

Länklängder i STAN för sjöfart

2002-11-22

Författare Urban Björketun

FoU-enhet Trafik- och transportanalys

Projektnummer 40484

Projektnamn Bestämning av länklängder i STAN för sjöfart

Uppdragsgivare SIKA

Innehållsförteckning

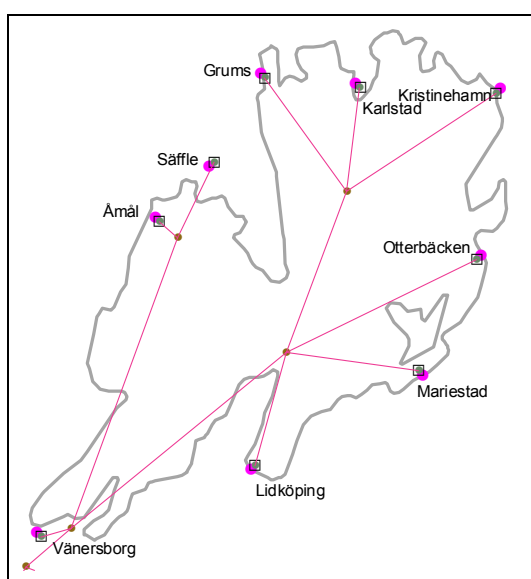
1	BAKGRUND	3
2	METOD	4
3	ÄNDRAT STAN-NÄTVERK	5
3.1	NYA LÄNKLÄNGDER FÖR INRIKESSJÖFART	5
3.2	NYA LÄNKLÄNGDER FÖR UTRIKESSJÖFART.....	10
4	RESULTAT	13
	BILAGA	14

1 Bakgrund

Vid beräkning av transportarbete för sjöfart använder SCB bestämda avstånd mellan svenska hamnar när det gäller inrikestransporter. För utrikestransporter finns ett antal gränspunkter vid vilka fartygen antas komma in på eller lämna svenskt vatten. Även avstånden mellan dessa gränspunkter och de svenska hamnarna är kända.

För modellberäkning av transportarbete med olika transportslag används ofta programmet STAN som hanterar nätverk bestående av noder och länkar. Länkarna förbinder par av noder och beskrivs bl.a. av attributen *mode* och *linktype* (Tabell 1-1 - Tabell 1-3). Ett annat attribut anger länkens längd som nyttjas vid beräkning av transportarbete.

Syftet med föreliggande arbete har varit att för ett nätverk tillhandahållit av SIKA bestämma längden för olika länkar tillgängliga för sjöfart så att avståndet mellan valda noder i nätverket överensstämmer med de avstånd SCB använder för beräkning av sjötransportarbete. I Figur 1-1 visas några hamnar vid Väneren och hur dessa förbinds av länkar i nätverket.



Figur 1-1 Hamnar runt Väneren.

Tabell 1-1 Antal länkar för sjötransporter efter mode och linktype.

Mode	Linktype					Totalt
	80	81	540	580	581	
e	241			370		611
o	4			44		48
p		150			184	334
s	310			6		316
v			176			176
Totalt	555	150	176	420	184	1485

Tabell 1-2 Innebörd av attributet mode.

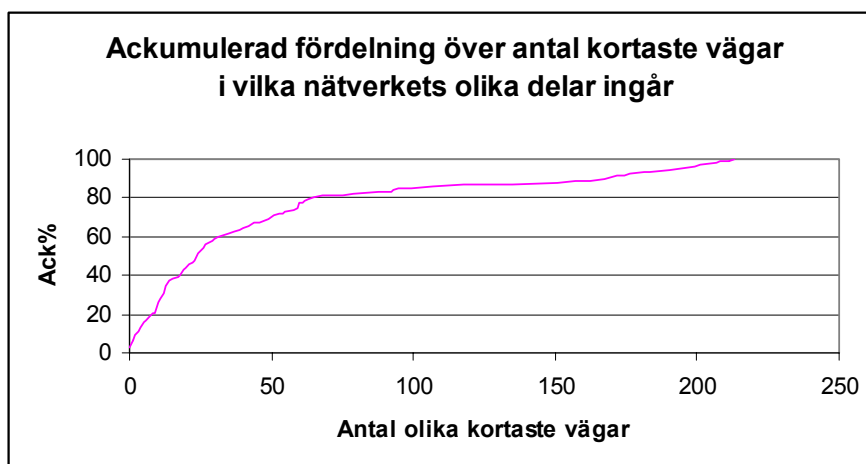
Mode	Klassificering
e	européisk sjöfart
o	transocean sjöfart (Göteborg/Hamburg till resten av världen)
p	hamn mode (length alltid 1 km, kopplar sjöfartsnod med land)
s	inrikessjöfarten
v	européiska inre vattenvägar

Tabell 1-3 Innebörd av attributet linktype.

