

## Framtidens moderna intermodala logistiknoder - kunskaps- och utvecklingsbehov

Sönke von Wieding, Sara Rogerson, Vendela Santén,  
Martin Svanberg och Per Wide

RISE Rapport : 2023:49

# Framtidens moderna intermodala logistiknoder - kunskaps- och utvecklingsbehov

Sönke von Wieding, Sara Rogerson, Vendela Santén,  
Martin Svanberg och Per Wide

# Abstract

## **Modern intermodal nodes of the future – Requirements on knowledge and development**

The purpose of the project was to compile existing knowledge to analyze the function, design, and organization of intermodal nodes, as well as identify gaps for future research within Trafikverket's research program and serve as a basis for Trafikverket's strategic work. The project uses both literature reviews and empirical studies through workshops with experts. The project has five main results:

1. Criteria are proposed to define sustainable intermodal nodes aimed at promoting economic, social, and environmental goals for authorities, cargo owners, and carriers. The aim is to identify challenges and areas where nodes can improve their sustainability to avoid sub-optimization.
2. A two-dimensional matrix is proposed to categorize intermodal nodes according to their role in society's goods supply, as well as the local economy and environment.
3. Various organizational forms for nodes are described, including terminals and associated logistics areas that can be owned and managed by public, private, or combined entities.
4. A discussion on how technological innovations such as electrification, digitization, and automation can affect intermodal nodes in the future.
5. Opportunities and needs for further work and research in the field are presented.

Key words: intermodal transport, sustainability, terminal, transport node, modal shift

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport : 2023:49

ISBN: 978-91-89821-00-2

# Innehåll

<b>Abstract</b> .....	<b>1</b>
<b>Innehåll</b> .....	<b>2</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>5</b>
1.1 Bakgrund.....	5
1.2 Syfte och mål.....	6
1.3 Genomförande .....	6
1.4 Avgränsningar och begreppsdefinitioner.....	7
1.5 Rapportens struktur .....	8
<b>2 Teoretiska utgångspunkter och avgränsningar</b> .....	<b>9</b>
2.1 Godstransporternas ohållbara effekter .....	9
2.2 Terminaler och noder .....	10
2.3 Nodens roll i transportsystemet.....	12
2.4 Noden ur ett planperspektiv.....	13
2.5 Noden ur ett försörjningskedjas perspektiv.....	14
2.6 Hållbara noder .....	15
2.7 Systemperspektiv på hållbara intermodala noder .....	17
2.8 Sammanfattning – teoretiska utgångspunkter för analysen .....	19
2.8.1 Definition intermodal nod.....	19
2.8.2 Funktioner av hållbara intermodala noder .....	19
<b>3 Vad är en hållbar intermodal nod?</b> .....	<b>21</b>
3.1 Kriterier för transportmarknaden.....	21
3.1.1 Kriterium 1: intermodala transporttjänster .....	22
3.1.2 Kriterium 2: kritisk massa av volymer .....	22
3.2 Trafikmarknaden .....	23
3.2.1 Kriterium 3: anslutande infrastruktur .....	24
3.2.2 Kriterium 4: förnybar energi och emissionsfria terminalresurser.....	24
3.2.3 Kriterium 5: Transportörens behov av hållbar energi.....	25
3.2.4 Kriterium 6: strategiskt läge till nationell infrastruktur och marknader ...	25
3.2.5 Kriterium 7: strategiskt läge i det lokala transportnätverket .....	26
3.3 Marknad för markanvändning .....	27
3.3.1 Kriterium 8: värdeadderande aktiviteter .....	27
3.3.2 Kriterium 9: tillgänglig mark för logistikverksamhet.....	28
3.4 Organisation och integrering .....	28
3.4.1 Kriterium 10: Lokala aktörer är delaktiga i ledningen .....	29
3.4.2 Kriterium 11: Långsiktighet och kontinuitet i verksamheten .....	30

3.4.3	Kriterium 12: Social hållbarhet .....	31
3.5	Sammanfattning .....	31
3.5.1	Obligatoriska kriterier .....	31
3.5.2	Kriterier för noder med systemrelevans .....	32
3.5.3	Kriterier för noder med lokal relevans .....	32
<b>4</b>	<b>Hur kan intermodala noder kategoriseras? .....</b>	<b>33</b>
4.1	Matris för kategorisering .....	33
4.2	Illustrering av kategorierna .....	34
4.2.1	Hubb - Göteborgs hamn .....	34
4.2.2	Nod för produktionsmarknad - Skaraborgs Logistic Center .....	35
4.2.3	Nod för konsumtionsmarknad - Årsta kombiterminal .....	36
4.2.4	Sammanfattning .....	36
<b>5</b>	<b>Vilka organisationsformer finns? .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Hur påverkas intermodala noder av den tekniska utvecklingen i transportsektorn? .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>42</b>
7.1	Hållbara intermodala noder .....	42
7.2	Kunskaps- och utvecklingsbehov .....	43
7.2.1	Kriterierna för hållbara intermodala noder .....	43
7.2.2	Kategorisering av intermodala noder .....	43
7.2.3	Organisationsformer .....	44
7.2.4	Teknisk utveckling .....	45
	<b>Referenser .....</b>	<b>47</b>

# Sammanfattning

Syftet med projektet är att sammanställa befintlig kunskap för att analysera intermodala noders funktion, utformning och organisation, samt identifiera vita fläckar för framtida forskning inom Trafikverket Planera-portfölj och fungera som underlag till Trafikverkets strategiska arbete. Projektet använder både litteraturstudier och empiriska studier genom workshops med experter. Projektet har följande huvudsakliga resultat:

1. Framtagning av kriterier som definierar hållbara intermodala noder utifrån ekonomiska, sociala och miljömässiga mål för myndigheter, varuägare och transportörer. Genom kriterierna kan utmaningar identifieras samt områden där noderna kan förbättra sin hållbarhet för att undvika suboptimering.
2. Utveckling av en tvådimensionell matris för att kategorisera intermodala noder enligt deras roll för samhällets godsförsörjning samt den lokala ekonomin och miljön.
3. Beskrivning av olika organisationsformer för noderna, inklusive terminaler och tillhörande logistikområden, som kan ägas och förvaltas av offentlig och privata aktörer eller kombinationer av båda.
4. Diskussion kring hur teknologiska innovationer som elektrifiering, digitalisering och automatisering kan påverka intermodala noder i framtiden.
5. Identifiering av möjligheter och behov av fortsatt arbete och forskning inom området.

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Transportsystemet består av noder och länkar, vilka bildar ett intermodalt transportnätverk där varor, produkter och andra sändningar erbjuds olika konkurrerande transportalternativ. I valet av transportalternativ är en fördelaktig kombination av kostnad-kvalitet i transportlösningen centrala kriterier för varuägaren eller transportören (Floden et al., 2017).

Det finns fem grundläggande trafikslag för att transportera varor: väg, järnväg, flyg, vatten och rörledningar. Varje transportsätt har sina egna unika egenskaper, såsom hastighet, tillgänglighet, flexibilitet, kapacitet och kostnadsstruktur, vilket skiljer dem åt från varandra. Grundtanken bakom intermodala transporter är att service- och kostnadsfördelarna för varje trafikslag sammanförs för att förbättra transportsystemets övergripande effektivitet och konkurrenskraft. Den större delen av transporten utförs av storskaliga trafikslag som järnväg och sjöfart för att uppnå stordriftsfördelar, medan vägtransporterna används för att hämta upp och distribuera försändelserna. Intermodala transporter ökar därmed räckvidden för de storskaliga trafikslagen och effektiviserar transportsystemet (Vrenken et al., 2010).

En förutsättning för effektiva och konkurrenskraftiga intermodala transporter är noderna, dvs. platser där omlastning mellan trafikslagen kan ske. I intermodala noder (till exempel hamnar och kombiterminaler) erbjuds förutom nyttor som skapar transporteffektivitet (samlastning, omlastning, lagring) även plats- och tidsnytta. Å andra sidan involverar intermodala transporter en mängd olika aktiviteter, aktörer och resurser, och innebär därför en teknisk såväl som organisatorisk komplexitet och ett beroende av omgivande system (Woxenius, 1998).

Noderna är ur den mening värdeskapande, men även tids- och kostnadsdrivande. De "beskylls" därför ofta för att vara ett hinder för samlastning för ökad fyllnadsgrad och omlastning mellan trafikslagen, d.v.s. den funktion som ska bidra till ökad transporteffektivitet är även det största hindret mot detsamma (Trip and Kreutzberger, 2002).

En intermodal nod är inte en enskild funktion utan ett flertal sammanflätade delfunktioner där varje funktion erbjuder sina tjänster till kunder i nodens upptagningsområde. Effektiviteten och konkurrenskraften i en nod, och därmed möjligheten att erbjuda marknaden en service, är nära knuten till den funktionella uppdelningen vid noden, nodens administration och planering, nodens utformning, inklusive anslutande infrastrukturen.

Utvecklingen och förvaltningen av noderna, och därmed möjligheten av att dra nytta av potentialen, begränsas av att det saknas en systemägare och att nodernas funktionsägare har andra prioriteringar, d.v.s. suboptimerar systemet. Noder konkurrerar med varandra genom olika serviceutbud och har även överlappande upptagningsområde. Utveckling av serviceutbudet är centralt för att det import- och exportberoende skandinaviska näringslivet ska kunna konkurrera på såväl den europeiska som den globala marknaden.

Det sker en snabb teknisk utveckling inom transportsektorn som påverkar de intermodala noderna. Elektrifiering sker på bred front som på sikt medför fossil- och emissionsfria transporttjänster. Dessutom satsar industrin på automatiseringen som kan förbättra transporttjänsternas effektivitet och säkerhet. Tillsammans med digitalisering skapar dessa tekniska innovationer helt nya förutsättningar som kan leda till en omfattande transformation av transport- och logistikbranschen, men som också leder till nya krav på transportsystemets noder.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med förstudien är att sammanställa befintlig kunskap för att analysera hur intermodala noders funktion, utformning och organisation påverkar transportsystemets effektivitet och konkurrenskraft, samt att identifiera vita fläckar för fördjupade studier.

Målen i projektet är att:

1. Etablera en gemensam definition av begreppet *intermodal nod*, inklusive ingående funktioner och systemgränser, med målsättningen att kunna genomföra system- och funktionsanalyser med varierande komplexitet ur olika aktörsperspektiv samt ge förslag på kategorisering av olika typer av noder.
2. Exemplifiera olika kategorier av noder enligt definitionerna i mål 1 med svenska intermodala noder (till exempel hamnar och järnvägsterminaler) som även illustrerar vem eller vilka som kan påverka en nods funktionalitet. Det inkluderar hur nuvarande otydliga organisation i utvecklings- och förvaltningsfrågor påverkar system- och funktionseffektiviteten, och potentiellt suboptimerar systemen eller nätverken.
3. Beskriva hur de affärsmodeller och organisatoriska gränser påverkar effektiviteten och konkurrenskraften i de intermodala noderna och därmed i de intermodala nätverken.
4. Beskriva hur den tekniska utvecklingen i transportsektorn (elektrifiering, automatisering och digitalisering) påverkar de intermodala noderna på kort-, medellång och lång sikt.
5. Identifiera forskningsläget och därmed vita fläckar för fortsatt forskning.

## 1.3 Genomförande

Studien är utformad som en förstudie med inriktning att dels fungera som ett underlag till Trafikverkets strategiska arbete kring den Gröna Noden (arbete som leds av PLkvg) och dels fungera som ett underlag för att identifiera vita fläckar för framtida forskning inom Trafikverket Planera-portfölj.

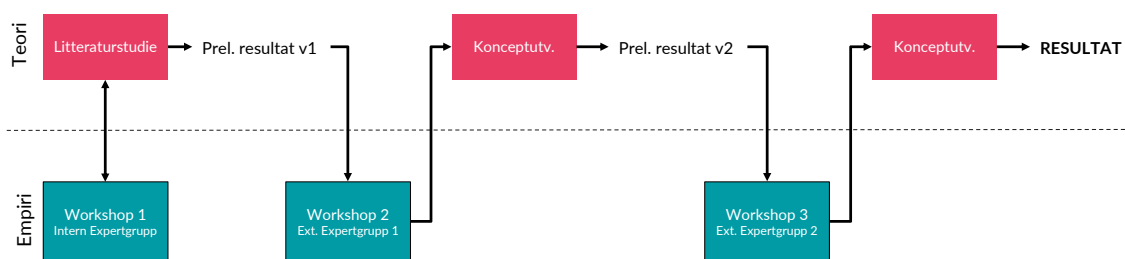
Projektet använder sig av både litteraturstudier och empiriska studier genom workshops med olika grupper av experter, vilket illustreras i Figur 1.

- Litteraturstudien syftar till att skapa förståelse för vilken kunskap som finns inom området. Vidare syftar studien till att ta fram underlagsmaterial för workshopparna samt för att sätta strukturen för analysen. I studien ingår



forskningsartiklar och annan relevant litteratur (forsknings-, konsult-, och andra offentliga utredningar).

- De empiriska studierna syftar till att komplettera och verifiera litteraturstudien och identifiera eventuella luckor. Tre grupper används i workshoppar:
  - Workshop 1 med intern projektgrupp (forskare från SSPA/RISE)
  - Workshop 2 med extern expertgrupp 1 (Representanter från Trafikverket)
  - Workshop 3 med extern expertgrupp 2: (Representanter från akademien och myndigheter med systemperspektiv)
- Efter de empiriska studierna vidareutvecklas de preliminära resultaten baserat på workshopparnas resultat samt genom kompletterande litteratur.



Figur 1: Projektets process

## 1.4 Avgränsningar och begreppsdefinitioner

Projektet fokuserar på intermodala noder, som kan inkludera ett flertal funktioner (hamnfunktion, järnvägsfunktion och logistik- och lagerfunktion), som var och en har sina egna lokalisering- och utrustningskrav (Rodrigue, 2020):

- Hamnfunktion: dessa noder är de mest betydande intermodala terminalerna när det gäller trafikvolym och kapitalbehov. Här ingår terminaler som utgör gränssnittet mellan sjöfarts- och landtransportsystem.
- Järnvägsfunktion: här ingår storskaliga terminaler som start och ändpunkt för direkttåg, småskaliga terminaler i en transportkorridor, samt torrhamnar som förbinder en hamn med dess omland (Bergqvist et al, 2007).
- Logistik- och lagerfunktion: här ingår varuägarens lager samt logistikbolagens cross-dock terminaler.

Nodens funktioner kan vara lokaliserade separat eller samlokaliserade, de är i vissa fall samorganiserade, medan de i andra fall skiljs åt av affärsmässiga och organisatoriska gränser. Järnvägsterminaler kan vara en integrerad del av en hamn eller ett logistik- och lagerområde, d.v.s. av en nod. Att samla nodens funktioner i ett område sker ofta av stads- och trafikplaneringsskäl, men även genom att de tillsammans skapar tillgång till flera funktioner och trafikslag är en viktig fråga för nodernas attraktionskraft för nya etableringar (Bergqvist et al, 2007).

Projektets fokus ligger på långväga transporter på det nationella nätverket. Småskaliga terminaler för urban distribution (till exempel mikroterminaler för omlastning från lastbil/van till lastcykel) ingår inte i projektet.

## 1.5 Rapportens struktur

Denna rapport består av följande delar. Först skapas en förståelse kring terminaler och noder baserat på teoretiska koncept och tidigare forskning inom området. Kapitlet avslutas med en beskrivning av teoretiska koncept kring noder och hållbarhet som utgör grunden till utvecklingen av definitionen av intermodala noder samt metoden för kategoriseringen av noderna (Kapitel 2). Definitionen av hållbara intermodala noder utvecklas i kapitel 3, och metoden för kategoriseringen beskrivs i kapitel 4. Därefter diskuteras olika organisationsformer (kapitel 5), och hur intermodala noder påverkas av den tekniska utvecklingen i transportsektorn (kapitel 6). Rapporten avslutas med en sammanfattande diskussion kring behoven och möjligheter för fortsatt arbete (kapitel 7).

## 2 Teoretiska utgångspunkter och avgränsningar

### 2.1 Godstransporternas ohållbara effekter

Transport är den verksamhet inom logistiken som gör det möjligt att förflytta produkter längs en försörjningskedja mellan ursprungsort och konsumtionsort. Den skapar nytta i tid och rum eftersom en produkt som produceras på en plats har mycket litet värde för den potentiella kunden om den inte finns tillgänglig på den plats där och vid den tidpunkt då den kommer att konsumeras. Godstransporter är därför en viktig komponent för att skapa välfärd.

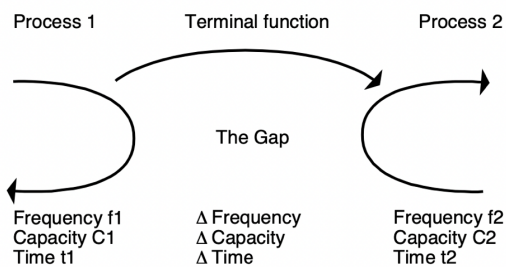
Godstransporter har dock en rad negativa effekter. Dessa omfattar effekter på miljön (till exempel utsläpp i atmosfären, användning av icke förnybara bränslen, avfall och förlust av ekosystem), på samhället (till exempel hälsa, olyckor, buller och minskad livskvalitet) och på ekonomin (till exempel resursslöseri och trängsel som leder till minskad resettillförlitlighet och tillgänglighet i städerna). Transporternas ohållbara effekter är många och mångfacetterade och kan delas in i olika kategorier. De är flerdimensionella när det gäller geografi (lokal, regional, global) och typ av påverkan (ekonomisk, miljömässig, social) och härrör från olika aspekter av transporten, till exempel energianvändning, utsläpp till luft, trafik och infrastruktur (Tabell 1).

