

# **Hur godsflödet genom Göteborgs Hamn påverkar sektorer i Sverige**

Ekonomisk förlust och oförmåga till produktion  
vid totalstopp av Göteborgs Hamn utifrån en  
input-output-modell

***Ida Ginstrup & Mario Rubil***

---

**Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety  
Lund University, Sweden**

**Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5421, Lund 2013**



# Hur godsflödet genom Göteborgs Hamn påverkar sektorer i Sverige

Ekonomisk förlust och oförmåga till produktion vid totalstopp av  
Göteborgs Hamn utifrån en input-output-modell

Ida Ginstrup & Mario Rubil

Lund 2013

Titel: Hur godsflödet genom Göteborgs Hamn påverkar sektorer i Sverige – Ekonomisk förlust och oförmåga till produktion vid ett totalstopp av Göteborgs Hamn utifrån en input-output-modell

Title: How the flow of goods through the Port of Gothenburg affect sectors in Sweden – Economic loss and inoperability at a total stop of the Port of Gothenburg based on an Input-Output model

Ida Ginstrup & Mario Rubil

**Report 5421**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5421--SE**

Number of pages: 80

Illustrations: Ida Ginstrup & Mario Rubil

*Keywords: International Trade Inoperability Input-Output model, dependencies, import, export, international trade, critical infrastructure*

**Sökord:** International trade inoperability input-output-modell, beroenden, import, export, internationell handel, kritisk infrastruktur

### **Abstract**

In this thesis the international trade input-output model has been used in a case study to evaluate how disturbances in the activity of the Port of Gothenburg propagate through Swedish economic sectors. The international trade input-output model can, given a perturbation from one or more sectors, estimate the ripple effects measured in terms of industry inoperability and economic losses. The model approximates physical interdependencies with economic dependencies. The international trade inoperability input-output model generates results with satisfactory reliability and validity and is considered to be a good alternative compared to other models.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2013.

---

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60  
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering  
and Systems Safety  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60  
Fax: +46 46 222 46 12

# Förord

---

Denna rapport har genomförts som en del av kursen Examensarbete – Riskhantering (VBR920) som ges av avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid Lunds Tekniska högskola. Under arbetets gång har författarna stött på en rad utmaningar och vill tacka de personer som på olika sätt hjälpt oss överkomma dessa.

Tack till handledare, stödpersoner samt de som ställde upp på intervjuer:

Linn Svegrupp – Lunds Tekniska Högskola

Henrik Tehler – Lunds Tekniska Högskola

Viktor Allgurén – Göteborgs Hamn

Thomas Fransson – Göteborgs Hamn

Inger Eriksson – Green Cargo

Thomas Stumsner – Green Cargo

Karin Jansson – St1

Petter Berg – Volvo Car Group

Leo Berben – Volvo Car Corporation

Erik Uyttenbaele – Volvo Car Group

*Ida Ginstrup och Mario Rubil*

Lund 2013



# Sammanfattning

---

Den senaste tidens hastiga utveckling inom såväl teknik som samhället har medfört att samhällsviktiga funktioner och kritisk infrastruktur numera ingår i nätverkssystem med högre grad av komplexitet än tidigare. De ökade relationerna mellan olika funktioner i samhället har många fördelar och bidrar till ett stort antal kvaliteter i människans vardag. Utvecklingen ger däremot även upphov till att störningar kan sprida sig från en del av samhället till en annan på ett snabbare och mer oförutsägbart sätt idag än tidigare, något som gör samhället sårbart. Det krävs därmed ökad kunskap för att kunna förutse störningars spridning genom ett större samhällssystem och därigenom möjliggöra såväl en säkrare som mer robust utveckling av dagens system.

I detta examensarbete har en variant av en befintlig modell tagits fram för att studera beroenden mellan godsflödet i en hamn och ekonomiska sektorer i samhället. Godsflödet som avses är det som går mellan Sverige och utlandet. Det studerade beroendet är således kopplat till import och export av varor och artiklar. Modellen som använts är international trade inoperability input-output-modellen som använder ekonomisk data för att modellera fysiska beroenden och åskådiggöra den så kallade inoperabiliteten till följd av en störning av godsflödet genom en hamn. Termen inoperabilitet definieras som ett systems oförmåga att utföra sina avsiktliga och normala funktioner. Modellen åskådliggör även sektorernas ekonomiska förlust.

En fallstudie utfördes med syftet att undersöka konsekvenserna då godsflödet genom Göteborgs Hamn stoppas totalt och hur ett sådant stopp påverkar möjligheten för de olika sektorerna att utföra sina respektive funktioner. Resultatet visade att en störning i godsflödet genom Göteborgs Hamn genererar störningar hos sektorerna. De sektorer som drabbas av den högsta inoperabiliteten är stål- och metallframställning, fiske och vattenbruk, tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar samt tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter. Den totala ekonomiska förlusten för det svenska systemet uppgår till knappt 3 miljarder kr/dygn.

En av slutsatserna är att den använda modellen är kostnadseffektiv och ger jämförbara resultat som visar på Sveriges beroende av Göteborgs Hamn. Modellen är därmed ett bra alternativ i jämförelse med andra typer av modeller för beroendeanalys. Den ger resultat som anses ha god reliabilitet och validitet men dessa bör enbart användas ur ett övergripande perspektiv. Därmed är modellen på egen hand inte lämplig för att i detalj studera sektorers beroenden av en hamn men kan trots detta användas som en viktig komponent i ett större riskhanteringssammanhang.





# Summary

---

The recent and fast development within technology as well as society has caused functions that are crucial for the society and critical infrastructure to be a part of network systems with a higher degree of complexity than before. Stronger relations between different functions of society have numerous advantages and contribute to a high number of qualities in our everyday life. The development, however, also gives disturbances from one part of the society the potential to spread to other parts of the society in a faster and more unpredictable way, which makes the society we live in today vulnerable. Thus, there is a need for better knowledge to be able to foresee how disturbances will spread through a large societal system and to be able to achieve a safe and robust development of the society of today.

In this master thesis a variant of an already existing model has been developed in order to study dependencies between the flow of goods through a port and economic sectors in society. The flow of goods refers to that between Sweden and foreign countries. The dependencies that have been studied are therefore connected to the import and export of commodities. The model which has been utilised is named International Trade Inoperability Input-Output Model and uses economic data to model physical dependencies and illustrates the inoperability following a disruption in the flow of goods through a port. The term inoperability is defined as a systems inability to deliver its intended and normal functions. The model also illustrates the economic loss of the different sectors.

A case study was performed with the purpose to investigate the consequences following a complete shutdown of the Port of Gothenburg and how that shutdown affects the possibilities for the different sectors to perform their intended functions. The results show that a disruption of the flow of goods through the Port of Gothenburg causes disturbances in the functions of the sectors. The sectors that suffer from the highest inoperability are manufacture of basic metals, fishing and aquaculture, manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers along with manufacture of coke and refined petroleum products.

One of the conclusions is that the utilised model is cost-effective and generates comparable results that show the Swedish dependence of the Port of Gothenburg. The model is thus a good alternative when compared to other types of models for dependency analysis. The model generates results that are found to have high validity as well as reliability but the results should only be used in a general and overall perspective. It is therefore not appropriate to use the model on its own to study the dependencies between sectors and a port in detail but despite this the model can be a key component in a broader risk management context.



# Innehåll

---

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte och mål.....	2
1.3	Avgränsningar.....	2
2	Metod.....	3
2.1	Litteraturstudie.....	3
2.2	Process för metodutvärdering.....	3
2.3	Fallstudie.....	5
2.4	Validering.....	5
2.5	Diskussion av metodik.....	5
3	Teoretiskt ramverk.....	7
3.1	Bakgrund.....	7
3.2	International trade inoperability input-output-modellen.....	12
4	Metodutvärdering.....	23
4.1	Specificera syfte.....	23
4.2	Specificera designkriterier.....	23
4.3	Metodval.....	24
5	Fallstudie.....	27
5.1	Bakgrund.....	27
5.2	Datahantering.....	28
5.3	Scenario.....	29
5.4	Resultat.....	30
5.6	Analys.....	41
6	Validering.....	43
6.1	Urvalet.....	43
6.2	Resultat av validering.....	43
6.3	Analys av validering.....	46
7	Diskussion.....	47
7.1	Den vetenskapliga processen.....	47
7.2	International trade inoperability input-output-modellen.....	47
7.3	Framtida fördjupning.....	51
8	Slutsatser.....	53

9	Referenser .....	55
	Bilaga A – Härledning av IT-IIM .....	59
	Bilaga B – MATLAB®-koden .....	67
	Bilaga C – Sektorer.....	71
	Bilaga D – Fullständiga resultat .....	73
	Bilaga E – Intervju .....	79

# 1 Inledning

---

*Detta examensarbete utgör examinationen för brandingenjörsprogrammet samt det avslutande civilingenjörsprogrammet i riskhantering vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola (LTH).*

## 1.1 Bakgrund

Den senaste tidens hastiga utveckling inom såväl teknik som samhället har medfört att samhällsviktiga funktioner och kritisk infrastruktur numera ingår i nätverkssystem med högre grad av komplexitet än tidigare. Dessutom har beroenden mellan skilda delar av systemet har stärkts. De ökade relationerna mellan olika funktioner i samhället har många fördelar och bidrar till ett stort antal kvaliteter i människans vardag. Utvecklingen ger däremot även upphov till att störningar kan sprida sig från en del av samhället till en annan på ett snabbare och mer oförutsägbart sätt idag än tidigare, något som gör samhället sårbart. Företeelsen med sårbara samhällen är inte ny men till följd av den ständigt ökande komplexiteten mellan funktioner i det nutida samhället är sårbarheten större än vad den har varit förr. Potentialen för att störningar i samhället sprids som allvarliga dominoeffekter ökar alltjämt i takt med att nya typer av beroenden och relationer utvecklas (Hills, 2005). För att samhället ska kunna erbjuda fördelarna med de starkt sammankopplade funktionerna krävs att sårbarheten utvärderas och hanteras på ett lämpligt sätt. Därmed krävs en bättre förståelse för nätverk och beroenden inom dessa. Risker och sårbarheter som de ger upphov till måste sättas i ett sammanhang för att de ska kunna bearbetas. Det krävs dessutom ökad kunskap för att bättre kunna förutse spridningen av störningar genom ett större samhällssystem och därmed möjliggöra såväl en säkrare som mer robust utveckling av dagens system (Little, 2002). Därav är det nödvändigt att beroenden beaktas, identifieras och hanteras, i synnerhet beroenden mellan samhällsviktiga funktioner och verksamheter.

Med ungefär 11 000 fartygsanlöp om året är Göteborgs Hamn Skandinaviens största hamn och den enda hamnen i Skandinavien med tillräcklig kapacitet för att ta emot de allra största oceangående containerfartygen. Hamnen har terminaler för containrar, ro-ro, bilar, passagerare, olja och andra energiprodukter. Vidare erbjuder hamnen trafik till 110 destinationer runt om i världen, däribland direktlinjer till bland annat USA, Indien och Australien. Göteborgs Hamn stärker därmed näringslivets konkurrenskraft genom att vara ett starkt godsnav med ett brett linjeutbud till viktiga import- och exportmarknader (Göteborgs Hamn, 2013).

De stora godsflödena genom Göteborgs Hamns innebär att det finns ett behov att studera dess betydelse och påverkan på olika samhällssektorer som är beroende av dess funktion. För att undersöka detta behövs det metoder och modeller som identifierar beroenden samt studerar hur störningar kan sprida sig. I detta arbete utvecklas därför en metod anpassad till den svenska kontexten. Metoden är baserad på en input-output-modell (I-O-modell) som beskriver beroenden mellan sektorer och analyserar störningar i en uppsättning av sektorer samt beskriver de resulterande dominoeffekterna (Haimes et al., 2005).

## **1.2 Syfte och mål**

Arbetet avser att studera hur störningar i godsflödet genom en hamn kan påverka Sveriges olika sektorer med hjälp av en så kallad input-output-modell. Modellen använder ekonomisk data för att studera beroenden mellan sektorer. Målet är att utveckla en variant av input-output-modellen som använder ekonomisk indata från en hamn och Statistiska Centralbyrån (SCB) för att utvärdera beroenden mellan hamnen och sektorer i samhället. Dessutom avser arbetet att åskådliggöra vilka sektorer som drabbas av de största negativa konsekvenserna i samband med en störning i Göteborgs Hamns verksamhet. Ett försök att validera resultaten kommer därefter att genomföras för att möjliggöra en diskussion av metodens lämplighet.

### **1.2.1 Frågeställning**

Nedan redovisas de frågeställningar som kommer att utgöra arbetets fokus:

- Hur kan input-output-modellen användas för att studera beroenden mellan sektorer och en hamn?
- Vilka sektorer drabbas av de största negativa konsekvenserna i samband med en störning i Göteborgs Hamns verksamhet?
- Är input-output-modellen en lämplig modell för att studera sektorers beroende av en hamn?

### **1.3 Avgränsningar**

Arbetet kommer inte beakta modeller över hur en hamn arbetar och inte heller hur störningar inom hamnen kan ske. Inga specifika störningsscenarier som terrorism, olyckor och naturkatastrofer kommer att beaktas utan endast en fiktiv störning kommer att simuleras.

# 2 Metod

---

Detta kapitel ger en introduktion till de olika tekniker och metoder som har använts under arbetet.

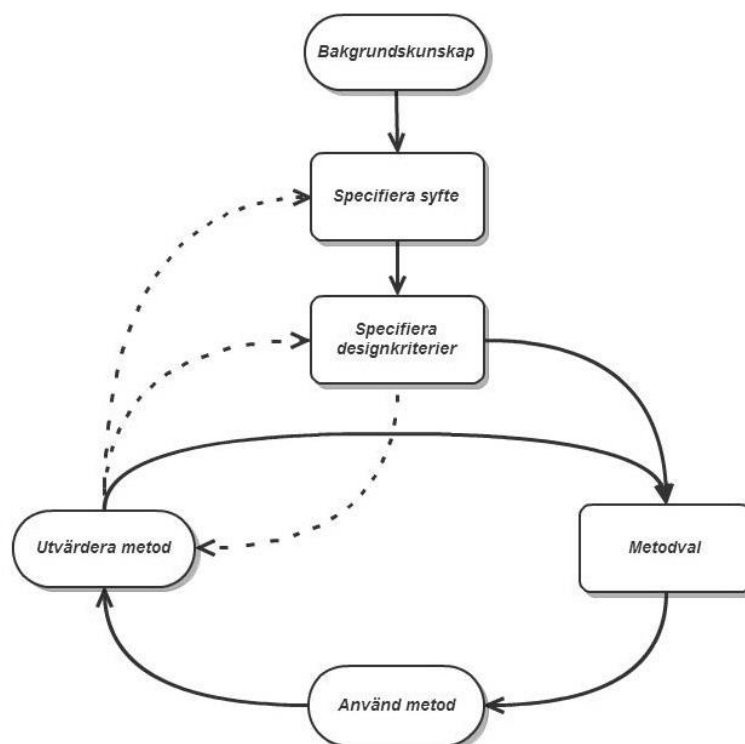
## 2.1 Litteraturstudie

Inledningsvis utfördes en litteraturstudie för att utöka kunskapen inom det centrala området. Studien fokuserade på litteratur som kunde vara till hjälp vid metodutvärderingen. Litteraturstudien behandlade områden som kritiska beroenden och metoder för analysering av beroenden, främst input-output-modellen, samt hur dessa kan användas för att analysera beroenden i det aktuella sammanhanget. Källor som har använts i arbetet har främst varit rapporter, avhandlingar och vetenskapliga artiklar.

## 2.2 Process för metodutvärdering

Att välja eller utforma en lämplig metod ligger till grunden för ett bra resultat. Det finns däremot ett obegränsat antal sätt att utveckla en metod och oändligt många metoder som kan uppfylla ett specificerat syfte. Följden är att det är omöjligt att identifiera samtliga av dessa. Målet är därför inte att konstruera eller välja den mest optimala metoden utan att konstruera eller välja en metod som uppfyller såväl syfte som designkriterier på ett tillfredsställande sätt.

Metoden som ligger till grund för arbetsprocessen i detta arbete är inspirerad av en process hämtad från Hassel (2010). Metoden benämns som designprocessen och är en iterativ, delvis cyklisk process bestående av sju steg. Designprocessens uppbyggnad illustreras i Figur 2.1 varpå processens steg beskrivs mer utförligt.



Figur 2.1 Processen för metodutvärdering. Inspirerad av Hassel (2010).

### **2.2.1 Bakgrundskunskap**

En förutsättning för att ta fram eller välja en lämplig metod är att ha tillräcklig bakgrundskunskap inom den disciplin för vilken metoden ska användas. Det krävs kunskap om redan existerande modeller och metoder samt möjligheter och begränsningar med dessa. Den relevanta bakgrundskunskapen erhålls genom en ingående litteraturstudie som berör kritiska beroenden samt metoder och modeller för att såväl åskådliggöra som analysera beroenden mellan diverse aktörer. Bakgrundskunskapen redovisas i kapitel 3 Teoretiskt ramverk.

### **2.2.2 Specificera syfte**

En central aspekt av samtliga designprocesser är syftet. Syftet bör vara tydligt formulerat för att det i slutändan ska vara mindre problematiskt att redogöra huruvida syftet är uppfyllt. Att fastställa syfte är det första av tre steg av den faktiska metodutvärderingen. Det presenterade syftet har utformats utifrån relevant bakgrundsinformation samt begränsningar beträffande tid och resurser. Syftet och de två kommande stegen i designprocessen presenteras i kapitel 4 Metodutvärdering.

### **2.2.3 Specificera designkriterier**

Designkriterier beskriver metodens egenskaper och används som ett hjälpmedel för att uppnå syftet. För att uppnå önskvärda resultat är det av betydelse att kriterierna är relevanta och väl motiverade. Vidare är det viktigt att motiven är transparenta för att möjliggöra granskning och insyn i arbetet.

### **2.2.4 Metodval**

Med specificerat syfte och specificerade designkriterier är det möjligt att skapa eller välja en lämplig metod. Som tidigare nämnt är målet inte konstruera eller välja den mest optimala metoden utan att konstruera eller välja en metod som uppfyller såväl syfte och designkriterier på ett tillfredsställande sätt. Vid utvärderingen är det viktigt att fokusera på syfte och designkriterier samt fundera över implikationerna av olika valmöjligheter. Metoden i detta arbete utgår från en befintlig modell som anpassas för passa den svenska kontexten. Den modell som används är en variant av input-output-modellen.

### **2.2.5 Använda metoden**

För att få en uppfattning om möjligheterna med metoden samt dess användbarhet ska den användas. Metoden kan testas antingen i liten skala eller fullskala. Dessutom kan metoden appliceras på såväl hypotetiska som verkliga system. I det här arbetet har metoden valts att testas genom en fullskalestudie på ett verkligt system med Göteborgs Hamn som utgångspunkt. Detta presenteras i kapitel 5 Fallstudie.

### **2.2.6 Utvärdera metoden**

En utvärdering av metoden är av betydelse för att åskådliggöra dess brister och därmed möjliggöra en vidareutveckling av metoden så att den bättre speglar syfte och designkriterier. Efter eventuella åtgärder bör metoden återigen testas och utvärderas. Den använda metoden utvärderas i det här fallet såväl internt som genom en validering men den testas däremot inte på nytt. Valideringen består av en intervjustudie med berörda aktörer, se kapitel 6 Validering. Dessutom utvärderar författarna till arbetet metoden utifrån dess syfte och designkriterier, se kapitel 7 Diskussion.



### **2.2.7 Dra lärdomar**

Designprocessens slutgiltiga steg att dra lärdomar från arbetsprocessen i allmänhet och utvärderingen av metoden i synnerhet. För att utföra designprocessens sista steg föreslås förbättringsåtgärder som inte har varit möjliga att utföra inom tidsrymden för arbetet. Detta presenteras i kapitel 7 Diskussion.

## **2.3 Fallstudie**

Fallstudien bestod av att samla in relevant data rörande godsflöden till och från Göteborgs Hamn samt att organisera de insamlade uppgifterna på ett sätt som möjliggör en utvärdering utifrån den metod som beskrivs ovan. Datauppgifterna hämtades från Göteborgs Hamn och Statistiska Centralbyrån. Fallstudien är en del av avsnitt 2.2.5 Använda metoden.

### **2.3.1 Datorprogrammering**

Programmeringsverktyget som användes var MATLAB®. MATLAB® är ett kraftfullt datorprogram som främst används för matematiska och tekniska beräkningar (MathWorks, 2013). Ett programmeringsverktyg krävdes då mängden data var överväldigande samt för att resultaten skulle kunna visualiseras på ett enkelt sätt.

### **2.3.2 Analys av resultat**

Resultaten från fallstudien analyserades med syfte att förklara övergripande skillnader och likheter i resultaten. Analysen utgångspunkt var att förklara resultaten med hjälp av termer som sårbarhet, robusthet och samhällsviktig verksamhet.

## **2.4 Validering**

Fallstudien validerades genom att intervjua berörda aktörer. Detta gjordes för att få en uppskattning om huruvida resultaten från modellen är tillförlitliga. Valideringen är tämligen grov och intervjuerna syftar till att i stora drag beskriva på vilket sätt en aktör påverkas av en störning i verksamheten i en hamn. Intervjun är uppbyggd av ett antal frågor som redovisas i Bilaga E – Intervju. Inför intervjun fick de berörda aktörerna en intervjubakgrund som också redovisas i Bilaga E – Intervju. Valideringen är en del av avsnitt 2.2.6 Utvärdera metoden.

## **2.5 Diskussion av metodik**

Här diskuteras och utvärderas metodprocessens olika steg utifrån vetenskapliga grunder och felkällor. Modellens styrkor och svagheter utvärderades med hänsyn till reliabilitet och validitet samt de designkriterier som sattes upp. Diskussionen identifierar förslag på framtida fördjupningsområden för att styrka såväl reliabiliteten som validiteten hos modellen. Diskussion av metodik är en del av avsnitt 2.2.6 Utvärdera metoden.



# 3 Teoretiskt ramverk

---

*Detta kapitel presenterar en översikt av vetenskapliga teorier och fakta som anses grundläggande för förståelse av arbetet. Kapitlet ska fungera som en utgångspunkt för arbetet och metodutvärderingen.*

*Först presenteras en bakgrund och motivering varför det finns ett behov för detta arbete. Avsnittet beskriver kort viktiga termer så som samhällssäkerhet, samhällsviktiga verksamheter och kritisk infrastruktur, riskhantering samt kritiska beroenden. Andra delen av detta kapitel beskriver modeller för att studera beroenden, framförallt input-output-modellen som arbetets metod utgår ifrån.*

## 3.1 Bakgrund

Nedan förklaras kort det bredare perspektivet om säkerhet och hur det är en del av samhället.

### 3.1.1 Samhällelig säkerhet

Risker som berört och påverkat oss har alltid funnits i vårt samhälle. Vårt moderna samhälle kännetecknas av sin storskalighet och dess sammankoppling samt sitt beroende av olika funktioner, aktörer och verksamheter. Det har skett en utveckling som innebär att nya risker påverkar den sårbarhet och robusthet som samhället, infrastrukturer och verksamheter har. Samhällssäkerhet handlar om samhällets förmåga att upprätthålla viktiga funktioner för att skydda liv och hälsa för medborgarna samt för att uppfylla medborgarnas krav i olika situationer (Olsen, Kruke & Hovden, 2007). Säkerhet är och måste vara ett framträdande inslag i samhället och i olika system.

Det finns flera förändringar och faktorer som påverkar den samhällsliga sårbarheten och säkerheten. Olsen, Kruke & Hovden (2007) föreslår att dessa bland annat kan vara globalisering av ekonomin, förändringar i demografi och marknadsförhållanden, koncentrerings av ekonomiska resurser, globala teknologier och infrastrukturer som blir mer komplexa och sammanlänkade, ökad rörlighet på grund av krig, kriser, katastrofer eller turism, klimatförändringar, reaktioner på pandemiska sjukdomar samt okontrollerad spridning av massförstörelsevapen.

### 3.1.2 Samhällsviktig verksamhet och kritisk infrastruktur

Varje samhälle har viktiga samhällsfunktioner som måste upprätthållas oavsett påfrestning. Dagens samhälle förlitar sig på flera av dessa samhällsfunktioner för att kunna fungera effektivt.

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB (2011a) definierar en samhällsviktig verksamhet som *en samhällsfunktion av sådan betydelse att bortfall av eller en svår störning av funktionen skulle innebära en stor risk eller fara för befolkningens liv och hälsa, samhällets funktionalitet eller samhällets grundläggande värden*. Det är samhällsfunktioner och inte enbart verksamheter som har särskild betydelse för att upprätta samhällets funktionalitet.

Några exempel på samhällsfunktioner kan enligt MSB vara:

- Energiförsörjning
- Finansiella tjänster
- Handel och industri
- Hälso- och sjukvård samt omsorg
- Kommunalteknisk försörjning
- Livsmedel
- Offentlig förvaltning – ledning
- Skydd och säkerhet
- Socialförsäkringar
- Transporter

Funktioner kan variera i komplexitet från enkla system som endast består av ett fåtal komponenter som samverkar till komplexa system som ofta är svåra att beskriva och vars delar ofta är adaptiva på grund av att de hela tiden förändras (Amaral & Ottino, 2004). Samhällsviktiga funktioner och kritiska infrastrukturer kan ses som komplexa system av olika komponenter som samspelar, beror av varandra för att fungera och som förändras över tiden genom att de byts ut, tas bort eller tillkommer.

Kritisk infrastruktur hör ofta samman med samhällsviktig verksamhet som en stödjande funktion. MSB (2011a) definierar kritisk infrastruktur som en *fysik struktur vars funktionalitet bidrar till att säkerställa upprätthållandet av viktiga samhällsfunktioner*. Infrastrukturer kan också ses som olika system vars avsikt är att tillverka eller lagra viktiga resurser och distribuera dessa vidare i samhället (Rinaldi, Peerenboom, & Kelly, 2001). Infrastrukturer kan därmed vara exempelvis informations- och kommunikationssystem, transporter så som flyg-, väg- och sjötransporter samt distributionsnät för el och vatten.