Linktype	Klassificering
80	sjöfartslänk i svenskt vatten
81	hamnlänk i Sverige
540	européiska inre vattenvägar
580	sjöfartslänk utanför svenskt vatten
581	hamnlänk utanför Sverige

2 Metod

Med hjälp av programmet DSD-IRS bestäms kortaste väg i nätverket mellan alla hamnar för vilka SCB har uppgifter om avstånd. På så sätt fås information om vilka länkar som ingår i respektive hamn-till-hamn rutt och det är möjligt att uttrycka respektive hamnavstånd som en summa av länklängder. Genom att utnyttja samtliga hamnpar fås ett ekvationssystem med fler ekvationer än oberoende och vars lösning utgör en uppskattning av de sökta länklängderna. De 316 länkarna för inrikes sjöfart (de med mode s enligt Tabell 1-1) motsvarar 158 nodpar – samtliga förbinds med två länkar, en i vardera riktningen, med samma längd. Med matrisformulering kan de resulterande kortaste vägarna från DSD-IRS uttryckas som 0 eller 1 för 158 kolumner, en för varje nodpar, och med en rad för varje hamnrelation. Matriselementen 0/1 anger om en viss länk ingår i den kortaste vägen enligt DSD-IRS. Som högerled används hamnavstånden från SCB. Dessa är lika i båda riktningarna varför matrisen endast innehåller en rad per hamnrelation. Många länkar ingår i många olika kortaste vägar (Figur 2-1). Den del av nätverket som är mest använd förbinder noderna 18084 och 18086 utanför Västervik respektive Oskarshamn.



Figur 2-1 Användningen av nätverkets olika delar i kortaste vägar enligt DSD-IRS.

Ett sätt att lösa det överbestämda ekvationssystemet är genom minsta kvadratmetoden, eventuellt kombinerat med icke-negativitetsvillkor på lösningen. Den lösning som då bestäms är dock helt oberoende av de uppgifter om länklängder som finns i STAN-nätet. Ett sätt att använda denna information vid lösning av ekvationssystemet är genom en s.k. entropi-algoritm¹. Genom en parameter är det möjligt att ange vilken tilltro som ska sättas till existerande information. Låt A_{ij} vara en 0/1 matris enligt ovan, låt vidare d_j^0 vara en vektor med de olika länkarnas längder enligt STAN-nätverket och b_i^0 vara en vektor med hamnavstånden enligt SCB. Entropi-algoritmen löser då optimeringsproblemet:

$$\text{Min} \sum_{d, i, j} [\ln(d_j/d_j^0) - (d_j - d_j^0)] + \alpha \sum_i [b_i \ln(b_i/b_i^0) - (b_i - b_i^0)] \quad (1)$$

$$\text{Med bivillkoret } \sum A_{ij} d_j - \alpha b_i = (1 - \alpha) b_i^0 \text{ där } \alpha > 0 \text{ alla } i \quad (2)$$

Med växande värde på α innebär lösningen allt större förändringar i b_i -vektorn

3 Ändrat STAN-nätverk

Beräkningarna av nya länklängder gjordes utifrån ett urval av svenska hamnar (se tabell i bilaga). Hamnarna valdes av SIKA och var 75 stycken. Inför jämförelsen med de av SCB använda avstånden behövde varje hamn kopplas till en av SCB:s hamnkoder. För flertalet hamnar kunde kopplingen göras baserat på namn, men i några fall var detta inte möjligt. Den kompletta listan med föreslagen hamnkod för de 75 hamnarna skickades till Thomas Ljungström, Sjöfartsverket som var behjälplig i de tveksamma fallen. För Nacka och Hörnefors föreslogs hamnkod SESTO (Stockholm) respektive SEUME (Umeå), förslag som redan fanns representerade genom de inom parentes angivna hamnarna. Hamnarna Nacka och Hörnefors togs därför inte med i det fortsatta arbetet.

De parvisa avstånden mellan sjönoderna beräknades med hjälp av programmet DSD-IRS som gav kortaste väg i nätverket. Genom att för ett visst hamnpar summera längden för den kortaste vägens länkar erhöles ett avstånd som kunde jämföras med det som erhållits från SCB.

Vid bestämning av kortaste väg med DSD-IRS användes enbart länkar med mode s, dvs. länkar för inrikesjöfart, dock både länkar med linktype 80 och 580 (Tabell 1-3).

3.1 Nya länklängder för inrikesjöfart

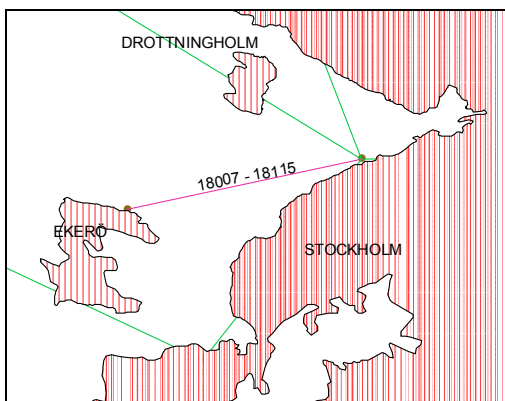
I en första omgång löstes problemet för 592 hamnrelationer. Alla kombinationer av de valda hamnarna återfanns inte i SCB:s avståndsfil – 73 hamnar ger $73 \cdot 72 / 2 = 2628$ olika avstånd om avståndet för varje hamnrelation antas vara detsamma oavsett riktning. I detta steg infördes ett par rättelser efter kontakt med SCB. För relationen SEGVX Gävle - SESFT Skellefteå var avståndet 583 km från Gävle och 528 km till Gävle. På samma sätt för relationen SEGOT Göteborg - SEVBY Visby angavs 465 km från Göteborg och 772 km till Göteborg. Rätt avstånd infördes efter SCB:s kontroll - 528 respektive 772 km.