Tabell 1: Kategorisering av godstransporternas ohållbara effekter (Behrends, 2012)

Impact category	Local	Regional	Global
Emissions to air	Public health Soiling of surfaces	Buildings and material damage Biodiversity loss Ecosystem loss Agriculture crop/ forestry losses	
Fossil energy use			Climate change Energy dependency
Traffic/Infrastructure	Noise Accidents Congestion Separation effects Loss of space Habitat fragmentation/ (quality) loss Visual intrusion		
Up- and downstream effects	Production of energy, vehicles and infrastructure adds to energy use and emissions to air impacts, and has external effects on markets other than the transport market, i.e., the energy market		

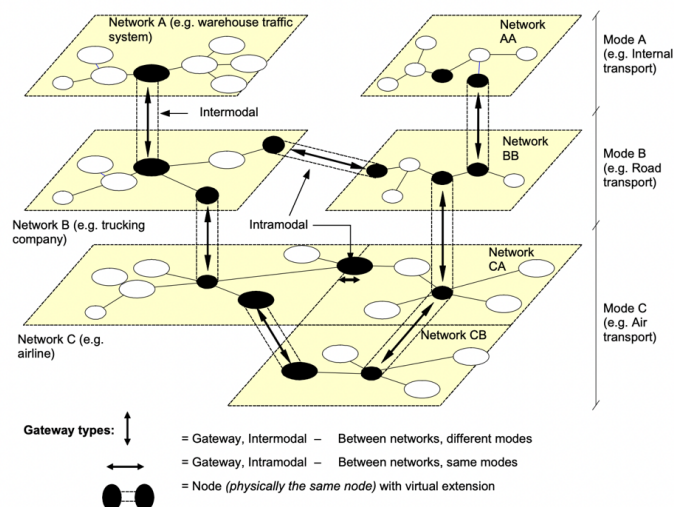
## 2.2 Terminaler och noder

Transportnätverk består av noder och länkar. Noder kan vara platser för varuförsörjning, platser för varuefterfrågan och platser där värdeskapande aktiviteter, konsolidering och omlastning mellan fordon utförs. Länkar representerar transportaktivitet som förbinder noderna, och tillsammans med noderna utgör länkarna transportnätverket. Länkar och noder är abstrakta termer som används för modellering. I det verkliga systemet betjänas länkar av fordon och fartyg som använder infrastruktur. För den fysiska enhet som motsvarar omlastningsnoder används ordet terminal (Roso et al, 2008). Terminalens funktion är att överbrygga gapet mellan olika godsflöden, till exempel gapen i kapacitet, tid och frekvens (Figur 2).



Figur 2: Terminalfunktioner (Hultén, 1997, citerad i Arnäs, 2007)

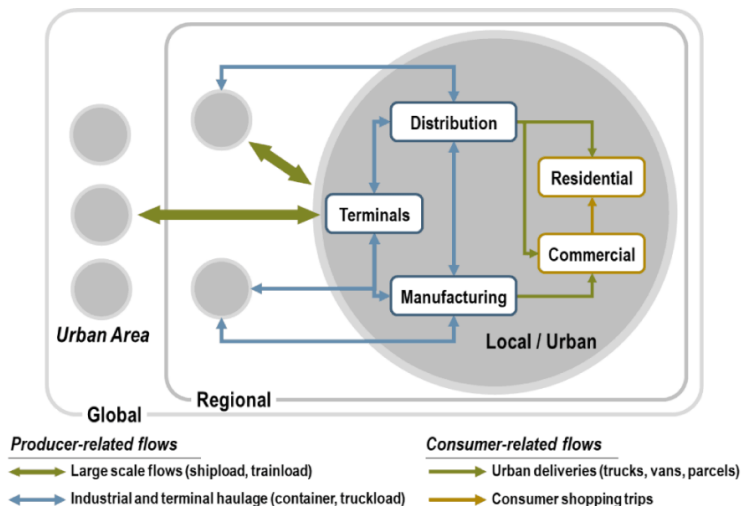
Terminalerna kan vara intermodala eller intramodala (Figur 3). En intramodal terminal knyter samman länkar av samma trafikslag, och en intermodal terminal knyter samman länkar av olika trafikslag. Exempel på *intermodala* terminaler är hamnar och kombiterminaler, där omlastning mellan väg och vatten respektive järnväg sker. *Intramodala* noder inkluderar till exempel 1) hamnar där omlastning mellan oceangående fartyg och närsjöfart sker, 2) lager och distributionsterminaler där fjärrtransporter med lastbilar samordnas med hämtning och utkörning i närområdet, 3) järnvägens rangerbangårdar där vagnar kopplas samman till utgående tåg.



Figur 3: Intermodala och intramodala terminaler och noder (Roso et al, 2009)

En nod kännetecknas av att den integrerar flera terminaler eller terminalfunktioner som ligger nära varandra. Ett exempel på en intermodal nod är Göteborgs hamn som

sammankopplar Göteborgs hamnterminaler med cirka 40 tågterminaler runt om i Sverige (Göteborgs hamn, 2022). Andra exempel är logistikzoner där intermodala kombiterminaler samlokaliseras med varuägarens lager eller speditörens distributionsnoder.



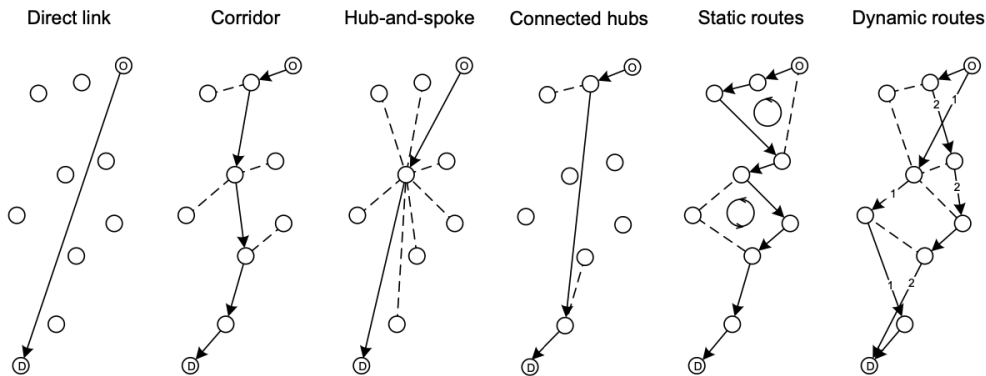
Figur 4: Typer av godskluster och godsflöden i stadsområden (Behrends & Rodrigue, 2018)

Behrends & Rodrigue (2018) beskriver samverkan av terminalfunktioner ur ett urbant perspektiv genom att definiera typer av urbana godskluster och godsflöden i en urban kontext (Figur 4). Urbana godsflöden kan grupperas i två huvudsakliga funktionsklasser: producentrelaterad distribution och konsumentrelaterad distribution. Producentrelaterad distribution omfattar storskaliga flöden, till exempel interregionala och globala godsflöden i storskaliga transportsätt som fartyg och tåg, samt industri- och terminaltransporter på väg. Konsumentrelaterad distribution omfattar godsflöden inom städerna, vanligen i form av styckegods och paket som kommer från distributionsanläggningar och är avsedda för kommersiella anläggningar eller privatpersoner (dessa är inte relevanta för detta arbete). De olika logistikaktiviteter i städerna är vanligtvis samlade i vissa områden, vilket resulterar i fem huvudtyper av specialiserade godskluster, varav de första tre omfattar producentrelaterad distribution. Dessa är:

1. Terminaler (noder för omlastning i transportnätverk) till exempel hamnar, flygplatser och järnvägsterminaler, som är transitpunkter för godsflöden till lokala, regionala eller globala transportnätverk (gateways). Terminalernas inland kan omfatta destinationer (distributionsnoder och tillverkningsanläggningar) inom själva stadsområdet eller flöden som måste passera genom stadsområden på väg till andra regionala eller globala destinationer.
2. Produktionsanläggningar (noder för värdeskapande aktiviteter i försörjningskedjor) som en del av försörjningskedjor som producerar insatsvaror och färdiga varor.
3. Distributionsanläggningar (noder i distributionsnät), till exempel lager och distributionsnoder, där distributionsverksamheten bedrivs, vilket inkluderar konsolidering, cross-docking och lagring. Dessa anläggningar genererar flöden av enhetslaster (containrar och lastbilslaster) som kommer från tillverkningsområden eller terminaler.

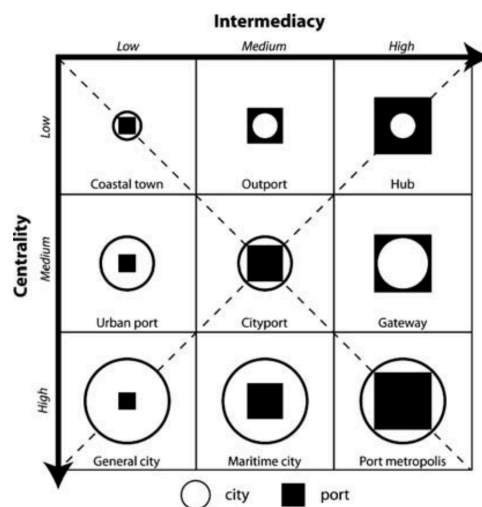
## 2.3 Nodens roll i transportsystemet

Det är viktigt att inte bara betrakta noden isolerat, utan även utifrån den roll som noden har i transportnätverket. Woxenius (2007) definierar sex olika teoretiska utformningar av transportnätverk (Figur 5). Nodernas roll i nätverket beror på hur nätverket är utformat. I "hub-and-spoke" nätverket, till exempel, går samtliga lastenheter i hela nätet genom hubben, vilket innebär att ett haveri i hubben skulle lamslå hela nätet, medan "spoke"-noden hanterar bara lastenheter som har denna nod som destination.



Figur 5: Teoretiska utformningar av transportnätverk (Woxenius, 2007)

Konceptet av *intermediacy & centrality*, som utvecklats av Fleming och Hayuth (1994), kombinerar nodens roll i transportnätverket (intermediacy) med ett funktionellt mått för nodens omland (centralitet). Intermediacy beskriver terminalen som en mellanliggande punkt i flödet av passagerare eller gods mellan andra regioner. Ett hög intermediacy betyder att många regioner kan nås via denna nod (t.ex. hubbar). Centrality beskriver noden som utgångspunkt och destination och är kopplat till transporter som genereras av ekonomiska verksamheterna i nodens omland. En stor täthet av verksamheter i nodens omland innebär en hög "centrality". Ducret & Lee (2006) illustrerar denna koncept för hamnar i en matris över förhållandet mellan hamnens roll i transportnätverket och staden som hamnen är lokaliserad i (Figur 6).



Figur 6: Intermediacy & Centrality (Ducret & Lee, 2006)

Modellen övervinner svårigheten att skapa en enda definition av "hamnstad", eftersom få platser lyckas behålla en balanserad kombination av centrality och intermediacy. Obalanserade profiler är mer sannolikt, t.ex. en "maritime city" som är viktig för sitt inland men utvecklar få verksamheter i omlandet (till exempel Le Havre och Rotterdam), och "city port" som har en viss betydelse i det urbana systemet men med begränsad hamnverksamhet (till exempel Stockholm).

## 2.4 Noden ur ett planperspektiv

Konceptet intermediacy och centrality som beskrivs ovan visar att noderna har en geografisk dimension. Transportnätverken förbinder platser och möjliggör på så sätt den rumsliga fördelningen av ekonomisk verksamhet, vilket är grunden för regional välfärd. Transporter möjliggör på detta sätt en balanserad regional utveckling som underlättar en rättvis fördelning av livskvalitet.

Ekonomisk verksamhet kräver en hög grad av tillgänglighet till platser där insatsvaror och marknader finns. Tillgången till transporter är därför en viktig del i beslut av lokalisering av ekonomiska anläggningar, vilket leder till förändringar i markanvändningssystemet (Geurs och van Wee, 2004). Den rumsliga fördelningen av transportinfrastruktur och transporttjänster formar tillgänglighetsnivåerna på olika platser, vilket sedan påverkar besluten om markutveckling och markanvändning. Generellt sett tenderar regioner med hög tillgänglighet att vara mer konkurrenskraftiga än perifera och avlägsna regioner (Gutiérrez et al., 2009). Följaktligen kan transportinvesteringar leda till ekonomisk utveckling eftersom transportinfrastrukturen öppnar marknader (Lakshmanan, 2011). En förutsättning för detta är att det måste finnas någon ekonomisk verksamhet som hålls tillbaka på grund av bristande transporter (Black, 2001).

Vidare behöver terminaler för effektiv terminaldrift och intermodala tjänster en kritisk massa av godsvolymer, som ofta inte är tillräckligt stora för att alla kommuner ur ett kostnadseffektivitetsperspektiv ska kunna etablera en egen terminal. Därför är det viktigt att flera kommuner samarbetar och enas om en lämplig plats inom den ekonomiska regionen. Konflikter och oenigheter mellan kommuner kan försena utvecklingsprocessen avsevärt.

En studie av Bergqvist et al (2010) undersökte utvecklingsprocessen för den intermodala terminalen i Skaraborgsregionen och fann att frågan om var terminalen skulle placeras fördröjde etableringen. Detta berodde på att det fanns flera möjliga platser i olika kommuner, och flera politiker hade strategiska ambitioner om att ha en intermodal väg- och järnvägsterminal i deras egna kommun. Ett samordnat regionalt logistiksystem är därför viktigt för att underlätta utvecklingen av intermodala terminaler.

Däremot kan noderna också vara ett hinder för den lokala hållbara utvecklingen eftersom trafiken till och från terminaler orsakar ett antal negativa effekter. Det lokala och regionala trafiksystemet ökar räckvidden för godstransporter på sjö och järnväg genom att koppla avsändare och mottagare till järnvägsterminaler och hamnar och därmed möjliggör en regional konsolidering av godsflödena. Å andra sidan begränsar trängsel i stadsområden lastbilsforslingens effektivitet och kapacitet. Samtidigt bidrar lastbilsforslingen till trafikens negativa effekter på miljön (till exempel utsläpp till atmosfären, användning av icke förnybara bränslen, avfall och förlust av ekosystem), på

samhället (till exempel folkhälsa, olyckor, buller och minskad livskvalitet) och på ekonomin (till exempel resursslöseri och trängsel som leder till minskad resetillförlitlighet och tillgänglighet i städerna).

En strategisk placering av terminaler och logistikområden i stadsområden kan minska den lokala vägtrafiken till och från terminalerna och de negativa effekter som är förknippade med den (Wagner, 2010). Behrends (2012) visade dessutom att i de fall där den intermodala terminalen är belägen i centrala områden genererar lastbilsforslingen från avsändare i förortsområden betydande trafikpåverkan, till exempel trängsel, olycksrisker och buller, vilket kan motverka de fördelar som järnvägstransporter har för klimatet och luftkvalitet. Under sådana omständigheter är en trafikslagsbyte från väg till järnväg främst fördelaktigt från ett klimatperspektiv, medan de externa effekterna i ursprungs- och destinationsstäderna kan öka avsevärt. Genom att placera den intermodala terminalen och industriområden med potentiella avsändare av järnvägsgods i mindre känsliga förortsområden kan man minska avstånden för lastbilsforslingen och därmed dess kostnaderna. Dessutom minimeras effekterna av buller, trängsel och luftföroreningar, även om avstånden är längre, eftersom transporterna undviker känsliga stadsområden.

Genom att beräkna de externa kostnaderna för en vägtransport mellan en speditörs terminaler och ett intermodalt alternativ visar Behrends (2012) att ett byte från väg till järnväg kan leda till minskad klimatpåverkan och minskade luftföroreningar till följd av järnvägens allmänna miljöfördelar när det gäller energianvändning och utsläpp. Dessa fördelar uppnås dock på bekostnad av större trafikpåverkan i form av buller, risk för olyckor och trängsel i mer känsliga områden. Ett modalt skifte är därför främst fördelaktigt från ett nationellt perspektiv, medan de externa effekterna i avsändare- och destinationsstäderna kan öka avsevärt. Trots att ett modalt skifte kan vara fördelaktigt i stort, kan det vara problematiskt för städer som strävar efter hög livskvalitet. Omfattningen av denna trade-off beror till stor del på det relativa läget mellan den intermodala terminalen och avsändaren och mottagaren.

Behrends (2012) visat att denna struktur kan variera avsevärt. I Stockholm (Årsta) och Hannover i Tyskland till exempel ligger de intermodala terminalerna nära stadskärnan medan avsändare och mottagare av intermodala godstransporter ofta ligger i industriområden vid stadens utkanter med goda förbindelser till den omgivande motorvägsringen. Körsträckan i urbana områden för lastbilsforsling och för järnväg i det intermodala alternativet är därför större än körsträckan i vägtransportalternativet. I Bremen i Tyskland å andra sidan ligger terminalen i samma industriområde med avsändare och mottagare utanför staden, vilket gör att lastbilsforslingens körsträcka i stadsområden är mycket mindre än körsträckan i vägtransportalternativet.

## 2.5 Noden ur ett försörjningskedjas perspektiv

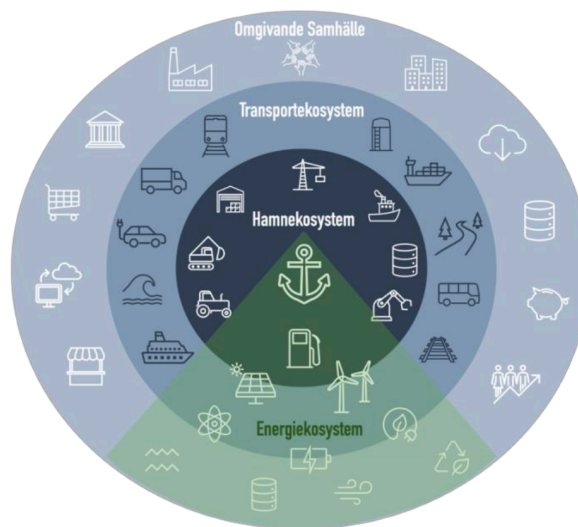
Utöver den rena transportrelaterade verksamheten, till exempel lastning och lossning, erbjuder terminaler ofta ytterligare tjänster till varuägare och logistikaktörer som skapar mervärde i försörjningskedjor. Terminaler är därför inte bara noder i transportnätverk utan deras relaterade verksamheter är ofta även en del av varuägarnas logistik- och försörjningskedjor. Exempel för dessa mervärdesverksamheter inkluderar produkt-



relaterade aktiviteter (till exempel sortering, förpackning, montering eller provning), lagring och stuffning/strippning av containrar (Kjellsdotter et al., 2022).