### **3.1.3 Störning av samhällsviktiga verksamheter och infrastrukturer**

Utvecklingen inom tekniken och samhället innebär en allt större komplexitet och ökade beroenden mellan olika samhällsviktiga verksamheter. Beroenden medför att en störning eller en kris kan sprida sig från en verksamhet till en annan vilket gör samhället sårbart. Hur allvarliga konsekvenserna blir beror till stor del av hur stort beroendet är. Problematiken med beroenden är inte nytt men på grund av komplexiteten och omfattning i dagens samhälle innebär det att system är mer sårbara än tidigare vilket kan ge allvarigare dominoeffekter (Hills, 2005).

Det har skett flertalet små och stora kriser som visat på hur beroende samhället är av olika sektorer. I Sverige är Stormen Gudrun ett exempel som visade på hur beroende samhället och krishanteringsarbetet var av fungerande kommunikationer. I en studie från 2005 av Krisberedskapsmyndigheten, KBM, visade resultaten att det var många kommuner som rankade att förlorade telekommunikationer var värre än bortfall av el då detta var ett lättare problem att avhjälpa (KBM, 2005). Studien visade även att det under krisen fanns ett starkt beroende av reservkraft, röjningskapacitet, tillgång på reparatörer samt nyckelpersonerna.

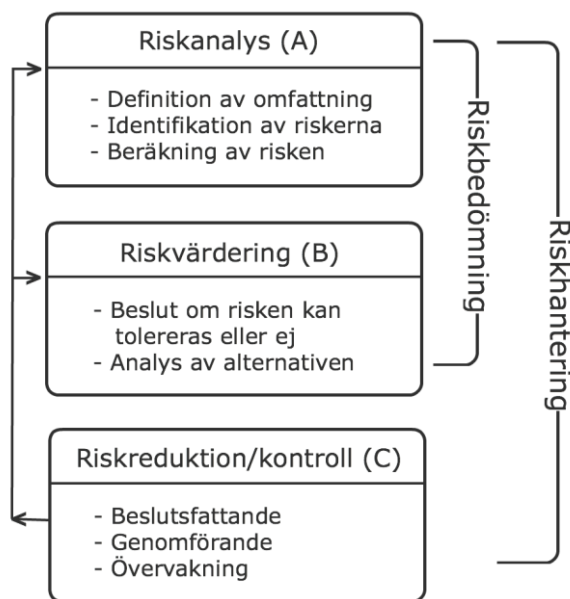
I USA har flertalet driftstopp av hamnen i Los Angeles skett på grund av arbetskonflikter vilket medfört omfattande ekonomiska konsekvenser som spridit sig bland olika aktörer i samhället. Hösten 2002 inträffade ett stopp som varade i 10 dagar där Jung, Santos & Haimes (2009) estimerade

en förlust på 1.94 miljarder dollar per dag samt visade på hur samhällets sektorer påverkades av störningen på hamnen.

Genom att analysera beroende kan man kartlägga vad den enskilda samhällsviktiga verksamheten är beroende av för att fungera samt vilka verksamheter som är beroende av den enskilda verksamhetens funktion. Det ger bland annat en grund för viktiga beslut vid prioritering av åtgärder samt resursfördelningar (MSB, 2009). För att kunna bygga våra infrastruktursystem säkrare och robustare måste vi kunna förutse effekterna av olika typer av störningar (Little, 2002). Som Olsen, Kruke & Hovden (2007) påpekar måste planeringen omfatta hela systemet med olika aktörer på olika nivåer det vill säga både lokalt, regionalt och nationellt. Detta innebär att riskhanteringen blir väldigt stor och måste utföras för olika syften och för olika nivåer.

### 3.1.4 Riskhantering

Ett sätt att se riskhantering är som ett verktyg för att hantera risker och kan enligt International Electrotechnical Commission, IEC (1995) delas in i de tre stegen riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll. Riskhantering beskrivs som hela den process från vilken risker och riskkällor identifieras till det att beslut tas om att de skall åtgärdas eller inte. De olika stegen skildras kortfattat i Figur 3.1 nedan.



Figur 3.1 Riskhanteringsprocessen (Nilsson, 2003)

I riskhantering är begreppet risk centralt men det finns ingen homogen definition av ordet. Oftast används ett tekniskt och objektivistiskt förhållningssätt till problematiken som definierats av Kaplan (1997) som en tripplett av frågor:

- Vad kan hända?
- Hur troligt är det att det händer?
- Vilka är konsekvenserna av händelsen?

Det tekniska förhållningssättet kritiseras dock då det inte beaktar sociala, psykologiska och kulturella aspekter. Människors värderingar och perspektiv skiljer sig åt och även deras perception av risk. Detta gäller särskilt mellan gemene man och experters uppfattning. Enligt Slovic (2001) är fara

verkligt, men risk är socialt konstruerat. Då det inte går att bestämma en given definition på risk på grund av olika riskperceptioner måste risk istället inför varje nytt sammanhang diskuteras och definieras.

Begreppen robusthet och sårbarhet är också viktiga att beakta när det gäller riskhantering i vårt samhälle. Robusthet kan ses som motsatsen till sårbarhet som kan definieras som *någons eller någontings oförmåga att motstå specifika yttre och inre påfrestningar* (Hallin, Nilsson, & Olofsson, 2004). Ofta kan man utgå från olika faktorer för att ta fram vad som är skyddsvärt och sårbart eller robust i samhället där värderingar som befolkningens liv och hälsa, samhällets funktionalitet samt förmågan att upprätthålla våra grundläggande värden står i fokus (MSB, 2011b). Dessa faktorer kan exempelvis vara sociotekniska, naturrelaterade eller sociala (Hallin, Nilsson, & Olofsson, 2004).

Idag har riskhanteringsprocessen utvecklats från ett mer praktiskt och enkelt tillvägagångssätt till övergripande riskhantering. Medan den traditionella metoden främst behandlade risker individuellt så ser den övergripande riskhanteringen på processer över hela organisationer och beaktar risker holistiskt och integrerat (Lam, 2006). Därmed måste vi i dagens riskhantering även vara medvetna om beroende och sammankopplingar mellan olika sektorer.

### 3.1.5 Kritiska beroenden

Riskhantering kräver en förståelse för beroendeförhållande mellan olika funktioner, sektorer och aktörer. Beroenden kan vara olika starka och antingen vara riktade eller oriktade. Ett ömsesidigt beroende är ett beroende åt två håll, alltså två enheter är beroende av varandra för att utföra sina funktioner. Ett enkelberoende är endast riktat åt ett håll, dvs. en enhet skulle påverka en annan enhet om det skulle störas, men inte tvärtom (Rinaldi, Peerenboom, & Kelly, 2001). Alla olika typer av beroende är förenade med risk på olika sätt. När ett beroende existerar kan en störning från en funktion spridas till andra funktioner.

Vanligen talar man främst om så kallade kritiska beroenden som ofta innebär ett beroende som är avgörande för att en verksamhet ska fungera. Exempelvis definierar MSB kritiska beroende i föreskriften MSBFS (2010:6) enligt:

*Beroenden som är avgörande för att samhällsviktiga verksamheter ska kunna fungera. Sådana beroenden karaktäriseras av att ett bortfall eller en störning i levererande verksamheter relativt omgående leder till funktionsnedsättningar, som kan få till följd att en extraordinär händelse inträffar. Den drabbade verksamheten kännetecknas av att den saknar uthållighet, redundans och möjlighet att ersätta eller fungera utan den resurs som fallit bort.*

I MSB:s förslag på metod för beroendeanalys delas beroenden även upp efter dess styrka på en tregradig skala; kritiskt beroende, tydligt beroende och svagt eller osäkert beroende där ett kritiskt beroende är det starkaste beroendet men hur skalan delas upp varierar självklart från fall till fall. Metoden kallas beroendehjulet och syftar till att identifiera och värdera kritiska beroenden med koppling till samhällsviktiga verksamheter (KBM, 2007).

Beroenden kan även delas in olika kategorier för att få en mer omfattande förståelse. Becker (2011) delar in beroenden i fyra kategorier: fysiskt, informationsrelaterat, geografiskt och logiskt beroende.

Dessa förklaras kort nedan:

- **Fysiska beroenden:** Två enheter i samhället är fysiskt beroende om tillståndet av en är beroende av materiell utdata av den andra.
- **Informationsrelaterade beroenden:** En enhet i samhället har ett informationsberoende med en annan om dennes tillstånd beror på information transmitterad mellan dem.
- **Geografiska beroenden:** Två enheter i samhället är geografiskt beroende om de är lokaliserade på ett sätt så att en lokal händelse kan påverka dem simultant.
- **Logiska beroenden:** Två enheter i samhället är logiskt beroende om tillståndet av den ena beror på tillståndet av den andra genom en mekanism som inte är fysisk, informativ eller geografisk. Logiska beroenden är relaterade till mänskliga förväntningar, beslut och beteende.

Detta arbete kommer enbart beakta fysiska beroenden mellan olika sektorer, aktörer och funktioner. Haines et al. (2007) förklarar fysiska beroenden mer utförligt med att det är ett fysiskt beroende som existerar mellan komponenter när energi, information eller materia fysiskt överförs från en komponent till en annan. Detta kan exempelvis vara elektricitet, vatten och material.

### 3.1.6 Modellera beroenden

Det finns givetvis åtskilliga metoder och modeller som kan användas för att analysera och åskådliggöra ett samhälles kritiska beroenden. Samtliga av dessa har specifika för- och nackdelar som bör uppmärksammas och övervägas innan ett beslut tas om vilken modell eller metod som ska användas i ett visst sammanhang. Några relevanta metoder och modeller, nämligen input-output-modeller, nätverksmodeller samt table-top-övningar, tillsammans med sina respektive för- och nackdelar presenteras kortfattat nedan.

#### Input-output-modeller

Modeller av typen input-output (I-O) använder ekonomisk data som indata och en del av I-O-modellerna, som benämns inoperability input-output-modeller (IIM) åskådliggör den så kallade inoperabiliteten. Termen inoperabilitet definieras som ett systems oförmåga att utföra sina avsiktliga och normala funktioner (Haines & Jiang, 2001). Inoperabilitet kan exempelvis uttryckas som en procentsats av ett systems förväntade funktionsnivå och utvärderas i ett skede där en viss störning har förorsakat ett nytt jämviktsläge för hela systemet. Fördelen med I-O-modeller är att de kan användas för att analysera kritiska beroenden på samhällsnivå samt att analysen är förhållandevis enkel att genomföra förutsatt tillgång på relevant ekonomisk data. Dessutom tar modellerna hänsyn till såväl direkta som indirekta konsekvenser. Nackdelen är däremot att resultatens detaljeringsgrad är låg. I-O-modeller förutsätter dessutom att de beroenden som finns i ett system är proportionella mot det ekonomiska värdet av varor som levereras mellan systemets sektorer, något som inte är en lämplig utgångspunkt i samtliga sammanhang<sup>1</sup>.

#### Nätverksmodeller

I nätverksmodeller beskrivs beroenden som länkar mellan diverse funktioner som representeras av noder i ett upprättat nätverk över ett system. En förutsättning för att modellerna ska kunna

---

<sup>1</sup> Henrik Tehler, docent, Brandteknik och riskhantering. Föreläsning i Olycks- och krishantering, 2012-12-07

användas är att en datormodell upprättas över det system som ska analyseras. Den här typen av modeller kan användas för att redogöra för hur olika typer av störningar i ett systems noder eller länkar kan sprida sig vidare genom nätverket. De erhållna resultaten kan bland annat användas för att jämföra sårbarhet hos skilda system samt identifiera såväl noder som länkar av kritisk karaktär. Fördelen med nätverksmodeller är möjligheten att göra en mycket detaljerad analys. Nackdelen är att en detaljerad analys också kräver en utförlig beskrivning av ett system och dess funktioner<sup>2</sup>.

### Table-top-övningar

Vid table-top-övningar besvarar representanter från olika aktörer i samhället frågor rörande betydelsen av andra aktörer och deras funktioner för att deras egen organisation ska kunna bedriva sin verksamhet. Deltagarna får dessutom uppskatta hur pass viktig funktionen tillhörande deras egen verksamhet är för de övriga deltagarnas verksamheter. Resultaten från övningar av den här karaktären kan användas för att upptäcka asymmetriska bedömningar samt identifiera nya aktörer som bör delta i framtida övningar. Fördelen med metoden är att den är enkel att genomföra samtidigt som den är enkel för deltagarna att förstå. Nackdelen är att det är svårt att avgöra effekten av olika typer av störningar, vilket medför att resultaten från table-top-övningar inte är lämplig att användas som beslutsunderlag<sup>2</sup>.

## 3.2 International trade inoperability input-output-modellen

Avsikten med arbetet är att studera hur störningar i godsflödet genom en hamn kan påverka Sveriges olika sektorer. Det system som ska analyseras är ett komplicerat system bestående av ett stort antal sektorer med konkreta flöden mellan dem. Resultaten från studien kommer att ge en övergripande bild av hur en störning i en hamns verksamhet kan komma att påverka ekonomiska sektorer i Sverige och kommer därmed att möjliggöra en utvärdering av lämpliga inriktningar för framtida och mer detaljerade analyser.

Nedan följer en beskrivning av ursprunget och bakgrunden till input-output-modeller genom Leontiefs input-output-modell (I-O-modell) och vidareutvecklingen med inoperability input-output-modellen (IIM) samt international trade inoperability input-output-modellen (IT-IIM). Därefter ges ett sammanfattande och förklarande exempel av IT-IIM och sist visas kort hur IIM kan vara en del av riskhanteringsprocessen.

### 3.2.1 Leontiefs input-output-modell

År 1951 presenterade Leontief en input-output-modell (I-O-modell) som bygger på ekonomisk data (Leontief, 1951). En analys utifrån I-O-modellen förutsätter att de ekonomiska informationsuppgifterna grupperas sektorsvis och visar slutligen i vilken utsträckning varje analyserad industrisektor behöver handla från de övriga sektorerna för att kunna producera en outputenhet (Bezdek & Wendling, 2005). Modellen kan därmed användas för att åskådliggöra sammankopplingar och beroenden mellan diverse ekonomiska sektorer på exempelvis regional eller nationell nivå.

Leontiefs ursprungliga I-O-modell presenteras i ekv. (1).

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{c} \Leftrightarrow \{x_i = \sum_j a_{ij}x_j + c_i\} \forall i \quad (1)$$

---

<sup>2</sup> Henrik Tehler, docent, Brandteknik och riskhantering. Föreläsning i Olycks- och krishantering, 2012-12-07



I ekv. (1) representerar  $x_i$  industrisektor  $i$ 's sammanlagda output från sektorns produktion. Vidare är beteckningen  $a_{ij}$  den så kallade tekniska Leontief-koefficienten. Koefficienten anger förhållandet mellan input från industri  $i$  till industri  $j$  samt sammanlagd input till industri  $j$ . Den tekniska Leontief-koefficienten talar alltså om hur stor andel av industri  $j$ 's totala input som utgörs av input från industri  $i$ . Samtliga koefficienter bygger tillsammans upp matrisen  $\mathbf{A}$ , även kallad den tekniska Leontief-matrisen. Beteckningen  $c_i$  står för den slutgiltiga efterfrågan på industri  $i$ 's produktionsoutput. Med den slutgiltiga efterfrågan menas den efterfrågan som är kopplad till konsumtion av output direkt via slutkonsumenter. Efterfrågan som däremot är kopplad till konsumtion av produkten via industrisektorer som använder produkten som en råvara för sin egen produktion finns representerad i matrisen  $\mathbf{A}$  och räknas därmed inte till  $c_i$ .

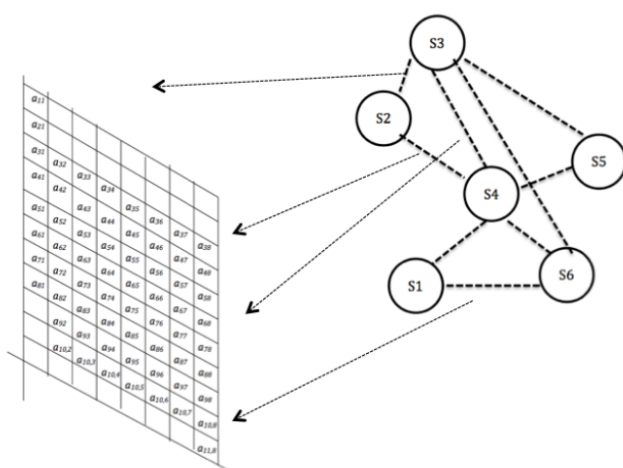
För en mer utförlig redovisning av Leontiefs I-O-modell hänvisas läsaren till Bilaga A.

Leontief tar fram en modell som ligger till grunden för en rad andra modeller av typen input-output där två av dem, nämligen inoperability input-output-modell (IIM) och en international trade inoperability input-output-modell (IT-IIM), kommer redovisas i de två följande avsnitten.

### 3.2.2 Inoperability input-output-modellen

Haines & Jiang (2001) har utvecklat en inoperability input-output-modell (IIM) utifrån Leontiefs I-O-modell. IIM beskriver sammankopplingar och kritiska beroende genom att modellera hur inoperabilitet propagerar genom ett system eller från en sektor till en annan.

Trots att IIM och Leontiefs I-O-modell använder samma indata så existerar både teoretiska och praktiska skillnader mellan de två modellerna. En av de mest betydande skillnaderna är att IIM använder sig av en så kallad beroendematris,  $\mathbf{A}^*$ , istället för den tekniska Leontief-matrisen,  $\mathbf{A}$ , som den ursprungliga I-O-modellen använder sig av (Jung, Santos & Haines, 2009). Beroendematrisen beskriver hur beroendet mellan olika sektorer är uppbyggt. Elementet  $a_{ij}^*$  beskriver hur stort tillskottet från industri  $j$  är på industri  $i$ 's totala inoperabilitet. Figur 3.2 nedan illustrerar uppbyggnaden av beroendematrisen.



Figur 3.2 Förtydligande illustration över beroendematrisen (Haines et al., 2007)

Det finns flertalet varianter av IIM. I detta arbete kommer två olika varianter användas nämligen demand-baserad IIM och supply-baserad IIM. De två olika varianterna kommer att förklaras kort i kommande avsnitt.

### Demand-baserad IIM

Den demand-baserade IIM förutsätter att störningen uppstår till följd av störningar i efterfrågan av artiklar från en viss sektor och sprids bakåt i leveranskedjan. Störningen leder till att sektorer längre bak i leveranskedjan minskar sin produktion som en anpassning till den minskade efterfrågan. Den demand-baserade IIM-varianten ger därmed information om ekonomisk inoperabilitet där en störning på en viss sektors efterfrågan av artiklar är den utlösande faktorn.

Den demand-baserade varianten av IIM presenteras i ekv. (2)

$$\mathbf{q} = \mathbf{A}^* \mathbf{q} + \mathbf{c}^* \Leftrightarrow \mathbf{q} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}^*]^{-1} \mathbf{c}^* \quad (2)$$

I ekv. (2) betecknar  $\mathbf{q}$  inoperabilitetsvektorn medan  $\mathbf{A}^*$  och  $\mathbf{c}^*$  betecknar beroendematrisen respektive störningsvektorn. Samtliga element i inoperabilitetsvektorn är tal mellan 0 och 1. Inoperabiliteten för sektor  $i$ ,  $q_i$ , anger hur stor andel av sektorns verksamhet som inte kan genomföras på grund av en viss störning och kan därmed ses som ett uttryck för nedgången i sektorns verksamhet till följd av störningen. För att beräkna den ekonomiska förlusten för sektor  $i$ ,  $f_i$ , multipliceras inoperabiliteten för sektor  $i$  med värdet av sektorns totala produktion, ekv. (3).

$$f_i = q_i x_i \quad (3)$$

Genom att summera den ekonomiska förlusten för samtliga sektorer i ett system erhålls systemets totala ekonomiska förlust,  $F$ , ekv. (4).

$$F = \sum_i f_i \quad (4)$$

För en utförligare beskrivning av den demand-baserade varianten av IIM hänvisas läsaren till Bilaga A.

### Supply-baserad IIM

En annan variant av IIM är den så kallade supply-baserade IIM där störningen antas komma från en viss sektors oförmåga att leverera de artiklar som utgör sektorns output. Anledningen till en sådan oförmåga kan till exempel vara en omfattande strejk, sabotage eller störningar på nödvändig apparatur för produktionen (Leung, Haimes, & Santos, 2007). Störningen leder till att sektorer längre fram i leveranskedjan inte får in tillräckligt med artiklar för att producera sina respektive outputenheter. Den supply-baserade IIM ger alltså information om ekonomisk inoperabilitet som uppstår till följd av en störning i en viss sektors leveransmöjligheter. Den här typen av IIM är inte lika utvecklad som den demand-baserade varianten.

Den supply-baserade varianten av IIM presenteras i ekv. (5).

$$\mathbf{p} = \mathbf{A}^{S^*} \mathbf{p} + \mathbf{z}^* \Leftrightarrow \mathbf{p} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}^{S^*}]^{-1} \mathbf{z}^* \quad (5)$$

I ekv. (5) betecknar  $\mathbf{p}$  och  $\mathbf{z}^*$  inoperabilitetsvektorn respektive störningsvektorn  $\mathbf{A}^{S^*}$ , där indexet  $S$  står för supply, betecknar beroendematrisen. Härledningen av ekv. (5) påminner mycket om härledningen av ekv. (2) och redovisas därav inte i Bilaga A. För en mer utförlig redovisning av härledningen hänvisas läsaren till Xu et al. (2011). Ett viktigt samband visas däremot i ekv. (6).

$$\mathbf{A}^{S^*} = (\mathbf{A})^T \quad (6)$$

Ekv. (6) säger alltså att  $\mathbf{A}^{S^*}$  erhålls genom att transponera den tekniska Leontief-matrisen.

### **Begränsningar och antaganden hos IIM**

Då IIM är en fortsättning av Leontiefs modell behålls många av dess antagande. Nedan förklaras några av de begränsningarna som IIM har.

- Modellen använder ekonomiska beroenden som substitut för fysiska beroenden.
- Modellen är linjär och deterministisk samt en jämviktslägesmodell.
- Tillgångar av råmaterial är stora i jämförelse med efterfrågan och elastisk för demand-modellen. Överskottskapacitet av lokala resurser är okända.
- Upplösning av modellelement dvs. antal sektorer eller artiklar kan inte överstiga dem som SCB redovisar utan ytterligare antagande görs (Crowther & Haines, 2005).

En viktig egenskap hos modellen är att den använder sig av ekonomiska beroenden som substitut för de fysiska. Innebörden av detta är att modellen antar att två sektorer som bedriver handel av stort värde med varandra är mer beroende av varandra än två sektorer som bedriver ömsesidig handel där värdet är lägre. Vidare är modellen linjär, vilket innebär att den ekonomiska förlusten är proportionell mot såväl tiden för störningen som den initiala störningens omfattning.

Modellen förutsätter att ett nytt jämviktsläge inställer sig och därmed så bör den inte användas för att dra några slutsatser om vad som sker nära inpå en förändring och inte heller för att analysera situationer i vilka åtgärder sätts in för att motverka den utlösande störningen. Ett scenario lämpligt för analys utifrån den aktuella modellen kan tänkas vara införandet av en säkerhetsåtgärd som hämmar exempelvis en hamns möjligheter att ta emot eller skicka ut varor. Eftersom modellen förutsätter att ett nytt jämviktsläge inställer sig till följd av störningen så tar den hänsyn till konsekvenser av såväl första ordningen som av högre ordningar. Första ordningens konsekvenser av en störning utgörs av produktionsförluster hos den påverkade sektorn. Konsekvenser av högre ordningar utgörs däremot av de förluster hos sektorer som inte har drabbats av den initiala störningen men som drabbas av det faktum att en viss del av den initialt påverkade sektorns produktion uteblir.

Park (2006) menar att monopolistisk handel, knappa resurser, korttidsperspektiv samt att regionen som undersöks är relativt liten och därmed beroende av import är kriterier som måste vara uppfyllda för att den supply-baserade varianten av IIM ska vara applicerbar.

Den demand-baserade varianten av IIM antar att den initiala störningen är en reduktion av efterfrågan av en viss sektors artiklar medan störningen i den supply-baserade varianten är en reduktion av en sektors leveransförmåga. De beräknade inoperabilitetsvektorerna, som presenterats ovan i detta avsnitt i ekv. (2) samt ekv. (5) och den ekonomiska förlusten i ekv. (3) samt ekv. (4), är giltiga för ett nytt jämviktsläge som uppstår som en följd av störningen.

### **3.2.3 International trade inoperability input-output-modellen**

Eftersom den konventionella I-O-modellen i princip är en nationell modell har det funnits många försök att skapa en variant av IIM som kan användas i internationella sammanhang. Typiskt för dessa modeller är att den totala handeln över nationsgränser med såväl importers som exporters inte beaktas utan att endast exporterna beaktas. Modellerna lämpar sig därför inte för analys av nationer vars ekonomi i stor utsträckning präglas av internationell handel med betydande andel import (Jung, Santos & Haines, 2009).

Jung, Santos & Haimés (2009) har utvecklat en så kallad international trade inoperability input-output-modell (IT-IIM) utifrån den demand-baserade IIM. IT-IIM fokuserar på betydande ankomsthannar och tar, till skillnad från majoriteten av varianter av internationella I-O-modeller, hänsyn till såväl import och export. Den framtagna modellen kan användas för analys av nationella ekonomier där den internationella handeln är en betydande del av den nationella ekonomin.

Den största matematiska skillnaden mellan majoriteten av varianter av IIM och IT-IIM är att de två modellerna beräknar beroendematrisen på två olika sätt. Ekv. (7) visar hur IIM beräknar beroendematrisen medan ekv. (8) visar hur IT-IIM beräknar samma matris. Sambandet mellan vektorerna  $\bar{x}$  och  $\bar{x}^T$  visas i ekv. (9) där  $\bar{m}$  är vektorn som betecknar värdet av de olika sektorernas förväntade totalimport. Indexet  $T$  representerar trade och ska inte förväxlas med transponering.

$$A^* = [diag(\bar{x})]^{-1} A diag(\bar{x}) \quad (7)$$

$$A^T = [diag(\bar{x}^T)]^{-1} A diag(\bar{x}^T) \quad (8)$$

$$\bar{x}^T = \bar{x} + \bar{m} \quad (9)$$

Jung, Santos & Haimés (2009) delar upp IT-IIM i två modeller, nämligen international trade inoperability model (Modell A) samt domestic production inoperability model (Modell B). Modell A tar hänsyn till direkta och indirekta effekter av förändringar inom såväl den nationella produktionen som importen. Modell B tar också hänsyn till direkta och indirekta effekter av förändringar inom den nationella produktionen men tar däremot enbart hänsyn till de indirekta effekterna av förändringar av importen. De direkta effekterna av importförändringar, som påverkar resultaten från Modell A men inte resultaten från Modell B, motsvarar sektorernas möjligheter till försäljning av de importerade varorna utan att på något sätt använda sig av dessa varor för den egna produktionen. Jung, Santos & Haimés (2009) menar att resultaten från Modell A bör användas för att analysera de sammanlagda ekonomiska förlusterna medan Modell B lämpar sig för analys av effekter på sektorernas behov av arbetskraft i samband med en störning.

