

MENNTAFÉLAGIÐ EHF
VÉLSKÓLI ÍSLANDS

HÖNNUN SKIPA

NÁMSEFNI
4. STIG – HSK 203

MÓTSTAÐA OG FRAMDRIF

FRAMDRIFSKERFI O.FL.

HREYFINGAR SKIPS O.FL.



Emil

EMIL RAGNARSSON
SKIPAVERKFRÆÐINGUR
MARS 2004

201/05

**MENNTAFÉLAGIÐ EHF
VÉLSKÓLI ÍSLANDS**

HÖNNUN SKIPA

**NÁMSEFNI
4. STIG – HSK 203**

MÓTSTAÐA OG FRAMDRIF

FRAMDRIFSKERFI O.FL.

HREYFINGAR SKIPS O.FL.

EMIL RAGNARSSON
SKIPAVERKFRÆÐINGUR
MARS 2004

HÖNNUN SKIPA

Þetta námsefni í *Hönnun skipa*, áfangi HSK 203, nær aðeins til hluta af heildarefni viðkomandi áfanga og gefur nokkra innsýn í eftirfarandi:

- 1) Mótstöðu og framdrif skipa, fræðilegur hluti;
- 2) Aðalvélar-, framdrifs- og orkuframleiðslukerfi, rekstrarlegur hluti;
- 3) Hreyfingar skips í öldum, titringsvaldar, hagnýtir þættir.

- 1) *Mótstaða og framdrif skipa*: Við skoðum mótstöðu skips almennt, skiptingu hennar í vatns- og loftmótstöðu og frekari greiningu vatnsmótstöðunnar; líkantilraunir, notagildi þeirra bæði til að ákveða mótstöðu, framdrifsþörf og skrufukennistærðir; skrufufræðina, þ.e. skrufuþætti, hönnun skrufunnar, skrufugerðir, þar með talið skrúfa í hring; framdrifsnýtnistuðla; förum í gegnum skrufuútreikninga; skoðum samspil skips og skrufu, þar með talið skipið á veiðum; og að síðustu ýmsar grundvallar prófanir gagnvart mótstöðu og framdrifi.
- 2) *Aðalvélar-, framdrifs- og orkuframleiðslukerfi*: Við skoðum dæmi um uppbyggingu kerfa til að sjá fyrir aflþörf skipa, bæði fyrir framdrif og aðra orkuframleiðslu til nota um borð; skoðum orkunýtinguna almennt og mun milli kerfa; orkunotkun í rekstri skipa, einkum fiskiskipa, og helstu þætti sem draga úr orkunotkun.
- 3) *Hreyfingar skips í öldum, titringsvaldar*: Hreyfingar skips við siglingu í öldum og fyrir áhrif veðurs eru skoðaðar, þ.e. fræðilegur grunnur og hagnýt dæmi. Þá er skrokktitringur skoðaður einkum fyrir áhrif frá vél og skrufu.

EFNISYFIRLIT

1. MÓTSTAÐA OG FRAMDRIF SKIPA, FRÆÐILEGUR HLUTI.....	
1.1 Mótstaða og framdrif.....	1
Almennt.....	1
1.2 Framdrifsmótstaðan.....	2
Skilgreining.....	3
Áhrifaþættir.....	3
Dráttaraflíð.....	4
Vatnsmótstaðan almennt.....	5
1.3 Núningsmótstaðan.....	6
Tilraunir W. Froude.....	6
Tilraunir O. Reynolds.....	8
Núningsmótstöðustuðull.....	9
Stærðargráðan.....	10
1.4 Öldumyndunarmótstaðan.....	11
Almennt.....	11
Öldumynstur.....	12
Hlutdeild.....	13
Samanburðarlögmálið.....	14
Öldumyndunar-mótstöðustuðull.....	15
Stærðargráðan.....	19
1.5 Önnur vatnsmótstaða.....	20
Almennt.....	20
1.6 Loft- og vindmótstaða.....	21
Loftmótstaða.....	21
Vindmótstaða.....	22
1.7 Heildarmótstaða.....	25
Útreikningar.....	25
Nánari skoðun.....	26

1.8 Líkantilraunir.....	27
Sögulegt.....	27
Tilraunageymar.....	28
Sambönd líkan/skip.....	29
Líkantilraun yfirfærð á skip.....	30
Útreikningar.....	31
Tæknileg útfærsla.....	32
1.9 Skrófufræðin.....	33
Sögulegt.....	33
Kennisetningar.....	35
Líkantilraunir.....	35
Skrúfuþættir.....	37
Forsendur við val á skrófu.....	38
Hönnun skrófunnar.....	39
Skríkun.....	41
Skrúfugerðir.....	43
Skrúfuhringurinn.....	44
Slagsuða (cavitation).....	45
1.10 Framdrifsnýtnistuðlar.....	46
Aflhugtök-nýtnistuðlar.....	46
Heildarnýtni.....	48
Spyrnutaps-stuðull.....	49
Meðstraums-stuðull.....	50
1.11 Skrófuútreikningar.....	51
Almennt.....	51
Útreikningar.....	53
1.12 Samspil skips og skrófu.....	54
Almennt.....	54
Togveiðar.....	55
1.13 Ýmsar prófanir.....	56
Almennt.....	56
Ganghraðamæling.....	57
Ganghraðamæling, niðurstöður.....	58
Spyrnumæling.....	59
Spyrnumæling, niðurstöður.....	60

2. AÐALVÉLAR-, FRAMDRIFS- OG ORKUFRAMLEIÐSLUKERFI, REKSTRARLEGUR HLUTL.....	
2.1 Aðalvélar-, framdrifs- og orkuframleiðslukerfi.....	63
Almennt.....	63
Varmanýtni dieselvélar.....	64
Eyðslustuðull dieselvélar.....	65
2.2 Mismunandi kerfi.....	66
Almennt.....	66
Beintengd aðalvél með skiptiskrúfu og togvindudrifi, hjálparvélakeyrsla.	67
Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu og togvindudrifi, hjálparvélakeyrsla	68
Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu og togvindudrifi, ásráfall.....	69
Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu og togv.drifi, ásráfall (neyðark.).....	70
Tveggja-véla kerfi með skiptiskrúfu, ásráfallar og togvindustraumbreytir	71
Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu, einn ásráfall fyrir alla þörf.....	72
Diesel-/raf-framdrifskerfi.....	73
2.3 Afl- og orkumælingar um borð.....	75
Almennt.....	75
Nýtni aflbúnaðar (grein í Ægi 1982, 10. tbl).....	76
Tölvuvæðing aflnýtnimælinga (grein í Ægi 1989, 9. tbl).....	83
2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum.....	87
Sýnidæmi 1: Um eyðslustuðla véla.....	87
Sýnidæmi 2: Um skráfunýtni.....	88
Sýnidæmi 3: Um ganghraðafærla.....	89
Sýnidæmi 4: Um spyrnuferla.....	90
Sýnidæmi 5: Um tómgangsálag.....	91
Sýnidæmi 6: Um aflþörf togveiðarfæra.....	92
Sýnidæmi 7: Um raforkuframleiðslu.....	93
Sýnidæmi 8: Um nýtanlega spyrnu á togi.....	94
Sýnidæmi 9: Um toggetu í drætti.....	95
2.5 Almennt um sparnaðarleiðir.....	96
Orkusparnaðarleiðir.....	96
Hönnunarþættir.....	96
Rekstrarþættir.....	96
Orkusparnaðarleiðir – dæmi 1.....	97
Orkusparnaðarleiðir – dæmi 2.....	98
Orkusparnaðarleiðir – dæmi 3.....	100
2.6 Olíunotkun við veiðar.....	101
Samspil skips og veiðarfæris: Aðgerðir.....	101
Botnvörpuveiðar.....	101
Nótaveiðar.....	101
Línu- og netaveiðar.....	101
Dæmi um skiptingu olíunotkunar eftir veiðiaðgerðum.....	102

3. HREYFINGAR SKIPS Í ÖLDUM, TITRINGSVALDAR, HAGNÝTIR ÞÆTTIR.....	
3.1 Sjávaröldur, öldufræði.....	103
Almennt.....	103
Sjávaröldur.....	104
Einkennandi bylgjustærðir.....	105
Lýsing á sjó.....	106
3.2 Hreyfingar skips í öldum.....	107
Almennt.....	107
Réttandi vægi.....	108
Fræðileg skoðun.....	109
3.3 Búnaður til að hamla veltu.....	110
Almennt.....	110
Slíngurbretti.....	110
Andveltigeymar.....	111
Stöðugleikauggar.....	112
3.4 Titringur í burðarvirki.....	113
Almennt.....	113
Skrúfan.....	114
Dieselvél.....	115
Tíðni skips.....	115
Heimildir (stuðningsgögn).....	117

MYNDIR

1 Skuttogari á siglingu í þungum sjó.....	1
2 Mótstöðufyrirbrigði, a) Núningsmótstaða, b) Öldumyndunarmótstaða, c) Hvirflamótstaða.....	5
3 Núningsmótstöðustuðlar samkvæmt tilraun Froude's.....	6
4 Núningsmótstöðustuðullinn C_F samkvæmt ITTC 57 sem fall af lengd skips (í m eða fetum) og hraða V (í hnútum).....	9
5 Með því að draga lóðréttu línu við 60 m mörkin á x-ásnum þar til hún sker feril fyrir 14 hnúta, og frá þeim skurðpunkti lárétta línu að y-ásnum fæst gildi fyrir núningsmótstöðu-stuðulinn C_F jafnt og $1,74 \times 10^{-3}$	10
6 Skábylgjur og þverbylgjur.....	11
7 Öldumynstur Kelvin's.....	12
8 Öldumundunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/\nabla^{1/3}=4,0$	15
9 Öldumundunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/\nabla^{1/3}=4,5$	16
10 Öldumundunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/\nabla^{1/3}=5,0$	17
11 Öldumundunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/\nabla^{1/3}=8,0$	18
12 Skematísk mynd af vindkrafti.....	22
13 Flatarmál í vindútreikningum.....	22

14	Samlagning hraðabátta í vindútreikningum.....	23
15	Töfluform til að reikna út dráttarmótstöðu og –afl skips.....	24
16	Mótstöðuferill skips, tonn mótstaða sem fall af hraða í hnútum.....	25
17	Dráttartilraunageymir fyrir skipslíkön.....	28
18	Fiskiskipalíkön, sem prófuð voru í danska skipatilaunageyminum í Lyngby í tengslum við „Nordforsk“-orkusparnaðarverkefnið 1981-84.....	29
19	Skematísk mynd sem sýnir fyrirkomulag festi- og mælibúnaðar í dráttargeymi.....	32
20	Skýringarmynd fyrir gegnumstreymisgeymi (veiðarfæri).....	32
21	Hönnun J. Bramah (1785).....	33
22	Hönnun J. Ressel (1812).....	33
23	Nokkur þróunarstig skipskrúfunnar.....	34
24	Dæmigert skrófulínurit, sýnir spyrnu-, vægis- og nýtnistuðla í opnu vatni..	36
25	Skurður skrófu, skilgreindur rúmfræðilega.....	39
26	Hönnun skrófunnar.....	40
27	Skrúfublöð með mismunandi blaðflatarmálshlutfall.....	40
28	Skiptiskrúfan.....	43
29	Skrúfuhringurinn.....	44
30	Skematísk mynd sem sýnir mismunandi aflstig (hugtök).....	46
31	Skip á togi; samspil skips, skrófu og veiðarfæris.....	54
32	Ganghraðamæling fram og tilbaka þekkta vegalengd.....	57
33	Ganghraðaferlar, mismunandi skrófuskurður.....	58
34	Ganghraðaferlar, mismunandi snúningshraði.....	58
35	Uppstilling í bryggjuspyrnumælingu.....	59
36	Bryggjuspyrnmæling, bremsuafli sem fall af spyrnu (togátaki), breytilegur snúningshraði á vél.....	60
37	Bryggjuspyrnmæling, olíunotkun sem fall af spyrnu (togátaki), breytilegur snúningshraði á vél.....	61
38	Framdrifs- og orkuframleiðslukerfi, mismunandi útfærslur.....	63
39	Varmanýtni dieselvélar (framdrifs búnaðar) og hvernig bæta má nýtingu kerfis.....	64
40	Niðurstöður eyðslustuðlamælinga.....	65
41	Beintengd aðalvél með skiptiskrófu og togvindudrifi, hjálparvélakeyrsla...	67
42	Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrófu og togvindudrifi, hjálparvélakeyrsla.....	68
43	Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrófu og togvindudrifi, ásráfall.....	69
44	Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrófu og togvindudrifi, ásráfall (neyðarkeyrsla).....	70
45	Tveggja-véla kerfi með skiptiskrófu, ásráfar og togvindustraumbreytir....	71
46	Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrófu og einn ásráfall.....	72
47	Diesel-/raf-framdrifskerfi í v-þýskum skuttogurum. a) Skuttogarinn Heinrich Kern með tvær skrófur. b) Skuttogarinn Bürgermeister Smidt með eina skrófu.....	73
48	Diesel-/raf-framdrifskerfi í rannsóknaskipinu Bjarna Sæmundssyni RE 30.	74
49	Myndir frá mælingum Tæknideildar Fiskifélagsins á níunda áratugnum....	75
50	Eyðsluferlar við breytilegan snúningshraða.....	87
51	Nýtanleg skrófuspyrna fyrir mismunandi skrófur.....	88
52	Ganghraðaferlar fyrir mismunandi snúningshraða á vél.....	89
53	Spyrnuferlar fyrir mismunandi snúningshraða á vél.....	90

54	Tómgangsálag fyrir mismunandi snúningshraða á vél.....	91
55	Um aflþörf togveiðarfæra.....	92
56	Um raforkuframléiðslu (aðalvél/hjálparvél).....	93
57	Um nýtanlega spyrnu á togferð.....	94
58	Um toggetu í drætti.....	95
59	Gamla og nýja skrófan í Júlíusi Geirmundssyni ÍS 270 (1536).....	97
60	Áhrif botngróðurs geta verið umtalsverð, skip sem legið hafði lengi, mælt fyrir og eftir slipptöku.....	98
61	Niðurstöður mælinga á áhrifum botngróðurs á olíunotkun, mælingar gerðar haustið 1982.....	99
62	Gömlu og nýju blöðin í Ottó N. Þorlákssyni RE 203.....	100
63	Meginaðgerðir við helstu veiðiaðferðir.....	101
64	Dæmi um skiptingu olíunotkunar eftir veiðiaðgerðum.....	102
65	Ölduhæð sem fall af vindhraða.....	104
66	Einkennandi stærðir fyrir bylgjuhreyfingar.....	105
67	Ljósmyndir af mismunandi sjólagi við Bf 4, 6 8 og 10.....	106
68	Mögulegar hreyfingar skips, færsluhreyfingar eftir ásum og snúningshreyfingar um ása.....	107
69	Slingurbretti.....	110
70	Áhrif dempunar með slingurbrettum.....	110
71	Virkni vökvans í andveltigeymi til að minnka veltu skips.....	111
72	Stöðugleikauggar.....	112
73	Mismunandi stig skrokktrings.....	113
74	Tveggja hnútapunkta lóðrétt titringssveifla.....	116

DÆMI

1	Reikna dráttarafl.....	4
2	Reikna núningarmótstöðu.....	10
3	Reikna öldmyndunarmótstöðu.....	19
4	Reikna heildarmótstöðu.....	25
5	Reikna heildarmótstöðu byggt á líkanprófun.....	31
6	Reikna skrikun (skrikunarprósentu).....	41
7	Reikna skrófuspyrnu og þrýstiafl.....	53
8	Reikna skrófunýtni.....	53
9	Lesu mun í öxulafli við fastan ganghraða milli tveggja skurðarferla.....	58
10	Lesu mun í öxulafli við fastan ganghraða milli tveggja snúningshraðaferla.....	58
11	Lesu mun í bryggjuspyrnu við fast bremsuafli milli tveggja snúningshraðaferla.....	60
12	Lesu mun í bryggjuspyrnu við fasta olíunotkun milli tveggja snúningshraðaferla.....	61

ooooOOOoooo

1

**MÓTSTAÐA OG FRAMDRIF SKIPA
FRÆÐILEGUR HLUTI**

1.1 Mótstaða og framdrif

Almennt

* Á meðal þeirra mörgu vandamála sem skipahönnuðurinn stendur frammi fyrir þegar hann hannar skip er að tryggja, ásamt þeim mörgu kröfum sem uppfylla þarf, að skrokk-lögun og framdrifsbúnaður sé eins hagkvæmur og kostur er gagnvart straumfræðinni. Með það markmið almennt að skipið skuli ná skilgreindum hámarks ganghraða við hámarks öxulafli er viðfangsefnið að ná sem bestri samsvörun um lága mótstöðu og háa skrúfunýtni. Þetta næst einungis með rétttri aðferðafræði og samtvinnuðri skoðun á skrokk og skrúfu.

* Mótstaða og framdrif skipa er víðfeðmt svið og fræðin nokkuð flókin. Fræðin er hér skoðuð í einfölduðu formi. Mótstaða og framdrif skipa er samofið en ákveðin skil á milli.

* Hreyfing skips á yfirborði orsakar mótstöðu frá vatni og lofti og enn frekari mótstöðu ef áhrifa frá vindi og öldum (straumum) gætir.

* Framdrif fjallar um aflþörfina til að yfirvinna mótstöðuna og hún er háð mörgum þáttum. Í framdrifs-umfjölluninni er látið nægja að mestu að fjalla um skipsskrúfunu en öðrum tegundum framdrifsgjafa sleppt.



Mynd 1: Skuttogari á siglingu í þungum sjó.

1.2 Framdrifsmótstaðan

Skilgreining

* Framdrifsmótstaða skips við tiltekinn hraða er heildarkraftur R sem verkar á skipið, og er í reynd krafturinn sem þarf til að draga skipið í gegnum sjóinn við viðkomandi hraða, gert ráð fyrir að engar truflanir séu frá dráttarskipinu. Ef skrokkurinn hefur engar ójöfnur, þá er þetta kallað „bera skrokkmótstaðan“.

* Framdrifsmótstaðan er m.a. háð:

- aðalmálum
- línunum
- lögun ofan sjólínu
- hraða

* Skipta má mótstöðunni upp í tvo grundvallarþætti, eftir þeim „miðlum“ sem leika um skipið, þ.e.:

- Vatnsmótstaða
- Loftmótstaða

Vatnsmótstaðan:

- Núningsmótstaða
- Öldumyndunarmótstaða
- Önnur mótstaða

Loftmótstaðan:

- Mótstaða í logni
- Vindmótstaða

1.2 Framdrifsmótstaðan

Áhrifaþættir

* Í Hönnun skipa-HSK 102, voru þættir er snúa að stærð, málum og formi skips skilgreindir, og sem koma við sögu í mótstöðu og framdrifi skips, þ.e.:

- Hönnunarmálin

- Lengd milli lóðlína (L_{pp})
- Mótuð breidd (B_m)
- Djúprista (T_k)

Til viðbótar þessum málum kemur

- Sjólínulengd skips (L_{vl}), sem er breytileg allt eftir hleðslu

- Línuteikningin

- Grundvallar form skips
- Form framskips (U-, V-, Normal)
- Form afturskips (U-, V-, Normal)

- Þunga- og rúmmálsstærðir skips

- Særými skips í tonnum (Δ)
- Særýmisrúmfang skips í m^3 (∇)

- Formstuðlar

- Rýmdarstuðullinn (δ)
- Miðbandsstuðullinn (β)
- Langskipsstuðullinn (prisma-) (φ)

- Hlutföll mála og stærða

- Lengdar-/breiddar-hlutfall (L_{pp}/B_m)
- Breiddar-/djúpristu-hlutfall (B_m/T_k)
- Lengdar-særýmishlutfall (grannleikastuðull) ($L/\nabla^{1/3}$)

- Ýmsar aðrar stærðir

- Blautt skrokkyfirborð skips (S)

1.2 Framdrifsmótstaðan

Dráttaraflið

* Aflið sem er nauðsynlegt til að yfirvinna mótstöðukraftinn R_t er kallað „dráttarafli“ eða virkt afl (P_e) og fæst samkvæmt formúlunni:

$$P_e = \frac{R_t \cdot v}{75} \quad \text{hö}$$

þar sem

R_t = heildar mótstaða (kg)

v = hraði skips (m/s)

1 hö = 75 kgm/s

Ef við viljum gefa aflið í kílóvöttum er rétt að hafa í huga að:

$$1 \text{ hö} = 0,736 \text{ kW}$$

Dæmi 1: Reikna skal út dráttarafli skips ef dráttarkrafturinn (R) er 10 tonn og skipshraðinn (V) er 14 hnútar?

Krafturinn $R = 10 \text{ tonn} = 10000 \text{ kg}$

Skipshraðinn $V = 14 \text{ hn} \Rightarrow v = 14 \times 0,514 = 7,20 \text{ m/s}$

(ath. $1 \text{ hn} = 1 \text{ sjómíla/klst} = 1852/3600 = 0,514 \text{ m/s}$)

$$\text{Dráttarafli } P_e = \frac{10000 \times 7,20}{75} = 960 \text{ hö} = 707 \text{ kW}$$

1.2 Framdrifsmótstaðan

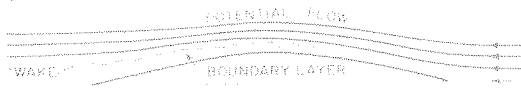
Vatnsmótstaðan almennt

* Vatnsmótstaðan er samsett úr nokkrum þáttum eins og að framan greinir, og stafar af ýmsum orsökum sem virka hver á aðra á flókin hátt. Til þess að geta nálgast þetta á tiltölulega einfaldan hátt er farin sú leið að skipta vatnsmótstöðunni upp í þrjá megin þætti:

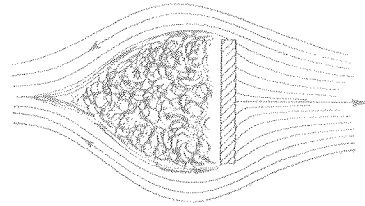
1. Núningsmótstöðu, vegna hreyfingar skrokksins í gegnum vökva með seigju.
2. Öldumyndunar-mótstöðu sem stafar af orkunni sem skipið flytur stöðugt til öldukerfanna sem myndast á vatnsyfirborðinu.
3. Hvirflamótstaða, sem stafar af orkunni sem tapast með ýmsum ójöfnum sem skaga út frá skrokknum.

* Mótstaða undir 2. og 3. lið er venjulega tekin undir einn hatt, og oft nefnd „residuary“-mótstaða, eða afgangsmótstaða. Hér verður þó almennt notað orðið öldumyndunarmótstaða.

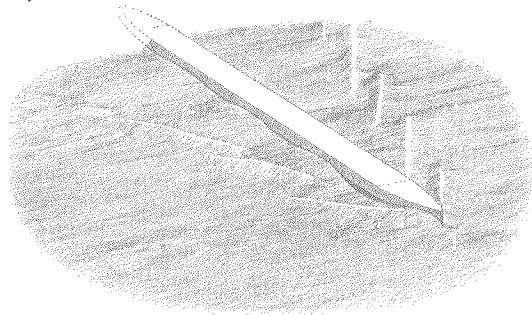
a)



c)



b)



Mynd 2: Mótstöðufyrirbrigði

- a) Núningsmótstaða
- b) Öldumyndunarmótstaða
- c) Hvirflamótstaða

1.3 Núningsmótstaðan

Tilraunir W. Froude

* **Froude, sem þekkti lögmálið sem öldumyndunar-mótstaðan stýrðist af, hafði fundið að yfirfærsla frá líkani yfir á skip byggði á því að skipta mótstöðunni upp í þessa tvo þætti, þ.e. núningsmótstöðu og öldumyndunarmótstöðu.**

* **Hann framkvæmdi grundvallar tilraunir á núningsmótstöðu með því að nota slétta planku í tilraunageymi sínum í Torquay í Englandi, og kom niðurstöðum sínum á framfæri 1872 og 1876.**

* **Plankarnir voru breytilegir í lengd, frá 2 upp í 50 fet.**

* **Hraðasvið það sem notað var í drætti var frá 100 upp í 800 fet á mín, hámark fyrir 50 feta plankann var 650 fet á mín.**

Table 1. Froude's Skin-Friction Coefficients*

Nature of surface	$R = f \cdot S \cdot V^2$			$R =$ resistance, lb			$S =$ area of plank, sq ft			$V =$ speed, fps		
	Length of surface, or distance from cutwater, ft			Length of surface, or distance from cutwater, ft			Length of surface, or distance from cutwater, ft			Length of surface, or distance from cutwater, ft		
	f	n	k	f	n	k	f	n	k	f	n	k
Varnish	0.00410	2.00	0.00390	0.00460	1.88	0.00374	0.00390	1.85	0.00337	0.00370	1.83	0.00335
Paraffin	0.00425	1.95	0.00414	0.00360	1.94	0.00300	0.00318	1.93	0.00280	0.00310	1.91	0.00278
Calico	0.01000	1.93	0.00830	0.00750	1.92	0.00600	0.00680	1.80	0.00570	0.00640	1.87	0.00570
Fine sand	0.00800	2.00	0.00600	0.00580	2.00	0.00450	0.00480	2.00	0.00384	0.00400	2.06	0.00330
Medium sand	0.00900	2.00	0.00750	0.00630	2.00	0.00490	0.00530	2.00	0.00460	0.00490	2.00	0.00460
Coarse sand	0.01000	2.00	0.00880	0.00710	2.00	0.00520	0.00590	2.00	0.00490	0.00590	2.00	0.00490

* W. Froude's results for planks in fresh water at Torquay (British Association 1872 and 1874).
NOTE: The values of k represent the f -values for the last square foot of a surface whose length is equal to that given at the head of the column.

