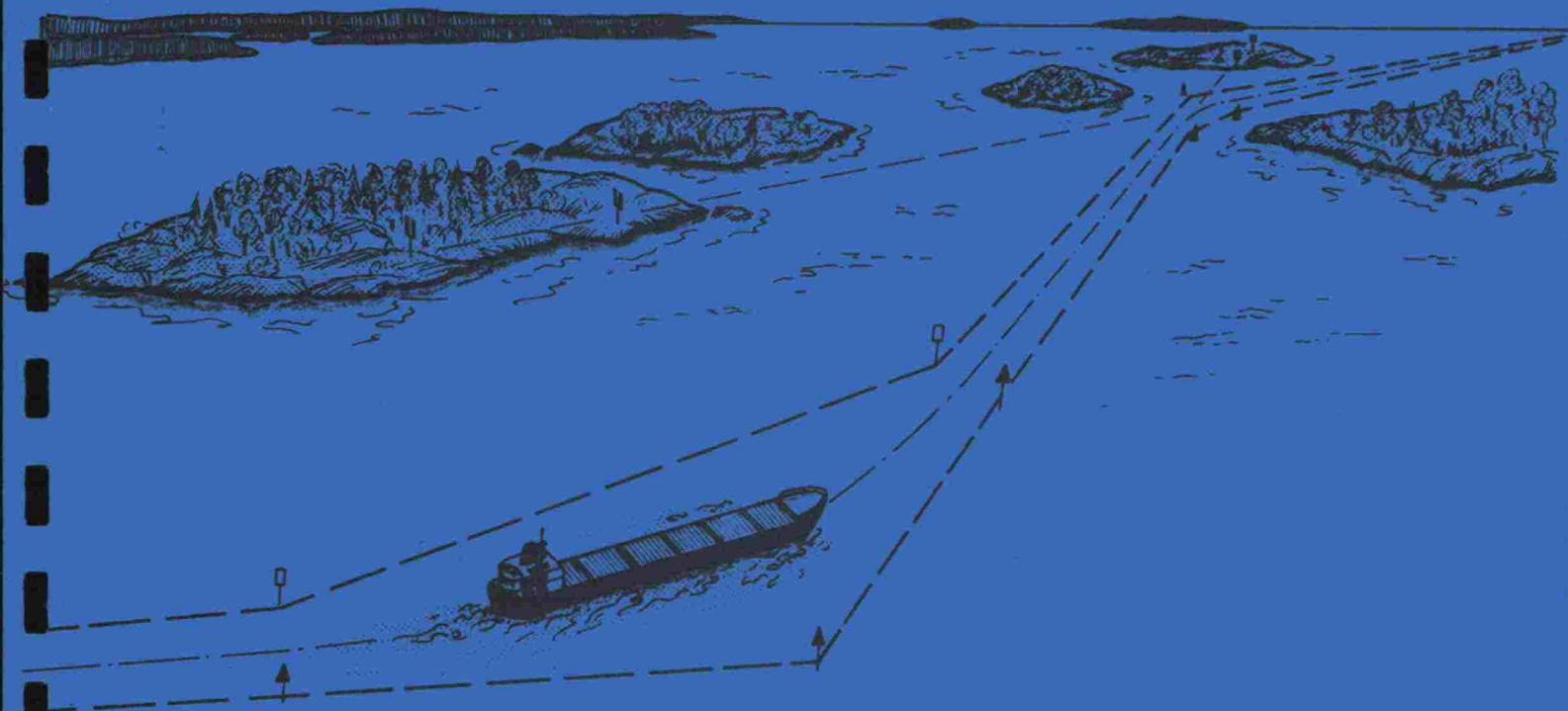


20140894

PLANERINGS-DIREKTIV FÖR FARLEDER



VÄG- OCH VATTENBYGGNADSSTYRELSEN
VATTENVÄGSAVDELNINGEN

HELSINGFORS 1980

TVH 752159

08
TIE-



82 0983

Företal

I Finland inleddes i början av 1970-talet ett omfattande farledsförbättringsprogram. Programmet gav även upphov till utvecklingsarbete i anslutning till farledsplanering t. ex. undersökning av fartygs rörelser och manövrering med tillhjälp av beräkningar, modellförsök och fullskalemätningar. Undersökningsresultaten har tillämpats vid planeringsarbetet. Andra utgångspunkter har varit internationella rekommendationer och erfarenhetsbaserade riktvärden.

För att det samlade kunskapsmaterialet skulle utnyttjas möjligast konsekvent beslöt man utarbeta dessa planeringsdirektiv för farleder. Man övervägde även att uppgöra normer för farledsplanering men en norm ansågs vara alltför bindande och någon gång t.o.m. till hinders vid planering av ekonomiskt genomförbara lösningar. Därför beslöt man sig för planeringsdirektiv, vilka ger mera rum för prövning både för planerare och beslutsfattare.

För uppgörandet av direktiven har dipl.ing. Timo Rekonen ansvarat. Direktivutkastet har förutom av väg- och vattenbyggnadsstyrelsens vattenvägsavdelning behandlats på ett speciellt farledsplaneringsseminarium, i vilket deltog representanter för sjöfartsstyrelsen, rederier, lotsar, sjöstridskafterna, tekniska högskolan och statens tekniska forskningscentral. Därefter har direktiven stått till planerarnas förfogande i drygt ett år innan de nu publiceras. Direktiven har översatts till svenska på initiativ och bekostnad av det nordiska samarbetsorganet "Nordisk kommitté för transportekonomisk forskning". Väg- och vattenbyggnadsstyrel-

sen tackar alla dem som medverkat till dessa direktivs till-
komst för gott samarbete och hoppas att direktiven för sin del
bidrar till det gemensamma målet att utveckla mer ekonomiska
och tryggare farleder.

VÄG- OCH VATTENBYGGNADSSTYRELSEN
Vattenvägsavdelningen



J. Saisto



Kimmo Mannola

Direktivens tillämpningsområde

Sammandrag

PLANERINGSDIREKTIV FÖR FARLEDER	1
1. ALLMÄNT	1
2. FARTYGENS DIMENSIONER OCH MANÖVEREGENSKAPER	3
2.1 Dimensionerande fartyg	3
2.2 Fartygsdimensioner	3
2.3 Fartygens manöveregenskaper	7
2.31 Giregenskaper	7
2.32 Kurshållningsförmåga	12
2.33 Stoppegenskaper	14
3. FARLEDSUTRYMME	15
3.1 Farledens sträckning	15
3.2 Farledskurvor	17
4. FARLEDENS BREDD	20
4.1 Allmänt	20
4.2 En rak farleds bredd	20
4.21 En enkelriktad rak farleds bredd	24
4.22 En dubbelriktad rak farleds bredd	26
4.3 Jämförelse med internationella rekommendationer	27
4.4 Farledens bredd i kurva	29
5. FARLEDENS DJUP	31
5.1 Allmänt	31
5.2 Fartygets fartberoende sättning (squat)	33
5.3 Fartygets sättning förorsakad av vågor	38
5.4 Kölmarginal	38
5.5 Internationella rekommendationer för djupmarginaler	39
6. FARLEDENS UTMÄRKNING	40
6.1 Allmänt	40
6.2 Linjeutmärkning	42
6.3 Kantmarkering	44
6.4 Fyrar	46
6.5 Exempel på utmärkning	46
7. BROÖPPNINGAR	48
7.1 Allmänt	48
7.2 Broöppningens bredd	53
7.3 Ledverk	54
8. LITTERATURHÄNVISNINGAR	

DIREKTIVENS TILLÄMPNINGSSOMRÅDE

Dimensioneringsgrunderna och rekommendationerna i dessa direktiv kan användas vid bestämmandet av en farleds dimensioner och sträckning både för havs- och insjöfarleder samt vid preliminär planering av en farleds säkerhetsanordningar (utmärkning). Beträffande farledsutmärkningen innehåller direktiven närmast allmänna utmärkningsgrunder och principiella lösningsmodeller. Noggrannare dimensioneringsdirektiv ges bl.a. i "SISÄVESIVÄYLIEN MERKINNÄN SUUNNITTELUOHJEET" (Planeringsdirektiv för utmärkning av insjöfarleder, TVH No 752163, 1978).

I direktiven har inte beaktats knippflottningen, vilken på kustfarlederna och i synnerhet på insjöfarlederna ofta är den dimensionerande faktorn för farledsbredden.

SAMMANDRAG

ALLMÄNT

Den tekniska planeringen av en fartygsled består grovt taget av följande deluppgifter:

- bestämmande av dimensionerande fartyg
- bestämmande av farledens sträckning
- bestämmande av farledens bredd
- bestämmande av farledens djup
- planering av utmärkningen.

Dessa deluppgifter kan dock inte lösas var för sig, eftersom i synnerhet farledens sträckning, bredd och utmärkning är starkt beroende av varandra. Likaså inverkar trafikmängderna i avgörande grad på farledsplanen. En liten trafikmängd motiverar i allmänhet endast en minimilösning. Större trafikmängder ger grund för en högre farledsstandard och det finns mera rum för satsning på t.ex. bättre sträckning och större bredd, d.v.s. på att underlätta manövreringen.

FARTYGENS MÅTT OCH MANÖVEREGENSKAPER

Tabellerna 2, 3 och 4 samt figur 1 framställer huvudmått för olika fartygstyper. I figurerna 3...7 granskas giregenskaperna för en bilfärja, ett containerfartyg och ett tankfartyg som funktion av rodervinkel, hastighet och yttre förhållanden.

Av manöveregenskaperna är den viktigaste fartygets uppförande under girar. Girhastigheten är till övervägande del beroende av rodervinkeln. Fartens inverkan på girradiens storlek är negligerbar. Den nominella girradien kan anses stå i direkt förhållande till fartygets längd.

PLANERING AV FARLEDENS STRÄCKNING

Huvudmålsättningar vid planering av farledens sträckning är följande:

- sträckningen bör vara så rak som möjligt
- farledslinjerna bör vara så långa som möjligt
- girar större än 30° bör undvikas
- farledskorsningar bör om möjligt undvikas
- S -kurvor får användas endast med specialarrangemang

I praktiken är möjligheterna att fritt planera farledens sträckning oftast mycket begränsade, eftersom bottenens topografi i sista hand bestämmer var farleden kan dras. Ändringar i sträckningen inverkar i allmänhet kraftigt på muddringskostnaderna.

En grov sträckningsklassificering framställs i figur 9.

Som girradie kan vid planeringen användas värdet $R = 5 \times$ fartyglängden, då kursförändringen är minst 30° . Vid små kursförändringar är $R = 5 \dots 10$ fartyglängder (figur 11).

FARLEDENS BREDD

Vid bestämning av en farleds minimibredd rekommenderas en analy-

tisk dimensioneringsmetod varvid farledens bredd fås som summa av sådana delfaktorer vars storlek kan uppskattas på basen av yttre förhållanden eller dylika faktorer.

Till exempel en enkelriktad farleds minsta bredd (B) bestäms på följande sätt:

$$B = b + b_s + 2 b_m + 2 b_e + 2 b_l$$

b = det dimensionerande fartygets bredd

b_s = tilläggsbredd för avdrift på grund av vind eller ström

b_m = tilläggsbredd på grund av fartygets oavsiktliga svängningar

b_s = positionsbestämningens onoggrannhet

b_l = randmarginal

Av dessa faktorer kan vindens, strömmarnas och svängningarnas inverkan på behovet av tilläggsbredd bestämmas på basen av erfarenhet, fältmätningar eller modellförsök. Positionsbestämningens noggrannhet är beroende av farledens utmärkning och fartygets navigationsutrustning. Vid utmärkningsplaneringen bör alltså dimensioneringsgrunderna beaktas så att en tillräckligt noggrann positionsbestämning kan nås med normal fartygsburen navigationsutrustning.

I manövreringsfilens bredd ingår alltså alla faktorer, som påverkar fartygets laterala behov av farledsutrymme. Därtill måste randmarginalen vara så stor att de s.k. bankeffekterna inte försvårar styrningen av fartyget.

En dubbelriktad farleds bredd bestäms i princip på samma sätt. Enda tilläggsvariabel är fartygsmarginalen, vilken är analog med randmarginalen.

I tabell 7 ges en jämförelse mellan internationella rekommendationer för farledsbredd.

FARLEDENS DJUP

Farledens erforderliga vattendjup beror på det dimensionerande

fartygets djupgång, dess fart, lokala vågförhållanden och farledstvärnsnittets ytas förhållande till fartygets våta tvärsnitt. På områden där vågorna är små i förhållande till det dimensionerande fartygets mått kan djupbehovet bestämmas matematiskt med tillräckligt stor noggrannhet (figur 18). Däremot har man för farledsplaneringsbehov inte lyckats utveckla beräkningsmetoder för att bestämma ett fartygs rörelser i sjögång. Behovet av djupmarginal på öppna områden måste bedömas på basen av erfarenhet.

I tabell 9 ges ett sammandrag av internationella rekommendationer för djupmarginaler.

FARLEDENS UTMÄRKNING

Farledens utmärkning bör stå i förhållande till:

- farledens sträckning
- farledens bredd
- de förhållanden under vilka farleden används
- farledens trafiktäthet.

Det är givet att en krokig och smal farled fordrar en noggrannare utmärkning än en rak och bred. Skall farleden trafikeras under alla förhållanden ställes andra krav på utmärkningen än på t.ex. en dagled. Detta påvisas även av olycksfallsstatistiken i figur 22.

Ett fartygs positionsbestämning sker både med tillhjälp av farledsbaserade säkerhetsanordningar (remmare, bojar, linjemärken, ledfyrrar, angöringsfyrrar mm.) och fartygsburen navigationsutrustning (främst radar). Vid utmärkningsplaneringen måste man utgå ifrån att fartygets positionsbestämning under alla förhållanden kontinuerligt och tillräckligt noggrant kan ske med dessa hjälpmedel. Figurerna 28...30 ger förslag till utplacering av farledsutmärkning.

BROÖPPNINGAR

Minimibredd för broöppningar kan anses vara $1,5 \times b$ ifall ledverk

byggs. Utan ledverk kan en öppning på 2 x b tillåtas ifall läget är skyddat. Brons och landtrafikens säkerhet kan dock förutsätta att man bygger kollisionskydd, vilka förhindrar att bron skadas vid påkörning av ett fartyg.

PLANERINGS-DIREKTIV FÖR FARTYGSLEDER

1. ALLMÄNT

Med farledsplanering avses i det följande

- planering av farledens sträckning så att den motsvarar trafikens krav, bottentopografin och övriga förhållanden
- bestämning av farledens tvärsnittsdimensioner och
- bestämning av typ och placering för farledsbaserade säkerhetsanordningar.

Planeringens målsättning är givetvis att få till stånd en bra och trygg farled, men på grund av byggnadskostnaderna tvingas man ofta sänka målsättningsnivån. Hur långt från ideallösningen man måste avvika beror i första hand på farledens lönsamhet dvs. förhållandet mellan byggnadskostnader och diskonterade transportkostnadsinbesparingar.

I tabell 1 uppräknas farledsplaneringens centrala målsättningar och lösningsmodeller. Uppfattningarna om en farleds kvalitet är i alla fall mycket subjektiva, eftersom inga allmänt godtagna utvärderingskriterier tillsvärdare existerar.

TABELL 1. Farledsplaneringens målsättningar

Målsättning	Lösning
- lättnavigerad	<ul style="list-style-type: none">- rak- bred- väl utmärkt
- säker	<ul style="list-style-type: none">- farledens dimensioner och utmärkning bör stå i riktig proportion till trafikens kvantitet och kvalitet- fartygshastigheten bör anpassas till farledens dimensioner
- ekonomisk att använda	<ul style="list-style-type: none">- stort segelfritt djup- inga trafibegränsningar- rak- inga ishinder
- billig att bygga och underhålla	<ul style="list-style-type: none">- små byggnadskostnader (= smal, krokig, grund, billiga säkerhetsanordningar)- små underhållskostnader (= litet antal säkerhetsanordningar)- isfri

Då farleder planeras är det ofta omöjligt att hålla fast vid en bestämd kvalitetsnivå eftersom projektets förverkligande i så fall kan råka i fara. Å andra sidan ges det inga absoluta kriterier eller gränsvärden som stöd för planeringen. Man kan undersöka en farled till exempel med tillhjälp av manövreringssimulator eller modellförsök. Resultaten kan dock inte testas genom fältmätningar eftersom fullskaleförsök inte kan genomföras ens i närheten av riskgränserna på grund av rädsla för stora ekonomiska förluster. Därför ingår i farledsplaneringen av nödtvång ett avsevärt spelrum. De bästa planeringskriterierna står tydligtvis att få genom att undersöka befintliga, krokiga och smala farleder samt de manövreringssvårigheter som föreligger på dem.

Vid en jämförelse av farledslösningar i andra länder med våra egna bör följande olikheter beaktas:

- Internationellt sett är trafikmängderna på våra farleder mycket små. Därför finns det knappast ekonomiska förutsättningar för särskilt stora farledsinvesteringar.
- Av de små trafikmängderna följer att förebyggandet av grundstötningar ur säkerhetssynpunkt är viktigare än förebyggandet av sammanstötningar.
- De finska kustvattnen är grunda och splittrade av holmar och grund. Därför måste man muddra också på relativt grunda farleder. Dessutom gör bottentopografins detaljrikedom farlederna krokiga och oregelbundna.
- Grunden består ofta av blockmorän eller berg, vars bortskaffande är dyrt.
- Siktförhållandena kan höst- och vintertid vara exceptionellt dåliga vilket bör beaktas vid planeringen av säkerhetsanordningarna.
- Istäcket medför tilläggskostnader för fartygstrafiken och försvårar utmärkningen av farlederna.
- Strömhastigheterna är obetydliga ur navigeringssynpunkt utom i Kvarkenområdet där strömhastigheter på 1,0...1,5 m/s förekommer under kraftiga väderleksförändringar.
- Vattenståndsförändringarna är på havsområdet relativt små och slumpmässiga, varav följer att förändringarna inte kan tillgodogöras vid farledsdjupet. På insjöarna är vatten-

ståndsförändringarna däremot långsamma och de kunde lätt tillgodogöras vid farledsdjupet.

- i synnerhet på insjöfarvattnen används fartygslederna också av knippflottningen, vilket ställer tilläggskrav på farlederna och farledsutmärkningen.

2. FARTYGENS DIMENSIONER OCH MANÖVEREGENSKAPER

2.1 Dimensionerande fartyg

Fartygen på farlederna varierar både till sina dimensioner och manöveregenskaper. Dimensionerande fartyg är normalt det största fartyget som i full last regelbundet kommer att använda farleden och vars manöveregenskaper kan anses medelgoda. Dimensioneringen kan också genomföras eller kontrolleras för större fartyg i dellast, som använder farleden endast under vissa gynnsamma förhållanden och/eller med bogserbåtsassistans.

2.2 Fartygsdimensioner

De konventionella fraktfartygens (stycke gods- och bulkfartyg) dimensionsförhållanden är följande:

$$b/t = 2,5 \text{ (} 2,3 \dots 2,7 \text{ då bärigheten förändras } 2\ 000 \dots 150\ 000 \text{ dwt)}$$

$$l/b = 7 \dots 8 \text{ då bärigheten förändras } 150\ 000 \dots 2\ 000 \text{ dwt}$$

$$l = \text{fartygets längd}$$

$$b = \text{fartygets bredd}$$

$$t = \text{fartygets djupgång}$$

$$D = C_B \times l \times b \times t$$

$$C_B = 0,8 \text{ för bulkfartyg då } D \geq 25\ 000 \text{ ton}$$

$$C_B = 0,7 \text{ för stycke gods fartyg}$$

$$D = \text{deplacement}$$

$$C_B = \text{fartygets blockkoefficient}$$

I tabell 2 ges fraktfartygens huvudmått i förhållande till fartygets bärighet.