Något som försvårar användningen av IT-IIM är avsaknaden av informationsuppgifter som anger hur stor andel av importerade varor som används av inhemska industrier som intermediära varor och hur stor andel som används av slutkonsumenter. Om samtliga importerade varor används av slutkonsumenter minimeras inoperabiliteten i samband med en störning, eftersom importerna inte har någon direkt påverkan på den inhemska produktionen. Det omvända, alltså att inoperabiliteten maximeras, gäller om samtliga importerade varor används av nationella industrier (Jung, Santos & Haimés, 2009).

För att hantera problematiken kring den nämnda avsaknaden av information om andelen varor som utnyttjas som intermediära varor respektive går till slutkonsumtion används två fall för de båda modellerna. IT-IIM består därmed av fyra olika submodeller. Fall 1 antar att samtliga import används av inhemska industrier för de nationella sektorernas produktion medan Fall 2 antar att samtliga import går direkt till slutkonsumtion. Fall 1 ger därmed en övre gräns för de olika sektorernas inoperabilitet eftersom samtliga importerade varor antas vara intermediära varor och därmed användas för sektorernas produktion. Fall 2 ger däremot en lägre gräns för inoperabiliteten

eftersom de importerade varorna inte bidrar till de nationella sektorernas produktionsmöjligheter utan går till slutkonsumtion utan omvägar.

Enbart inoperabiliteten utifrån Modell A presenteras. För Modell B hänvisas läsaren till Jung, Santos & Haimés (2009). Inoperabilitetsvektorn för Fall 1,  $q^{T,1}$ , beräknas enligt ekv. (10).

$$q^{T,1} = [I - A^T]^{-1}c^{T,1} \quad (10)$$

I ekv. (10) betecknar  $c^{T,1}$  störningsvektorn för den totala handeln.

Inoperabilitetsvektorn för Fall 2,  $q^{T,2}$ , beräknas enligt ekv. (11).

$$q^{T,2} = q^E + q^{M,2} \quad (11)$$

Ekv. (11) beskriver att inoperabilitetsvektorn för Fall 2 är summan av två andra inoperabilitetsvektorer, nämligen inoperabilitetsvektorn för export,  $q^E$ , samt inoperabilitetsvektorn för import,  $q^{M,2}$ .

För en mer utförlig beskrivning av IT-IIM hänvisas läsaren till Bilaga A.

Jung, Santos & Haimés (2009) presenterar ingen supply-baserad IT-IIM men för att skapa en supply-baserad IT-IIM behövs endast beroendematrisen modifieras. Beroendematrisen för den supply-baserade IT-IIM,  $A^{ST}$ , beräknas enligt ekv. (12).

$$A^{ST} = [diag(\bar{x}^T)]^{-1}[diag(\bar{x})](A)^T[diag(\bar{x})]^{-1}[diag(\bar{x}^T)] \quad (12)$$

### Begränsningar och antaganden hos IT-IIM

Utöver de begränsningar och antaganden som gäller för IIM tillkommer ytterligare ett antal för IT-IIM. Dessa är bland annat:

- Importer och exporter anses vara likvärdiga för en nations ekonomi.
- Handeln uttrycks i monetära enheter. Därmed kan modellen inte användas för analys utifrån exempelvis vikt eller volym av de varor med vilka handel bedrivs.
- När en störning påverkar en ankomsthavn finns inga alternativa hamnar som omedelbart kan motverka de uppkomna marknadsförlusterna.
- Händelser som kan påverka marknaden begränsas till tre stycken, nämligen driftstörningar på ankomsthavnar, störningar på godtyckliga handelssätt (däribland lastbilar, skepp och flygplan) samt handelsembargon på nationer utöver den egna.
- Det saknas lager för såväl import- som exportvaror, varför effekten är omedelbar när en ankomsthavn utsätts för en störning.

### 3.2.4 Exempel och sammanfattning av IT-IIM

För att ge läsaren en enkel överblick och förståelse av IT-IIM ges nedan ett påhittat exempel av sektorer och artiklar där Fall 1 för en demand-baserad IT-IIM används för att beräkna inoperabiliteten hos sektorerna om en av sektorerna påverkas av en störning. Tanken med exemplet är att sammanfatta IT-IIM och visa hur modellen faktiskt fungerar utan att gå in i detalj på exempelvis härledning.

Först behövs en tillgångsmatrix och en användningsmatrix som innehåller värdet av samtliga sektorers produktion respektive konsumtion av olika artiklar, tabell 3.1 och tabell 3.2 visar ett påhittat exempel. Notera att artiklarna och sektorerna inte behöver vara samma till antalet.

Tabell 3.1 Exempel på tillgångsmatrix. Värdena anges i kr/dygn

	Artikel 1	Artikel 2	Artikel 3	Artikel 4	Artikel 5
Sektor 1	400	0	100	200	300
Sektor 2	300	400	0	100	200
Sektor 3	200	300	400	0	100
Sektor 4	100	200	300	400	0
Sektor 5	0	100	200	300	400

Utifrån tabell 3.1 är det exempelvis möjligt att utläsa att sektor 1 producerar artikel 1 till ett värde av 400 kr/dygn samt att sektor 4 producerar artikel 5 till ett värde av 0 kr/dygn, dvs. sektor 4 producerar inte artikel 5. Tabell 3.1 visar också att varje sektor producerar artiklar till ett sammanlagt värde av 1000 kr/dygn.

Tabell 3.2 Exempel på användningsmatrix. Värdena anges i kr/dygn.

	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	Sektor 4	Sektor 5
Artikel 1	0	400	300	200	100
Artikel 2	100	0	400	300	200
Artikel 3	200	100	0	400	300
Artikel 4	300	200	100	0	400
Artikel 5	400	300	200	100	0

Från tabell 3.2 är det bland annat möjligt att utläsa att sektor 3 konsumerar artikel 1 till ett värde av 300 kr/dygn medan sektor 4 konsumerar artikel 3 till ett värde av 400 kr/dygn. Tabell 3.2 visar också att varje sektor konsumerar artiklar till ett sammanlagt värde av 1000 kr/dygn.

Därefter så normaliseras de båda matriserna genom att dividera varje element i matriserna med summan av samtliga element i motsvarande kolumn. Summan för kolumnerna i såväl tillgångsmatrisen och användningsmatrisen har för enkelhetens skull valts till 1000. I tabell 3.3 och tabell 3.4 visas de normaliserade matriserna till de påhittade tillgångs- och användningsmatriserna i tabell 3.1 och tabell 3.2.

Tabell 3.3 Exempel på normaliserad tillgångsmatrix

	Artikel 1	Artikel 2	Artikel 3	Artikel 4	Artikel 5
Sektor 1	0,4	0	0,1	0,2	0,3
Sektor 2	0,3	0,4	0	0,1	0,2
Sektor 3	0,2	0,3	0,4	0	0,1
Sektor 4	0,1	0,2	0,3	0,4	0
Sektor 5	0	0,1	0,2	0,3	0,4

Tabell 3.4 Exempel på normaliserad användningsmatris

	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	Sektor 4	Sektor 5
Artikel 1	0	0,4	0,3	0,2	0,1
Artikel 2	0,1	0	0,4	0,3	0,2
Artikel 3	0,2	0,1	0	0,4	0,3
Artikel 4	0,3	0,2	0,1	0	0,4
Artikel 5	0,4	0,3	0,2	0,1	0

Genom att multiplicera den normaliserade tillgångsmatrisen,  $\hat{V}$ , med den normaliserade användningsmatrisen,  $\hat{U}$ , erhålls den tekniska Leontief-matrisen,  $A$ , ekv. (13).

$$A = \hat{V}\hat{U} \quad (13)$$

Med det presenterade exemplet gäller sambanden i ekv. (14) och (15)

$$\hat{V} = \begin{pmatrix} 0,4 & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 \\ 0,3 & 0,4 & 0 & 0,1 & 0,2 \\ 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0 & 0,1 \\ 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0 \\ 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 \end{pmatrix} \quad (14)$$

$$\hat{U} = \begin{pmatrix} 0 & 0,4 & 0,3 & 0,2 & 0,1 \\ 0,1 & 0 & 0,4 & 0,3 & 0,2 \\ 0,2 & 0,1 & 0 & 0,4 & 0,3 \\ 0,3 & 0,2 & 0,1 & 0 & 0,4 \\ 0,4 & 0,3 & 0,2 & 0,1 & 0 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Anta vidare att det inte existerar någon som helst import till de olika sektorerna, vilket ger ekv. (16).

$$\bar{x}^T = \bar{x} + \bar{m} = \bar{x} + \mathbf{0} = \bar{x} \quad (16)$$

Beroendematrisen,  $A^T$ , erhålls därefter via ekv. (17) nedan.

$$A^T = [\text{diag}(\bar{x}^T)]^{-1} A \text{diag}(\bar{x}^T) = [\text{diag}(\bar{x}^T)]^{-1} \hat{V}\hat{U} \text{diag}(\bar{x}^T) \quad (17)$$

I ekv. (17) är  $\text{diag}(\bar{x}^T)$  diagonalmatrisen av vektorn  $\bar{x}^T$  och  $[\text{diag}(\bar{x}^T)]^{-1}$  är inversen till  $\text{diag}(\bar{x}^T)$ . Vektorn,  $\bar{x}^T$ , som anger värdet av sektorernas totala produktion och import, beräknas genom att summera samtliga element i en rad i tillgångsmatrisen och därefter addera värdet för respektive sektors import. Vektorn,  $\bar{x}^T$ , beskriver därmed värdet av de olika sektorernas produktion och import av samtliga artiklar. Med exemplet ovan blir radsumman 1000 kr för alla raderna i tillgångsmatrisen, vilket ger sambanden i ekv. (18) – (20) nedan.

$$\bar{x}^T = \begin{pmatrix} 1000 \\ 1000 \\ 1000 \\ 1000 \\ 1000 \end{pmatrix} \quad (18)$$

$$\text{diag}(\bar{x}^T) = \begin{pmatrix} 1000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1000 \end{pmatrix} \quad (19)$$

$$[\text{diag}(\bar{x}^T)]^{-1} = \begin{pmatrix} 1/1000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/1000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/1000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/1000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/1000 \end{pmatrix} \quad (20)$$

Därmed finns samtliga komponenter för att beräkna  $A^T$  utifrån ekv. (17) ovan  $A^T$  redovisas däremot inte. Den demand-baserade inoperabilitetsvektorn för Fall 1,  $q^{T,1}$ , beräknas slutligen via ekv. (21), där  $c^{T,1}$  är störningsvektorn.

$$q^{T,1} = [I - A^T]^{-1} c^{T,1} \quad (21)$$

I detta exempel beräknas inte inoperabilitetsvektorn utifrån ekv. (21) utan det antas att störningsvektorn i ekv. (22) ger upphov till inoperabilitetsvektorn i ekv. (23).

$$c^{T,1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (22)$$

$$q^{T,1} = \begin{pmatrix} 0,05 \\ 0,37 \\ 0,12 \\ 0,06 \\ 0,15 \end{pmatrix} \quad (23)$$

Tolkningen av det påhittade sambandet är att en initial störning som innebär en 30-procentig nedgång i sektor 2:s verksamhet leder till ett nytt jämviktsläge där sektor 1 drabbas av en 5-procentig nedgång i sin verksamhet, sektor 2:s verksamhet drabbas av en 37-procentig nedgång osv. Samtliga sektorer har en total produktion på 1000 kr per dygn, se tabell 3.1. Genom att multiplicera sektorernas respektive inoperabilitet och produktion erhålls den ekonomiska förlusten för de olika sektorerna, ekv. (24).

$$f = \begin{pmatrix} 50 \\ 370 \\ 120 \\ 60 \\ 150 \end{pmatrix} \quad (24)$$

Tolkningen av ekv. (24) är att sektor 1 drabbas av en förlust på 50 kr/dygn, sektor 2 drabbas av en förlust på 370 kr/dygn osv. Anta vidare att de fem sektorerna i exemplet utgör en nations totala ekonomi. Nationens totala förlust erhålls genom att summera samtliga sektors förlust, ekv. (25).



Den nationella förlusten är därmed 750 kr/dygn. Hade istället den initiala störningen på sektor 2 varit 0.6 så hade den totala ekonomiska förlusten uppgått till 1500 kr/dygn med anledning av att modellen är linjär.

### 3.2.5 IIM som en del av riskhantering

Som tidigare nämnts så kan riskhantering beskrivas som hela den process från vilken risker och riskkällor identifieras till det att beslut tas om att de skall åtgärdas eller inte. Inoperability input-output-modellen har många möjliga tillämpningar som kan vara en del av riskhantering. Modellen kan även vara användbar i flera olika faser av riskhanteringsprocessen. Modellen kan användas för att:

- Utreda såväl direkta som indirekta ekonomiska konsekvenser till följd av störningar som drabbar diverse ekonomiska sektorer (Santos & Haines, 2004)
- Beräkna total inoperabilitet, produktionsförlust och ekonomisk förlust för berörda sektorer.
- Hjälpa vid beslutfattande och avvägningar mellan olika alternativ för riskhantering samt mot flera olika mål (Crowther & Haines, 2005).

Figur 3.3 och Figur 3.4 nedan illustrerar var IIM kan användas vid olika faser av riskhanteringsprocessen. I första figuren visas hur den kan användas i en del av analysen och bedömningen. I den andra figuren visas hur den kan användas i själva hanteringen av riskerna och i beslutfattandet samt avvägandet mellan olika alternativ.



Figur 3.3 exempel av IIM analys i riskbedömningsprocessen, anpassad från Crowther & Haines (2005).

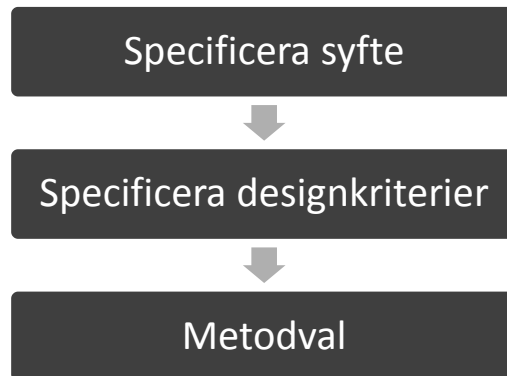


Figur 3.4 exempel av IIM analys i riskhanteringsprocessen anpassad från Crowther & Haines (2005).

# 4 Metodutvärdering

---

I detta kapitel presenteras utvärderingen av metoden som använts i detta arbete. I figur 4.1 visas de tre stegen som tillsammans formar metodutvärderingen.



Figur 4.1 Metodutvärderingen

## 4.1 Specificera syfte

Det övergripande syftet med metoden är att uppskatta konsekvenserna efter en störning i en hamn. Syftet med metoden är även att den ska vara applicerbar på befintliga förhållanden och kunna ge bra approximationer för fysiska beroenden. Modellen ska kunna modellera hur en störning i en hamn kan sprida sig ut i samhället och ge negativa konsekvenser både på förmågan hos sektorer i samhället samt deras ekonomi.

## 4.2 Specificera designkriterier

Ett antal designkriterier för metodalet har formulerats utifrån arbetets syfte och presenteras nedan för att sedan motiveras.

- Kunna användas på ett stort system som Sverige
- Kunna användas med befintlig data
- Vara förankrad och baserad på existerande vetenskapliga modeller
- Kunna modellera beroenden mellan enheter i ett system
- Kunna modellera spridning av störningar i en hamn
- Ge användbara, tydliga och jämförbara resultat
- Kunna generera åtgärdsförslag
- Ge mer information än de nuvarande metoderna för beroendeanalys
- Ge möjlighet att validera resultaten

Metoden är främst tänkt att användas som ett verktyg utifrån befintliga förhållanden och existerande data. Ny data ska inte behöva samlas in utan befintlig sådan ska kunna användas och vara lämplig som indata. Vidare ska den vara baserad på existerande vetenskapliga modeller, kunna användas för att analysera ett större system och ge resultat som är jämförbara.

Metoden ska kunna upptäcka brister och svagheter i samhället för att ett robustare samhälle ska kunna skapas. Den ska också kunna se trender för att på så sätt kunna åskådliggöra vad som skulle kunna förbättras för att ge ett robustare samhälle. Metoden ska alltså kunna ge åtgärdsförslag.

Genom att använda befintlig data och verkliga system ska modellen kunna valideras antingen mot historiska störningar eller genom intervjuer av berörda sektorer.

### 4.3 Metodval

Avsikten med arbetet är att studera hur störningar i godsflödet genom en hamn kan påverka Sveriges olika sektorer. Det system som ska analyseras är ett komplicerat system bestående av ett stort antal sektorer med konkreta flöden dem emellan. Därmed förkastas en analys utifrån en table-top-övning. En analys utifrån en nätverksmodell har övervägts men med utgångspunkt från studiens tidsrymd och övriga tillgängliga resurser anses en analys utifrån en variant av I-O-modellen vara mest lämplig för analys av beroenden i det aktuella sammanhanget. Resultaten från studien kommer att ge en övergripande bild av hur en störning i en hamns verksamhet kan komma att påverka ekonomiska sektorer i Sverige och kommer därmed att möjliggöra en utvärdering av lämpliga inriktningar för framtida och mer detaljerade analyser.

Såväl den demand-baserade som supply-baserade IIM, tillsammans med en mängd andra varianter av IIM, är utvecklad för ekonomiska förhållanden som råder i USA. Värdet av den nationella amerikanska produktionen är mycket stor i jämförelse med värdet importer och exporter, något som inte gäller för den svenska ekonomin, se tabell 4.1.

Tabell 4.1 visar för 2010 BNP i miljarder \$US samt importer och exporter i % av BNP för såväl Sverige som USA.

	BNP (The World Bank, 2013a)	Import i % av BNP (The World Bank, 2013b)	Export i % av BNP (The World Bank, 2013c)
Sverige	463	43	49
USA	14 419	16	13

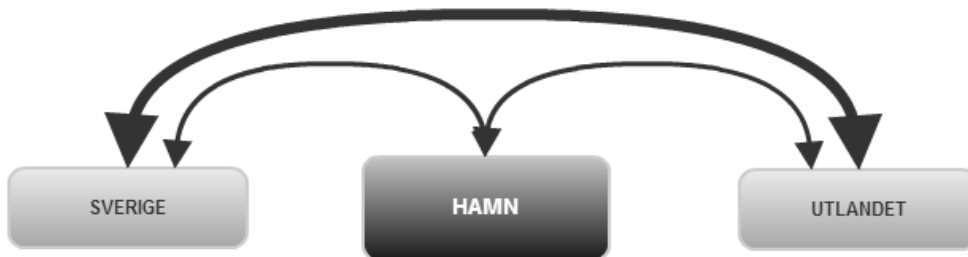
Utifrån från tabell 4.1 kan slutsatsen dras att handel med andra nationer har betydligt större påverkan på Sveriges ekonomi än på den amerikanska och det är därmed rimligt att den totala internationella handeln kommer att ha betydelse för resultaten i den här studien. De insamlade uppgifterna från SCB visar dessutom att den importerande mängden av vissa artiklar är flera gånger större än de inhemskt producerade (SCB, 2012).

Till följd av de rådande förhållandena inom den svenska ekonomin anses det vara lämpligt att applicera metoden i enlighet med IT-IIM. Originalvarianten av international trade inoperability input-output-modellen av Jung, Santos och Haimes (2009) är endast en demand-baserad variant av modellen, där störningen antas vara kopplad till förändringar i efterfrågan. Det är intressant att använda den demand-baserade modellen eftersom den analyserar hur en störning propagerar bakåt i leveranskedjan. Genom att göra några enkla modifikationer, se ekv. (12) i avsnitt 3.2.3 International trade inoperability input-output-modell, har även en supply-baserad variant av modellen utvecklats. Den supply-baserade varianten av IT-IIM har tagits fram eftersom det är rimligt att anta att den utlösande störningen som stryker godsflödet genom en hamn även kan vara kopplad till förändringar i leveransmöjligheter och det är av intresse att även undersöka hur störningen propagerar framåt i leveranskedjan. Därför kommer såväl en demand-baserade som den supply-baserade analys genomföras.

IT-IIM är uppdelad i två modeller som i sin tur är uppdelade i två fall. Endast en av modellerna, Modell A, kommer att användas i denna studie. Syftet med studien är att studera sektorernas

ekonomiska förlust snarare än att studera förändringar i sektorernas behov av arbetskraft, vilket är syftet med Modell B. Möjligheterna till att validera resultaten från Modell A anses dessutom vara större jämfört med valideringsmöjligheterna för Modell B.

Importer till och exporter från Sverige via en hamn kan ses som en delmängd av uppgifterna från SCB rörande Sveriges totala import och export. En hamn ses därmed som ett medium genom vilket viss handel mellan Sverige och utlandet bedrivs vilket illustreras i Figur 4.2 nedan.



Figur 4.2 visar hur en hamn kan ses som en sektor genom en del av handeln som sker mellan Sverige och utlandet bedrivs.

I vissa fall kan en svensk hamn även fungera som ett medium genom vilket handel mellan sektorer i Sverige bedrivs, något som studien bortser ifrån. Dessutom kan en svensk hamn fungera som ett medium genom vilket varor från utlandet transporteras till andra destinationer i utlandet. Modellen betraktar samtliga varor som hamnen tar emot från Sverige varor som exportvaror medan samtliga varor som når hamnen från utlandet betraktas som importvaror. Huruvida hamnen skickar inhemskt producerade varor till andra svenska hamnar eller skickar utlandsproducerade till utlandet försummas alltså.



# 5 Fallstudie

I detta kapitel beskrivs fallstudiens bakgrund samt dess utformning. Dessutom redovisas resultaten från fallstudien följt av en analys. Fallstudien utgör ett steg i processen för metodutvärderingen, nämligen använda metoden.

## 5.1 Bakgrund

En hamn och de sektorer som importerar och exporterar genom denna kan ses som ett system bestående av olika ekonomiska sektorer och infrastrukturer som är tätt kopplade genom deras fysiska utbyte av varor och tjänster. Det innebär att en störning på varuflöden genom en hamn kan orsaka förluster av tillgång och efterfrågan hos vissa sektorer, som sedan kan propagera bland andra inbördes beroende sektor (Pant et al., 2011).

Hamnar är essentiella för transport av varor till och från olika sektorerna i samhället. Det innebär att det är en kritisk infrastruktur då dess funktionalitet bidrar till att säkerhetsställa upprätthållandet av viktiga samhällsfunktioner. Samhällsfunktionerna den upprätthåller är speciellt handeln och transporter men beroende på vad som transporteras genom hamnen kan den i princip påverka alla samhällsfunktioner i samhället.

### 5.1.1 Göteborgs Hamn

Med ungefär 11 000 fartygsanlöp om året är Göteborgs Hamn Skandinavien största hamn och den enda hamnen i Sverige med tillräcklig kapacitet för att ta emot de allra största oceangående containerfartygen.

Hamnen har terminaler för containrar, roro, bilar, passagerare, olja och andra energiprodukter samt tjänster som logistik, lagring och transporter på järnväg. Vidare erbjuder hamnen trafik till 110 destinationer runt om i världen, däribland direktlinjer till bland annat USA, Indien och Australien. Göteborgs Hamn stärker därmed näringslivets konkurrenskraft genom att vara ett starkt godsnav med ett brett linjeutbud till viktiga import- och exportmarknader (Göteborgs hamn, 2012). Figur 5.1 visar både några av hamnens sjöfartsleder och dess järnvägssystem.

I detta arbete kommer en fallstudie på Göteborgs Hamn utföras för att undersöka om IT-IIM är en lämplig modell. I en studie över sysselsättning kopplad till Göteborgs hamn framgick det att det finns cirka 22 000 direkta och indirekta sysselsättningar i Göteborgs hamnkluster (Edman, 2012). Resultaten från studien visar på att Göteborgsområdet är beroende av verksamheten i hamnen.



Figur 5.1 visar Göteborgs Hamns järnvägssystem samt några av sjöfartslederna (Göteborgs Hamn, 2012)

Anledningen till att fallstudien utförs på Göteborgs Hamn är just det faktum att hamnen är mycket stor och att det därmed saknas alternativa hamnar som omedelbart kan motverka de uppkomna marknadsförlusterna, vilket är en av förutsättningarna för IT-IIM. Dessutom krävs en mer omfattande analys som utreder hela Sveriges beroende av verksamheten i Göteborgs Hamn.

## 5.2 Datahantering

Data samlades in från två källor, nämligen SCB och Göteborgs Hamn.

### 5.2.1 Data från SCB

Från SCB:s databas erhöles tillgångs- och användningsmatriserna, som beskriver svenska industrisektors produktion respektive konsumtion av olika artiklar för år 2010. För att kunna använda modellen har vissa modifikationer och antaganden gällande datauppgifterna gjorts.

IT-IIM kan inte användas om någon av raderna eller kolumnerna i någon av de två matriserna enbart innehåller nollor, dvs. om värdet av den totala konsumtionen och/eller produktionen av en viss artikel är noll eller om en industrisektors totala produktion och/eller konsumtion är noll. Därför har vissa sektorer och artiklar sällats bort medan andra har slagits samman till större enheter. Användnings- och tillgångsmatriserna innehåller vissa uppgifter om skatter och totalsummor, vilka inte användes i beräkningarna och därmed bortsågs från.

Tillgångsmatrisen är presenterad i så kallade basic prices medan användarmatrisen presenteras i purchaser's prices. Skillnaden mellan de två sätten att presentera informationen är kopplad till skatter och andra avgifter. För att kunna jämföra informationen i de två matriserna konverterades värdena i tillgångsmatrisen från basic prices till purchaser's prices.

SCB:s statistik redovisar enbart import och export av olika artiklar medan modellen kräver import och export för olika sektorer. För att erhålla dessa uppgifter antas att import av en viss artikel till en viss sektor är proportionell mot sektorns konsumtion av artikeln i fråga. Dessutom antas att export av en viss artikel från en viss sektor är proportionell mot sektorns produktion av den specifika artikeln.