Exempel på godsflöden där noder kan skapa värde i försörjningskedjor och genom detta bidra till samhällets hållbarhetsomställning är återvinningsflöden och energi. Hamnar, till exempel, ingår ofta i transportkedjor av energibärare samt är en viktig del av cirkulära värdekedjor. Hamnmyndigheter har därför möjligheten att gemensamt med kunder och intressenter utveckla nya försörjningskedjor för energi och cirkulära koncept (Royal HaskoningDHV, 2022). Notteboom et al. (2020) konstaterar att hamnekosystemen förväntas utvecklas till viktiga platser för återvinningsverksamhet och återanvändning av material inom ramen för övergången till en cirkulär ekonomi. Ett exempel på detta är SHREK-projektet som visar att hamnar som är involverade i cirkulära försörjningskedjor kan skapa ett mervärde för varuägarna genom att erbjuda lagringsmöjligheter, till exempel för konsolidering av flöden, fyllning av lastenheter, samt tillgång till kajer för effektiv hantering av volymer dygnet runt (Kjellsdotter et al., 2022).

Ett annat exempel är projektet *Hamnen som energinod* (Bach et al., 2022), som utvecklade ett koncept för hur hamnar kan adressera anskaffning, lagerhållning och försörjning av hållbar energi för hamnens egna operationer och till besökare. Hamnen är därmed en viktig aktör i energisystemet som inte bara berör hamnens roll i transportsystemet men även det omgivande samhället (Figur 7).



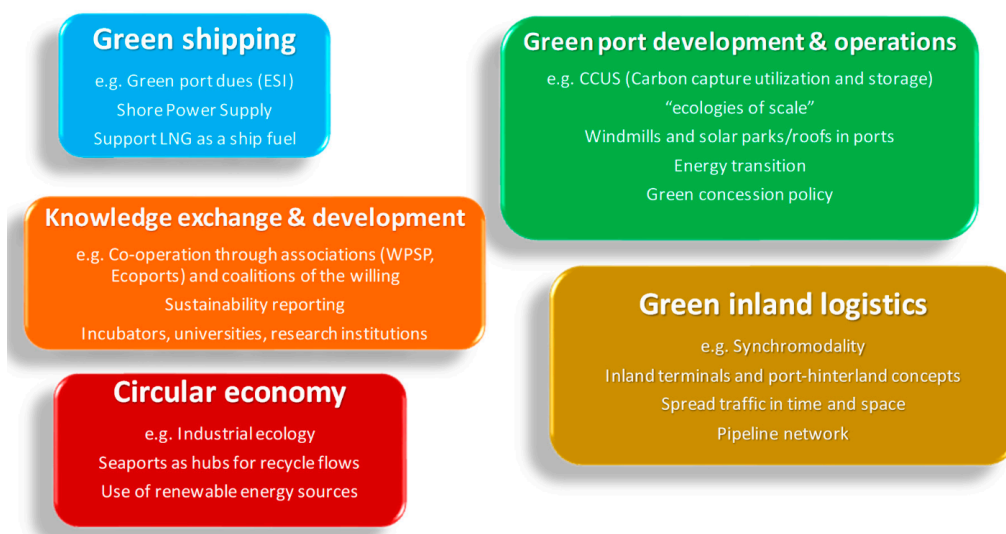
Figur 7: Hamnens roll i energiekosystemet (Bach et al., 2022)

## 2.6 Hållbara noder

Det finns ingen accepterad definition av vad en hållbar intermodal nod är, men det har diskuterats i litteraturen vad som utgör en hållbar hamn. I I.hamn-projektet, till exempel definieras hållbara hamnar på övergripande nivå enligt följande (Lind et al, 2021):

*Den hållbara hamnen är en nod som genererar värdeskapande tjänster till sina kunder, ägare och omvärld. Hamnen bedrivs på affärsmässiga grunder och som transportnod bidrar hamnen till en hållbar användning av transportsystemet genom att vara en integrerad del i globala, regionala och lokala transportsystem där olika trafikslag ingår och samverkar.*

Notteboom et al. (2020) påpekar att hamnar, som är centrala knutpunkter i globala transportnätverk och där flera försörjningskedjor möts, spelar en viktig roll i logistikens omställning mot hållbarhet. För det första bidrar hamnar själva till miljöpåverkan genom sin transportfunktion (dvs. transport-, terminal- och lagerverksamhet) och genom sin roll i produktionsnätverk (dvs. varu- och energiproduktion samt återvinning). För det andra orsakar sjöfartsverksamheten med fartyg och landtransporterna som besöker hamnen negativa miljöeffekter. Eftersom hamnar är knutpunkter i transport och produktionsnätverk har de unika möjligheter att bidra till målen för "grön supply chain management". Det finns fem åtgärdsområden för att uppnå detta: 1) grön sjöfart, 2) grön hamnutveckling och grön hamnverksamhet, 3) grön inlandslogistik, 4) hamnar och cirkulär ekonomi samt 5) åtgärder inom kunskapsutveckling och informationsutbyte (Figur 8).



Figur 8: Åtgärdsområden för hamnar inom green supply chain management (Notteboom et al., 2020)

Ett arbete som är relevant för diskussionen om hållbara intermodala noder är Trafikverkets utredning om gröna sjöfartskorridorer som genomfördes under 2022 som ett regeringsuppdrag (Trafikverket, 2022). Gröna sjöfartskorridorer är ett begrepp som introducerades under FNs klimatkonferens (COP26) i Glasgow hösten 2021, och innebär att sträckan mellan två hamnar ska trafikeras helt eller delvis av utsläppsnåla fartyg för att öka tempot i sjöfartens omställning till att bli mer hållbar. Sverige är ett av 24 länder som har åtagit sig att verka för att införa gröna sjöfartskorridorer.

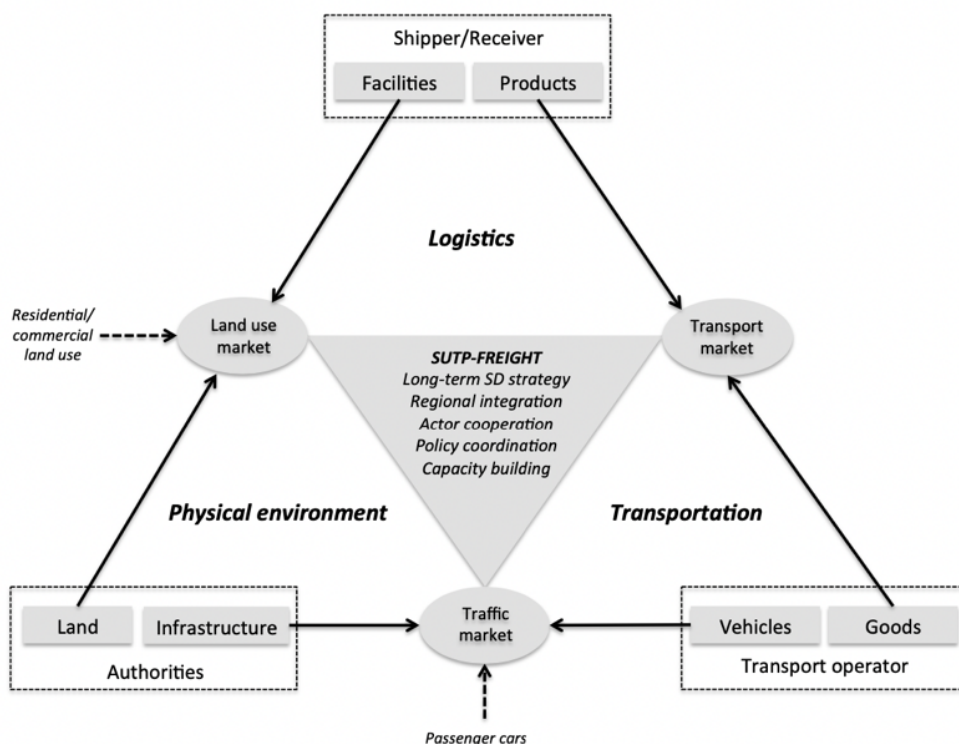
Flera viktiga aktörer, såsom rederier, hamnar, varuägare och energileverantörer, är engagerade i att etablera gröna sjöfartskorridorer i Sverige. För att göra detta möjligt behöver flera åtgärder genomföras, inklusive en ökning av tillgången till och efterfrågan på förnybara bränslen. För att sjöfarten ska ha bättre förutsättningar att ställa om behöver produktionen av både biobränslen och elektrobränslen öka samtidigt som priserna behöver bli mer attraktiva. Att få till en fungerande distribution av bränslena är också en nyckelfråga som kräver nära samarbeten mellan olika aktörer samt en väl fungerande infrastruktur. Hamnar har en särskilt viktig roll i denna omställning, särskilt när det gäller effektbehovet för rederier som planerar för en elektrifiering (Ibid).

## 2.7 Systemperspektiv på hållbara intermodala noder

För att definiera hållbara intermodala noder krävs ett systemperspektiv som tar hänsyn till de mekanismer som utgör både de ohållbara och de värdeskapande effekterna av godstransportsystemen. Det är viktigt att beakta tre perspektiv:

1. Det lokala perspektivet, dvs. hur noden påverkar varuägarnas, transportörernas och de lokala myndigheternas mål i nodens omland,
2. Transportsystemets perspektiv, dvs. hur noden samverkar med andra noder i transportnätverket, och
3. Samhällets perspektiv, dvs. hur noden bidrar till samhällets hållbarhetsmål och viktiga samhällsfunktioner.

Utgångspunkten för utvecklingen av definitionen för hållbara intermodala noder är modellen för hållbara urbana godstransporter (Behrends, 2011) som bygger på ett triadiskt förhållande mellan logistiksystemet, transportsystemet och markanvändningssystemet (Figur 9). Det finns olika aktörer och intressenter som ansvarar för utformningen av dessa system. De viktigaste aktörerna är varuägare, transportörer samt lokala och regionala myndigheter.



Figur 9: Systemmodell för hållbara urbana godstransporter (Behrends, 2011)

**Offentliga förvaltningar** på lokal och regional nivå har mandat att utforma den fysiska miljön, vilket påverkar godstransporterna. De använder markanvändning och trafikplanering för att förbättra den byggda och sociala miljön. De tillhandahåller mark för ekonomiska anläggningar och transportinfrastruktur, till exempel vägar och

järnvägsspår på vilka fordonsrörelser äger rum. De lokala förvaltningar har två mål: För det första strävar de av ekonomiska skäl efter att deras stadsregion ska ha hög tillgänglighet till det överregionala transportnätverket och ett effektivt transportnätverk för att öka deras attraktionskraft för ekonomisk verksamhet, vilket är en faktor för regional välfärd. För det andra strävar de av sociala och miljömässiga skäl efter att minska effekterna av godstrafiken i takt med att kraven på hög livskvalitet ökar hos de människor som bor och arbetar i städerna.

**Varuägarna** ingår i logistiksystemet och ansvarar för förflyttning av produkter i försörjningskedjans länkar mellan anläggningar där ekonomisk verksamhet bedrivs. En förutsättning för en fungerande ekonomi är att varorna är tillgängliga för de anläggningar där den ekonomiska verksamheten äger rum. Att tillhandahålla denna tillgänglighet är huvudfunktionen för godstransporter och det är behoven av tillgänglighet som styr hela systemet för godstransporter. Avsändarnas beslut om försörjningskedja och logistikstrategier bestämmer transportefterfrågan i form av storlek, frekvens, ledtid, leveransprecision och flexibilitet. Det främsta intresset för avsändare/mottagare är hög tillgänglighet till sina leverantörer och kunder.

**Transportörer** utformar transportsystemet och tillhandahåller transporttjänsterna som varuägaren efterfrågar. Den viktigaste frågan för transportörerna är hur de ska kunna uppnå ett högt resursutnyttjande när de tillhandahåller den efterfrågade transportkvaliteten. Den kvalitet som krävs avgör hur mycket transportresurser som behövs för att producera tjänsten.

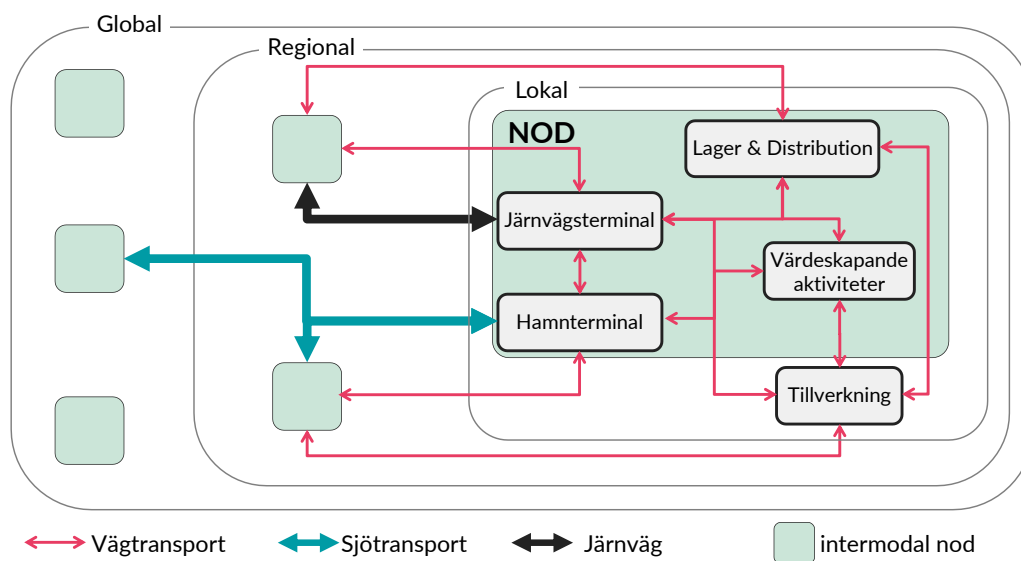
Logistik, transporter och den fysiska miljön samverkar med varandra. Detta samspel kan beskrivas med hjälp av **marknader**, där efterfrågan och utbud möts i varje del av systemet. På *transportmarknaden* matchas efterfrågan på materialflöden av utbudet av transporttjänster, vilket resulterar i faktiska varuflöden som genererar efterfrågan på fordonsflöden. Den här efterfrågan matchas av utbudet av transportinfrastrukturkapacitet på *trafikmarknaden*. På *marknaden för markanvändning* matchas avsändarnas efterfrågan på platser för sina ekonomiska anläggningar av de lokala myndigheternas utbud av mark, som syftar till att skapa ekonomiska etableringar i stadsregionen.

För att uppnå ett hållbart godstransportsystem som uppfyller alla intressenters ekonomiska, sociala och miljömässiga mål behövs en **integrerad planering** som kopplar samman alla intressenter och marknader. På marknader konkurrerar logistik- och transportaktörerna med andra intressenter. Speciellt i stadsområden delar gods- och passagerarfordon samma infrastruktur och konkurrerar med varandra om den begränsade infrastrukturkapaciteten. På marknaden för markanvändning konkurrerar logistikanläggningar och transportinfrastruktur med andra former av markanvändning, till exempel företag och bostäder, om begränsat fysiskt utrymme.

## 2.8 Sammanfattning – teoretiska utgångspunkter för analysen

### 2.8.1 Definition intermodal nod

En intermodal nod integrerar intermodala terminaler, såsom järnvägs- och eller hamnterminaler, med ett eller flera kluster av lager- och distributionsverksamhet (till exempel varuägarens lagar och speditörers distributionsnoder), samt ett eller flera kluster av stödjande och värdeskapande aktiviteter (till exempel stuffing, lätt tillverkning, tankstationer, och tjänster som riktar sig till arbetare inom en logistikzon) (Figur 10).



Figur 10: Definition intermodal nod

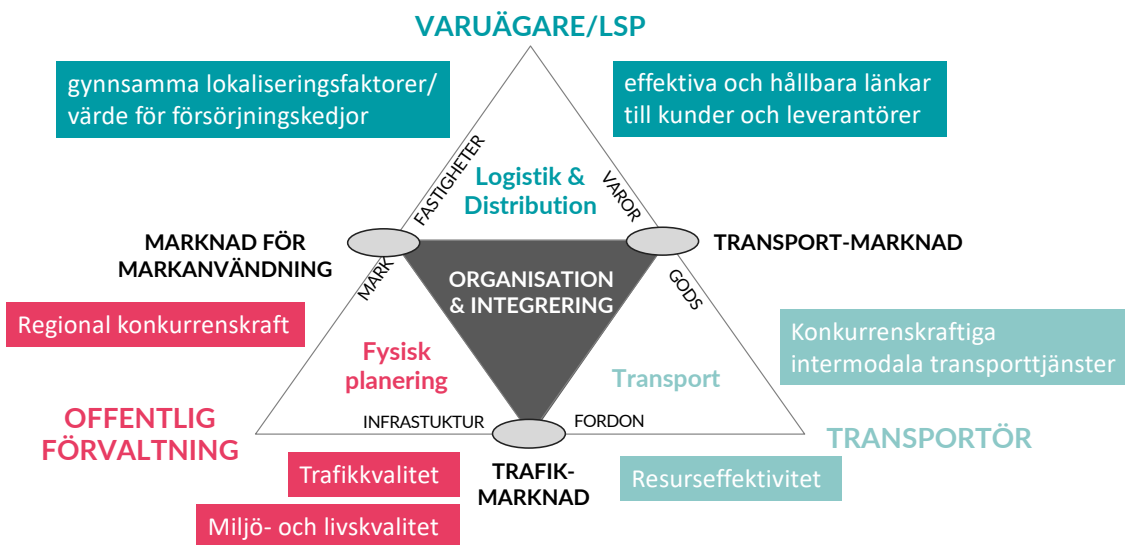
Denna integrering sker inom ett definierat område som ger fördelar som härrör från förbättrade logistikförmågor, tillgänglighet till regionala och globala marknader via järnväg och sjöfart, och sysselsättningsmöjligheter. Å andra sidan kommer området sannolikt att få negativa konsekvenser för samhället i form av mer vägtrafik på de lokala vägarna som bidrar till dålig luftkvalitet, buller och trängsel.