Av de 158 länkarna var det 4 som inte ingick i någon kortaste väg (se Tabell 3-1 och Figur 3-1 - Figur 3-4).

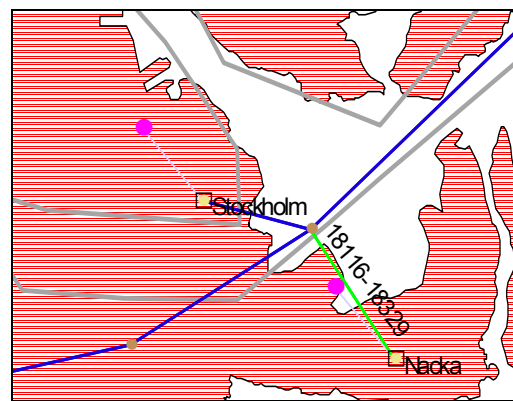
¹ Jan Eriksson, *Algorithms for Entropy and Mathematical Programming*, Linköping 1981.

Tabell 3-1 Länkar som inte ingår i någon kortaste väg mellan hamnpar.

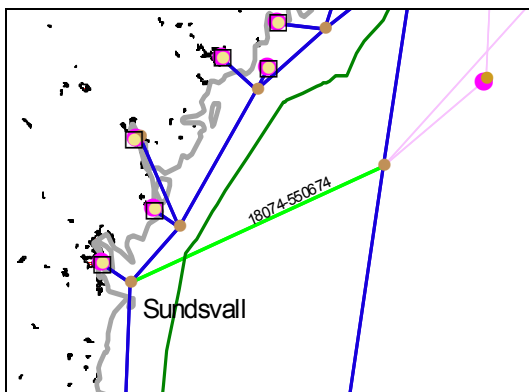
Länk (Fnod-Tnod)	
18007-18115	Ekerö-Stockholm, se Figur 3-1
18074-550674	Nordost från Sundsvall, se Figur 3-2
18116-18329	Vid Nacka, se Figur 3-3
18124-18322	Vid Hörnefors, se Figur 3-4



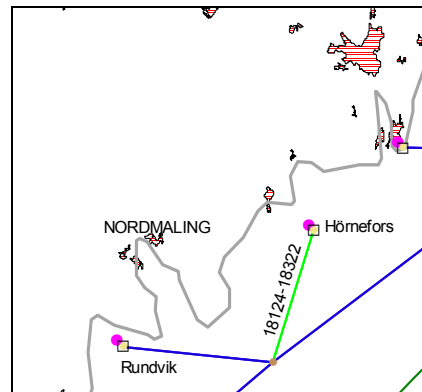
Figur 3-1 Länk mellan noderna 18007 och 18115.



Figur 3-3 Länk mellan noderna 18116 och 18329.



Figur 3-2 Länk mellan noderna 18074 och 550674.



Figur 3-4 Länk mellan noderna 18124 och 18322.

De nya länklängderna gav för varje hamnrelation en kortaste väg vars längd kunde jämföras med SCB-avståndet. För några fanns anledning att än en gång be SCB kontrollera avstånden (Tabell 3-2).

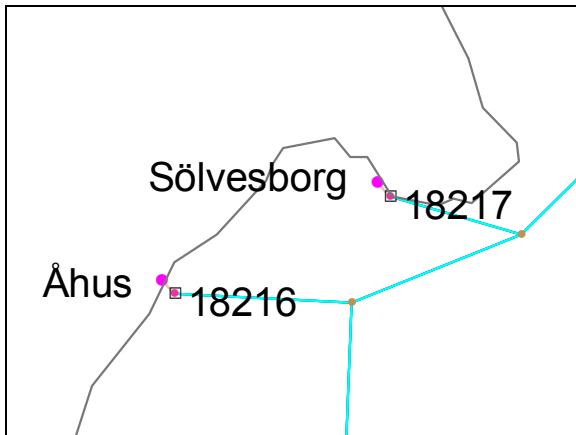
Tabell 3-2 Ändrade hamnavstånd enligt SCB.

