Working with HAZUS-MH*. Disaster Research Center.

Dutta, D., Herath, S. & Musiake, K. (2003). *A mathematical model for flood loss estimation*. Journal of hydrology, *277*(1-2), 24-49.

Eklund, A., Tofeldt, L., Johnell, A., Andersson, M., Tengdelius-Brunell, J., German, J., Sjökvist, E., Rasmusson, M., Harbman, U. & Andersson, E. (2017). *Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Vänern. Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden*. Norrköping.

EU (2007). *Direktiv om bedömning och hantering av översvämningsrisker.* Direktiv 2007/60/EG, Europaparlamentet och rådet, 26 november 2007.

EU (2016). *The EU floods directive.* http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/index.htm [2019-05-13]

Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2009). *Flood Information Tool user manual.* Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.

Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2016) *Hazus –MH Technical manual. Flood model*. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.

Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2018). *Hazus flood model user guidance.* Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.

Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2019). *Comprehensive Data Management System*. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.

Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (u.å.). *Comprehensive Data Management Systen – Data Dictionary*. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C.

Fedeski, M. & Gwilliam, J. (2007). *Urban sustainability in the presence of flood and geological hazards: The development of a GIS-based vulnerability and risk assessment methology*. Landscape and urban planning, 83(1), 50-61.

Grahn, T. (2017). *Risk assessment of natural hazards: Data availability and applicability for loss quantification*. Diss. Karlstad: Karlstads universitet.

Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J. C. J. H. & Ward, P. J. (2012): *Comparative flood damage model assessment: towards a European approach*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 3733–3752.

Kaveckis, G., Paulus, G. & Mickey, K. (2011). *Potential Contribution of HAZUS-MH to Flood Risk Assessment in the Context of the European Flood Directive*. na.

Kulmesch, S. (2010). *Evaluation of the HAZUS-MH loss estimation methodology for a natural risk management case study in Carinthia, Austria*. Unpublished Master thesis.

Lantmäteriet (2014). Produktbeskrivning: GSD-Höjddata, Grid2+. https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/hojd2_plus.pdf [2019-06-04]

Lantmäteriet (2018). Kvalitetsbeskrivning nationella höjdmodellen. https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/kvalitetsbeskrivning_nh_v1.2.pdf [2019-06-04]

Levi T, Tavron B, Katz O, Amit R, Hamiel Y, Bar-Lavi Y, Romach S. & Salamon A. (2010). *Earthquake loss estimation in Israel using the new HAZUS-MH software: preliminary implementation.* Ministry of National Infrastructures Geological Survey of Israel. Jerusalem.

Merz, B., Thieken, A. H. & Gocht, M. (2007). *Flood risk mapping at the local scale: concepts and challenges.* In Flood risk management in Europe, pp. 231-251. Springer, Dordrecht.

Messner, F. & Meyer, V. (2006). *Flood damage, vulnerability and risk perception–challenges for flood damage research.* In Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures, pp. 149-167. Springer, Dordrecht.

MSBFS 2013:1. *Föreskrifter om länsstyrelsens planer för hantering av översvämningsrisker*. Stockholm.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap [MSB]. (2017). *Översvämningskartering utmed Klarälven.*

https://www.msb.se/Upload/Forebyggande/Naturolyckor_klimat/oversvamning/Oversvamningsdirektivet/Rapporter/Klarälven%20Karlstad%202017.pdf [2019-05-16]

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap [MSB]. (2018a). *Översvämningsdirektivet.* https://www.msb.se/oversvamningsdirektivet [2019-05-13]

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap [MSB]. (2018b). *Översyn av områden med betydande översvämningsrisk.* https://rib.msb.se/Filer/pdf/28432.pdf [2019-05-30]

Nastev, M. & Todorov, N. (2013). *Hazus: A standardized methodology for flood risk assessment in Canada*. Canadian Water Resources Journal, 38(3), 223-231.