### 2.8.2 Funktioner av hållbara intermodala noder

Intermodala noder integrerar varuägarens försörjningskedjor, logistikföretagens distributionsnät, transportörernas transportnätverk och myndigheternas infrastruktur. Hållbara intermodala noder bidrar till att dessa aktörers ekonomiska, miljömässiga och sociala mål uppnås (Figur 11). Dessa är:

- Varuägare/logistikaktörer
  - Tillgång till effektiva och hållbara länkar till kunder och leverantörer
  - Platser för ekonomiska anläggningar med gynnsamma lokaliseringfaktorer
  - Tillgång till tjänster som skapar värde för försörjningskedjor

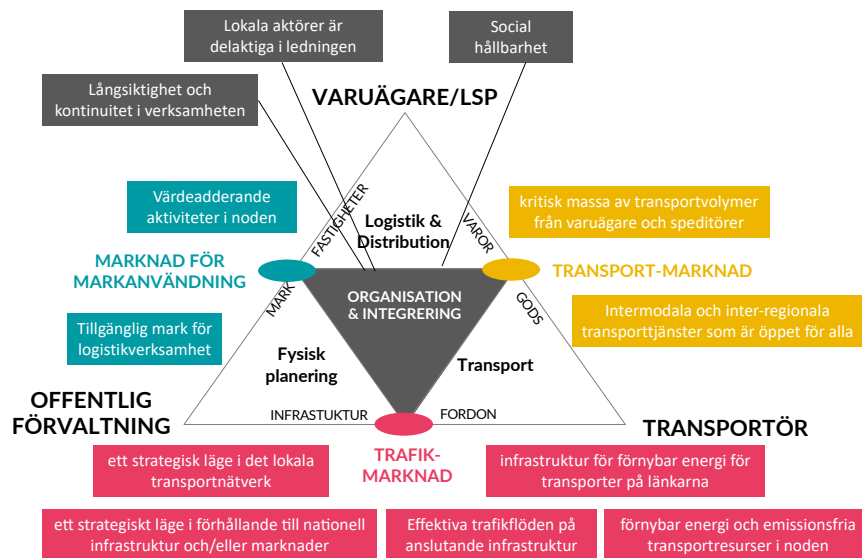
- Transportörer
  - Förutsättningar för att kunna erbjuda konkurrenskraftiga intermodala transporttjänster
  - Trafikförhållanden som möjliggör att transportresurser kan användas på ett effektivt sätt
- Offentliga förvaltningar
  - Bra trafik kvalitet på det lokala vägnätet
  - Bra miljö- och livskvalité för invånarna
  - Ett attraktivt läge för nyetableringar/regional konkurrenskraft



Figur 11: Funktioner av hållbara intermodala noder

### 3 Vad är en hållbar intermodal nod?

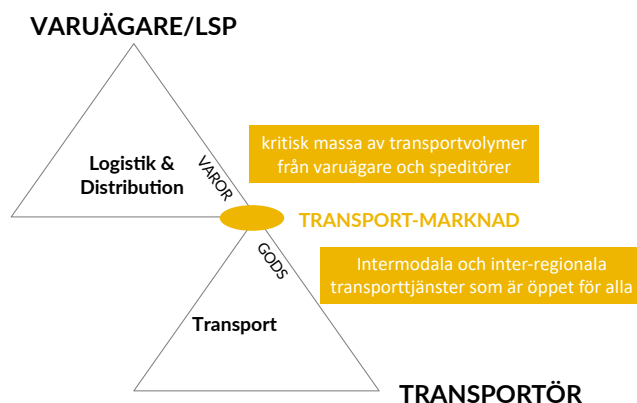
I detta kapitel presenteras definitionen av en hållbar intermodal nod, baserad på ett antal kriterier (Figur 12). Utvecklingen av dessa kriterier bygger på ramverket för aktörernas samverkan via marknader, som presenterades i kapitel 2 (se Figur 11). Det är dock viktigt att påpeka att inte alla noder behöver uppfylla samtliga kriterier. Vissa kriterier är endast relevanta för vissa noder i en specifik lokal kontext eller beroende på nodens roll i transportnätet. I detta kapitel definierar vi totalt 12 kriterier för hållbara intermodala noder. Kriterierna beskrivs närmare för varje marknad i detta kapitel.



Figur 12: Kriterier för hållbara intermodala noder

#### 3.1 Kriterier för transportmarknaden

På transportmarknaden motsvaras varuägarens efterfrågan på varornas mobilitet av transportföretagens utbud av transporttjänster, vilket resulterar i faktiska varuflöden (Figur 13). För hållbara intermodala noder betyder detta att det finns tillgång till intermodala och inter-regionala transporttjänster (Kriterium 1) och att noderna attraherar en kritisk massa av transportvolymen (Kriterium 2).



Figur 13: Kriterier för transportmarknaden

### 3.1.1 Kriterium 1: intermodala transporttjänster

#### **Hållbara intermodala noder erbjuder intermodala och inter-regionala transporttjänster som är öppet för alla.**

I många regioner finns det begränsade alternativ till vägtransporter på grund av ojämlika investeringar i transportnoder och länkar, vilket leder till ojämlik tillgång till transporttjänster. Detta hindrar en rättvis fördelning av välfärden på global, regional och lokal nivå. I många europeiska länder finns det betydande tillgänglighetsklyfta mellan centrala och perifera områden, vilket enligt EU-kommissionens vitbok från 2011 kommer att öka om den nuvarande utvecklingen fortsätter (Europeiska kommissionen, 2011). Dessa effekter beror främst på ojämna investeringar i trafikslagets kapacitet, rutter och terminaler, vilket har lett till ökade skillnader mellan centrala och perifera områden (Knowles, 2006). För att uppnå en balanserad regional utveckling krävs en mer homogent fördelad tillgänglighet, vilket i sin tur kräver decentraliserade nät (Gutiérrez et al., 2009).

Tågtransporter, till exempel, begränsas ofta till långa sträckor mellan stora städer, medan mindre orter och glesbefolkade områden får förlita sig på vägtransporter. Under 90-talet har godstågsoperatörerna i Europa övergett mellanliggande terminaler för omlastning eller rangering. Behovet av att rationalisera järnvägssektorn var stort på grund av konkurrensen från vägtransporterna och de höga inköps- och driftskostnaderna för terminalutrustning har lett till en strategi som syftade till att öka stordriftsfördelarna (Trip och Bontekoning, 2002). Trenden att överge nätverken och i stället fokusera på direkta förbindelser mellan större tätorter och hamnar fanns även i Sverige (Woxenius och Bärthel, 2008). Företagen i mindre orter och glesbefolkade regioner saknar därmed effektiva och hållbara länkar till deras kunder och leverantörer. Den begränsade tillgänglighet gör regionen mindre attraktiv för nyetableringar jämförd med regioner med bättre tillgänglighet, vilket är ett hinder för den regionala ekonomiska utvecklingen.

### 3.1.2 Kriterium 2: kritisk massa av volymer

#### **Hållbara intermodala noder attraherar en kritisk massa av transportvolymer från varuägare och speditörer**

Transportnoderna är avgörande för att skapa effektivitet i transporten genom samlastning, omlastning och lagring, samtidigt som de bidrar till plats- och tidsbesparingar. Men att etablera och driva omlastningsterminaler är både tids- och kostnadsintensivt, vilket gör att det krävs tillräckligt höga transportvolymer för att uppväga kostnaderna. Ofta är enskilda varuägars volymer för små för att skapa ekonomiskt lönsamma intermodala tjänster, men när flera varuägars efterfrågan på transport sammanförs i en terminalregion kan volymerna bli tillräckligt höga. Detta betonar vikten av att det urbana transportsystemet som möjliggör konsolideringen av gods, är kopplat till det interregionala transportsystemet för att skapa en hållbar och effektiv transportkedja (Bergqvist, 2007).

Var den lägre gränsen går som möjliggör effektiva noder är svårt att avgöra och beror också på nodens funktion i transportnätverket. Noder för skytteltrafik, dvs. fulla tåg eller fartyg som går direkt mellan två terminaler, kräver stora terminaler som är dyra i

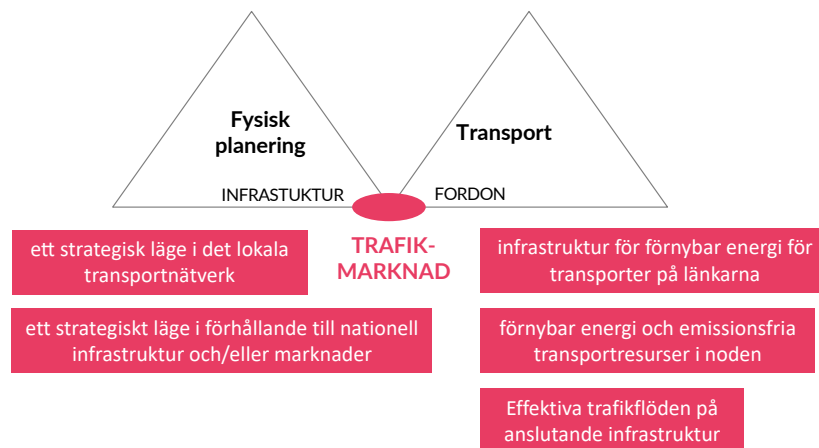


anläggning och drift. Detta system ger en mycket rationell hantering men kräver stora volymer vilket gör att marknaden blir begränsad till ett antal relationer mellan ändpunkter på relativt långa avstånd. Om noden ingår i ett nätverk av noder, till exempel i en "hub & spoke" nätverk där mindre terminaler (ekerterminal) är anslutna till en central knutpunkt (hubbterminal), eller linjetrafik där tåget/fartyget stannar på flera ställen under vägen mellan start och slutdestination, kan den kritiska massan reduceras. Lägre. UIC (2007) uppskattar att direkta förbindelser kräver cirka 150 000 ton på handelsleden mellan ursprungs- och destinationsregionen för att kunna uppnå en tillfredsställande lastfaktor på de tåg som trafikerar länken. Denna kritiska massa av godsvolymer för "eker"-terminaler i stora hubbar och ekernätverk är med 7 500 ton mycket lägre. Det är därför viktigt att nodens terminal ingår i ett trafikupplägg där terminalen utgör en av flera terminaler i ett nätverk. Detta gör även terminalen mindre känslig för nedgångar i transportvolymerna (Sandberg, et al., 2010).

Noder konkurrerar med varandra och kan ha ett överlappande upptagningsområde. Om terminalerna ligger för tätt kan det bli konkurrens för samma volymer som gör det svårare att uppnå den kritiska massan (kannibalism). Privata terminaler som inte är öppna för alla kan ge behov till ytterligare terminaler i regionen (Sandberg et al., 2010) som tar volymer ifrån varandra, och därmed gör det svårare att uppnå volymerna som behövs för kostnadseffektivitet.

## 3.2 Trafikmarknaden

På trafikmarknaden motsvaras transportörernas efterfrågan på fordonsflöden av utbudet av transportinfrastrukturkapacitet (Figur 14). För hållbara intermodala noder betyder detta att kapaciteten av anslutande infrastruktur ska möjliggöra effektiva trafikflöden till nodens terminaler (kriterium 3).



Figur 14: Kriterier för trafikmarknaden

De flesta negativa effekterna av godstransporter sker genom att terminaler och fordonen som förflyttar sig på väginfrastrukturen förbrukar energi och ger upphov till utsläpp (Behrends et al., 2008). Hållbara intermodala noder behöver därför både bedriva sina egna verksamheter med hållbar energi och teknik (" eget behov", kriterium 4), samt att bidra till att förse lastbilar, tåg, och fartyg som besöker noden med hållbar energi ("besökarens behov", kriterium 5). För att minska transportsträckor och negativa effekter på lokalbefolkningen bör hållbara intermodala noder ha ett strategiskt läge i

förhållande till nationell infrastruktur och/eller till produktions- och konsumtionsmarknader (Kriterium 6) och i det lokala transportnätverket (Kriterium 7).

### 3.2.1 Kriterium 3: anslutande infrastruktur

#### **Hållbara intermodala noder har effektiva trafikflöden på anslutande infrastruktur.**

Stadsmiljöer som kännetecknas av trängsel och begränsad vägtransportkapacitet minskar transportörens transporteffektivitet och terminalers tillgänglighet och därmed den intermodala konkurrenskraften. Godstrafiken delar infrastrukturen med passagerartrafiken och påverkas därför av trängsel i städerna, vilket försämrar kvaliteten och effektiviteten av lastbilsforslingen i intermodala transportkedjor. Speciellt i storstadsområden med mycket trängsel i rusningstrafik utgör trafiken ett hinder för intermodala nätverk. Woxenius och Bergqvist (2011), till exempel, konstaterar att en stor del av väginfrastrukturen i centrala Göteborg är överbelastad och att problemen blir allt allvarligare. Detta är en utmaning för semitrailers som levereras till Göteborgs hamn, eftersom efterfrågetoppen för semitrailers sammanfaller med vägtrafikens rusningstid.

För noder med höga godsvolymer, till exempel hubbar i stora nätverk, kan den anslutande infrastrukturen utgöra en flaskhals på grund av den stora godstrafiken till och från terminalerna. Detta är särskilt utmanande för järnvägsanslutningar, som ofta saknar tillräcklig kapacitet för att hantera en betydande ökning av trafiken. För hamnar utgör de allt större fartygen en stor utmaning. Förutom de specifika investeringsbehoven för att anpassa hamnarna till större fartyg, leder de ökade lastvolymerna från dessa fartyg till toppar i hamnaktiviteten och ökar risken för stockningar både i hamnområdena och i transportförbindelserna till det ekonomiska inlandet (Trafikanalys, 2019).

### 3.2.2 Kriterium 4: förnybar energi och emissionsfria terminalresurser.

#### **Hållbara intermodala noder använder förnybar energi och emissionsfria resurser för hantering.**

Hamn- och terminaloperationer förbrukar energi och genererar emissioner till luft som bidrar till klimateffekter och luftföroreningar, samt buller. Hållbara intermodala noder minskar de negativa effekterna på den globala och lokala miljön genom att använda resurser och utrustning för eget behov som är emissionsfri och drivs av förnybar energi.

Beträffande hamnar identifierar Notteboom et al (2020) flera instrument och koncept för grön hamnutveckling och grön hamnverksamhet, bland annat en grön koncessionspolicy genom att införa gröna element i terminalens koncessionsförfaranden och kontrakt, samt användandet av kaj- och terminalutrustning med låga eller inga utsläpp. Royal HaskoningDHV, (2022) presenterar åtgärder för att minska koldioxidutsläpp inom hamnområdet, som inkluderar verksamhet under hamnens ansvar men även åtgärder kopplade till rederier och terminaloperatörer. Dessa inkluderar åtgärder för energibesparingar och elektrifiering av hanteringsutrustningen.

### 3.2.3 Kriterium 5: Transportörens behov av hållbar energi

#### **Hållbara intermodala noder bidrar till en infrastruktur för förnybar energi för transporter på länkarna.**

För att ställa om till fossilfria transporter krävs det en täckande infrastruktur för alternativa bränslen och förnybar energi i hela transportnätverket. Den befintliga bristen på en sådan infrastruktur utgör en betydande utmaning för att kunna genomföra omställningen till både fossilfria fordons- och fartygsflottor. Ett sätt att möta denna utmaning är att se till att terminalerna i intermodala transportnätverk, som fungerar som hubb för många olika försörjnings- och transportkedjor, utrustas med den nödvändiga infrastrukturen. Åkerier, till exempel, efterfrågar möjligheten att ladda elektriska lastbilar i hamnen eller i dess närområde (Bach et al., 2022). Detta bekräftas i den pågående revideringen av EUs: ramverk för väg-, järnvägs-, luft- och vattentransporter "Det transeuropeiska transportnätverket (TEN-T)", som innehåller ett förslag att multimodala godsterminaler som järnvägsterminaler, bangårdar och depåer samt hamnar ska innehålla infrastruktur för alternativa bränslen (Bach et al., 2022).

Fartyg släpper inte bara ut skadliga ämnen när de seglar utan även i hög grad när de ligger stilla eller förtöjda i hamnarna. Därmed har hamnarna och deras aktörer en viktig roll att spela för att förbättra luftkvaliteten i hamnarnas omland (Notteboom et al., 2020). Ett exempel på åtgärder för att minska utsläppen är användning av landström när fartyg ligger vid kaj, där exempelvis projektet "Kaj-El" utvecklat beslutsstöd för implementering och användning av landström. Det framhålls att samarbete mellan olika aktörer är nyckeln till en framgångsrik implementering av landström (Costa et al., 2022).

### 3.2.4 Kriterium 6: strategiskt läge till nationell infrastruktur och marknader

#### **Hållbara intermodala noder har ett strategiskt läge i förhållande till nationell infrastruktur och/eller till produktions- och konsumtionsmarknader.**

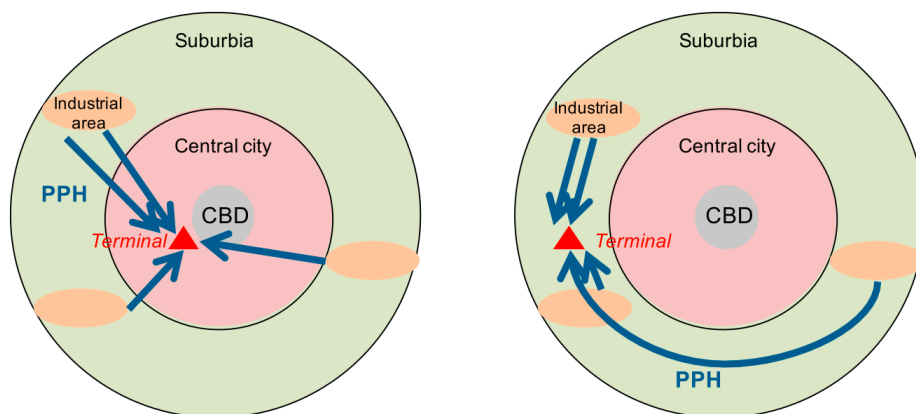
Förflyttning med lastbil mellan avsändare/mottagare och intermodala terminaler utgör ofta bara en liten del av den intermodala transportkedjans totala sträcka, men trots detta står den för en betydande andel av transportkedjans kostnader. Terminalerna bör därför ligga så nära marknaden som möjligt och med en bra koppling till nationell infrastruktur (Sandberg et al., 2010). Ett strategiskt läge i förhållande till nationell infrastruktur, dvs. stora hamnar, väg- och järnvägsstråk, samt produktions- och konsumtionsmarknader möjliggör korta transportsträckor i detta led samt kan underlätta samordning med andra terminaler, och skulle därmed kunna bidra till att förbättra den intermodala konkurrenskraften (Sandberg et al., 2011).