FrånHamnKod	FrånHamnNamn	TillHamnKod	TillHamnNamn	SCB km	
				ändrat	ursprungligt
SEAD	Mariestad	SELDK	Lidköping	45	378
SEAD	Mariestad	SEOTT	Otterbäcken	35	404
SELDK	Lidköping	SETHN	Trollhättan	113	246
SEKSD	Karlstad	SEOTT	Otterbäcken	95	26
SENRK	Norrköping	SESFT	Skellefteå	895	946
SESTQ	Strängnäs Gorsingeholm	SEENK	Enköping	saknas	146
SELDK	Lidköping	SEOTT	Otterbäcken	85	26
SEKHN	Kristinehamn	SELDK	Lidköping	135	89
SEKOG	Köping	SEVST	Västerås	saknas	93
SE131	Nynäshamns oljehamn	SESFT	Skellefteå	807	915
SELAA	Landskrona	SESFT	Skellefteå	1396	1467

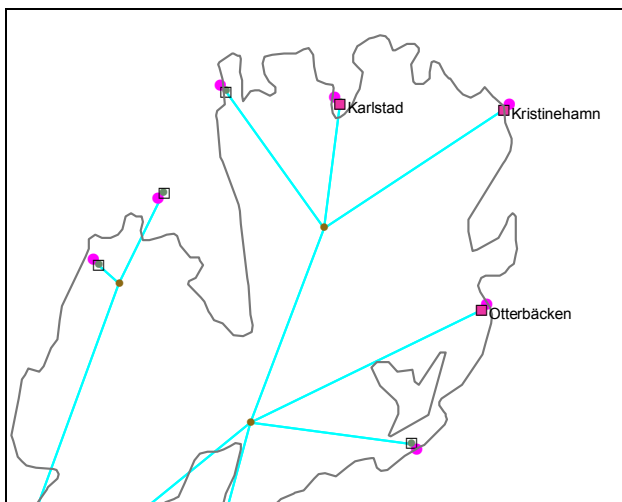
Efter SCB:s kontroll och exkludering av några hamnrelationer där STAN-nätverket bedömdes som alltför grovt (se Tabell 3-3 och Figur 3-5 - Figur 3-8) löstes problemet på nytt, nu för 579 hamnrelationer. I denna andra omgång minskades varje hamnavstånd från SCB med 2 km då det i nätverket för varje hamn finns en länk med längden 1 km som förbinder hamnnoden med motsvarande sjöfartsnod enligt tabell i bilaga. Kortaste väg enligt DSD-IRS gäller mellan sjöfartsnoderna.

Tabell 3-3 Exkluderade hamnrelationer inför nya entropi-körningar.

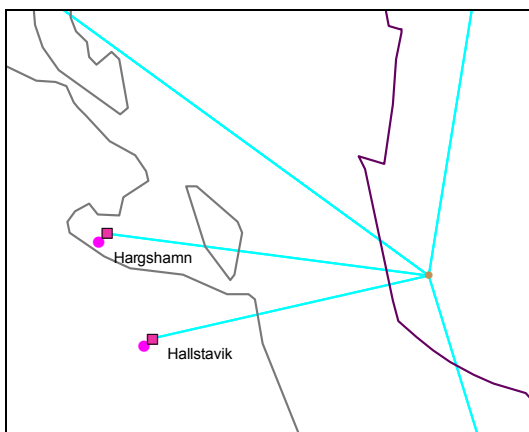
FrånHamnKod	FrånHamnNamn	TillHamnKod	TillHamnNamn	från	till	Anledning
SEAHU	Åhus	SESOL	Sölvesborg	18216	18217	Se Figur 3-5
SEBRO	Brofjorden, Scanraff	SESTE	Stenungsund, Vattenfall	18342	18340	Se Figur 3-8
SEBRO	Brofjorden, Scanraff	SEUDD	Uddevalla	18342	18230	Se Figur 3-8
SEBRO	Brofjorden, Scanraff	SEWAL	Wallhamn	18342	18341	Se Figur 3-8
SEGVX	Gävle	SENOT	Norrsundet	18245	18326	SCBavst=0
SEHAN	Hargshamn	SEHAK	Hallstavik	18265	18328	Se Figur 3-7
SEKHN	Kristinehamn	SEKSD	Karlstad	18239	18259	Se Figur 3-6
SEKOG	Köping	SEVST	Västerås	18240	18241	Avstdata saknas
SEKSD	Karlstad	SEOTT	Otterbäcken	18259	18255	Se Figur 3-6
SESMD	Strömstad	SESTE	Stenungsund, Vattenfall	18232	18340	Se Figur 3-8
SESMD	Strömstad	SEUDD	Uddevalla	18232	18230	Se Figur 3-8
SESMD	Strömstad	SEWAL	Wallhamn	18232	18341	Se Figur 3-8
SESTQ	Strängnäs Gorsingeholm	SEENK	Enköping	18264	18242	Avstdata saknas