Bruttodräk- tighet	Bärighet	Displacement	Längd ö.a	Längd p.p	Bredd	Djupgång
BRT	dwt	t	m	m	m	m
Bulkfartyg						
-	200 000	240 000	350	330	50,0	17,5
-	175 000	210 000	330	315	48,5	17,0
-	150 000	180 000	315	300	46,0	16,5
-	125 000	155 000	295	280	43,5	16,0
-	100 000	124 000	280	265	41,0	15,0
-	85 000	105 000	265	255	38,0	14,0
-	65 000	85 000	255	245	33,5	13,0
-	45 000	60 000	230	220	29,0	11,5
-	35 000	45 000	210	200	27,0	11,0
-	25 000	30 000	190	180	24,5	10,5
-	15 000	20 000	165	155	21,5	9,5
Styckegods-fartyg						
10 000	15 000	20 000	165	155	21,5	9,5
7 500	11 000	15 000	150	140	20,0	9,0
5 000	7 500	10 000	135	125	17,5	8,0
4 000	6 000	8 000	120	110	16,0	7,5
3 000	4 500	6 000	105	100	14,5	7,0
2 000	3 000	4 000	95	90	13,0	6,0
1 500	2 200	3 000	90	85	12,0	5,5
1 000	1 500	2 000	75	70	10,5	4,5
500	700	1 000	60	55	8,5	3,5

Bärighet t	Längd m	Bredd m	Djupgång m	Benämning
1 900	82	11,8	4,35	Fartyg för Saima kanal
1 650	76,5	11,4	2,5	Europa II pråm utan skjutbogserbåt
2 200	76,5	11,4	3,2	"
2 550	76,5	11,4	3,7	"
1 250	80	9,5	2,5	Typ "Johann Welker"
	20	10	2,5	Skjutbogserbåt

TABELL 2, Fraktfartygens huvudmått

Specialfartyg, till exempel ro-ro- och containerfartyg samt bil- och tåg färjor, har mindre djupgång och större bredd än bulkfartyg av motsvarande längd. Huvudmått för de bilfärjor och fraktfärjor, som trafikerar på finländska farvatten ses på figur 1.

Containerfartygen har en utformning som motsvarar färjornas men de är större. Huvudmått för den sk. andra generationens containerfartyg är i medeltal:

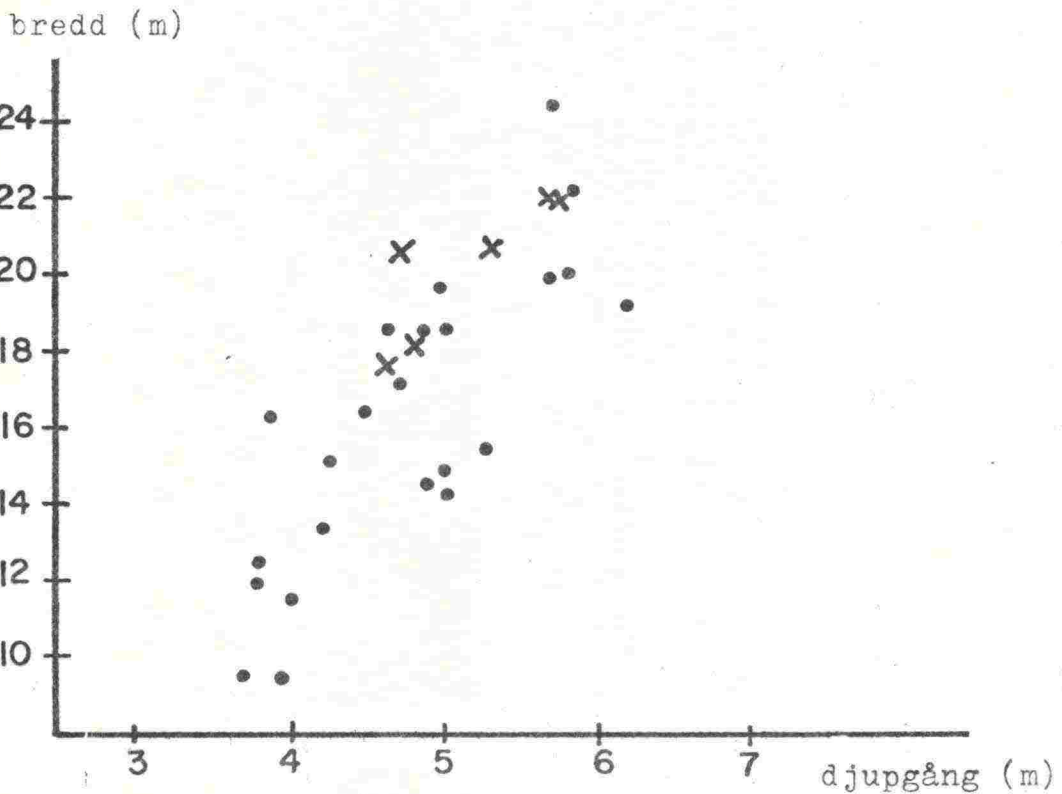
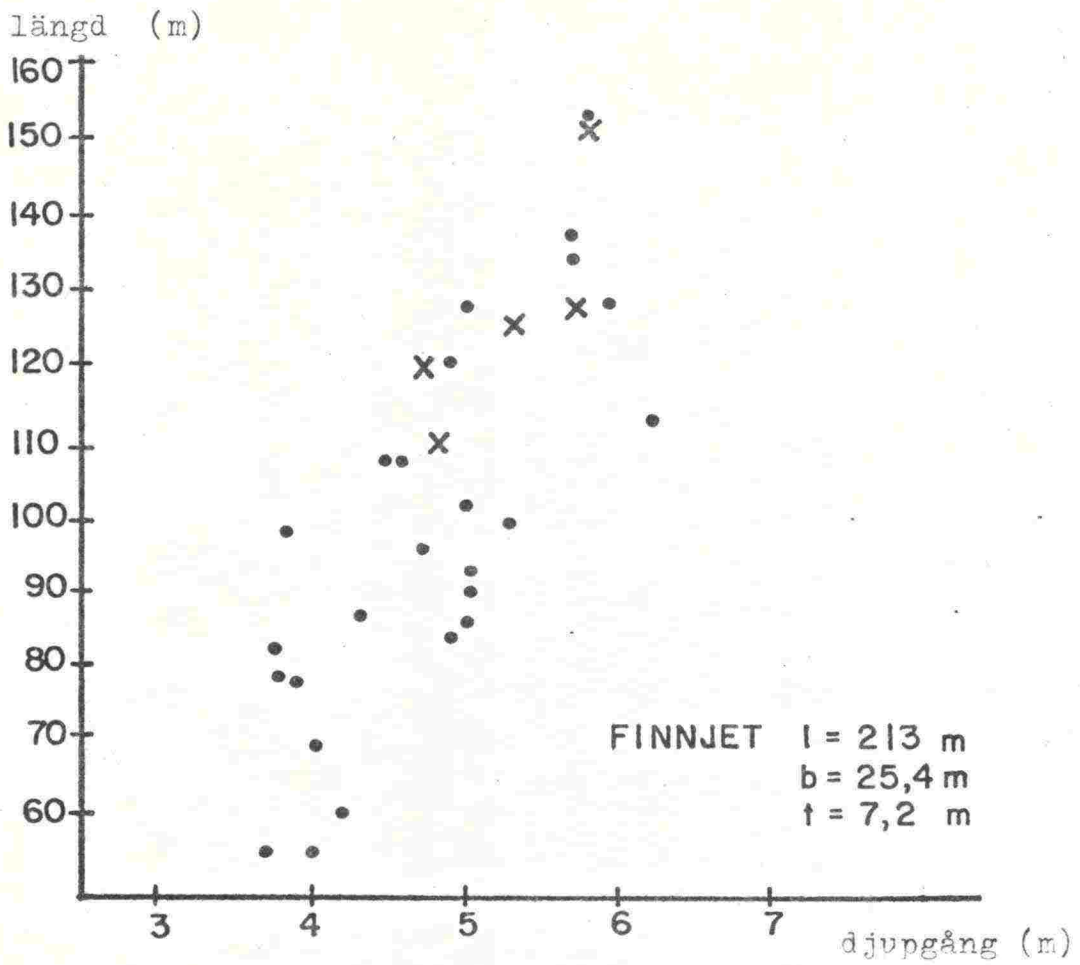
- längd 210,0 m
- bredd 30,0 m
- djupgång 10,5 m

Isbrytarnas storlek har också ökat så att i vissa fall kan vara dimensionerande vid farledsplaneringen. De finska isbrytarnas huvudmått redovisas i tabell 3.

Isbrytare	Maskin- effekt hv	Propellrar		Kräng- tankar	Längd m	Bredd m	Djupgång m
		akter	för				
Voima	13 900	2	2	x	79,80	19,01	6,80
Karhu	7 500	2	2	x	74,15	17,40	6,40
Murtaja	7 500	2	2	x	74,15	17,40	6,40
Sampo	7 500	2	2	x	74,65	17,40	6,40
Tarmo	12 000	2	2	x	84,50	21,20	6,75
Varma	12 000	2	2	x	86,50	21,20	6,75
Apu	12 000	2	2	x	86,50	21,20	6,75
Urho	22 000	2	2	x	104,70	23,85	8,30
Sisu	22 000	2	2	x	104,70	23,85	8,30

TABELL 3. De finska statsisbrytarnas huvudmått

Fartygens masts höjder varierar inom stora gränser. Därför fordrar bestämmandet av farledens segelfria höjd ofta en särskild undersökning. I tabell 4 ges riktvärden för segel-



FIGUR 1, Huvudmått för bil- och lastfärjor

(x = bilfärja, • = lastfärja)

fri brohöjd som funktion av farleden. Den erforderliga segelfria brohöjden fås genom att till mastehöjden lägga en marginal på 0,5 m.

TABELL 4. Segelfri höjd för broar enligt tillåten fartygsdjupgång

Farled	Tillåten djupgång m	Fri höjd m
Insjöled, fartyg	4,2	25,0
" , "	2,4	8,5...12,0
" , flottning	2,4	5,0...8,5
" , pråm	2,4...3,2	5,25...8,0
Kust , bogserbåt	3,5	13,0
" , fartyg	5,0	26,5
" , "	5...6	30,5
" , "	6...7	33,0
" , "	7...9	38,5

2.3 Fartygens manöveregenskaper

Manöveregenskaperna varierar individuellt från fartyg till fartyg. Dimensioneringen av en farled kan dock inte utgå från ett extremt svårnavigerat fartyg, utan manöveregenskaperna bör vara normala enligt skalan: goda - normala - dåliga. Finska fartygs manöveregenskaper är nästan undantagslöst normala eller bättre än normala.

I manöveregenskaperna ingår bl.a.

- giregenskaper
- kurshållningsförmåga
- stoppegenskaper

2.3.1 Giregenskaper

Fartygets giregenskaper påverkas av

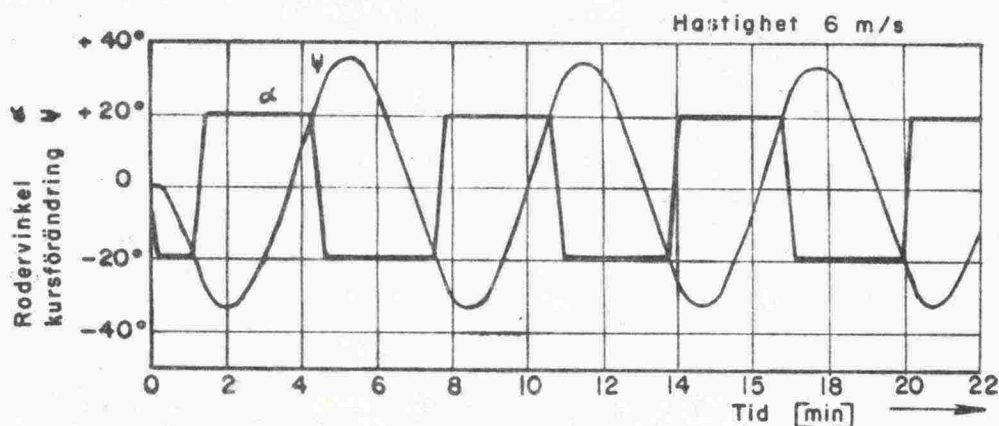
- skrovformen (blockkoefficient och bulb)
- roderytan i förhållande till fartygets lateralyta

- rodrets svängningshastighet
- propellerantal och rotationsriktning
- vid små hastigheter t. ex. bogpropeller

Fartygets girtagning under färd beror dessutom på:

- rodervinkel
- fartygets hastighet
- vinden och fartygets vindyta
- sjöhävningen

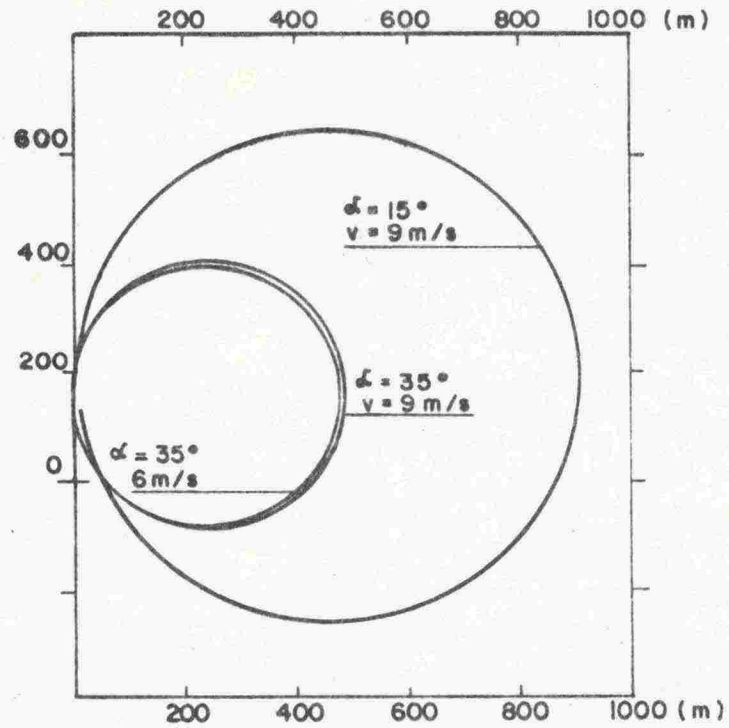
Fartygets giregenskaper testas med Z-provet (figur 2). Rodret svängs 20° till vänster varefter man väntar tills kursförändringen är 20° då rodret svängs 20° höger och man inväntar en kursförändring till höger på 20° . Förfarandet upprepas några gånger.



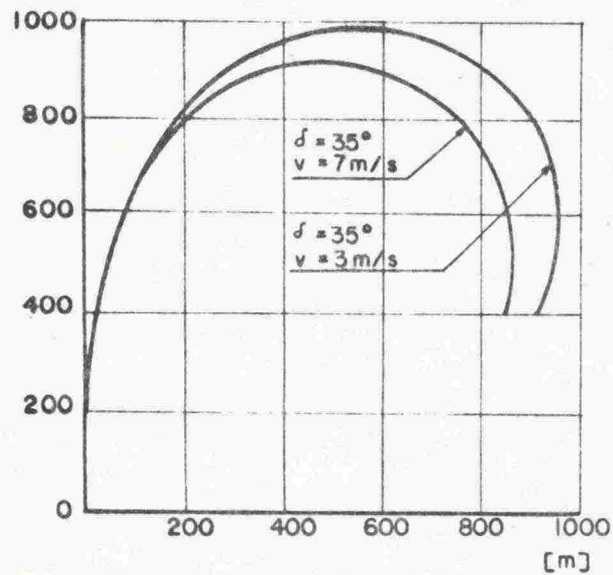
FIGUR 2: Z-prov (l = 210 m) [6]

På basen av Z-provets resultat kan man beräkna bl.a. fartygets girkurva, som dock oftast bestäms även experimentellt. Figurer 3, 4 och 5 visar girkurvorna för en bilfärja, ett containerfartyg och ett tankfartyg vid olika rodervinklar och fartygshastigheter. På basen av figurerna kan följande slutledningar dras:

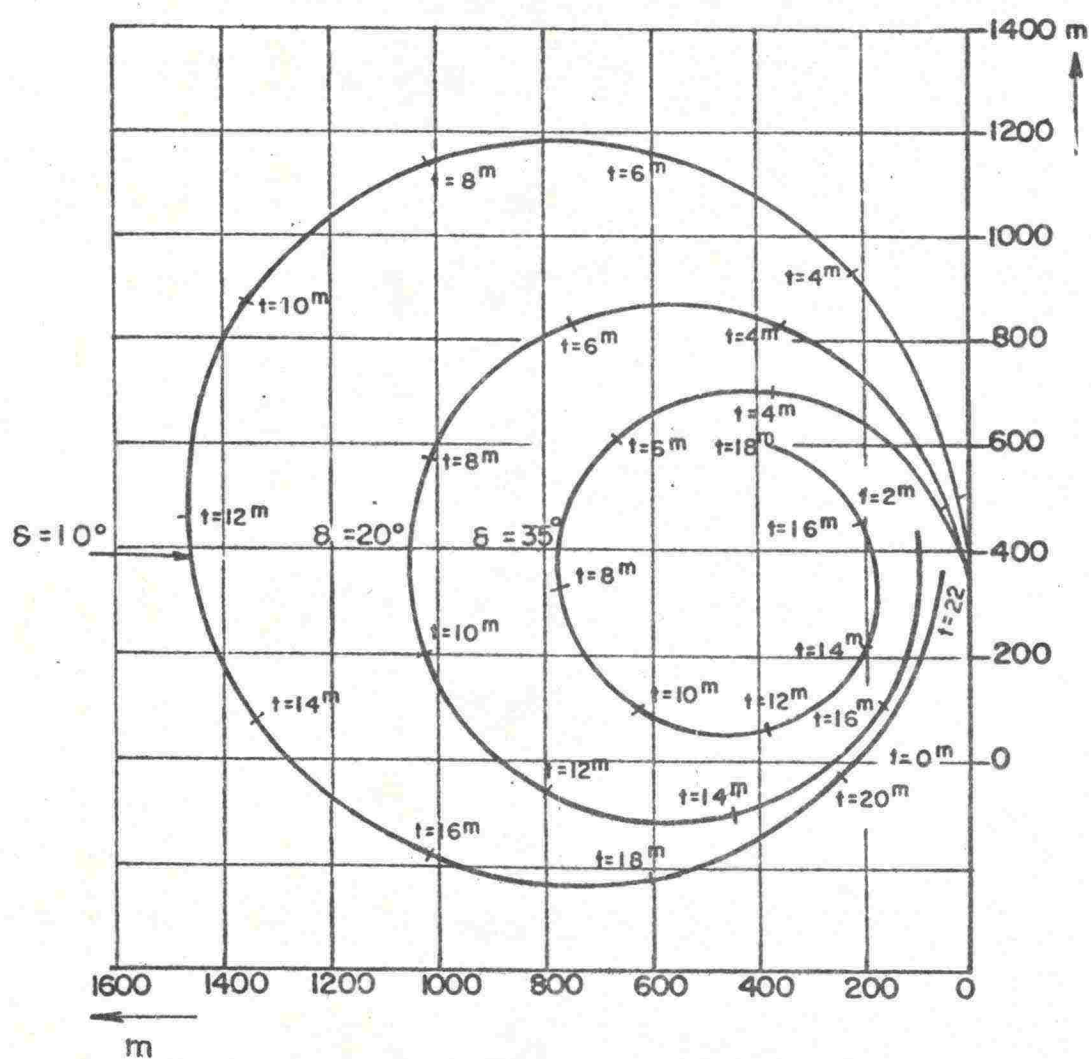
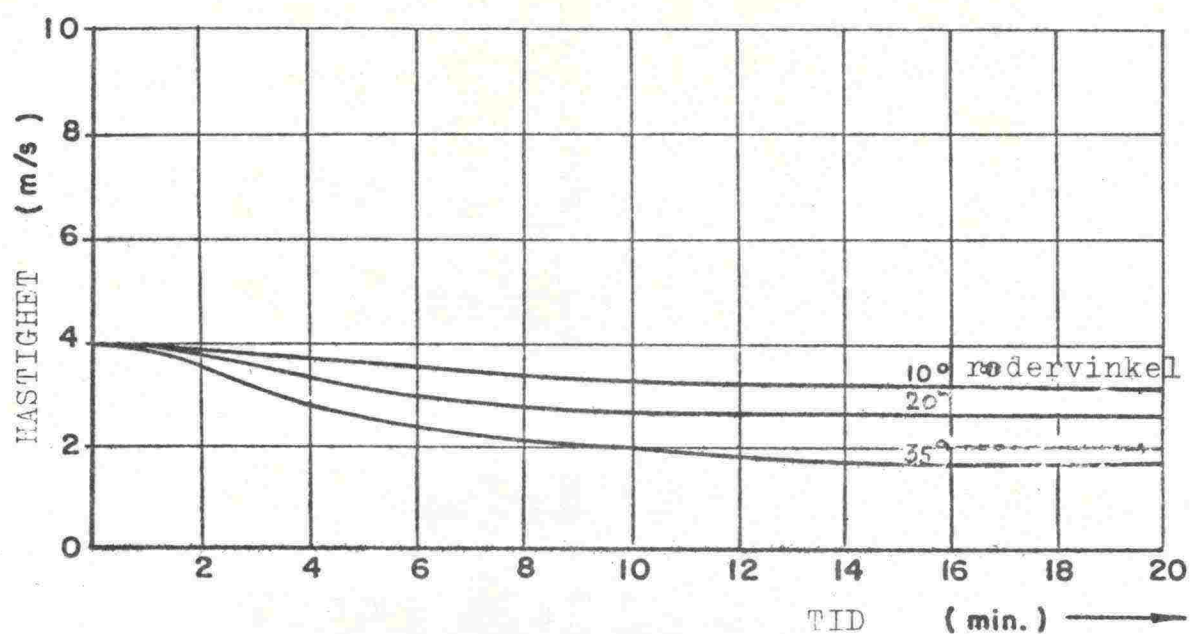
- fartygets girhastighet (kursförändringshastighet) beror främst på rodervinkeln
- fartygshastighetens inverkan på giren är betydelselös