### 3.2.5 Kriterium 7: strategiskt läge i det lokala transportnätverket

#### Hållbara intermodala noder har ett strategiskt läge i det lokala transportnätverket.

Eftersom terminalerna och hamnar ofta är en del av de urbana transportsystemen leder en ökning av sjö- eller järnvägstransporter till mer lokala luftföroreningar, buller och trängsel på dessa centrala platser. Vid ogynnsamma geografiska förhållanden för terminalen, avsändaren och mottagaren i stadsmiljö kan en trafikomställning från väg till storskaliga trafikslag som järnväg eller sjöfart minska transportkedjans klimat- och luftföroreningspåverkan, vilket dock sker till priset av högre trängsel, buller och säkerhetsrisker samt försämrad luftkvalitet i terminalområdet (Figur 15).

Behrends (2012) visar att om en intermodal terminal ligger i centrala områden, så kan lastbilartransporten från avsändare i förortsområden generera betydande trafikpåverkan, till exempel trafikstockningar, olycksrisker och buller, som kan uppväga de fördelar som järnvägsfrakt har för klimatet och luftföroreningarna (Figur 15a). En övergång från väg till järnvägs- eller sjötransporter kan då vara fördelaktig för transportsystemet i stort, men de externa effekterna i ursprungs- och destinationsstäderna kan öka betydligt. Genom att placera den intermodala terminalen och industriområden med potentiella avsändare och mottagare av järnvägsgods i mindre känsliga förortsområden kan man alltså minska vägtrafiken i känsliga stadsområden (Figur 15b). och därigenom minska effekterna av buller, trängsel och luftföroreningar, även om avstånden är längre.

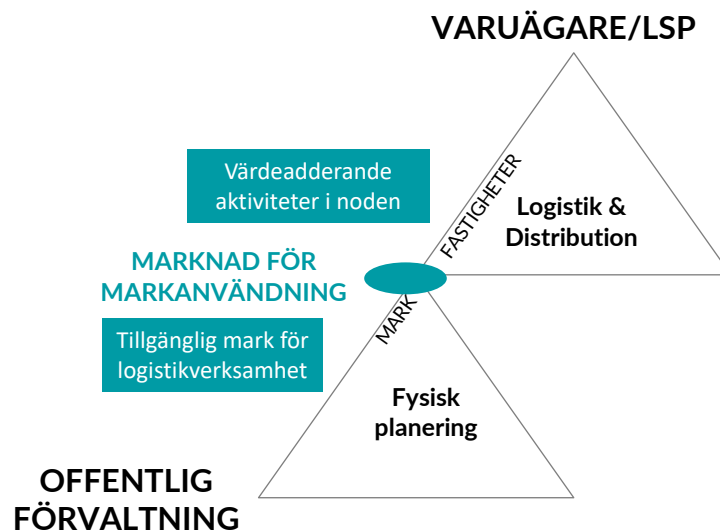


Figur 15: Lastbilbeflyttning intermodala transporter vid terminalen i (a) centrala områden och (b) i suburbana områden (Behrends, 2017)

För att undvika konflikter om markanvändning och begränsa de negativa effekterna av terminaltrafiken på stadsområden, bör lokala markanvändningsplaner separera terminaler, speditörer, vägar och järnvägsspår från bostads- och kommersiella områden. Genom att separera tillverkning och logistik från annan markanvändning kan man undvika blandning av godstrafik och passagerartrafik, vilket gör det enklare att nå terminalerna och lastbilstrafiken mer effektiv (Behrends, 2017).

### 3.3 Marknad för markanvändning

På marknaden för markanvändning motsvaras varuägarens och speditörernas efterfrågan på attraktiva platser för deras ekonomiska verksamheter av närområdets utbud av produktionsfaktorer (Figur 16). För hållbara intermodala noder innebär detta att noderna erbjuder värdeadderande aktiviteter till försörjningskedjor (Kriterium 8) samt att det finns mark för logistikverksamhet (Kriterium 9).



Figur 16: Kriterier för marknaden för markanvändning

#### 3.3.1 Kriterium 8: värdeadderande aktiviteter

**Hållbara intermodala noder erbjuder värdeadderande aktiviteter till försörjningskedjor.**

Genom bättre tillgång till intermodala transporttjänster ger hållbara intermodala noder bättre förutsättningar för befintlig industri och logistikverksamhet i terminalens upptagningsområde. En nods roll i en försörjningskedja kan dock variera från att bara vara en omlastningspunkt till en viktig logistiknod, och detta är i sin tur starkt beroende av försörjningskedjorna som använder noden och deras supply chain strategier. Exempelvis konstaterar Mangan et al. (2008) att hamnarna har utvecklats från enkla omlastningsplatser till logistiknoder som erbjuder en rad tjänster och verksamheter för att stödja den bredare försörjningskedjan, och argumenterar att detta kan vara till nytta för försörjningskedjorna genom att göra dem både effektivare och mer ändamålsenliga. Samtidigt kan hamnarna bli mer lönsamma. De värdeskapande aktiviteter som logistiknoder tillhandahåller inkluderar aktiviteter för att optimera inlandstransporter, till exempel omlastning av godset till andra lastenheter, packning av gods på pall, konsolidering och produktanpassning (t.ex. märkning) (Bouchery et al., 2021).

Notteboom et al. (2020) konstaterar att noderna kan bidra till att optimera materialhanteringen genom att stärka samspelet mellan aktörer inom samma geografiska område. Detta fungerar bäst när branscher med synergieffekter ligger nära varandra och stordriftsfördelar kan uppnås. Ett exempel för detta är hanteringen av avfall och återvinningsmaterial, till exempel genom utbyte av material, vatten och biprodukter. Dessutom är noderna väl lämpade för värdeadderande aktiviteter i

återvinningsflöden, som kan omvandlas till nya produkter i dessa knutpunkter som sedan kan transporteras på ett effektivt sätt till marknaderna. Kjellsdotter et al (2022) studerar tre svenska hamnar och deras roll i utvecklingen av logistikupplägg för cirkulära försörjningskedjor och visar att hamnar kan skapa ett mervärde för varuägarna genom att erbjuda lagringsmöjligheter, till exempel för konsolidering av flöden, fyllning av lastenheter, tillgång till kajer för effektiv hantering av volymer dygnet runt och genom att vara en logistisk knutpunkt som erbjuder möjligheter till omlastning mellan flera transportsätt.

För en kommun kan en logistiknod innebära ökad sysselsättning och skatteintäkter samt höjt markvärde på kommunens mark. Sandberg et al. (2011) har studerat tre kombiterminaler och visar att terminalerna har attraherat centrallager med Sverige och delar av Norden som marknad eftersom terminalerna ligger bra till ur ett större geografiskt perspektiv. Å andra sidan konstaterar Sandberg et al. (2010) att det finns en generell övertro till terminalernas effekt på sysselsättning och hur mycket kringverksamhet en terminal kan generera.

### 3.3.2 Kriterium 9: tillgänglig mark för logistikverksamhet

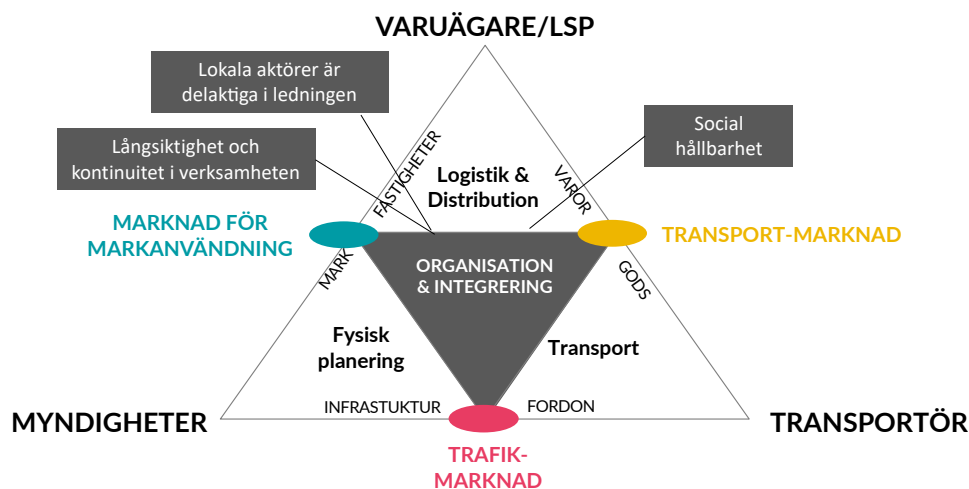
#### **Hållbara intermodala noder erbjuder mark för logistikverksamhet.**

Terminaler konkurrerar om markytan med andra aktiviteter, särskilt i täta urbana områden där marken är begränsad och det finns många andra verksamheter. Detta kan leda till höga markpriser som kan hindra nya etableringar eller kapacitetsökningar, och till och med tvinga befintliga logistikverksamheter att lämna strategiska lägen. I glesbefolkade områden är däremot konkurrensen och därmed markpriser låga. Noder kan i dessa regioner bidra till att öka kommunens attraktivitet för logistiketableringar, vilket kan leda till högre markpriser och ökade intäkter för kommunen.

Markpriserna är relevanta för varuägare och logistikföretag när de ska besluta om var de ska placera sin verksamhet. Bouchery et al. (2021) analyserar detta med en fallstudie av ett importflöde via Göteborgs hamn, där man jämför ett distributionscenter (DC) i hamnen med ett DC i Falköping som ligger 130 km inåt landet. Såvida inte mer än 85 % av transportererna är avsedda för Göteborg och dess närområde, är bedömningen att Falköping ur ett varuägarens kostnadsperspektiv är lämpligast för strippning av importcontainrar. Slutsatsen är att logistikaktiviteterna såsom stuffning och strippning under normala omständigheter är bäst placerade utanför hamnar i storstadsregioner, där markpriserna är lägre, även när en ganska stor del av de utgående transportererna är avsedda för hamnstaden och dess närhet.

## 3.4 Organisation och integrering

För att uppnå ett hållbart godstransportsystem som uppfyller alla intressenters ekonomiska, sociala och miljömässiga mål behövs en integrerad planering och organisation som kopplar samman alla intressenter och marknader (Figur 17). För hållbara intermodala noder innebär detta att nodens ledning balanserar intressen och initierar samarbeten (Kriterium 10), säkerställer långsiktighet och kontinuitet i verksamheten (Kriterium 11), samt bidra till social hållbarhet för besökare och anställda (Kriterium 12).



Figur 17: Kriterier för nodens organisation och integrering

### 3.4.1 Kriterium 10: Lokala aktörer är delaktiga i ledningen

#### **Hållbara intermodala noder leds av en lokal organisation som balanserar intressen och initierar samarbeten**

För att skapa en effektiv och hållbar nod krävs en form av styrning som passar dess organisatoriska komplexitet. Det är fördelaktigt att flera aktörer delar ägandet för att minska risken, istället för att endast en aktör (offentlig eller privat) är involverad (Rodrigue, 2020). Men för att undvika att vissa aktörer diskrimineras är det viktigt att ägandeformen inte leder till en prioritering av specifika intressen utan tar hänsyn till alla intressenters perspektiv, inklusive varuägare, transportörer och myndigheter. Därför är det önskvärt att ledningen för noden, helt eller delvis, är offentligt ägd för att säkerställa att alla intressenter tas tillvara. Öppna terminaler bör inte ägas eller drivas av företag som är inblandade i själva transporttjänsterna för att undvika diskriminering (Sandberg et al., 2010).

Vidare är det fördelaktigt om noden leds av en lokal organisation med stark koppling till regionen och god lokalkännedom. Att samla olika verksamheter på en plats kan ge stora miljöfördelar. Eftersom noder är naturliga mötesplatser för många aktörer, finns en stor potential för att dra nytta av skalfördelar. För att realisera det krävs åtgärder, som exempelvis främjar kunskapsutveckling, informationsutbyte och delning av god praxis (Notteboom et al., 2020). För att uppnå lönsamma volymer för intermodala transporter i mindre ekonomiska regioner är det nödvändigt att en betydande andel av regionens transporter kanaliseras genom regionens terminal. Detta kräver breda överenskommelser på lokal nivå, där både transportköpare och mottagare samtycker till att satsa på intermodala transporter (Behrends, 2012). Genom att alla aktörer, inklusive myndigheter, varuägare och transportföretag, är överens om en gemensam strategi finns det potential att öka konkurrenskraften och tåligheten (resiliens) i transportsystemet.

### 3.4.2 Kriterium 11: Långsiktighet och kontinuitet i verksamheten

#### **Hållbara intermodala noder leds av en organisation som säkerställer långsiktighet och kontinuitet i verksamheten.**

Det är av yttersta vikt att nodens intressenter och kunder kan lita på att noden kommer att existera och fungera långsiktigt. Detta kräver att verksamheten har en stabil drift och en kontinuerlig planering för att säkerställa en hållbar framtid. För att uppnå detta är det avgörande att noden har finansiell uthållighet och kontinuitet, något som ofta saknas inom privat näringsliv på grund av mer kortsiktiga ekonomiska motiv (Sandberg et al., 2010). För att garantera nodens långsiktiga framgång och hållbarhet bör offentligt ägande övervägas.

För att säkerställa att noder som är avgörande för samhällets försörjning inte hamnar i händerna på aktörer med egna intressen bör man överväga ett offentligt ägande. Detta är särskilt viktigt med tanke på de erfarenheter som Tyskland har haft med att överlåta ägandet och driften av sin kritiska gasinfrastruktur till Ryssland. En liknande situation uppstod nyligen när tyska regeringen tillät ett kinesiskt statligt företag att köpa in sig i en av Hamburgs hamns containerterminaler, som är klassad som kritisk infrastruktur. Beslutet mötte stark kritik, och det har lett till en debatt om Tysklands ekonomiska beroende av Kina (Sveriges Radio, 2023). För att undvika sådana problem i framtiden bör man noga överväga vem som äger och driver kritisk infrastruktur, och om det är lämpligt att överlåta ägandet till privata aktörer.

Kritiska noder kräver även större fokus på flexibilitet i stället för effektivitet, särskilt i händelse av turbulens och störningar. Nodkriticitet definieras här som nodens betydelse i ett nätverk, vilket gör det möjligt att karaktärisera varje specifik nod i ett nätverk (Craighead et al., 2007). Nodens kriticitet är därför relativ till andra noder i nätverket och kontextberoende. Till exempel är hubbterminal i ett hubb-och-eker-nätverk mer kritisk än eker-terminaler eftersom den har kopplingar till alla eker-terminaler. Nodens betydelse beror också på vilken typ av gods som hanteras. En nod som hanterar kritiskt gods för samhällets försörjning är mer kritisk än en nod som hanterar icke-kritiskt gods.

Exempel på störningar i noder som kan leda till problem för transportnätverket och samhällets godsförsörjning inkluderar Göteborgs hamnkonflikt och Covid-19-pandemin (Rogerson et al., 2022). Christopher och Holweg (2011) påpekar att den fokuserade strävan efter effektivitet i försörjningskedjan kan vara problematisk i händelse av turbulens och att det därför behövs en balanserad syn på hur man skapar anpassningsbara strukturer i försörjningskedjan. Medan en traditionell "effektiv" försörjningskedja är kortsiktig och fokuserar på kvartalsresultat, fokuserar en anpassningsbar försörjningskedja på flexibilitet för att uppnå långsiktig ekonomisk hållbarhet. I detta sammanhang kan noderna också bidra till en bättre "supply chain visibility" genom ökad öppenhet och bättre informationsdelning mellan aktörerna, vilket möjliggör att potentiella risker kan upptäckas och störningar kan hanteras tidigare.



### 3.4.3 Kriterium 12: Social hållbarhet

**Hållbara intermodala noder bidrar till bättre social hållbarhet genom att erbjuda bra arbetsvillkor, främja hälsa och välbefinnande bland besökare och anställda.**

Intermodala noder kan bidra till bättre social hållbarhet genom flera olika åtgärder. För det första kan noderna erbjuda bra arbetsvillkor för anställda inom nodens verksamheter. Detta kan uppnås till exempel genom att tillhandahålla goda arbetsförhållanden och bra kollektivtrafikförbindelser till nodens arbetsplatser. På så sätt kan man bidra till minskat trängsel och bättre luftkvalitet, samtidigt som man erbjuder anställda möjligheten att resa hållbart till jobbet.

För det andra kan transportnoder också bidra till att skapa bra arbetsvillkor för nodens besökare, till exempel lastbilschaufförer. Genom att erbjuda faciliteter som främjar deras hälsa och välbefinnande, kan man öka produktiviteten och trivseln bland dessa yrkesgrupper.

Utöver detta kan transportnoder också utveckla gröna zoner och buffertzoner i hamnområdet (Notteboom et al, 2020). Genom att skapa grönområden och integrera naturen i hamnmiljön kan man minska negativa hälsoeffekter från föroreningar och buller som annars skulle kunna påverka de boende i området negativt. Detta kan även bidra till en ökad trivsel bland besökare och anställda.