Vidare uppfyller datauppgifterna från SCB vare sig ekv. (33) eller ekv. (34) i Bilaga A. Normaliseringen av tillgångs- och användarmatrisen har därmed inte utförts på det sätt som beskrivs i Bilaga A. Istället har båda matriserna normaliserats med uppgifter från tillgångsmatrisen.

### 5.2.2 Data om Göteborgs Hamn

Göteborgs Hamn mäter inte sitt flöde i ekonomiska värden utan deras underlag är baserat på antal och ton. Hamnen har inte heller någon utförlig information kring vilka godstyper som egentligen transporteras in och ut från Sverige via Göteborgs Hamn.

Göteborgs Hamn har utfört en varuvärdeanalys där varuvärden har uppskattats för volymerna genom hamnen på ett övergripande och grovt sätt. Denna analys är inte kvalitetssäkrad och kan ses som en grov första skattning. Studien visar att Göteborgs Hamns varuandel av import och export är 22 % av Sveriges totala varuandel. Vidare har studien gjort uppskattningar om några av de större flödenas värden. Dessa flöden är flytande bulk av råolja, bensin, diesel, tjock olja och övrigt, fordon samt papper. Dessa tre flöden antas kunna tilldelas sektorerna tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter, tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar respektive pappers- och pappersvarutillverkning.



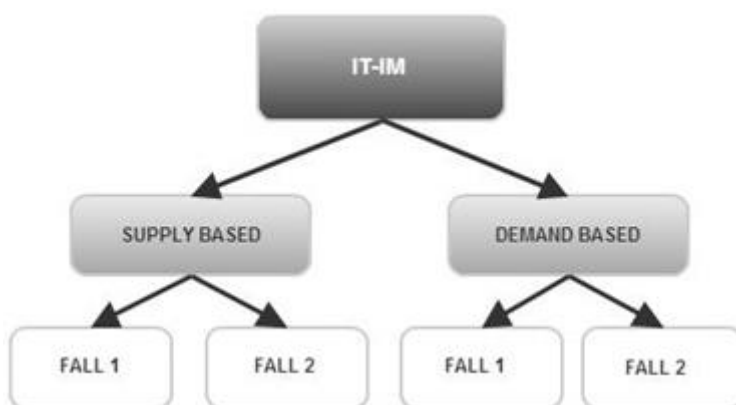
Vidare har Göteborgs Hamn gjort en analys beträffande vad de bedömer finns i containrarna som fraktas genom hamnen. Detta är baserat på hela Sverige där marknadsandelen för Göteborg är 60 %. Endast en liten del av godsflödet skickas med containrar och därmed har inte dessa datauppgifter använts i samband med analysen.

Tullverket tar emot uppgifter från de företag och privatpersoner som exporterar varor från Sverige till länder utanför EU och importerar varor till Sverige från länder utanför EU. Dessa uppgifter lämnas i form av tulldeklarationer. Tullverket lämnar därefter dessa uppgifter till Statistiska Centralbyrån. Importer och exporter från andra EU-länder lämnar företag direkt till SCB. Författarna har kontaktat såväl Tullverket som SCB och frågat om att de insamlat data om det totala godsflödet via enskilda hamnar men tyvärr saknar båda denna information. Hos SCB finns endast uppgifter om den totala importen och exporten.

### 5.3 Scenario

För att kunna genomföra en utförlig analys på Göteborgs Hamn utifrån IT-IIM och befintlig data kommer flera scenarier och flera analyser utföras.

Som tidigare beskrivits så används i IT-IIM två olika typer av fall där Fall 1 antar att samtliga importörer användas av inhemska industrier som intermediära gods medan Fall 2 antar att samtliga importörer går direkt till slutkonsumtion. De två fallen kommer inte att utgöra någon grund för analysen utan kommer enbart användas som ett spann som indikerar osäkerheten för den beräknade inoperabiliteten och den ekonomiska förlusten. Originalvarianten av IT-IIM är endast demand-baserad men den går också använda som supply-baserad genom några enkla förändringar, som presenterades i ekv. (12) i avsnitt 3.2.3 International trade inoperability input-output-modell. I figur 5.2 illustreras vilka olika fall som kommer att analyseras i denna fallstudie.



Figur 5.2 visar vilka olika fall som kommer att analyseras i denna fallstudie.

Då IT-IIM är en linjär modell kommer endast en störningsstorlek användas. Störningen kommer vara ett totalt stopp på Göteborgs Hamn. Eftersom IT-IIM är en linjär modell kan den totala ekonomiska förlusten för ett fall med en störning där godsflödet genom Göteborgs Hamn halveras enkelt erhållas genom att multiplicera den totala ekonomiska förlusten vid totalstopp med 0.5. Detsamma gäller för alla andra störningsstorlekar. Två olika analyser kommer att utföras. Dessa förklaras kort nedan.

### **5.3.1 Analys 1**

Först kommer en grovanalys utföras då alla sektorer antas ha 22 % av sin import och export genom Göteborgs Hamn. Detta väljs då Göteborgs Hamns varuandel av importen och exporten är 22 % av Sveriges totala varuandel.

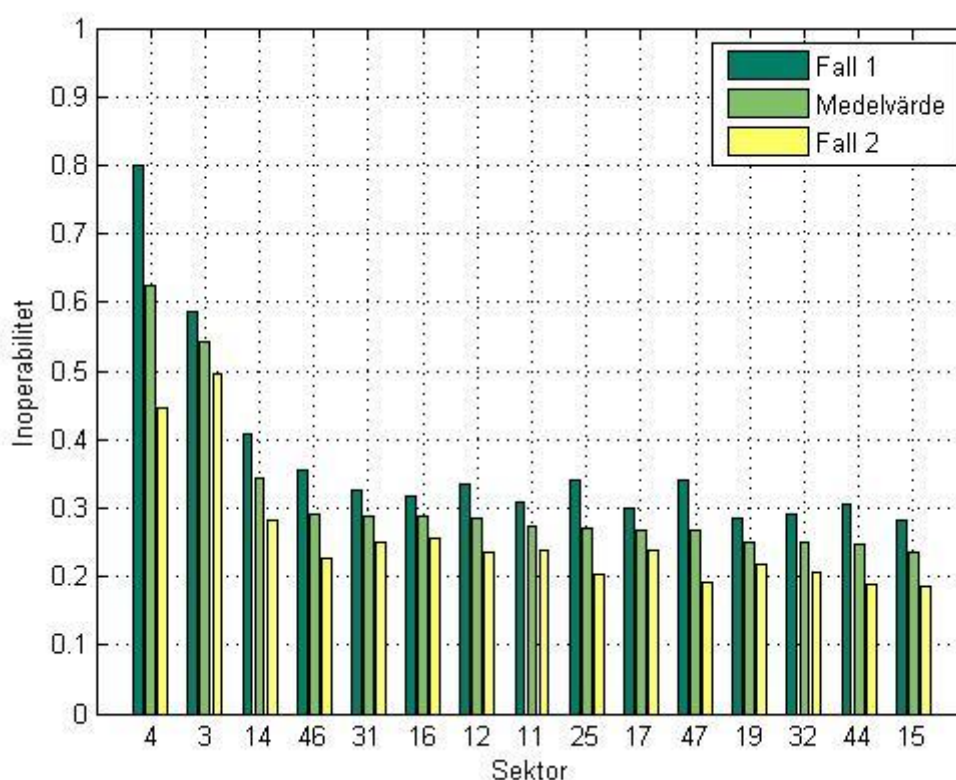
### **5.3.2 Analys 2**

Därefter kommer en noggrannare analys utföras med de uppskattningar som gjorts av Göteborgs Hamns studie för de tre flödena flytande bulk av råolja, bensin, diesel, tjock olja och övrigt, fordon samt papper. Resterande flöden tilldelas ett schablonvärde så att den totala importen och exporten uppgår till samma värde som i Analys 1.

## **5.4 Resultat**

I avsnitten nedan visas resultatet från de olika analyserna. Resultaten är framtagna med hjälp av MATLAB® och består av inoperabilitet och ekonomisk förlust för olika sektorer samt sammanlagd ekonomisk förlust för Sverige. Programmeringskoden redovisas i Bilaga B – MATLAB®-koden. Trots att resultaten utgår för ett totalstopp i Göteborgs Hamns verksamhet kan de användas för att beräkna inoperabilitet och ekonomisk förlust även vid stopp av lägre grader, eftersom IT-IIM är en linjär modell. För en komplett lista av de olika sektorerna som använts i analysen, se Bilaga C – Sektorer. För fullständiga resultat, se Bilaga D – Fullständiga resultat.

### 5.4.1 Demand-baserad IT-IIM för Analys 1 – Inoperabilitet



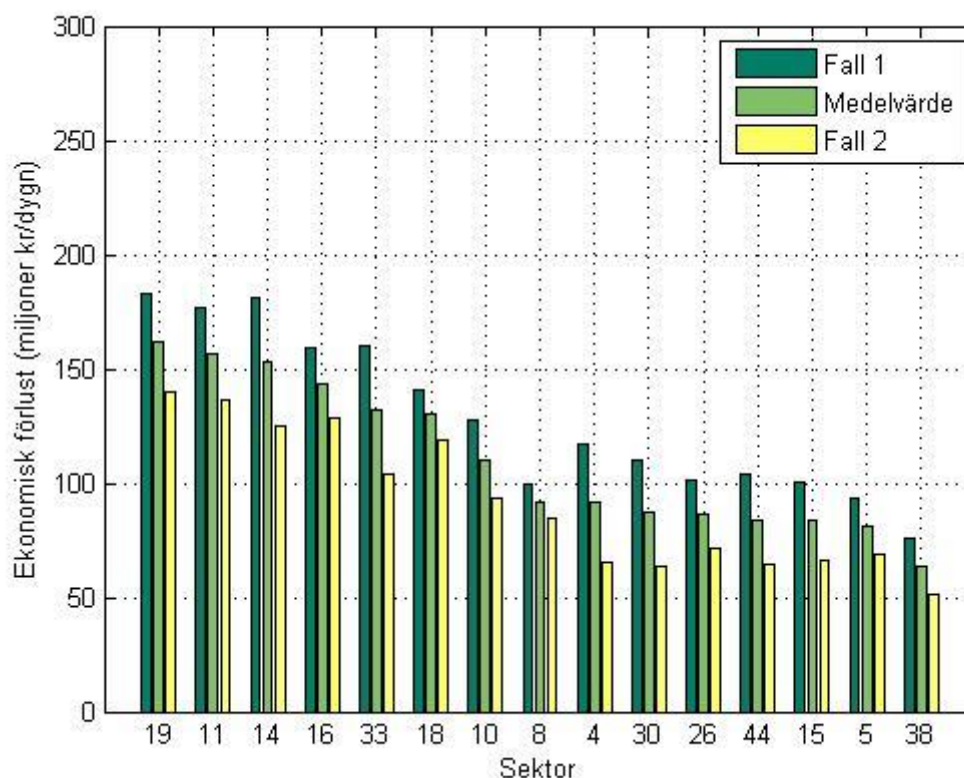
Figur 5.3 Inoperabilitet utifrån den demand-baserade IT-IIM. Visar topp 15.

Figuren ovan visar att sektor 4, sektor 3 samt sektor 14 är de tre sektorer som har högst inoperabilitet utifrån en demand-baserad IT-IIM. Medelvärdet av inoperabiliteten för de tre sektorerna är 0,62, 0,54 respektive 0,34. I tabell 5.1 nedan listas samtliga sektorer vars inoperabilitet redovisas i figur 5.3.

Tabell 5.1 visar de sektorer som är i Figur 5.3 ovan.

Nr	Sektor
3	Fiske och vattenbruk
4	Utvinning av mineral
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
12	Tillverkning av gummi- och plastvaror
14	Stål- och metallframställning
15	Tillverkning av metallvaror utom maskiner och apparater
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
17	Tillverkning av elapparatur
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
25	Avfallshantering; återvinning
31	Sjötransport
32	Lufttransport
44	Juridisk och ekonomisk verksamhet, verksamheter som utövas av huvudkontor samt konsulttjänster
46	Forskning och utveckling
47	Reklam och marknadsundersökning

## 5.4.2 Demand-baserad IT-IIM för Analys 1 – Ekonomisk förlust



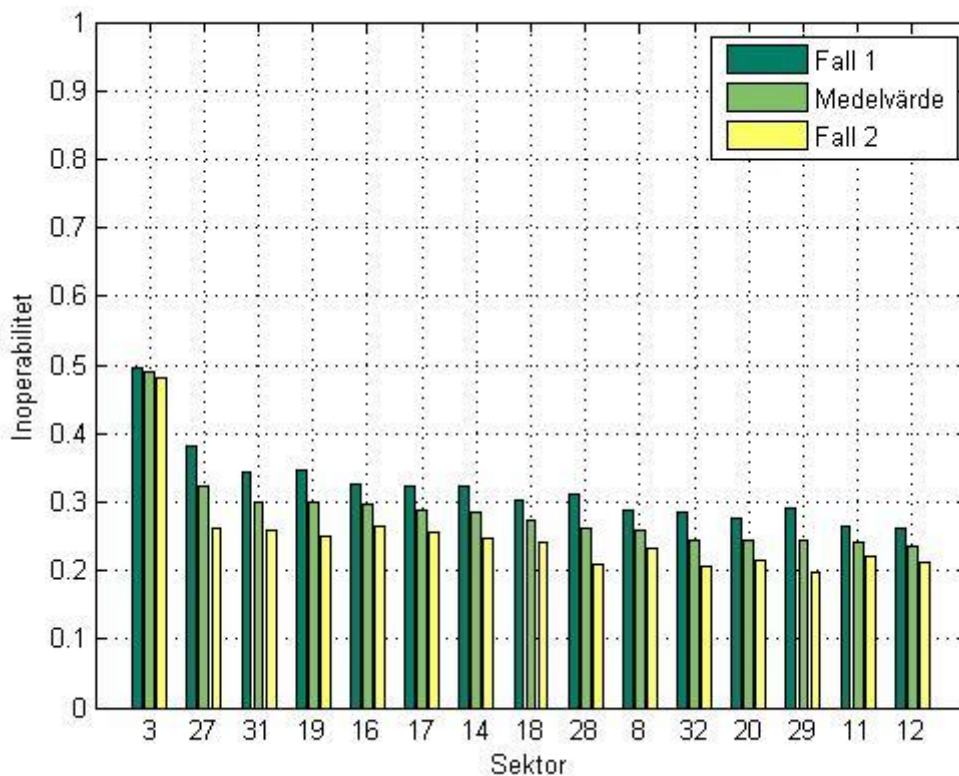
Figur 5.4 Ekonomisk förlust utifrån den demand-baserade IT-IIM i samband med totalstopp. Visar topp 15.

Figuren ovan visar att sektor 19, sektor 11 samt sektor 14 är de tre sektorer som har högst ekonomisk förlust utifrån en demand-baserad IT-IIM. Medelvärdet av den ekonomiska förlusten för de nämnda sektorerna är 162, 156 respektive 153 miljoner kr/dygn. I tabell 5.2 listas samtliga sektorer vars ekonomiska förlust redovisas i figur 5.4.

Tabell 5.2 visar de sektorer som är i figur 5.4 ovan.

Nr	Sektor
4	Utvinning av mineral
5	Livsmedels- och dryckesvaruframställning samt tobaksvarutillverkning
8	Pappers- och pappersvarutillverkning
10	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
14	Stål- och metallframställning
15	Tillverkning av metallvaror utom maskiner och apparater
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
18	Tillverkning av övriga maskiner
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
26	Byggande av hus
30	Landtransport; transport i rörsystem
33	Magasinering och stödtjänster till transport
38	Dataprogrammering, datakonsultverksamhet o.d.
44	Juridisk och ekonomisk verksamhet, verksamheter som utövas av huvudkontor samt konsulttjänster

### 5.4.3 Supply-baserad IT-IIM för Analys 1 – Inoperabilitet



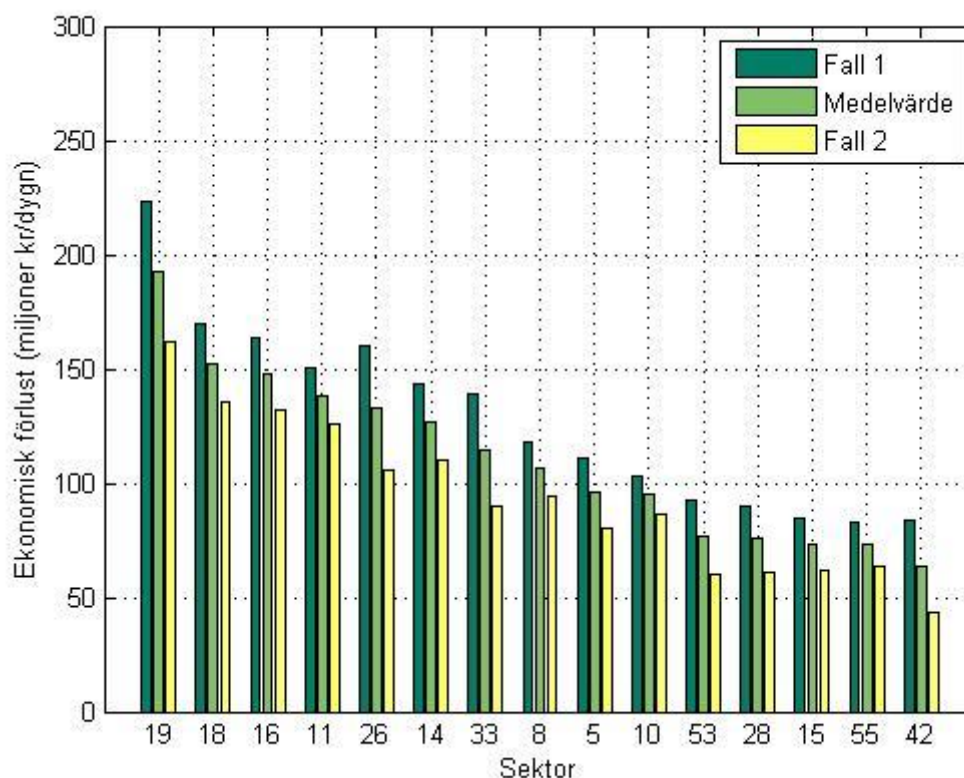
Figur 5.5 Inoperabilitet utifrån den supply-baserade IT-IIM. Visar topp 15.

Figuren ovan visar att sektor 3, sektor 27 samt sektor 31 är de tre sektorer som har högst inoperabilitet utifrån en supply-baserad IT-IIM. Medelvärdet av inoperabiliteten för de tre sektorerna är 0,49, 0,32 respektive 0,30. I tabell 5.3 listas samtliga sektorer vars inoperabilitet redovisas i figur 5.5.

Tabell 5.3 visar de sektorer som är i Figur 5.5 ovan.

Nr	Sektor
3	Fiske och vattenbruk
8	Pappers- och pappersvarutillverkning
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
12	Tillverkning av gummi- och plastvaror
14	Stål- och metallframställning
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
17	Tillverkning av elapparatur
18	Tillverkning av övriga maskiner
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
20	Tillverkning av andra transportmedel
27	Handel med samt service av motorfordon och motorcyklar
28	Parti- och provisionshandel utom med motorfordon
29	Detaljhandel utom med motorfordon
31	Sjötransport
32	Lufttransport

## 5.4.4 Supply-baserad IT-IIM för Analys 1 – Ekonomisk förlust



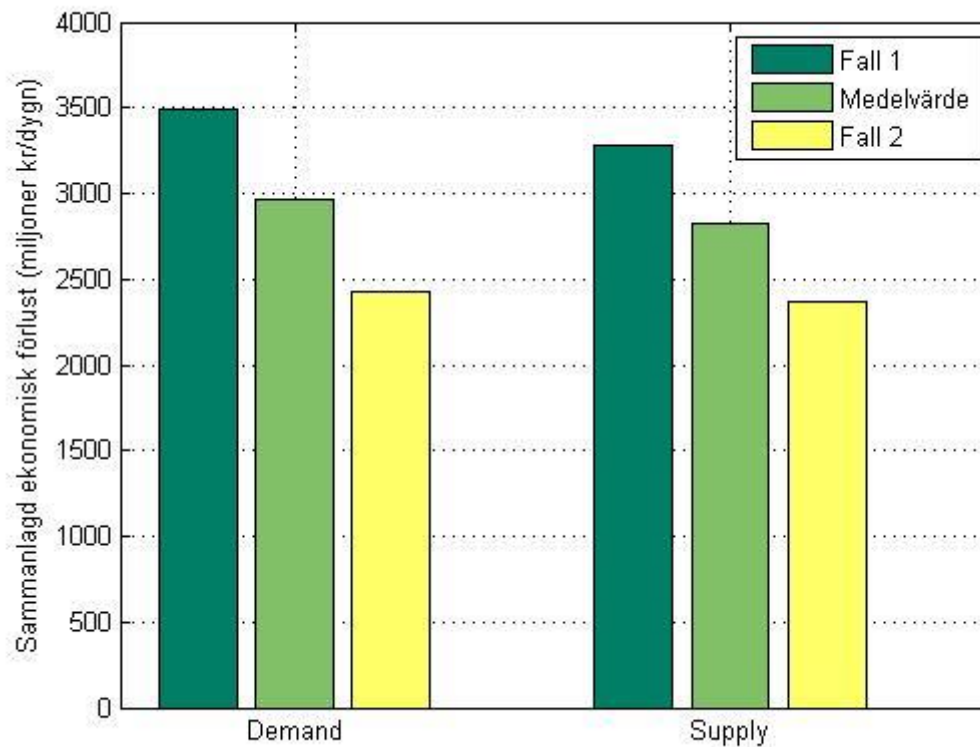
Figur 5.6 Ekonomisk förlust utifrån den supply-baserade IT-IIM i samband med totalstopp. Visar topp 15.

Figuren ovan visar att sektor 19, sektor 18 samt sektor 16 är de tre sektorer som drabbas av störst ekonomisk förlust utifrån en supply-baserad IT-IIM. Medelvärdet av förlusten är 193, 153 respektive 148 miljoner kr/dygn. I tabell 5.4 listas samtliga sektorer vars ekonomiska förlust redovisas i figur 5.6.

Tabell 5.4 visar de sektorer som är i Figur 5.6 ovan.

Nr	Sektor
5	Livsmedels- och dryckesvarufremställning samt tobaksvarutillverkning
8	Pappers- och pappersvarutillverkning
10	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
14	Stål- och metallframställning
15	Tillverkning av metallvaror utom maskiner och apparater
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
17	Tillverkning av elapparatur
18	Tillverkning av övriga maskiner
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
26	Byggnad av hus
28	Parti- och provisionshandel utom med motorfordon
33	Magasinering och stödtjänster till transport
53	Offentlig förvaltning och försvar; obligatorisk socialförsäkring
55	Hälso- och sjukvård

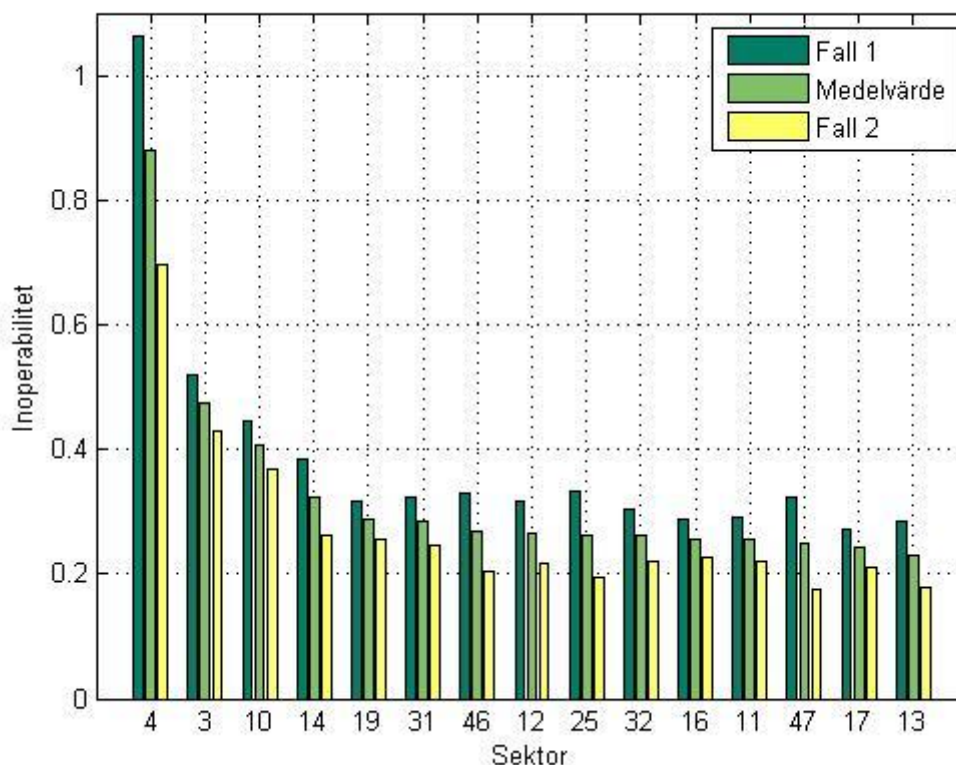
### 5.4.5 Sammanlagd ekonomisk förlust av Analys 1



Figur 5.7. Sammanlagd ekonomisk förlust i samband med totalstopp.

Figuren ovan visar att den sammanlagda ekonomiska förlusten för samtliga svenska sektorer i samband med ett totalstopp på Göteborgs Hamn är något högre vid för den demand-baserade IT-IIM än den supply-baserade varianten. Medelvärdet av den sammanlagda förlusten är knappt 3 miljarder kr/dygn utifrån ett demand-perspektiv och ungefär 0,1 miljarder kr/dygn lägre utifrån ett supply-perspektiv.

## 5.4.6 Demand-baserad IT-IIM av Analys 2 – Inoperabilitet



Figur 5.8 Inoperabilitet utifrån den demand-baserade IT-IIM. Visar topp 15.