FIGUR 3, En bilfärjas girkurvor ($l=116$ m) [13]



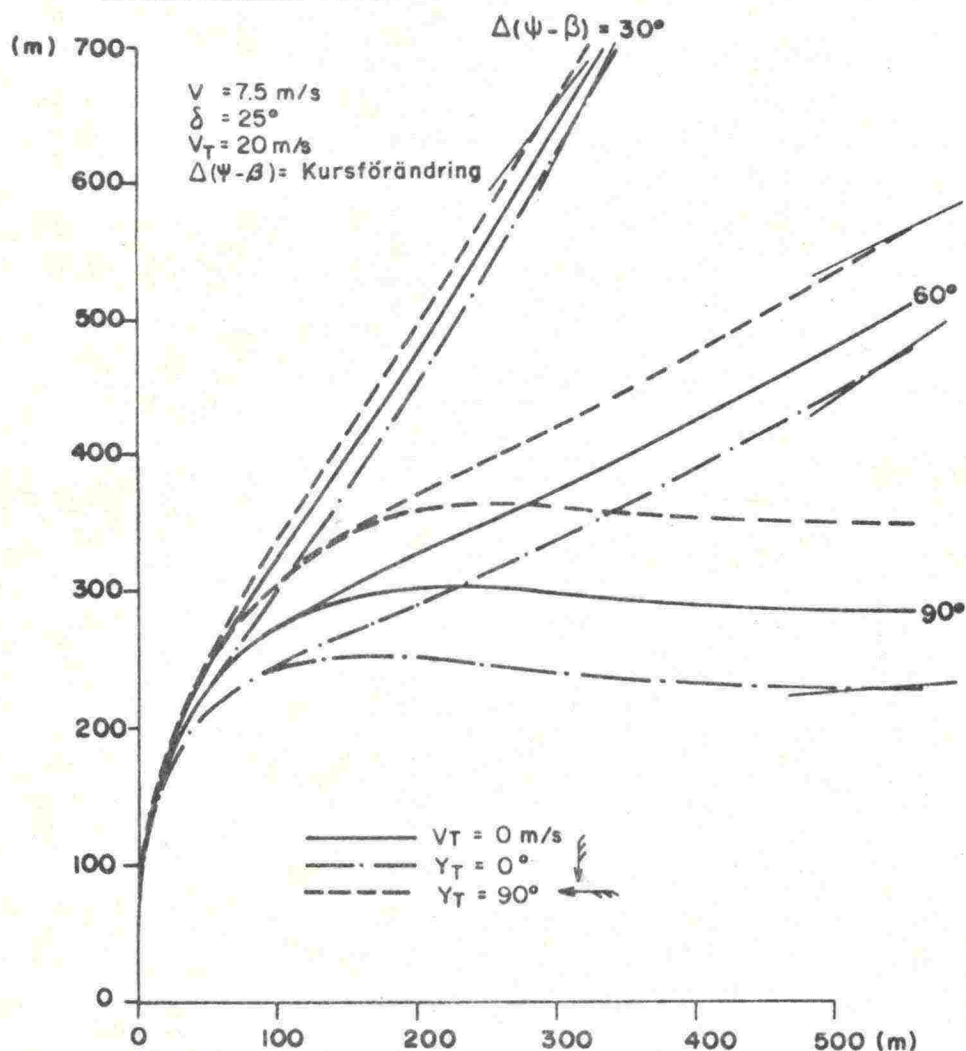
FIGUR 4, Ett tankfartygs girkurvor (110 000 dwt,
 $l = 270$ m) [6]



FIGUR 4, Ett containerfartygs girkurvor ($l = 210$ m) [6]

- efter girkommando går fartyget praktiskt taget rakt ca 1...2 fartygslängder
- fartygshastigheten minskar under giren i förhållande till rodervinkeln
- den nominella girradien minskar då kursförändringen ökar.

Inverkan av yttre förhållanden på giren beror främst på fartygstypen. Fartyg med stort vindfång, till exempel bill och tåg färjor är känsligast för yttre förhållanden. I figur 6 visas hur girkurvorna förändras för en bilfärja under inverkan av vind. Med simuleringsförsök har man kunnat konstatera att manövreringen av en bilfärja väsentligt försvåras om farten minskar till 10 knop vid en sidovindstyrka på 20 m/s.



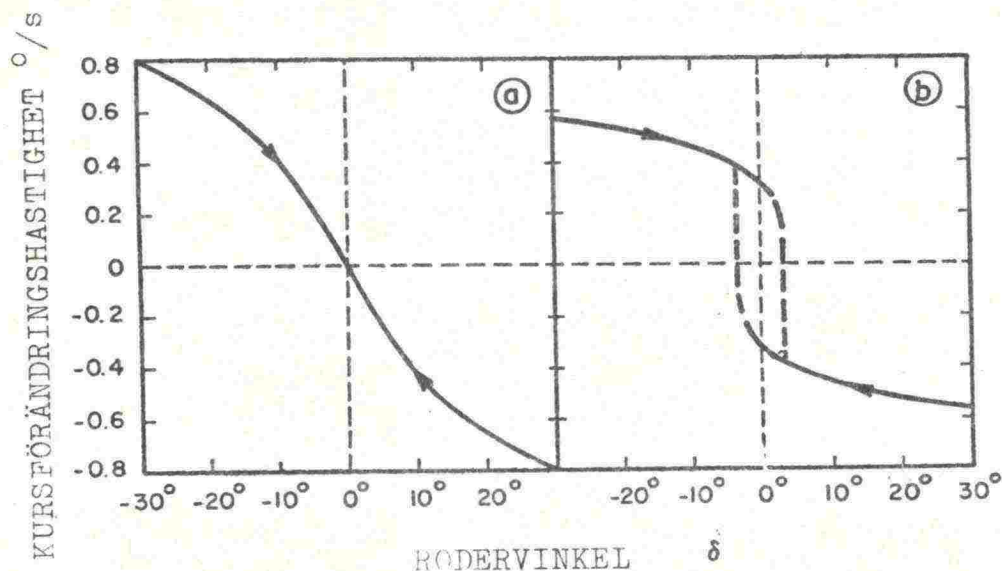
FIGUR 6: Vindens inverkan på en bilfärjas girtagning [13]

På figur 8 har på motsvarande sätt framställts inverkan av vinden på ett containerfartygs girkurvor.

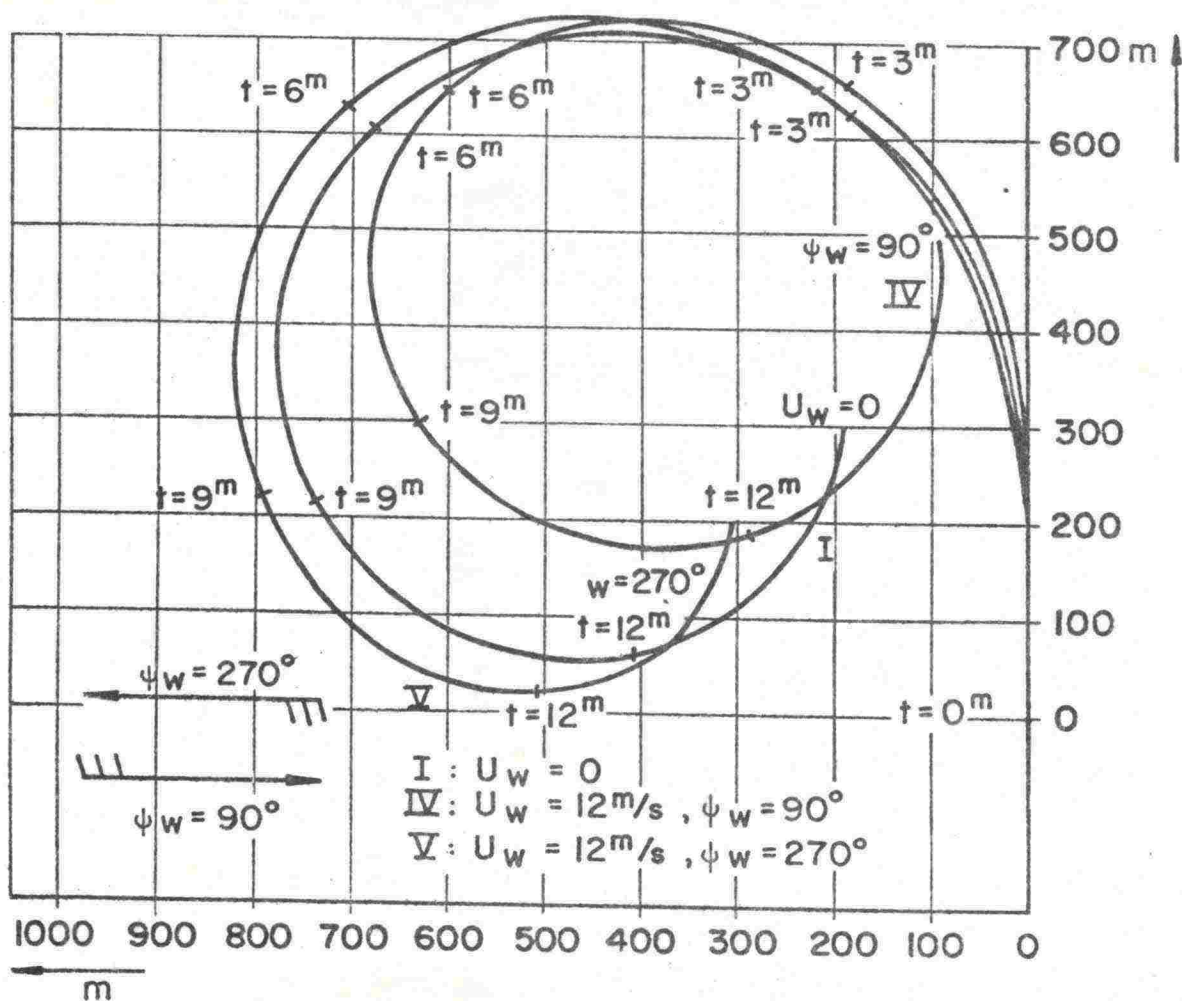
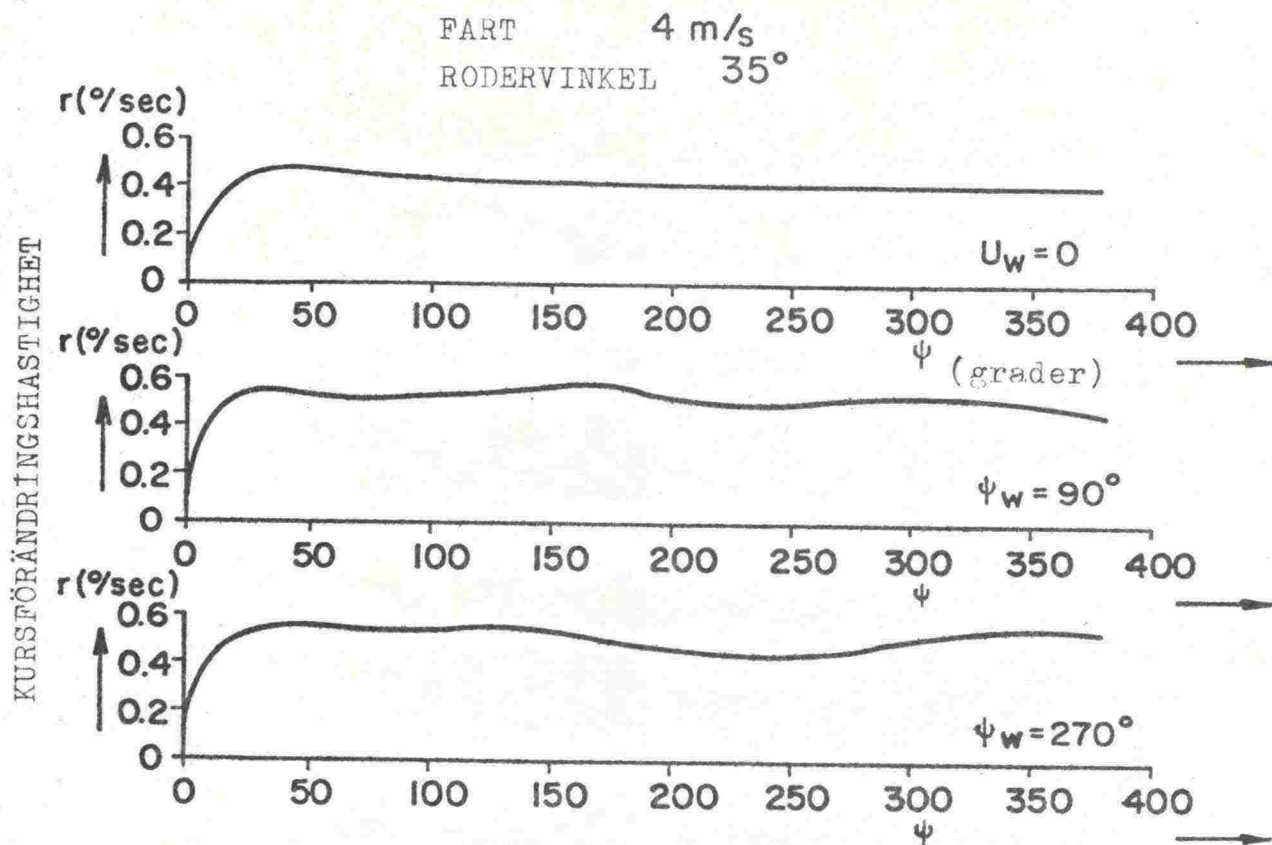
Tankfartyg i full last är rätt okänsliga för vindpåverkan. I ballast vid normala hastigheter (6,0...7,5 m/s) girar ett tankfartyg normalt, men på hamnområde behövs ofta bogserbåts-assistans.

2.32 Kurshållningsförmåga

Med kurshållningsförmåga förstås att ett fartyg går rakt då man efter en gir återfört rodet midskapps. Ett instabilt fartyg fortsätter däremot att svänga om inte rodet förs över midskeppslinjen (figur 7). Fartygens kursstabilitet i sig inverkar inte på farledens dimensionering eftersom fartygets uppförande är känt och beaktas fortlöpande vid manövreringen. God kursstabilitet underlättar givetvis manövreringen och gör navigeringen tryggare.



FIGUR 7, Ett kursstabil (a) och ett instabil (b) fartyg



FIGUR 8. Vindens inverkan på ett containerfartygs girtagning [6]

2.33 Stoppegenskaper

Ett fartyg kan stannas antingen genom att stoppa maskinerna och låta vattenmotståndet bromsa upp fartyget eller genom att bromsa med maskinerna t.ex. i en nödsituation. I båda fallen förlorar fartyget till stor del styrförmågan och kan inte hålla sin tidigare kurs. Ju kraftigare inbromsningen är desto mer kan fartyget avvika från farledens mittlinje. Därför måste de farledsavsnitt där man är tvungen att bromsa kraftigt göras bredare än avsnitt där inbromsningen kan göras långsammare. Det är därför även klart att på begränsade farvatten genomförs kraftiga inbromsningar (s.k. crash-stop) endast i nödfall t.ex. för att undvika en kollision. I tabell 5 ges stoppsträckan från farten 2,5 m/s för fartyg av storlekarna 20 000...200 000 dwt.

TABELL 5. Fartygens stoppsträcka från farten 2,5 m/s

Bärighet dwt	Maskin- kommando	Stoppsträcka D/ fartygslängd	Stoppsträcka D i medeltal
20 000	a: full back	2,3	370 m
	b: halv back	2,7	600
	c: långsam back	7,2	1 150
50 000	a	1,9	400
	b	4,0	870
	c	6,8	1 500
100 000	a	2,3	580
	b	3,8	980
	c	5,7	1 450
200 000	a	2,7	850
	b	4,1	1 250
	c	6,6	2 050

Om fartygets fart är större än 2,5 m/s kan stoppsträckan då maskineriet går halv back beräknas med tillhjälp av sambandet

$$D = 4 l \left(\frac{v}{2,5} \right)^{3/4} + 1$$

där D = stoppsträcka m
 l = fartygets längd m
 v = fartygets hastighet m/s, $v > 2,5$ m/s.

3. FARLEDSUTRYMME

3.1 Farledens sträckning

Farleden borde vara så rak som möjligt. Det är lättast, noggrannast och säkrast att styra längs en rät farledslinje. Fartygets position i förhållande till farledsutrymmet kan med lätthet kontrolleras med tillhjälp av enslinjer och randmärken. Ifall fartyget med tillräcklig noggrannhet är på farledens centerlinje och kursen är densamma som farledsriktningen vet man, att fartyget även efter att ha framförts en sträcka kommer att befinna sig i farleden. I en farledskurva är situationen en annan. Fartygets position kan bestämmas endast med tillhjälp av randmärken och framskrivningen av fartygets position måste bedömas på mycket lösare grunder än då man navigerar längs en rät linje.

Farledslinjerna borde vara så långa som möjligt eftersom en farledskurva alltid innebär en viss risk. Därför borde farledernas utmärkning och säkerhetsanordningar planeras så att endast ekonomiska orsaker kan bidra till att förkorta en farledslinje. Ökningen av fartygens fart och storlek förutsätter också en förlängning av farledslinjernas minimilängd.

Kortare farledslinjer än 2,5 km bör undvikas. Linjen borde alltid vara så lång, att fartyget efter giren har tid att söka sig till den nya centerlinjen och navigatören hinner kontrollera fartygets position innan följande gir inleds. Minimilängd för en raksträcka mellan två girar kan vid 15

knops fart anses vara 5 x fartygslängden. Vid farter under 5 knop är tre fartygslängder tillräckligt.

Stora girvinklar (över 30°) borde undvikas eftersom risken att giren misslyckas är desto större ju brantare giren är. Riskerna vid navigering i kurva beror närmast på att det är svårt att bestämma sidoförskjutningens storlek medan giren pågår. Detta kan leda till att fartyget vid girens slut omärkligt har avvikit från farleden. Trots navigeringssvårigheterna vid branta kurvor är ändå en 90° kurva att föredra framför två 45° girar på minimiavstånd från varandra.

För att minimera muddringsarbetena bör kurvorna så vitt möjligt förläggas till områden med fritt vattendjup eftersom farleden i en kurva är bredare än normalt.

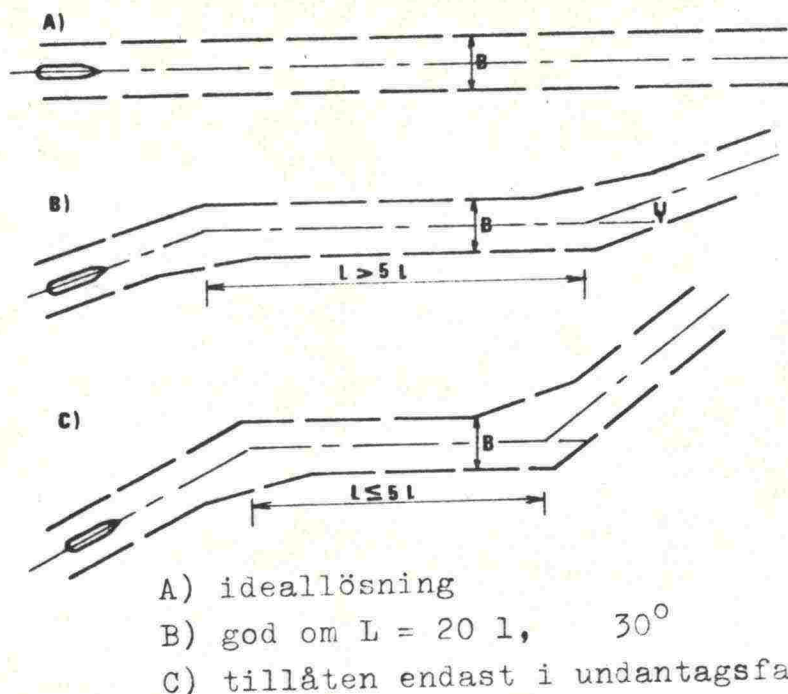
Risken för utkörning är störst genast efter en gir. Därför bör man eftersträva fritt vattendjup på kurvans yttersida.