Mynd 3: Núningsmótstöðustuðlar samkvæmt tilraun Froude's.

* **Fyrir hið slétta lakkyfirborð þá minnkaði gildi veldis-tölunnar n frá 2,0 fyrir stutta plankann í 1,83 fyrir 50 feta plankann. Fyrir plankana sem voru yfirborðsmeðhöndlaðir með sandi þá hafði veldisvísirinn fast gildi, 2,0.**

* **Fyrir tiltekið yfirborð þá minnkaði f -gildið við vaxandi lengd og fyrir gefna lengd þá jókst f -gildið með auknum hrjúfleika yfirborðsins.**

1.3 Núningsmótstaðan

Tilraunir W. Froude

* Niðurstaða hans var í megin dráttum þessi:

- Fyrir sérhvern hraða þá er mótstaðan á hvert ferfet minni fyrir langan planka en stuttan.
- Ástæða: Nálægt afturenda langa plankans öðlast vatnið hreyfingu fram á við.

* Hann setti fram eftirfarandi reynsluformúlu:

$$R = f \cdot S \cdot V^n$$

Þar sem:

R = mótstaða í pundum (lbs)
S = flatarmál yfirborðs í fet²
V = hraði í fetum á sekúndu

Stærðirnar (stuðlarnir) f og n eru háðir lengd og eðli yfirborðs og eru gefnir upp í töflu á mynd 3. Eins og þar kemur fram var yfirborð breytilegt, sem dæmi lakkhúð, vax, sandhúð o.fl.

1.3 Núningsmótstaðan

Tilraunir O. Reynolds

* Í nýrri tíma framsetningu á núningsmótstöðu, er gengið út frá að núningsmótstöðu-stuðullinn C_F sé fall af Reynolds tölu (R_n), þ.e.:

$$R_n = \frac{v \times L}{\nu}$$

þar sem v = hraði skips (m/s)
 L = lengd skips (m)
 ν = eðlisseigja vatns (sjór) = $1,19 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sek}^{-2}$

* O. Reynolds gerði tilraun með vatnsrennsli í glerröri með hárfínum lituðum þræði í miðju rörsins:

- Hann fann út að við V_c = krítískan hraða varð breyting á flæði, þ.e. það fór að tapa áttum.
- Hann mældi mótstöðuna og fékk þá niðurstöðu að lögmál mótstöðu svöruðu til hraða í hlutfalli v/d , þ.e. $V_c = 2000 \times v/d$ (d =þvermál rörs)

* Hann fann út tvö mismunandi aðskilin flæðisfyrirbæri, hvort um sig tengdist mismunandi mótstöðulögmálum.

- Við lág gildi af $V \cdot d/\nu$, þegar litaði þráðurinn hélt sérkenni sínu, þá streymdi vökvinn jafnt í lögum, þ.e. lagskipt flæði = “laminar”.
- Þegar R_n -talan jókst brotnaði flæðið niður, vökvinn blandaðist þvert á í iðustraums-hreyfingu, þ.e. iðustraumsflæði = “turbulent”.

1.3 Núningsmótstaðan

Núningsmótstöðustuðull

* Í mótstöðufræðinni er hefð að vinna með víddarlausu stuðla, ekki ólíkt því sem er í rúmfræðinni og annarri skipafræði. Áður nefndur núningsmótstöðu-stuðull C_F er skilgreindur sem:

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2}$$

þar sem

R_F = Núningsmótstaðan (kg)

ρ = Eðlismassi sjávar (1025/9,81)=104,5 kgs²/m⁴

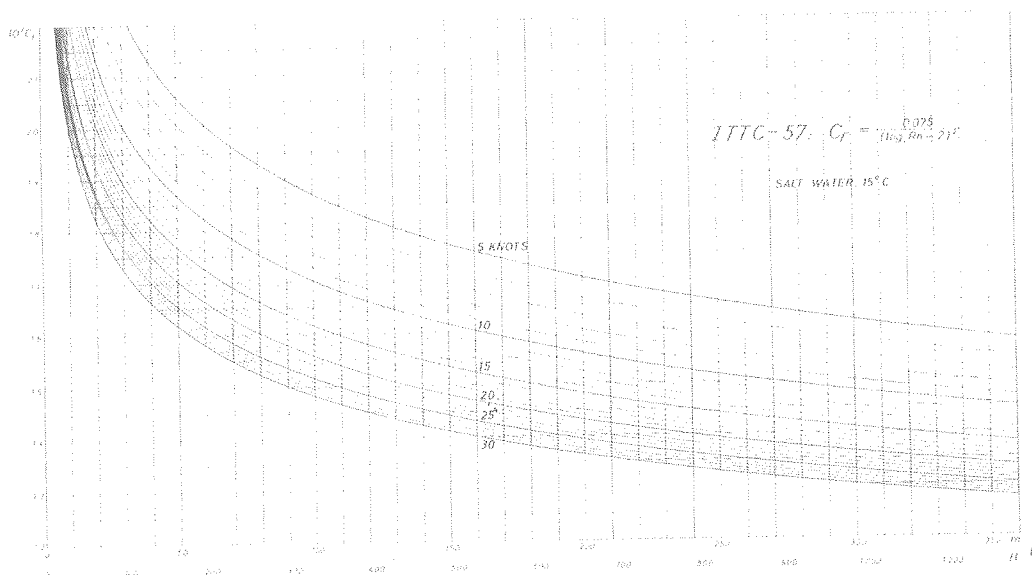
S = Blauta yfirborð skrokksins (m²)

v = Hraði skips (m/s)

* Í gegnum nefndastörf og ráðstefnur skipaverkfræðinga og annarra sérfræðinga á sviði skipatílaunageyma á 20. öldinni hafa vandamál á þessu sviði verið leyst, og m.a. hvernig unnt er að spá fyrir um mótstöðu skips á grundvelli líkantílauna.

* Ráðstefna í Madrid 1957 komst að niðurstöðu að nota eftirfarandi formúlu fyrir núningsmótstöðustuðulinn C_F :

$$C_F = 0,075 / (\log_{10} R_n - 2)^2$$



Mynd 4: Núningsmótstöðustuðulinn C_F samkvæmt ITTC 57 sem fall af lengd skips (í m eða fetum) og hraða V (í hnútum).

1.3 Núningsmótstaðan

Stærðargráðan

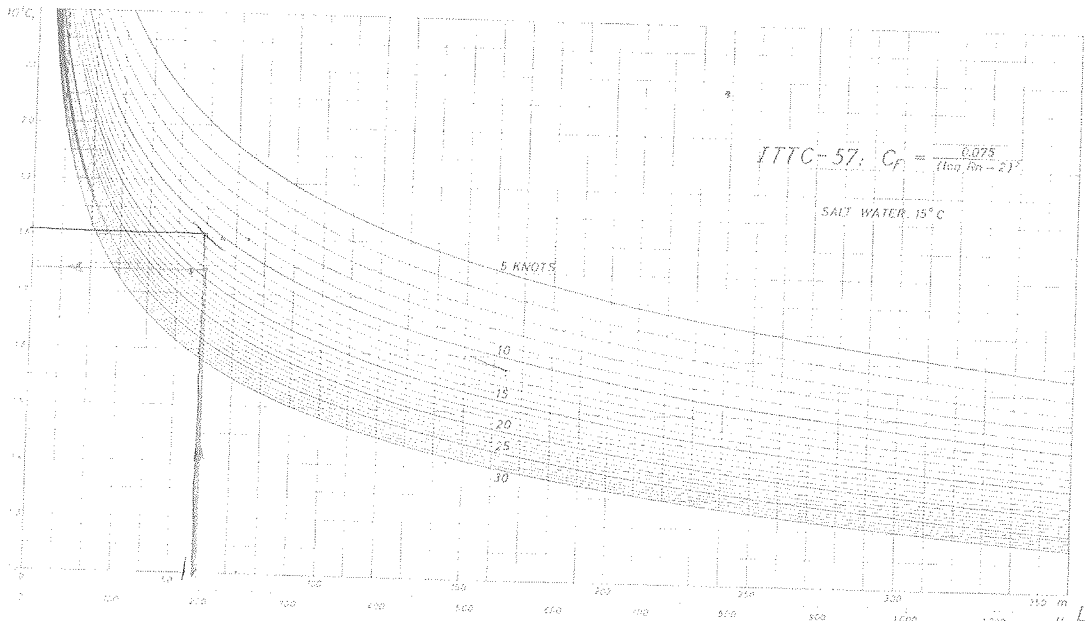
Dæmi 2: Reikna skal út núningsmótstöðu skips (R_F) sem hefur sjólinu-
lengdina (L) 60 m, skrokkyfirborð neðan sjólinu (S) 1000 m²,
og siglir á 14 hn hraða.

Núningsmótstaðan fæst samkvæmt formúlunni:

$$R_F = C_F \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad \text{kg}$$

Skipshraðinn $V = 14 \text{ hn} \Rightarrow v = 14 \times 0,514 = 7,20 \text{ m/s}$
Stuðullinn C_F er skv. mynd 5: $C_F = 1,74 \times 10^{-3}$

$$R_F = 1,74 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 104,5 \cdot 1000 \cdot 7,20^2 = 4713 \text{ kg}$$



Mynd 5: Með því að draga lóðréttu línu við 60 m mörkin á x-ásnum þar til hún sker feril fyrir 14 hnúta, og frá þeim skurðpunti lárétta línu að y-ásnum fæst gildi fyrir núningsmótstöðu-stuðulinn C_F jafnt og $1,74 \times 10^{-3}$.

* Núningsmótstöðu-stuðulinn C_F hefði mátt reikna út skv. formúlum á bls. 8 og 9:

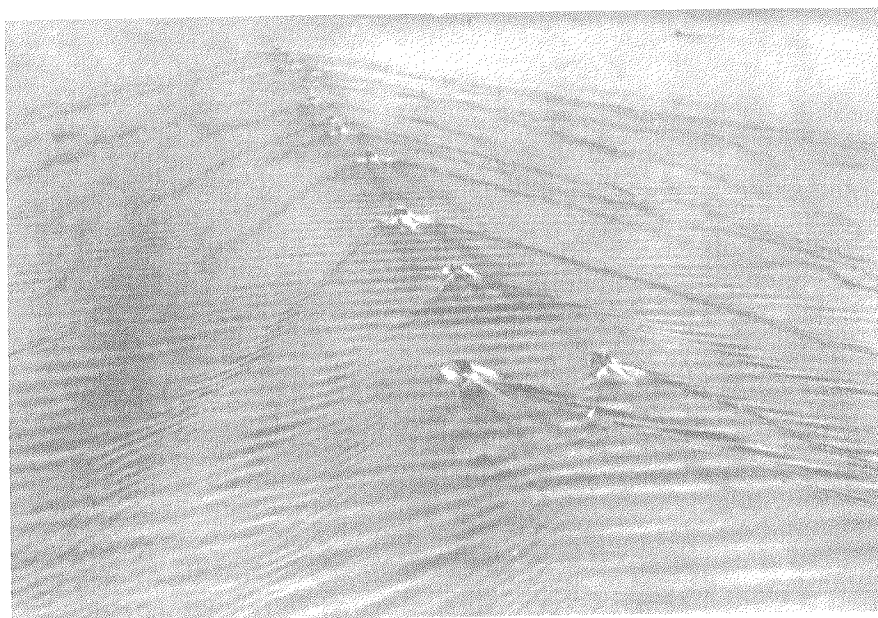
$$Rn = \frac{v \cdot L}{\nu} = \frac{7,20 \cdot 60}{1,19 \times 10^{-6}} = 3,63 \times 10^8$$

$$C_F = 0,075 / (\log(3,63 \times 10^8) - 2)^2 = 1,74 \times 10^{-3}$$

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Almennt

- * Öldumyndunarmótstaðan (afgangs-) er nettó fram-aftur kraftur á skipið sem orsakast af vökvaprýstingi sem verkar venjulega á alla hluta skrokks.
- * Í því tilviki að við höfum hlut í kafi sem ferðast lárétt á stöðugum hraða langt undir yfirborði myndast engar öldur, en prýstingur breytist eftir lengdinni.
- * Ef hluturinn hreyfist á eða nálægt yfirborði myndi þessi prýstingsbreyting samt sem áður orsaka öldur sem breyta prýstingsdreifingu yfir skrokkin, og loka krafturinn er öldumyndunar-mótstaða.
- * Yfir suma hluta skrokksins þá auka prýstingsbreytingarnar heildar kraft í átt að skut en yfir aðra hluta minnka hann, en heildaráhrifin eru mótstaða af þeirri stærðargráðu að orkan sem fer í að hreyfa hlutinn gegn öldunum er jafn orkunni sem er nauðsynleg til að viðhalda öldumynstrinu.
- * Við framdrif skips verða til öldur bæði við stefni og skut og á báðum stöðum tekur maður eftir tveimur mismunandi öldukerfum, nefnilega þverbylgjum og skábylgjum (mynd 6).



Mynd 6: Skábylgjur og þverbylgjur.

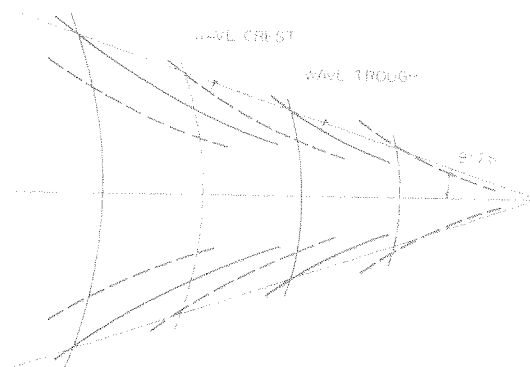
1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Öldumynstur

* Elsta skýringin á því hvernig öldur verða til er trúlega sett fram af Lord Kelvin árið 1887 og útlístuð af honum árið 1904.

* Hann skoðaði stakan þrýstipunkt sem ferðaðist eftir beinni línu á vatnsyfirborði og sendi út öldur sem tengjast og mynda einkennandi mynstur. Það samanstendur af áðurnefndum þverbylgjum sem fylgja á eftir punktinum, ásamt áðurnefndum skábylgjum sem liggja út frá punktinum, mynstrið í heild umlukið tveimur beinum línunum sem byrja í þrýstipunktinum og mynda horn, $19^\circ 28'$ beggja megin við hreyfilínuna (mynd 7).

* Hæð öldutoppa þverbylgjanna á miðlínunni fyrir aftan þrýstipunktinn fer minnkandi þegar aftar dregur. Bylgjurnar hafa sveigju aftur, ákveðna fjarlægð frá miðlínu, og mæta skábylgjunum í hnúðum sem eru hæstu punktarnir í kerfinu. Hæðir þessara hnúða minnka hægar með fjarlægðinni frá þrýstipunktinum, heldur en hæðir þverbylgjanna, þannig að langt aftan við punktinn verða skábylgjurnar meira áberandi.



Mynd 7: Öldumynstur Kelvin's.

* Það krefst orku að skapa þessar bylgjur, sem þýðir að það verður að vera kraftur til staðar sem framkvæmir vinnu, kraftur sem nefnist öldumyndunarmótstaða (bylgjumótstaða).

* Í óæskilegum tilvikum getur það átt sér stað að öldurnar frá stefni og skut lendi í “resonans”, sem leiðir til aukinnar bylgjumótstöðu.

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Hlutdeild

- * Öldumyndunar-mótstaðan eða bylgjumótstaðan er fyrir hefðbundin flutningaskip á hæfilegu hraðasviði um 30% af heildarmótstöðunni. Við hlutfallslega lága hraða er bylgjumótstaðan háð skipshraðanum í öðru veldi, en við mikla hraða getur veldið verið af stærðargráðunni 8-10.
- * Fyrir fiskiskip á siglingu er aftur á móti bylgjumótstaðan stærsti hlutinn af heildarmótstöðunni.
- * Á grunnu vatni getur bylgjumótstaðan vaxið verulega og almenna reglan er sú að flutningaskip tapa hraða á grunnu vatni.

Öldumyndunar-mótstöðustuðull

- * Hliðstætt og fyrir núningsmótstöðuna þá er gert ráð fyrir öldumyndunar-mótstöðustuðli C_R . Algengt er að skoða stuðulinn C_R sem fall af svonefndri Froude-tölu (F_n), þ.e.:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

eða svonefndu hraða-lengdarhlutfalli (þyngdarhröðun g sleppt)

\sqrt{L} , þar sem

V = hraði í hnútum

L = lengd (vatnslínu) í fetum

- * Aðrar stærðir sem hafa afgerandi áhrif á stuðulinn C_R er lengdar-særymishlutfallið $L/\nabla^{1/3}$ og prismastuðullinn φ , þ.e.:

$$\varphi = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot T \cdot \beta} = \frac{\delta}{\beta}$$

- * Samband stuðuls C_R og öldumyndunarmótstöðu R_R verður:

$$C_R = \frac{R_R}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2}$$

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Samanburðarlögmálið

* William Froude, sem áður er getið í sambandi við plankaprófunina, veitti fyrst athygli nauðsyn þess að skipta heildarmótstöðunni í þætti. Byggt á hefðbundnum lögmálum um *eðlisfræðilega samlíkingu*, og út frá athugunum á öldumynstri líkana með sama formi en af mismunandi stærð, setti Froude fram „Samanburðarlögmál” sitt árið 1868 á eftirfarandi hátt:

Öldumyndunarmótstaða (residuary) skipa með sömu lögun er í hlutfalli við þriðja veldi aðalmála þeirra ef hraði þeirra er í hlutfallinu kvaðratrót af aðalmálunum.

* Slíkir hraðar eru kallaðir „samsvarandi hraðar”. Þetta sama lögmál hafði áður verið sett fram af franska skipahönnuðinum Reech árið 1832, en hann hafði ekki fylgt því eftir eða sýnt með tilraunum hvernig hægt var að notfæra sér það í því viðfangsefni að spá fyrir um mótstöðu skipa.

* Samkvæmt þessu þá þýðir „samsvarandi hraði” að hlutfallið V/\sqrt{L} þarf að vera hið sama fyrir líkan og skip. Hlutfallið V/\sqrt{L} , venjulega með V í hnútum og L í fetum, er kallað:

Hraða-/lengdar-hlutfall

* Þetta hlutfall er venjulega notað í framsetningu á *mótstöðu-data*, þar sem auðvelt er að setja það fram reikningslega, en hefur þann ágalla að vera ekki víddarlaust. Gildið $V/\sqrt{(gL)}$ á hinn bóginn er víddarlaust og hefur sama gildi í mismunandi mælieiningakerfum. Vegna náninna tengsla Froude við hugtakið hraða-/lengdar-hlutfall, er stærðin $V/\sqrt{(gL)}$ kölluð Froude-tala (eins og fram kom á bls. 13).

* Það er hefð að setja öldumyndunar-mótstöðustuðulinn C_R fram sem fall af V/\sqrt{L} , og einnig samkvæmt grannleikastuðlinum $L/V^{1/3}$, og prismastuðlinum φ ($\varphi=\delta/\beta$). Sýnishorn af slíkri framsetningu má sjá á bls. 15-18, tekið úr *Ship Resistance* (H. E. Gulddammer, Sv. Aa. Harvald, 1965).

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Öldumyndunar-mótstöðustuðull

* Sem sýnishorn af öldumyndunar-mótstöðustuðlinum $10^3 C_R$ eru meðfylgjandi línurit (sjá myndir 8-11).

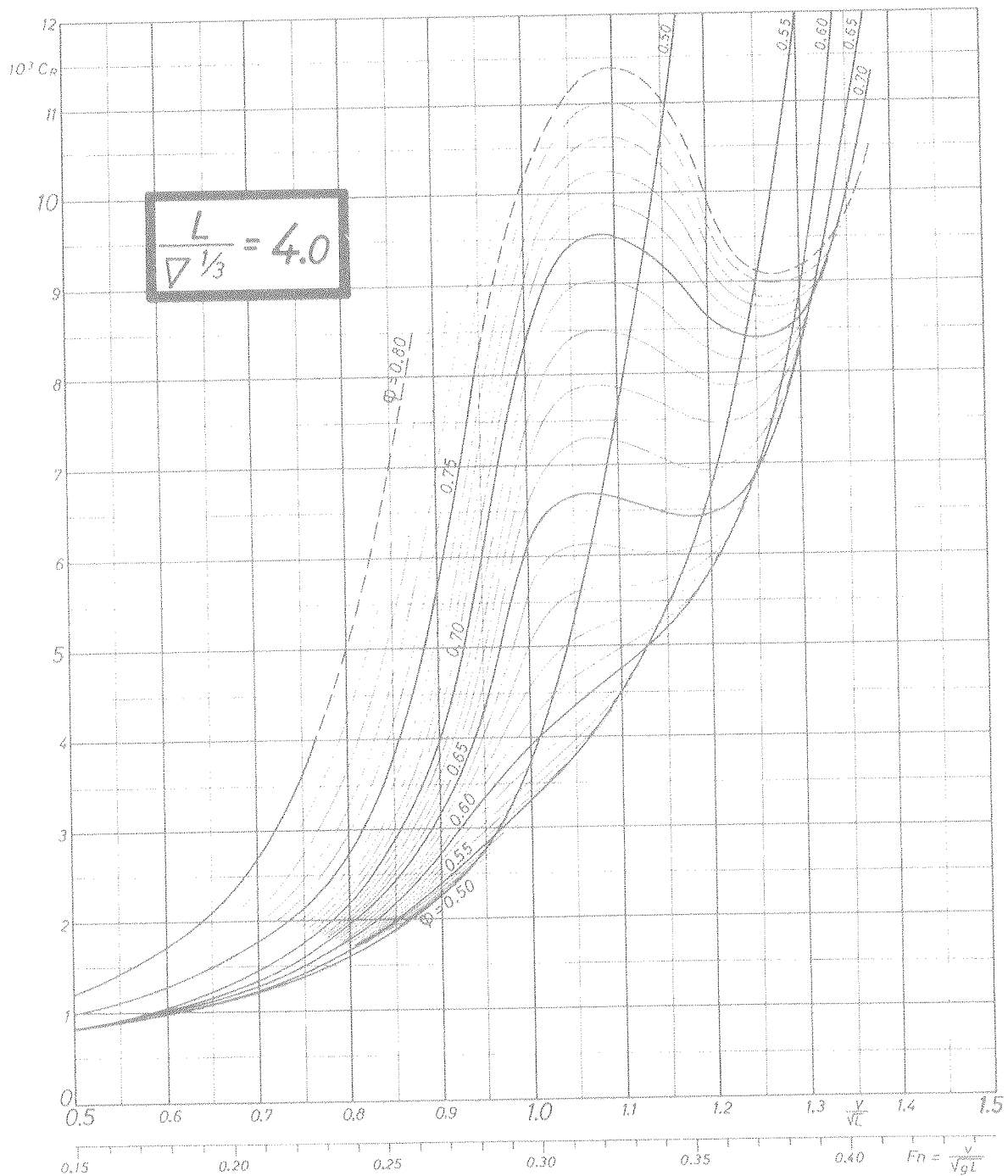


FIG. 2. Residual-resistance coefficient versus speed-length ratio for different values of longitudinal prismatic coefficient $L/\Delta^{1/3} = 4.0$.
NOTE: For reading, a metric scale 1:25 may be used.

Mynd 8: Öldumyndunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/\Delta^{1/3} = 4.0$.