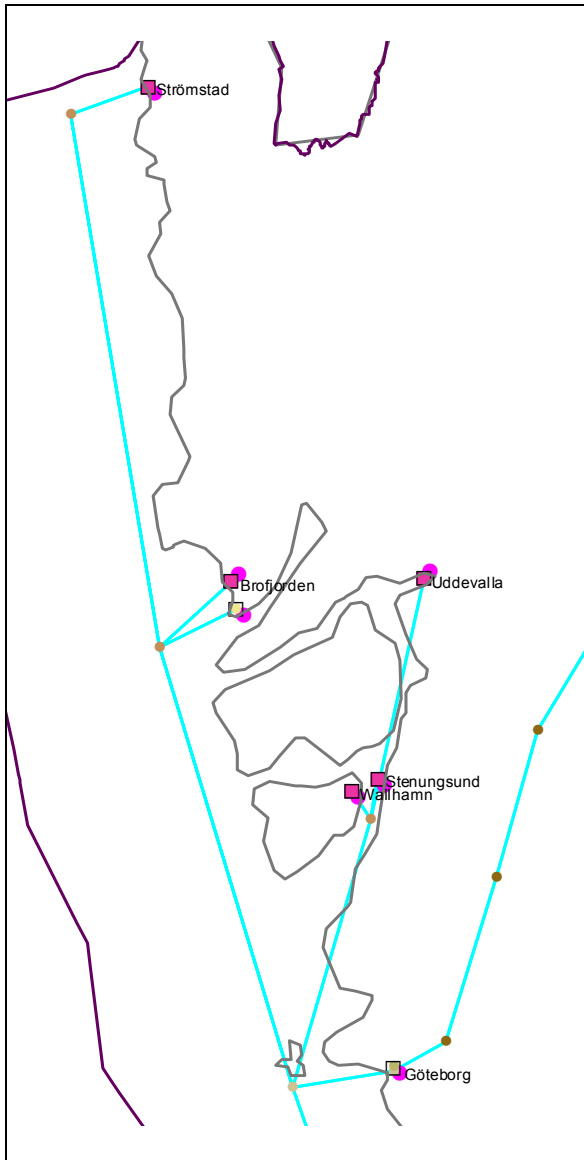
Figur 3-5 Exkluderat nodpar 18216-18217 där nätverksvägen bedöms vara en omväg.



Figur 3-6 Hamnrelationerna Kristinehamn-Karlstad och Karlstad-Otterbäcken har exkluderats då nätverket bedöms som alltför grovt. (Avstånd Kristinehamn – Otterbäcken saknas i data från SCB.)

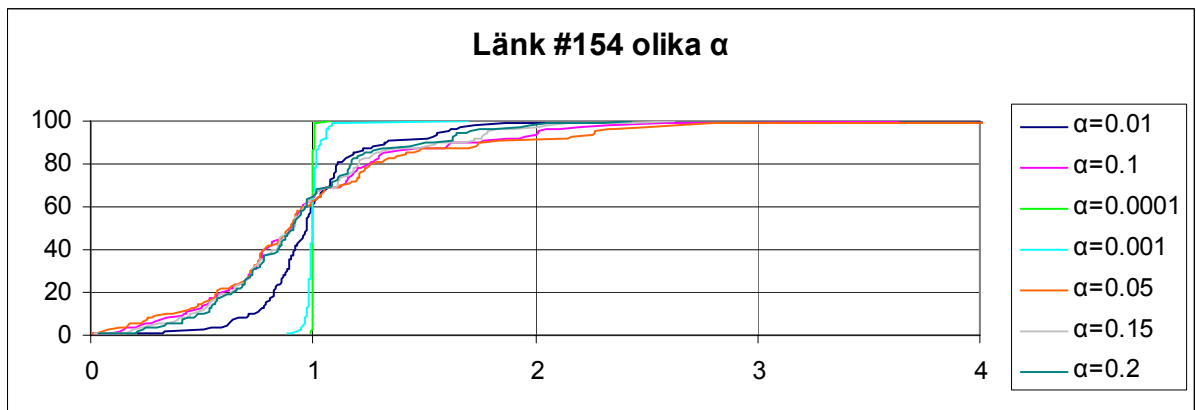


Figur 3-7 Hamnrelationen Hargshamn-Hallstavik har exkluderats då nätverket bedöms som alltför grovt.

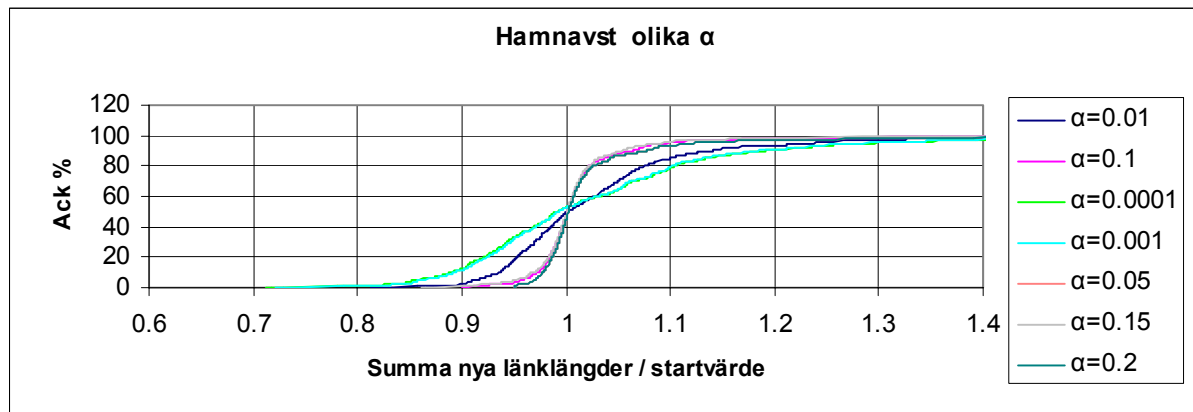


Figur 3-8 Hamnrelationerna från Strömstad och Brofjorden till Uddevalla, Stenungsund och Wallhamn har exkluderats då nätverket bedöms som alltför grovt.