Farledskorsningar bör om möjligt undvikas. Då en korsning är oundviklig, bör man ha fri sikt i den korsande farledens riktning. Korsningen bör också förläggas till ett område med fritt vattendjup, eftersom ett fartyg utan bogpropeller eller andra arrangemang för kurshållning lätt kör ut ur farleden då man bromsar med maskin. En betydlig fartminskning, vilket man alltid måste vara beredd på inom ett korsningsområde, innebär att fartygets manöveregenskaper försämras och förutsätter en bredare farled i korsningen.

Farleden får inte innehålla S-kurvor utan specialarrangemang (bogserbåtsassistans el.dyl.).

Vid planeringen av en farleds sträckning bör dessutom hänsyn tas till utmärkningsmöjligheterna och isförhållandena om de är olika för de olika alternativen.

En grov sträckningsklassificering föreslås på figur 9.



FIGUR 9, En grov sträckningsklassificering

3.2 Farledskurvor

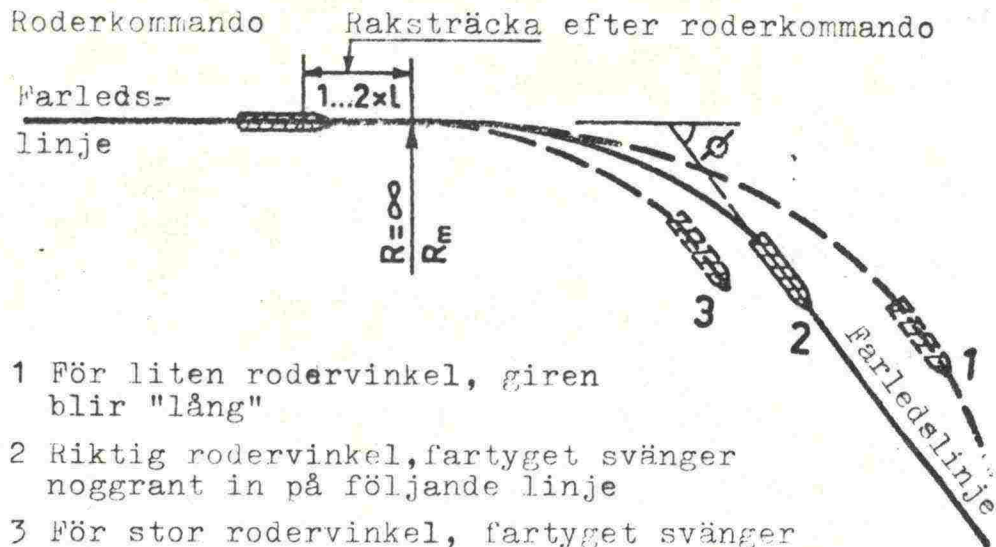
Ett fartygs schematiserade rörelsebanor under en gir ses på figur 10. Rörelsebanan kan med tillräcklig noggrannhet approximeras med en cirkelbåge då man från bankurvan avskilt den sträcka som tillryggalagts under tiden för roderkommando och roderutsvängning. Kurvradien R vid en given tidpunkt är

$$R = \frac{u}{w}$$

där u = fartygets hastighet i tangentens riktning

w = vinkelhastigheten i förhållande till den momentana polen

Fartygets vinkelhastighet och tangenthastighet är vid normala rodevinklar ($10 \dots 20^\circ$) praktiskt taget stabila under själva giren (jfr figurerna 6 och 7). Sålunda är också girradien praktiskt taget konstant.



- 1 För liten rodervinkel, giren blir "lång"
- 2 Riktig rodervinkel, fartyget svänger noggrant in på följande linje
- 3 För stor rodervinkel, fartyget svänger för tidigt in på följande kurs

$$R_m = 5 l, \text{ då } \phi \geq 30^\circ$$

$$R_m = 5 \dots 10 l, \text{ då } 30^\circ \geq \phi \geq 0^\circ$$

$$R_m = \text{Medelgirradien}$$

$$l = \text{Fartygslängd}$$

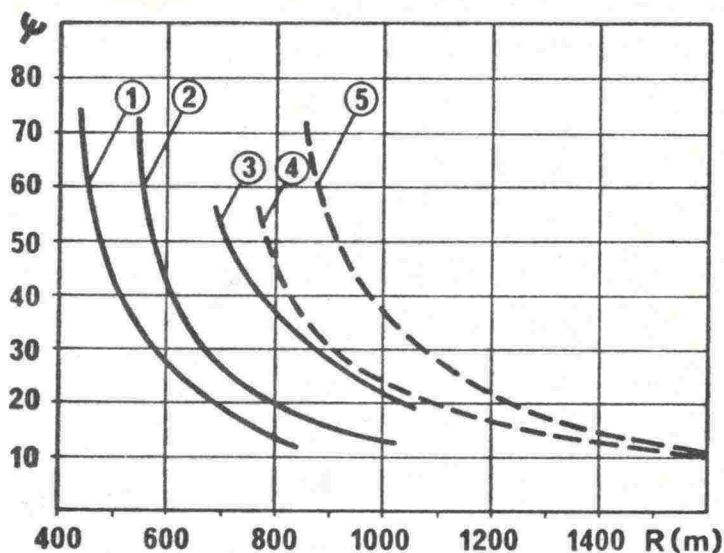
FIGUR 10, Ett fartygs körbana i en kurva

I tabell 6 ges medelgirradierna vid en 90° kursförändring för en bilfärja, ett containerfartyg och ett tankfartyg.

TABELL 6. Medelgirradier för olika fartygstyper (kursförändring 90°)

Roder- vinkel	Bilfärja $l = 116 \text{ m}$	Girradien Containerfartyg $l = 210 \text{ m}$	Tankfartyg $l = 270 \text{ m}$
	$v = 6 \dots 9 \text{ m/s}$	$v = 4 \dots 11 \text{ m/s}$	$v = 3 \dots 7,5 \text{ m/s}$
35°	2,2 l	2,0 l	2,5 l
20°	-	2,5...3,0 l	ca 3,3 l
15°	3,9 l	-	-
10°	-	3,5...4,0 l	ca 4,5 l

I figur 11 framställs på basen av fullskalemätningar medelgirradierna vid olika rodervinklar och kursförändringar för bilfärjan BORE I ($l = 125,0$ m, $b = 21,2$ m, $t = 5,5$ m) och tankfartyget PURHA ($l = 188,0$ m, $b = 20,0$ m, $t = 10,0$ m).



	ALUS	V	δ
①	BORE I	17-18 s	20°
②	"	"	15°
③	"	"	10°
④	PURHA	14 s	15°
⑤	"	"	10°

ψ girvinkel

R kurvradie

V fart (knop)

δ rodervinkel (°)
(kommando)

FIGUR 11, Medelgirradier för m/s BORE I och m/t PURHA som funktion av girvinkeln

En farleds kurvradie bör planeras för en rodervinkel på ca 15...20° under idealförhållanden så att viss marginal bibehålls för svårare förhållanden och exceptionella situationer. Enligt internationella rekommendationer får dock inte mindre radier än 5 l tillämpas annat än i undantagsförhållanden. I praktiken är girradierna vid större kursförändringar än 30° mindre än 5 l och vid planeringen kan kurvradien väljas på följande sätt (jfr fig 11):

- kursförändring över 30° R = 5 l
- kursförändring 30...0° R = 5...10 l

4. FARLEDENS BREDD

4.1 Allmänt

Det är inte möjligt eller ändamålsenligt att ge absoluta gränsvärden för en farleds bredd, eftersom ett fartygs utrymmesbehov beror på ett stort antal faktorer, vilka inte kan klarläggas i detalj. Bäst kan en farleds bredd bestämmas genom att bedöma de på bredden inverkan delfaktorerna var för sig och jämföra dem med motsvarande värden för någon existerande farled.

Följande faktorer inverkar på farledsbredden:

- Fartygets storlek. Farledsbredden anges ofta i fartygsbredder (b).
- Yttre förhållanden. Vind och ström förorsakar avdrift, vilket ökar fartygets utrymmesbehov. För att behålla styrförmågan måste fartyget också kunna uppehålla tillräcklig fart.
- Positionsbestämningsmöjligheterna. En onoggrann positionsbestämning ökar breddbehovet.
- Trafikmängd. Trafikmängden avgör om farleden skall planeenkel- eller dubbelriktad.
- Fartygslasterna. T.ex. för oljefarleder eftersträvar man större säkerhetsmarginaler på grund av miljöskador efter eventuella oljeutsläpp.
- Kostnader. Dimensioneringstekniskt borde kostnaderna inte ha någon inverkan på farledens bredd. I verkligheten inverkar kostnaderna mer än andra faktorer. Då farledens byggnadskostnader blir stora försöker man i allmänhet minimera farledsbredden genom att t.ex. enkelrikta farleden effektivera utmärkningen, införa trafikrestriktioner under vissa förhållanden mm.

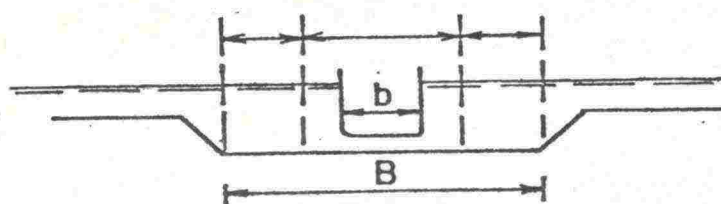
4.2 En rak farleds bredd

För att underlätta dimensioneringen indelas farledstvärnsnittet i följande filer (figur 12):

- Manövreringsfil, eller den del av farleden som utnyttjas av fartyget
- Fartygsmarginal, eller minimiavstånd mellan två fartyg vid möte
- Randmarginal, eller säkerhetsavstånd mellan fartyget och farledskanten.

A

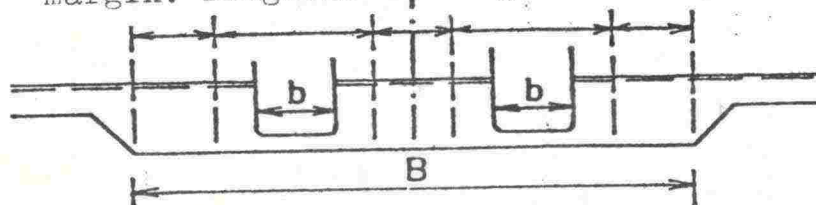
Rand- Manövre- Rand-
marginal ringsfil marginal



B

Fartygs-
marginal

Rand- Manövre- Manövre- Rand-
margin. ringsfil ringsfil marginal



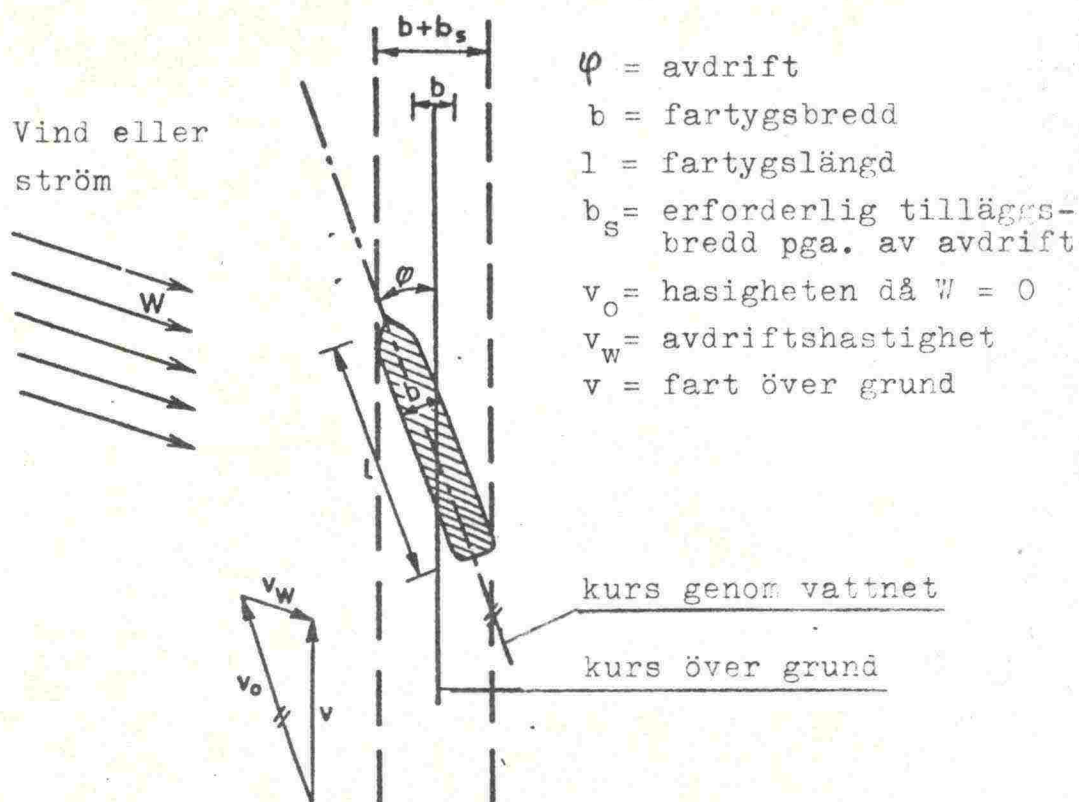
FIGUR 12, Farledstvärsnitt. enkelled (A) och dubbelled (B)

På grund av låg trafiktäthet har man i Finland med enslinjemärken utmärkt endast farledens mittlinje. Också på en dubbelriktad farled navigerar man fartyget mitt i farleden och utnyttjar två manövreringsfiler endast vid möten och omkörningar.

Vid bestämmandet av manövreringsfilens bredd bör följande faktorer särskiljas:

- Avdrift. På grund av vind, ström eller vågor rör sig fartyget inte i kölriktningen utan får en viss avdrift motlä.

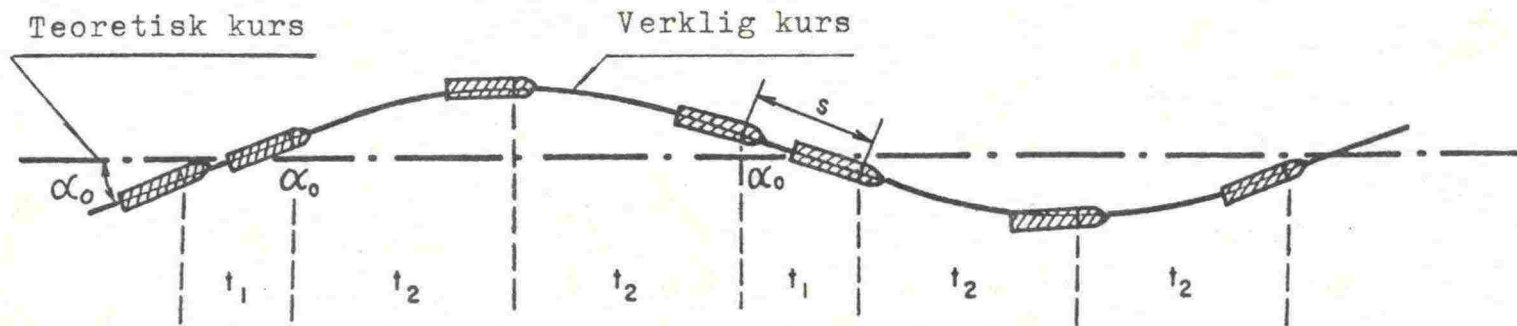
Vinkel mellan kölriktningen och fartygets kurs över grund kallas avdrift (figur 13).



FIGUR 13, Avdrift

- Fartygets oavsiktliga svängning. Fartygets verkliga rörelsebana pendlar på båda sidor om den eftersträvade körlinjen (figur 14). Erforderliga rättningar sker vid högsjönavigering på basen av kursavvikelse (rorsman eller autopilot) och vid farledsnavigering då man med tillhjälp av utmärkningen kan avgöra att man avvikit från farledslinjen (linjen "öppen").
- Positionsbestämningens noggrannhet. Manövreringsfilens bredd beror på positionsbestämningens noggrannhet. I allmänhet anses att positionsfelet direkt med sin egen storlek ökar breddbehovet för manövreringsfilen. Vissa undersökningar ger dock för handen att inverkan är relativt sett ännu större [14].

HÖGSJÖNAVIGERING



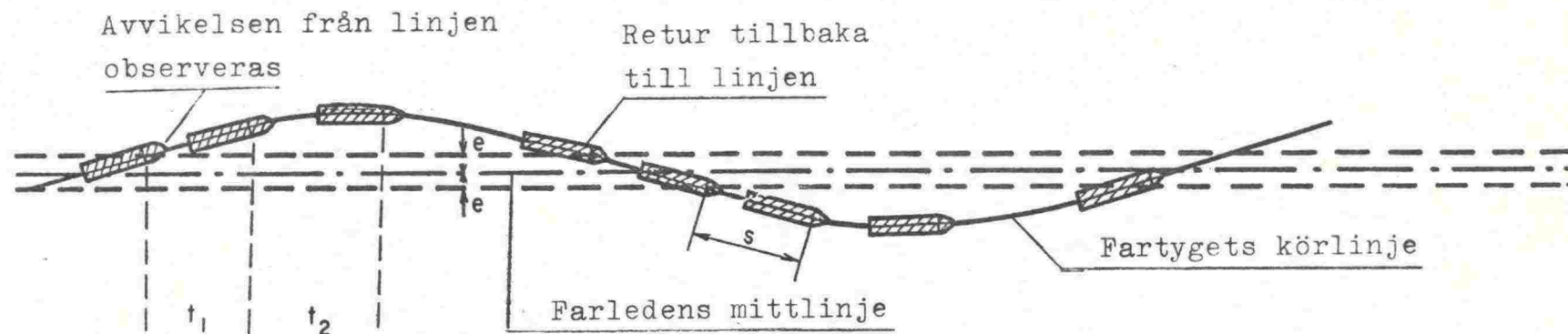
α_0 = Kritisk kursavvikelse

t_1 = Tidsåtgång innan fartyget lyder roder

s = 1...2 x fartygets längd

t_2 = Tidsåtgång för att svänga in fartyget på den teoretiska kursen

FARLEDSNAVIGERING



t_1 = Tidsåtgång innan fartyget lyder roder

s = 1...2 x fartygets längd

t_2 = Tidsåtgång för att svänga fartyget i farledens riktning

e = Positionsbestämningens onoggrannhet

FIGUR 14, Fartygets oavsiktliga svängning

4.21 En enkelriktad rak farleds bredd

En enkelriktad farleds bredd (B) kan bestämmas på följande sätt:

$$B = b + b_s + 2b_m + 2b_e + 2b_l$$

b = det dimensionerande fartygets bredd

b_s = tilläggsbredd för avdrift på grund av vind eller ström

b_m = tilläggsbredd på grund av fartygets oavsiktliga svängningar

b_e = positionsbestämningens onoggrannhet

b_l = randmarginal

Dimensionerande fartyg är normalt det största fartyget som i full last använder farleden. Farledsbredden kan också granskas för exceptionella fall då farleden används av överstora fartyg i dellast.

Avdrift av beaktansvärd storlek förekommer i allmänhet inte vid normala fartyghastigheter (7,5...10,0 m/s). Därför måste manövreringsfilen breddas på grund av avdrift endast på sådana farledsavsnitt där hastigheten är begränsad. Avdriftsvinklarna 5° , 10° och 15° motsvaras tillnärmelsevis av b_s -värdena $0,5 b$, $1,0 b$ och $1,5 b$. Fartygets hastighet måste alltid vara så stor att avdriftsvinkeln inte överstiger 15° , eftersom fartyget i så fall förlorar manöverförmågan.

Den oavsiktliga svängningen kan minskas genom noggrann styrning. Fartyg med dålig kursstabilitet pendlar ändå alltid i någon mån kring den styrda kurslinjen. Vid behov kan svängningen reduceras till mindre än $b_m = 0,1 b$. För stora tankfartyg (över 100 000 dwt) rekommenderas värdet $b_m = 0,5 b$, vilket således innehåller en betydlig säkerhetsmarginal. M/t Tiiskeris svängningar är vid hastigheter under 1,5...3,5 m/s mindre än $0,1 b$ och vid 8,0 m/s ca $0,125 b$.

Positionsbestämningens noggrannhet beror på farledens säkerhetsanordningar. Vid dimensionering av farledsbredden används

dock inte större noggrannhet än ± 5 m eftersom det är svårt och dyrt att bygga visuella säkerhetsanordningar, som ger en bättre noggrannhet.

Randmarginalens storlek är normalt 0,5 b. Vid stora fartygs-hastigheter eller där den muddrade slänten är hög kan det s.k. släntsuget inverka på fartygets styrförmåga även då randmarginalen är 0,5 b. Därför borde smala farledssektioner vara tillräckligt symmetriska.