Nationalencyklopedin (u.å.). *Naturkatastrof.* http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/naturkatastrof [2019-03-12]

Naturvårdsverket (2013). *FN:s klimatpanel Klimatförändring 2013 Den naturvetenskapliga grunden.* https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6592-8.pdf?pid=10117 [2019-03-20]

Rummukainen, M. (2010*). En kunskapsöversikt om extrema väderhändelser och klimat-förändringarnas effekter*. Mista-SWECIA Report, (3).

Rozelle, J. (2016). *International Flood Model Toolkit*. Curitiba, Brasilien.

Scawthorn, C., Blais, N., Seligson, H., Tate, E., Mifflin, E., Thomas, W., Murphy, J. & Jones, C. (2006a). HAZUS-MH flood loss estimation methodology. I. Overview and Flood Hazard Characterization. *Natural Hazards Review*, 7 (2), 60–71.

Scawthorn, C., Flores, P., Blais, N., Seligson, H., Tate, E., Chang, S., Mifflin, E., Thomas, W., Murphy, J., Jones, C. & Lawrence, M. (2006b). *HAZUS-MH flood loss estimation methodology. II. Damage and loss assessment.* Natural Hazards Review, 7 (2), 72-81.

SFS 2009:956. *Förordning om översvämningsrisker*. Stockholm.

Tate, E., Muñoz, C. & Suchan, J. (2014). *Uncertainty and sensitivity analysis of the HAZUS-MH flood model*. Natural Hazards Review, 16(3), 04014030.

UNISDR (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction.* United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

UNISDR (2017). *Flood Hazard and Risk Assessment.* United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

UNISDR (2018). *Economic losses, poverty & disasters: 1998-2017.* United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

USACE (2019). *HEC-RAS*. US Army Corps of Engineers. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/ [2019-05-16]

Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. & Masui, T. (2011). *The representative concentration pathways: an overview.* Climatic change, 109 (1-2), 5.

Vivoni, E. R., Ivanov, V. Y., Bras, R. L. & Entekhabi, D. (2004). *Generation of triangulated irregular networks based on hydrological similarity*. Journal of hydrologic engineering, 9(4), 288-302.

Bilaga 1. Tomma databaser

State_DB:

hzDams

hzElectricPowerFlty

hzEmergencyCtr

hzFerryFlty

hzFireStation

hzHazmat

hzHighwayBridge

hzHighwaySegment

hzHighwayTunnel

hzLevees

hzLightRailBridge

hzLightRailFlty

hzLightRailSegment

hzLightRailTunnel

hzMilitary

hzNaturalGasFlty

hzNaturalGasPl

hzNuclearFlty

hzOilFlty

hzOilPl

hzPoliceStation

hzPotableWaterFlty

hzPotableWaterPl

hzRailFlty

hzRailwayTunnel

hzRailwaySegment

hzRailwayBridge

hzRunway

hzSchool

hzTract

hzUserDefinedFlty

hzWasteWaterFlty

hzWasteWaterPl

hzPortFlty

hzCensusBlock

flAgMap

hzAirportFlty

hzBusFlty

hzCareFlty

hzCommunicationFlty

hzCounty

clBldgTypeHu

eqAirportFlty

eqBusFlty

eqCareFlty

eqCBldgTypeMp

eqclBldgType

eqclUserDefined

eqCommunicationFlty

eqDams

eqElectricPowerFlty

eqEmergencyCtr

eqFerryFlty

eqFireStation

eqHazmat

eqHBldgTypeMp

eqHighwayBridge

eqHighwaySegment

eqHighwayTunnel

eqLevees

eqLightRailBridge

eqLightRailFlty
eqLightRailSegment
eqLightRailTunnel
eqMBldgTypeMp
eqMilitary
eqNaturalGasDL
eqNaturalGasFlty
eqNaturalGasPl
eqNuclearFlty
eqOilFlty
eqOilPl
eqPoliceStation
eqPortFlty
eqPotableWaterDL
eqPotableWaterFlty
eqPotableWaterPl
eqRailFlty
eqRailwayBridge
eqRailwaySegment
eqRailwayTunnel
eqrlnSchemes
eqRunway
eqSBldgTypeMp
eqSchool
eqSpcBldgSchemes
eqTractAttribs
eqUserDefinedFlty
eqWasteWaterDL
eqWasteWaterFlty
eqWasteWaterPl
eqWBldgTypeMp
flAgricultureInventory
flCareFlty
flDayVehicleInv
flElectricPowerFlty
flEmergencyCtr
flExposureTransport
flExposureUtil
flFireStation
flHighwayBridge
flLightRailBridge
flNaturalGasFlty
flNaturalGasPl
flNightVehicleInv
flOilFlty
flOilPl
flPoliceStation
flPotableWaterFlty
flPotableWaterPl
flRailwayBridge
flSchemeCoastal
flSchemeGLakes
flSchemeInfo
flSchemeMapping
flSchemeRiverine
flSchool
flUserDefinedFlty
flWasteWaterFlty
flWasteWaterPl
huBldgMappingList
huUserDefinedFlty
hzBldgCountOccupB
hzBldgCountOccupT
hzDemographicsB
hzDemographicsT
hzExposureContentOccupB

hzExposureContentOccupT

hzExposureOccupB

hzExposureOccupT

hzGenBldgScheme

hzGenBldgSchemes

hzMeansCountyLocationFactor

hzSqFootageOccupB

hzSqFootageOccupT

SyHazusDB:

sytract

systate

sycounty

syCensusBlock

hzWaterShed

hzCommunityTribal

hzCommunitySpecialUse

hzCommunityJurisdiction

hzCommunity

USGS

hzCommunity_Block

hzCommunity_Sta

Bilaga 2. Skript “Hazus_import.py”

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
HAZUS-MH International Model Toolkit
Created by Jesse Rozelle

This script assumes you're working with the HAZUS-MH International Model Toolkit
blank State_DB.mdb and syHazusDB.mdb personal geodatabases.  If you are, then first
attach a sampel PR.mdf database to HAZUSPLUSSRVR through SQL Server Management Studio.

Next point the tool to the folder containing your HAZUS-MH International Model Toolkit
geodatabases.  The tool will then insert your data into the PR database, and syHazus database
overwriting the data contained with your new international study region data.

!!!!!!!WARNING!!!!!!! This step is irreversible and the data overwritten will be
irretrievable.  Please proceed with caution.

The author of this tool provides it as is, and is not responsible for any data lost
or corrupted in this process.  Use this tool at your own risk.

Enjoy!
"""
import arcpy
from arcpy import env
import os
env.overwriteOutput = 1
from time import clock
start = clock()
"""
!!!!!IMPORTANT:  The folderpath variable below is the only variable you need to edit.
Point this to the folder containing your completed HAZUS-MH International Model Toolkit
geodatabases.  !!!!!!!WARNING!!!!!!! This step is irreversible and the data overwritten will be
irretrievable.  Please proceed with caution.
"""
folderpath = r'C:\Users\Admin\Documents\Hazus\FranMatt'

env.workspace = folderpath
compname = os.environ['COMPUTERNAME']
sqlname = 'HAZUSPLUSSRVR'

print "SQl Connection Established"

servername = (compname + '\\' + sqlname)
service = 'sde:sqlserver:' + servername

state= 'PR'

statedb = (state + '_Hazus.sde')

authtype = 'DATABASE_AUTH'
```

```
username = 'hazuspuser'
password = 'Gohazusplus_02'
statepath = (folderpath + '\\' + statedb)
gdbpath = (folderpath + '\\' + 'State_DB.mdb')
sygdb = (folderpath + '\\' + 'syHazusDB.mdb')
#os.remove(folderpath + '\\' +'HazusExport.sde')

print "Creating SDE connection files"
arcpy.CreateArcSDEConnectionFile_management(env.workspace,'syHazus.sde',servername,service,'s
yHazus', authtype,username,password)
arcpy.CreateArcSDEConnectionFile_management(env.workspace,statedb,servername,service,state,
authtype,username,password)
print "Hazus SQL Server SDE connection created at",statepath

sySQL = (folderpath + '\\syHazus.sde')