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Öldumyndunar-mótstöðustuðull

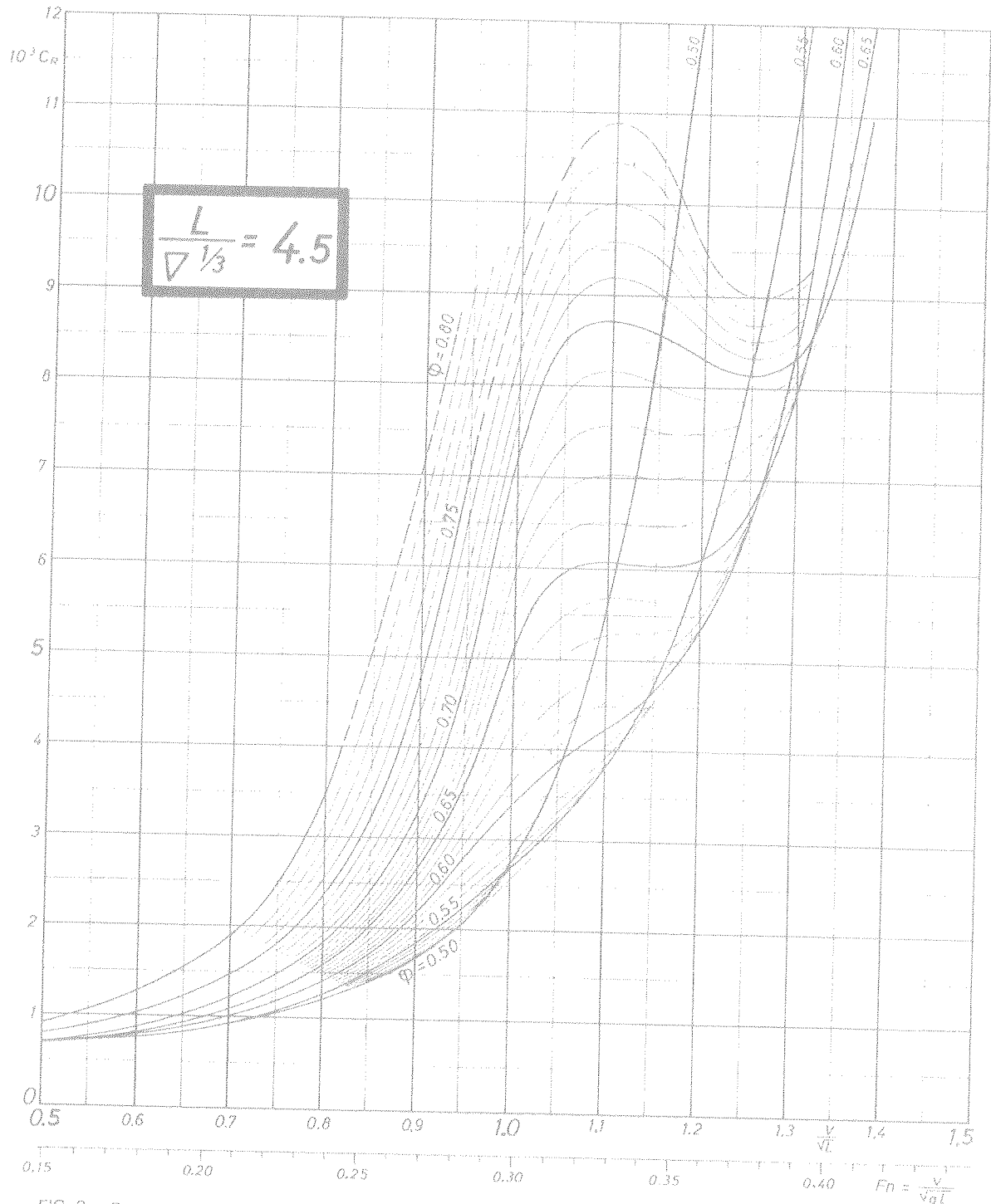


FIG. 3. Residual-resistance coefficient versus speed-length ratio for different values of longitudinal prismatic coefficient $L/\nabla^{1/3} = 4.5$.
NOTE: For reading a metric scale 1/125 may be used.

Mynd 9: Öldumyndunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/\nabla^{1/3}=4,5$.

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Öldumyndunar-mótstöðustuðull

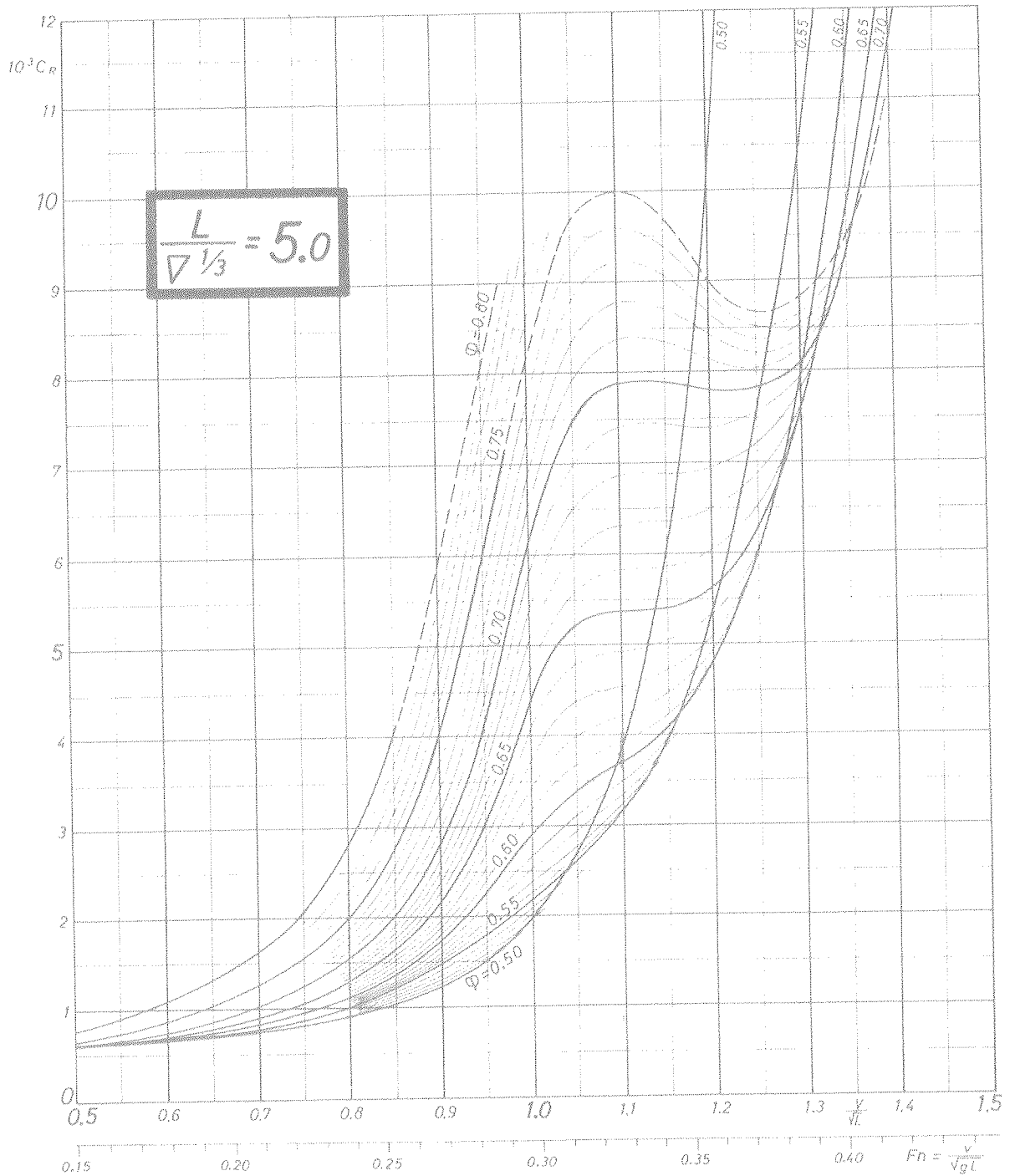


FIG. 4. Residual-resistance coefficient versus speed length ratio for different values of longitudinal prismatic coefficient $L/V^{1/3} = 5.0$.

NOTE For reading, a metric scale 1:125 may be used

Mynd 10: Öldumyndunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/V^{1/3} = 5.0$.

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Öldumyndunar-mótstöðustuðull

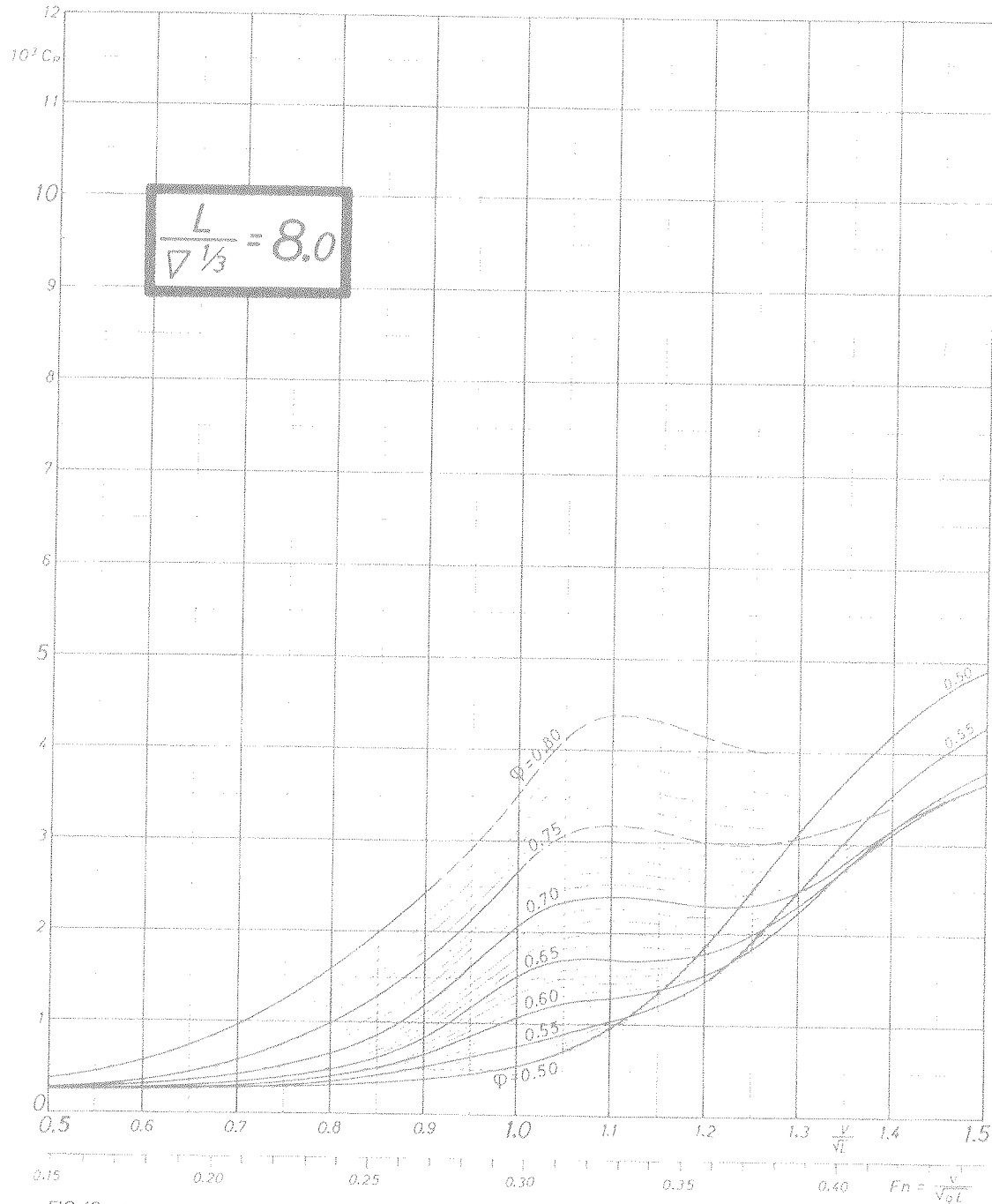


FIG. 10. Residual-resistance coefficient versus speed-length ratio for different values of longitudinal prismatic coefficient Φ , $\nabla^{1/3} = 8.0$.
NOTE: For reading, a metric scale 1:25 may be used.

Mynd 11: Öldumyndunar-mótstöðustuðull fyrir grannleikastuðul $L/\nabla^{1/3} = 8,0$.

1.4 Öldumyndunarmótstaðan

Stærðargráðan

Dæmi 3: Reikna skal út öldumyndunarmótstöðu skips (R_R) sem hefur lengdina (L) 60 m, særými (Δ) 2065 tonn, rýmdarstuðul $\delta = 0,65$, miðbandsstuðul $\beta = 0,87$, skrokkyfirborð neðan sjólinu (S) 1000 m², og siglir á (V) 14 hn hraða.

Grunnstærðir reiknaðar:

- Hraði $v = V \times 0,514 = 14 \times 0,514 = 7,20$ m/s
- Særýmisrúmfang $\nabla = \Delta/1,025 = 2065/1,025 = 2015$ m³
- Grannleikastuðull $L/\nabla^{1/3} = 60/2015^{1/3} = 4,75$
- Prismastuðull $\varphi = \delta/\beta = 0,65/0,87 = 0,75$
- Sjólinulengd í fetum $L' = 60/0,3048 = 196,85$ fet
- Hraða-/lengdarhlutfall $V/\sqrt{L} = 14/\sqrt{196,85} = 0,998 \approx 1,00$

Á bls. 15-18 er að finna hjálparlínurit sem gefa stuðulinn $10^3 C_R$ fyrir öldumyndunarmótstöðu, byggt á grannleikastuðlinum $L/\nabla^{1/3}$, prismastuðlinum $\varphi = \delta/\beta$, og hraða-/lengdarhlutfallinu V/\sqrt{L} .

- Farið inn á línurit fyrir $L/\nabla^{1/3}=4,5$ (bls. 16) með gildið $V/\sqrt{L}=1,00$ á lárétta ásnum og staðnæmst á ferli fyrir $\varphi = 0,75$, og dregin lárétt lína að lóðrétta ásnum og lesið gildið:

$$10^3 C_R = 9,20$$

- Farið inn á línurit fyrir $L/\nabla^{1/3}=5,0$ (bls. 17) með gildið $V/\sqrt{L}=1,00$ á lárétta ásnum og staðnæmst á ferli fyrir $\varphi = 0,75$, og dregin lárétt lína að lóðrétta ásnum og lesið gildið:

$$10^3 C_R = 8,10$$

- Grannleikastuðullinn fyrir skipið í dæmi 3 er $L/\nabla^{1/3}=4,75$. Með því að beita hlutfallsútreikningi (interpólara) fæst gildið:

$$10^3 C_R = 8,65$$

Öldumyndunarmótstöðuna er nú hægt að reikna skv. formúlu á bls. 13, þ.e.: $R_R = C_R \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$ kg

$$R_R = 8,65 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 104,5 \cdot 1000 \cdot 7,20^2 = 23429 \text{ kg}$$

1.5 Önnur vatnsmótstaða

Almennt

* Fyrir utan þá vatnsmótstöðu sem að framan greinir getur skapast mótstaða af öðrum toga. Þar má nefna ýmsar ójöfnur (skipshluta), sem víkja frá hinu fræðilega (mjúka) skrokkformi og geta valdið aukinni mótstöðu. Þar er um að ræða:

- Stýri
- Veltibretti
- Stefnisrör
- Öxulstífur
- Hliðarskrúfugöng

* Þannig er í sumum tilvikum bætt við örfáum prósentum við öldumyndunarmótstöðuna.

* Oft er reiknað með mótstöðuauka vegna stýringar skips, en aukin mótstaða fæst ef beita þarf stýri frá 0-stöðu.

* Hrjúfleiki yfirborðs skapar ákveðna mótstöðu og er algengt að reikna með ákveðnum viðauka við núningismótstöðuna sökum hrjúfleika yfirborðsins.

* Þá er ótalin sú mótstaða sem skapast í rekstri skipa vegna gróðurmyndunar á bol og skrúfu, svo og vegna tæringar. Það er ekki vettvangur hér að fjalla um hana (sjá síðar).

1.6 Loft- og vindmótstaða

Loftmótstaða

* Skip sem siglir á lygnum sjó og í logni verður fyrir mótstöðu vegna hreyfingar skrokks og yfirbyggingar ofan sjólinu í gegnum loftið. Mótstaðan er háð skipshraða, flatarmáli og lögunar þess sem upp úr stendur.

* Þegar vindur blæs þá er mótstaðan einnig háð vindhraða og vindátt. Til viðbótar þá yfir vindurinn upp öldur sem geta valdið enn frekari mótstöðu.

* Stærstur hluti viðnáms yfirbygginga er vegna hringiðu og breytist því með 2. veldi af hraða.

* Fyrir skip sem hreyfist í logni þá má skrifa loftmótstöðuna sem:

$$R_{AA} = \text{stuðull} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot A_p \cdot V^2, \text{ þar sem}$$

A_p = þverskips ofanvarpað flatarmál skrokks yfir sjólinu

V = hraði skips

σ = massapéttleiki lofts

Stuðullinn hefur gildi sem er háð lögun skrokks og yfirbygginga.

* Taylor flotaforingi setti fram að ganga mætti út frá að loftmótstaða hefðbundins skips í mótvindi væri jöfn *flatrí plötu*, hornrétt á hreyfingarstefnuna, sem hefði breiddina B jafnt og breidd skips, og hæð jafnt og $B/2$. Út frá tilraunum í lofti, leiddi hann út mótstöðustuðul sem var 1,28, þannig að:

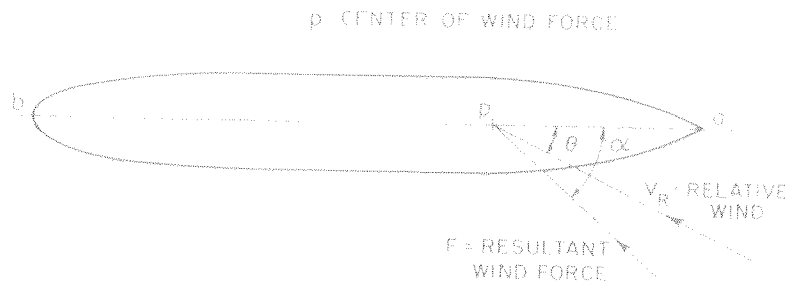
$$\begin{aligned} R_{AA} &= 1,28 \cdot \frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot A_p \cdot V^2 \\ &= 1,28 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,00238 \cdot \frac{1}{2} B^2 \cdot V_R^2 \\ &= 0,00152 \cdot \frac{1}{2} B^2 \cdot V_R^2 \end{aligned}$$

þar sem V_R er „sýndar“ vindhraðinn, þ.e. vindhraði miðað við skip (fet á sek), B (fet), og R_{AA} (lbs). Í logni, $V_R=V$.

1.6 Loft- og vindmótstaða

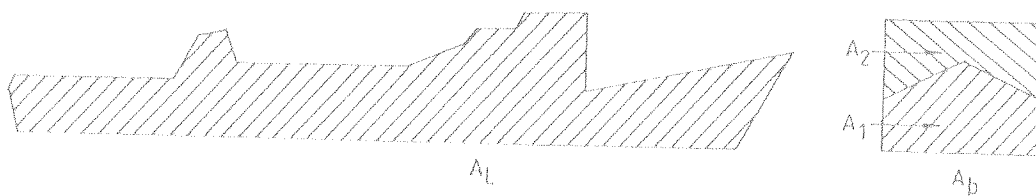
Vindmótstaða

* Viðamiklar rannsóknir voru gerðar á mótstöðu yfirbygginga skipa af Hughes. Líkön voru gerð af skipsskrokkum yfir sjólinu og yfirbyggingunum, sem voru dregin fram og tilbaka í vatni á mismunandi hröðum og við mismunandi horn til að líkja eftir mismunandi afstæðum vindstyrkleika og vindstefnum. Hinn afstæði líkti vindhraði, V_R , var ákvarðaður (sjá mynd 12), og heildar krafturinn, F , sem verkaði á líkanið var mældur, ásamt stefnu hans og átakspunkti.



Mynd 12: Skematísk mynd af vindkrafti.

* Fyrir vind þvert, mestallt flatarmálið, bæði skrokkhluti og yfirbygging, er þvert á vindinn, og hefur sama viðnámsgildið, þannig að virkt flatarmál er nákvæmlega jafnt og ofanvarpaða flatarmálið langskip, A_L (mynd 13). Fyrir vind á móti, þá hefur skrokkhluti undir veðurþilfari miklu lægri viðnámsstuðul heldur en framhlið yfirbyggingar. Hughes fann eftirfarandi hlutföll viðnámsstuðla (skrokkstuðull/yfirbyggingastuðull) 0,31, 0,27 og 0,26, fyrir gerðirnar tankskip, flutningaskip og farþegaskip. Sem hagnýtt gildi við útreikninga á „jafngildu flatarmáli“ má finna það með því að bæta við 0,3 af ofanvörpuðu flatarmáli skrokks við ofanvarpað flatarmál yfirbygginga, og fá þverskips flatarmálið A_p (mynd 13).



Mynd 13: Flatarmál í vindútreikningum.

1.6 Loft- og vindmótstaða

Vindmótstaða

* Samkvæmt þekktum formúlum sem taka mið af flatarmáli ofanvörpuðu langskips og þverskips (sjá mynd 13), vindhraða í öðru veldi, massaþéttleika lofts og reynslustuðli, er unnt að reikna út vindkraftinn. Inn í líkinguna koma einnig þau horn sem raunverulegur vindur myndar við skipsstefnu, svo og vindkraftur. Eftirfarandi líking gildir:

$$F = k \cdot \sigma \cdot V_R^2 \cdot (A_L \cdot \sin^2\theta + A_P \cdot \cos^2\theta) \cdot f / \cos(\alpha \mp \theta)$$

þar sem:

F = Vindkraftur í kg

k = Reynslustuðull = 0,6

σ = Massaþéttleiki lofts = $0,13 \text{ kgm}^{-4}\text{s}^2$

V_R = Vindhraði miðað við skip í hnútum

A_L = Langskipsflatarmál (ofanvarpað) í m^2

A_P = Þverskipsflatarmál (ofanvarpað) í m^2

θ = Horn raunverulegrar vindstefnu við skipsstefnu í °

f = Umreikningsstuðull = 0,26

α = Horn vindkrafts við skipsstefnu

Vindflatarmál:

Þverskips ofanvarpað flatarmál (sjá mynd 13) gerir mun á skrokk og yfirbyggingum á eftirfarandi hátt:

$$A_P = 0,3 \cdot A_1 + A_2$$

þar sem:

A_1 = Ofanvarpað flatarmál skrokks

A_2 = Ofanvarpað flatarmál yfirbygginga

Raunverulegur vindhraði: Summa vektora, skipshraði (V_S) og sannur vindhraði (V_T) gefur vektor fyrir raunverulegan vindhraða (V_R).



Mynd 14: Samlagning hraðapátta í vindútreikningum.

Vindmótstaða á framdrifsstefnu skipsins fæst samkvæmt líkingunni:

$$R_V = F \cdot \cos\alpha$$

Og mesta vindmótstaða á sér stað almennt við horn vinds um 30° .

1.7 Heildarmótstaða

Útreikningar

* Með því að leggja saman hina mismunandi mótstöðuþætti fæst heildarmótstaða skipsins (R_t) við breytilegan hraða (V). Form til að reikna út mótstöðu má sjá á mynd 15, þar sem annars vegar er að finna grunnstærðir skips (aðalmál og stuðlar), sem fastar stærðir sem koma inn í útreikninga, og hins vegar töflu með mismunandi dálkum fyrir innsetningu og útreikninga. Formúlan fyrir dráttarmótstöðu er þessi:

$$R_t = C_T \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad (\rho = \text{eðlismassi sjávar, } C_T = \text{heildarmótstöðustuðull; annað skilgreint).}$$

og fyrir dráttarafl:

$$P_e = \frac{R_t \cdot v}{75} \quad \text{hö}$$

SAMPLE FORM FOR THE CALCULATION OF RESISTIVE COMPONENTS

Dimensions				Coefficients, etc.			
Length betw. Perpendiculars	ft	m		Breadth-Depth ratio	$\frac{B}{D}$		
Waterline length	ft	m		Block Coefficient	C_b		
∇	ft ³	m ³		Trimming Coefficient	C_t		
Resarch	ft	m		Longitudinal-inertia coefficient	C_L		
Draft	ft	m		Length-Draft Ratio	$\frac{L}{D}$		
Displacement	ft ³	m ³					
Volume	ft ³	m ³					
∇							
Ported Surface	ft ²	m ²		Longitudinal pos. of Centre of Buoyancy			
$\int x^2 dA$... per cent of L aft of x (100%)			
Wetted Surf. (app. incl.)	ft ²	m ²		$MLR = \frac{ML}{\nabla}$ actual - 100 standard			
S_w				Shape of Section (100% Forward)			
$\frac{S_w}{\nabla}$				Date of Row			

Column	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Speed	V														
Source															
Unit	ft	m													

Note: The figures in () indicate the formula numbers in the text. Columns 10-15 are intended to be used for supplementary resistance calculations for air, steering, etc. In a preliminary estimate the calculations in columns 9-11 and 13-15 may be wholly or partly omitted.

1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
V	10 ⁻⁶ Rn	10 ⁻⁶ Rn	10 ⁻⁶ Rn	10 ⁻⁶ Rn	10 ⁻⁶ Rn					10 ⁻⁶ C _T	R _t
SS											

Mynd 15: Töfluform til að reikna út dráttarmótstöðu og -afl skips.

1.7 Heildarmótstaða

Útreikningar

Dæmi 4: Reikna skal út heildarmótstöðu skips (R_T) miðað við upplýsingar í dæmum 2 og 3 um mótstöðustuðla, þ.e. $C_F=1,74 \times 10^{-3}$ og $C_R=8,65 \times 10^{-3}$, svo og upplýsingar um skrokkyfirborð neðan sjólinu (S) 1000 m^2 og skipshraða $V=14 \text{ hn}$. Jafnframt skal reiknað með að önnur mótstaða hafi mótstöðustuðulinn $C_S=1,00 \times 10^{-3}$.