Bestämning av bredd för enkelriktad farled:

- Fartygsbredd		b
- Oavsiktlig svängning		
- mycket stora muddringskostnader	2x0,1	b
- stora muddringskostnader	2x0,25	b
- fartyg över 100 000 dwt	2x0,5	b
- Avdrift		
- $\varphi = 0^\circ$, idealförhållanden eller $v \geq 7,5$ m/s		0
- $\varphi = 5^\circ$, medelsvåra förhållanden	0,5	b
- $\varphi = 10^\circ$, svåra förhållanden	1,0	b
- $\varphi = 15^\circ$, exceptionellt svåra förhållanden	1,5	b
- Positionsbestämning		
- mycket stora muddringskostnader	± 5	m
- stora muddringskostnader	$\pm 0,5$	b
- naturleder	$\pm 1,0 \dots 2,0$	b
- Randmarginal		
- $v = 4,0$ m/s ^{x)}	0,5	b
- $v = 4,0 \dots 8,0$ m/s	0,5 \dots 1,0	b

$$B_{\min} = b + 0,2 b + 10 \text{ m} + b = 2,2 b + 10 \text{ m}$$

$$B_{\text{norm}} = b + 0,5 b + 0,5 b + 1,0 b + 1,0 b = 4 b \quad (v \leq 4 \text{ m/s})$$

$$B_{\text{norm}} = b + 0,5 b + 0 \dots 0,5 b + 1,0 b + 2,0 b = 4,5 \dots 5,0 b \quad (v = 7,5 \text{ m/s})$$

x) Farledstvärnittet bör vara så stort att sugningen inte nämnvärt inverkar på styrförmågan.

4.22 En dubbelriktad rak farleds bredd

En dubbelriktad farleds bredd bildas på följande sätt:

$$B = 2b_n + 2b_l + b_a$$

b_n = manövreringsfilens bredd

b_l = randmarginal

b_a = fartygsmarginal

Manövreringsfilens och randmarginalens storlek för en dubbelriktad farled bestäms enligt samma principer som i punkt 4.21.

Som fartygsmarginal vid möte är vid små hastigheter (3...4 m/s) en fartygsbredd tillräckligt. Man har kunnat konstatera att bilfärjor vid full fart (8...10 m/s) möts med ca 3 b marginal från varandra. Vid planeringen kan man utgå ifrån att fartygens hastighet vid möten minskas ifall farledens dimensioner så förutsätter.

Bestämning av bredd för dubbelriktad farled:

- Fartygsbredd	2 x b
- Oavsiktlig svängning	
- stora muddringskostnader (→ enkelled)	
- små - " -	2 x 0,5 b
- fartyg över 100 000 ton	2 x 0,5 b
- Avdrift	
- $\varphi = 0^\circ$, idealförh. eller bulkfartyg i last $v \geq 7,5$ m/s	0 b
- $\varphi = 5^\circ$, medelsvåra förhållanden	0,5 b
- $\varphi = 10^\circ$, svåra förh. (utan relevans)	
- Positionsbestämning	
- stora muddringskostnader (→ enkelled)	
- små - " -	0,5 b
- naturleder	1,0...2,0 b
- Randmarginal	
- $v \leq 4$ m/s	0,5 b
- $v = 4...8$ m/s	0,5...1,0 b

- Fartygsmarginal
- $v \leq 4$ m/s 1,0 b
- $v = 4 \dots 8$ m/s 1,0...2,0 b

$$B_{\min} = 2 (b + 0,5 b + 0,5 b + 1,0 b) + 1,0 b + 1,0 b = 8 b$$

$$v = 4 \text{ m/s}$$

Ifall båda filernas mittlinjer är särskilt utmärkta så noggrannt att positionsbestämningens noggranhet är ± 5 m, är $B_{\text{exc}} = 4,4 b + 20$ m.

4.3 Jämförelse med internationella rekommendationer

Det finns mycket få internationella rekommendationer för farleders bredd och de som finns baserar sig närmast på en uppfattning av breddbehovet för existerande farleder. Eftersom farledsbredden är kraftigt beroende av positionsbestämningens noggrannhet och de nuvarande säkerhetsanordningarna på vilka uppfattningarna baserar sig ofta nog inte ens är nöjaktiga borde rekommendationerna inte kritiklöst accepteras. Dessutom är trafikmängderna på de finländska farlederna internationellt sett så små, att rekommendationerna redan av denna orsak inte direkt kan tillämpas på finländska förhållanden.

I Sverige har man byggt mycket smala farleder (bl.a. Luleå, Gävle, Torshamn och Göta älv) och utmärkt dem effektivt. Därför representerar den på dessa farleder baserade rekommendationen för erforderlig farledsbredd en klar miniminotering [12] .

TABELL 7. Olika rekommendationer för farledsbredd [12], [7], [10]

	Vattenväg	Minimibredd		Fartygs- storlek	
		enkell.	dubbelt.		
Sverige	Muddrad led	3 b	5 b	< 100 000 dwt	Avdrift $\leq 4^\circ$
	Naturled	3 b	6 b	< "	"
	Farled ^{x)}	5 b		> "	"
	Korridor ^{xx)}	0,3...0,5 mpk		obegränsad	
PIANC	led	3...4 b	6...7 b	< 100 000 dwt 100 000 ...	Ingen avdrift
	led	5 b		300 000 dwt	"
MKH	Skyddad led	4 b	12 b		
	Öppen led		20 b		

Rekommendationerna rör havsfarleder och sådana insjöfarleder som trafikeras av normala havsgående fartyg.

x) Farled som används av stora fartyg

xx) Korridor är en led på öppna havet vars gränser är anvisade på sjökortet

TABELL 8. Dimensioner för existerande farleder

Farled	b_{\max}	B_{\min}	D	d	B_{\min}	Filer	Obs.
	m	m			m		
Sköldvik	45	350	17,5	15,4	7,8	2	Skyddad
Raumo	25	100	10,5	9,0	4,0	1	Öppen
Uleåborg, södra hamnen	25	100	11,0	10,0	4,0	1	Skyddad
Vasa	22	100	10,5- 11,0	9,0	4,5	1	"
Åbo-Stock- holm, Prästskär	22	150	7,5	6,0	6,8	1	Skyddad, v=7,5-10 m/s
Gustafsvärd	25	80	10,7	9,6	3,2	1	Rel.öppen
H:fors v.hamnen	32	130	12,2- 12,5	11,0	4,1	1	"
Veitsiluoto	20	80	8,2		4,0	1	Rel.skyddad
Saimen	11	45	4,8	4,2	4,1	2	Skyddad
Luleå	38	75	12,2	11,5	2,0	1	"
Gävle	28	60	11,2	10,5	2,1	1	"
Mälaren	16,5	60	5,5		3,6	2	"
St.Lawrence	23	69	8,6	7,9	3,0	1	"
Brofjorden	60	270	40		4,5	1	Port, skyddad

B_{\min} = farledens minsta bredd

b_{\max} = största fartygsbredd

D = vattendjup

d = största fartygsdjupgång

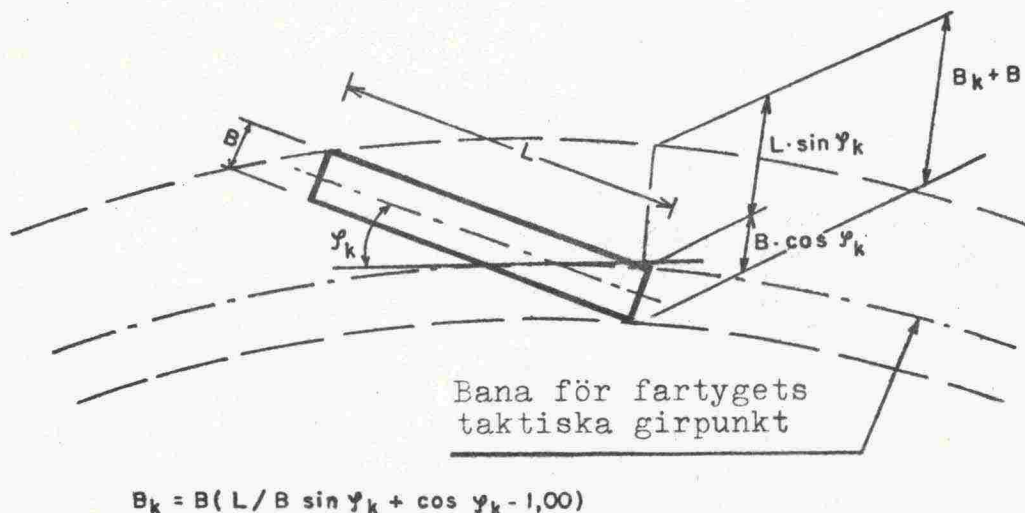
4.4 Farledens bredd i kurva

Manövreringsfilens nödvändiga tilläggsbredd i en kurva är rätt liten ifall giren inleds i rätt punkt och rodervinkeln är rätt vald (figur 10). En noggrann positionskontroll medan giren pågår är dock oftast omöjlig på grund av bristfällig farledsutmärkning. Därför kan man först då giren slut-

förts konstatera om kurvtagningen lyckats eller inte. Därtill bör man minnas att girens inledningsposition varierar i farledens tvärriktning inom manövreringsfilen och ett obestämt mått i farledens längdriktning beroende på hur noggrant börjepunkten kan bestämmas på basen av observationspunkter vid sidan av farleden. Om man för att minimera muddringsarbetet vill minska farledens utrymmesbehov i en kurva bör följande åtgärder övervägas:

- Manövreringsfilen vid girens börjepunkt bör göras så smal som möjligt (noggrann positionsbestämning med tillhjälp av t.ex. randmärkan).
- Girens börjepunkt i farledens längdriktning bör utmärkas (randmärke, tvärlinje el.dyl.). En annan möjlighet är att möjliggöra avståndsbestämning med radar längs farledslinjens fortsättning. Radarns mättingsnoggrannhet är ca +50 m.
- I skarpa kurvor bör farledsutrymmet utmärkas med randmarkering ifall utrymmet är smalt.
- Farledens noggranna position i slutet av kurvan bör utmärkas (effektiv randmarkering), ifall den fortsatta farleden är smal.

Om fartygets position i förhållande till farleden kan kontrolleras under giren, kan manövreringsfilens erforderliga tilläggsbredd beräknas med tillhjälp av formeln i figur 15.



FIGUR 15, Avdrift i kurva

$$b_k = b (1/b \sin \varphi_k + \cos \varphi_k - 1, 0)$$

b_k = manövreringsfilens tilläggsbredd

φ_k = vinkeln mellan fartygets längskeppslinje och kurvbanans tangent

$$\varphi_k = 5^\circ, \text{ då } R = 5 \text{ l} \quad b_k = 0,1 \text{ l}$$

$$\varphi_k = 2,5^\circ, \text{ då } R = 10 \text{ l} \quad b_k = 0,05 \text{ l}$$

Den på detta sätt beräknade tilläggsbredden är ett teoretiskt minimivärde som alltid i mån av möjlighet bör förstoras.

Det ges varierande förslag huruvida tilläggsbredden i en kurva bör förläggas i inner- eller ytterkurvan. Det bästa lösningen kan anses vara att placera hela breddökningen i innerkurvan, eftersom fartygets körlinje då kan göras mindre brant och risken för utkörning minskar.

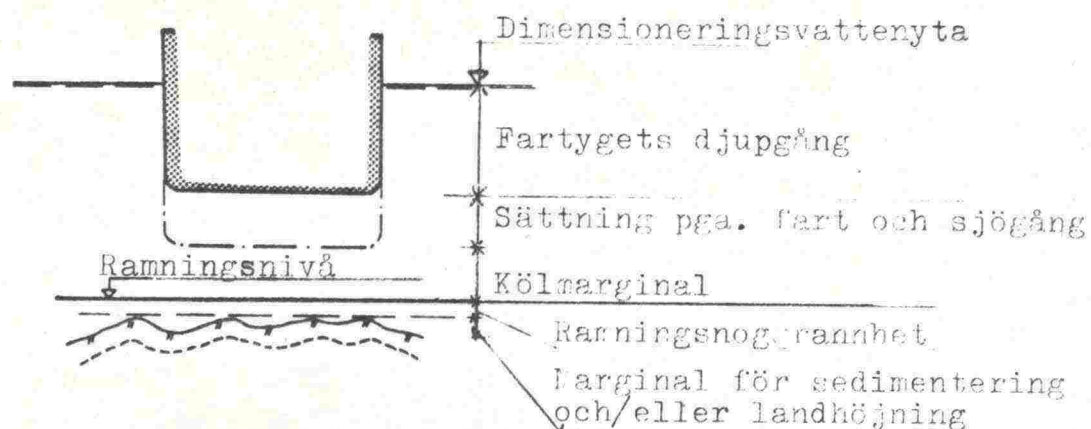
En dubbelriktad farleds bredd kan bestämmas genom att tillämpa samma principer som för en rak farled. Det är dock osannolikt att två maximifartyg möts i en kurva eftersom de oundvikliga riskerna i samband med ett möte då mångdubblas. Man kan knappast heller anse det motiverat att muddra i en kurva enbart med tanke på sällan förekommande mötessituationer.

5. FARLEDENS DJUP

5.1 Allmänt

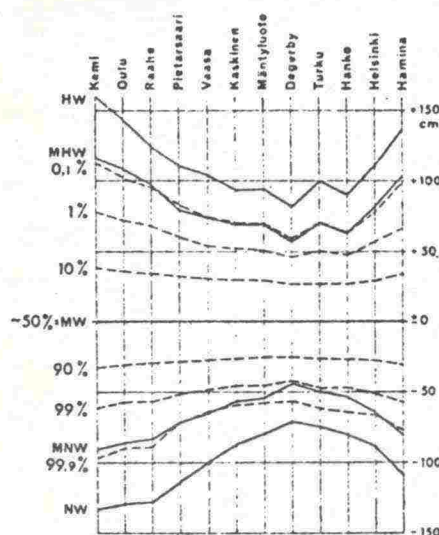
För en farled ges i Finland i allmänhet den största tillåtna fartygsdjupgången (seglationsdjup) och ramningsdjupet. Dessa mäts och fastställs på havsområdet utgående från medelvattenståndet och på de inre farvattnen utgående från seglationsperiodens lågvattenstånd. Man bör beakta att fartygens djupgång officiellt oftast ges för havsvatten med 3,5 % salt-halt.

Farledens erforderliga vattendjup består av följande komponenter (figur 16):



FIGUR 16, Bestämning av farledens djup

- vattennivån som följd av vind och lufttryck (figur 17)
- fartygets djupgång i sötvatten
- fartygets fartberoende sättning (squat)
- fartygsrörelser på grund av vågor (pitch, heave, roll)
- fartygets krängning vid gir
- erforderlig kölmarginal
- eventuell marginal för landhöjning och/eller sedimentering



FIGUR 17, Vattenståndsfördelningar på den finska kusten

För de finländska farlederna fastställs ett seglationsdjup som alltså är det största tillåtna fartygsdjupet på farleden. Fartygets olika sättningar och andra marginaler innehålls i den totala djupmarginalen, som vid de senaste årens farledsarbeten varit 1,5 m inom skärgårdsområden och 2,0 m i närheten av öppna havet. På hamnområden tillämpas 10 % av fartygsdjupet och på de inre farvattnen 0,6 m. Behovet av djupmarginal beror kraftigt på fartygets fart och farledstvärsnittet samt inom öppna vattenområden dessutom av vågornas riktning i förhållande till farleden och vågspektret i förhållande till fartygsmått.

(Internationellt är det emellertid vanligare att endast farledernas ranningsdjup uppges. De som använder farleden måste själva besluta om till vilket djup fartyget i olika fall kan lastas. Befälhavaren måste därvid känna till sitt fartygs sättningsegenskaper i vågor och på grund av fart.)

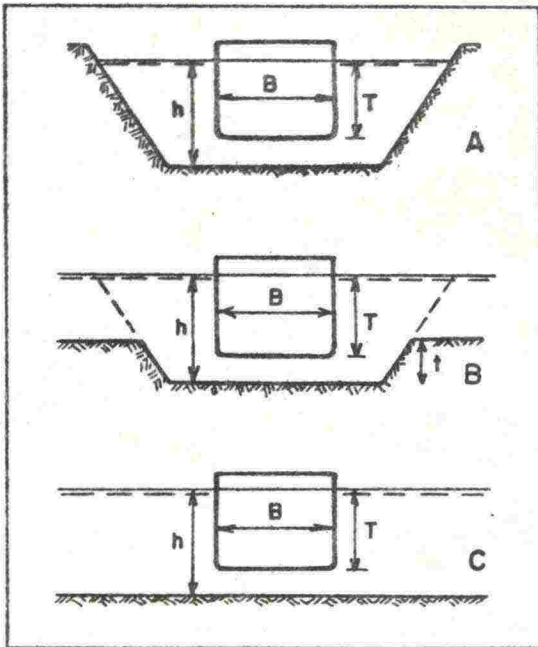
5.2 Fartygets fartberoende sättning (squat)

Fartygets rörelse framåt förorsakar en vattenström i motsatt riktning runt fartyget. Strömningshastigheten förorsakar i sin tur en sänkning av vattenytan. Fartygets sättning förorsakas främst av vattenytans sänkning men dessutom inverkar fartygets längd lutning och förändringar i strömningshastigheter och -tryck, som förorsakas av propellerströmmarna.

Fartygens sättningsegenskaper är individuella. Fartyg med stor blockkoefficient får den största sättningen i fören medan slanka fartyg sänker sig mest i aktern. Med squat avses sänkningens maximivärde, som alltså beroende på fartyg kan förekomma antingen i fören eller aktern.