Entropialgoritmen använd för 579 hamnrelationer ger olika resultat för olika α -värden.



Figur 3-9 Ackumulerad fördelning för kvoter mellan länklängder enligt entropilösning och respektive länks startlängd.



Figur 3-10 Ackumulerad fördelning för kvoter mellan summa länklängder enligt entropilösning för varje hamnpar och motsvarande avstånd enligt SCB.

Resultaten för olika α -värden kan också jämföras utifrån Tabell 3-4 nedan. Lösningen med $\alpha=0.15$ har valts för nya länklängder.

Tabell 3-4 Jämförelse mellan entropilösningar med olika α -värden.

	$\alpha=0.0001$	$\alpha=0.001$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.15$	$\alpha=0.2$
Länk, min entropi/start	0.99	0.88	0.21	0.00	0.00	0.02	0.04
Länk, max entropi/start	1.07	1.70	8.10	11.06	3.63	2.62	2.43
Länk min entropilängd				0.0004	0.026	0.127	0.221
Länk max entropilängd				278.7	276.6	276.0	275.7
Max abs(Σ entropilängd-SCB:s hamnavst)				114.6	94.8	97.3	108.9

3.2 Nya länklängder för utrikessjöfart

VTI har tidigare utvecklat en enklare beräkningsmodell för sjötransportarbete². Modellen inkluderar samtliga fartygsanlöp i beräkningarna och bygger på antaganden beträffande var fartyg kommer in på respektive lämnar svenskt farvatten. Beroende på kombination av transportområde där den svenska hamnen ligger och vilket land som berörs, väljs olika gränspunkter. Dessa är Kapellskär, Nynäshamn, Simrishamn, Helsingborg, Göteborg och Strömstad. För vissa kombinationer anges ingen av dessa gränspunkter utan endast ett s.k. tilläggsavstånd vilket valts med tanke på svensk territorialvattengräns och getts värdet $12 \cdot 1.852$ kilometer.

I det arbete som redovisas här bestämdes med ett script i ArcView alla skärningspunkter mellan länkar i STAN-nätverket och territorialvattengränsen. Resultatet av länkklassificeringen återfinns i Tabell 3-5.

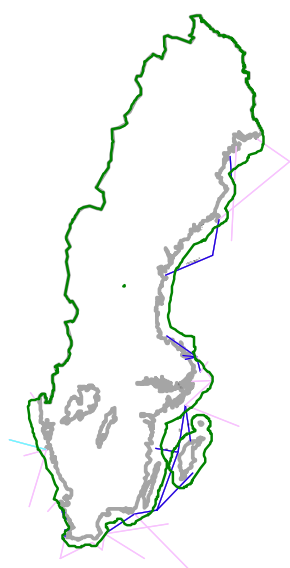
² Projekt 40433 Beräkning av transportarbete med sjöfart på svenskt vatten, dokumenterat i PM skickad till SIKA 2002-06-10.

Tabell 3-5 Klassificering av länkar efter mode, linktype samt läge i förhållande till territorialvattengränsen.

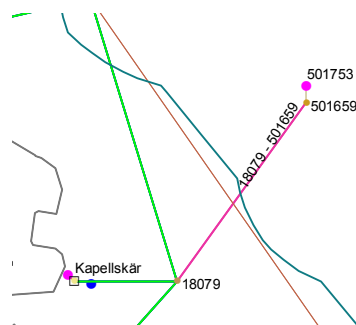
mode_type	inom	skär	utanför	Totalt
e-580		44	326	370
e-80	201	36	4	241
o-580		2	42	44
o-80	4			4
p-581			184	184
p-81	150			150
s-580		6		6
s-80	272	34	4	310
v-540			176	176
Totalt	627	122	736	1485

Länkar av intresse för sjöfart på svenskt vatten har mode s, e eller o. Med ett undantag sammanfaller alla länkar betecknade e-80 eller o-80 med s-länkar behandlade i avsnitt 3.1 och ges samma längd som dessa. Det gäller ju avstånd mellan samma nodpar. Undantaget framgår av Figur 3-12. Lokaliseringen av de 122 länkarna framgår av Figur 3-11. Antalet punkter där territorialvattengränsen kan passeras i STAN-nätverket är stort jämfört med de sex bestämda gränspunkterna nämnda ovan. Syftet med den refererade beräkningsmodellen är att beräkna sjötransportarbete på svenskt vatten, något som i STAN kan uppnås genom att anpassa länkarna till territorialvattengränsen.