* Heildar mótstöðustuðull (C_T) fæst skv. formúlunni:

$$C_T = C_F + C_R + C_S = (1,74 + 8,65 + 1,00) \times 10^{-3} = 11,39 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

og dráttarmótstaðan

$$R_T = C_T \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$$

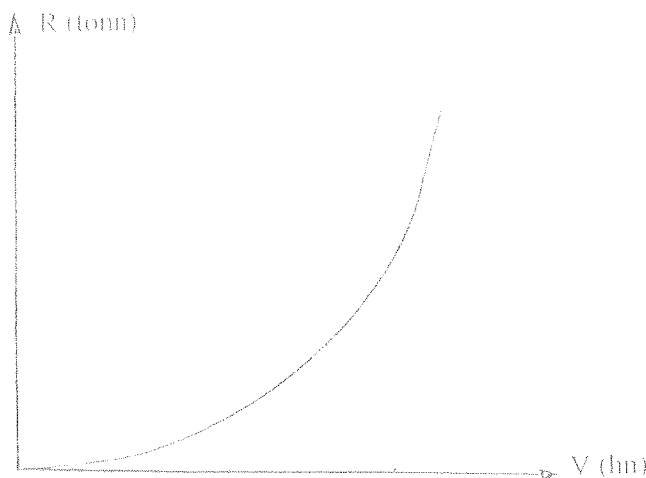
$$R_T = 11,39 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 104,5 \cdot 1000 \cdot 7,20^2 = 30851 \text{ kg} \\ \text{eða } 30,85 \text{ tonn}$$

og fyrir dráttarafl:

$$P_e = \frac{R_t \cdot v}{75} \text{ hö}$$

$$P_e = \frac{30851 \cdot 7,20}{75} = 2962 \text{ hö}$$

* Útreikningar sem þessir eru endurteknir fyrir nokkra hraða þannig að unnt sé að teikna mótstöðuferil (mynd 16) eða dráttaraflsferil sem fall af skipshraða.



Mynd 16: Mótstöðuferill skips, tonn mótstaða sem falla af hraða í hnútum.

1.7 Heildarmótstaða

Nánari skoðun

Nánari skoðun á stuðlinum $10^3 C_R$:

* Ef línurit fyrir $10^3 C_R$ eru skoðuð (sjá myndir 8-11, bls. 15-18) sést að með vaxandi V/\sqrt{L} er $10^3 C_R$ vaxandi; með hækkandi φ -gildi, eða meiri kassalöguð skip, þá hækkar $10^3 C_R$; með hækkandi hlutfalli $L/\nabla^{1/3}$ þá lækkar $10^3 C_R$. Hið síðastnefnda er í reynd svonefndur “grannleikastuðull skips”, þ.e. tiltölulega löng skip eru betur fallin til gangs.

Hlutfallið V/\sqrt{L} :

* Hlutfallið V/\sqrt{L} segir talsvert um kjörhraða skips, eða æskilegan hönnunarhraða. Sjá má af línuritum (bls. 15-18) að þegar þetta hlutfall fer að nálgast 1,0 fæst almennt umtalsverð aukning í stuðlinum $10^3 C_R$, og þar með heildarmótstöðunni. Þetta er í nánú samhengi við það að síðasta mílan sé dýr.

Sýnishorn af æskilegum kjörhraða:

* Ef gengið er út frá að kjörhraði (hámarks ganghraði við fullt afl) tæki mið af hlutfallinu $V/\sqrt{L} = 1,0$, sem viðmiðun, fengist sem dæmi eftirfarandi hraði fyrir nokkrar viðmiðunarlengdir skipa.

<i>Lengd</i>	<i>\sqrt{Lengd}</i>	<i>Hraði = $1,0 \times \sqrt{Lengd}$</i>
28 m (91,9 fet)	9,6	9,6 hn
40 m (131,2 fet)	11,5	11,5 hn
55 m (180,5 fet)	13,4	13,4 hn
70 m (229,7 fet)	15,2	15,2 hn

* Tölur þessar gefa nokkra hugmynd um hvað gæti talist eðlilegur viðmiðunarhraði sem dæmi fiskiskipa: Sem dæmi: 28 m hefðbundinn bátur með tæplega 10 hnúta ganghraða; 40 m skuttogari af minni gerð með um 11,5 hnúta hraða; 70 m nótaveiðiskip með um 15 hnúta hraða; o.s.frv.

1.8 Líkantilraunir

Sögulegt

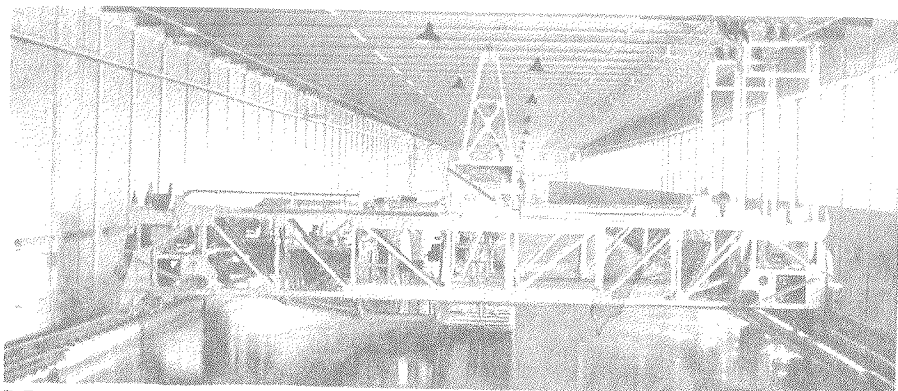
* Líkantilraunir með skip standa á gömlum merg. Staðfest er að Leonardo da Vinci (1452-1519) gerði tilraunir á þremur skipslíkönnum sem höfðu mismunandi fram-aftur dreifingu á særými. Næsta þekktu tilfallið eru tilraunir sem gerðar voru af Samuel Fortrey (1622-1681), sem notaði lítil trélikön sem dregin voru í tanki með fallandi lóðum. Benjamin Franklin hefur sennilega verið fyrsti Ameríkaninn til að gera líkantilraunir, árið 1764, til að sannreyna athuganir sem hann hafði gert í Hollandi um að mótstaða ykist á grunnu vatni.

* William Froude gerði fyrstu líkantilraunir sínar árið 1863 í stórum regnvatnstanki og notaði samskonar drátarbúnað og áður þekktist. Hann komst fljótt að raun um þær takmarkanir sem tankurinn hafði og sneri sér til breska hersins 1868 um stuðning við smíði stærri tanks. Árið 1871 var slíkur tilraunageymir smíðaður nálægt heimili hans í Torquay, tankur sem var 278 feta langur, 36 feta breiður og 10 feta djúpur í miðlínu. Tilraunageymirinn var útbúinn vélrænum drátarbúnaði í stað “falllóðabúnaðar”, og með hliðsjón af slíkum búnaði og sökum stærðar tanksins má líta á hann sem fyrirmynd þess sem síðar varð og notað er í dag. Á þessum tíma var Froude 61 árs og hafði sett fram samanburðarlögmál sitt árið 1868, og sýnt hvernig yfirfæra mætti tilraunir með líkön yfir á skip í fullri stærð.

1.8 Líkantilraunir

Tilraunageymar

- * Í tilraunageymum fyrir skipslíkön eru gerðar tilraunir af margvíslegum toga. Þær algengustu eru mótstöðuprófanir (dráttarprófanir), þar sem líkanið er tengt sérstökum vagni með mælibúnaði, og mótstaða við breytilegan hraða mæld.
- * Mótstöðuprófanir eru bæði gerðar við lygnar aðstæður og í öldum. Prófanir í öldum tengjast einnig sjóhæfni skips. Þá eru framdrifsprófanir gerðar með skrúfu á líkaninu.
- * Tilraunageymar þekkjast einnig sem gegnumstreymisgeymar, þ.e. líkanið er kyrrt en vatnið streymir á tilteknum völdum hraða. Slíkir geymar hafa einkum verið notaðir í líkantilraunum með veiðarfæri.
- * Líkön verða að vera með nákvæma „toleransa“, línur og yfirborð nákvæmlega unnið og líkanið með rétt særýmisrúmfang og legu. Stærra líkan þeim mun nákvæmar er það og stærri mótstöðukraftar mælast, hvorutveggja leiðir til aukinnar nákvæmni á mælingu á mótstöðu.
- * Stærð líkans er þó háð takmörkunum. Stærra líkan verður ómeðfærilegra og umfangsmeiri búnaður til að meðhöndla það og mæla kraftana. Of stórt líkan miðað við tilraunageyminn þýðir áhrif frá veggjum og botni, sem leiða til aukinnar mótstöðu.
- * Gefnar hafa verið út leiðbeiningar um hlutfallslega stærð líkans. Það ætti ekki að hafa meiri lengd en svarar til vatnsdýpis í geymi og hálftrar breiddar geymis. Þversnið miðbands ætti ekki að vera meira en 1/200 af þversniði geymis til að forðast áhrif bakflæðis vatns umhverfis líkan.



Mynd 17: Dráttartilraunageymir fyrir skipslíkön.

1.8 Líkantilraunir

Sambönd líkan/skip

Ef línulegt samband milli skips og líkans (líkanhlutfall) er λ , þá gilda eftirfarandi sambönd:

$$L_S = \lambda \cdot L_L \Rightarrow \lambda = L_S / L_L$$

$$S_S = \lambda^2 \cdot S_L \Rightarrow \lambda^2 = S_S / S_L$$

$$\nabla_S = \lambda^3 \cdot \nabla_L \Rightarrow \lambda^3 = \nabla_S / \nabla_L$$

$$\Delta_S = \lambda^3 \cdot \Delta_L \Rightarrow \lambda^3 = \Delta_S / \Delta_L \quad (\text{gengið út frá sömu eðlisþyngd vatns})$$

$$V_S = \lambda^{1/2} \cdot V_L \Rightarrow \lambda^{1/2} = V_S / V_L$$

$$R_{RS} = \lambda^3 \cdot R_{RL} \Rightarrow \lambda^3 = R_{RS} / R_{RL} \quad (\text{fyrir sambærilega hraða})$$

Þar sem:

L_S = lengd skips (m)

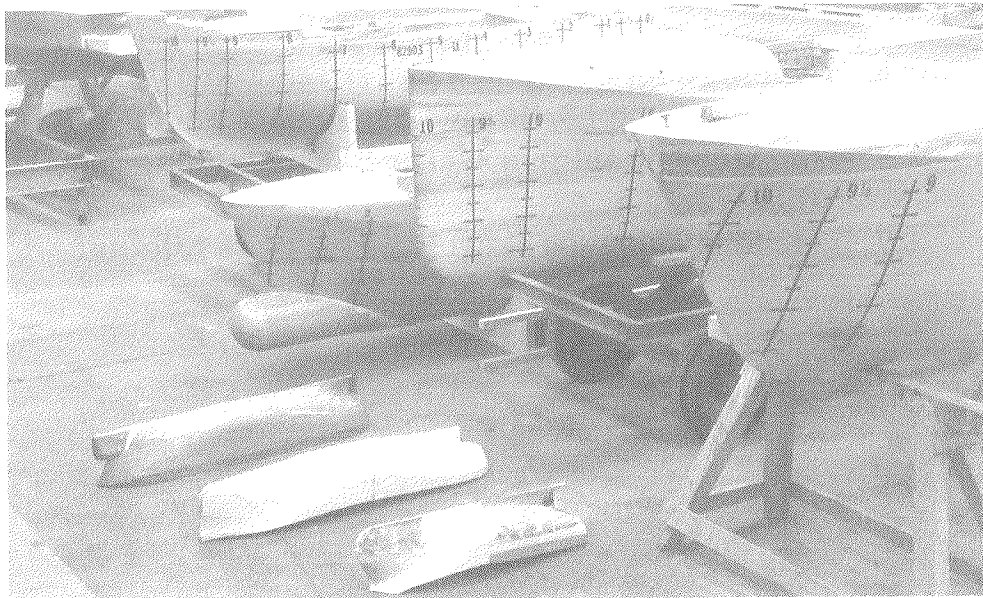
S_S = yfirborðsflatarmál skips (m^2)

∇_S = særymisrúmmál skips (m^3)

Δ_S = þyngd skips (t)

R_{RS} = öldumyndunarmótstaða skips (kg)

$L_L, S_L, \nabla_L, \Delta_L, R_{RL}$ sambærilegar stærðir fyrir líkan



Mynd 18: Fiskiskipalíkön, sem prófuð voru í danska skipatilraunageyminum í Lyngby í tengslum við „Nordforsk“-orkusparnaðarverkefnið 1981-84.

1.8 Líkantilraunir

Líkantilraun yfirfærð á skip

Til að yfirfæra niðurstöður líkantilrauna yfir á skip, setti Froude fram eftirfarandi aðferð, sem er byggð á jöfnunni

$$C_T = C_R + C_F$$

og sem er í megin dráttum þessi:

1. Líkan er útbúið í líkanhlutfallinu λ og siglt á hraðasviði fyrir sambærilega hraða þannig að $V_S/\sqrt{L_S} = V_L/\sqrt{L_L}$.
2. Heildar mótstaða líkans er mæld, jafnt og R_{TL} .
3. Núningsmótstaða líkans R_{FL} er reiknuð út, gengið út frá að mótstaðan sé samsvarandi flötum og sléttum planka af sömu lengd og með sama yfirborð og líkanið.
4. Öldumyndunarmótstaða (residuary-) fyrir líkan er fundin með frádrætti:

$$R_{RL} = R_{TL} - R_{FL}$$

5. Öldumyndunarmótstaða skips R_{RS} er reiknuð út með því að beita samanburðarlögmálinu:

$$R_{RS} = \lambda^3 \cdot R_{RL}$$

Þetta á við skip við sambærilega hraða skv. jöfnunni:

$$V_S = \lambda^{1/2} \cdot V_L$$

6. Núningsmótstaða skips R_{FS} er reiknuð út á sama grundvelli og í 3. lið með því að nota núningsmótstöðustuðul sem svarar til lengdar skips og tilheyrandi hraða.
7. Heildar mótstaða skips R_{TS} fæst þá skv. jöfnunni:

$$R_{TS} = R_{FS} + R_{RS}$$

1.8 Líkantilraunir

Útreikningar

Dæmi 5: Reikna skal út heildarmótstöðu skips (R_T) miðað við skip, skv. upplýsingum í dæmum 2 og 3 ($L_S=60$ m (196,85 fet), $S_S=1000$ m², $\Delta_S=2065$ tonn, $V_S=14$ hn), byggt á líkanprófun með líkanhlutfallið $\lambda=25$, og mæld heildarmótstaða líkans við „sambærilegan“ hraða er 2,152 kg. Gert er ráð fyrir líkanprófun í söltu vatni. Hver er heildarmótstaða skips?

1. Líkan er útbúið í líkanhlutfallinu $\lambda=25$ og siglt á hraðasviði fyrir sambærilega hraða þannig að $V_S/\sqrt{L_S}=V_L/\sqrt{L_L}$, eða $V_L=V_S/\sqrt{L_S/L_L}=V_S/\sqrt{\lambda}$

$$L_L=L_S/\lambda=60/25=2,4 \text{ m og } V_L=V_S/\sqrt{\lambda}=14/\sqrt{25}=2,8 \text{ hn} \\ (1,439 \text{ m/s) og } S_L=S_S/\lambda^2=1000/25^2=1,6 \text{ m}^2$$

2. Heildar mótstaða líkans er mæld, eða $R_{TL}=2,152$ kg
3. Núningsmótstaða líkans R_{FL} er reiknuð út (sjá hliðstæða útreikninga á bls. 10):

$$R_n = \frac{v \cdot L}{v} = \frac{1,439 \cdot 2,8}{1,19 \times 10^{-6}} = 3,386 \times 10^6$$

$$C_{FL} = 0,075 / (\log(3,386 \times 10^6) - 2)^2 = 3,77 \times 10^{-3}$$

$$R_{FL} = C_{FL} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_L \cdot v_L^2 \text{ kg}$$

$$R_{FL} = 3,77 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 104,5 \cdot 1,6 \cdot 1,439^2 = 0,653 \text{ kg}$$

4. Öldumyndunarmótstaða (residuary-) fyrir líkan er fundin með frádrætti:

$$R_{RL} = R_{TL} - R_{FL}$$

$$R_{RL} = 2,152 - 0,653 = 1,499 \text{ kg}$$

5. Öldumyndunarmótstaða skips R_{RS} er reiknuð út með því að beita samanburðarlögmálinu:

$$R_{RS} = \lambda^3 \cdot R_{RL} = 25^3 \cdot 1,499 = 23422 \text{ kg}$$

Þetta á við skip við sambærilega hraða ($V_S = \lambda^{1/2} \cdot V_L$).

6. Núningsmótstaða skips R_{FS} er reiknuð út á sama grundvelli og í 3. lið (sjá bls. 10).

$$R_n = 3,63 \cdot 10^8 \text{ og } C_{FS} = 1,74 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow R_{FS} = 4713 \text{ kg}$$

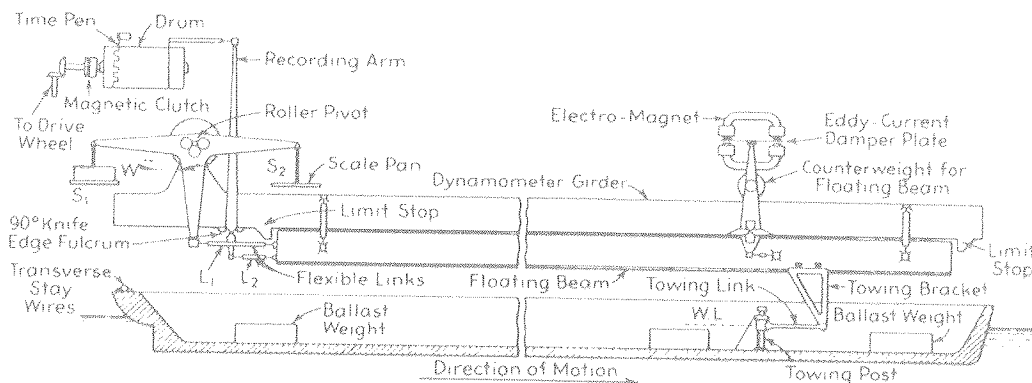
7. Heildar mótstaða skips R_{TS} fæst þá skv. jöfnunni:

$$R_{TS} = R_{FS} + R_{RS} = 4713 + 23422 = 28135 \text{ kg}$$

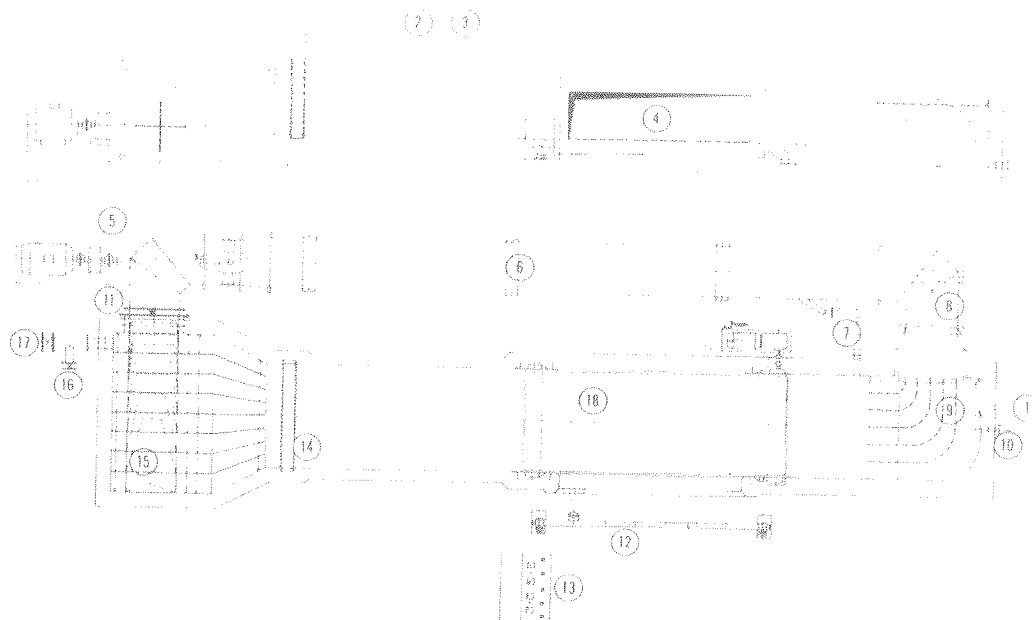
1.8 Líkantilraunir

Tæknileg útfærsla

* Myndir 19 og 20 sýna annars vegar festi- og mælibúnað fyrir dráttartank og hins vegar gegnumstreymistank fyrir veiðarfæratilraunir.



Mynd 19: Skematísk mynd sem sýnir fyrirkomulag festi- og mælibúnaðar í dráttargeymi.



Mynd 6. Tilraunageymið í Lorient.

- | | |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. Mesta breidd 7,5 m | 10. Tæmiloki |
| 2. Mestu lengd 24,5 m | 11. Útbúnaður til að minka
hvírfilstrauma |
| 3. Lengd geyms 22,0 m | 12. Ljósútbúnaður |
| 4. Gluggi, stöð 4,5 x 1,2 m | 13. Stjórnborð |
| 5. Dælusamstæða, vatnsaflkóst
0,7 — 4 m ³ /sek. | 14. Stráumjafnari |
| 6. Vatnsstokkur | 15. Leiðiplötur |
| 7. Hreinsibúnaður fyrir vatni | 16. Áfjalliloki |
| 8. Beygja með leiðsköflum | 17. Tæmiloki |
| 9. Leiðiplötur | 18. Færirband |

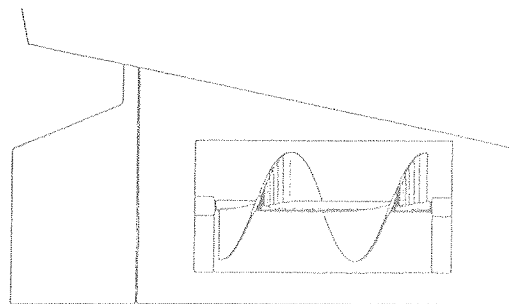
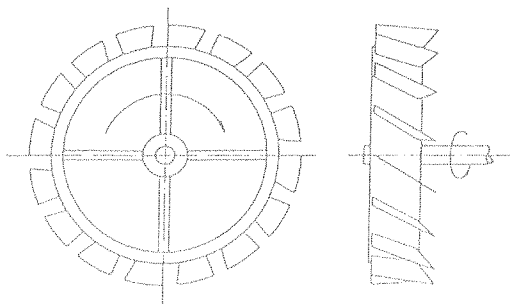
Mynd 20: Skýringarmynd fyrir gegnumstreymisgeymi (veiðarfæri).

1.9 Skrufufræðin

Sögulegt

* Fyrsta tillaga um notkun framdrifsskrúfu virðist hafa komið fram í Englandi, sett fram af Hook árið 1680. D. Bernoulli fékk verðlaun frönsku vísindaakademíunnar árið 1752 fyrir hönnun á hjóli með litlum spöðum, sem staðsettir voru í hallandi stöðu á pílárum hjólsins. Hönnun J. Bramah (1785), sjá mynd 21, var aðeins reynd á líkani, en eins og margar uppfinningar síðari tíma, var hún aldrei notuð.

* Fyrsta raunhæfa tilraunin er eignuð J. C. Stevens í New York, er honum tókst árið 1804 að knýja lítinn bát áfram með tveimur 4ra blaða skrúfum.



Mynd 21: Hönnun J. Bramah (1785).

Mynd 22: Hönnun J. Ressel (1812).

* Árið 1812 fékk Josef Ressel einkaleyfi á skrúfu, sem var einskona snigill með $1\frac{1}{2}$ vinding (sjá mynd 22). Ressel kom þessari skrúfu fyrir í opi milli stýris og afturstefnis á gufuskipinu *Civetta* og gerði prófanir árið 1829, en vélarbilun olli því að tilraunin stóð ekki lengi.

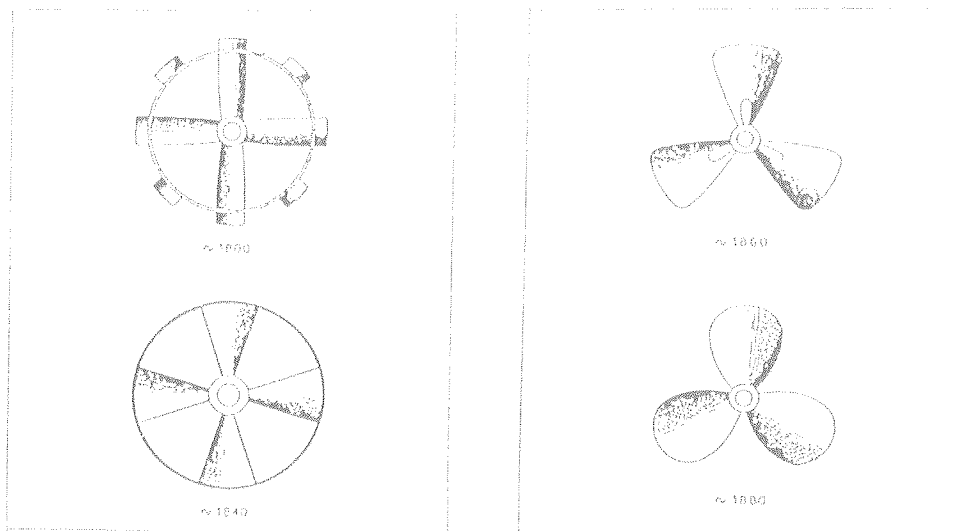
* Árið 1836, en þá tókst Englendingnum F. P. Smith að knýja 6 tonna bát með 6 hestafla gufuvél og tréskrúfu af sömu gerð og skrúfa Ressel, en með tvo heila vindinga. Óhapp olli því að skrúfan brotnaði í einni tilraunarsiglingunni, en niðurstöður sýndu umtalsverða aukningu í ganghraða. Eftir þetta óhapp beindist athygli hans að kostum þess að hafa minna blaðflatarmál, og frá og með þeim tíma hannaði hann skrúfur með fleiri en styttri vindinga. Eftir margar tilraunir með stærri skip ákvað breski herinn árið 1845 að nota þessa gerð og eftir það voru herskip eingöngu knúin með skrúfum.