Vid bestämning av squat-värdet kan följande tre grundfall särskiljas (figur 18):

- Typ A: Kanal eller smalt sund
- Typ B: Muddrad farled
- Typ C: Naturled eller enskilt grund

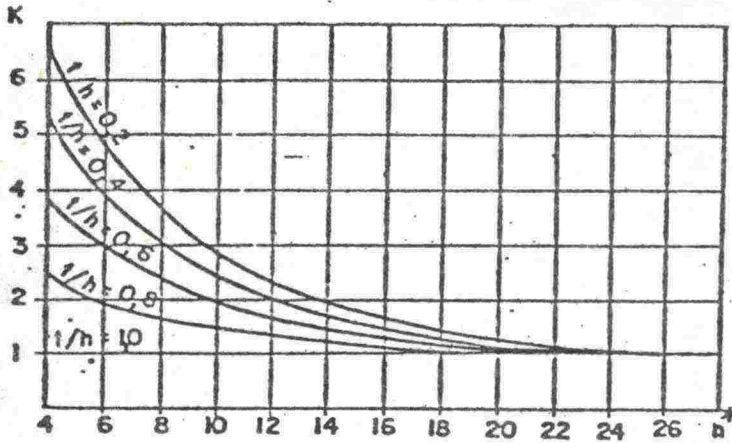


Ett fartygs fartberoende sättning (squat) kan bestämmas med tillhjälp av ett diagram, som uppgjorts av Guliev på basen av modellförsök. Diagrammet ger squat-värdet som funktion av två parametrar (F_{nh}, n). Parametrarna beräknas för olika farledstvärsnitt på följande sätt:

Tvärsnitt A: $F_{nh} = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$; $n = \frac{A_k}{Aa}$

Tvärsnitt B: $F_{nh} = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$; $n = Kn^x$; $n = \frac{A_k^*}{Aa}$

Tvärsnitt C: $F_{nh} = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$; $n \geq 26$



h = vattendjup, m

t = slänthöjd, m

B = fartygsbredd, m

T = fartygsdjupgång, m

V = fartygshastighet, m/s

g = jordaccelerationen

A_k = vattentvärsnitt, m^2

A_k^* = vattentvärsnitt, då slänterna antas fortsätta till vattenytan, m^2

Aa = fartygets tvärsnittsytta, m^2
 $\approx 0,98$

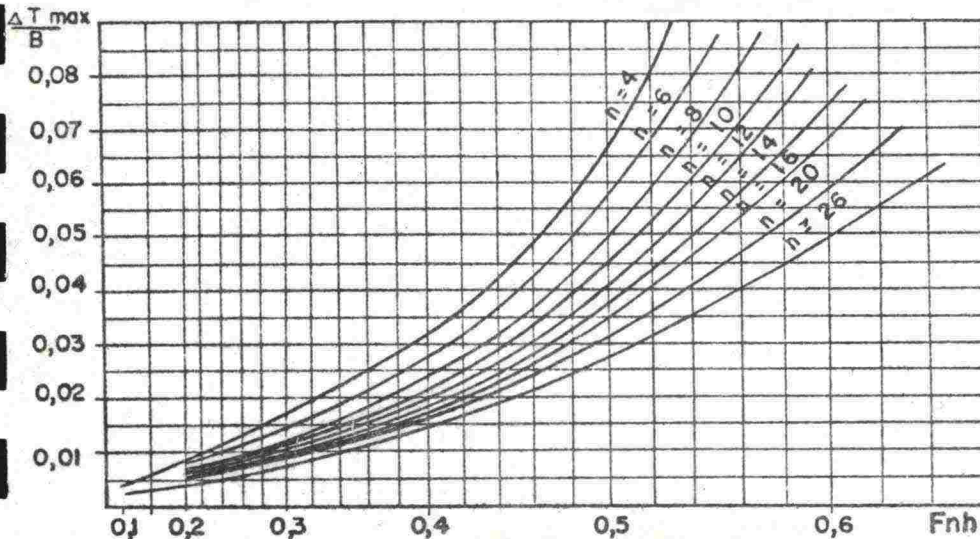
K = en koefficient (vidstående diagram)

F_{nh} = Froudes tal

ΔT_{max} = squat, m

La = fartygets längd, m

C_b = blockkoefficient



Begränsningar

(fartygs- och farledstyper som undersökts i modellförsöken)

- fartyg

$0,60 \leq C_b \leq 0,80$; $C_{Bmed} = 0,71$

$2,19 \leq B/T \leq 3,50$; $(B/T)_{med} = 2,55$

$5,50 \leq La/B \leq 8,50$; $(La/B)_{med} = 6,89$

- farleder

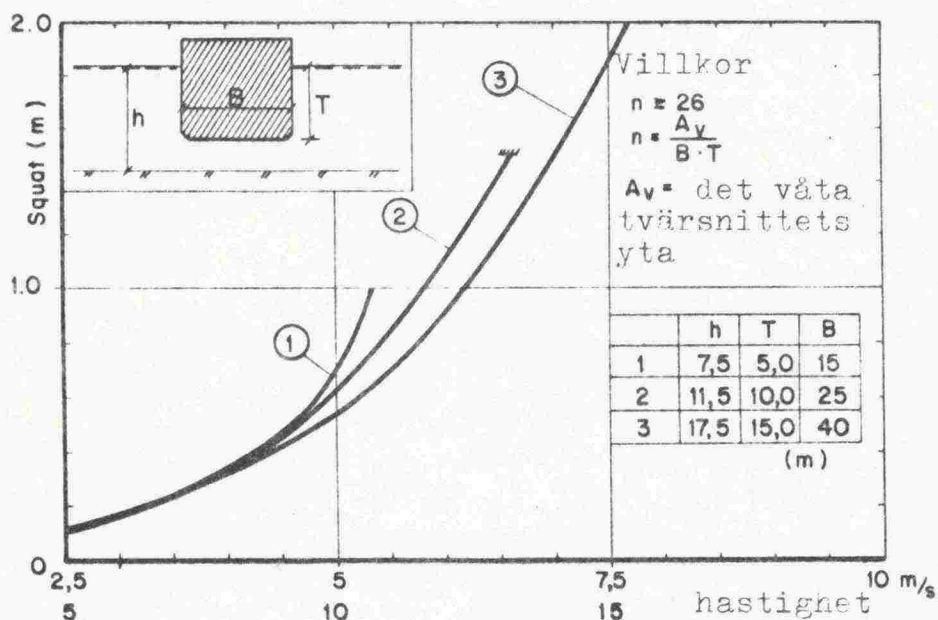
$1,23 \leq h/T \leq 4,55$

Figur 18. Squat enligt Gulievs metod

För dessa fall kan man bestämma sättnings storlek med tillhjälp av Gulievs metod (figur 18) [1], ifall Froudes tal (förhållandet mellan fartyhastigheten och våghastigheten) är tillräckligt litet.

Erfarenheten har visat att Gulievs metod ger för stora squat-värden för fartyg vars bredd/djup förhållande $b/t > 2,5$. Därför bör b i figur 18 ersättas av värdet $2,5 t$ om $b/t > 2,5$.

I figur 19 har med tillhjälp av Gulievs metod beräknats några squat-kurvor för jämdjupt vatten som funktion av fartyhastigheten. Den mellersta kurvan utvisar att ett ca 25 000 dwt fartyg får bottenkänning på grund av squat vid ca 14 knops fart om djupmarginalen är 1,5 m.



FIGUR 19, Squat enligt Guliev

På jämn botten (tvärsnittstyp C) kan fartygets sättning beräknas med tillhjälp av följande formel:

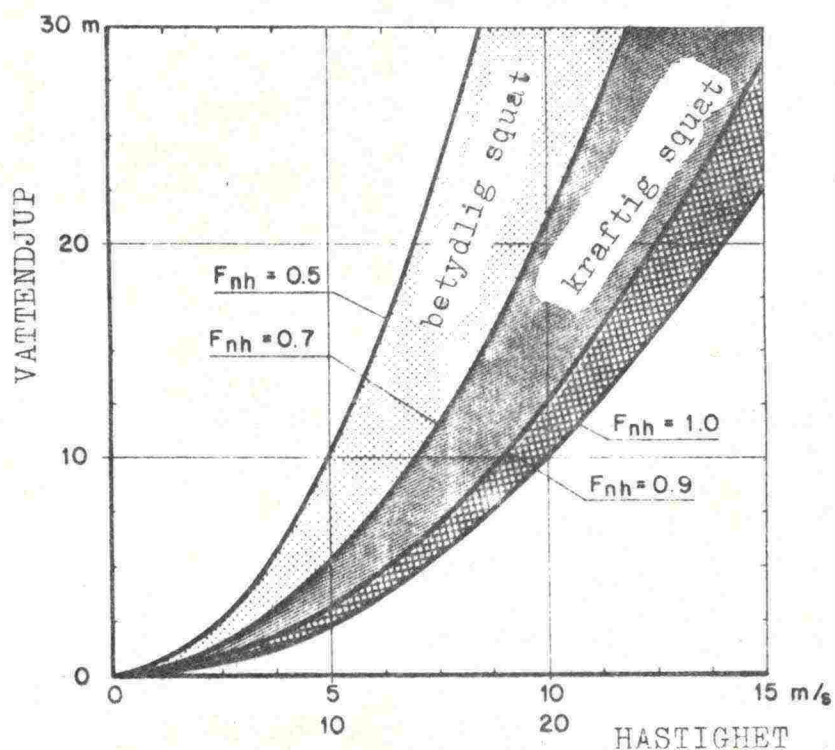
$$\frac{\Delta t_{\max}}{t} = 2,4 \frac{C_B b}{l_{pp}} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}}, \text{ där}$$

C_B = fartygets blockkoefficient

l_{pp} = fartygets längd mellan perpendiklarna

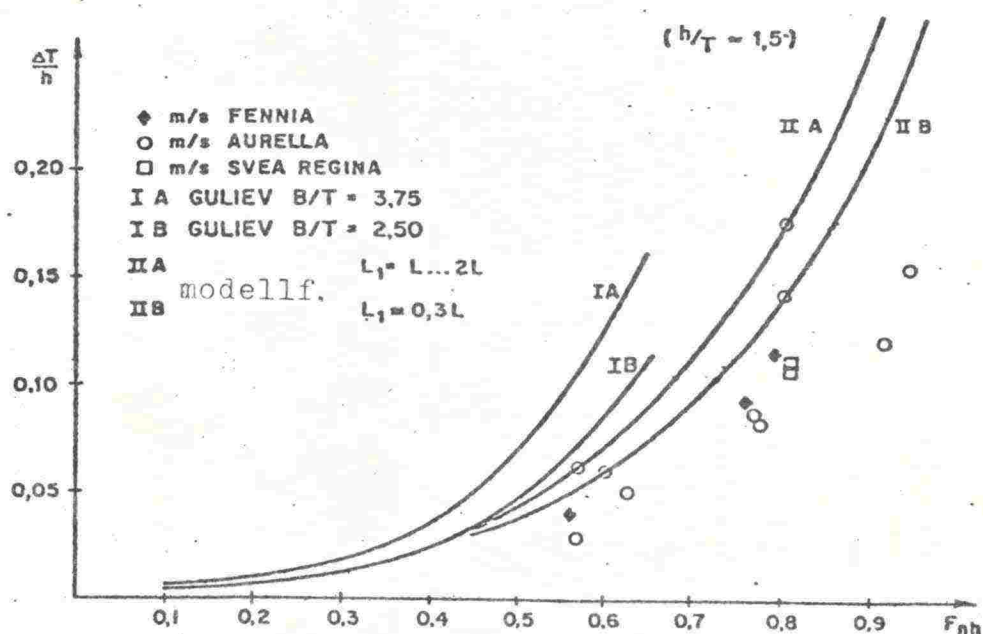
F_{nh} = Froudes tal

Formeln ger för handen, att för ett visst fartyg beror sättningen endast på Froudes tal. Då Froudes tal överstiger 0,5 börjar squat-värdet kraftigt öka. I figur 20 har framställts Froudes tal som funktion av farten och vattendjupet. Med tillhjälp av figuren kan man antingen sälla fram ur squat-synpunkt kritiska farledsavsnitt ($F_{nh} = 0,5 \dots 0,9$) eller omvänt på basen av förefintlig djupmarginal bestämma motsvarande riskfria hastighet. I allmänhet räcker fartygens maskinstyrka inte till för att uppehålla en sådan fart att Froudes tal fortgående överstiger 0,9. Dock är höga värden för Froudes tal ($F_{nh} = 0,8 \dots 1,0$) möjliga då ett fartyg i hög fart kommer från djupt vatten in över ett grundare område. I ett sådant fall ökar sättningen kraftigt och risk för bottenkänning är för handen.



FIGUR 20, Bedömning av squat-värdets storlek på basen av hastighet och vattendjup

Ovan anförda formel kan användas även för att beräkna squatvärdet över ett enskilt, begränsat grund. Vid modellförsök har man konstaterat att redan ett grund vars längd i farledsriktningen är $0,3 \times$ fartygets längd föranleder en nära nog fullt utbildad sättning (figur 21) [2]. Det är skäl att nämna att vid modellförsöken fick en bilfärja med hastigheten 9 m/s och djupgången $5,8 \text{ m}$ bottenkänning då vattendjupet över tröskeln var $8,7 \text{ m}$ dvs $1,5 \times$ djupgången.



FIGUR 21, Squat vid ett enskilt grund

Som en sammanfattning kan man konstatera att vid lika fart är squat värdet över ett tröskelformat grund inte större än över jämn botten. En tröskel (= brant sluttning mot ankomst-riktningen) är emellertid farlig eftersom gångmotståndet för grunt vatten inte har hunnit fullt utbildas utan fartyget kan ha för hög hastighet i förhållande till farledstvärsnit-

tets mått. I båda fallen kan man dock använda samma beräkningsmetoder. Det erhållna värdet för sättningen över en tröskel blir då på säkra sidan jämfört med värdet över jämn botten.

5.3 Fartygets sättning förorsakad av vågor

Fartygets rörelser i sjögång beror på fartygets mått i förhållande till vågornas mått (höjd och längd). Trots talrika försök har man inte för farledsplaneringsändamål kunnat utveckla tillräckligt noggranna beräkningsmetoder för att bestämma fartygets rörelser i sjögång. Alla försök hittills har resulterat i metoder som ger mycket större behov av djupmarginaler än de nuvarande på våra farleder. Ifall man vill utnyttja befintlig djupmarginal så rationellt som möjligt verkar det som om det vore bäst att lämna beslutet rörande den sjögång i vilken fartyget kan använda farleden till fartygets befälhavare och lots.

Vid beslutsfattandet erfordras givetvis möjligast exakta uppgifter rörande lokala vågförhållanden.

5.4 Kölmarginal

För att fartyget skall kunna behålla styrförmågan och för att undvika bottenkänningar måste under alla förhållanden kölen finnas en viss marginal (= kölmarginal). Kölmarginalens storlek är beroende av fartygets hastighet och bottenens beskaffenhet. Allmänt uppges behovet av kölmarginal vara 0,5...0,6 m om hastigheten är låg och farledsbotten mjuk. Över hård botten anses motsvarande marginalbehov vara 1,0...1,2 m (PIANC).

Så stora värden för kölmarginalen tillämpas i alla fall endast på öppna havet, där sättningarna på grund av sjöhävningen är svåra att bestämma. Därför kan man anse att en kölmarginal uppgående till 1,0...1,2 m innehåller sättningsrisker.

På farleden till Torshamn (Göteborg) är kölmarginalen 0,5 m. Fartygshastigheten är högst 5 knop och botten består av berg. På farleder till tyska hamnar tillämpas vid dimensioneringen mycket små kölmarginaler, ca 3...5 % av djupgången då farten är 4,5...5,5 m/s.

På inloppsfarleden till Rotterdam är kölmarginalen 0,5 m.

På finländska farleder är sedimenteringen obetydlig, och beaktas därför i allmänhet inte vid bestämmandet av farledens vattendjup. Landhöjningen är betydande och gör farlederna sakta grundare i synnerhet längs Bottniska vikens kuster.

Eftersom investeringskalkylerna uppgörs för årtionden framåt bör i kalkylskedet även landhöjningen beaktas. Dess storlek är ca 10 cm per decennium inom Kvarkenområdet och på Bottenhavet.

5.5 Internationella rekommendationer för djupmarginaler

TABELL 9. Rekommendationer för djupmarginaler

	Vattenväg	max. hast. m/s	Min. djupmarginal		Fartygsstorlek	Förhållanden
			% djupgång	abs. (m)		
Sverige	Farled	2,5	8	0,7	alla	Skyddad
	"	4,0	10	0,9	"	"
	Korridor	-	Kan ej fastställas		< ≤ 225 m	Öppet hav
	"	-	25	2,5	< ≥ 225 m	"
PIANC 1978	Farled	icke	7	-	VLCC ^{x)}	Skyddad
	"	fast-	10	-	"	Mod.dyning
	"	ställt	15	-	"	Kraftig "
	Korridor	"	20	-	"	Öppet hav
I.K.H.	Farled	icke	10	0,6	Alla	Skyddad
	"	fast-		1,5... 2,0	"	Öppen skärgård
	Korridor	ställt	25	2,0	"	Öppet hav

- x) VLCC = Very Large Cargo Carrier
 = bulkfartyg, vars bärighet $\geq 200\ 000$ dwt
 = containerfartyg, vars längd ≥ 250 m
 = LNG-fartyg, vars kapacitet $\geq 125\ 000$ m³

6. FARLEDENS UTMÄRKNING

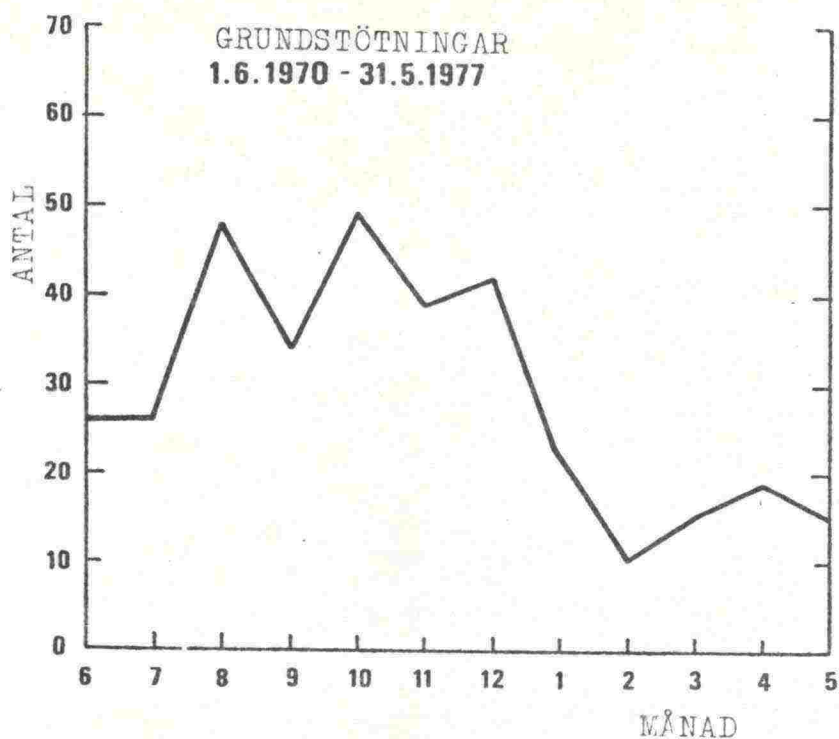
6.1 Allmänt

Med tillhjälp av utmärkningen anvisas farledsutrymmet, ur trafiksynpunkt farliga grund och i allmänhet även farledens mittlinje. Ju smalare farleden är desto effektivare bör utmärkningen vara för att fartygen skall kunna manövreras med tillräcklig noggrannhet (jfr 4.2).

Ur navigeringssynpunkt är det ingen speciell skillnad ifall man vid utprickningen tillämpar kardinal- eller lateral-systemet, dvs. om det framgår av märket på vilken sida det bör passeras eller om märket bör hållas i ett visst vädersträck. Väsentligt är att man kan identifiera märket och placera det rätt på sjökortet. I smala och krokiga farleder, där navigatören inte har tid att föra bestick, måste utmärkningen vara så klar och åskådlig att besluten kan fattas direkt på basen av visuella och/eller radarobservationer.

Olycksfallsstatistik och -analyser visar att en smal och krokig farled inte är den främsta orsaken till grundstötningar, utan i allmänhet har man kört vilse efter felbeslut eller efter att ha tappat den röda tråden vid navigeringen. Därför är en effektivisering av farledsutmärkningen det effektivaste sättet att förhindra grundstötningar. Av figur 22 kan utläsas att de flesta grundstötningarna sker på hösten när siktförhållandena är dåliga och följaktligen positionsbestämningen svår. Då vattnen tillfryser sjunker olycksfallskurvan brant eftersom fartygen kör längs uppbrutna isrännor. Samtidigt är även de sämst utrustade fartygen borta ur trafiken. Den svaga uppgången i olycksfallstalen på våren då isarna gått beror på att isarna tagit prickarna med sig och det tar en viss tid innan nya prickar har utsatts [11].

I Finland har omständigheternas tvång lett till en positionsbestämning som grundar sig på enslinjer eftersom man tidigare inte kunde utrusta farlederna med randmärken som höll för isarnas påfrestningar. Tidigare var enslinjer byggda på land de enda pålitliga säkerhetsanordningarna. En farleds randmarkering baserade sig på opålitliga och provisoriska prickar.



FIGUR 22, Antal grundstötningar under olika årstider

I dag är det möjligt att vid utmärkningen utnyttja både linje- och randmärken.

En farleds säkerhetsanordningar bör uppfylla följande krav:

- Märkena får inte kunna flytta på sig (bojarna bör förankras fast i botten)
- Märkena bör kunna särskiljas och identifieras både visuellt och i radar på tillräckligt långt avstånd under alla navigationsförhållanden.

Utmärkningen bör dessutom vara åskådlig, systematisk och enhetlig för alla farleder.

För farledernas utmärkning används följande säkerhetsanordningar:

- linjemärken (enslinjetavlor och -fyrrar)
- fasta randmärken

- flytande randmärken (bojar och prickar)
- fyrar och ledfyrar

6.2 Linjeutmärkning

Med tillhjälp av enslinjemärken markeras i allmänhet farledens mittlinje (figur 23). På svårnavigerade avsnitt eller livligt trafikerade farleder är det skäl att bygga linjemärken i linjens båda ändar. Linjemärkenas användbarhet minskas av att de ofta nog inte är synliga på grund av dimma, regn eller andra dylika orsaker. Eftersom linjemärkena byggs på land kan de i allmänhet inte urskiljas på radarskärmen. Dessa orsaker gör att navigeringen inte kan baseras enbart på linjeutmärkning.

Linjetavlornas storlek bestäms enligt figur 23. En tavla syns sämst i motljus. I sådana fall syns en tavla bäst som är konstruerad av genomfärgade och i någon mån genomskinliga plastskivor. I dåliga siktförhållanden urskiljas tydligast en tavla som är utbeklädd med fluorescerande tejp eller färg i en färg som avviker från bakgrunden. Användningen av dylika färger begränsas dock av de fluorescerande färgernas korta hållbarhet (5...10 år) och relativt höga pris.

Vid planering av enslinjeutmärkning borde följande synpunkter beaktas:

- Av kostnadsskäl bör linjemärkena byggas på land ifall inte linjens synbarhet väsentligt förbättras av att märket byggs på ett vattenområde.
- Det lönar sig knappast att investera i över 12 km långa linjer eftersom synbarheten på så långa avstånd är mycket begränsad.
- Ifall linjen utmärks endast i ena ändan bör linjemärkena placeras i linjens norra ända för att navigering i motljus skall ske så sällan som möjligt.
- Linjemärkenas synlighet försämras av ljus, rök mm. i bakgrunden.