Generellt sett är dock forskningen inom den sociala dimensionen av hållbara transporter och försörjningskedjor fortfarande begränsad. I litteraturen om logistik och supply chain management undersöks åtgärder och strategier som företag använder för att ta itu med en rad sociala frågor, men det är fortfarande oklart vilka effekter dessa forskningsresultat har på verkliga förändringar i samhället som helhet. Företag i försörjningskedjan bör inte bara vara medvetna om sin roll för social hållbarhet, utan också ta ansvar för en effektiv förändring och implementering av åtgärder (Silva et al, 2013).

## 3.5 Sammanfattning

I detta kapitel har tolv kriterier formulerats för att definiera hållbara intermodala noder. Det är dock inte nödvändigt för alla noder att uppfylla samtliga kriterier eftersom vissa kriterier endast är relevanta för vissa noder i en specifik kontext eller beroende på nodens roll i transportnätverket. Därför har kriterierna kategoriserats i tre grupper:

- (1) obligatoriska kriterier för alla noder,
- (2) kriterier som är särskilt relevanta för noder som har en viktig roll i transportnätverket, och
- (3) kriterier som är relevanta för noder med en stor lokal betydelse.

### 3.5.1 Obligatoriska kriterier

För att räknas som en hållbar intermodal nod måste noden uppfylla ett antal obligatoriska kriterier:

- 1. Intermodala transporttjänster
- 2. Kritisk massa av transportvolym

- 3. Effektiva trafikflöden på anslutande infrastruktur
- 4. Eget behov täcks av hållbar energi
- 6. Strategiskt läge till infrastruktur och marknader
- 7. Strategiskt lokalt läge
- 12. Social hållbarhet

En hållbar intermodal nod erbjuder intermodala transporttjänster (Kriterium 1), har tillräckligt med transportvolym (Kriterium 2), använder hållbar energi för nodens verksamheter (Kriterium 4), har ett strategiskt läge i förhållande till nationell trafikinfrastruktur och marknader (Kriterium 6), samt bidrar till social hållbarhet (Kriterium 12). Noder behöver dessutom effektiv tillgång till terminalerna utan begränsningar eller trängsel (Kriterium 3). Det är även viktigt med ett strategiskt läge i det lokala transportnätverket för att minimera transportsträckorna och undvika blandning med persontransporter (Kriterium 7).

### 3.5.2 Kriterier för noder med systemrelevans

Följande kriterier är särskilt relevanta för noder som har en stor betydelse i transportnätverket (till exempel hubbar) eller för samhället (till exempel försörjning av kritiska varor, och försörjningskedjor som är relevanta för samhällets hållbarhetsmål):

- 5. Transportörens behov av hållbar energi
- 11. Långsiktighet och kontinuitet i verksamheten

Det är inte nödvändigt med en infrastruktur för förnybar energi för transporter i alla noder. I små noder som hanterar en begränsad mängd trafik skulle det vara för dyrt att tillhandahålla en sådan infrastruktur. Men i större noder med många kopplingar till andra noder och som hanterar stora godsvolymer, kan en infrastruktur för förnybar energi göras tillgänglig på ett mer kostnadseffektivt sätt (Kriterium 5).

Vidare måste noder som spelar en stor roll i transportnätverket prioritera långsiktighet över kortsiktiga företagsekonomiska intressen. För att garantera en pålitlig drift är det avgörande att organisationen utformas med strukturer som främjar resiliens och tar hänsyn till samhällets intressen. För noder som är av samhällskritisk betydelse kan en offentlig ägande övervägas för att säkerställa en hållbar och pålitlig drift (Kriterium 11).

### 3.5.3 Kriterier för noder med lokal relevans

Följande kriterier är särskilt relevanta för noder som har en stor lokal betydelse:

- 8. Värdeadderande aktiviteter
- 9. Tillgänglig mark för logistikverksamhet
- 10. Lokala aktörer är delaktiga i ledningen

I noder där det finns en tydlig koppling med logistik- och produktionsverksamhet i nodens omland, eller där kommunen vill locka till sig sådan verksamhet, behöver noden erbjuda värdeadderande aktiviteter (Kriterium 8) och tillgänglig mark för eventuella nyetableringar (Kriterium 9).

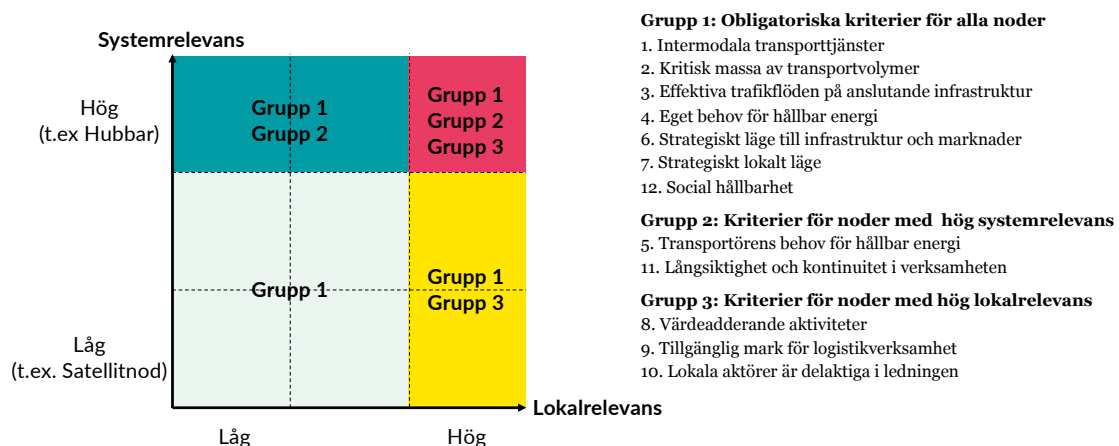
För att säkerställa att dessa lokala intressen beaktas är det viktigt att lokala myndigheter är delaktiga i nodens organisation och ledning (Kriterium 10).

## 4 Hur kan intermodala noder kategoriseras?

### 4.1 Matris för kategorisering

Att definiera kategorier för transportnoder är svårt på grund av det stora antalet faktorer som behöver tas hänsyn till, exempelvis nodens storlek, vilken typ av gods som hanteras och vilka trafikslag som passerar genom noden, samt den lokala kontexten. Det behövs alltså flera dimensioner för att definiera tydliga kategorier. Men ju fler dimensioner som inkluderas, desto mer komplicerade blir kategorierna och desto mindre användbara blir de. För att hantera detta har vi valt att använda endast två dimensioner som baseras på *intermediacy & centrality* konceptet, som introducerades i avsnitt 2.3. Konceptet, som utvecklats av Fleming och Hayuth (1994), kombinerar nodens roll i transportnätverket (*intermediacy*) med ett funktionellt mått för nodens omland (*centralitet*).

För att integrera de kriterier som utvecklats i det tidigare avsnittet i matrisen, kommer följande justeringar av *intermediacy & centrality* konceptet att göras: dimensionen "intermediacy", som beskriver nodens roll i transportnätverket, kommer att kompletteras genom att ta hänsyn till nodens betydelse för försörjningen av samhällskritiska varor, exempelvis energi. Därigenom skapas en ny dimension som indikerar nodens betydelse för samhällets godsförsörjning ("Systemrelevans"). Hubbar som kopplar samman avsändare och mottagare i många regioner, vilket innebär hög *intermediacy*, spelar en avgörande roll för försörjningskedjor inom industrin och är en viktig aktör för att stärka Sveriges konkurrenskraft. Även noder med låg *intermediacy* kan vara systemrelevanta, till exempel när noden har en viktig funktion i försörjningskedjor för samhällskritiska gods, exempelvis som omlastningspunkt och lager för energi.



Figur 18: Kategoriseringsmatris och kriterier

Dimensionen "centrality" återspeglar nodens lokala kontext, det vill säga vilka positiva och negativa effekter nodens verksamheter har på nodens omland ("Lokalrelevans"). En hög lokalrelevans indikerar till exempel att nodens verksamheter ger negativa effekter

på befolkningens hälsa och livskvalitet, eller att noden spelar en viktig roll för många ekonomiska verksamheter i nodens omland.

I Figur 18 visas matrisen som visar dimensionerna *systemrelevans* och *lokalrelevans* och deras kopplingar till kriterierna. Vissa kriterier, som tillhör grupp 1, är obligatoriska för alla noder. Noder med hög systemrelevans måste också uppfylla kriterierna från grupp 2, medan noder med hög lokal relevans måste också uppfylla kriterierna från grupp 3. Noder som har både hög system- och lokalrelevans behöver uppfylla samtliga kriterier.

## 4.2 Illustrering av kategorierna

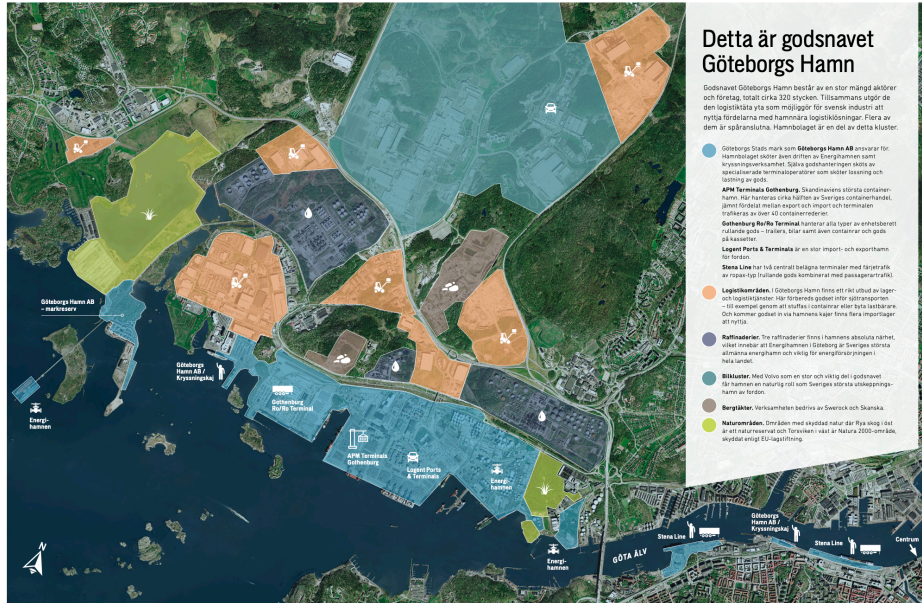
I detta avsnitt illustreras kategorierna genom att placera flera svenska intermodala noder i matrisen. Syftet är inte att kategorisera noderna utan att illustrera matrisens funktionalitet och hur den kan användas. De tre olika noderna som valts skiljer sig därför åt vad gäller deras roll i transportnätverket och lokala förutsättningar. Noderna som presenteras är Göteborgs hamn, vilken är en central nod i större transportnätverk (hubb), Skaraborg Logistic Center, vilken är en nod kopplad till industriella flöden, samt Årstaterminalen i Stockholm, vilken är en nod kopplad till konsumtionsflöden. Innan noderna placeras i matrisen beskrivs de kortfattat. Det är viktigt att poängtera att placeringen av noderna grundar sig på en kvalitativ bedömning och inte på en djupgående analys.

### 4.2.1 Hubb - Göteborgs hamn

Göteborgs Hamn är en komplex nod som består av cirka 320 olika aktörer och företag (Figur 19). Det finns flera specialiserade terminaler, inklusive en containerterminal som hanterar ungefär hälften av Sveriges containerhandel, med jämn fördelning mellan import och export och med trafik från över 40 containerrederier. Dessutom finns en Ro/Ro-terminal som hanterar alla typer av trailers, en terminal för import- och export av fordon, samt två RoPax-terminaler med färjetrafik för både gods och passagerare. Noden inkluderar också en energihamn som är viktig för energiförsörjningen i hela landet, med tre raffinaderier i närheten. Hamnen är en gateway till globala destinationer med hundratals direktlinjer. Dessutom finns det frekventa avgångar till stora omlastningshubbar på kontinenten och daglig trafik till flera stora europeiska hamnar.

Göteborgs hamn erbjuder även ett brett utbud av lager- och logistik tjänster, inklusive förberedelse av gods för sjötransporten genom stufning i containrar eller byte av lastbärare. Nya logistikområden gör det också möjligt för nya företag att etablera sig i Göteborg. I närheten finns det också kluster av produktionsverksamhet, såsom biltillverkning.

Göteborgs hamn är också en viktig nod för järnvägstransporter som förbinder hamnen med cirka 40 inlandsterminaler i Sverige och Norge, vilket gör det möjligt att koppla samman sjö- och landlogistik på ett effektivt sätt (Göteborgs hamn, 2022).



Figur 19: Göteborgs hamn (Göteborgs hamn, 2021)

## 4.2.2 Nod för produktionsmarknad - Skaraborgs Logistic Center

Skaraborg Logistic Center är ett exempel på en nod som är kopplat till produktionsmarknader. Det finns fem järnvägsterminaler i noden: en kombiterminal, en torrhamn till Göteborgs hamn, samt tre terminaler som hanterar virke och skogsprodukter (Figur 20). Noden trafikeras av upp till 30 tåg per vecka, inklusive dagliga tågförbindelser till Göteborgs hamn och kontinenten. I noden finns också lagerverksamhet och tredjepartslogistik samt en anläggning för underhåll, service och ombyggnad av järnvägsfordon. Slutligen finns det tillgänglig mark för flera etableringar i direkt anslutning till terminalerna (Business Region Skaraborg, 2023).



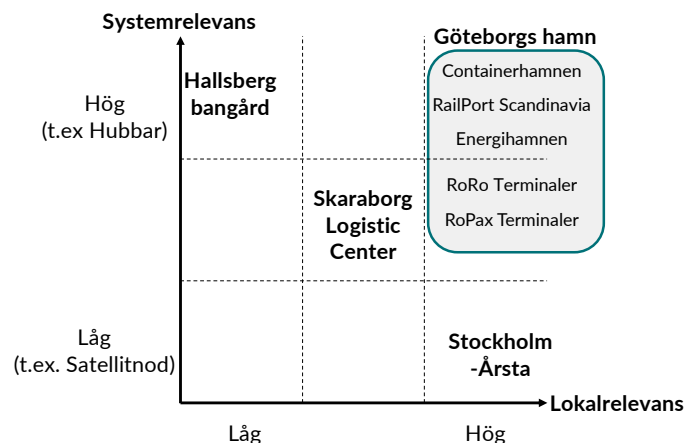
Figur 20: Verksamheter och aktörer i Skaraborgs Logistic Center (Business Region Skaraborg, 2023)

### 4.2.3 Nod för konsumtionsmarknad - Årsta kombiterminal

Årstaterminalen är en nod som är kopplad till en konsumtionsmarknad. Att den är belägen intill E4:an och strax utanför Stockholms citykärna, gör noden särskilt intressant som distributionsnod för konsumentvaror. Terminalen ägs av Jernhusen, ett statligt bolag som har gjort stora investeringar i Årsta, inklusive nya kranar och flera cross-dock terminaler (Hultén, 2021). För närvarande utnyttjas endast en bråkdel av terminalens kapacitet. Sedan 2019 går Green Cargos "Ikea-pendel", sex dagar i veckan, från Ikeas centrallager i Jönköping och Älmhult till Årsta. Därifrån förser man varuhus och lager i Stockholm och Uppsala med omnejd med varor. Under 2023 öppnade Green Cargo en ny tågpendel till Årsta-terminalen som utgår från Helsingborgs Hamn och transporterar gods från Asien och Europa (Dagens Logistik, 2023).

### 4.2.4 Sammanfattning

I Figur 21 visas placeringen av noderna som beskrivs ovan i kategoriseringsmatrisen, vilken illustrerar deras olika grad av systemrelevans och lokalrelevans. Göteborgs hamn är ett exempel på en nod med hög systemrelevans på grund av dess centrala roll som Sveriges största hamn och dess samverkan med flera destinationer både i Sverige och utomlands. Samtidigt har hamnen en betydande lokalrelevans eftersom den är viktig för Göteborgs ekonomi, men också bidrar till trängsel och miljöpåverkan i staden.



Figur 21: Kategoriseringsmatris

Skaraborg Logistic Center är en nod med både mellanstor systemrelevans och lokalrelevans. Den sammankopplar flera järnvägsterminaler, lager- och distributionsverksamhet med nationell betydelse och spelar en viktig roll för den lokala ekonomin. Stockholm-Årsta är ett exempel på en nod med begränsad systemrelevans på grund av de låga volymerna som hanteras i noden och dess fåtal linjer som trafikerar terminalen. Trots detta bidrar nodens verksamheter till lokala miljöproblem och trängsel eftersom den ligger mitt i centrala Stockholm. Därför har noden en hög lokalrelevans, vilket innebär att den har divergerande system- och lokalrelevans. I matrisen visas även Hallsberg bangård som är ett exempel på en nod med omvänd divergerande system och lokalrelevans. Noden är norra Europas största bangård och är en av Sveriges viktigaste knutpunkter för godstågstrafik. Noden har därför en hög systemrelevans. Eftersom det finns begränsad logistikverksamhet i området och relativt lite lokalbefolkning är den lokala relevansen inte särskilt hög.

## 5 Vilka organisationsformer finns?

Noder, som inkluderar terminaler och logistikområden, kan ägas och förvaltas offentligt, privat eller genom en kombination av båda. Etableringen av dessa noder är långsiktiga projekt som sannolikt inte kommer att vara lönsamt i inledningsfasen och därför innebär en hög risk för investerare. Rodrigue (2020) beskriver tre olika organisationsmodeller:

1. *Enskilt ägande* innebär hög risk eftersom endast en aktör (offentlig eller privat) är inblandad.
2. *Offentlig-privat partnerskap* är en modell där både den offentliga och den privata sektorn delar på utvecklingen av ett logistikområde. Vanligtvis ansvarar den offentliga sektorn för utvecklingen av infrastruktur, medan den privata sektorn utvecklar fastigheter.
3. *Hyresvärdmodellen* innebär att den offentliga sektorn äger fastigheterna och utvecklar den grundläggande infrastrukturen, medan det erbjuds koncessioner för godshanteringen till specialiserade privata terminaloperatörer.