1.9 Skrufufræðin

Sögulegt

* Á sama tíma og Smith fékk einkaleyfi sitt fékk Svíinn Ericson einkaleyfi á skrúfu af ólíkri gerð, sem samanstóð af tveimur hjólum, hvort aftur af öðru, sem snerust í gagnstæðar áttir. Þessi útfærsla var með spaða, sem festir voru innan í hringgjörð, sem borin var uppi af þremur blaðlaga pílárum. Í síðari útfærslum var aftara hjólinu sleppt og spöðunum fækkað. Þessi skrúfuútfærsla Ericson átti litlu gengi að fagna í Englandi, en síðar náði hún mikilli útbreiðslu í Ameríku.

* Eftir 1860 var lögun skrufublaðanna stöðugt bætt, þar til árið 1880 að Thornycroft smíðaði skrúfu í höfuðatriðum af þeirri gerð, sem notuð hefur verið allt fram að þessu.



Mynd 23: Nokkur þróunarstig skipskrúfunnar.

1.9 Skrufufræðin

Kennisetningar

- * Hinar eldri kennisetningar í skrufufræði, settar fram á síðustu áratugum nítjándu aldar, voru annars vegar:
 - Skriðþunga-kennisetningin (momentum theory)
 - Blaðagna-kennisetningin (blade element theory).
- * Í þeirri fyrri var tilvist *spyrnu* (thrust) útskýrð eingöngu með breytingu á skriðþunga í vökvanum.
- * Í þeirri síðarnefndu fékkst *spyrnan* með því að aðgreina kraftana sem virka á mismunandi sneiðar blaðsins og heilda síðan þessa krafta yfir skrufuradíusinn.
- * Nýrri tíma kennisetningar við skrufuhönnun eru byggðar á:
 - Iðustraums-kennisetningunni (vortex theory)
- * Iðustraums-kennisetningin sameinar góðu kostina úr hinum fyrri. Hún var upphaflega sett fram af F. W. Lanchaster í fræðiriti hans „*Arial Flight*”, útgefið árið 1907.

Líkantilraunir

- * Mikið af þekkingunni um hæfni og afköst skrufunnar hefur fengist með líkantilraunum. Til að rannsaka lögmálin sem stjórna hegðun þeirra eru módelsskrúfurnar keyrðar án þess að hafa nokkurn skrokk fyrir framan þær. Þessar aðstæður svara til þess sem kallast „open water” skilyrði.
- * Í dráttargeyminum er þetta gert þannig að skrufan snýst á löngum öxli vel fyrir framan mjóan „skrufubát”, sem inniheldur drifbúnað og mælibúnað og festur er við dráttarvagninn.
- * Skrufan sækir fram í ótruflað vatn, þannig að framsæknihraðinn v_A er þekktur og flæðið er eins yfir diskinn. Mælingar á skrufuspyrnu (T), öxulvægi (Q), snúningshraða (n) og hraða (v_A) eru gerðar stöðugt fyrir svið af síðastnefndu gildunum, þ.e. n og v_A .

1.9 Skrufufræðin

Líkantilraunir

* Hliðstætt og fyrir mótstöðuna má fá fram sambönd líkans og skips, og gilda eftirfarandi sambönd:

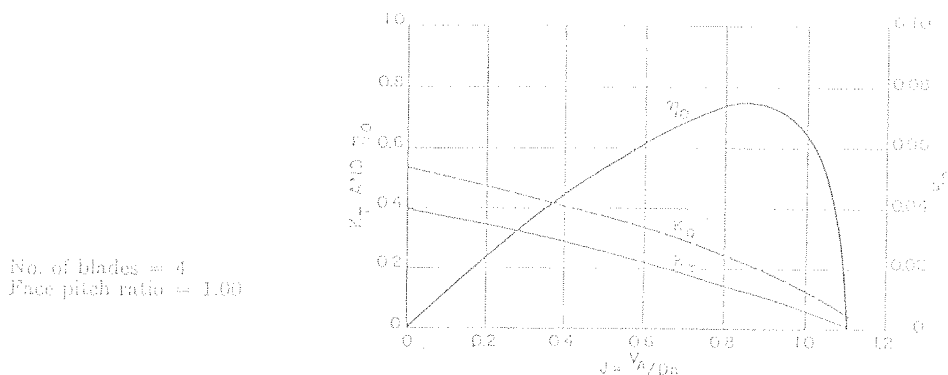
$$\begin{aligned} D_S &= \lambda \cdot D_L && \text{þar sem } D \text{ er skrufupvermálið (m),} \\ v_{AS} &= \lambda^{1/2} \cdot v_{AL} && v_A \text{ er framsæknihraðinn (m/sek),} \\ n_S &= n_L / \lambda^{1/2} && n \text{ er snúningshraði á sekúndu (S og L} \\ &&& \text{annars vegar skip og hins vegar líkan),} \\ &&& \text{og } \lambda \text{ líkanhlutfallið.} \end{aligned}$$

Við skilgreinum framsæknihlutfallið: $J = v_A/nD$, og skv. því sem sett er fram hér að framan má sýna fram á að $J_S = J_L$, þ.e. sama framsæknihlutfall fyrir skip og líkan.

Mæliniðurstöður fyrir módelsskrúfunna hér að framan er unnt að reikna út sem víddarlausu stuðla eins og k_T, k_Q sem fall af J , og við getum einnig fengið skrufunýtnina η_0 :

$$\begin{aligned} \text{Sþyrnustuðull} = k_T &= \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4} && \text{Vægisstuðull} = k_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5} \\ \text{og} &&& \\ \text{Skrufunýtni} = \eta_0 &= \frac{J \cdot k_T}{2\pi \cdot k_Q} \end{aligned}$$

Þessir stuðlar eru víddarlausir í sérhverju einingarkerfi. Dæmigerðar kúrfur fyrir módelsskrúfu („open water“) eru sýndar á mynd 24. Sjá má að þessi skrúfa nær hámarks nýtni við J -gildi um það bil 0,85. Þetta línurit gildir fyrir 4 ra blaða skrúfu með skurðarhlutfall 1,0.



Mynd 24: Dæmigert skrufulínurit, sýnir sþyrnu-, vægis- og nýtnistuðla í opnu vatni.

1.9 Skrufufræðin

Skrufuþættir

*Eins og fram hefur komið eru tilraunageymarnir mikilvægt hjálpartæki við skrufufræðirannsóknir. Á grundvelli niðurstaðna kerfisbundinna mælinga og rannsókna í slíkum tilraunageymum hafa orðið til hjálparlínurit, sem auðvelda skipahönnuðum að ákveða tæknilega þætti skrúfunnar, þegar skip er hannað. Af þekktum tilraunageymum á þessu sviði má nefna *Wageningen-tilraunageyminn* í Hollandi.

*Þegar rætt er um skrufustærðir (skrufuþætti) er átt við hina ýmsu tæknilegu þætti skrúfunnar. Þeir helstu sem koma inn í útreikninga eru:

- Blaðfjöldi, Z
- Þvermál, D (mm)
- Blaðflatarmál (hlutfall, A_e/A_o)
- Snúningshraði, N , n (sn/mín, sn/s)
- Skurður, H (mm), (hlutfall, H/D)
- Skrufuhringur

*Ýmsir aðrir þættir í hönnun og vali skrufuþátta skipta að sjálfsögðu máli, svo sem stærð skrufuhauss í hlutfalli við þvermál skrúfu, lögun blaða o.fl.

1.9 Skrufufræðin

Forsendur við val á skrófu

***Þegar skrófa er valin þurfa að liggja fyrir ákveðnar grundvallar upplýsingar um skipið og hvernig á að beita því, þættir eins og:**

- Skipið almennt
- Beiting almennt
- Mögulegur ganghraði
- Krafa um spyrnu
- Aflþörf og vélbúnaður
- Mögulegt þvermál (djúprista, skrufugat)

*** Ekki er nægilegt að hafa upplýsingar um hraða skipsins í skrófuútreikningum og vali á skrófu. Það þarf að reikna með straumhraðanum framhjá skrófunni sem er lægri en hraði skipsins. Þessi munur kallast meðstraumur og er háður mörgum þáttum, en lögum bols vegur þungt. Ekki er óalgengt að meðstraumurinn sé 20-30% af hraða skips, og því betra sem aðstreymi að skrófu er þeim mun minni meðstraumur og betri skrófunýtni. Ákveðin óvissa er í ákvörðun meðstraums, en ýmsar aðferðir eru notaðar til að nálgast líklegan meðstraum.**

*** Samspil þeirra þátta, sem nefndir eru hér að framan, þ.e. skrófustærðir, beiting skips og skrokkform, ráða skrófunýtninni. Ekki er óalgengt að ákveðnir takmarkandi þættir hafi valdið því að góð skrófunýtni næst ekki. Má þar nefna að ekki er mögulegt að koma fyrir nógu stórri skrófu eða að snúningshraði skrófu er valinn óhagstætt fyrirfram. Við hönnun skips þarf að taka skrófuvalið strax inn í myndina til að ná sem bestri nýtni.**

***Algeng skrófunýtni í íslenskum skipum er á bilinu 50-60%, í mörgum tilvikum minni, en í nokkrum tilvikum meiri. Hér er að sjálfsögðu átt við nýtni skrófu á siglingu. Hámarks nýtni skrófu getur orðið allt að 70% og rúmlega það fyrir gangmikil skip á miklum hraða. Sem þumalputtaregla þá má reikna með að skrófunýtni á togi sé um helmingi lægri en á siglingu, þ.e. miðað við framangreindar tölur um 25-30% nýtni, og stundum meiri.**

1.9 Skrufufræðin

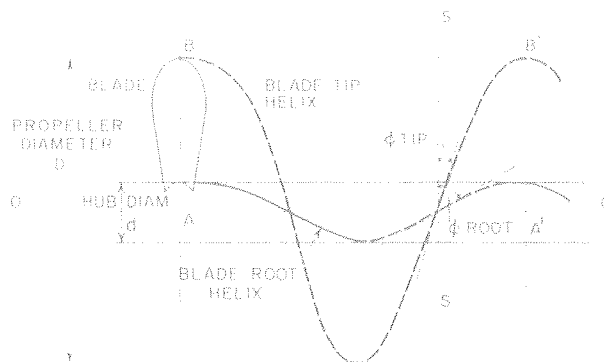
Hönnun skrúfunnar

* Fjöldi blaða er breytilegur, frá 2 upp í 7 blöð. Í fiskiskipum algengast 3ja eða 4ra blaða.

* Þvermál skrúfu (D) er þvermál hring, sem blaðspíss skrúfu ritar við snúning án framdrifs.

* Flatarmál hringins sem blaðspíss ritar er kallað diskflatarmál, þ.e. $A_D = \pi/4 \cdot D^2$. Hið mótaða flatarmál blaðanna (A_B) er blaðflatarmálið fyrir utan skrúfuhaus. Hið mótaða flatarmálshlutfall (DAR) = A_B/A_D . Hið ofanvarpaða flatarmál blaðanna (A_P) er blaðflatarmálið ofanvarpað á þverskips plan fyrir utan skrúfuhaus. Hið ofanvarpaða flatarmálshlutfall (PAR) = A_P/A_D .

* Í skipsskrúfu er yfirborð blaðanna sem snýr aftur og framkallar aukningu í þrýstingi við framdrif áfram kallað „face“ (þrýstihlið), en hin hliðin kölluð „back“ (soghlið). Á einfaldaðan hátt er þrýstihlið blaðanna hluti af gormlaga yfirborði, þ.e. yfirborði sem breiðist út af beinni línu AB (sjá mynd 25), hvers endi A ferðast áfram með jöfnum hraða eftir ásnum OO', um leið og línan snýst um punkt A með jöfnum hornhraða ω . Þegar línustykkið AB hefur framkallað heilan hring og er í stöðunni A'B', þá er vegalengdin sem það hefur sótt fram, AA', kölluð rúmfræðileg stigning (skurður), táknað með H.



Mynd 25: Skurður skrúfu, skilgreindur rúmfræðilega.

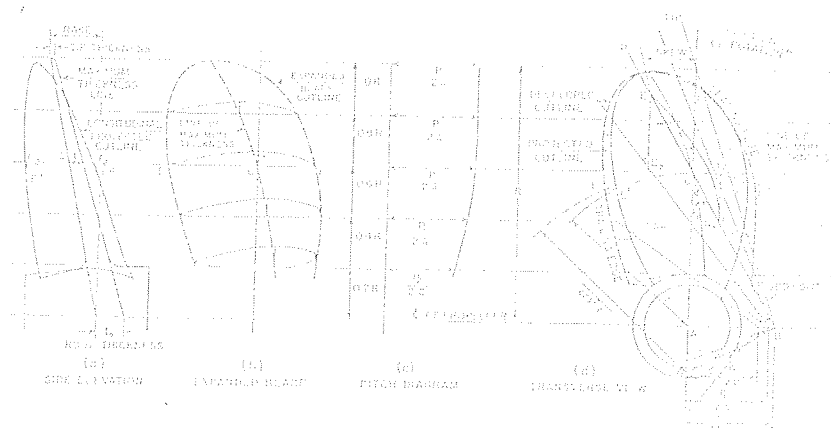
1.9 Skrúfufraeðin

Hönnun skrúfunnar

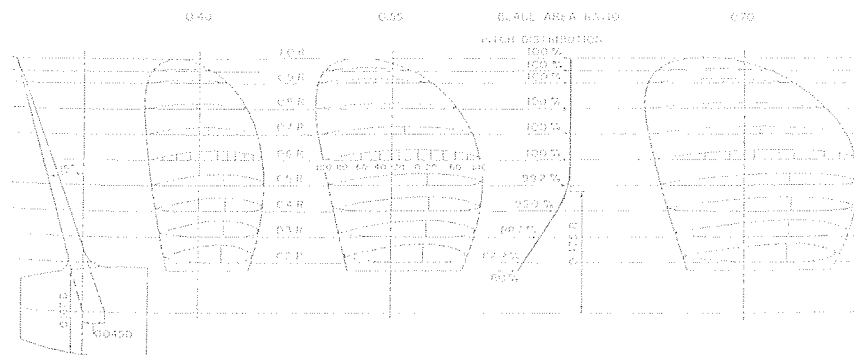
* Það eru til skrúfur þar sem hornið milli línustykkisins og snúningsássins er minna en 90° , og einnig fyrirfinnast skrúfur þar sem línustykkið er bogið. Algengt er að vinna með skurðarhlutföll (H/D eða P/D) í skrúfuútreikningum. Það er breytilegt frá skrúfuhaus að blaðspíss, en algengast er að miða það við $R=0,7$, þ.e. 70% af radius.

* Mynd 26 sýnir dæmigerða teikningu af skrúfu: a) hliðarmynd (sýnir halla línustriksins=rake); b) úthánið blað (sýndar blaðsneiðar við 0,2, 0,4, 0,6 og 0,8R með tilheyrandi þykkt t); c) skurðardiagram; d) séð í öxulstefnu (m.a. snúningsátt, leiðandi kantur skrúfu (leading edge) sem fyrst klífur vatnið og fylgjandi kantur (trailing edge)).

* Mynd 27 sýnir tiltekna staðlaða skrúfuseríu með mismunandi blaðflatarmálshlutfall (0,40, 0,55, 0,70).



Mynd 26: Hönnun skrúfunnar.



Mynd 27: Skrúfublöð með mismunandi blaðflatarmálshlutfall.

1.9 Skrufufræðin

Skrikun

*Ef gert er ráð fyrir að skurður skrúfu sé H metrar og snúningshraði N snúningar á mínútu mun skrúfan, ef hún vinnur í fastri ró, hliðrast $N \cdot H/60$ (m/s) í ásstefnu.

$$v_1 = N \cdot H/60 \text{ (m/s)}$$

*Í reynd þá vinnur skrúfan ekki í fastri ró heldur í sjó, sem gefur eftir við skrufuprýstinginn. Þetta þýðir að hraði skipsins v (m/s) verður talsvert minni en umræddur hraði v_1 . Maður segir að skrúfan vinni með skrikun (slip), og er sýndar skrikun skilgreint sem:

$$S_t = H \cdot N/60 - v \text{ (m/s)}$$

eða í %

$$S_t = \frac{(H \cdot N/60 - v) \cdot 100}{H \cdot N/60}$$

sem nefnist skrikunar-prósenta.

Dæmi 6: Vegalengd sem skip siglir samkvæmt vegmæli er 432 sml á sólarhring, skurður skrúfu er 5,556 m og $N=120$ sn/mín. Reikna skal út skrikunar-prósenta.

$$S_t = \frac{5,556 \cdot 120/60 - 432/24 \cdot 0,514}{5,556 \cdot 120/60} = 0,167, \text{ eða } 16,7\%$$

* Eins og áður er getið vinnur skipsskrúfan ekki í vatni með sama hraða og skipið, heldur hefur fylgivatnið þau áhrif að straumur í framdriftstefnu með hraða v_w virkar á skrúfuna. Ef við setjum $v - v_w = v_a$ verður heildar skrikun (sanna skrikunin) skipsskrúfunnar eftirfarandi:

$$S_s = H \cdot N/60 - v_a \text{ (m/s)}$$

eða í %

$$S_s = \frac{(H \cdot N/60 - v_a) \cdot 100}{H \cdot N/60}$$

1.9 Skrufufræðin

Skrikun

* Samkvæmt framangreindu fæst að hin sanna skrikun, sem venjulega liggur á bilinu 0,20-0,35, er hærra en sýndar skrikunin.

* Sýndar skrikunin er stærð sem auðvelt er að ákvarða um borð, en hér áður fyrr var það mikið notað í rekstrarlegum tilgangi gagnvart framdrifi, þar sem skrikunin vex við eftirfarandi:

- skipið siglir í mótvindi
- skipið siglir í mótsjó
- gróður á skipsbotni
- vatnsdýpi er lítið
- skipið með eitthvað í drætti
- skrufan með skemmd eða gróin
- særýmið hefur aukist
- stýring ófullnægjandi

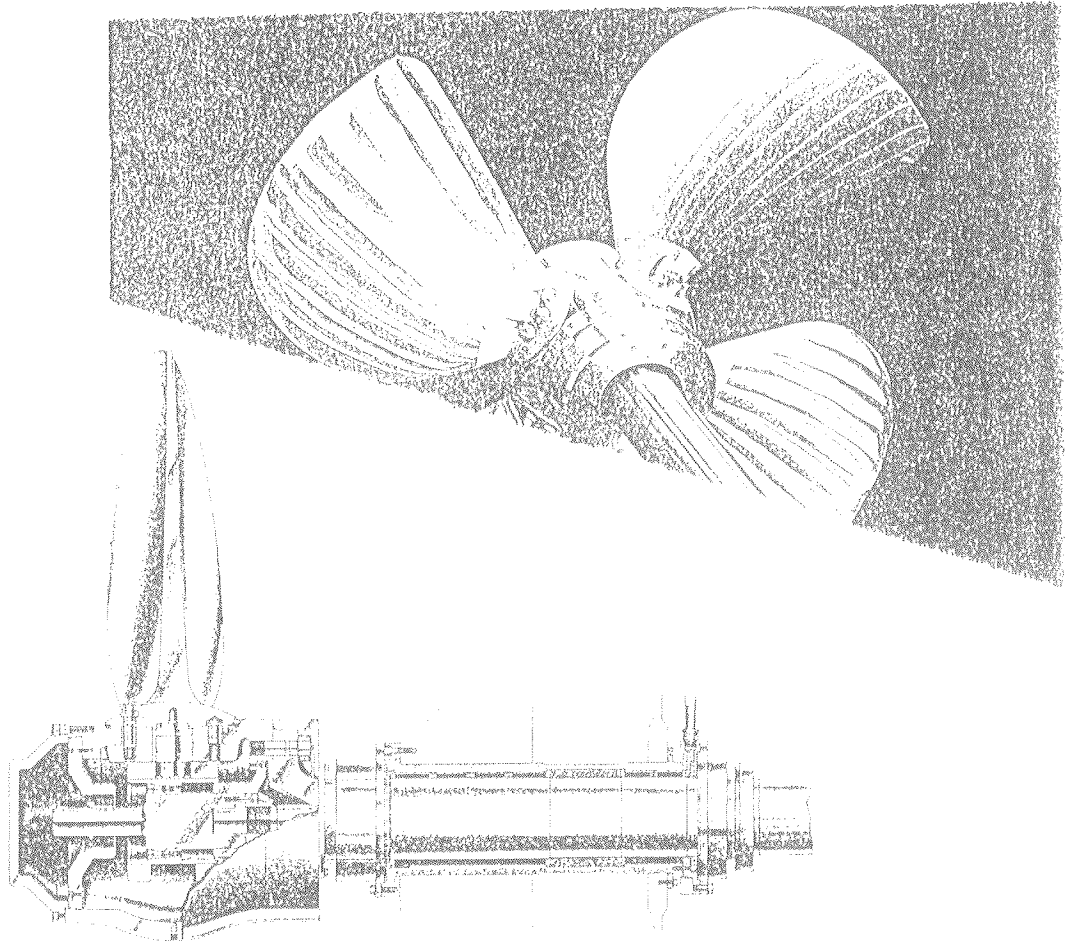
* Prófanir sem þessar einkum gerðar í skipum með fasta skrufu, þar sem skurður er óbreyttur og þekktur.

* Ef skrikunin eykst óeðlilega mikið og ef samtímis á sér stað óeðlilegur titringur í afturskipi, getur það þýtt að skrufa hefur orðið fyrir skemmdum.

1.9 Skrufufræðin

Skrúfugerðir

* Greint er á milli tveggja megin skrufugerða gagnvart beitingu, þ.e. fastrar skrúfu (skrúfuskurður fastur) og skiptiskrúfu (breytilegur skurður). Síðarnefnda gerðin gefur mun meiri möguleika á beitingu skrúfunnar og nýtingu aðalvélarinnar. Skiptiskrúfan er þannig uppbyggð að blöðin geti snúist í skrúfuhús frá fullum skurði áfram yfir í fullan skurð afturábak. Snúningsáttin er ávalt hin sama andstætt föstu skrúfunni, en þar þarf að skipta um snúningsátt.



Mynd 28: Skiptiskrúfan.

1.9 Skrúfufræðin

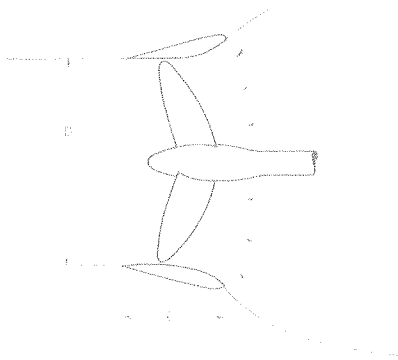
Skrúfuhringurinn

* Skrúfuhringurinn, eða “Kort nozzle”, er nefndur eftir höfundinum og var innleiddur árið 1933. Hann er hólklaga hlutur umhverfis skrúfuna festur við skrokkinn. Snið í langskurðarplani eru með lögum flugvélavængs og lengd hringins er almennt um hálf tvermálið. Lögum festinga við skrokk þarf að vera þannig að forðast megi hvirflamyndun.

* Í fyrstu var skrúfuhringurinn notaður fyrir skrúfur undir miklu álagi eins og í dráttarbátum, aðalkosturinn hin mikla aukning í spyrnu fyrir föstu. Við sama afl aukning upp á 30-40%. Notagildi hringins var síðar yfirfært í fljótabáta, þar sem unnt var að nota minna tvermál fyrir sama afl og fá sömu nýtni, auk þess sem hringurinn gaf skrúfunni ákveðna vernd.

* Í skrúfuhringnum er tvermál innstreymisopsins talsvert meira en skrúfuværmálið, svo hann dregur inn meira vatn en tilsvarendi opin skrúfa. Vegna hröðunar vatnsins sem fer inn í hringinn verður þrýstingur að innan yfir leiðandi kantinn minni en að utan og niðurstaðan er spyrna sem verkar fram á hringinn og þar með á skrokkinn.

* Skrúfuhringurinn kemur fyrst í íslensk fiskiskip um og uppúr 1970, í skuttogara og ýmsa báta. Notagildið fyrst og fremst á togveiðum, enda á togarinn nokkuð sammerkt með dráttarbátum. Sú aukning sem hringurinn gefur er mest við 0 hraða en fer jafnt minnkandi og við hámarks ganghraða eru áhrifin að jafnaði ekki til staðar.