Linjefyrar (IALA:s rekommendation)

$$(1) R = p \cdot D$$

$$q = \frac{1000 \cdot e}{0.29 \theta D} \quad p = \frac{1}{q - 1}$$

$$\theta_a = 1.5' + 0.07 \cdot \Delta; \quad \theta_a \leq \theta$$

$$(2) H = h + \Delta \cdot \frac{0.29 \cdot D}{1000} (1+p) + p (h-a) + \frac{0.07}{10^6} D^2 \cdot p (1+p)$$

Givna D och e

Väljas θ eller R, Δ , h och a

Beräknas R eller θ , H och θ_a

Formelns (2) sista term, som beaktar jordytans rundning, kan bortlämnas om $D < 5500$ m

R = Avstånd mellan linjemärkena, m

D = Dimensioneringsavstånd, m

e = Dimensioneringsavvikelse, m (= B/4...B/6)

B = farledens bredd, m

θ = horisontalsynvinkel vid dimensioneringsavstånd och -avvikelse (') $\theta \geq 4'$ normalt

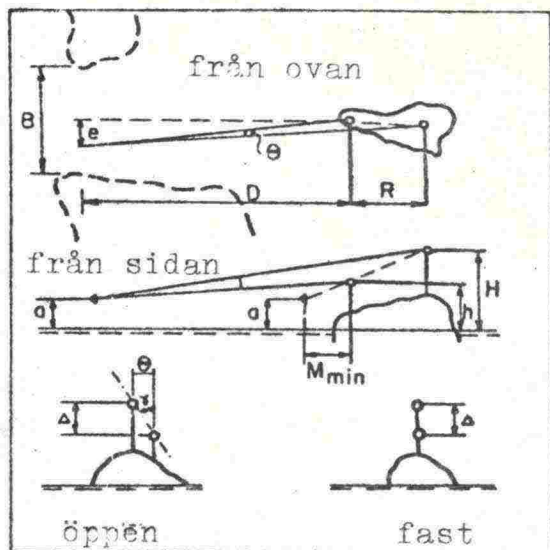
θ_a = horisontalsynvinkel vid vilken linjen tydligt är "öppen" $\theta \geq 2'$ exceptionellt

Δ = vertikalsynvinkel (') ; $\Delta_{\min} = 4,5'$; $\Delta_{\max} \leq 15' \dots 20'$ $\geq 6'$ normalt

H = Bakre ljusets höjd, m

h = Främre ljusets höjd, m

a = ögonhöjd, m; a = 5...15 m (havsfarleder)



LINJETAVLORNAS STORLEK

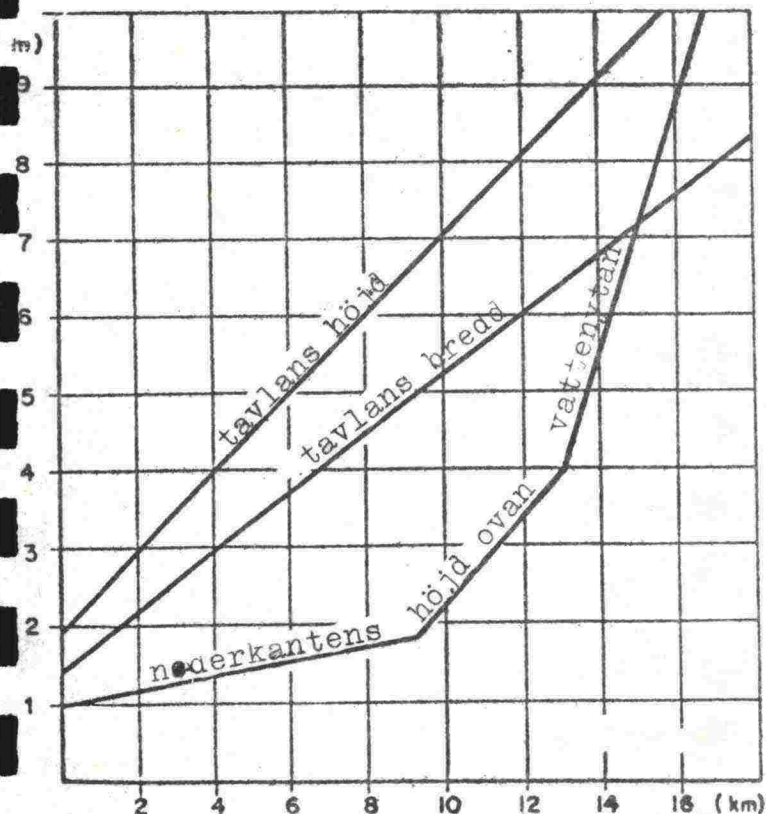
(SjFst:s rekommendation)

Linjetavlornas mått bestäms med tillhjälp av vidstående figur, varvid avståndet till tavlorna mäts från linjens avlägsnaste punkt.

Från den borttersta punkten bör båda tavlorna synas i sin helhet. Sett från linjens närmaste punkt får den främre tavlan delvis täcka bak-tavlan, men minst hälften (SjFst:s rekommendation 3 m) av den bakre tavlan bör dock förbli synlig.

Dessutom bör bl.a. följande beaktas:

- Över 12 km långa dimensioneringsavstånd bör undvikas, eftersom märkenas synlighet i sådana fall är mycket osäker.
- Tavlornas nederkant bör vara minst 1 m över markytan och det främre linjeljusets höjd minst 2 m.
- Det bakre ljuset placeras i masttoppen ovanför tavlan.
- Över 30 m höga mastkonstruktioner bör undvikas.



Figur 23. Dimensionering av enslinjemärken

Den geometriska dimensioneringen av linjeutmärkningen har beskrivits i figur 23. Mera detaljerat har linjeutmärkningen framställtts bl.a. i SISÄVESIVÄYLIEN MERKINNÄN SUUNNITTELU-OHJEET (Planeringsdirektiv för utmärkning av insjöfarleder) TVH nro 752163.

6.3 Kantmarkering

Under svårare navigeringsförhållanden baserar sig framförandet av fartyget helt eller till största delen på farledens randmärken. Därför bör randmärkena vara klart synliga både visuellt och i radarbilden.

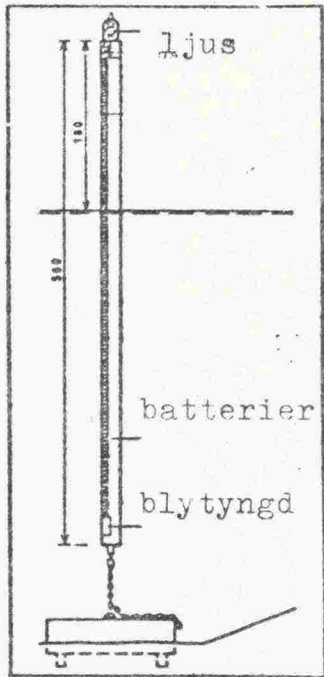
Avståndet mellan randmärkena i farledens längdriktning bör stå i förhållande till farledens bredd, kurvor och de förhållanden under vilka farleden avses användas. På smala farledsavsnitt bör märkena utplaceras parvis på farledens båda sidor eftersom en port ger den bästa optiska vägledningen.

På vattenområden där isen rör på sig bör randmärkena vara fasta eftersom flytande märken kan försvinna under isen, skadas eller förflyttas då isen rör på sig.

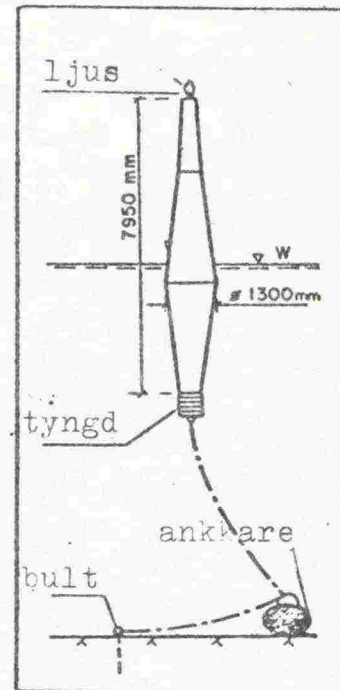
Bojar kommer närmast i fråga på områden där isen inte nämnvärt rör sig, t.ex. inom skärgården och på insjövattnena.

Bojarna bör alltid förankras så fast i botten att de inte kan flytta på sig ens under isbildningen eller isgången. Det pålitligaste förankringssättet är bultförankring i berg (figur 24).

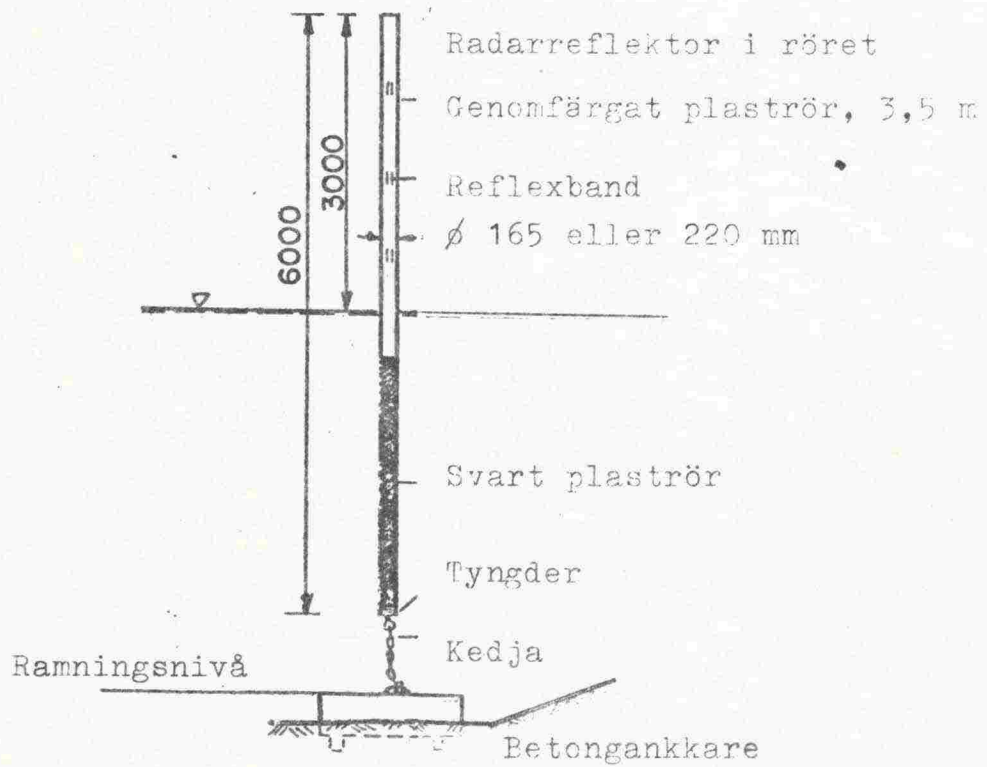
För randutmärkning av insjöfarleder har man i Finland utvecklat en aluminiumboj (figur 25). Bojkroppen består av ett räfflat aluminiumrör i vilket batterierna inplaceras. Tack vare räfflorna syns bojen tydligt i radar samt behåller sin färg trots knippflottarnas nötning. Bojens ljusanordning skall tåla de stötar som uppkommer då en knippflotte släpas över bojen.



FIGUR 24, Aluminiumboj



FIGUR 25, Isboj



FIGUR 26, Plaströmmare

Gängse träprickar kan inte anses vara egentliga säkerhetsanordningar för farleder. De flyttar på sig och de syns dåligt både visuellt och i radarbilden. Man har börjat ersätta träprickarna med plastprickar i vilka man monterat en radarreflektor (figur 26). På grund av sina klara och hållbara (genomfärgade) färger syns plastprickarna bra och på grund av tyngre ankaren hålls de på sin plats. Plastprickar lämpar sig i första hand för insjöfarleder och grunda kustfarleder.

Fasta randmärken bör placeras invid farledens kant. Avståndet från randmärket till kanten får inte överstiga halva bredden på det dimensionerande fartyget om farleden håller minimi- eller normalbredd. Flytande randmärken utplaceras alltid vid farledens kant.

Vid kantmarkeringen eftersträvar man att tillämpa den sk. "från prick till prick" regeln, med vilket avses att innanför sammanbindningslinjen mellan två prickar på samma sida av mittlinjen inte får finnas områden med ett vattendjup som är mindre än ramningsnivån.

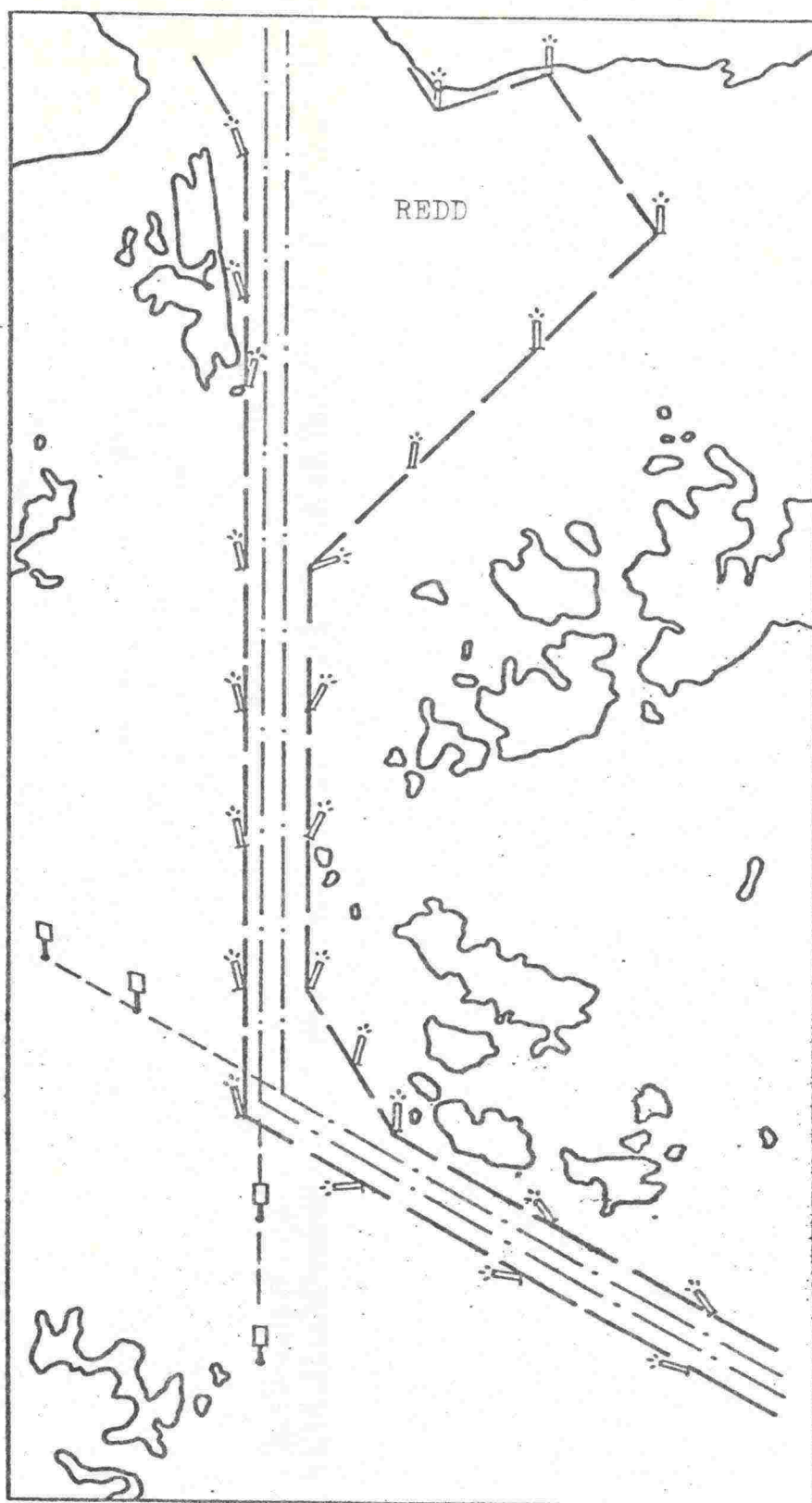
6.4 Fyrar

Fyrar är mycket dyra säkerhetsanordningar. Därför byggs fyrar endast vid inloppet till de viktigaste farlederna. Avsikten är att under alla förhållanden säkra att fartygen som kommer från öppna havet kan finna farledens börjepunkt. Fyren skall således i princip planeras som ett randmärke i omedelbar anslutning till farleden.

6.5 Exempel på utmärkning

Internationell praxis på livligt trafikerade farleder har utbildat sig på följande sätt (figur 27):

- Mittlinjen (eller -linjerna) utmärks med enslinjetavlor och -ljus
- Farledens kanter utmärks dessutom med bojportar på 1...3 km avstånd från varandra. Avståndet mellan bojportarna beror på farledens bredd.
- Om mittlinjen inte är utmärkt är avståndet mellan bojarna på en rak farled 1,0...1,5 km.



FIGUR 27, Utmärkning av en livligt trafikerad farled
(inloppsfarleden till Panama kanal)

Figur 28 ger ett förslag till utmärkning av en rak farled. I fall a är muddringsarbetet så litet, att det inte finns skäl att inskränka den normala farledsbredden. I fall b föranleder muddringen en avsmalning av farleden på ena sidan och i fall c har farleden planerats enligt minimibredd varvid utmärkningen måste effektiveras.

Kantutmärkningsbehovet i en kurva beror på girvinkelns storlek, det fria vattenområdets utsträckning och muddringsområdets form (figur 29 och 30).

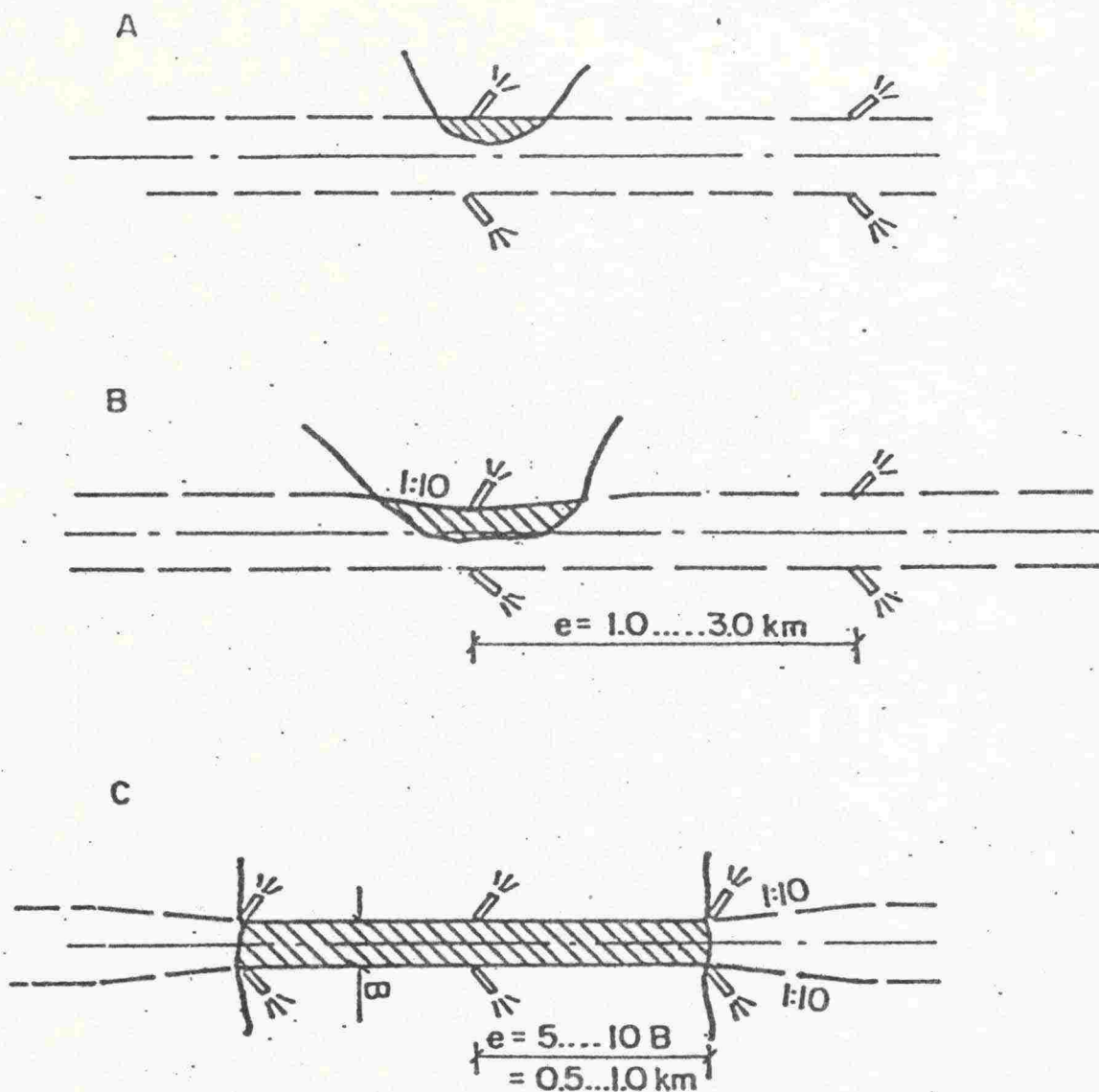
Fall a (figur 30) kommer i fråga då det i kurvan finns gott om vattenområde med fullt vattendjup. Farleden har då inte någon noggrant bestämd bredd. Randmärket utmärker punkten för roderkommando. I fall b finns det grund både i inner- och ytterkurvan men på grund av den ringa girvinkeln är kurvområdet litet. I fall c förekommer en rätt brant kurva på ett muddrat eller annars begränsat vattenområde. Med tillhjälp av en relativt riklig utmärkning har man förutom åskådlighet även eftersträvat en minskning av muddringsbehovet. I fall d har man för att ytterligare minska muddringskostnaderna dessutom bortlämnat kurvans ytterhörn, vilket fartygen ändå inte kan utnyttja.