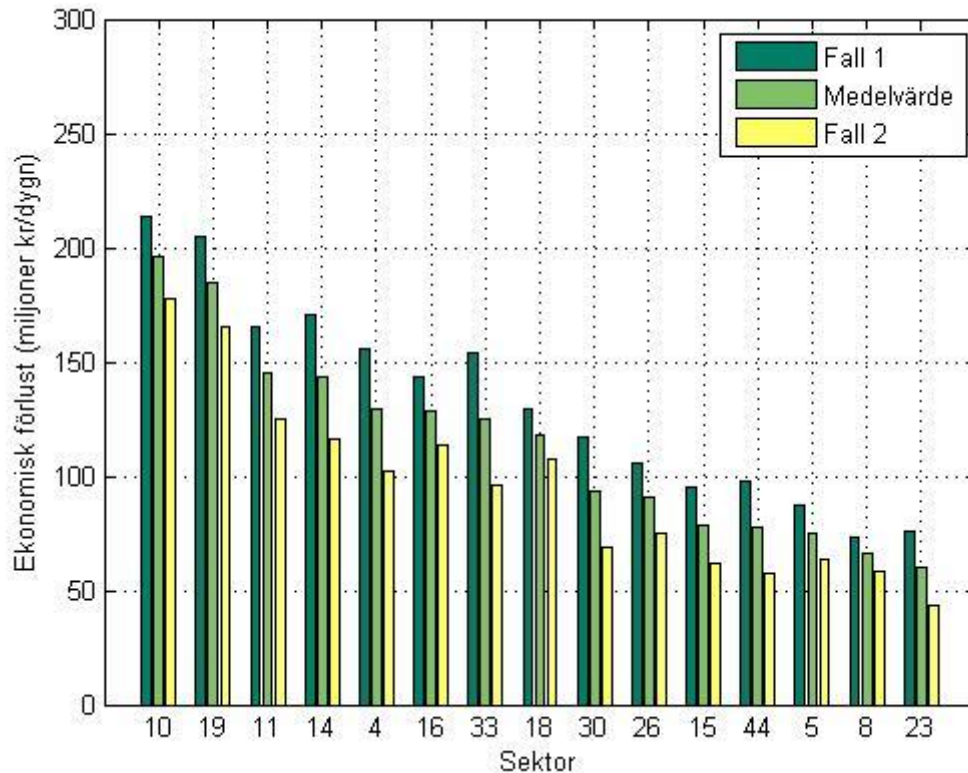
Figuren ovan visar att sektor 4, sektor 3 samt sektor 10 är de tre sektorer som har högst inoperabilitet utifrån en demand-baserad IT-IIM. Medelvärdet av inoperabiliteten för de tre sektorerna är 0,88, 0,47 respektive 0,41. Inoperabiliteten för sektor 4 Fall 1 överskrider 1,0 trots att det per definition är omöjligt. Detta diskuteras i avsnitt 5.6.1 Felkällor. I tabell 5.5 listas samtliga sektorer vars inoperabilitet redovisas i figur 5.8.

Tabell 5.5 visar de sektorer som är i Figur 5.8 ovan.

Nr	Sektor
3	Fiske och vattenbruk
4	Utvinning av mineral
10	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
12	Tillverkning av gummi- och plastvaror
13	Tillverkning av icke-metalliska mineraliska produkter
14	Stål- och metallframställning
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
17	Tillverkning av elapparatur
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
25	Avfallshantering; återvinning
31	Sjötransport
32	Lufttransport
46	Forskning och utveckling
47	Reklam och marknadsundersökning



### 5.4.7 Demand-baserad IT-IIM av Analys 2 – Ekonomisk förlust



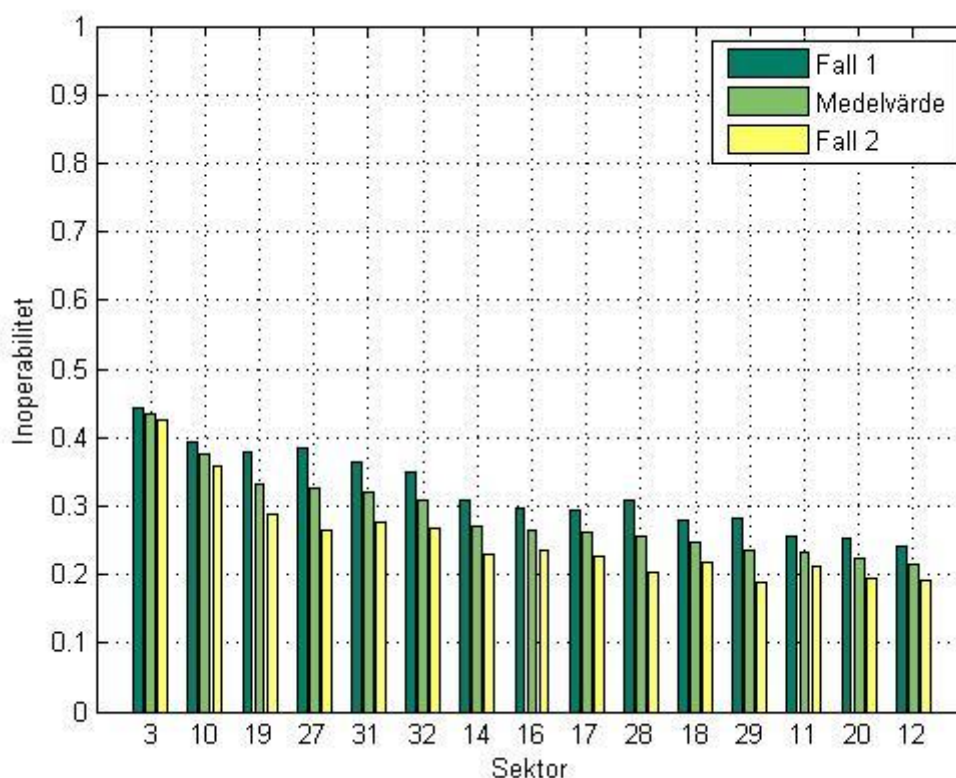
Figur 5.9 Ekonomisk förlust utifrån den demand-baserade IT-IIM i samband med totalstopp. Visar topp 15.

Figuren ovan visar att sektor 10, sektor 19, samt sektor 11 är de tre sektorer som drabbas av störst ekonomisk förlust utifrån en demand-baserad IT-IIM. Medelvärdet av förlusten är 196, 185 respektive 145 miljoner kr/dygn. I tabell 5.6 listas samtliga sektorer vars ekonomiska förlust redovisas i figur 5.9.

Tabell 5.6 visar de sektorer som är i Figur 5.9 ovan

Nr	Sektor
4	Utvinning av mineral
5	Livsmedels- och dryckesvaruframställning samt tobaksvarutillverkning
8	Pappers- och pappersvarutillverkning
10	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
14	Stål- och metallframställning
15	Tillverkning av metallvaror utom maskiner och apparater
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
18	Tillverkning av övriga maskiner
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
23	Försörjning av el, gas, värme och kyla
26	Byggnad av hus
30	Landtransport; transport i rörsystem
33	Magasinering och stödtjänster till transport
44	Juridisk och ekonomisk verksamhet, verksamheter som utövas av huvudkontor samt konsulttjänster

## 5.4.8 Supply-baserad IT-IIM av Analys 2 – Inoperabilitet



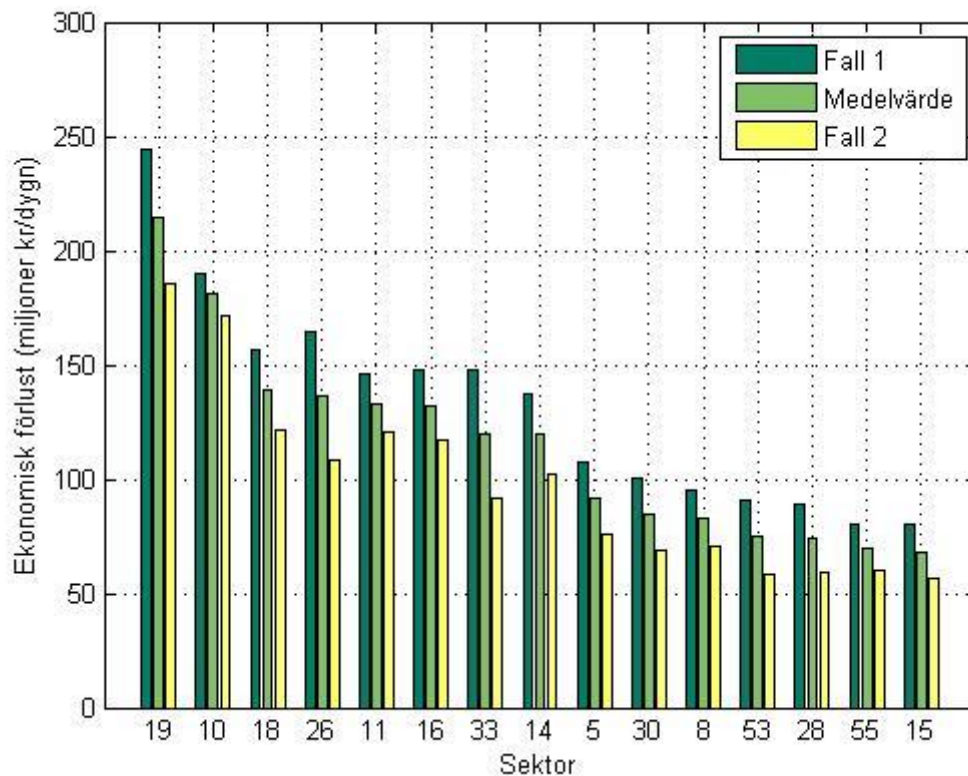
Figur 5.10 Inoperabilitet utifrån den supply-baserade IT-IIM. Visar topp 15.

Figuren ovan visar att sektor 3, sektor 10 samt sektor 19 är de tre sektorer som har högst inoperabilitet utifrån en supply-baserad IT-IIM. Medelvärdet av inoperabiliteten för de tre sektorerna är 0,43, 0,38 respektive 0,33. I tabell 5.7 listas samtliga sektorer vars inoperabilitet redovisas i figur 5.10.

Tabell 5.7 visar de sektorer som är i Figur 5.10 ovan.

Nr	Sektor
3	Fiske och vattenbruk
10	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
12	Tillverkning av gummi- och plastvaror
14	Stål- och metallframställning
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
17	Tillverkning av elapparatur
18	Tillverkning av övriga maskiner
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
20	Tillverkning av andra transportmedel
27	Handel med samt service av motorfordon och motorcyklar
28	Parti- och provisionshandel utom med motorfordon
29	Detaljhandel utom med motorfordon
31	Sjötransport
32	Lufttransport

### 5.4.9 Supply-baserad IT-IIM av Analys 2 – Ekonomisk förlust



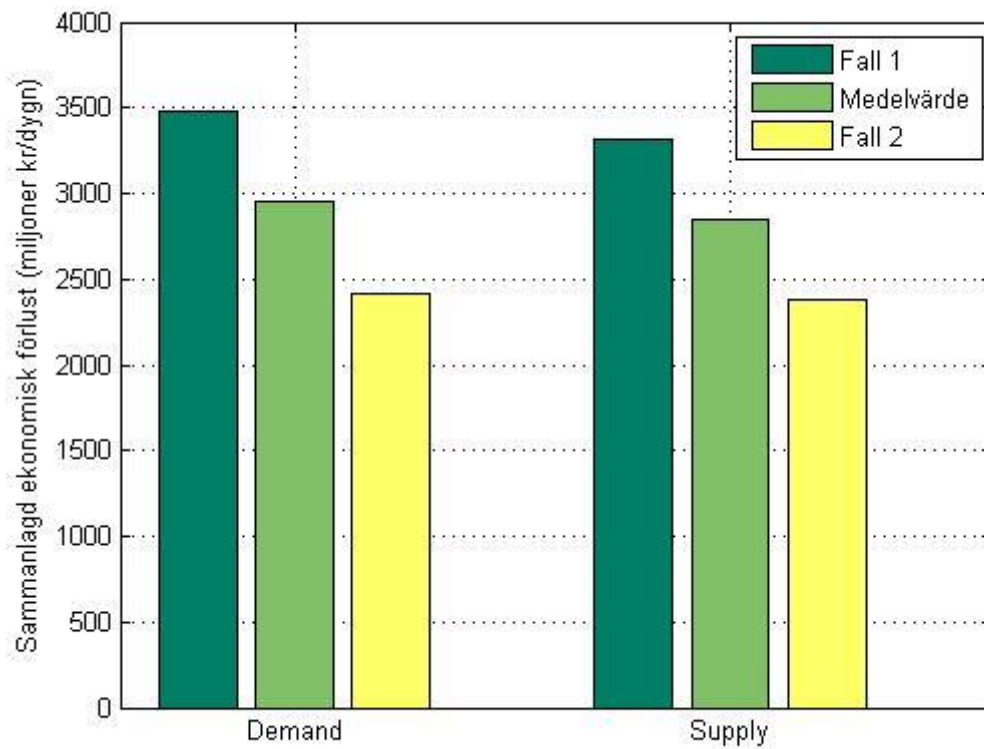
Figur 5.11 Ekonomisk förlust utifrån den supply-baserade IT-IIM i samband med totalstopp. Visar topp 15.

Figuren ovan visar att sektor 19, sektor 10 samt sektor 18 är de tre sektorer som drabbas av störst ekonomisk förlust utifrån en supply-baserad IT-IIM. Medelvärdet av förlusten är 215, 181 respektive 139 miljoner kr/dygn. I tabell 5.8 listas samtliga sektorer vars ekonomiska förlust redovisas i figur 5.11.

Tabell 5.8 visar de sektorer som är i Figur 5.11 ovan.

Nr	Sektor
5	Livsmedels- och dryckesvarufremställning samt tobaksvarutillverkning
8	Pappers- och pappersvarutillverkning
10	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter
11	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
14	Stål- och metallframställning
15	Tillverkning av metallvaror utom maskiner och apparater
16	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
18	Tillverkning av övriga maskiner
19	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
26	Byggnad av hus
28	Parti- och provisionshandel utom med motorfordon
30	Landtransport; transport i rörsystem
33	Magasinering och stödtjänster till transport
53	Offentlig förvaltning och försvar; obligatorisk socialförsäkring
55	Hälsa- och sjukvård

### 5.4.10 Total ekonomisk förlust för Analys 2



Figur 5.12 Sammanlagd ekonomisk förlust i samband med totalstopp.

Figuren ovan visar att den sammanlagda ekonomiska förlusten för samtliga svenska sektorer i samband med ett totalstopp på Göteborgs Hamn återigen är något högre för den demand-baserade IT-IIM än den supply-baserade varianten. Medelvärdet av den sammanlagda förlusten är knappt 3 miljarder kr/dygn utifrån ett demand-perspektiv och 0,1 miljarder kr/dygn lägre utifrån ett supply-perspektiv.

## 5.6 Analys

Resultatet visar att en störning i godsflödet genom Göteborgs Hamn genererar störningar i svenska ekonomiska sektorer. Hur stor inoperabilitet och den ekonomiska förlusten blir för de olika sektorerna beror på vilket scenario och fall som använts.

Resultaten visar att det finns ett antal sektorer som är speciellt sårbara för störningar i verksamheten i Göteborgs Hamn. De sektorer som generellt uppvisar hög inoperabilitet är speciellt tillverkningssektorer som bland annat stål- och metallframställning, fiske och vattenbruk, tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar samt tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter. Anledningen till att de här sektorerna är sårbara för eventuella störningar är att de är starkt kopplade till antingen direkta eller indirekta import och/eller export som sker via Göteborgs Hamn. Några av de identifierade sektorerna utgör även en del av samhällsviktiga verksamheter och/eller kritisk infrastruktur enligt definitionen från MSB (2011). Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar utgör exempelvis en del av funktionerna handel och industri samt transporter medan tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter utgör en del av funktionen energiförsörjning och transporter.

Vissa sektorer är däremot robusta mot störningar i hamnens verksamhet. Exempel på sektorer som generellt uppvisar låg inoperabilitet är sociala tjänster, utbildning samt hälso- och sjukvård. Även bland de sektorer som har identifierats som robusta finns de som utgör en del av samhällsviktig verksamhet och/eller kritisk infrastruktur enligt definitionen från MSB (2011). Hälso- och sjukvård utgör exempelvis en del av funktionen hälso- och sjukvård samt omsorg. Trots att resultaten tyder på en robusthet hos vissa sektorer bör man inte dra slutsatsen att dessa sektorer fortsätter att fungera utan problem oavsett störningens orsak. Grundar sig störningen i ett common cause failure, exempelvis en pandemi som påverkar arbetsstyrkan i Göteborgs Hamn så att hamnen måste stoppa godsflödet, är det orimligt att anta att samma orsak inte kommer att påverka arbetsstyrkan i sektorerna sociala tjänster och utbildning.

Vidare visar resultaten att de sektorer som drabbas av störst ekonomisk förlust bland annat är tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar, tillverkning av kemikalier och kemiska produkter, stål- och metallframställning samt tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik. Även dessa sektorer är tillverkningssektorer. Trots att några av dessa sektorer inte uppvisar hög inoperabilitet så är den ekonomiska förlusten omfattande i förhållande till övriga sektorer eftersom värdet av deras totala produktion är stor. Då den ekonomiska förlusten beror på såväl inoperabiliteten som värdet av den totala produktionen så är det dessa två faktorer som styr huruvida förlusten blir omfattande eller ej. Exempelvis så visar sektorn utvinning av mineral i resultaten från den demand-baserade IT-IIM den största inoperabiliteten men den ekonomiska förlusten är däremot inte en av de största. Det beror alltså på att sektorns totala produktion inte uppgår till ett jämförelsevis stort värde.

Skillnader mellan Analys 1 och Analys 2 är bland annat att resultaten för de sektorer vilka det fanns mer detaljerad information påverkades. Resultaten för övriga sektorer påverkas därmed också. Inoperabiliteten och den ekonomiska förlusten för såväl tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter som tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar ökar i Analys 2 jämfört med i Analys 1. Det här beror på att uppgifterna från Göteborgs Hamn, som används i Analys 2, visar att importen/exporten av produkter till dessa sektorer är större än 22 %,

vilket är antagandet i Analys 1. Det motsatta förhållandet gäller för sektorn pappers- och pappersvarutillverkning.

Överlag är sektorerna i Sverige lika känsliga för störningar på efterfrågan som störningar på leveranspotentialen, eftersom resultaten från de två varianterna av IT-IIM i stora drag inte uppvisar några stora skillnader. Resultaten uppvisar dock vissa skillnader som att till exempel sektorn utvinning av mineral har en inoperabilitet som är 4-6 gånger större utifrån ett demand-perspektiv än utifrån ett supply-perspektiv. Det kan bero på att den här sektorn är mer känslig för störningar på efterfrågan än störningar på leveranspotentialen. Sektorer som uppvisar liknande resultat kan tänkas vara mer beroende av import via hamnen än export via hamnen. En anledning till detta kan vara att dessa sektorer säljer den största delen av sina produkter inrikes medan sektorernas produktion är beroende av artiklar som transporteras via Göteborgs Hamn från utlandet.

Den totala ekonomiska förlusten är av samma karaktär oavsett om resultaten hämtas från demand- eller supply-baserad IT-IIM eller från Analys 1 eller Analys 2. Förlusten uppgår till knappt 3 miljarder kr/dygn, vilket utgör drygt 15 % av den svenska dygnsproduktionen. De här resultaten visar att Göteborgs Hamn har stor betydelse för hela det svenska näringslivet och att näringslivet därmed är sårbart för störningar i hamnens verksamhet. Hamnen är en resurs som enligt MSB:s definition bör ses som en samhällsviktig verksamhet. Hamnen fungerar dessutom som stödfunktion till andra samhällsviktiga verksamheter och kan därmed ses som en kritisk infrastruktur. Följaktligen bör säkerheten för Göteborgs Hamn och upprätthållandet av denna ses som en nationell angelägenhet.

### **5.6.1 Felkällor**

Trots att inoperabiliteten per definition antar värden mellan 0 och 1 så överskrids värdet 1 på inoperabiliteten för sektorn utvinning av mineral vid en av analyserna. Det här kan vara orsakat av flertalet faktorer men en rimlig motivering är att den kompletterande data som har använts från Göteborgs Hamn dessvärre inte är från samma år som de datauppgifterna som har samlats från SCB. Det kan också bero på att enheterna i vilka Göteborgs Hamn respektive SCB presenterar sina datauppgifter inte är fullständigt kompatibla.

Ytterligare en felkälla är att modellen inte tar hänsyn till transporter av inhemskt producerade varor till andra svenska hamnar via Göteborgs Hamn. Även om hamnen skickar inhemskt producerade varor till andra svenska hamnar så har övriga svenska hamnar betydligt mindre godsflöde än Göteborgs Hamn. Det kan därmed antas vara rimligt att de godsflöden som går från Göteborgs Hamn till övriga svenska hamnar inte är stora och borde inte påverka resultatet nämnvärt.

Modellen tar inte heller hänsyn till transporter av varor från utlandet till andra destinationer i utlandet. Den här mängden varor kan antas utgöra en högre andel än den ovan nämnda eftersom Göteborgs Hamn är regionens största hamn. Det är därmed sannolikt att vissa varor från utlandet lastas om till mindre fartyg som kan tas emot av de närliggande mindre hamnarna utomlands. Det saknas information om den här typen av godsflöden men den antas inte utgöra en betydande del av det totala godsflödet.

# 6 Validering

---

*Detta kapitel beskriver hur urvalet i samband med valideringen genomfördes samt resultat och analys av valideringen. Valideringen är tämligen grov men görs för att få en uppskattning huruvida en aktör i en särskild sektor påverkas mycket eller lite. Valideringen utgör ett steg i processen för metodutvärdering, nämligen utvärdera metoden.*

## 6.1 Urvalet

Idealt är att kunna validera resultaten med företrädare för samtliga aktörer inom en sektor. Möjligheterna för en sådan validering anses näst intill obefintliga. Därmed har ett urval av aktörer utförts. Urvalet av aktörer gjordes i två steg.

Till en början söks aktörer som utgör en stor del av en sektor. Då kan det antas att dessa aktörers inoperabilitet ungefär motsvaras av den totala sektorns inoperabilitet. Information om vilka aktörer som utgör stora andelar av sektorer försöktes få fram genom SCB men den informationen är sekretessbelagd. Därför tvingas ett antagande göras över vilka aktörer som kan anses utgöra en stor del av en sektor och som speciellt använder sig av Göteborgs Hamn vid sina import och export. Exempel på en sådan aktör är AB Volvo, som är en viktig aktör inom sektor tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar. Volvos verksamhet har dessutom ett geografiskt läge nära Göteborgs Hamn, varför det är rimligt att anta att Volvo använder hamnen för en stor del av sina import och export.

Det andra urvalet gjordes genom att välja ut sektorer där de importerade/exporterade varorna anses vara förhållandevis homogena. Det kan därmed antas att varje aktör i sektorn borde ha ungefär samma inoperabilitet. Exempelvis kan det antas att verksamheter inom textilvarusektorn behöver bomull, polyester och dylikt samt producerar mer eller mindre förädlade textilier av liknande karaktär. Detta är till skillnad mot sektorn övriga maskiner som kan antas vara betydligt mer inhomogen eftersom verksamheter som verkar inom sektorn kan tänkas ha en större variation i varor som importeras/exporteras. Det känns mer rimligt att anta att inoperabiliteten för homogena sektorer motsvaras av inoperabiliteten av samtliga aktörer än att det samma gäller för inhomogena sektorer. Svenskt Stål AB är ett exempel på en aktör som tillhör en sektor, nämligen stål- och metallframställning, inom vilken importerade och exporterade varor från olika aktörer kan anses vara homogena.

Den intervjuguide som använts under intervjuerna kan ses i Bilaga E – Intervjusamt den bakgrundsinformation som de intervjuade fick ta del av.

## 6.2 Resultat av validering

Intervjuer med tre aktörer, nämligen Green Cargo, St1 samt Volvo, genomfördes. Sammanlagt deltog fem personer i intervjuerna. Ett större antal aktörer kontaktades för att delta i intervjustudien men till följd av tidsbrist hos såväl författarna som aktörerna kunde slutligen tre intervjuer genomföras. Resultaten från intervjuerna redovisas nedan.

### 6.2.1 Green Cargo

Green Cargo är ett logistikföretag som kör godstransporter med tåg in- och utrikes. Green Cargo hamnar därmed under sektor 30, landtransport; transport i rörsystem. Intervjun genomfördes med Inger Eriksson och Thomas Stumsner som båda arbetar med strategisk planering av tåg för Green Cargo.

Green Cargo arbetar med volym- samt massenheter och representanterna har därmed inte någon bra uppfattning om värdet av transporterna. Däremot kan de stora transportlederna anses transportera gods av liknande karaktär och det kan därmed antas att också värdet för transporterna via dessa leder är ungefär detsamma. Under intervjun framgick det att Göteborgs Hamn är ett viktigt transportnav för verksamheten, trots att majoriteten av transporterna inte går via hamnen. I samband med ett totalstopp i godsflödet genom Göteborgs Hamn väntas Green Cargo utsättas för såväl ekonomisk förlust som problem med att upprätthålla en viss del av sin verksamhet.

I samband med stormen Gudrun stoppades godsflödet på Södra stambanan, som är en av de viktigaste transportlederna för Green Cargo. Eriksson och Stumsner menar att ett stopp i godsflödet genom Göteborgs Hamn inte är av samma allvarlighetsgrad. Ännu allvarligare än att godsflödet via Södra stambanan stoppas är att godsflödet stoppas på flera viktiga transportleder samtidigt.

Green Cargo ansvarar enbart för att gods transporteras till och från Göteborgs Hamn. Möjligheterna för omdirigering av godstransporter i samband med ett driftstopp i hamnens verksamhet är därmed inte Green Cargos ansvar utan det ansvaret ligger på kunden eller rederiet. Slutsatsen är att möjligheterna till att lägga in åtgärder blir svåra att kommentera.

Eriksson och Stumsner menar att modellens linjäritet är rimlig, trots att de förväntar sig aningen större förluster vid stora störningar än de som linjäriteten innebär.

### 6.2.2 St1

Energiföretaget St1s affär omfattar hela kedjan från raffinering av råolja till försäljning av drivmedel till slutkund. Verksamheten hamnar därmed under sektor 10, tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter. Intervjun genomfördes med Karin Jansson, produktionsplanerings- och varuförsörjningschef.