Länkarna som skär territorialvattengränsen har specialstuderats. I Tabell 3-5 anges antalet till 122 men då räknas en länk (nodpar) flera gånger; i båda riktningarna och med olika mode. Dessutom skär en del länkar territorialvattengränsen flera gånger vilket bl.a. gäller länkar mellan fastlandet och Gotland (Figur 3-13) Om varje länk endast räknas en gång per mode-linktype erhålles resultat enligt Tabell 3-6 där kolumnen Totalt avser antal länkar utan dubblering pga. mode-linktype. Tas hänsyn även till de nämnda länkarna mellan fastlandet och Gotland är det totalt 40 olika länkar (nodpar) som berörs.



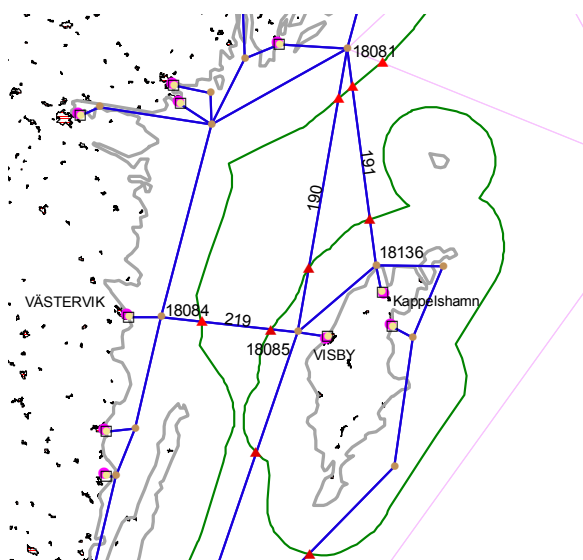
Figur 3-11 Länkar som skär territorialvattengränsen



Figur 3-12 Länk 18079-501659 med av typ e-80 som saknar motsvarighet med mode s.

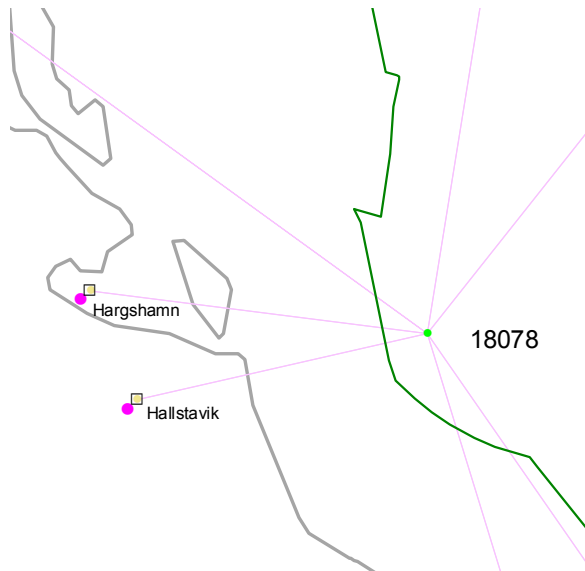
Tabell 3-6 Antal länkar av olika mode-linktype som skär territorialvattengränsen, dels utanför fastlandet och dels runt Gotland.

	e-580	e-80	o-580	s-580	s-80	Totalt
Fastlandet	21	17	1	2	16	38
Gotland	2	3	0	2	3	5

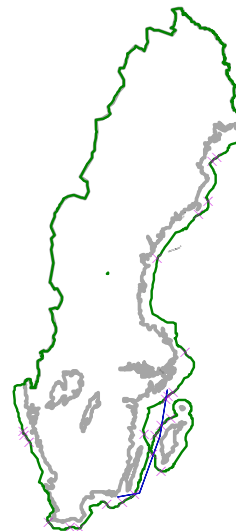


Figur 3-13 Länkar som ansluter till Gotland. Skärningspunkterna med territorialvattengränsen har markerats.

Några av skärningspunkterna ligger nära territorialvattengränsen och har lämnats utan åtgärd, se Figur 3-14 för exempel. Därefter återstår 22 nodpar vilka delas genom att 25 nya noder definieras (Figur 3-15), en per länk samt ytterligare en för vardera av de tre länkarna mellan fastlandet och Gotland vilka delas i tre delar. De nya noderna numreras 18500-18524. (I det ursprungliga STAN-nätverket har sjöfartsnoder på svenskt vatten nummer mellan 18001 och 18343 varav 4 ligger utanför territorialvattengränsen.)



Figur 3-14 Länkar med mode e som ansluter till nod 18078.



Figur 3-15 Nya noder där länkar passerar territorialvattengränsen.

Alla länkar som bestäms av de 22 nodparen delas i 2 eller 3 delar och delarna ges linktype=80 om de ligger innanför territorialvattengränsen, annars linktype=580. Attributet length för respektive länk beräknas i två steg. Först bestäms attributet för den odelade länken vilket antingen är det ursprungliga värdet eller entropilösningen från avsnitt 3.1. Därefter delas attributvärdet med länkdelarnas längd som andelar. En enskild länks eller länkdelns längd beräknas härvid som avståndet mellan (x,y)-koordinaterna i de två ändpunkterna.