Figur 31 ger ett exempel på en smal farleds utmärkning. Farleden har utan bogserbåtsassistans använts av dellastade eller ballastade fartyg, vilkas bredd uppgått till tom. halva farledsbredden. På grund av att farleden är så smal är utmärkningen rikligare och mångsidigare än normalt.

7. BROÖPPNINGAR

7.1 Allmänt

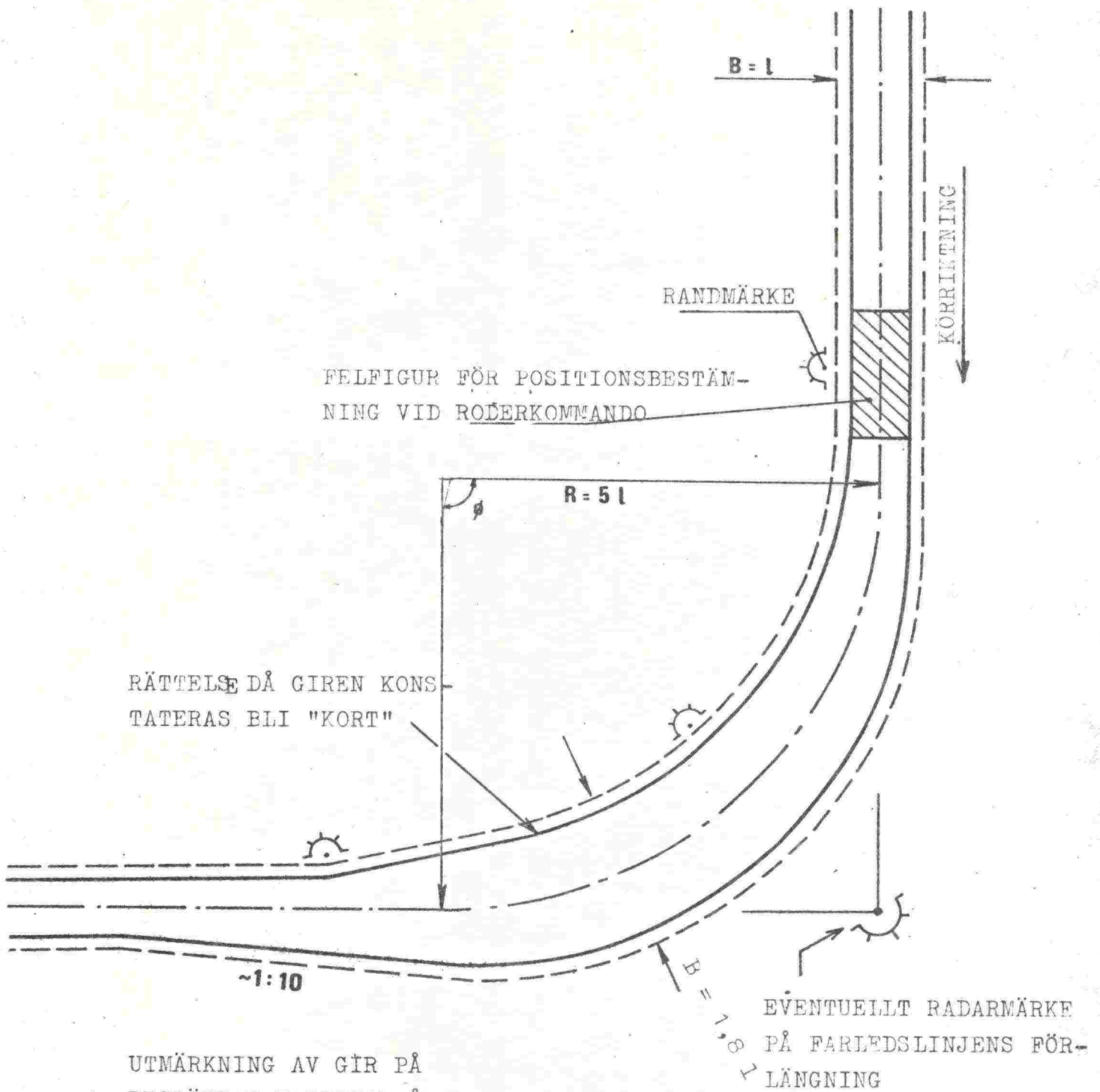
Broar över vattenvägar bör helst göras fasta eftersom en öppen bro är till men både för land- och vattentrafiken. Dessutom är driftskostnaderna för en öppen bro avsevärt högre än för en fast.



 fast eller flytande randmärke

- a) Obetydlig muddring, farleden jämbred
 b) Avsevärd muddring, farledens bredd måste minskas
 c) Stor muddring, minimifarledsbredd effektiverad utmärkning

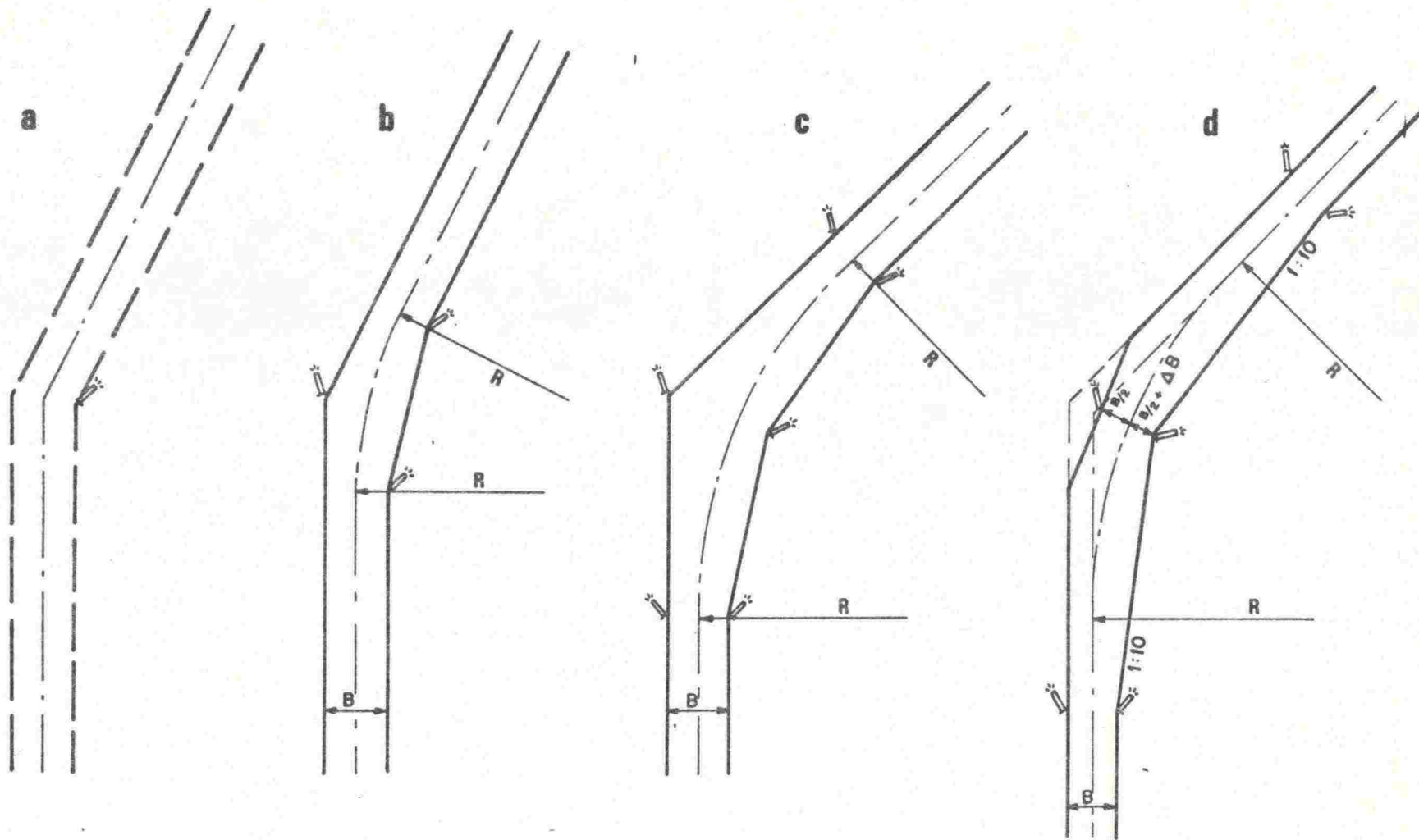
FIGUR 28, Utmärkning av en rak farled



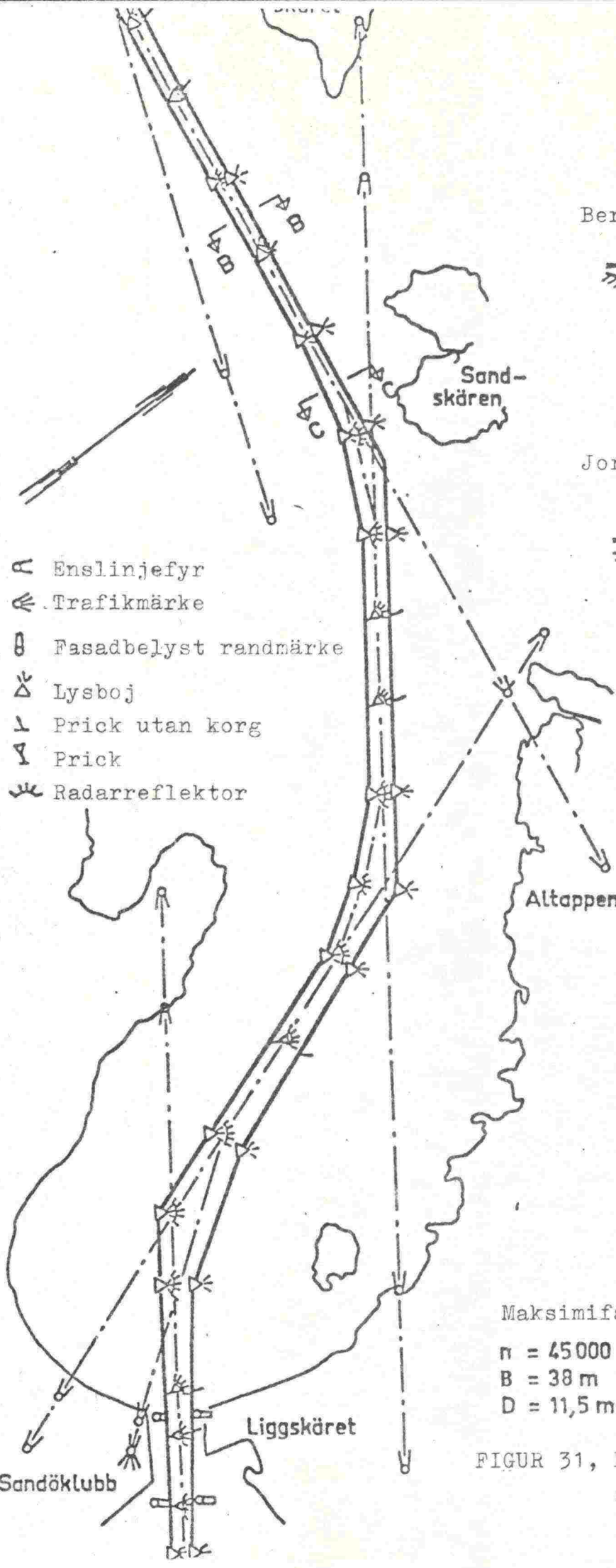
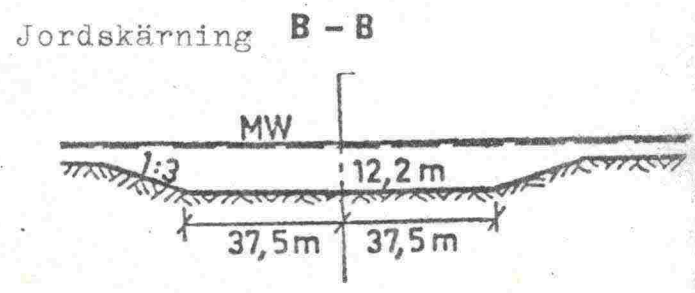
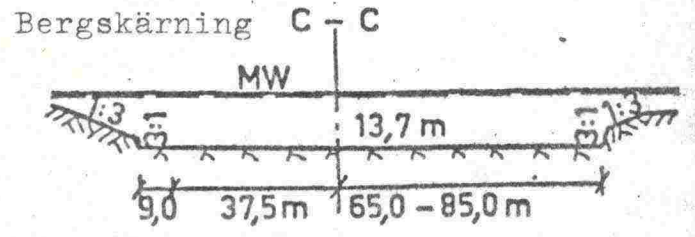
UTMÄRKNING AV GİR PÅ
BEGRÄNSAT VATTENOMRÅDE

- Då $45^\circ = \phi = 90^\circ$, minst 3 randmärken
- Då $0^\circ = \phi = 45^\circ$, minst 2 randmärken

FIGUR 29, Körlinjernas spridning i kurva vid lika roderkommando samt behovet av randmärken



FIGUR 30, Utmärkning av en kurva



Maksimifartygsstorlek
 n = 45000 dwt
 B = 38 m
 D = 11,5 m

FIGUR 31, Exempel på utmärkning av en smal farled (Luleå)

En fast brospann är ofta utan vidare tillräckligt brett för vattentrafikens behov eller kan göras det med små tilläggskostnader. En öppen brospann kostnader ökar däremot så kraftigt som funktion av öppningens bredd att öppningen ofta görs i minsta laget redan med tanke på byggnadstidens trafik. Då fartygsstorleken ökat har öppna broar ofta blivit ett hinder för utvecklandet av vattentrafiken.

En brospann segelfria höjd bestäms av den lokala vattentrafiken. I punkt 2.2 har framställts en grov indelning av brohöjder för olika farledsdjup.

7.2 Broöppningens bredd

Broöppningen bör göras så bred att den inte är mindre än farledens minimibredd. För knippflottningsleder är detta krav ovillkorligt. För fartygsleder är det möjligt att inskränka farleden vid bron på följande sätt:

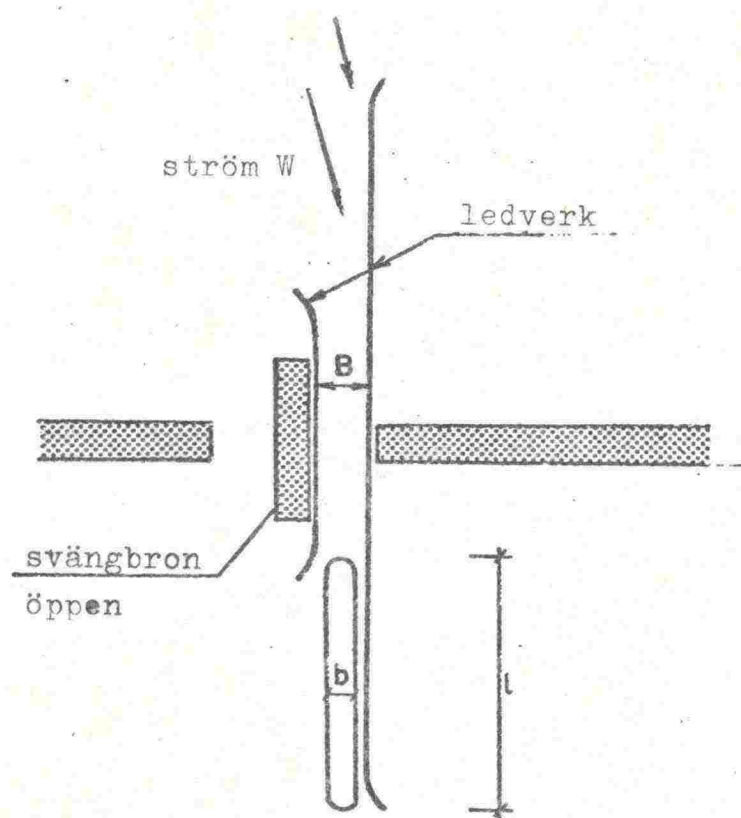
- Leden görs lokalt enkelriktad vid bron. Broöppningens bredd dimensioneras sedan på samma sätt som en enkelriktad farled eller kanal under samma förhållanden. På de inre farvattnen kan man utan ledverk på väl skyddade ställen tillåta en broöppning som är 2 x fartygsbredden.
- Ifall broöppningen måste göras ännu smalare skall den utrustas med ledverk. Den fria bredden mellan ledverken bör vara minst 1,5 x fartygsbredden.

Ett fartyg kan givetvis gå genom ännu smalare öppningar, men då måste fartyget gå med så liten hastighet att det förleder onödiga väntetider för landtrafiken. En smal broöppning erfordrar i allmänhet även längre ledverk än en bredare.

Även vid breda broöppningar kan bron och landtrafikens säkerhet ge anledning att bygga kollisionskydd för att förhindra att bron skads vid en eventuell påkörning av ett fartyg.

7.3 Ledverk

Då fartyget närmar sig en smal broöppning måste det minska farten och ibland vänta på att bron skall öppnas. Därvid förlorar fartyget styrförmågan och kan på grund av ström, vind mm. driva från farleden om inte ledverken görs så långa att fartygen kan angöras eller ta stöd vid dem (figur 32). Ledverkets långa del bör placeras på strömmens eller den bestämmande vindriktningens läsida.



FIGUR 32, Planering av ledverk vid öppen bro

Manövreringen genom en broöppning underlättas om farleden är rak på båda sidor om broöppningen samt väl utmärkt och belyst.

Ledverkskonstruktionen bör vara sådan att vattnet möjligast lätt kan rinna genom den eftersom en tät vägg ger upphov till ett kraftigt sug mellan fartyget och ledverket.

8. LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] Guliev, U.M., 1971: On squat calculations for vessels going in shallow water and through channels. PIANC Bulletin no 7, VOL. 1/1971.
- [2] Haatainen, P., Lund, J. and Kostilainen, V., 1978: Experimental investigation on the squat in changing water depth conditions. Report no 14; Ship Hydrodynamics Laboratory, Otaniemi, Finland.
- [3] Hay D. Harbour entrances, channels and turning basins. The Dock and Harbour Authority. January 1968.
- [4] Huuska, O: On the Evaluation of Underkeel Clearances in Finnish Waterways. Otaniemi 1976
- [5] Mannola, K: Vesiliikenne, Liikenne ja väylät, Suomen rakennusinsinöörien liitto. Helsinki 1975
- [6] Netherlands Ship Research Centre TNO: Simulation of the steering- and manoeuvring characteristics of a second generation container ship. G.M.A. Brummer, C.B. van de Voorde, W.R. van Wijk and C.C. Glansdorp, 1972
- [7] PIANC, 2nd International Oil Tankers Commission, Working Group 2, 1973: Optimal dimensions and layouts of approaches for large tankers. PIANC Bulletin no 16, Vol. III/1973
- [8] PIANC, International Commission for the Reception of Large ships: Report of Working Group IV, Supplement to Bulletin 35 (Vol. I/1980)
- [9] Saisto, J. Väylät, kanavat ja sulut. Maa- ja vesirakennus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Helsinki 1968
- [10] Siivonen, O. Merenkulun turvallisuusjärjestelyt Suomessa rannikoilla ja tulevaisuuden näkymät. Navigator n:o 12. 1970.