Jansson berättar att i princip all import och export av St1s varor sker via Göteborgs Hamn. Hon bekräftar därmed att St1s verksamhet är mycket beroende av hamnens funktion. I samband med ett stopp i hamnens verksamhet finns inga alternativa möjligheter för St1 att få in råolja. Eftersom företaget har ett visst lager av råolja kan produktionen fortsätta i normal takt under en tid. Den här tiden är beroende av lagrets status i samband med stoppet. Pågår stoppet i en veckas tid krävs nedskärningar i produktionen för att förhindra ett totalt produktionsstopp. Varar stoppet ytterligare några dagar måste produktionen avvecklas. Först efter det att produktionen har avvecklats kan förlusten antas vara linjär.

Jansson ifrågasätter linjäriteten som den använda modellen medför på ytterligare en punkt. Hon menar att en mindre störning i hamnens verksamhet, exempelvis en nedgång av godsflödet på 25 %, ger en störning av samma omfattning i St1s verksamhet. En större störning i hamnens verksamhet, till exempel en nedgång av godsflödet på 50 %, väntas däremot orsaka en något högre störning i St1s verksamhet.



All råolja som används av verksamheten kommer från utlandet och passerar enligt Jansson via Göteborgs Hamn. Däremot sker försäljning av 35-40 % av de slutgiltiga produkterna inrikes. Verksamheten har således ett större beroende av importmöjligheter än exportmöjligheter. I samband med en störning som enbart påverkar exporten via Göteborgs Hamn kan St1 försörja inrikesbehovet och anpassa produktionstaken till detta. I samband med en störning som påverkar hamnens importmöjligheter föreligger stor problematik för St1 att erhålla råolja och produktionen måste därmed avvecklas i takt med att lagret sinar. Däremot finns möjligheter att motverka en sådan störning genom att inhandla raffinerade produkter, exempelvis bensin, och sälja dessa vidare.

### 6.2.3 Volvo

Volvo är en verksamhet som bland annat tillverkar personbilar, lastbilar och bussar. Volvo tillhör således sektor 19, tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar. Två intervjuer genomfördes, den ena med Leo Berben, senior purchasing manager, och den andra med Erik Uyttendaele, vice president material, planning and logistics.

Berben menar att Volvo är starkt beroende av såväl import som export men har ingen uppfattning om hur stor del av den totala internationella handeln som passerar via Göteborgs Hamn. Trots att beroendet av både import och export är stort anser Berben att en störning av importmöjligheterna är mer kritisk än en störning av exportmöjligheterna. Han motiverar sina påståenden utifrån det faktum att verksamheten inte har något egentligt lager av vissa material och uteblir importen av dessa så kan produktionen inte fortgå. Vidare är den svenska marknaden Volvos tredje största marknad. Eftersom en störning av exportmöjligheterna inte utesluter försäljning till den svenska marknaden, anses en sådan störning inte lika kritisk som en störning av importmöjligheterna. Om verksamheten i Göteborgs Hamn stoppas är alternativa transportvägar flygtransport samt landtransport, förklarar Berben. Han menar vidare att det är rimligt att anta förlusten är linjär med hänsyn till utebliven produktion. Berbens kommentar angående resultaten för inoperabiliteten är att de är skäliga.

Uyttendaele anser liksom Berben att såväl import som export är av stor betydelse för Volvos verksamhet. Han bekräftar att 80-90 % av den totala exporten, mätt i antalet bilar, sker via Göteborgs Hamn. Trots detta menar Uyttendaele att verksamheten har ett lågt beroende av exporten via Göteborgs Hamn eftersom möjligheterna till omdirigering av gods är såväl enkla som billiga att genomföra. Dessutom är den svenska marknaden förhållandevis stor och denna störs inte av störningar på aktiviteten inom Göteborgs Hamn. Å andra sidan anser han att importen via Göteborgs Hamn är mer kritisk till följd av avsaknaden av stora lager.

I samband med en strejk under 2009 i Göteborgs Hamn upplevdes inga svårigheter kopplade till möjligheterna att upprätta en fortlöpande produktion och försäljning. Produktionen planerades om utifrån tillgängliga material och den kortsiktigt uteblivna inkomsten blev på lång sikt enbart en försening av inkomst. Uyttendaele är därmed kritisk till den använda modellens antagande om linjäritet. Han anser att verksamheten har goda möjligheter att hantera en relativt omfattande störning, exempelvis att en betydande andel av importen via Göteborgs Hamn uteblir, till följd av verksamhetens historiska erfarenhet samt de korta beslutsvägarna inom organisationen. Under såväl vulkanutbrottet på Island 2010 som kärnkraftshaveriet i Fukushima 2011 hade Volvo små problem med att upprätthålla produktionen medan många konkurrenter drabbades mycket hårt av de efterföljande störningarna.

Resultaten för den demand-baserade analysen är rimliga enligt Uyttendaele medan resultaten av den supply-baserade analysen visar på en alldeles för hög inoperabilitet. Slutsatsen är att Berben och Uyttendaele har olika syn på verksamhetens beroende av Göteborgs Hamn men båda anser trots detta att delar av de erhållna resultaten är rimliga.

### **6.3 Analys av validering**

Resultaten från valideringen har en övergripande överensstämmelse med resultaten från analysen. Samtliga aktörer uppger att ett stopp i aktiviteten inom Göteborgs Hamn kommer att påverka den egna verksamheten. Uppfattningen är den att Green Cargos verksamhet drabbas milt av ett stopp i verksamheten i Göteborgs Hamn medan St1 och Volvo drabbas betydligt hårdare.

Intervjuerna med representanterna från Volvo upplevs mer tvetydiga än de övriga, förmodligen eftersom representanterna jobbar med relativt skilda frågor och inte diskuterade svar på frågorna med varandra. De antaganden som gjordes i samband med urvalet har påverkat aktörernas möjligheter att bekräfta fallstudiens resultat. Resultaten gäller sektorsvis och det finns ingen möjlighet att urskilja resultaten för enskilda aktörer.

I och med att en störning medför så pass komplexa konsekvenser som drabbar en verksamhet på flertalet olika nivåer är det svårt för ett fåtal personer att på kort tid ge en exakt uppfattning av effekterna av en störning. De erhållna svaren är övergripande bedömningar och starkt kopplade till de intervjuade personernas intuition trots att de har en stor erfarenhet inom området.

Felkällor som kan påverka resultaten från valideringen är valet av aktör och representant för respektive aktör samt antalet deltagande aktörer. Valet av företrädare för de tre aktörerna har skett internt inom varje organisation och uppfattningen är den att samtliga av dessa har hög kompetens inom området. Inledningsvis önskades intervjuer med ett större antal aktörer för att erhålla en större mängd resultat. Samtidigt är det svårt att kommentera huruvida en större mängd resultat hade utgjort en bättre grund för analysen till följd av de grova antagandena.

Den största bristen i valideringen är urvalsprocessen. Otillgängligheten av vissa informationsuppgifter krävde grova antaganden som har haft stor inverkan på möjligheten att analysera valideringsresultaten i detalj. Därmed har analysen skett på en övergripande nivå och slutsatsen är att resultaten från valideringen uppvisar god kompatibilitet med fallstudiens resultat på en sådan nivå.

# 7 Diskussion

---

*I detta kapitel diskuteras och utvärderas metodprocessen samt modellens validitet och reliabilitet. Sist presenteras förslag på framtida fördjupningar. Diskussionen utgör ett steg i processen för metodutvärdering, nämligen utvärdera metoden.*

## 7.1 Den vetenskapliga processen

I detta avsnitt diskuteras de olika stegen i arbetsprocessen.

### 7.1.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie är den vetenskapliga grunden till ett arbete. I detta arbete har litteraturen om IIM samt IT-IIM varit betydande för arbetet i stort. Majoriteten av litteraturen på området är skriven av originalutvecklarna av modellen. Därför har ingen systematisk sökning med koppling till särskilda sökord gjorts. Källorna anses vara vetenskapligt förankrade men en svaghet är däremot att andra källor saknas vilket medför att en mindre balanserad bild skapas.

### 7.1.2 Metodutvärderingen

I samband med val av modell användes en vetenskaplig designprocess som grund. Detta gjordes i syfte att få ett lämpligt förhållandesätt. En fördel med designprocessen är att det är en systematisk och iterativ metod som gör metodutvärderingen mer intuitiv. Det ger en röd tråd att följa genom arbetsprocessen.

Under arbetsprocessen har tidsperspektivet spelat stor roll. Den har inneburit att författarna styrts mot en metod som kunde användas inom den förfogade tidsramen. Som en följd av detta har valet fallit på en metod som kan användas på befintlig data då insamling av data hade varit för tidskrävande. Därmed har förmodligen tvunget inte den optimala metoden för att uppnå syftet valts utan en metod som uppfyller syfte på ett tillfredsställande sätt inom tidsrymden.

Designprocessen är en iterativ process. Det innebär att metoden ska utvärderas, justeras och återanvändas löpande för att förbättra metoden och motverka eventuella svagheter. Tidsrymden lämnade inget utrymme för en sådan omfattande process utan istället tas exempel på justeringar upp som framtida förbättringsförslag senare i arbetet. Den använda metoden har utvärderats och justerats måttligt under arbetets gång medan större justeringar har uteblivit.

Den knappa tidsrymden har också haft verkan på såväl metoden för valideringen som utförandet av intervjuerna. Författarna har inte utvecklat metoden för valideringen utifrån vetenskaplig teori i stor utsträckning. Att validera resultaten genom intervjuer uppfattades som den mest tidseffektiva metoden. Tidsramen har dessutom påverkat möjligheterna att utföra ett stort antal intervjuer.

## 7.2 International trade inoperability input-output-modellen

Syftet med detta arbete var att utveckla en metod för att studera hur godsflödet genom en hamn påverkar ekonomiska sektorer i samhället. Nedan diskuteras den modell som har använts utifrån reliabilitet och validitet samt de uppsatta designkriterierna.

### 7.2.1 Reliabilitet

Reliabiliteten syftar till att beskriva tillförlitligheten i datainsamlingen och analysen med avseende på slumpmässiga variationer.

Möjligheterna att styrka modellens reliabilitet genom att säkerställa att programmeringen har skett på ett korrekt sätt i MATLAB® har varit små eftersom det saknas indata som ger kända utdata. Därmed har modellen inte kunnat testas för att säkerställa att modelleringen inte har skett utan mänskliga fel. Däremot har modellering granskats noga av såväl författarna som en tredje part.

Vad gäller slumpmässiga variationer i resultaten finns ingen risk för sådana eftersom indata till den använda modellen inte har beskrivits med hjälp av sannolikhetsfördelningar. Modellen ger därmed samma resultat vid användandet av samma indata och anses därmed tillförlitlig.

Datauppgifterna från SCB anses också vara tillförlitliga i och med att de är systematiskt framtagna och processade från en organisation med stor erfarenhet. Denna insamling sker även utefter internationella riktlinjer och standarder. Det finns ingen anledning att anta att de uppgifter som har hämtats från SCB inte skulle vara säkerställda eller objektiva varför det inte anses rimligt att behöva beskriva dessa med sannolikhetsfördelningar.

Däremot anses datauppgifterna kopplade till import och export av varor via Göteborgs Hamn inte vara lika tillförlitliga. Uppgifterna från Göteborgs Hamn innehåller uppskattningar baserade på expertbedömningar och tillförlitligheten i dessa beror alltså på sakkunnigas expertis och omdöme. Trots att uppskattningarna inte är säkerhetsgranskade menar Göteborgs Hamn att trovärdigheten i de uppskattade siffrorna är god. Däremot råder det tveksamheter kring huruvida enheterna i vilka Göteborgs Hamn och SCB presenterar sina uppgifter i är kompatibla. Svårigheten ligger dessutom i att uppskattningar enbart finns för ett fåtal godsflöden genom hamnen. För övriga godsflöden har ett schablonpåslag använts så att det totala godsflödet motsvarar uppgifter från Göteborgs Hamn, vilket anses mindre pålitligt men ändå rimligt.

Ytterligare en aspekt som kan påverka reliabiliteten är det faktum att datauppgifterna från SCB redogör för förhållanden under 2010 medan datauppgifterna från Göteborgs Hamn är giltiga för 2011. Representanter från Göteborgs Hamn menar dock att godsflödet inte har förändrats på ett betydande sätt från 2010 till 2011. Dessutom saknas data som beskriver godsflödet som går mellan svenska sektorer respektive destinationer utlandet via en svensk hamn. Det är svårt att avgöra i hur stor utsträckning avsaknaden av sådana informationsuppgifter påverkar reliabiliteten. I fallstudien över Göteborgs Hamn anses den här typen av godsflöden inte utgöra en betydande del av det totala godsflödet, något som också bekräftas av verksamma inom Göteborgs Hamn. För andra, mindre hamnar kan den här typen av godsflöden vara av betydande karaktär.

### 7.2.2 Validitet

Validiteten beskriver i vilken utsträckning en studie mäter det man avser att mäta.

En av de stora nackdelarna med modellen är det faktum att den använder ekonomisk information för att beskriva fysiska beroenden. Huruvida det är en korrekt beskrivning kan diskuteras men inte besvaras. För att illustrera problemet antas Fabrik A:s kostnader för el uppgå till 10 % av de totala kostnaderna medan Fabrik B:s elkostnader uppgår till 50 % av företagets totala kostnader. IT-IIM menar alltså att Fabrik B är mer känsligt för ett strömavbrott jämfört med Fabrik A. Det här är

förmodligen ett orimligt antagande i många fall med tanke på att de flesta fabriker inte har möjlighet att upprätthålla sin produktion vid ett strömavbrott. Många andra varor och tjänster på marknaden representeras bättre av modellens grundantaganden och i slutändan baseras uppgifterna från SCB trots allt på fysisk interaktion mellan sektorer.

Resultaten från modellen beskriver ett nytt jämviktsläge som följer en störning i en hamns verksamhet. Modellen tar därmed inte hänsyn till åtgärder som syftar till att hantera den uppkomna störningen, vilket anses orimligt. Valideringen bekräftar att mer eller mindre omfattande åtgärdsprogram antas för att minska en störnings effekter. Åtgärder kan inkludera alternativa transportvägar samt att störningen avhjälps så att den påverkade hamnen ges bättre möjligheter att hantera ett visst godsflöde. Effekterna av en störning blir alltså mindre än vad modellen visar om sådana åtgärder vidtas. Tidsrymden som krävs för att jämviktsläget ska ställa in sig finns ingen möjlighet att kommentera. Valideringen antyder att många verksamheter, främst de som tillhör olika tillverkningssektorer, har goda möjligheter att hantera en störning i dess initiala skede. Detta är ytterligare en indikation på att resultaten från modellen bör användas med försiktighet i ett inledande skede som följer en störning.

IT-IIM ger ingen prognos för hur beroenden mellan sektorer och sektors ekonomiska förlust ser ut i ett framtida perspektiv. Anledningen är att modellen använder sig av historisk information för att redogöra för resultaten. Utan större förändringar i det svenska näringslivet bör resultaten kunna tillämpas som beslutsunderlag i riskhanterings-sammanhang. Den sektorsindelning som upprättas av SCB styr i stor utsträckning resultaten från analysen. Med en annan sektorsindelning hade andra resultat erhållits och andra beroenden hade påvisats. För att metod ska ge mer detaljrika resultat krävs en förfinad sektorsindelning med ett större antal sektorer. En sådan indelning hade även underlättat valideringsprocessen. Huruvida detta är praktiskt lämpligt eller möjligt med en annan typ av sektorsindelning är svårt att diskutera.

IT-IIM förutsätter att det inte finns några alternativa hamnar som omedelbart kan motverka en störning på en annan hamn. Det här kan antas vara rimligt för somliga gods som transporteras via Göteborgs Hamn men inte för några godstyper som passerar via andra mindre hamnar. För mindre hamnar kan resultaten från analysen vara stora överskattningar av de egentliga förlusterna. IT-IIM förutsätter även att det saknas lager för såväl import- som exportvaror. Valideringen visar att det här antagandet inte alltid stämmer.

Park (2006) presenterar ett flertal kriterier för den supply-baserade metoden. Till en början är Sverige en region som är starkt beroende av import. För fallstudien kan det anses att Göteborgs Hamn har en monopolistisk ställning och är en knapp resurs då det är svårt att snabbt hitta alternativ speciellt för de större fartygen. För en annan mindre hamn i Sverige behöver detta inte stämma utan det kan istället vara enkelt att hitta alternativ. Därmed kan det vara viktigt att ha i åtanke att på en mindre hamn är det inte lika lämpligt att använda en supply-baserad metod. Dessutom kan antagandet om ett kort tidsperspektiv antas gälla eftersom ett totalstopp i en hamns verksamhet inte väntas fortgå under en längre tidsperiod. Slutsatsen är att fallstudien i detta arbete uppfyller samtliga kriterier medan en fallstudie på en annan hamn inte nödvändigtvis gör det.

Trots de diskuterade aspekterna kring validitet och reliabilitet ger modellen en övergripande uppskattning av storheter uttryckta i jämförbara och begripliga enheter. Valideringen visar även att fallstudien gav rimliga resultat sett ur ett övergripande perspektiv. Resultaten visar därmed en viktig

del av ett större sammanhang och kan användas som ett komplement till andra analyser över risker och sårbarheter i samhället. Metoden kan alltså användas som ett verktyg i riskhanteringsprocessen.

### 7.2.3 Designkriterier

Nedan presenteras återigen de designkriterier som först presenterades i avsnitt 4.2 Specificera designkriterier.

- Kunna användas på ett stort system som Sverige
- Kunna användas med befintlig data
- Vara förankrad och baserad på existerande vetenskapliga modeller
- Kunna modellera beroenden mellan enheter i ett system
- Kunna modellera spridning av störningar i en hamn
- Ge användbara, tydliga och jämförbara resultat
- Kunna generera åtgärdsförslag
- Ge mer information än de nuvarande metoderna för beroendeanalys
- Ge möjlighet att validera resultaten

Uppfattningen är den att de flesta designkriterier har tillgodosetts. Metoden anses lämplig att använda på ett stort och komplext system som Sverige eftersom den ger aggregerade resultat som är lättöverskådliga och användbara. Dessutom upplevs metoden som lämplig eftersom den är anpassad för en region som är beroende av import. Som diskuteras ovan anses metoden vara förankrad i existerande vetenskapliga modeller. Vidare anses modellen kunna modellera beroenden mellan enheter i ett system samt spridningen av störningar i en hamn på ett tillfredsställande sätt, då modellen ger mer information än de nuvarande metoderna för beroendeanalys. Då resultaten från modellen bland annat ges i monetära enheter anses resultaten vara tydliga och jämförbara, vilket möjliggör att åtgärdsförslag kan genereras.

Det finns däremot svårigheter med att använda modellen på befintlig data eftersom uppgifter rörande godsflöde via hamnar ofta uttrycks i volym- eller massenheter, vilket inte lämpar sig för IT-IIM. Trots problematiken gav de grövre analyserna en god bild av hur ekonomiska sektorer i samhället påverkas av ett driftstopp i en hamn. Ytterligare en problematisk aspekt med koppling till datauppgifter är valideringsmöjligheterna. Valideringen kunde inte genomföras på det mest önskvärda sättet till följd av otillgänglig data.

Det finns givetvis andra metoder som också uppfyller de flesta designkriterierna, exempelvis en nätverksanalys. Ett betydande problem med just en nätverksanalys är att det svenska systemet är mycket stort och komplext att kartlägga inom rimliga tidsperspektiv. Dessutom hade mängden resultat varit överväldigande, vilket försvårar användbarheten hos metoden.

Målet med designprocessen är inte att konstruera eller välja den mest optimala metoden utan att konstruera eller välja en metod som uppfyller såväl syfte som designkriterier på ett tillfredsställande sätt. Utifrån diskussionen ovan anses den använda modellen tillfredsställa såväl syfte som designkriterier på ett bra sätt trots vissa svårigheter med att använda metoden med befintlig data.

## **7.3 Framtida fördjupning**

Under arbetets gång identifierades ett antal områden som kräver ytterligare utredning för att förbättra modellen. Det är framförallt en mer detaljerad beskrivning av olika typer av indata som efterfrågas. Att datauppgifterna uttrycks i monetära enheter är en förutsättning för IT-IIM.

### **7.3.1 Data över godsflödets värde genom studerad hamn**

Många hamnar utreder i dagsläget inte värdet av de varor som passerar hamnen. Genom att göra en mer noggrann kartläggning över värdet av samtliga godsflöden genom en hamn ges en mer korrekt modellering samtidigt som resultaten blir mer tillförlitliga. En sådan utredning bör även kartlägga värdet av inhemskt producerade varor som passerar hamnen men som inte skickas till utlandet. Detsamma gäller för de varor som skickas från en destination i utlandet till en annan sådan via hamnen.

### **7.3.2 Andel som används som slutprodukt respektive intermediär vara**

För att minska osäkerheten i resultaten så bör mer detaljerad information om hur stor andel av en varugrupp som används som slutprodukt och hur stor andel som används som intermediär vara. Sådan information ger mindre skillnad i resultaten från Fall 1 och Fall 2.

### **7.3.3 Mer omfattande valideringsprocess**

För att få en bättre uppfattning över resultatens riktighet krävs en mer omfattande valideringsprocess. Den utförda valideringen är ett resultat av ett antal antaganden som medför osäkerheter. För att kringgå dessa krävs en annan typ av metod för valideringen i och med att nödvändiga uppgifter för en validering via intervjuer är sekretessbelagda.





# 8 Slutsatser

---

*I det här kapitlet sammanfattas de viktigaste slutsatserna av det genomförda arbetet genom att besvara frågeställningarna i avsnitt 1.2.1 Frågeställning.*

## **Hur kan input-output-modellen användas för att studera beroenden mellan sektorer och en hamn?**

Input-output-modellen kan användas för att studera beroenden mellan sektorer och en hamn genom att använda international trade inoperability input-output-modellen (IT-IIM). Den ursprungliga IT-IIM är en demand-variant men efter vissa anpassningar har även en supply-variant utvecklats för den svenska kontexten.

## **Vilka sektorer drabbas av de största negativa konsekvenserna i samband med en störning i Göteborgs Hamns verksamhet?**

Resultaten från fallstudien visar att det finns ett antal sektorer som är speciellt sårbara för störningar i verksamheten i Göteborgs Hamn. De sektorer som generellt uppvisar hög inoperabilitet är bland annat stål- och metallframställning, fiske och vattenbruk, tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar samt tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter.

Vidare visar resultaten att de sektorer som drabbas av störst ekonomisk förlust bland annat är tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar, tillverkning av kemikalier och kemiska produkter, stål- och metallframställning samt tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik. Den totala ekonomiska förlusten för det svenska systemet uppgår till knappt 3 miljarder kr/dygn.

## **Är input-output-modellen en lämplig modell för att studera sektorers beroende av en hamn?**

Den använda modellen är kostnadseffektiv och ger jämförbara resultat som visar på Sveriges beroende av hamnar. Den ger en bra approximation för fysiska beroenden baserade på ekonomiska sådana. Modellen är därför ett bra alternativ i jämförelse med andra typer av modeller. Den ger resultat som anses ha god reliabilitet och validitet men dessa bör enbart användas ur ett övergripande perspektiv. Därmed är modellen på egen hand inte lämplig för att studera sektorers beroenden av en hamn men är trots detta en viktig komponent i ett större riskhanteringssammanhang.



# 9 Referenser

---

- Amaral, L., & Ottino, J. (2004). Complex networks - Augmenting the framework for the study of complex systems. *The European Physical Journal B*, 147-162.
- Becker, P. (2011). Understanding dependencies - Why safety, security and sustainability are increasingly challenging for cities and regions. *Training Regions Professional Papers*.
- Bezdek, R. H., & Wendling, R. M. (2005). Fuel efficiency and the economy. *American Scientist*, 93, 132-139.
- Crowther, K., & Haimes, Y. (2005). Application of the Inoperability Input-Output Model (IIM) for Systemic Risk Assessment of Management of Interdependent Infrastructures. *System Engineering*, 323-341.
- Edman, S. (2012). *Studie över sysselsättning & utbildning kopplad till Göteborgs Hamn 2012*. Göteborg: Göteborgs Hamn.
- Göteborgs Hamn. (2012, 02 13). Skandinaviens största hamn - i stora drag. Göteborgs Hamn.
- Göteborgs Hamn. (2013, Mars 5). *Kort om Göteborgs Hamn*. Retrieved April 5, 2013, from Göteborgs Hamn: <http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Kort-om-Goteborgs-Hamn/>
- Haimes, Y. Y., & Jiang, P. (2001). Leontief-Based Model of Risk in Complex Interconnected Infrastructures. *Journal of Infrastructure Systems*, 7(1), 1-12.
- Haimes, Y. Y., Horowitz, B. M., Lambert, J. H., Santos, J. R., Lian, C., & Crowther, K. G. (2005). Inoperability Input-Output Model for Interdependent Infrastructure Sectors. I: Theory and Methodology. *Journal of Infrastructure Systems*, 11(2), 67-79.
- Haimes, Y. Y., Santos, J., Crowther, K., Henry, M., Lian, C., & Yan, Z. (2007). Risk Analysis in Interdependent Infrastructures. In *Critical Infrastructure Protection* (Vol. 253, pp. 297-310).
- Hallin, P.-O., Nilsson, J., & Olofsson, N. (2004). *Kommunal sårbarhet*. Krisberedskapsmyndighet.
- Hassel, H. (2010). *Risk and vulnerability analysis in society's proactive emergency management - Developing methods and improving practices*. Lund: Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety Faculty of Engineering.
- Hills, A. (2005). Insidious Environments: Creeping Dependencies and Urban Vulnerabilities. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 13(1), 12-20.
- International Electrotechnical Commission (IEC). (1995). *International Standard 60300-3-9, Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9*. Genève.
- Jung, J., Santos, J., & Haimes, Y. (2009). International Trade Inoperability Input-Output Model (IT-IIM): Theory and Application. *Risk Analysis*, 29(1), 137-154.
- Kaplan, S. (1997). The Words of Risk Analysis. *Risk Analysis*, 17(4), 407-417.