De flesta hamnar i Sverige ägs av kommuner, där ungefär hälften är helägda och resten har olika grader av privat ägande. Det finns också helt privatägda offentliga hamnar och industrihamnar som är knutna till industriföretag. De flesta kommunalt ägda hamnar drivs antingen som självständiga kommunala bolag eller som en del av den kommunala förvaltningen (Näringsdepartementet, 2018). I en integrerad hamnmodell ansvarar hamnbolaget för hamnförvaltning, hamninfrastruktur och godshantering (Modell 1: *enskilt ägande*). På senare år har det skett en övergång till privatisering av godshanteringen och antagande av den europeiska hyresvärdmodellen (Modell 3: *hyresvärdmodellen*). Hamnmyndigheten i svenska hamnar motsvarar dock inte den offentlighetsrättsliga status som hamnmyndigheter har i andra länder, och begreppet har ingen juridisk betydelse i Sverige (ibid).

Exempel på detta är hamnen i Göteborg. Göteborgs Hamn AB, som ägs av Göteborgs Stad, är bolaget som ansvarar för att underhålla, utveckla och marknadsföra hela noden. Själva godshanteringen sköts av specialiserade terminaloperatörer (Göteborgs hamn, 2023). Göteborgs Stadshus AB, som är moderbolaget för alla kommunala bolag inom Göteborgs Stad, har äganderollen över hamnbolaget. Bolaget utformar hamnbolagets uppdrag baserat på kommunfullmäktiges beslut och är självfinansierat, och lämnar ett koncernbidrag till staden såvida det inte begränsar dess uppdrag. Kommunfullmäktiges ståndpunkt efterfrågas före beslut av betydande vikt eller principiell betydelse inom verksamheten. Årliga ägardialoger genomförs mellan hamnbolagets styrelser och Göteborgs Stadshus AB i enlighet med Göteborgs Stads riktlinjer (Göteborgs hamn, 2021).

Ett exempel med liknande organisationsmodell för en nod med flera järnvägsterminaler är Skaraborgs Logistic Center (SLC) i Falköping. Det finns två privatägda terminaler för virke och en kombiterminal för container/vagnslast, som innebär flera fördelar med tillgång till gemensamma serviceanläggningar med bland annat tankstationer. Kommunen har varit den drivande kraften vid etableringen och utvecklingen av kombiterminalen. Verksamheterna drivs av privata aktörer. Kommunens roll är framför

allt att möjliggöra affärer, knyter ihop potentiella affärspartners och marknadsför logistikmöjligheterna i Falköping på en allmän nivå (Mustonen, 2013).

Ett annat exempel för en nod med en järnvägsterminal är Årsta i Stockholm. Här saknas dock en organisation som styr noden på ett integrerat sätt, dvs. både logistikområdet och terminalen. Kommunen har ansvar för logistikområdet medan kombiterminalen ägs av det statliga bolaget Jernhusen, som huvudsakligen är känt för allmänheten som ägare av järnvägsstationer, men även äger flera kombiterminaler runt om i landet (Hultén, 2021). Genom åren arrenderades terminalen ut till olika terminaloperatörer som sköter driften, inklusive ett logistikkonsultbolaget, ett åkeri och järnvägsbolag. 2021 har en speditör tagit över driften av terminalen. Terminalen skulle drivas marknadsneutralt och öppen för alla aktörer som vill sända gods på tåg, antingen tillsammans med speditören eller i egen regi.

En intressant organisationsmodell som integrerar både lokala privata och offentliga intressen på ett balanserat sätt är Güterverkehrszentrum (GVZ) i Bremen i Tyskland. Logistikområdet omfattar en kombiterminal samt omkring 150 företag med cirka 8 000 anställda. Många av dessa företag är aktieägare i bolaget GVZ Entwicklungsgesellschaft (GVZe) som är ansvarig för nodens organisation och drift. Alla aktieägare har samma andel i bolaget och därmed samma rösträtt. Det enda undantaget är Bremen kommun som har 25% av andelarna. De kumulativa andelarna av de privata företagen överstiger dock stadens andel. Frågan om det högre privata inflytandet har dock aldrig uppstått och GVZe ser tillbaka på mer än 35 års produktivt samarbete med kommunen (Ivanov, 2023).



## 6 Hur påverkas intermodala noder av den tekniska utvecklingen i transportsektorn?

Den tekniska utvecklingen inom transportsektorn har potential att förändra godstransportsektorn genom tre teknologiska innovationer: elektrifiering, digitalisering och automatisering. Dessa innovationer kan ha en disruptiv inverkan på sektorn. I detta kapitel diskuteras hur intermodala noder kan påverkas och dra nytta av dessa teknologiska innovationer.

### 6.1.1.1 Elektrifiering

Elektrifieringen av den svenska transportsektorn är en prioriterad politisk satsning och landströmsförsörjning (Onshore power supply, OPS) på sjöfartshamnar anses vara en passande lösning för elektrifieringen i sjöfartssektorn. Stränga utsläppsregleringar utgör en av de starkaste drivkrafterna bakom implementeringen och användningen av OPS. Projektet *Connecting vessels to shoreside electricity in Sweden* (Costa et al, 2022) har studerat OPS-situationen i Sverige och utvecklat rekommendationer för hamnarnas och sjöfartsföretagens OPS-arbete. De drog följande slutsatser:

- Sverige leder för närvarande vägen i Europa med flest hamnar som tillhandahåller OPS, främst inom ro-pax- och färjesegmentet. Men svenska hamnar och sjöfartsföretag är i hög grad beroende av utvecklingen utanför Sverige, och en dialog och samordning av teknologier mellan hamnar är nödvändig för att nå en fungerande affärsplan.
- Att säkra elförsörjningen i hamnar är en betydande fråga som behöver hanteras. OPS kommer att konkurrera med andra sektorer när det gäller att säkra tillgång till ström. En tidig dialog med nätoperatörer och elleverantörer är nödvändig.
- Samarbete mellan aktörer är nyckeln till framgångsrik OPS-implementering. Affärsmodeller bland hamnar är ofta ekonomiskt svaga, och olika tillvägagångssätt är möjliga, såsom olika betalningsmodeller. Samordning av OPS-tekniker/utrustning mellan hamnar och sjöfartsföretag är centralt.

Projektet *Hamnen som energinod* (Bach et al 2022) undersökte hamnens betydelse i omställningen mot ett hållbart transportsystem och konstaterade att hamnar har en stark ambition att fungera som energinod för olika funktioner. För att uppnå detta behöver hamnen etablera en energistrategi som inkluderar nödvändiga samarbeten och investeringar. Även om huvudverksamheten är att fungera som en transportnod, behöver hamnen också ge utrymme åt andra aktörer, exempelvis energiproducenter och energidistributörer, att bedriva sin verksamhet inom hamnområdet. På så sätt kan klustret av aktörer som ingår i hamnen som nod expanderas för att också inkludera producenter och distributörer av energi. Detta kan bidra till en omställning mot hållbara transporter och en mer hållbar energiförsörjning.

### 6.1.1.2 Automatisering

Intermodala järnvägstransporter kräver vanligtvis storskaliga system med stora terminaler och långa tåg för att kunna konkurrera med vägtransporter. Eftersom en intermodal transportlösning med järnväg och sjöfart involverar omlastningar och matartransporter, krävs längre avstånd för att kompensera för de extra kostnaderna med fördelen av lägre undervägs-kostnader. Även om det finns konkurrenskraftiga järnvägstransporter på relativt korta avstånd (till exempel torrhamnar med stora volymer och hög frekvens), anses allmänt att lastbilar har en konkurrensfördel på avstånd kortare än 400-700 km jämfört med järnväg och sjöfart (Ahlberg, 2016).

För att möjliggöra intermodala transporter av små volymer över korta avstånd, en marknad som idag domineras av vägtransporter, krävs ett småskaligt system med innovativa omlastningsteknologier och småskaliga terminaler. En stor utmaning är att fastställa kostnaderna för dessa innovativa terminaler och deras nätverkseffekter. Behrends och Flodén (2012) har visat i en teoretisk fallstudie att intermodala järnvägstransporter kan vara konkurrenskraftiga på korta och medellånga sträckor om omlastningskostnaderna hålls på en låg nivå. En ökad automatisering av omlastningen skulle kunna bidra till detta och därmed öppna upp nya möjligheter, till exempel för linjetågssystem såsom Lättkombi-konceptet som testades under sent 1990-tal (se Bärthel & Woxenius, 2002). Automatiseringen skulle således kunna öka potentialen för godstransporter på järnväg och bidra till en mer hållbar transportsektor.

Inom sjöfart pågår en utveckling mot mer automatiserad lasthantering till och från fartyg. Teknisk innovation i kraneteknik möjliggör exempelvis att containerkranar numera kan arbeta obemannade. Hamnar kan därmed minska arbetsstyrkan för lasthantering med 30–50%. Dock innebär investeringar i automatisering och ny teknik inte bara höga kostnader utan även höga krav på kompetens vid planering och implementering av automatiseringssystemet. Åtminstone på kort sikt finns brist på nödvändig kompetens för att utveckla och driva mer automatiserade system (VTI, 2019).

### 6.1.1.3 Digitalisering

Det förväntas allmänt att digitaliseringen kommer att ha en betydande påverkan på transportsektorn genom att öka effektiviteten, höja säkerheten och minska utsläppen. Redare, till exempel, behöver i ökad utsträckning kunna hålla kontroll över lasten och sköta kontakter och administration med kunder och myndigheter (tullklarering) genom digital teknik, och för hamnar kan digitalisering leda till effektivitetsförbättringar när det gäller planering av fartygs ankomst, tid i hamn och produktivitetsförbättringar vad avser lastning och lossning (VTI, 2019).

I projektet "Hamnen som digital nod" (Lind et al., 2021) har en modell utvecklats för svenska hamnar som bygger på en digitaliseringsstrategi och består av tre steg: en digitalt ansluten infrastruktur, digital samverkan både internt och externt och definierade tjänster och affärsmodeller för digital verksamhet. Modellen betonar vikten av samarbete både inom och utanför hamnen.

Ett annat exempel är det EU finansierade forskningsprojektet "Aeolix - Architecture for European Logistics Information eXchange" som pågick mellan 2016 och 2019. Projektet syftade till att utveckla en gemensam infrastruktur för informationsdelning och digitala

verktyg för att underlätta kommunikation och hantering av logistikprocesser, vilket skulle öka effektiviteten, minska kostnaderna för transportsektorn och förbättra miljöprestandan. Projektet involverade 31 partner från olika europeiska länder (Aeolix, 2023).

Digitalisering kan ha en positiv effekt på hanteringen av operationella störningar i transportnoder och underlätta övergången från väg- till järnvägstransporter. Wide et al. (2022) genomförde en fallstudie på en torrhamn som används för att underlätta effektiva intermodala transportkedjor i inlandet, vilket visade att digitalisering kan vid störningar i järnvägstransport till en torrhamn öka resursutnyttjandet av lastbilar som levererar containrar från torrhamnen till mottagarna.

## 7 Slutsatser

Syftet med denna förstudie var att sammanställa befintlig kunskap för att analysera hur intermodala noders funktion, utformning och organisation påverkar transportsystemets effektivitet och konkurrenskraft. Förstudien hade fyra huvudsakliga mål: definitionen av begreppet hållbar intermodal nod, utvecklingen av en metod för kategoriseringen av intermodala noder, diskussionen av nodernas organisationsformer, samt analysen av hur intermodala noder påverkas av den tekniska utvecklingen i transportsektorn. Att sammanställa kunskaps- och utvecklingsbehovet i varje område var förstudiens femte mål för att peka på möjliga fördjupade studier. I detta avsnitt presenteras en sammanfattande diskussion av resultaten (avsnitt 7.1) samt behoven och möjligheter för fortsatt arbete (avsnitt 7.2).

### 7.1 Hållbara intermodala noder

Definitionen av begreppet hållbara intermodala noder bygger på tolv kriterier som syftar till att främja myndigheternas, varuägarnas och transportörernas ekonomiska, sociala och miljömässiga mål. Dock är inte alla kriterier relevanta för alla noder. Fem av dessa kriterier är obligatoriska och gäller för alla noder, medan två särskilda kriterier är relevanta för noder som är viktiga för samhällets godsförsörjning (systemrelevans). För noder som har en betydande påverkan på ekonomin och miljön i nodens omland (lokalrelevans) finns ytterligare fem särskilda kriterier.

Dessa två perspektiv, dvs. systemrelevans och lokalrelevans bildar också grunden för den föreslagna matrisen för kategorisering av intermodala noder. Genom att sammanföra dessa två perspektiv, dvs. att integrera nodens roll för samhällets godsförsörjning med dess inverkan på den lokala ekonomin och miljön, som vanligtvis hanteras separat, kan kategoriseringen bidra till en helhetssyn på både nationella infrastrukturfrågor och lokal stadsplanering.

Definitionen och kategoriseringsmatrisen skapar tillsammans en grundläggande förståelse för hur noder bidrar till samhällets hållbarhet. Den integrerar lokala och nationella frågor som ofta behandlas separat inom olika policyområden. Denna integrerade syn kan användas som en vägledning för att uppnå hållbara intermodala noder.

Det finns olika organisationsformer för intermodala noder. Noder kan ägas och hanteras av antingen offentliga eller privata aktörer, eller en kombination av båda. Kommuner är ofta drivkraften bakom nodernas etablering och utveckling, medan privata operatörer driver faciliteterna. Men en kommunal drivkraft kan vara problematisk ur ett systemperspektiv, eftersom det kan leda till att systemrelevanta noder domineras av lokala intressen, vilket i sin tur kan leda till en suboptimering av transportnätverket.

För att uppnå hållbara godstransporter krävs inte bara innovativa tekniska lösningar såsom elektrifiering, automatisering och digitalisering, utan även organisationsförändringar på systemnivå. Nya försörjningskedjor (som till exempel offshore vindkraft, och carbon capture and storage, CCS) och energisystem (el- och vinddrivna fartyg) ställer nya krav på noderna och förändrar deras roll i transportsystemet, vilket öppnar upp många frågor om nodens roll och vem som ska stå

för investeringarna - den lokala nivån eller systemnivån. I detta sammanhang kan noden fungera som en brygga till andra aktörer. Det är viktigt att tänka bortom tekniska lösningar och fokusera på organisationsförändringar på systemnivå för att skapa hållbara noder som främjar ekonomiska, sociala och miljömässiga mål för myndigheter, varuägare och transportörer.

## 7.2 Kunskaps- och utvecklingsbehov

Denna förstudie har tagit upp flera viktiga områden som är avgörande för att utveckla hållbara intermodala noder. Bland dessa områden ingår kriterier för hållbarhet, en kategoriseringsmetod för att bedöma noders hållbarhet, organisationsformer för noderna, samt tekniska och organisatoriska förändringar som krävs för att skapa hållbara noder. Då detta arbete är ett första steg i utvecklingen av hållbara intermodala noder finns det fortfarande många obesvarade frågor och outvecklade områden. Detta avslutande avsnitt identifierar därför de områden där det fortfarande finns behov för mer kunskap och diskuterar möjligheterna för fortsatt forskning.

### 7.2.1 Kriterierna för hållbara intermodala noder

Ett av kriterierna i definitionen av hållbara intermodala noder handlar om social hållbarhet, men det finns ännu begränsad forskning på detta område. För att kunna ge praktiska rekommendationer och konkreta förslag behövs det mer djupgående forskning som tar hänsyn till de specifika behoven och förutsättningarna för varje nod och försörjningskedjornas aktörer.

Det är också viktigt att notera att ytterligare forskning krävs för att fastställa om dessa 12 kriterier är tillräckliga eller om några kriterier saknas. Godstransporter är en dynamisk del av samhället och definitionen av hållbara transporter eller vilka dimensioner som ska prioriteras förändras ständigt. Ett exempel är resiliens, som inte hade hög prioritet före Covid-pandemin. Därför är det viktigt att regelbundet utvärdera och uppdatera definitionen av hållbara intermodala noder för att säkerställa att de återspeglar samhällets behov och prioriteringar.

### 7.2.2 Kategorisering av intermodala noder

Den föreslagna matrisen för kategorisering av intermodala noder baseras på två dimensioner som identifierar nodernas roll för samhällets godsförsörjning samt den lokala ekonomin och miljön (nodens systemrelevans och lokalrelevans). Detta innebär en förenkling av komplexiteten i nodernas roller och funktioner. Enbart två dimensioner kan begränsa bedömningen och lämna ut viktiga faktorer. Frågan är om denna förenklade matris är lämplig och användbar för att bedöma nodens hållbarhetsnivå. En tvådimensionell matris kan vara användbar som en grundläggande bedömning, men det behövs ytterligare undersökning för att säkerställa dess lämplighet och användbarhet.

En viktig faktor för kategoriseringen om en nod är systemrelevant är om noden är en del i försörjningskedjor av systemkritiska varor. Vissa försörjningskedjor är avgörande för att upprätthålla en fungerande samhällsstruktur och det är viktigt att identifiera dessa för att säkerställa nodernas roll i att stödja dem. Livsmedelsproduktion och distribution, energiproduktion, sjukvård, säkerhet och försvar samt teknikinfrastruktur är exempel på försörjningskedjor som anses vara systemkritiska.

Dessutom skulle det vara möjligt att inkludera andra försörjningskedjor som är viktiga för en hållbar samhällsutveckling, till exempel försörjningskedjor som bidrar till en cirkulär ekonomi. Ett annat viktigt område är nodernas roll i den hållbara utvecklingen av energisektorn. Hamnar är till exempel särskilt viktiga vid uppbyggandet av off-shore vindkraft och vid transporten av CO<sub>2</sub> från CCS-processer (carbon-capture-and-storage).

För att definiera vilka försörjningskedjor som ska inkluderas i definitionen av hållbara intermodala noder behövs ytterligare forskning och diskussion. Detta är viktigt för att säkerställa nodernas roll i att stödja hållbara försörjningskedjor och bidra till en hållbar samhällsutveckling.