Mynd 29: Skrúfuhringurinn.

1.9 Skrufufræðin

Slagsuða (cavitation)

* Slagsuða, eða kavitasjón, er fyrirbrigði sem kemur fram í skrufum undir miklu álagi og við *kritiska* snúningshraða, og veldur vaxandi niðurbroti í straumflæðinu með tilheyrandi tapi í spyrnu. Í vissum tilvikum getur slagsuðan hindrað skipið í að ná hönnunarhraða. Áður en þessu stigi er náð verður vart hávaða, titrings og eyðingu skrufublaða, stýris o.fl.

* Fyrirbrigðið má skýra á eftirfarandi hátt: Þegar skipsskrúfan vinnur myndast á þrýstihlið sérhverrar blaðsneiðar yfirþrýstingur og undirþrýstingur á soghlið. Þrýstimynstrið breytist yfir lengd blaðsneiðarinnar og oft verða til svæði nálægt leiðandi kanti soghliðar þar sem undirþrýstingur er mikill. Ef þrýstingur á þessu svæði fellur undir vatnsgufuþrýsting við ríkjandi vatnshitastig myndast loftbólur. Bólurnar sem myndast berast með straumnum eftir prófilnum og ná því svæði að þær þrífast ekki lengur. Vatnið steypist inn í holrúmið og mikill þrýstingur myndast í miðju loftbólunnar. Samfara þessu myndast mikill hávaði og vandamál sem áður er lýst.

* Hér áður fyrr voru slagsuðuvandamál meira bundin við hraðgeng skip, en með auknum hraða og afli skipa hefur mikilvægi þess að skoða slagsuðuáhrifin m.t.t. eyðingar orðið meira, sérstaklega í mjög aflmiklum einnrar-skrúfu skipum. Í slíkum skipum er til staðar mikil breyting í meðstraumi yfir skrufudiskinn sem eykur slagsuðu, og það er nauðsynlegt að gefa sérstakan gaum að millibili skrufuspíss og skrokks, og yfirálagi á skrufu í slæmum veðrum og þegar skrokkurinn er óhreinn.

* Á hönnunarstigi skips er gerð krafa um að fyrirbyggja eða lágmarka áhrif slagsuðu á skrufur, og nauðsynlegt er að skoða slagsuðuáhrifin áður en skrufan er teiknuð. Ýmis hjálparlínurit hafa verið þróuð til að leiðbeina við að fyrirbyggja áhrifin.

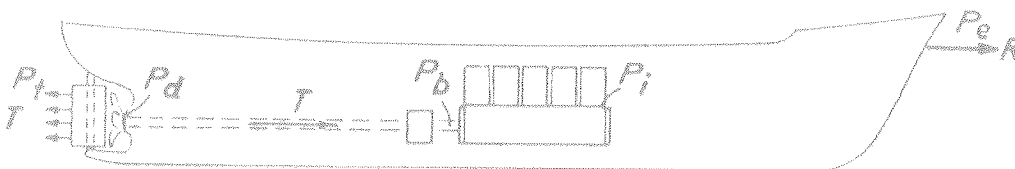
1.10 Framdrifsnýtnistuðlar

Aflhugtök-nýtnistuðlar

* Ef við skoðum skip sem dregið er áfram með hraðanum v (m/s) og dráttarkrafturinn er R (kg kraftur) í dráttartóginu, þá er aflið (hö, hestöfl), sem nauðsynlegt er til að draga skipið:

$$P_e = R \cdot v / 75 \quad (\text{hö})$$

og kallast dráttaraflið (sjá einnig bls. 4) eða aflþörf skips (sjá mynd 30).



Mynd 30: Skematísk mynd sem sýnir mismunandi aflstig (hugtök).

*Á þessari mynd er enn fremur sýnt skematískt hvernig framleitt afl í strokkum vélar (P_i) breytist í bremsuafli (P_b) vélar sem:

$$P_b = P_i \cdot \eta_m \quad (\text{hö})$$

*Bremsuafli vélar minnkar vegna núningstapa í þrýstilegu, áspétti, burðarlegu og stefnisröri í stærðina P_d , sem er afl til skrúfu, sem:

$$P_d = P_b \cdot \eta_a \quad (\text{hö})$$

Þar sem η_a , sem nefnist öxulnýtni (og gírnýtni), liggur nálægt 95-98%. Afl til skrúfu (drifafli) er þannig hið yfirlærða afl til skrúfu.

1.10 Framdrifsnýtnistuðlar

Aflhugtök-nýtnistuðlar

*Skrúfan virkar á vatnið með þrýstikraftinum T (kg). Þessi kraftur er heildar langskips-krafturinn sem myndast af þrýstikröftunum, sem virka á afturhluta blaðyfirborðsins (þrýstihlið) og kröftunum vegna undirþrýstings, sem virka á framhluta blaðyfirborðsins (soghlið). Undirþrýstingur sem skapast framan við skrúfu hefur þau áhrif að það virkar á skipið auka framdrifsmótstaða, kallað sog (S). Krafturinn T virkar á þrýstilegu skipsins, og þar sem S er innri kraftur í kerfinu skip/skrúfa, fæst eftirfarandi samhengi milli þessara krafta og dráttarkraftsins R .

$$T = R + S \quad (\text{kg})$$

*Skrúfan skilar til vatnsins afli, sem nefnist þrýstiaflið P_t (hö). Unnt er að reikna út þetta afl, en hafa verður í huga að þótt skipið hreyfist í gegnum vatnið með hraðanum v (m/s), þá er hraði vatnsmassans sem umlykur skrúfuna ekki v , heldur nokkru minni. Þetta stafar af því að seigja vatnsins hefur þau áhrif að hluti vatnsins fær hraða í framdrifsstefnuna vegna viðloðunar við skipsskrokkinn. Vatnsmassinn sem á þennan hátt fær hraða í framdrifsstefnuna, kallast fylgivatnið, eða meðstraumur. Meðalhraði vatnsmassans sem umlykur skrúfuna er venjulega táknaður með v_a (m/s). Þetta má setja fram með eftirfarandi: Vatnið í skrúfusviðinu er ekki í hvíld, en hefur fengið frá skipinu raunverulegan hraða $v_w = v \div v_a$ fram á við. Hlutfallið milli meðstraumshraða og skipshraða kallast meðstraumsstuðull og er táknað á eftirfarandi hátt:

$$w = v_w/v$$

Stærðin w er nálægt því að vera 0,20-0,25 fyrir hefðbundin flutningaskip og sama getur átt við fiskiskip.

*Þrýstiaflið er nú hægt að skilgreina sem:

$$P_t = T \cdot v_a / 75 \quad (\text{hö})$$

1.10 Framdrifsnýtnistuðlar

Heildarnýtni

*Framdrifsnýtnistuðullinn η_f er oft í eldri fræðiritum skilgreindur sem hlutfallið milli dráttarafls skips (P_e) og framleidds afls vélar í strokkum (P_i), þ.e.:

$$\eta_f = P_e/P_i = P_e/P_t \cdot P_t/P_d \cdot P_d/P_b \cdot P_b/P_i = \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_a \cdot \eta_m$$

þar sem:

- P_e = dráttarafl skips
- P_t = skrúfuafl (þrýstiafl)
- P_d = afl til skrúfu
- P_b = bremsuafl vélar
- P_i = strokkafli vélar
- η_f = heildarframdrifsnýtni
- η_g = góðleiki skrokks
- η_p = skrúfunýtni
- η_a = öxulnýtni
- η_m = vélarnýtni

* Í nýrri fræðiritum er algengt að skilgreina framdrifsnýtnina sem:

$$\eta_f = P_e/P_d = P_e/P_t \cdot P_t/P_d = \eta_g \cdot \eta_p$$

Eins og sést er þessi nýtnistuðull óháður þeim tögum sem koma fram inn í skipinu, og aðeins þættir varðandi skrúfu og skrokkform hafa áhrif á umræddan framdrifsnýtnistuðul. Hún er því oft nefnd ytri nýtni, eða hrein framdrifsnýtni.

1.10 Framdrifsnýtnistuðlar

Spyrnutaps-stuðull

* Þegar skrokkur er dreginn, verður til svæði með háum þrýstingi yfir skut sem hefur lokakraft fram á við og minnkar þannig mótstöðuna. Þegar skrokkur er undir eigin framdrifi hins vegar, minnkar þrýstingurinn yfir sumt af þessu svæði fyrir tilstuðlan skrúfunnar sem gefur vatninu sem streymir að henni hröðun, áður nefndur kraftur fram á við minnkar, mótstaðan eykst og þá einnig hin nauðsynlega spyrna til að knýja skipið eða líkanið áfram.

* Það hefur verið sýnt fram á með líkantilraunum, þar sem unnt er að koma við nauðsynlegum mælingum, að ef mótstaða skrokksins þegar hann er dreginn er R_T , þá er hin nauðsynlega spyrna T til að knýja skipið áfram á hraðanum V meiri en R_T , og aukningin er kölluð *mótstöðuauki*. Hann er túlkaður sem hlutfallið á milli aukningar og mótstöðu, þ.e.:

$$a = \frac{T - R_T}{R_T} = \frac{T}{R_T} - 1$$

eða

$$T = (1 + a) \cdot R_T$$

a er kallað *mótstöðuaukahlutfall* og $(1 + a)$ *mótstöðuaukastuðull*.

* Þótt það sé rökréttara að skoða þetta fyrirbrigði í tengslum við mótstöðuna, þá er í reynd vaninn að líta á þennan mótstöðuauka sem minnkun frá þeirri skrúfuspyrnu sem er til staðar. Þannig gildir að ef skrúfan skilar spyrnu upp á T tonn, þá eru aðeins R_T tonn til staðar til að yfirvinna mótstöðu. Þetta „spyrnutap“ ($T - R_T$), túlkað sem hlutfall af spyrnunni T , er kallað spyrnutapsstuðull, t , þar sem:

$$t = \frac{T - R_T}{T} = 1 - \frac{R_T}{T}$$

eða

$$R_T = T \cdot (1 - t)$$

Liðurinn $(1 - t)$ er kallaður *nýtingarstuðull spyrnu*.

1.10 Framdrifsnýtnistuðlar

Meðstraums-stuðull

* Það sem sett var fram á bls. 35-36 (líkantilraunir með skrúfur) tengdist því að skrúfan vinnur í „opnu vatni“, en við þær aðstæður sækir hún fram í ótrufluðu vatni. Þegar hún er hins vegar í sinni venjulegri stöðu, bak við líkan eða skipsskrokk, breytast skilyrðin talsvert. Skrúfan er nú að vinna í vatni sem hefur orðið fyrir truflun vegna framskriðs skrokksins, og venjulega hefur vatnið við skut öðlast hreyfingu fram á við, í sömu stefnu og skipið. Vatnið sem hreyfist fram á við er kallað *meðstraumur* eins og skilgreint var á bls. 47. Niðurstaðan er að skrúfan er ekki að sækja fram á sama hraða V miðað við vatn eins og skipið, heldur á lægri hraða, V_A , kallað framsæknihraði.

* Mismunurinn á milli skipshraða V og framsæknihraða V_A má kalla meðstraumshraða. Froude tengdi meðstraumshraðann við framsæknihraðann V_A , kallaði þetta hlutfall meðstraumshlutfall w_F , þannig að:

$$w_F = \frac{V - V_A}{V_A}$$

og

$$V_A = \frac{V}{1 + w_F}$$

Liðurinn $(1 + w_F)$ er kallaður *Froude meðstraumshlutfall*.

* Taylor innleiddi aðra skilgreiningu á meðstraumshlutfalli með tengingu meðstraumshraða við skipshraða, þannig að:

$$w = \frac{V - V_A}{V}$$

og

$$V_A = V \cdot (1 - w)$$

* Þessi skilgreining er ákjósanlegri þar sem meðstraumur upp á 50% þýðir þá að meðstraumshraðinn er 50% af skipshraða, en aftur á móti samkvæmt Froude, þá þýðir 50% meðstraumur að meðstraumshraðinn sé 33% af skipshraða.

1.11 Skrófuútreikningar

Almennt

*Í grundvallaratriðum ganga skrófuútreikningar út á það að reikna út hvað tiltekin skrófa getur yfirfært mikið afl (P_d), eða lestað vélbúnaðinn, og hvað mikil skrófuspyrna (T) fæst út úr viðkomandi afli. Fyrir tiltekna skrófu af ákveðinni gerð skiptir máli hvaða hraði er á skipi, eða réttara sagt á vatninu í vinnusvæði skrófunnar, hver snúningur skrófu (N) er og skurður (H).

*Útreiknaðar stærðir fyrir afl til skrófu og skrófuspyrnu fást samkvæmt eftirfarandi formúlum:

$$\begin{aligned} \text{Afl til skrófu: } P_d &= Q \cdot N / 716,2 & (\text{hö}) \\ \text{Skrófuspyrna: } T &= k_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 & (\text{kg}) \end{aligned}$$

*Í formúlu fyrir aflið koma fram tvær stærðir (Q og N) og fastur stuðull (716,2), sem má leiða út á eftirfarandi hátt:

$$K = 60 \cdot 75/2\pi$$

þar sem sn/mín er breytt í sn/sek með því að deila með 60, kgm/s breytt í hö með því að deila með 75 (sbr. skilgreining á hestafli) og 2π stendur fyrir einn snúning (mælt í radiönnum). Stærðin Q er snúningsvægi yfirfært frá öxli til skrófu í kgm, og N er snúningshraði skrófu í sn/mín.

*Í skrófuútreikningum verður því stærðin Q grunnstærð, en ekki P_d , sem er afleiða með því að taka snúningshraðann inn. Stærðina Q má setja fram á eftirfarandi hátt:

$$\text{Snúningsvægi: } Q = k_Q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5 \quad (\text{kgm})$$

Í formúlum fyrir snúningsvægi (Q) og skrófuspyrnu (T) koma fyrir eftirfarandi þættir:

k_Q = vægisstuðull

k_T = spyrnustuðull

ρ = eðlismassi sjávar ($104,5 \text{ kgs}^2 \text{ m}^{-4}$)

n = snúningshraði skrófu (sn/sek)

D = þvermál skrófu (m)

1.11 Skrófuútreikningar

Almennt

* Grunnstærð í skrófuútreikningum er svonefndur skrófu-framsæknistuðull (advance coefficient), sem er skilgreindur á bls. 36 og er:

$$J = v_a / (n \cdot D) = v_s (1 \div w) / (n \cdot D)$$

þar sem:

v_a = hraði vatnsmassa í skrófusviðinu (m/s)

v_s = skipshraði (m/s)

w = meðstraumsstuðull

*Þeir grunnstuðlar sem nú hafa verið skilgreindir, J , k_Q og k_T , koma inn í skilgreininguna á skrófunýtninni η_0 (sjá einnig bls. 36) sem:

$$\eta_0 = \frac{J \cdot k_T}{2\pi \cdot k_Q}$$

*Á mynd 24 (bls. 36) er dæmigert skrófulínurit sýnt, þar sem J er á lárétta ásnum, en aðrar stærðir á lóðrétta ásnum, annars vegar k_T og η_0 vinstra megin, og hins vegar k_Q hægra megin. Skrófulínurit þetta gildir fyrir skrófugerð með ákveðnum blaðfjölda, flatarmálshlutfalli og skurði.

*Algengt form á skrófudiagrömmum er að fyrir tiltekna skrófugerð gildi ein örk fyrir tiltekinn blaðfjölda, en ferlar fyrir allt að þrjú mismunandi flatarmálshlutföll og mismunandi skurðarhlutföll (H/D), sem dæmi $H/D = 0,4 - 0,5 - 0,6 - 0,8 - 1,0 - 1,2 - 1,4$. Tölvutæknin hefur að sjálfsögðu leitt af sér forrit með töflugildum fyrir viðkomandi stærðir, þannig að mjög fljótvirkt er að bera saman ákveðna skrófuvalkosti.

1.11 Skrófuútreikningar

Útreikningar

Dæmi 7: Reikna skal út nauðsynlega skrófuspyrnu skips (T) og þrýstiafl (P_t) miðað við upplýsingar í dæmi 4 (bls. 25), þar sem mótstaða skips (R_t) er 30851 kg við 14 hn hraða, og spyrnutapsstuðullinn t=0,18 og meðstraumsstuðullinn w=0,20.

* Skrófuspyrna fæst samkvæmt formúlunni: $R_t = T \cdot (1 - t)$

$$\text{eða} \quad T = \frac{R_t}{(1 - t)} = \frac{30851}{(1 - 0,18)} = 37623 \text{ kg}$$

* Framsæknihraðinn fæst samkvæmt formúlunni:

$$v_a = v \cdot (1 - w), \text{ þ.e.: } v_a = 14 \cdot 0,514 \cdot (1 - 0,20) = 5,76 \text{ m/s}$$

* Þrýstiaflið fæst samkvæmt formúlunni:

$$P_t = \frac{T \cdot v_a}{75} = \frac{37623 \cdot 5,76}{75} = 2889 \text{ hö}$$

Dæmi 8: Fyrir aflþörf í dæmi 7 er valin skrófa í hring með 3600 mm (3,6 m) þvermáli, og 175 sn/mín (2,917 m/s) hraða. Hver verður skrófunýtnin, ef yfirfært snúningsvægi (Q) mælist 18994 kgm?

* Framsæknihlutfallið fæst samkvæmt formúlunni:

$$J = \frac{v_a}{n \cdot D} = \frac{5,76}{2,917 \cdot 3,6} = 0,5486$$

* Spyrnustuðullinn fæst samkvæmt formúlunni:

$$k_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4} = \frac{37623}{104,5 \cdot 2,917^2 \cdot 3,6^4} = 0,252$$

* Vægisstuðullinn fæst samkvæmt formúlunni:

$$k_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5} = \frac{18994}{104,5 \cdot 2,917^2 \cdot 3,6^5} = 0,0353$$

* Skrófunýtnin fæst samkvæmt formúlunni:

$$\eta_0 = \frac{J \cdot k_T}{2\pi \cdot k_Q} = \frac{0,5486 \cdot 0,252}{2\pi \cdot 0,0353} = 0,623$$

1.12 Samspil skips og skrúfu

Almennt

*Hér að framan var sett fram samband skrúfuspyrnu og mótstöðu sem virkar á skip, sem er:

$$R_T = T \cdot (1 \div t) \quad (\text{kg})$$

þar sem R_T er dráttarmótstaða skips, T er fræðilega skrúfuspyrnan og $(1 \div t)$ er spyrnuminnkunarstuðullinn.

* Spyrnutapsstuðullinn t getur haft eftirfarandi gildi sem dæmi:

$$\text{Hraði skips } V = 0 \text{ hn} \Rightarrow t = 0,03 - 0,05$$

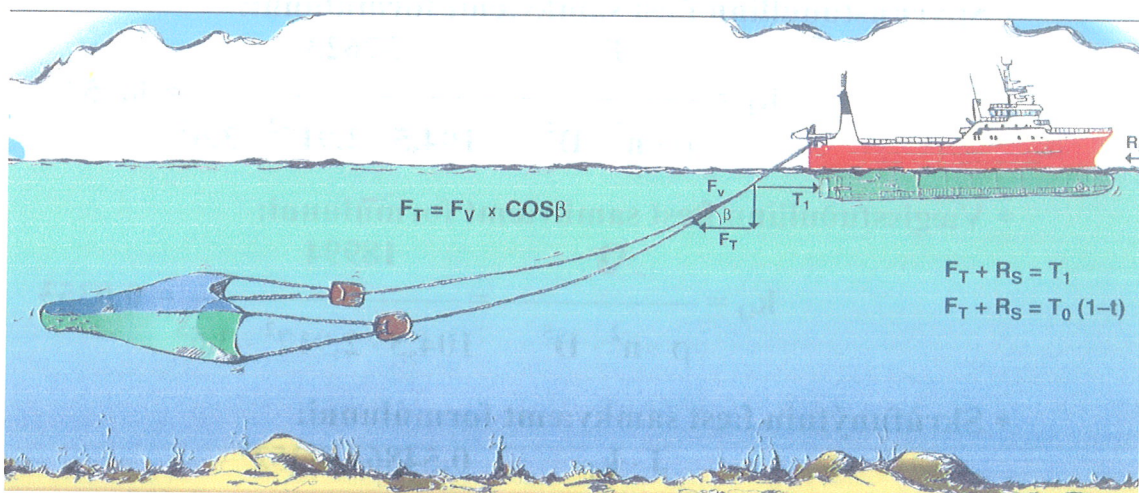
$$\text{Hraði skips } V = 14 \text{ hn} \Rightarrow t = 0,18 - 0,22$$

Á milli 0 hraða og hámarks hraða er hægt að interpólera (beita hlutfalls-útreikningi). Samkvæmt því fengist fyrir toghraða upp á 3,5 hn gildi jafnt og 0,08 (interpólasjón á milli 0,04 og 0,20).

* Fyrir fiskiskip sem hannað er til að draga veiðarfæri þarf að setja jöfnuna hér að framan fram á annan hátt, eða:

$$F_T + R_S = T \cdot (1 \div t) \quad (\text{kg})$$

Þar sem F_T er dráttarkrafturinn, þ.e. lárétti krafturinn sem er til ráðstöfunar til að draga veiðarfærið, og R_S er mótstaðan sem virkar framan á skipið (sjá mynd 31).



Mynd 31: Skip á togi; samspil skips, skrúfu og veiðarfæris.

1.12 Samspil skips og skrúfu

Togveiðar

* Áður nefnd jafna er í fullu gildi fyrir allar þær aðstæður sem upp koma, sem dæmi:

Bryggjutog: $V = 0 \Rightarrow R_S = 0, F_T \neq 0$ og $F_T = T \cdot (1 \div t)$

Togferð: $V \neq 0 \Rightarrow F_T, R_S \neq 0$ og $F_T + R_S = T \cdot (1 \div t)$

Sigling: $V \neq 0 \Rightarrow F_T = 0, R_S \neq 0$ og $R_S = T \cdot (1 \div t)$

* Á togferð við fullkomnar aðstæður er mótstaða skipsins (R_S) hlutfallslega lítil borið saman við dráttarkraftinn (F_T), getur verið nálægt 10%. Miðað við að tiltekin skrúfuspyrna sé til ráðstöfunar í skipi sem hámark, þá þýðir aukinn mótvindur og þyngri sjór það, að ráðstöfunarkraftur til að draga trollið minnkar. Þetta leiðir jafnframt til þess að skip og veiðarfæri tapa hraða, sem getur einnig leitt til þess að trollið missi veiðihæfni.

* Þegar veiðarfæri er togað undir ákveðnu horni, β , þá verður samband víraátaks (F_v) og dráttarkraftsins (F_T) eftirfarandi:

$$F_T = F_v \cdot \cos\beta$$

Hornið β er unnt að finna út frá dýpi (+hæðarmunur á toggálga og botnstykki), sem kalla má h , og víralengd, sem kalla má s . Þannig má finna β út frá jöfnunni $\sin\beta = h/s$. Togvír fær í reynd ákveðinn slaka í sjónum, en engu að síður gefur umrædd formúla ágæta nákvæmni fyrir samband dráttarkrafts og víraátaks.

1.13 Ýmsar prófanir

Almennt

* Ýmsar staðlaðar prófanir eru gerðar á skipi eftir smíði, breytingar, og í rekstri almennt, til að sannreyna samband þátta eins og sem dæmi hraða, öxulafls, snúningshraða, skurðar við skilgreind hleðslutilvik (særými, djúprista, stafnhalli o.þ.h.). Þessar prófanir eru gerðar í einhverjum af eftirfarandi tilgangi:

- a) Til að uppfylla samninga milli skipasmíðastöðvar og eiganda gagnvart hraða, vélarafli, og eldsneytisnotkun.
- b) Til að öðlast framdrifs- og straumfræðilegar upplýsingar um skip í fullri stærð til nota í framtíðarhönnun.
- c) Til að fá vitneskju um leiðréttingarstuðla (líkan/skip) fyrir mismunandi skipsgerðir og yfirborðsmeðhöndlun til að betrubæta spár um aflþörf skips út frá líkantilraunum.
- d) Til að fá fram samband milli skipshraða og snúningshraða skrófu (gildir fyrir fastar skrófur) til nota sem hjálpartæki fyrir skip eftir að hafa gert nauðsynlegar leiðréttingar í rekstri.

* Upptalning hér að framan gildir fyrir framdrif skips á frírri siglingu. Fyrir skip fyrir föstu (þvingað) gildir annað (sjá síðar).

1.13 Ýmsar prófanir

Ganghraðamæling

* Um langt skeið hefur tíðkast að mæla ganghraða með viðmið í þekkta vegalengd. Mæld míla er venjulega skilgreind með tveimur settum (pörum) af leiðamerkjum (vitum) í landi, miðunarlínurnar samsíða, og hornréttta vegalengdin á milli þeirra gjarnan höfð 1 sjómíla (sjá mynd 32), en getur verið breytileg. Í mælingu á ganghraða er siglt eftir línu hornrétt á miðunarlínurnar. Nauðsynlegt er að sigla fram og tilbaka til að einangra vind og straum.