- KBM. (2005). *Krishantering i stormens spår*. Krisberedskapsmyndigheten (KBM).
- KBM. (2007). *Beroendeanalys - så gör du!* Krisberedskapsmyndigheten.
- Lam, J. (2006). Managing Risk Across the Enterprise: Challenges and Benefits. In *Enterprise Risk Management*. Wellela: Elsevier Inc.
- Leontief, W. (1951). Input-output economics. *Scientific American, October*, 15-21.
- Leung, M., Haimes, Y., & Santos, J. (2007). Supply- and Output-side Extensions to the Inoperability Input-Output Model for Interdependent Infrastructures. *Journal of Infrastructure Systems*, 299-310.
- Little, R. (2002). Toward More Robust Infrastructure: Observations on Improving the Resilience and Reliability of Critical Systems. *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- MathWorks. (2013). *MATLAB - The Language of Technical Computing*. Retrieved 04 12, 2013, from MathWorks: <http://www.mathworks.se/products/matlab/>
- MSB. (2009). *Faller en - faller då alla?* Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB. (2011a). *Ett fungerande samhälle i en föränderlig värld: Nationell strategi för skydd av samhällsviktig verksamhet*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB. (2011b). *Vägledning för risk- och sårbarhetsanalyser*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).
- MSBFS. (2010:6). Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om kommuners och landstings risk- och sårbarhetsanalyser.
- Nilsson, J. (2003). *Introduktion till riskanalysetoder*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Olsen, O., Kruke, B., & Hovden, J. (2007). Social Safety: Concept, Borders and dilemmas. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 15(2), 69-79.
- Pant, R., Barker, K., Grant, F., & Landers, T. L. (2011). Interdependent impacts of inoperability at multi-modal transportation container terminals. *Transport Research Part E*, 722-737.
- Park, R. (2006). *The Supply-Driven Input-Output Model: A Reinterpretation and Extension*. Research Reports.
- Rinaldi, S., Peerenboom, J., & Kelly, T. (2001, December). Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*.
- Santos, J. R., & Haimes, Y. Y. (2004). Modeling the Demand Reduction Input-Output (I-O) Inoperability Due to Terrorism of Interconnected Systems. *Risk Analysis*, 24(6), 1437-1451.
- SCB. (2012, 12 11). *Nationalräkenskaper, kvartals- och årsberäkningar*. Retrieved 02 02, 2013, from SCB: [http://www.scb.se/Pages/ProductTables\\_\\_\\_\\_22918.aspx](http://www.scb.se/Pages/ProductTables____22918.aspx)

Slovic, P. (2001). The risk game. *Journal of Hazardous Materials*, 17-24.

Svegrup, L. (2012). *The Inoperability I/O model - A risk based approach for identifying key economic and infrastructure systems*. Lund: Lund University.

The World Bank. (2013a). *Data - GDP*. Retrieved 04 05, 2013, from The World Bank:  
<http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>

The World Bank. (2013b). *Data - Imports of goods and services (% of GDP)*. Retrieved 04 05, 2013,  
from The World Bank: <http://data.worldbank.org/indicator/NE.IMP.GNFS.ZS>

The World Bank. (2013c). *Data - Exports of goods and services (% of GDP)*. Retrieved 04 05, 2013,  
from The World Bank: <http://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS>

Xu, W., Hong, L., He, L., Wang, S., & Chen, X. (2011). Supply-Driven Dynamic Inoperability Input-Output Price Model for Interdependent Infrastructure Systems. *Journal of Infrastructure Systems*(17), 151-162.



# Bilaga A – Härledning av IT-IIM

## A.1 Leontiefs input-output-modell

År 1951 presenterade Leontief en input-output-modell (I-O-modell) som bygger på ekonomisk data (Leontief, 1951). En analys utifrån I-O-modellen förutsätter att de ekonomiska informationsuppgifterna grupperas sektorsvis och visar slutligen i vilken utsträckning varje analyserad industrisektor behöver handla från de övriga sektorerna för att kunna producera en outputenhet (Bezdek & Wendling, 2005). Modellen kan därmed användas för att åskådliggöra sammankopplingar och beroenden mellan diverse ekonomiska sektorer på exempelvis regional eller nationell nivå.

Leontiefs ursprungliga I-O-modell presenteras i ekv. (26)

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{c} \Leftrightarrow \{x_i = \sum_j a_{ij}x_j + c_i\} \forall i \quad (26)$$

I ekv. (26) representerar  $x_i$  industrisektor  $i$ :s sammanlagda output från sektorns produktion. Vidare är beteckningen  $a_{ij}$  den så kallade tekniska Leontief-koefficienten. Koefficienten anger förhållandet mellan input från industri  $i$  till industri  $j$  samt sammanlagt input till industri  $j$ . Den tekniska Leontief-koefficienten talar alltså om hur stor andel av industri  $j$ :s totala input som utgörs av input från industri  $i$ . Samtliga koefficienter bygger tillsammans upp matrisen  $\mathbf{A}$ , även kallad den tekniska Leontief-matrisen. Beteckningen  $c_i$  står för den slutgiltiga efterfrågan på industri  $i$ :s produktionsoutput. Med den slutgiltiga efterfrågan menas den efterfrågan som är kopplad till konsumtion av output direkt via slutkonsumenter. Efterfrågan som däremot är kopplad till konsumtion av produkten via industrisektorer som använder produkten som en råvara för sin egen produktion finns representerad i matrisen  $\mathbf{A}$  och räknas därmed inte till  $c_i$ .

Den tekniska Leontief-matrisen  $\mathbf{A}$  är en kvadratisk matris med industrier längs med såväl rader som kolumner. För att skapa matrisen  $\mathbf{A}$  används data som beskriver värdet av skilda artiklar som olika ekonomiska sektorer producerar och konsumerar. De relevanta informationsuppgifterna organiseras i två matriser, nämligen de så kallade tillgångs- och användningsmatriserna. Matriserna beskriver alltså olika industrisektorer och konsumtion av diverse artiklar. Såväl industrier och artiklar är grupperade sektorsvis i de båda matriserna. Med artiklar menas varor och tjänster som sektorerna antingen producerar eller konsumerar. Tillgångsmatrisen,  $\mathbf{V}$ , har industrier längs med raderna och artiklar längs med kolumnerna. Varje element,  $v_{ij}$ , i matrisen  $\mathbf{V}$  beskriver industrisektor  $i$ :s produktion (i monetära termer) av artikel  $j$ . Användningsmatrisen,  $\mathbf{U}$ , har däremot artiklar längs raderna och industrier längs kolumnerna. Varje element,  $u_{ij}$ , i matrisen  $\mathbf{U}$  beskriver industrisektor  $j$ :s konsumtion (i monetära termer) av artikel  $i$ . Med  $n$  antal industrier och  $m$  antal artiklar kan  $\mathbf{V}$  och  $\mathbf{U}$  uttryckas i matrisform, ekv. (27) samt (28).

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{i1} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{n1} & \cdots & v_{nj} & \cdots & v_{nm} \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & \cdots & u_{1j} & \cdots & u_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ u_{i1} & \cdots & u_{ij} & \cdots & u_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ u_{m1} & \cdots & u_{mj} & \cdots & u_{mn} \end{bmatrix} \quad (28)$$

För att kunna dra nytta av informationen i de båda matriserna och använda dem i Leontiefs I-O-modell krävs bland annat att de normaliseras. Nedan redovisas på vilket sätt matriserna  $\mathbf{V}$  samt  $\mathbf{U}$  bearbetas för att de ska passa in i Leontiefs I-O-modell.

Industri  $i$ 's sammanlagda output eller produktion,  $x_i$ , erhålls genom att summera samtliga element i rad  $i$  i matrisen  $\mathbf{V}$ , ekv. (29).

$$x_i = v_{i1} + v_{i2} + \cdots + v_{im} = \sum_{j \leq m} v_{ij}, \forall i \quad (29)$$

Genom att låta  $\mathbf{x}$  och  $\Sigma$  beteckna kolonnvektorn innehållande samtliga industriers output respektive kolonnvektorn vars samtliga element är 1 gäller ekv. (30).

$$\mathbf{x} = \mathbf{V}\Sigma \quad (30)$$

Den totala konsumtionen eller output av artikel  $i$ ,  $y_i$ , erhålls genom att summera samtliga element i rad  $i$  i matrisen  $\mathbf{U}$  samt därtill addera  $e_i$  som betecknar slutkonsumtionen (i monetära termer) av artikel  $i$ , ekv. (31) nedan.

$$y_i = u_{i1} + u_{i2} + \cdots + u_{in} + e_i = \sum_{j \leq n} u_{ij} + e_i, \forall i \quad (31)$$

Utifrån att  $\mathbf{y}$  betecknar kolonnvektorn innehållande konsumtion av samtliga artiklar och  $\mathbf{e}$  betecknar kolonnvektorn innehållande artiklarnas slutkonsumtion gäller ekv. (32).

$$\mathbf{y} = \mathbf{U}\Sigma + \mathbf{e} \quad (32)$$

Genom att summera samtliga element i kolumn  $j$  i matrisen  $\mathbf{V}$  erhålls den totala produktionen eller input av artikel  $j$ . Den totala produktionen av en viss artikel antas motsvara den totala konsumtionen av artikeln i fråga och ekv. (33) är därmed giltig.

$$\mathbf{y}^T = [y_1 = \sum_i v_{i1} \cdots y_j = \sum_i v_{ij} \cdots y_m = \sum_i v_{im}] \quad (33)$$

Summeras däremot samtliga element i kolumn  $j$  i matrisen  $\mathbf{U}$  erhålls den totala den totala konsumtionen av eller input till industri  $j$ . En viss industris totala konsumtion antas motsvara densamma industrins totala produktion, varför ekv. (34) är uppfylld.

$$\mathbf{x}^T = [x_1 = \sum_1 u_{i1} \cdots x_j = \sum_i u_{ij} \cdots x_n = \sum_i u_{in}] \quad (34)$$

De normaliserade matriserna  $\hat{\mathbf{V}}$  och  $\hat{\mathbf{U}}$  erhålls genom att dividera varje enskilt element i de ursprungliga matriserna  $\mathbf{V}$  och  $\mathbf{U}$  med kolumnsumman för respektive elements kolumn, ekv. (35) samt (36).



$$\hat{\mathbf{V}} = \begin{bmatrix} v_{11}/y_1 & \dots & v_{1j}/y_j & \dots & v_{1m}/y_m \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{i1}/y_1 & \dots & v_{ij}/y_j & \dots & v_{im}/y_m \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{n1}/y_1 & \dots & v_{nj}/y_j & \dots & v_{nm}/y_m \end{bmatrix} = \mathbf{V}[\text{diag}(\mathbf{y})]^{-1} \quad (35)$$

$$\hat{\mathbf{U}} = \begin{bmatrix} u_{11}/x_1 & \dots & u_{1j}/x_j & \dots & u_{1n}/x_n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ u_{i1}/x_1 & \dots & u_{ij}/x_j & \dots & u_{in}/x_n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ u_{m1}/x_1 & \dots & u_{mj}/x_j & \dots & u_{mn}/x_n \end{bmatrix} = \mathbf{U}[\text{diag}(\mathbf{x})]^{-1} \quad (36)$$

$$\text{diag}(\boldsymbol{\theta}) = \text{diag} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \theta_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \theta_m \end{bmatrix} \quad (37)$$

Multiplikation av  $\hat{\mathbf{V}}$  med  $\hat{\mathbf{U}}$  ger slutligen den tekniska Leontief-matrisen,  $\mathbf{A}$ , ekv. (38).

$$\mathbf{A} = \hat{\mathbf{V}}\hat{\mathbf{U}} \quad (38)$$

Notera att eftersom  $\hat{\mathbf{V}}$  har industrier längs raderna medan  $\hat{\mathbf{U}}$  har industrier längs kolumnerna kommer den angivna ordningen för multiplikation mellan matriserna i ekv. (38) att resultera i att  $\mathbf{A}$  är en kvadratisk matris med industrier längs såväl rader som kolumner.

Matrisen  $\mathbf{c}$  från ekv. (26) är bevisligen produkten av  $\hat{\mathbf{V}}$  och  $\mathbf{e}$  (Haines et al., 2005), ekv. (39).

$$\mathbf{c} = \hat{\mathbf{V}}\mathbf{e} \quad (39)$$

Ekv. (30) kan skrivas om till ekv. (42) genom att använda sambanden i ekv. (35), (40) och (41).

$$\mathbf{V}\boldsymbol{\Sigma} = \hat{\mathbf{V}}\text{diag}(\mathbf{y})\boldsymbol{\Sigma} \quad (40)$$

$$\text{diag}(\mathbf{y})\boldsymbol{\Sigma} = \mathbf{y} \quad (41)$$

$$\mathbf{x} = \hat{\mathbf{V}}\mathbf{y} \quad (42)$$

På motsvarande sätt kan ekv. (32) skrivas om till ekv. (45) genom att använda sambanden i ekv. (36), (43) och (44).

$$\mathbf{U}\boldsymbol{\Sigma} + \mathbf{e} = \hat{\mathbf{U}}\text{diag}(\mathbf{x})\boldsymbol{\Sigma} + \mathbf{e} \quad (43)$$

$$\text{diag}(\mathbf{x})\boldsymbol{\Sigma} = \mathbf{x} \quad (44)$$

$$\mathbf{y} = \hat{\mathbf{U}}\mathbf{x} + \mathbf{e} \quad (45)$$

Genom att till ekv. (45) multiplicera med  $\hat{\mathbf{V}}$  från vänster erhålls ekv. (46). Med hjälp av sambanden i ekv. (38), (39) och (42) inses enkelt att ekv. (46) är ekvivalent med Leontiefs I-O modell, ekv. (26).

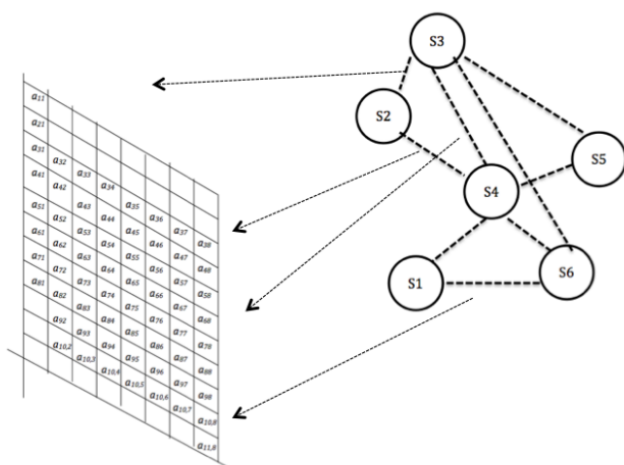
$$\hat{V}y = \hat{V}\hat{U}x + \hat{V}e \Leftrightarrow x = Ax + c \quad (46)$$

Leontief tar fram en modell som ligger till grunden för en rad andra modeller av typen input-output där två av dem, nämligen inoperability input-output-modell (IIM) och en international trade inoperability input-output-modell (IT-IIM), kommer redovisas i de två följande avsnitten.

## A.2 Inoperability input-output-modellen

Haines & Jiang (2001) har utvecklat en inoperability input-output-modell (IIM) utifrån Leontiefs I-O-modell. IIM beskriver sammankopplingar och kritiska beroende genom att modellera hur inoperabilitet propagerar genom ett system eller från en sektor till en annan.

Trots att IIM och Leontiefs I-O-modell använder samma indata så existerar både teoretiska och praktiska skillnader mellan de två modellerna. En av de mest betydande skillnaderna är att IIM använder sig av en så kallad beroendematrix,  $A^*$ , istället för den tekniska Leontief-matrisen,  $A$ , som den ursprungliga I-O-modellen använder sig av (Jung, Santos & Haines, 2009). Beroendematrisen beskriver hur beroendet mellan olika sektorer är uppbyggt. Elementet  $a_{ij}^*$  beskriver hur stort tillskottet från industri  $j$  är på industri  $i$ 's totala inoperabilitet. Figur A.1 nedan illustrerar uppbyggnaden av beroendematrisen.



Figur A.1 Förtydligande illustration över beroendematrisen (Haines et al., 2007)

### Demand-baserad IIM

Den demand-baserade IIM förutsätter att störningen uppstår till följd av störningar i efterfrågan av artiklar från en viss sektor och sprids bakåt i leveranskedjan. Störningen leder till att sektorer längre bak i leveranskedjan minskar sin produktion som en anpassning till den minskade efterfrågan. Den demand-baserade IIM-varianten ger därmed information om ekonomisk inoperabilitet där en störning på en viss sektors efterfrågan av artiklar är den utlösande faktorn.

Den demand-baserade varianten av IIM presenteras i ekv. (47)

$$q = A^*q + c^* \quad (47)$$

I ekv. (47) betecknar  $q$  inoperabilitetsvektorn medan  $A^*$  och  $c^*$  betecknar beroendematrisen respektive störningsvektorn. Ekv. (48) – (52) presenterar kopplingar mellan ekv. (26) samt (47) och kommer att användas för att härleda ekv. (47) från ekv. (26).

$$\mathbf{q} = [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{x} \quad (48)$$

$$\mathbf{A}^* = [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \mathbf{A} \text{diag}(\bar{\mathbf{x}}) \quad (49)$$

$$\mathbf{c}^* = [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{c} \quad (50)$$

$$\delta \mathbf{x} = \bar{\mathbf{x}} - \tilde{\mathbf{x}} \quad (51)$$

$$\delta \mathbf{c} = \bar{\mathbf{c}} - \tilde{\mathbf{c}} \quad (52)$$

Matrisen  $\mathbf{A}$  i ekv. (49) är densamma som i ekv. (26) nämligen den som består av de tekniska Leontief-koefficienterna. Vidare är  $\bar{\mathbf{x}}$  i ekv. (51) den vektor som innehåller värdet av samtliga sektors normala produktion medan  $\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})$  är den diagonalmatris som har vektorn  $\bar{\mathbf{x}}$  som ursprung. Med normal produktion menas den produktion som äger rum i förhållanden med avsaknad av ekonomiska störningar. Beteckningen  $\tilde{\mathbf{x}}$  i ekv. (51) symboliserar vektorn som innehåller värdet av samtliga sektors produktion givet störning. Slutligen betecknar vektorerna  $\bar{\mathbf{c}}$  och  $\tilde{\mathbf{c}}$  i ekv. (52) normal slutkonsumtion samt slutkonsumtion givet en störning. Den demand-baserade störningsvektorn,  $\mathbf{c}^*$ , i ekv. (50) definieras som en minskning i slutkonsumtion,  $\delta \mathbf{c}$ , normaliserad med diagonalmatrisen för den normala produktionen. Beroendematrisen,  $\mathbf{A}^*$ , i ekv. (49) är en produkt av inversen av matrisen  $\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})$ , matrisen  $\mathbf{A}$ , bestående av de tekniska Leontief-koefficienterna samt matrisen  $\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})$ . Vektorn  $\delta \mathbf{x}$  i ekv. (51) beskriver en avvikelse från normal produktion till följd av en störning. En normalisering av  $\delta \mathbf{x}$  med vektorn  $\bar{\mathbf{x}}$  ger upphov till inoperabilitetsvektorn,  $\mathbf{q}$ , ekv. (48). Samtliga element i inoperabilitetsvektorn ligger därmed inom intervallet (0,1). Om ett element i  $\mathbf{q}$  har värdet 0, dvs.  $q_i = 0$ , innebär det att det inte har skett någon förändring från den normala produktionen för sektor  $i$ , alltså att  $\tilde{x}_i = \bar{x}_i$ . Har ett element däremot värdet 1, dvs.  $q_i = 1$ , är förutsättningen att  $\tilde{x}_i = 0$ . Den korrekta tolkningen i det här fallet är att sektor  $i$  är fullt inkapabel till produktion.

Ytterligare två ekvationer, nämligen ekv. (53) samt ekv. (54), krävs för att ekv. (47) ska kunna härledas från ekv. (26).

$$\bar{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\bar{\mathbf{x}} + \bar{\mathbf{c}} \quad (53)$$

$$\tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\tilde{\mathbf{x}} + \tilde{\mathbf{c}} \quad (54)$$

I ekv. (53) och ekv. (54) används Leontiefs I-O-modell för att beskriva balansen i ett förväntat scenario, alltså ett scenario utan störning, respektive ett scenario med störning. Första steget i härledningen av ekv. (47) är att subtrahera ekv. (54) från ekv. (53).

$$\bar{\mathbf{x}} - \tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\bar{\mathbf{x}} + \bar{\mathbf{c}} - \mathbf{A}\tilde{\mathbf{x}} - \tilde{\mathbf{c}} = \mathbf{A}(\bar{\mathbf{x}} - \tilde{\mathbf{x}}) + (\bar{\mathbf{c}} - \tilde{\mathbf{c}}) \Leftrightarrow \delta \mathbf{x} = \mathbf{A}\delta \mathbf{x} + \delta \mathbf{c} \quad (55)$$

Nästa steg är att, från vänster, multiplicera ekv. (55) med  $[\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1}$ .

$$\begin{aligned} [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{x} &= [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \mathbf{A} \delta \mathbf{x} + [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{c} \Leftrightarrow \\ [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{x} &= [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \mathbf{A} \text{diag}(\bar{\mathbf{x}}) [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{x} + [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{c} \end{aligned} \quad (56)$$

Genom att utnyttja sambanden i ekv. (48) – (50) skrivs ekv. (56) om till ekv. (57).

$$[\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{x} = [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \mathbf{A} \text{diag}(\bar{\mathbf{x}}) [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{x} + [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}})]^{-1} \delta \mathbf{c} \Leftrightarrow \mathbf{q} = \mathbf{A}^* \mathbf{q} + \mathbf{c}^* \quad (57)$$

Därmed kan ett uttryck för inoperabilitetsvektorn,  $q$ , erhållas via ekv. (58).

$$q = A^*q + c^* \Leftrightarrow [I - A^*]q = c^* \Leftrightarrow q = [I - A^*]^{-1}c^* \quad (58)$$

Inoperabiliteten för en specifik sektor anger hur stor andel av sektorns verksamhet som inte kan genomföras på grund av en viss störning och kan därmed ses som ett uttryck för nedgången i sektorns verksamhet till följd av störningen. För att beräkna den ekonomiska förlusten för sektor  $i$ ,  $f_i$ , multipliceras inoperabiliteten för sektor  $i$  med värdet av sektorns totala produktion, ekv (59).

$$f_i = q_i x_i \quad (59)$$

Genom att summera den ekonomiska förlusten för samtliga sektorer i ett system erhålls systemets totala ekonomiska förlust,  $F$ , ekv. (60).

$$F = \sum_i f_i \quad (60)$$

### A.3 International trade inoperability input-output-modellen

Jung, Santos & Haimés (2009) utvecklade en så kallad international trade inoperability input-output-modell (IT-IIM) utifrån den demand-baserade IIM. IT-IIM fokuserar på betydande ankomsthämningar och tar, till skillnad från majoriteten av varianter av internationella I-O-modeller, hänsyn till såväl import och export. Den framtagna modellen kan användas för analys av nationella ekonomier där den internationella handeln är en betydande del av den nationella ekonomin.

Den största matematiska skillnaden mellan majoriteten av varianter av IIM och IT-IIM är att de två modellerna beräknar beroendematrisen på två olika sätt. Ekv. (61) visar hur IIM beräknar beroendematrisen medan ekv. (62) visar hur IT-IIM beräknar samma matris. Sambandet mellan vektorerna  $\bar{x}$  och  $\bar{x}^T$  visas i ekv. (63) där  $\bar{m}$  är vektorn som betecknar värdet av de olika sektorernas förväntade totalimport. Indexet  $T$  representerar trade och ska inte förväxlas med transponering.

$$A^* = [diag(\bar{x})]^{-1} A diag(\bar{x}) \quad (61)$$

$$A^T = [diag(\bar{x}^T)]^{-1} A diag(\bar{x}^T) \quad (62)$$

$$\bar{x}^T = \bar{x} + \bar{m} \quad (63)$$

Enbart inoperabiliteten utifrån Modell A presenteras nedan. För Modell B hänvisas läsaren till Jung, Santos & Haimés (2009). Inoperabilitetsvektorn för Fall 1,  $q^{T,1}$ , beräknas enligt ekv. (64).

$$q^{T,1} = [I - A^T]^{-1} c^{T,1} \quad (64)$$

I ekv. (64) betecknar  $c^{T,1}$  störningsvektorn för den totala handeln. Uttrycket för  $c^{T,1}$  redovisas i ekv. (65).

$$c^{T,1} = [diag(\bar{x}^T)]^{-1} \delta r \quad (65)$$

I ekv. (65) betecknar elementet  $\delta r_i$  i vektorn  $\delta r$  skillnaden mellan värdet av den förväntade internationella handeln för sektor  $i$  och värdet av den internationella handeln för sektor  $i$  till följd av störningen. Inoperabilitetsvektorn för Fall 2,  $q^{T,2}$ , beräknas enligt ekv. (66).

$$q^{T,2} = q^E + q^{M,2} \quad (66)$$

$$\mathbf{q}^E = [\mathbf{I} - \mathbf{A}^T]^{-1} \mathbf{c}^E \quad (67)$$

$$\mathbf{c}^E = [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}}^T)]^{-1} \boldsymbol{\delta e} \quad (68)$$

$$\mathbf{q}^{M,2} = [\text{diag}(\bar{\mathbf{x}}^T)]^{-1} \boldsymbol{\delta m} \quad (69)$$

Ekv. (66) beskriver att inoperabilitetsvektorn för Fall 2 är summan av två andra inoperabilitetsvektorer, nämligen inoperabilitetsvektorn för export,  $\mathbf{q}^E$ , samt inoperabilitetsvektorn för import,  $\mathbf{q}^{M,2}$ . I ekv. (67) betecknar  $\mathbf{c}^E$  störningsvektorn för export medan varje element  $de_i$  i vektorn  $\boldsymbol{\delta e}$ , ekv. (68), betecknar skillnaden mellan det förväntade värdet av exporten från sektor  $i$  och värdet av exporten från sektor  $i$  till följd av störningen. På motsvarande sätt betecknar varje element  $dm_i$  i vektorn  $\boldsymbol{\delta m}$ , ekv. (69), skillnaden mellan det förväntade värdet av importen till sektor  $i$  och värdet av importen till sektor  $i$  till följd av störningen.