env.workspace = gdbpath
featureclasses = arcpy.ListFeatureClasses()
tables = arcpy.ListTables()

print "Custom State Database Feature Class List:"
print featureclasses

print "Custom State Database Table List:"
print tables

print "Deleting Problem Tables"
arcpy.Delete_management(statepath + '/' +'huUserDefinedFlty')
arcpy.Delete_management(statepath + '/' +'eqUserDefinedFlty')
arcpy.Delete_management(statepath + '/' +'flUserDefinedFlty')

print "Importing Custom State Database Tables"

for i, elem in enumerate(tables):
   print "i=",i,"elem", elem
   #if elem !='clBldgTypeHu':
   arcpy.TableToTable_conversion (elem,statepath, tables[i], "", "")

print "Importing Custom State Database Feature Classes"

for i, elem in enumerate(featureclasses):
   print "i=",i,"elem", elem
   arcpy.MakeFeatureLayer_management((featureclasses[i]), (featureclasses[i]), "", "", "")
   arcpy.CopyFeatures_management((featureclasses[i]), (statepath + '\\' + featureclasses[i]), "", "",
"")
   fieldcheck = arcpy.ListFields(featureclasses[i])
   for fieldy in fieldcheck:
      if fieldy.name == "Usage_":
         print fieldy, "Usage Field Error Rectified"
         arcpy.AddField_management((statepath + '\\' + (featureclasses[i])), 'Usage', 'TEXT', 10)
         #arcpy.CalculateField_management((statepath + '\\' + (featureclasses[i])), 'Usage', '(!Usage_!)',
'python_9.3')
```

```
        arcpy.DeleteField_management((statepath + '\\' + (featureclasses[i])),'Usage_')
        arcpy.AddField_management((statepath + '\\' + (featureclasses[i])), 'Usage', 'TEXT', 10)
        #arcpy.CalculateField_management((statepath + '\\' + (featureclasses[i])), 'Usage', '(!Usage_!)',
'python_9.3')
        arcpy.DeleteField_management((statepath + '\\' + (featureclasses[i])),'Usage_')

print "Importing Custom syHazus Content"
#Import syHazus data
env.workspace = sygdb
featureclasses2 = arcpy.ListFeatureClasses()
tables2 = arcpy.ListTables()

print "Custom syHazus Feature Class List"
print featureclasses2

print "Custom syHazus Table List"
print tables2

print "Importing Custom syHazus Tables"
for j, elem2 in enumerate(tables2):
   print "j=",j,"elem2", elem2
   arcpy.TableToTable_conversion (elem2,sySQL, tables2[j], "", "")

print "Importing Custom syHazus Feature Classes"

for j, elem2 in enumerate(featureclasses2):
   print "j=",j,"elem2", elem2
   arcpy.MakeFeatureLayer_management((featureclasses2[j]), (featureclasses2[j]), "", "", "")
   arcpy.CopyFeatures_management((featureclasses2[j]), (sySQL + '\\' + featureclasses2[j]), "", "", "")


print 'Elapsed processing time : ' + str(round(clock()-start,2)) + ' seconds'
```

Bilaga 3. HAZUS-MH Rapport

HAZUS EARTHQUAKE · WIND · FLOOD · TSUNAMI

FEMA

Direct Economic Losses for User Defined Facilities

RiskMAP
Increasing Resilience Together

Sunday, May 12, 2019

Specific Occupancy	Capital Stock Exposure		Capital Stock Losses				Loss Ratio	
	Building Exposure	Contents Exposure	Building Loss	Contents Loss	Inventory Loss	TOTAL Loss	Building s %	Contents %
RES1-Single Family Dwelling	148,500	74,250	23,174	13,554	0	36,727	15.6	18.3
Scenario Total	148,500	74,250	23,174	13,554	0	36,727.12	15.605	18.254

Totals reflect User Defined Facilities (UDF) within the flood hazard scenario and will reflect the entire county/state only if all UDF for the study region were innundated.

Study Region: Karlstad_Bro1
Scenario: 200-arflode
Return Period: 200

Page : 1 of 1