4 Resultat

Beräkningarna redovisade i kapitel 3 har gett upphov till 25 nya noder och 144 nya länkar som ersätter 66 länkar i det ursprungliga nätet. (Av 66 länkar med unik nyckel ”fnod-tnod-mode-linktype” har 54 delats i 2 delar och 12 i 3 delar.) Nya längder bestämda med entropialgoritmen enligt beskrivning i avsnitt 3.1 har tilldelats samtliga länkar som definieras av berörda nodpar.

Alla data som beskriver noder och länkar efter genomförda beräkningar återfinns i filen Sjolinks_214_VTI.xls. På blad *noder* finns alla noder i STAN-nätverket och de 25 nya ligger först. På blad *Länkar* finns data för alla länkar. Här har posterna som beskriver de länkar som delats enligt 3.2 placerats längst ned på arket där de skiljs från övriga poster av en tomrad. För alla poster som ändrats återfinns ursprungliga värden i kolumnerna längst till höger (färgade gröna).

Dessutom har filen Sjolinks_VTI.214 skapats med ändrade data men med samma format som Sjolinks.214, vilken beskriver det ursprungliga STAN-nätverk som utgjort indata till beräkningarna. De angivna filerna finns hos SIKA och VTI.

Bilaga

Hamnar valda för avståndsbestämning.

Hamn	HamnKod	Sjönodnr	Hamnodnr
Västervik	SEVVK	18201	18001
Södertälje	SESOE	18202	18002
Hässelby	SEHBV	18206	18006
Bro	SEBAA	18209	18009
Visby	SEVBY	18210	18010
Göteborg	SEGOT	18211	18011
Trelleborg	SETRG	18214	18014
Helsingborg	SEHEL	18215	18015
Åhus	SEAHU	18216	18016
Sölvesborg	SESOL	18217	18017
Karlshamn	SEKAN	18218	18018
Ronneby	SERNB	18219	18019
Karlskrona	SEKAA	18220	18020
Halmstad	SEHAD	18221	18021
Färjestaden	SEMOR	18222	18022
Kalmar	SEKLR	18223	18023
Falkenberg	SEFAG	18224	18024
Varberg	SEVAG	18225	18025
Oskarshamn	SEOSK	18226	18026
Trollhättan	SETHN	18227	18027
Vänersborg	SEVAN	18229	18029
Uddevalla	SEUDD	18230	18030
Lidköping	SELDK	18231	18031
Strömstad	SESMD	18232	18032
Mariestad	SEMAD	18233	18033
Nyköping	SENYO	18234	18034
Oxelösund	SEOXE	18235	18035
Nynäshamn	SE131	18236	18036
Åmål	SEAMA	18237	18037
Säffle	SESAF	18238	18038
Kristinehamn	SEKHN	18239	18039
Köping	SEKOG	18240	18040
Västerås	SEVST	18241	18041
Enköping	SEENK	18242	18042
Uppsala	SEUPP	18243	18043
Kapellskär	SEKPS	18244	18044
Gävle	SEGVX	18245	18045
Hudiksvall	SEHUV	18246	18046
Sundsvall	SESDL	18247	18047
Härnösand	SEHND	18248	18048
Kramfors	SEKRF	18249	18049
Örnsköldsvik	SEOER	18250	18050
Umeå	SEUME	18251	18051

Hamn	HamnKod	Sjönodnr	Hamnnodnr
Malmö	SEMMA	18252	18052
Landskrona	SELAA	18253	18053
Otterbäcken	SEOTT	18255	18055
Lysekil	SELYS	18256	18056
Norrköping	SENRK	18257	18057
Karlstad	SEKSD	18259	18059
Söderhamn	SESOO	18260	18060
Skellefteå	SESFT	18261	18061
Piteå	SEPIIT	18262	18062
Luleå	SELLA	18263	18063
Strängnäs	SESTQ	18264	18064
Hargshamn	SEHAN	18265	18065
Ystad	SEYST	18266	18066
Stockholm	SESTO	18267	18067
Husum	SEHUS	18318	18118
Karlsborg-Axelsvik	SEKXV	18319	18119
Haparanda	SE974	18320	18120
Hörnefors	SEUME (Umeå)	18322	18122
Rundvik	SERUV	18323	18123
Iggesund	SEIGG	18325	18125
Norrsundet	SENOT	18326	18126
Skutskär	SESSR	18327	18127
Hallstavik	SEHAK	18328	18128
Nacka	SESTO (Stockholm)	18329	18129
Mönsterås	SEJAT	18330	18130
Slite	SESLI	18332	18132
Kappelshamn	SEKPH	18335	18135
Höganäs	SEHOG	18338	18138
Stenungsund	SESTE	18340	18140
Wallhamn	SEWAL	18341	18141
Brofjorden	SEBRO	18342	18142
Grums	SEALN	18343	18143