# Bilaga B – MATLAB®-koden

---

```
Useejex=[Useejex]; %Användningsmatrix
Makematrix=[Makeejim]; %Tillgångsmatrix

Make = transpose(Makematrix); % Måste göras för i den svenska datan
presenteras make med artikel i rader och sektor i kolumner

% Räkna om make (V) datan från basic prices till purchaser's prices
y = sum(Make); % Total commodity output vector
diff = pp-bp; % Skillnad mellan purchaser's price och basic price
for k=1:size(Make,1)
    for l=1:size(Make,2)
        Make1(k,l)=Make(k,l)+Make(k,l)/y(l)*diff(l);
    end
end
Make2=transpose(Make1); %Transponeras igen för senare användning

%Räkna om datan i importvektorn från basic prices till purchaser's prices
for aa=1:length(im1)
    im2(aa)=im1(aa)+im1(aa)/y(aa)*diff(aa);
end
im=transpose(im2); %Transponeras för att bli kolonnvektor

trade=[im+ex]; %Total handel

%Antagande: 22% av såväl import som export går via Göteborgs Hamn
exhamn=0.22*ex;
imhamn=0.22*im;

tradehamn=[imhamn+exhamn]; % Total handel via Göteborgs Hamn

imejhamn=[im-imhamn]; %Import exklusive den via Göteborgs Hamn
exejhamn=[ex-exhamn]; %Export exklusive den via Göteborgs Hamn

o=Useejex*ones(size(Useejex,2),1); %Beräknar varje sektors totala
konsumtion

for rr=1:size(Useejex,1) %Räknar ut hur mycket varje sektor importerar av
varje artikel under förutsättning att alla sektorer använder importerade
varor i proportion till deras totala användning
    importmatrix(rr,:)=Useejex(rr,:)/o(rr)*im(rr);
end

m=transpose(sum(importmatrix)); % Ger total import för varje sektor

for ee=1:size(Useejex,1) %Räknar ut hur mycket varje sektor importerar av
varje artikel via Göteborgs Hamn
    importmatrixhamn(ee,:)=Useejex(ee,:)/o(ee)*imhamn(ee);
end
mhamn=transpose(sum(importmatrixhamn)); %Ger total import för varje sektor
via Göteborgs Hamn

for g=1:length(m)
```

```

    mratio(g)=mhamn(g)/m(g);
end

oo=Make2*ones(size(Make2,2),1); %Beräknar varje sektors totala produktion
for mm=1:size(Make2,1) %Räknar ut hur mycket varje sektor exporterar av
varje artikel under förutsättning att alla sektorer producerar exporterade
varor i proportion till deras totala produktion
    exportmatrix(mm,:)=Make2(mm,:)/oo(mm)*ex(mm);
end
e=transpose(sum(exportmatrix)); %Total export från sektor

for nn=1:size(Make2,1) %Räknar ut hur mycket varje sektor importerar av
varje artikel via Göteborgs Hamn
    exportmatrixhamn(nn,:)=Make2(nn,:)/oo(nn)*exhamn(nn);
end
ehamn=transpose(sum(exportmatrixhamn));%Total export från sektor via
Göteborgs Hamn

for gg=1:length(e)
eratio(gg)=ehamn(gg)/e(gg);
end

for hh=1:length(e)
    rratio(hh)=(ehamn(hh)+mhamn(hh))/(e(hh)+m(hh));
end

r=[e+m]; %Total internationell handel
rhamn=[ehamn+mhamn]; %Internationell handel via hamn

y = sum(Make1); % Total commodity output vector (uppdaterar denna efter
omräkningen ovan)
x = Make1*ones(size(Make,2),1); % Total industry output (uppdaterar denna
efter omräkningen ovan) - ekvationen beskrivs av Haimes - Theory and
methodology...
xt=[x+m];
% Normalisera make och use-matrisen
Makenorm = Make1;
for h=1:size(Make,2)
    Makenorm(:,h) = Make1(:,h)/y(h);
end

Usenorm = Usematrix;
for p=1:length(Usematrix)
    Usenorm(:,p) = Usematrix(:,p)/(x(p));
end

A=Makenorm*Usenorm;
Astar=diag(xt)\A*diag(xt); %För demand-baserad IT-IIM
%As=diag(x)*transpose(A)/diag(x);
Astar=diag(xt)\As*diag(xt); %För demand-baserad IT-IIM
ct1=diag(xt)\rhamn;
qt1=(eye(size(Astar))-Astar)\(ct1); %Inoperabilitetsvektorn för fall 1

ct2=diag(xt)\ehamn;
qe=(eye(size(Astar))-Astar)\(ct2);
qm2=diag(xt)\mhamn;
qt2=qe+qm2; %Inoperabilitetsvektorn för fall 2

```



```

for tt=1:length(qt1)
    qtmean(tt)=(qt1(tt)+qt2(tt))/2; %Medelvärde
end

qt=[qt1 transpose(qtmean) qt2 transpose(1:length(m))];
qtsort=sortrows(qt,[-2]);

figure(1)
bar(qtsort(1:15,1:3))
grid on
colormap summer
leg1=legend('Fall 1', 'Medelvärde', 'Fall 2');
xlabel('Sektor')
ylabel('Inoperabilitet')
%title('Model A')
set(gca,'XTickLabel',{qtsort(1:15,4)})
ylim([0 1.0001])

summake=sum(Make2);

loss1=diag(summake)*qt1(1:61)/365; %Ekonomisk förlust (per dygn) fall 1
lossmean=diag(summake)*transpose(qtmean(1:61))/365; %Medelvärde
loss2=diag(summake)*qt2(1:61)/365; %Ekonomisk förlust (per dygn) fall 2

loss=[loss1 lossmean loss2 transpose(1:length(loss1))];
losssort=sortrows(loss,[-2]);
figure(2)
bar(losssort(1:15,1:3))
grid on
colormap summer
leg1=legend('Fall 1', 'Medelvärde', 'Fall 2');
xlabel('Sektor')
ylabel('Ekonomisk förlust (miljoner kr/dygn)')
%title('Model B')
set(gca,'XTickLabel',{losssort(1:15,4)})
ylim([0 300.1])
sumlosssupply=[ 3220.2    2787.0    2353.7]; %Förlusten beräknad utifrån
supply-baserat IT-IIM

sumloss=[sum([loss1 lossmean loss2])
    sumlosssupply];

figure(4)
bar(sumloss)
grid on
colormap summer
leg1=legend('Fall 1', 'Medelvärde', 'Fall 2');
xlabel('')
ylabel('Sammanlagd ekonomisk förlust (miljoner kr/dygn)')
set(gca,'XTickLabel',{'Demand','Supply'})
ylim([0 4001])

```



# Bilaga C – Sektorer

---

Tabell B.1. Förteckning över sektorer

<b>1</b>	<b>Jordbruk, jakt och service i anslutning härtill</b>
<b>2</b>	Skogsbruk
<b>3</b>	Fiske och vattenbruk
<b>4</b>	Utvinning av mineral
<b>5</b>	Livsmedels- och dryckesvaruframställning samt tobaksvarutillverkning
<b>6</b>	Textilvarutillverkning samt tillverkning av kläder och läderprodukter
<b>7</b>	Tillverkning av trä och varor av trä, kork och rotting o.d. utom möbler
<b>8</b>	Pappers- och pappersvarutillverkning
<b>9</b>	Grafisk produktion och reproduktion av inspelningar
<b>10</b>	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter
<b>11</b>	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter
<b>12</b>	Tillverkning av gummi- och plastvaror
<b>13</b>	Tillverkning av icke-metalliska mineraliska produkter
<b>14</b>	Stål- och metallframställning
<b>15</b>	Tillverkning av metallvaror utom maskiner och apparater
<b>16</b>	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik
<b>17</b>	Tillverkning av elapparatur
<b>18</b>	Tillverkning av övriga maskiner
<b>19</b>	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar
<b>20</b>	Tillverkning av andra transportmedel
<b>21</b>	Tillverkning av möbler; annan tillverkning
<b>22</b>	Reparation och installation av maskiner och apparatur
<b>23</b>	Försörjning av el, gas, värme och kyla
<b>24</b>	Vattenförsörjning
<b>25</b>	Avfallshantering; återvinning
<b>26</b>	Byggande av hus
<b>27</b>	Handel med samt service av motorfordon och motorcyklar
<b>28</b>	Parti- och provisionshandel utom med motorfordon
<b>29</b>	Detaljhandel utom med motorfordon
<b>30</b>	Landtransport; transport i rörsystem
<b>31</b>	Sjötransport
<b>32</b>	Lufttransport
<b>33</b>	Magasinering och stödtjänster till transport
<b>34</b>	Hotell- och restaurangverksamhet
<b>35</b>	Förlagsverksamhet
<b>36</b>	Film-, video- och TV-programverksamhet, ljudinspelning och fonogramutgivning
<b>37</b>	Post- och telekommunikationer
<b>38</b>	Dataprogrammering, datakonsultverksamhet o.d.
<b>39</b>	Finansförmedling utom försäkring och pensionsfondsverksamhet
<b>40</b>	Försäkring och pensionsfondsverksamhet utom obligatorisk socialförsäkring
<b>41</b>	Stödtjänster till finansiell verksamhet
<b>42</b>	Fastighetsverksamhet förutom imputerade hyror
<b>43</b>	Fastighetsverksamhet, imputerade hyror
<b>44</b>	Juridisk och ekonomisk verksamhet, verksamheter som utövas av huvudkontor samt konsulttjänster
<b>45</b>	Arkitekt- och teknisk konsultverksamhet; teknisk prövning och analys

---

<b>46</b>	Forskning och utveckling
<b>47</b>	Reklam och marknadsundersökning
<b>48</b>	Annan verksamhet inom juridik, ekonomi, vetenskap, veterinärverksamhet
<b>49</b>	Uthyrning och leasing
<b>50</b>	Arbetsförmedling, bemanning och andra personalrelaterade tjänster
<b>51</b>	Resebyrå- och researrangörsverksamhet och andra relaterade tjänster
<b>52</b>	Säkerhets- och bevakningsverksamhet, fastighetservice samt skötsel och underhåll av grönområden samt kontorstjänster och andra företagstjänster
<b>53</b>	Offentlig förvaltning och försvar; obligatorisk socialförsäkring
<b>54</b>	Utbildning
<b>55</b>	Hälso- och sjukvård
<b>56</b>	Sociala tjänster
<b>57</b>	Konstnärlig och kulturell verksamhet samt underhåll, biblioteks-, arkiv- och museiverksamhet m.m. samt spel- och vadhållningsverksamhet
<b>58</b>	Rekreations-, kultur- och sportverksamhet
<b>59</b>	Intressebevakning, religiös verksamhet
<b>60</b>	Reparation av datorer, hushållsartiklar och personliga ägodelar
<b>61</b>	Annan serviceverksamhet såsom förvärvsarbete i hushåll samt hushållens produktion av diverse varor och tjänster för eget bruk

---

# Bilaga D – Fullständiga resultat

Tabell C.1 Inoperabilitet och ekonomisk förlust för demand-baserad IT-IIM, analys 1.

Sektor	Inoperabilitet			Ekonomisk förlust (miljoner kr/dygn)		
	Fall 1	Medelvärde	Fall 2	Fall 1	Medelvärde	Fall 2
1	0,17	0,13	0,10	35	28	21
2	0,23	0,19	0,14	27	22	17
3	0,59	0,54	0,49	8	7	7
4	0,80	0,62	0,45	118	92	66
5	0,13	0,11	0,09	94	81	69
6	0,16	0,15	0,14	31	30	29
7	0,22	0,18	0,15	55	47	39
8	0,24	0,23	0,21	99	92	85
9	0,25	0,19	0,14	17	13	9
10	0,26	0,23	0,19	127	111	94
11	0,31	0,27	0,24	176	156	136
12	0,34	0,29	0,24	47	40	33
13	0,27	0,22	0,16	35	28	22
14	0,41	0,34	0,28	182	153	125
15	0,28	0,23	0,19	100	83	66
16	0,32	0,29	0,26	159	144	128
17	0,30	0,27	0,24	61	55	49
18	0,25	0,23	0,21	141	130	119
19	0,28	0,25	0,22	183	162	140
20	0,26	0,23	0,20	26	23	20
21	0,17	0,15	0,14	43	40	37
22	0,26	0,22	0,17	22	18	14
23	0,15	0,12	0,09	77	61	45
24	0,15	0,12	0,08	7	5	4
25	0,34	0,27	0,20	43	34	26
26	0,09	0,08	0,07	102	86	71
27	0,23	0,21	0,19	13	12	11
28	0,22	0,19	0,17	64	56	48
29	0,21	0,19	0,16	37	32	28
30	0,25	0,20	0,15	111	87	64
31	0,33	0,29	0,25	33	29	25
32	0,29	0,25	0,21	21	18	15
33	0,24	0,20	0,15	160	132	104
34	0,14	0,13	0,12	49	44	40
35	0,21	0,17	0,13	40	32	24
36	0,22	0,17	0,13	25	20	15
37	0,16	0,13	0,10	51	42	32
38	0,19	0,16	0,13	76	64	51
39	0,15	0,12	0,08	53	42	30

40	0,07	0,06	0,04	11	9	6
41	0,25	0,19	0,14	9	7	5
42	0,09	0,07	0,05	81	61	41
43	0,08	0,06	0,04	46	34	22
44	0,31	0,25	0,19	104	84	64
45	0,23	0,18	0,13	65	51	36
46	0,36	0,29	0,23	56	46	36
47	0,34	0,27	0,19	50	39	29
48	0,28	0,22	0,16	26	21	15
49	0,25	0,21	0,18	24	20	17
50	0,27	0,20	0,14	24	18	12
51	0,13	0,12	0,12	13	13	12
52	0,22	0,17	0,12	54	41	28
53	0,08	0,07	0,06	54	48	42
54	0,04	0,03	0,03	24	22	19
55	0,08	0,08	0,07	52	51	49
56	0,02	0,02	0,02	13	13	13
57	0,08	0,06	0,05	11	9	7
58	0,11	0,09	0,08	10	8	7
59	0,06	0,05	0,04	13	11	9
60	0,22	0,18	0,14	3	3	2
61	0,07	0,06	0,05	6	5	4

Tabell C.2. Inoperabilitet och ekonomisk förlust för supply-baserad IT-IIM, analys 1.

Sektor	Inoperabilitet			Ekonomisk förlust (miljoner kr/dygn)		
	Fall 1	Medelvärde	Fall 2	Fall 1	Medelvärde	Fall 2
1	0,16	0,13	0,11	32	28	23
2	0,06	0,05	0,04	7	6	5
3	0,50	0,49	0,48	7	7	7
4	0,18	0,16	0,14	26	23	21
5	0,15	0,13	0,11	111	96	81
6	0,15	0,14	0,14	30	29	28
7	0,22	0,19	0,16	55	47	40
8	0,29	0,26	0,23	118	106	95
9	0,18	0,15	0,12	13	10	8
10	0,21	0,20	0,18	103	95	86
11	0,26	0,24	0,22	150	138	126
12	0,26	0,24	0,21	36	33	29
13	0,20	0,17	0,15	27	23	19
14	0,32	0,29	0,25	144	127	110
15	0,24	0,21	0,17	85	74	62
16	0,33	0,30	0,26	163	148	132
17	0,32	0,29	0,26	66	59	53
18	0,30	0,27	0,24	170	153	135
19	0,35	0,30	0,25	223	193	162

20	0,28	0,24	0,21	28	25	22
21	0,20	0,18	0,17	51	47	42
22	0,23	0,20	0,16	20	17	14
23	0,09	0,07	0,06	46	39	32
24	0,13	0,10	0,08	6	5	4
25	0,18	0,15	0,12	23	19	16
26	0,15	0,12	0,10	160	133	105
27	0,38	0,32	0,26	21	18	15
28	0,31	0,26	0,21	90	76	61
29	0,29	0,24	0,20	50	42	34
30	0,18	0,14	0,11	77	62	48
31	0,34	0,30	0,26	35	30	26
32	0,28	0,25	0,21	20	17	15
33	0,21	0,17	0,13	139	114	90
34	0,16	0,14	0,12	55	49	42
35	0,16	0,13	0,10	31	25	20
36	0,16	0,13	0,11	19	15	12
37	0,16	0,13	0,10	52	43	33
38	0,16	0,13	0,11	62	54	46
39	0,09	0,08	0,06	32	27	22
40	0,06	0,05	0,04	9	8	6
41	0,10	0,08	0,06	3	3	2
42	0,10	0,07	0,05	84	64	44
43	0,08	0,06	0,04	43	32	21
44	0,15	0,13	0,11	52	45	39
45	0,15	0,13	0,11	43	36	30
46	0,22	0,19	0,16	35	30	25
47	0,17	0,14	0,11	25	21	16
48	0,16	0,13	0,11	15	12	10
49	0,20	0,18	0,15	19	17	14
50	0,07	0,05	0,04	6	5	4
51	0,23	0,20	0,17	23	20	17
52	0,10	0,08	0,07	25	20	16
53	0,13	0,11	0,08	93	77	60
54	0,07	0,06	0,04	48	39	29
55	0,12	0,11	0,09	83	73	63
56	0,05	0,04	0,03	29	24	19
57	0,11	0,09	0,07	16	13	10
58	0,13	0,11	0,09	12	10	8
59	0,10	0,08	0,06	20	16	12
60	0,18	0,16	0,13	3	2	2
61	0,09	0,07	0,06	8	7	6

Tabell C.3. Inoperabilitet och ekonomisk förlust för demand-baserad IT-IIM, analys 2.

Sektor	Inoperabilitet			Ekonomisk förlust (miljoner kr/dygn)		
	Fall 1	Medelvärde	Fall 2	Fall 1	Medelvärde	Fall 2
1	0,17	0,14	0,10	35	28	21
2	0,20	0,16	0,12	24	19	14
3	0,52	0,47	0,43	7	6	6
4	1,06	0,88	0,70	156	129	102
5	0,12	0,10	0,08	88	75	63
6	0,15	0,14	0,13	29	28	27
7	0,20	0,17	0,13	51	42	34
8	0,18	0,16	0,14	74	66	59
9	0,23	0,18	0,12	16	12	9
10	0,44	0,41	0,37	214	196	178
11	0,29	0,25	0,22	165	145	125
12	0,32	0,27	0,22	44	37	30
13	0,28	0,23	0,18	37	31	24
14	0,38	0,32	0,26	171	144	116
15	0,27	0,22	0,17	95	79	62
16	0,29	0,26	0,23	143	128	114
17	0,27	0,24	0,21	56	50	43
18	0,23	0,21	0,19	129	118	107
19	0,32	0,29	0,26	205	185	165
20	0,24	0,21	0,18	24	21	18
21	0,15	0,14	0,13	39	36	33
22	0,26	0,21	0,16	22	18	14
23	0,14	0,11	0,08	76	60	44
24	0,15	0,11	0,08	7	5	4
25	0,33	0,26	0,19	42	33	24
26	0,10	0,08	0,07	106	91	75
27	0,21	0,19	0,18	12	11	10
28	0,21	0,18	0,15	61	52	44
29	0,20	0,17	0,15	34	30	25
30	0,27	0,21	0,16	118	93	69
31	0,32	0,28	0,25	33	29	25
32	0,30	0,26	0,22	22	19	16
33	0,23	0,19	0,14	154	125	96
34	0,14	0,12	0,11	47	42	38
35	0,20	0,16	0,12	38	30	22
36	0,20	0,16	0,12	23	18	13
37	0,15	0,12	0,09	49	39	30
38	0,18	0,15	0,12	70	58	46
39	0,14	0,11	0,08	51	39	27
40	0,07	0,05	0,04	10	8	6
41	0,24	0,19	0,13	8	6	4
42	0,09	0,07	0,05	78	59	39
43	0,08	0,06	0,04	44	32	20



44	0,29	0,23	0,17	98	78	57
45	0,22	0,17	0,12	63	49	35
46	0,33	0,27	0,20	52	42	32
47	0,32	0,25	0,18	48	37	26
48	0,27	0,21	0,15	25	20	14
49	0,23	0,19	0,15	22	18	15
50	0,27	0,20	0,13	23	17	11
51	0,12	0,11	0,11	12	11	11
52	0,22	0,16	0,11	53	40	27
53	0,07	0,06	0,06	53	47	40
54	0,04	0,03	0,03	23	21	18
55	0,08	0,07	0,07	50	48	47
56	0,02	0,02	0,02	13	13	12
57	0,07	0,06	0,05	10	9	7
58	0,10	0,09	0,07	9	8	7
59	0,06	0,05	0,04	12	11	9
60	0,21	0,17	0,13	3	3	2
61	0,06	0,05	0,04	6	5	4

Tabell C.4. Inoperabilitet och ekonomisk förlust för supply-baserad IT-IIM, analys 2.

Sektor	Inoperabilitet			Ekonomisk förlust (miljoner kr/dygn)		
	Fall 1	Medelvärde	Fall 2	Fall 1	Medelvärde	Fall 2
1	0,17	0,15	0,12	36	31	26
2	0,08	0,07	0,06	9	8	7
3	0,44	0,43	0,43	6	6	6
4	0,17	0,16	0,14	26	23	20
5	0,14	0,12	0,10	108	92	76
6	0,14	0,13	0,13	28	27	26
7	0,21	0,18	0,15	54	46	37
8	0,23	0,20	0,17	96	83	71
9	0,17	0,13	0,10	11	9	7
10	0,39	0,38	0,36	190	181	172
11	0,26	0,23	0,21	146	133	121
12	0,24	0,22	0,19	34	30	26
13	0,21	0,18	0,15	28	24	20
14	0,31	0,27	0,23	137	120	102
15	0,23	0,19	0,16	80	68	57
16	0,30	0,27	0,23	148	132	117
17	0,29	0,26	0,23	60	53	47
18	0,28	0,25	0,22	156	139	122
19	0,38	0,33	0,29	244	215	185
20	0,25	0,22	0,19	26	23	20
21	0,18	0,17	0,15	47	43	38
22	0,22	0,19	0,15	19	16	13
23	0,09	0,08	0,07	49	42	34

24	0,12	0,10	0,08	6	5	4
25	0,19	0,16	0,13	24	20	16
26	0,15	0,13	0,10	164	136	108
27	0,38	0,32	0,27	21	18	15
28	0,31	0,26	0,20	89	74	59
29	0,28	0,24	0,19	49	41	32
30	0,23	0,20	0,16	101	85	69
31	0,36	0,32	0,28	37	32	28
32	0,35	0,31	0,27	25	22	19
33	0,22	0,18	0,14	148	120	92
34	0,15	0,14	0,12	53	47	40
35	0,15	0,12	0,09	29	23	18
36	0,15	0,13	0,10	18	14	11
37	0,15	0,12	0,09	49	40	31
38	0,14	0,12	0,10	57	49	40
39	0,09	0,07	0,06	30	25	20
40	0,06	0,05	0,04	9	7	5
41	0,10	0,08	0,06	3	3	2
42	0,10	0,08	0,05	86	65	44
43	0,08	0,06	0,04	43	32	21
44	0,14	0,12	0,10	47	41	34
45	0,14	0,12	0,10	40	33	27
46	0,21	0,17	0,14	32	27	22
47	0,16	0,13	0,10	24	19	15
48	0,15	0,13	0,10	14	12	9
49	0,18	0,16	0,14	18	15	13
50	0,07	0,05	0,04	6	5	3
51	0,24	0,20	0,16	24	20	17
52	0,10	0,08	0,06	25	20	15
53	0,13	0,10	0,08	91	75	58
54	0,07	0,06	0,04	48	38	28
55	0,12	0,10	0,09	80	70	60
56	0,05	0,04	0,03	29	24	19
57	0,11	0,09	0,07	16	12	9
58	0,13	0,11	0,09	12	10	8
59	0,10	0,08	0,06	20	16	12
60	0,17	0,15	0,12	3	2	2
61	0,09	0,07	0,06	8	7	5

# Bilaga E – Intervju

---

## D.1 Intervjubakgrund

Det här dokumentet syftar till att ge deltagaren i intervjun en bakgrund till det pågående examensarbetet på civilingenjörsprogrammet i riskhantering på Lunds Tekniska Högskola. Syftet med examensarbetet är att bygga upp en modell för att studera beroenden mellan godsflödet i en hamn och ekonomiska sektorer i samhället, där de ekonomiska sektorerna bland annat utgörs av olika typer av företag. Godsflödet som avses är det som går mellan Sverige och utlandet. Det studerade beroendet är således kopplat till import och export av varor och artiklar. Studien undersöker ett fall där godsflödet genom Göteborgs Hamn stoppas totalt och hur ett sådant stopp påverkar möjligheten för de olika sektorerna att utföra sina respektive funktioner. Som en del av valideringsprocessen utförs en intervjustudie, där ni ombeds att delta. Intervjun vill besvara på vilket sätt en verksamhet kommer att påverkas om möjligheten till att skicka ut eller ta emot varor/artiklar uteblir.

I samband med intervjun kommer deltagaren att få beskriva beroendet utifrån en sexgradig skala, där 0 innebär att beroendet inte existerar medan 5 innebär att beroendet är kritiskt. Termen beroende avser i det här fallet att beskriva en verksamhets möjligheter att utföra sin funktion i samband med ett bortfall av möjligheten att skicka ut eller ta emot varor/artiklar.

Föreligger önskemål om att resultaten från intervjustudien inte presenteras anonymt så kommer dessa givetvis att beaktas.

## D.2 Intervjuguide

Inleder med några korta formella frågor

- Namn
- Titel
- Kort beskrivning av dina arbetsuppgifter

### D.2.1 Frågor till aktör som tillverkar artikel

Frågorna nedan kommer att ställas utifrån en sexgradigskala.

- Hur beroende är du av att du kan skicka ut dina varor till utlandet under 1 dag, en vecka och en månad? Vilken typ av varor?
- Hur beroende är du av att du kan ta emot varor/artiklar från utlandet under 1 dag, en vecka och en månad? Vilken typ av varor?
  - Vad händer med er produktion om artiklar som behövs i produktionen inte kan skickas till er? Har ni lager? Kan ni fungera?
- Får ni in varor från och skickar ni ut varor till utlandet genom Göteborgs Hamn?
  - Hur stor andel? Vilken typ av varor?

- Hur påverkar det er om Göteborgs Hamn skulle få ett total stopp 1 dag, en vecka och en månad?
- Hur stor ekonomisk förlust skulle ni ha om ni inte kan ta emot varor/artiklar från eller skicka ut varor/artiklar till utlandet under 1 dag, en vecka och en månad?

### **D.2.2 Frågor till aktör som utför transporttjänst**

- Vilken typ av varor transporterar ni mest? Finns stora skillnader mellan importerade och exporterade gods?
- Hur ser era transportleder ut?
- Vad händer om någon transportled inte går att använda?
- Hur ser er transport via Göteborgs Hamn ut?
- Hur beroende är din verksamhet av att ni Göteborgs Hamn är verksam? Finns skillnader kopplade till hamnens möjlighet att skicka ut respektive ta emot varor?
- Är det rimligt att anta att förlusten är linjär?