Förslaget om en matris för kategorisering av intermodala noder innehåller tre nivåer för lokal och systemrelevans: låg, mellan och hög. Placeringen av de utvalda exemplen i denna rapport har gjorts på ett kvalitativt sätt utan djupare undersökning, men det är viktigt att klargöra vilka indikatorer som bör användas och hur brytpunkterna mellan låg och hög relevans definieras. Detta kräver ytterligare arbete för att säkerställa en mer systematisk och enhetlig metod för att kategorisera intermodala noder.

### 7.2.3 Organisationsformer

Det är oklart om nuvarande organisationsformer är lämpliga för att uppnå hållbara noder. När det gäller hamnar bör hamnmyndigheterna avgöra om de ska agera som möjliggörare eller entreprenör (Notteboom et al., 2020). I vissa fall kan investeringar göras av hamnmyndigheterna när privata investerare tvekar. Trots att hamnmyndigheterna aktivt implementerar koncept för miljövänliga hamnar är storskaliga implementeringar fortfarande en utmaning.

Vidare är det oklart om de lokala hamnmyndigheterna tar hänsyn till alla intressen. Eftersom den maritima verksamheten är en viktig drivkraft för den lokala ekonomin i hamnens kommun är det naturligt att fokus oftast ligger där. Men detta kan innebära en risk för andra lokala intressen, till exempel miljöintressen eller ej-maritim logistiskverksamhet (till exempel järnvägsterminaler utan maritim koppling), samt att intressen från andra myndigheter på lokal, regional eller statlig nivå, prioriteras ned.

Ett exempel för dessa möjliga målkonflikter finns i Göteborgs Hamn som strävar efter att bli ledande i Skandinavien inom godshantering genom att uppföra nya hamnterminaler, logistikområden, vägar och järnvägar. Detta kan ha en positiv inverkan på hela landet genom att öka användningen av miljövänliga transportmedel såsom järnväg och sjöfart och samtidigt stärka landets import- och exportföretag ekonomiskt. Dock finns det en risk att detta mål kolliderar med lokala miljömål genom ökad bullernivå, försämrad luftkvalitet och barriäreffekter i närområdet. Även om Göteborgs stad strävar efter att minimera påverkan på livskvalitet, lokal hållbarhet och tillgänglighet, kan det vara svårt att uppnå dessa mål.

En möjlig lösning skulle kunna vara att bygga ut delar av de planerade logistikområden i mindre städer med ledig mark och mindre risk för konflikter med den lokala befolkningen. Genom att fördela tillväxten kan man minska den lokala och regionala belastningen samtidigt som man bidrar till ekonomisk utveckling i flera orter och uppfyller målen för hela landet.

Från ett systemperspektiv kan det därför vara mest effektivt att placera värde-adderande aktiviteter i en mindre nod i transportnätverket istället för direkt vid hubben i ett storstadsområde, där det redan råder platsbrist och trängsel på det lokala trafiknätet. Genom att placera aktiviteter i mindre noder i nätverket kan man undvika detta problem och förbättra transporteffektiviteten (se till exempel Bouchery et al., 2021). Dessutom betonar Kjellsdotter et al. (2021) vikten av mindre hamnar med geografisk spridning och specialisering, vilka ligger närmare godstransporternas start- och slutpunkter. Genom att utnyttja dessa hamnar kan övergången från vägtransporter till sjötransporter främjas, vilket kan bidra till en mer hållbar transportsektor. Det faktum att hamnverksamhet är främst en kommunal angelägenhet, och inte behandlas som en tydlig del i det nationella transportsystemet, riskerar leda dessutom till att angelägna investeringar i anslutning till hamnar av betydelse för såväl sjöfarten som för anslutande transporter förbises eller faller mellan stolarna i planeringsprocessen (VTI, 2019).

För att uppnå hållbara transportsystem är det viktigt att ta hänsyn till alla intressen och perspektiv från olika aktörer såsom myndigheter, transportörer och transportkunder både på lokal och systemnivå. Det är också viktigt att visa förståelse och anpassning till de aktörer som använder noden. För att avgöra hur olika noder bör samverka i nätverket och vilka organisationsformer som är lämpliga för att balansera lokala och nationella intressen krävs det ytterligare forskning.

## 7.2.4 Teknisk utveckling

Automatiseringen av vägtransportsektorn pågår för fullt. Hur automatiseringen kan förändra förutsättningarna för intermodala transporter kräver dock fortfarande en fördjupad analys, såsom undersökning om automatiserad småskalig terminalteknik kan påverka den kritiska massa av godsvolymer som krävs för ekonomisk drift av en terminal. I dagens storskaliga järnvägssystem, där stora terminaler krävs för ekonomiska operationer, begränsas kombitransporternas förmåga att ta över godsvolymer från vägtransporter. I och med automatiseringen av terminalteknik, kan det finnas nya möjligheter för innovativa småskaliga järnvägstransporter att konkurrera på marknaden som domineras av vägtransporterna.

En annan viktig fråga som behöver mer forskning är konsekvenserna av användningen av fossilfria bränslen, inklusive elektrifiering av transportsektorn. Ett av kriterierna som identifierats kräver att noder med hög intermediacy, till exempel hubbar som kopplar samman terminaler i många regioner, ska tillhandahålla infrastruktur för grön energi, men det finns fortfarande många detaljer som behöver undersökas, såsom varierande förutsättningar för noder inklusive nodens roll i systemet, behovsanalyser, ansvarsfördelning mellan aktörerna och modeller för fördelning av kostnader mellan aktörerna. Ett exempel för detta är landströmsförsörjning i hamnar där projektet *Connecting vessels to shoreside electricity in Sweden* har lyft fram flera områden där det behövs ytterligare forskning, såsom att undersöka möjliga scenarier för effektbehov från användning av landström och försörjningsstrategier för hamnar (Costa et al., 2022).

Resultaten pekar också på betydelsen av att undersöka modernas roll i den digitaliserade transportsektorn mer ingående. Eftersom noderna fungerar som en naturlig mötesplats för många försörjningskedjor och aktörer, är det troligt att de kommer att spela en avgörande roll för att effektivisera försörjningskedjorna genom att dela information mellan de olika aktörerna. Men det krävs ytterligare forskning för att förstå exakt vilken

roll noderna kommer att spela för digitaliseringen och hur digitaliseringen kommer påverka noden, samt hur digitaliseringens roll kan utvecklas för att noden ska kunna erbjuda effektiva tjänster.

Avslutningsvis är det viktigt att understryka att det förmodligen är nödvändigt att studera de potentiella effekterna av elektrifiering, automation och digitalisering i kombination, eftersom den största disruptiva potentialen ligger i kombinationen av dessa tre innovationer. Det krävs mer forskning för att förstå hur detta påverkar noderna och vilken roll de kan spela i integreringen av elektrifiering, digitalisering och automatisering.



# Referenser

Aeolix (2023). Factsheet. Tillgänglig: <https://aeolix.eu/factsheet/> [Hämtad 2023-03-10]

Arnäs, P. O. (2007). Heterogeneous goods in transportation systems. *Department of Logistics and Transportation, Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology.*

Bach, A., Forsström, E., Haraldson, S., Holmgren, K., Lind, K., Lind, M., Piehl, H., Raza, Z. & Rydbergh, T. (2022). Hamnen som energinod: Ett koncept för hamnens roll i omställningen mot ett hållbart transportsystem. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-61122> [Hämtad 2023-03-10]

Bärthel, F. & Woxenius, J. (2003). The Dalecarlian Girl-Evaluation of the implementation of the Light-combi concept. In *AGS (Alliance for Global Sustainability. Annual meeting, University of Tokyo, 24-27 march, 2003.*

Behrends, S. (2011). *Urban Freight Transport Sustainability the Interaction of Urban Freight and Intermodal Transport.* Chalmers Tekniska Högskola (Sweden).

Behrends, S. (2012). The significance of the urban context for the sustainability performance of intermodal road-rail transport. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 54, 375-386.*

Behrends, S. (2017). Burden or opportunity for modal shift? – Embracing the urban dimension of intermodal road-rail transport. *Transport Policy, 59, 10-16.*

Behrends, S., & Flodén, J. (2012). The effect of transshipment costs on the performance of intermodal line-trains. *Logistics Research, 4, 127-136.*

Behrends, S., & Rodrigue, J. P. (2018). The dualism of urban freight distribution: city vs. suburban logistics. *Urban Logistics: Management, Policy and Innovation in a Rapidly Changing Environment, 109.*

Behrends, S., Lindholm, M., & Woxenius, J. (2008). The impact of urban freight transport: A definition of sustainability from an actor's perspective. *Transportation planning and technology, 31(6), 693-713.*

Bergqvist, R. (2007). *Studies in Regional Logistics - The context of public-private collaboration and road-rail intermodality.* Gothenburg, Department of Business Administration, School of Business, Economics and Law at University of Gothenburg.

Bergqvist, R., Falkemark, G., & Woxenius, J. (2010). Establishing intermodal terminals. *World Review of Intermodal Transportation Research, 3(3), 285-302.*

Bouchery, Y., Woxenius, J., & Bergqvist, R. (2021). Where to open maritime containers?: A decision model at the interface of maritime and urban logistics. *World Review of Intermodal Transportation Research, 10(1), 6-29.*

Business Region Skaraborg (2023). Skaraborg logistic center. Tillgänglig: <https://businessregionskaraborg.se/skaraborg-logistic-center/> [Hämtad 2023-03-10]

Christopher, M., & Holweg, M. (2011). "Supply Chain 2.0": Managing supply chains in the era of turbulence. *International journal of physical distribution & logistics management, 41(1), 63-82.*

Costa, N., Williamsson, J., Ekholm, J., Santén, V., Rogerson, S., & Borgh, M. (2022). Connecting vessels to shoreside electricity in Sweden. *SSPA Sweden AB*.

Craighead, C. W., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M. J., and Handfield, R. B. (2007). "The severity of supply chain disruptions: design characteristics and mitigation capabilities." *Decision Sciences* Vol. 38 No. 1, pp. 131-156.

Dagens Logistik (2023). Green Cargo startar ny pendel från Helsingborgs Hamn, *Dagens Logistik*. Tillgänglig: <https://dagenslogistik.se/green-cargo-startar-ny-pendel-fran-helsingborgs-hamn/> [Hämtad 2023-03-10]

Ducruet, C., & Lee, S. W. (2006). Frontline soldiers of globalisation: Port–city evolution and regional competition. *GeoJournal*, 67, 107-122.

European Commission (2011), White Paper: Roadmap to a single European transport area - Towards a competitive and resource efficient transport system, Luxembourg.

Fleming, D. K., & Hayuth, Y. (1994). Spatial characteristics of transportation hubs: centrality and intermediacy. *Journal of transport geography*, 2(1), 3-18.

Flodén, J., Bärthel, F., & Sorkina, E. (2017). Transport buyers choice of transport service—A literature review of empirical results. *Research in Transportation Business & Management*, 100(23), 35-45.

Geurs, K. and van Wee, B. (2004). "Land-use/transport Interaction Models as Tools for Sustainability Impact Assessment of Transport Investments: Review and Research Perspectives", *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Vol. 4 No. 3, pp. 333-355.

Göteborgs hamn (2022), RailPort Scandinavia, Göteborg stad. Tillgänglig: <https://www.goteborgshamn.se/FileDownload/?contentReferenceID=19865>. [Hämtad 2023-03-10]

Göteborgs hamn (2023). Skandinaviens största hamn. Tillgänglig: <https://www.goteborgshamn.se/om-hamnen/omgoteborgshamn/> [Hämtad 2023-03-10]

Göteborgs Hamn (2021). Hållbar Hamn: Göteborgs hamn hållbarhetsredovisning. Tillgänglig: <https://www.goteborgshamn.se/FileDownload/?contentReferenceID=19508> [Hämtad 2023-03-10]

Gutiérrez, J., Kitchin, R. and Thrift, N. (2009). "Transport and Accessibility", (ed.), *International Encyclopedia of Human Geography*, Elsevier, Oxford, pp. 410-417.

Hultén, H. (2021). Nytändning för Årsta – Bring ny terminaloperatör. *Dagens Logistik*. Tillgänglig: <https://dagenslogistik.se/nytandning-for-arsta-bring-ny-terminaloperatör/> [Hämtad 2023-03-10]

Hultén, L. A. R. (1997). Container logistics and its management, *Department of Transportation and Logistics*, Chalmers University of Technology, Göteborg

Ivanov, S. (2023). Personlig kommunikation, 9e februari 2023.

Kjellsdotter Ivert, L, Santén, V., Wide P., Wehner, J., Merkel A. and Brunner, S. (2022). "Logistics setups in ports - to enhance the circularity of materials", *34th annual NOFOMA conference*, 8-10 June 2022, Reykjavík, Iceland

Knowles, R. D. (2006). "Transport shaping space: differential collapse in time-space", *Journal of Transport Geography*, Vol. 14 No. 6, pp. 407-425.

Lakshmanan, T. R. (2011). "The broader economic consequences of transport infrastructure investments", *Journal of Transport Geography*, Vol. 19 No. 1, pp. 1-12.

Lammgård, C. (2007). Environmental perspectives on marketing of freight transports - The intermodal road-rail case. Gothenburg, Department of Business Administration, School of Business, Economics and Law at University of Gothenburg.

Lind et al (2022). "Hamnen som digital nod – förstudie. Trafikverket. TRV 2050/50902

Mangan, J., Lalwani, C., & Fynes, B. (2008). Port-centric logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 19(1), 29-41.

Mustonen (2013). Intermodala terminalers interaktion i ett nätverk av hamnpendlar.

TFK rapport 2013:6. Tillgänglig:

[https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer\\_002401\\_002500/Publikation\\_002474/2013\\_6.pdf](https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer_002401_002500/Publikation_002474/2013_6.pdf) [Hämtat 2023-03-10]

Näringsdepartementet (2018). Kompletterande bestämmelser till EU:s hamntjänstförordning. Näringsdepartementet, Stockholm. Tillgänglig: <https://data.riksdagen.se/fil/BoD693CD-BE9B-4F63-820F-C6AFB179B347> [Hämtad 2023-03-10]

Notteboom, T., van der Lugt, L., van Saase, N., Sel, S., & Neyens, K. (2020). The role of seaports in green supply chain management: Initiatives, attitudes, and perspectives in Rotterdam, Antwerp, North Sea Port, and Zeebrugge. *Sustainability*, 12(4), 1688.

Rodrigue, J-P (2020). *The Geography of Transport Systems*, Fifth Edition, New York: Routledge.

Rogerson, S., Svanberg, M., and Santén, V. (2022). "Supply chain disruptions: flexibility measures when encountering capacity problems in a port conflict." *The International Journal of Logistics Management* Vol. 33 No. 2, pp. 567-589. doi: 10.1108/IJLM-03-2020-0123.

Roso, V., Woxenius, J., & Lumsden, K. (2009). The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland. *Journal of Transport Geography*, 17(5), 338-345.

Royal HaskoningDHV (2022). The new energy landscape Impact on and implications for European ports, European Sea Ports Organisation (ESPO) and European Federation of Inland Ports (EFIP)

Sandberg, M., Sommar, R. och Fridlund, J. (2010). Klart ska vi ha en kombiterminal, Sveriges Kommuner och Landsting, Stockholm.

Sandberg, M., Sommar, R. och Nilsson, A. (2011). Framgångsfaktorer för och effekter av en kombiterminal, Sveriges Kommuner och Landsting, Stockholm.

Silva, M. E., Fritz, M. M., Seuring, S., & Matos, S. (2023). Guest editorial: The social sustainability of global supply chains—a critical perspective on current practices and its transformative potential. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 53(1), 1-12.

Sveriges Radio (2023). Trots kritiken – Kina får köpa in sig i tysk hamn. Tillgänglig: <https://sverigesradio.se/artikel/trots-kritiken-kina-far-kopa-in-sig-i-tysk-hamn>. [Hämtad 2023-03-10].

Trafikanalys (2019). Hamnen i fokus. Rapport 2019:7.

Trafikverket (2022). På kurs mot gröna sjöfartskorridorer: Ett uppdrag inom regeringsuppdraget som nationell samordnare för inrikes sjöfart och närsjöfart. 2022:153

Trip, J. J. and Bontekoning, Y. (2002). "Integration of small freight flows in the intermodal transport system", *Journal of Transport Geography*, Vol. 10 No. 3, pp. 221-229.

Trip, J. J. and Kreutzberger, E. (2002), Complex bundling networks and new generation terminals: a synthesis, The Netherlands TRAIL Research School, Delft.

UIC (2007). *International Combined Transport Production Systems Including Long and Heavy Trains, DIOMIS – Developing Infrastructure and Operating Models for Intermodal Shift*, International Union of Railways, Paris, France.

Vrenken, H., Macharis, C. and Wolters, P. (2005). *Intermodal Transport in Europe*, European Intermodal Association, Brussels.

Wagner, T. (2010). "Regional traffic impacts of logistics-related land use", *Transport Policy*, Vol. 17 No. 4, pp. 224-229.

Wide, P., Kalahasthi, L., & Roso, V. (2022). Efficiency effects of information on operational disruption management in port hinterland freight transport: simulation of a Swedish dry port case. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-24.

Woxenius, J. (1998). Development of small-scale intermodal freight transportation in a systems context. Department of Transportation and Logistics. Gothenburg, Chalmers University of Technology: 240.

Woxenius, J. (2007). "Generic framework for transport network designs: Applications and treatment in intermodal freight transport literature", *Transport Reviews*, Vol. 27 No. 6, pp. 733-749.

Woxenius, J. and Bärthel, F. (2008). "Intermodal road-rail transport in the European Union", H. Priemus, P. Nijkamp and R. Konings (ed.), *The future of intermodal transport: operations, design and policy*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, pp. 13-33.

Woxenius, J., & Bergqvist, R. (2011). Comparing maritime containers and semi-trailers in the context of hinterland transport by rail. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 680-688.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Box 857, 501 15 BORÅS  
Telefon: 010-516 50 00  
E-post: [info@ri.se](mailto:info@ri.se), Internet: [www.ri.se](http://www.ri.se)

Research  
RISE Rapport: 2023:49  
ISBN: 978-91-89821-00-2