* Tíminn hvora leið er mældur með skeiðklukku, annars vegar t_1 og hins vegar t_2 , og fæst þá:

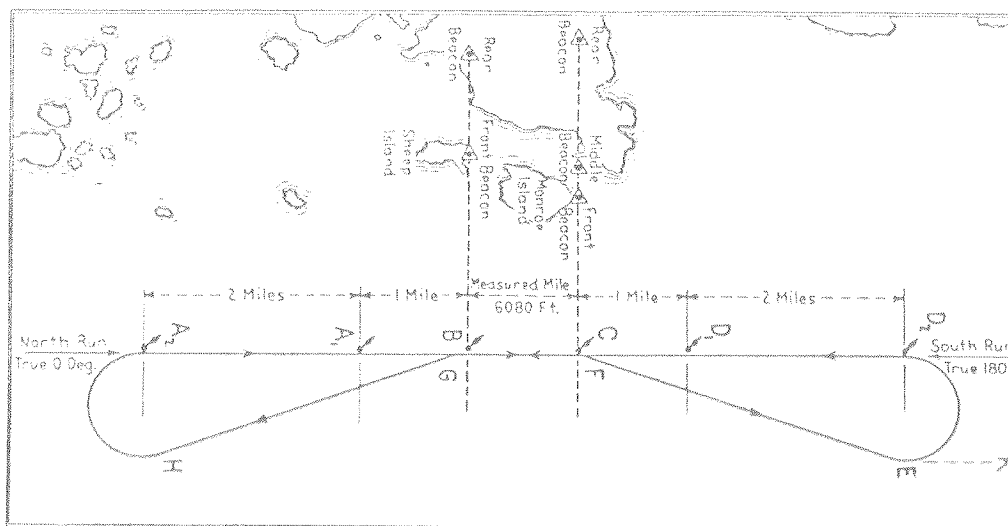
$$V_1 = S \cdot 3600 / (t_1 \cdot 1852) \quad (\text{hnútar})$$

$$V_2 = S \cdot 3600 / (t_2 \cdot 1852) \quad (\text{hnútar})$$

Hraði skips yfir botn er þá annars vegar V_1 og hins vegar V_2 . Það sem maður hefur áhuga á að fá fram er hraði skips miðað við umlykjandi vatn, eða með öðrum orðum að einangra áhrif straumsins. Í því tilviki að straumurinn breytist ekki verulega í fram- og tilbaka siglingu, fæst raunverulegur hraði með mjög góðri nákvæmni með því að taka meðaltalið:

$$V_m = (V_1 + V_2) / 2 \quad (\text{hn})$$

* Síðari tíma GPS-tækni auðveldar slíka mælingu.



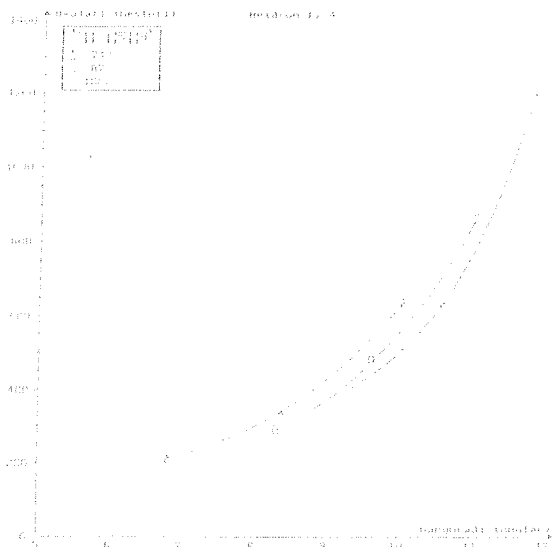
Mynd 32: Ganghraðamæling fram og tilbaka þekkta vegalengd.

1.13 Ýmsar prófanir

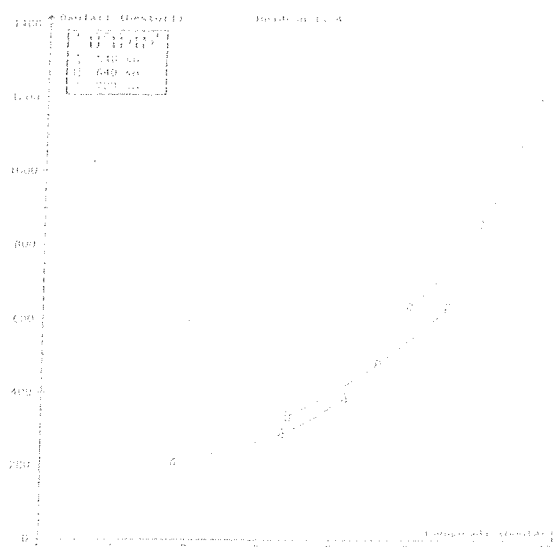
Ganghraðamæling, niðurstöður

* Ganghraðamæling ein og sér segir lítið. Nauðsynlegt er að tengja ganghraðann við snúningshraða (ekki síst þegar um fasta skrúfu er að ræða), skrúfuskurð, öxulafli (afl til skrúfu), olíunotkun o.fl.

* Með því að mæla ganghraðann við breytilegt álag (100, 75, 50% o.s.frv.) er unnt að fá fram feril (ferla). Þannig er hægt fyrir skiptiskrúfu, út frá niðurstöðum mælinga, að hanna ferla fyrir breytilegan skurð annars vegar og breytilegan snúningshraða hins vegar (sjá myndir 33 og 34).



Mynd 33: Ganghraðaferlar, mismunandi skrúfuskurður.



Mynd 34: Ganghraðaferlar, mismunandi snúningshraði.

Dæmi 9: Ef siglt er á 10 hn hraða skv. mynd 33, hvað þarf þá mikið öxulafli við annars vegar 74% og hins vegar 100% skurð, og hver er hlutfallslegur munur?

Úrlausn: Við 74% $\Rightarrow P_d \cong 640$ hö
Við 100% $\Rightarrow P_d \cong 500$ hö
Munur 140 hö, eða $140/500 \times 100 = 28\%$

Dæmi 10: Ef siglt er á 10 hn hraða skv. mynd 34, hvað þarf þá mikið öxulafli við annars vegar 780 sn/mín og hins vegar 640 sn/mín, og hver er hlutfallslegur munur?

Úrlausn: Við 780 sn/mín $\Rightarrow P_d \cong 640$ hö
Við 640 sn/mín $\Rightarrow P_d \cong 540$ hö
Munur 100 hö, eða $100/540 \times 100 = 19\%$

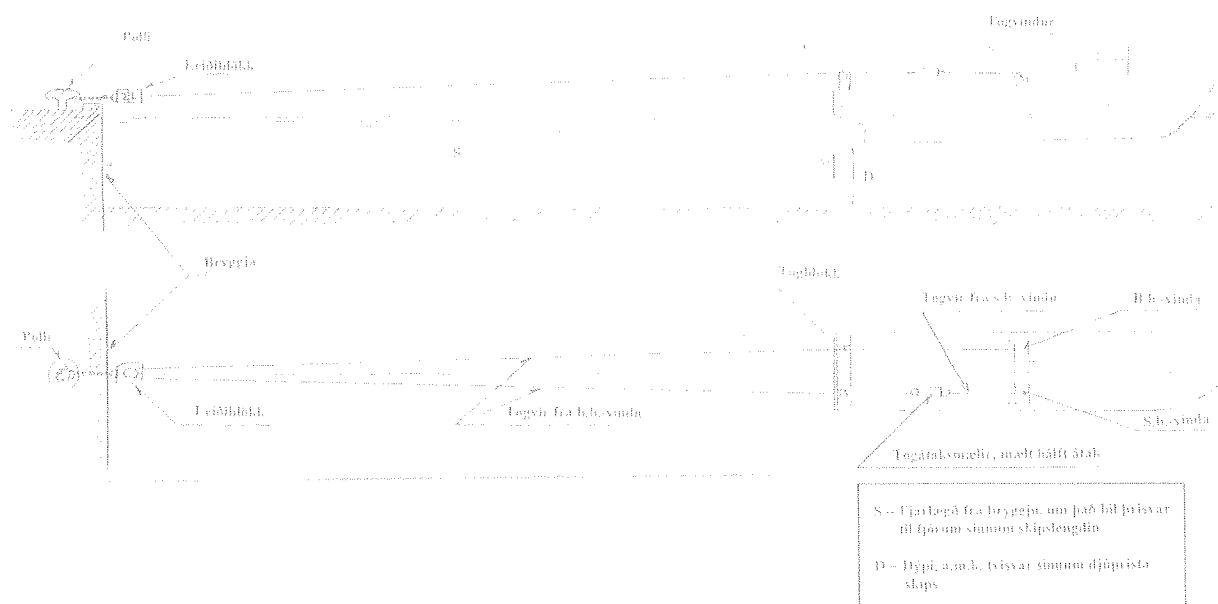
1.13 Ýmsar prófanir

Spyrnumæling

* Í spyrnumælingu (sjá mynd 35) er verið að kanna toggetu skips fyrir föstu, svonefnt bryggjutog, þar sem hraði skips $V = 0$ hn. Slík mæling er góður mælikvarði á toggetuna, þótt fyrir liggi að sem dæmi fiskiskip dregur veiðarfæri með tilteknum hraða með tilheyrandi falli í spyrnu.

* Til að fá sem sannasta mynd af bryggjuspyrnunni þarf skipið að vera í fullnægjandi fjarlægð frá bryggju, dýpi þarf að vera viðunandi, og halda þarf skipinu réttu fyrir. Þegar mælt er við tiltekið álag þarf að hafa myndast stöðugt ástand áður en mæling hefst, og mæling þarf að vara í ákveðinn tíma til að jafna út hugsanlegar sveiflur.

* Mikilvægi þessarar mælinga á einkum við dráttarbáta, og á seinni áratugum fyrir skuttogara (togskip).

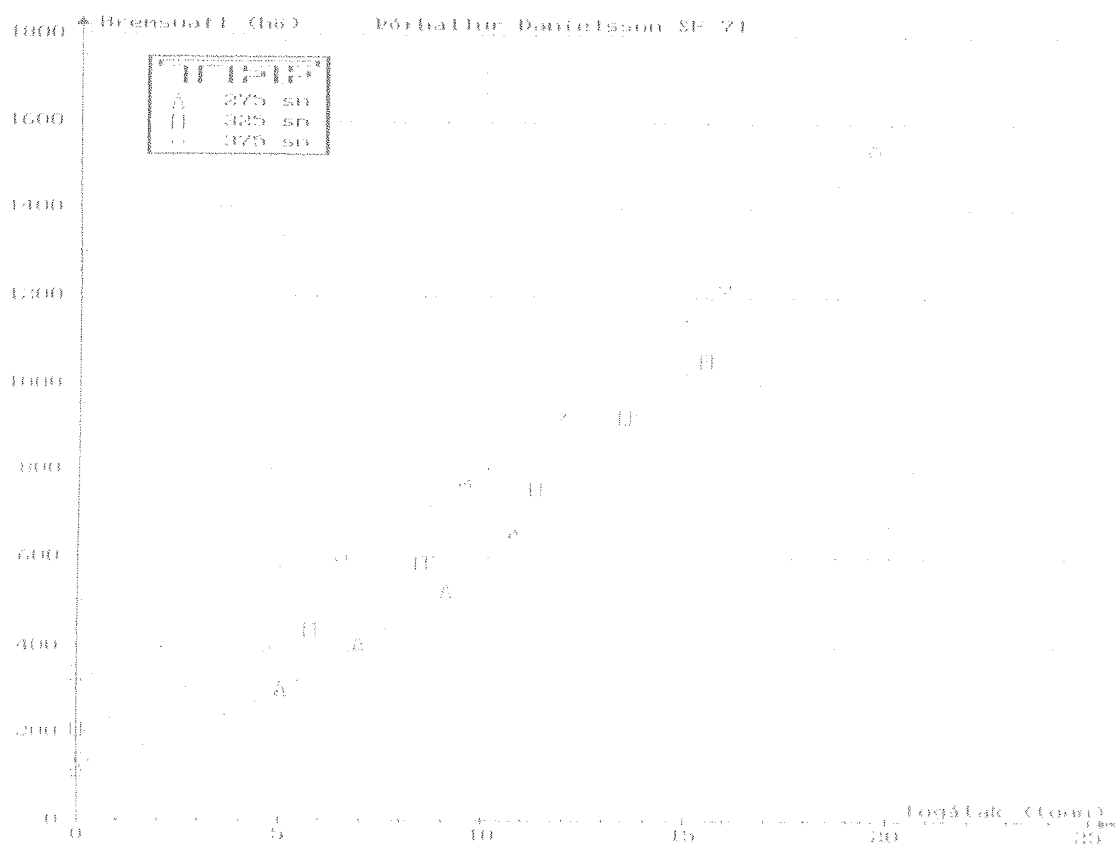


Mynd 35: Uppstilling í bryggjuspyrnumælingu.

1.13 Ýmsar prófanir

Spyrnumæling, niðurstöður

* Mynd 36 sýnir niðurstöður úr slíkri mælingu, þar sem mæld spyrna er á lárétta ásnum og bremsuafli á þeim lóðrétta. Fram koma þrjár ferlar, sem byggja á mismunandi snúningshraða, og fæst sérhver ferill með því að keyra með breytilegu álagi.



Mynd 36: Bryggjuspyrnumæling, bremsuafli sem fall af spyrnu (togátaki), breytilegur snúningshraði á vél.

Dæmi 11: Ef tekin eru út 1000 hö (mynd 36), hver verður bryggjuspyrnan (T) við annars vegar 375 sn/mín og hins vegar 325 sn/mín og hver er hlutfallslegur munur?

Úrlausn: Við 375 sn/mín $\Rightarrow T \cong 12,9$ tonn

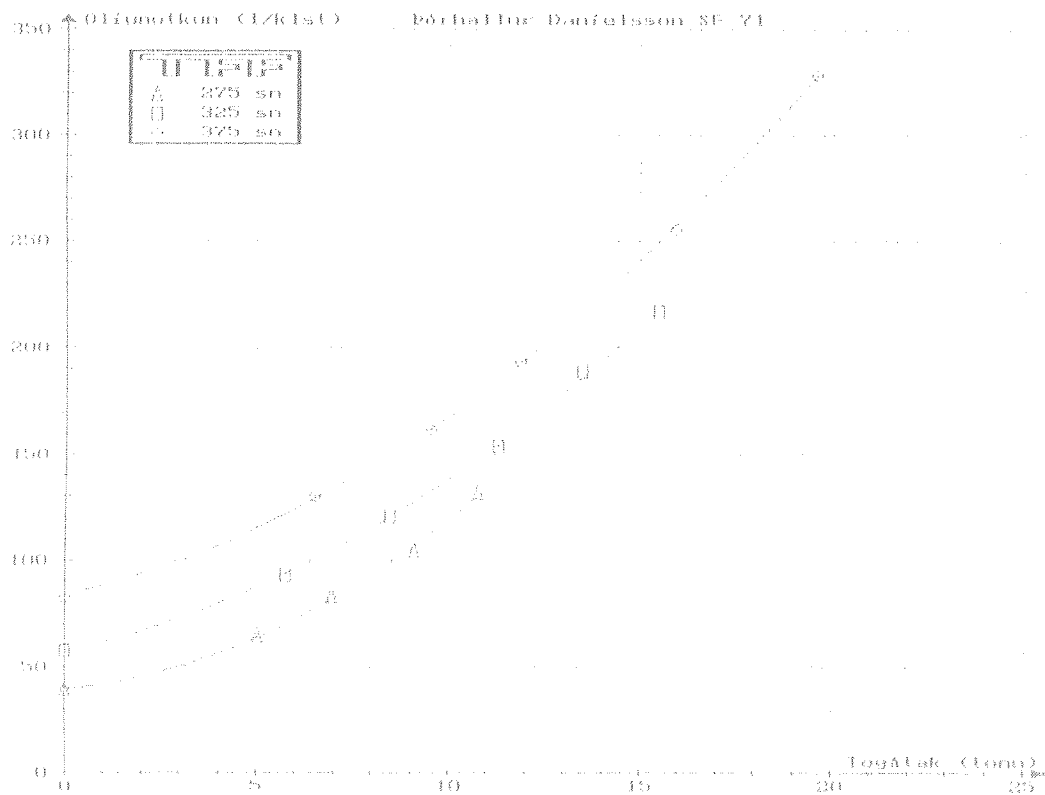
Við 325 sn/mín $\Rightarrow T \cong 14,6$ tonn

Munur 1,7 tonn, eða $1,7/12,9 \times 100 = 13\%$

1.13 Ýmsar prófanir

Spyrnumæling, niðurstöður

* Mynd 37 sýnir niðurstöður úr slíkri mælingu, þar sem mæld spyrna er á lárétta ásnum og olíunotkun á þeim lóðrétta. Fram koma þrjár ferlar, sem byggja á mismunandi snúningshraða, og fæst sérhver ferill með því að keyra með breytilegu álagi.



Mynd 37: Bryggjuspyrnumæling, olíunotkun sem fall af spyrnu (togátaki), breytilegur snúningshraði á vél.

Dæmi 12: Ef olíunotkun aðalvélar er 200 l/klst (sjá mynd 37), hver verður bryggjuspyrnan (T) við annars vegar 375 sn/mín og hins vegar 325 sn/mín og hver er hlutfallslegur munur?

Úrlausn: Við 375 sn/mín $\Rightarrow T \cong 12,5$ tonn

Við 325 sn/mín $\Rightarrow T \cong 14,4$ tonn

Munur 1,9 tonn, eða $1,9/12,5 \times 100$
= 15%

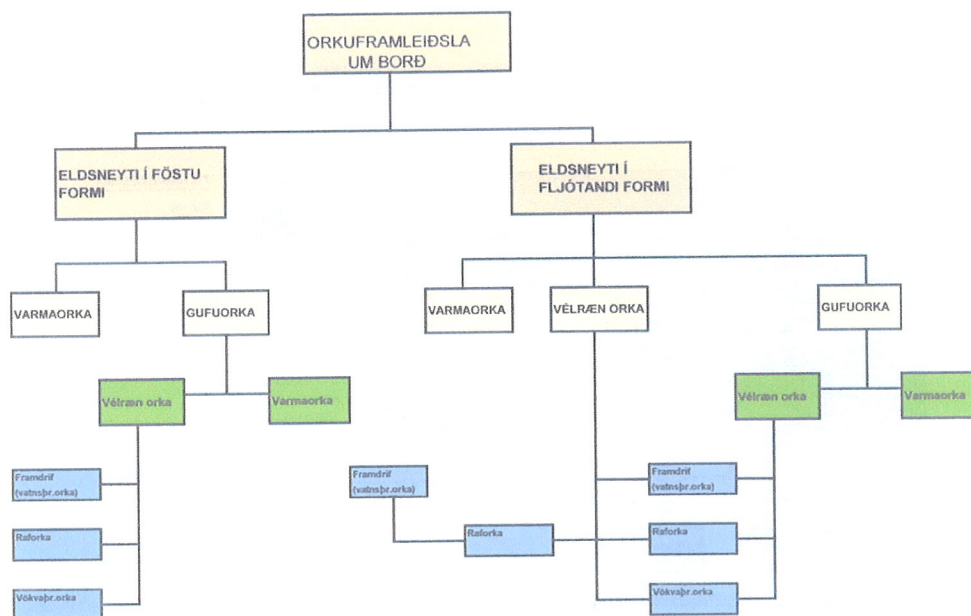
**AÐALVÉLAR-, FRAMDRIFS- OG
ORKUFRAMLEIÐSLUKERFI
REKSTRARLEGUR HLUTI**

2.1 Aðalvélar-, framdrifs- og orkuframleiðslukerfi

Almennt

* Hér beinist athyglin einkum að aðalvélar- og framdrifsbúnaði skipa, svo og búnaði til orkuframleiðslu til nota um borð fyrir framdrifspörf, almenna þörf og vindur (sjá mynd 38). Búnaður eins og sjálf *framdrifsvélin*, sem getur verið gufuvél, dieselvél, gufutúrbína eða gastúrbína, eða jafnvel rafmótor, framdrifsvélin ein eða fleiri, beintengd eða niðurgíruð; *skrúfubúnaðurinn*, sem getur verið hefðbundin föst skrúfa síns tíma, þ.e. skrúfa með föstum skurði, búin vengigir eða tengd við snarvenda vél, skiptiskrúfa eða jafnvel mjög sérhæfður skrúfubúnaður, skrúfa jafnvel búin skrúfuhring. Hvað viðkemur orkuframleiðslu um borð almennt ef litið er á síðustu áratugi, þá kennir þar margra grasa, þ.e. nokkur stig:

- 1) Umbreyting á föstu eða fljótandi eldsneyti í a) gufuorku (varmaorku) eða fljótandi eldsneyti í b) vélræna (mekaníska) orku;
- 2) Umbreyting á gufuorku í vélræna orku (varmaorku);
- 3) Umbreyting á vélrænni orku í vatnsþrýstiorku (framdrif), raforku eða vökvapþrýstiorku;
- 4) Umbreyting á raforku eða vökvapþrýstiorku í vélræna orku o.fl.



Mynd 38: Framdrifs- og orkuframleiðslukerfi, mismunandi útfærslur.

2.1 Aðalvélar-, framdrifs- og orkuframleiðslukerfi

Varmanýtni dieselvélar

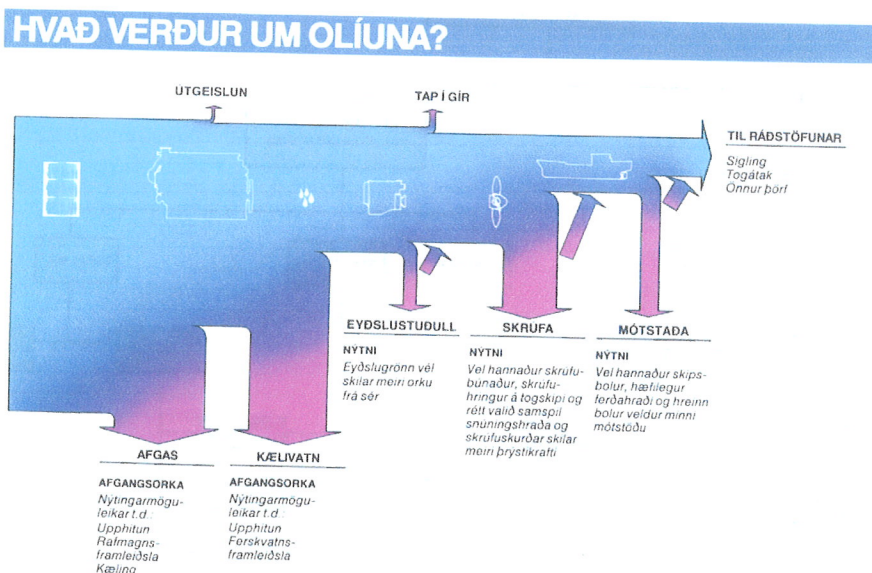
* Mælikvarði á orkuinnihald brennsluolíunnar er varmagildi í einingunni kílókaloríur á hvert kílógramm. Algengt er að reikna með að gasolían sem fiskiskipin brenna hafi varmagildið 10.300 kcal/kg. Þar sem 1 hestaflostund (hast) svarar til 632 kcal má gefa varmagildið til kynna sem 16,30 hast/kg (hestaflostund á hvert kg).

* Ef tekið er dæmi um dieselvél sem hefur eyðslustuðul 157 grömm á hestaflostund (0,157 kg/hast), fæst með því að deila eyðslustuðlinum í 1,0 talan 6,37 hast/kg, þ.e. fjöldi hestaflostunda sem fæst út úr viðkomandi vél með því að brenna 1 kg af olíu. Út frá ofangreindum tölum má fá nýtni dieselvélarinnar sem:

$$100 \cdot 6,37/16,30 = 39\%$$

* Miðað við orkuinnihald olíunnar sett sem 100% (sjá mynd 29) getur skipting orkuinnihaldsins litið þannig út:

- Varmaorka sem tapast með útblæstri 32%
- Varmaorka sem fjarlægð er með kælingu 28%
- Varmaorka sem tapast með útgeislun 1%
- Varmaorka sem nýtist sem vélræn orka 39%



Mynd 39: Varmanýtni dieselvélar (framdrifsþúnaðar) og hvernig bæta má nýtingu kerfis.

2.1 Aðalvélar-, framdrifs- og orkuframleiðslukerfi

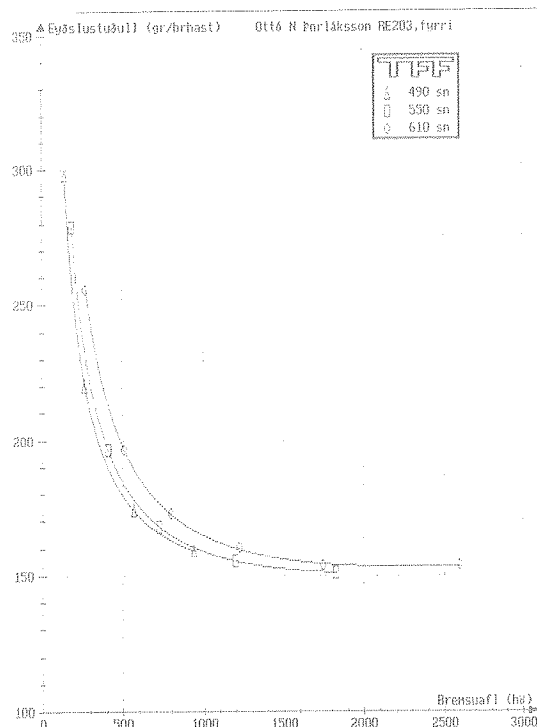
Eyðslustuðull dieselvélar

* Hér að framan var tiltekinn eyðslustuðull (eldsneytisnýting) dieselvélar, ákveðið gildi í grömmum á hestafl-klukkustund. Rétt er að hafa hugfast að eyðslustuðull dieselvélar er breytilegur, háður snúningshraða og hlutfallslegu álagi.

* Misjafnt er hvaða upplýsingar eru tiltækar frá vélarframleiðanda um eldsneytisnýtingu. Oft er gefinn upp einn punktur, besta nýting, eða stuðull við 100% álag.

* Á svonefndu prufuplani er eyðslustuðull mældur, við breytilegt álag, ekki alltaf við breytilegan snúningshraða, hugsanlega 6-8 álagsgildi.

* Á tímabilinu 1982-1996 mældi Tæknideild Fiskifélags Íslands nokkra tugi dieselvéla, þar sem eyðslustuðullinn var mældur við breytilegan snúningshraða og breytilegt álag. Með þessum mælingum fengust mikilvægar upplýsingar yfir breytilegt álagssvið, svo og samanburður við tölur framleiðanda, þar sem þær lágu fyrir. Á mynd 40 er sýnishorn úr slíkri mælingu.



Mynd 40: Niðurstöður eyðslustuðlamælinga.

2.2 Mismunandi kerfi

Almennt

* Aðalvélar- og orkuframleiðslukerfi eru með ýmsum hætti og verður hér einungis gefið sýnishorn af slíkum kerfum. Hér er átt við kerfi til að knýja skipið áfram og sjá fyrir orkupörf um borð, þ.e.:

- Almenna kerfið
- Vindubúnaður

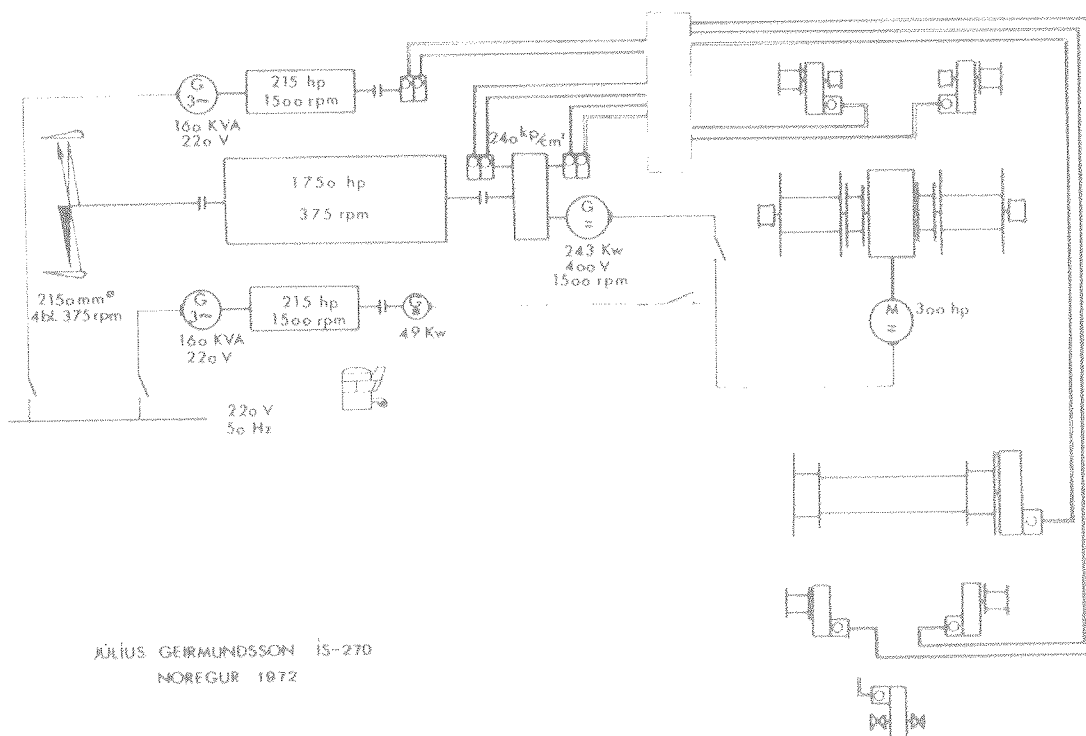
* Hér eru nefndir nokkrir megin valkostir í íslenskum skipum:

- Framdrif skips og raforkuframleiðsla aðskilin, þ.e.:
 - Aðalvél til framdrifs (og knýja ýmsar dælur)
 - Hjálparvélar til raforkuframleiðslu
- Framdrif og raforkuframleiðsla sameinað í einni vél, sem gefur eftirfarandi kosti:
 - Ein vél keyrð
 - Aukin orkuhagkvæmni, ef við vélina er hagkvæm skrúfa
- Ýmis kerfi (ekki hefðbundin hérlendis):
 - Tvær vélar og ein skrúfa
 - Tvær vélar og tvær skrúfur
 - Dieselvélar til raforkuframleiðslu, skrúfa knúin með rafmóturum

2.2 Mismunandi kerfi

Beintengd aðalvél, hjálparvél

* Á mynd 41 er sýnt kerfi með beintengda aðalvél, sem tengist skiptiskrúfu í föstum skrúfuhring. Á fremra aflúttaki aðalvélar er jafnstraumsrafall tengdur deiligír, auk þess vökvaprýstidælar. Rafmagnsframleiðsla er með 220 V riðstraumsrafölum á hjálparvélum.

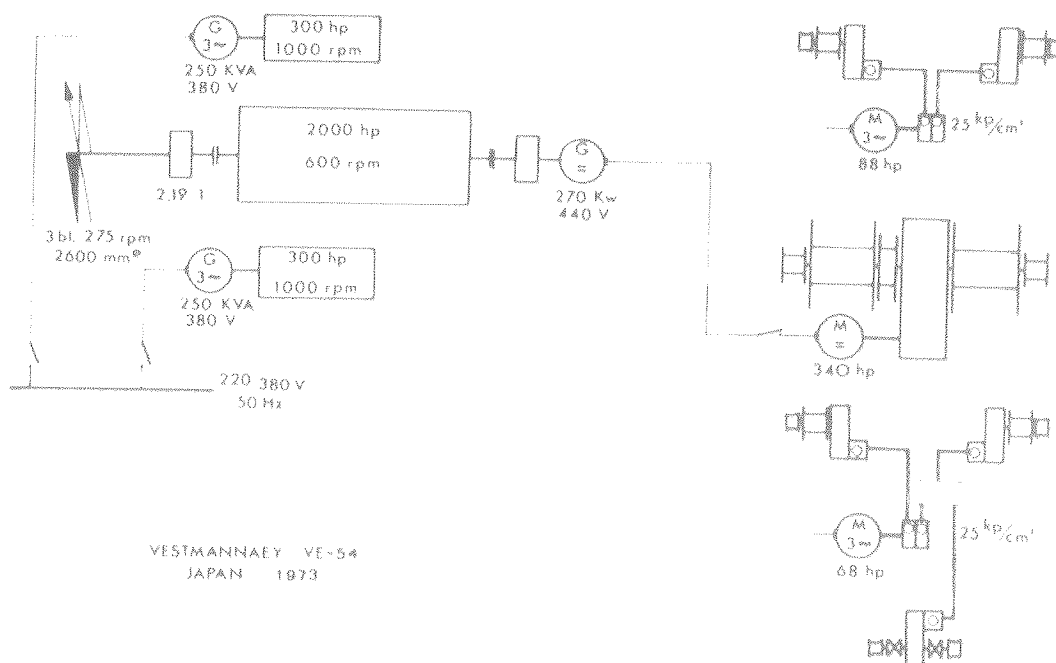


Mynd 41: Beintengd aðalvél með skiptiskrúfu og togvindudrifi, hjálparvélakeyrsla.

2.2 Mismunandi kerfi

Niðurgíruð aðalvél, hjálparvél

* Á mynd 42 er sýnt kerfi með niðurgíraða aðalvél, sem tengist skiptiskrúfu án hrings. Á fremra aflúttaki aðalvélar er jafnstraumsrafall tengdur deiligír. Rafmagnsframleiðsla er með 380 V riðstraumsrafölum á hjálparvélum.

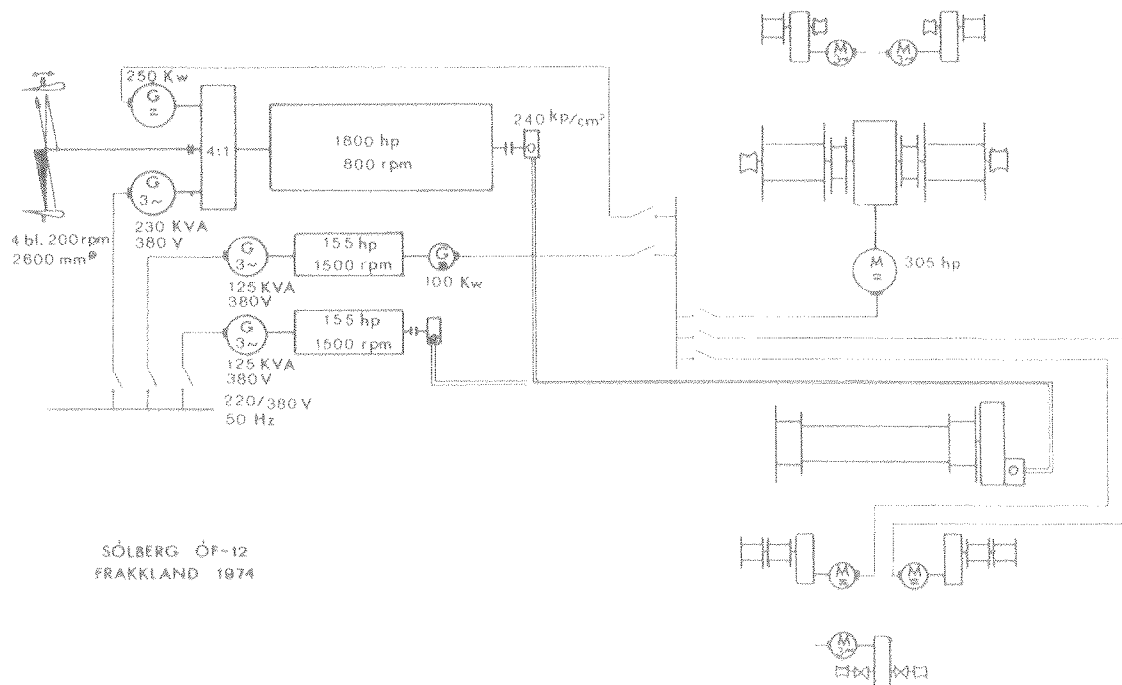


Mynd 42: Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu og togvindudrifi, hjálparvélakeyrsla.

2.2 Mismunandi kerfi

Niðurgíruð aðalvél, ásráfall

* Á mynd 43 er sýnt kerfi með niðurgíraða aðalvél, sem tengist skiptiskrúfu með hring. Á niðurfærslugír aðalvélar eru tveir rafalar, fyrir togvindu og skipskerfið (380 V).

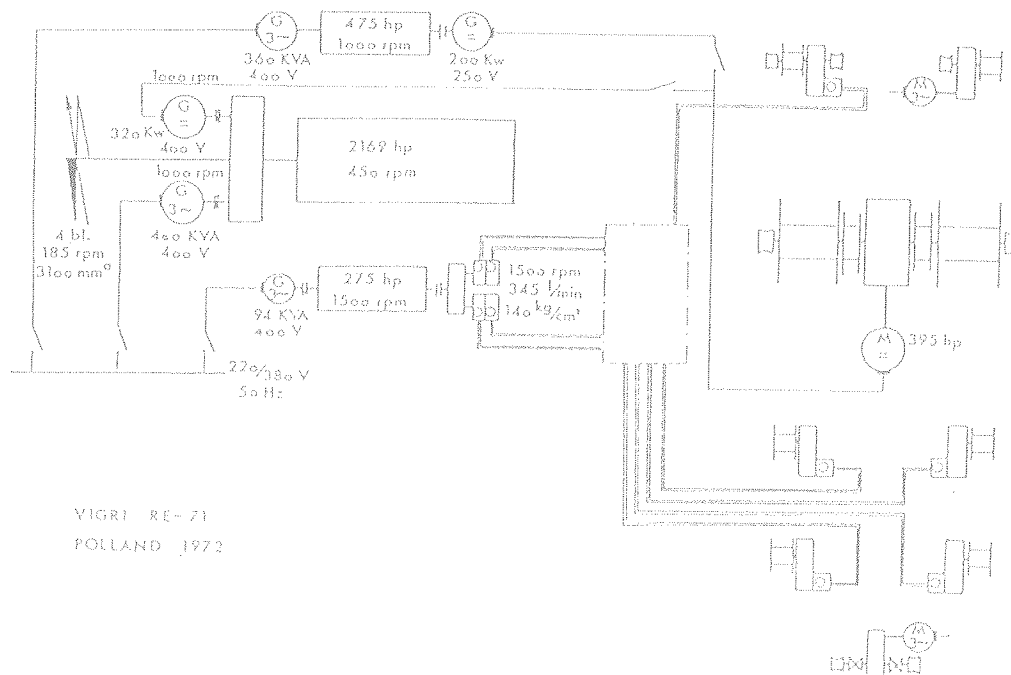


Mynd 43: Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu og togvindudrifi, ásráfall.

2.2 Mismunandi kerfi

Niðurgíruð aðalvél, ásráfall (neyðarkeyrsla)

* Á mynd 44 er sýnt kerfi með niðurgíraða aðalvél, sem tengist skiptiskrúfu án hrings. Á niðurfærslugír aðalvélar eru tveir rafalar, fyrir togvindu og skipskerfið (380 V), og jafnframt er unnt að keyra jafnstraumsrafal á hjálparvél inn á togvindurafalinn og knýja skipið áfram.

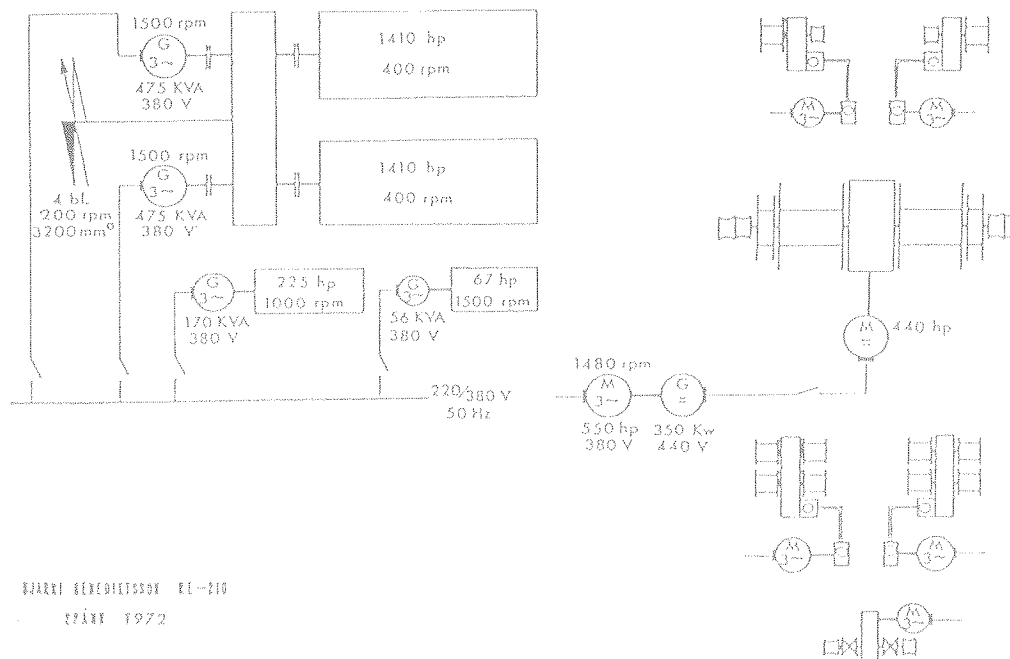


Mynd 44: Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu og togvindudrifi, ásráfall (neyðarkeyrsla).

2.2 Mismunandi kerfi

Tveggja-véla kerfi með skiptiskrúfu, ásráfarar og togvindu-straumbreytir

* Á mynd 45 er sýnt kerfi með tvær aðalvélar inn á sameiginlegan niðurfærslugír, með eitt úttak fyrir skiptiskrúfubúnað, skrúfa án hrings. Á niðurfærslugír aðalvéla eru tveir riðstraumsráfarar, og til að sjá fyrir jafnstraumspörf togvindu er straumbreytir (omformer).

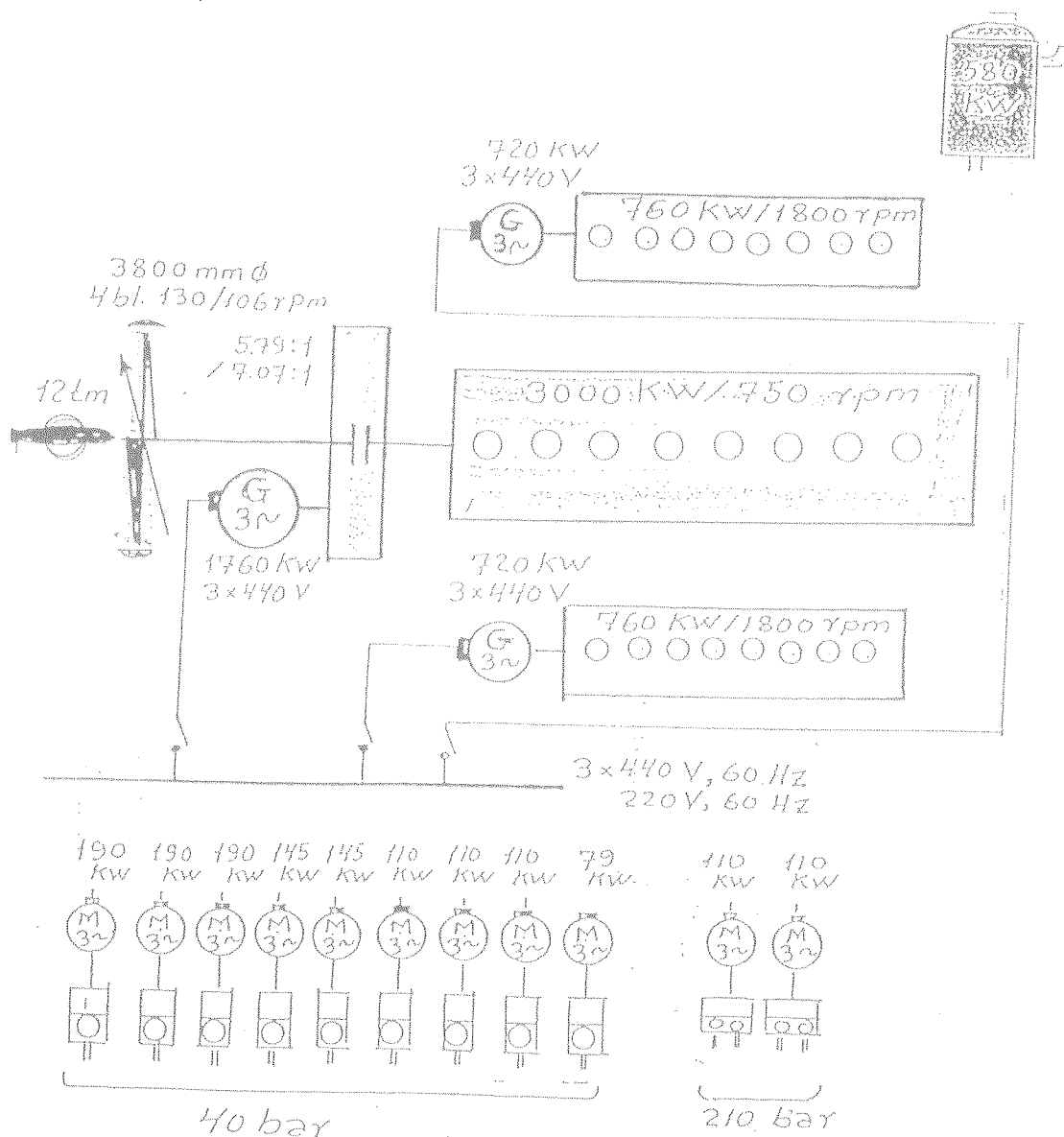


Mynd 45: Tveggja-véla kerfi með skiptiskrúfu, ásráfarar og togvindu-straumbreytir.

2.2 Mismunandi kerfi

Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu, einn ásráfall

* Á mynd 46 er sýnt kerfi með niðurgíraða aðalvél, sem tengist skiptiskrúfu með hring. Á niðurfærslugír aðalvélar er einn ásráfall (440 V), sem sér um alla raforkuþörf. Vindukerfi er raf-/vökvaprýstikerfi. Þá er afgasketill til nýtingar á afgangskraftu.



Mynd 46: Niðurgíruð aðalvél með skiptiskrúfu og einn ásráfall.

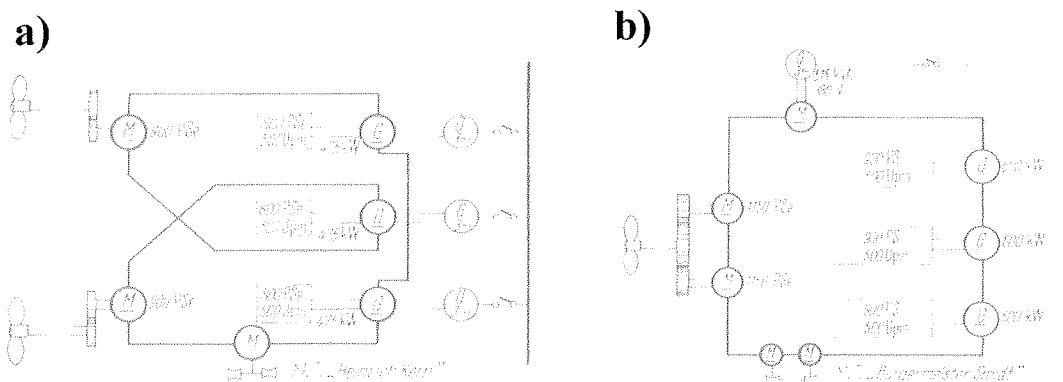
2.2 Mismunandi kerfi

Diesel-/raf-framdrifskerfi

* Diesel-/raf-framdrifskerfi hafa ekki rutt sér til rúms hér á landi. Á sjöunda áratugnum var nokkuð um að slík kerfi væru sett í skuttogara, m.a. vestur-þýska.

* Á mynd 47 eru sýnd tvö mismunandi kerfi, annars vegar tveggja skrúfu kerfi og hins vegar einrar skrúfu kerfi með tvo mótora inn á gír. Í báðum tilvikum er um jafnstraumsmótora að ræða, fasta skrúfu og jafnstraumsrafala.

* Á sjöunda áratugnum komu einnig fram kerfi með riðstraumsmótorum og skiptiskrúfu.



Mynd 47: Diesel-/raf-framdrifskerfi í v-þýskum skuttogurum. a) Skuttogarinn Heinrich Kern með tvær skrúfur. b) Skuttogarinn Bürgermeister Smidt með eina skrúfu.

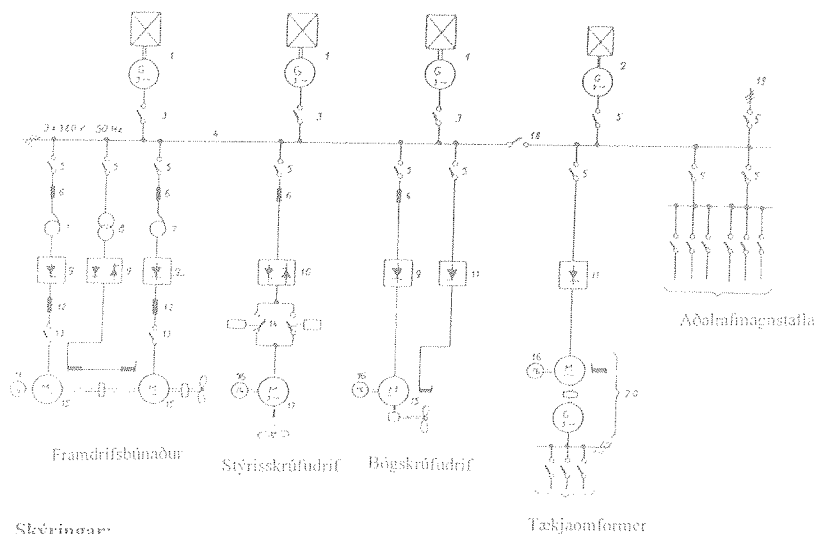
* Kostir slíkra kerfa gagnvart framdrifsnýtni (þar sem unnt er að keyra fasta skrúfu niður í lítinn snúning, allt eftir aflþörf), eru einkum þegar keyrt er á minna álagi en fullu. Þá fæst tiltölulega hár framsæknistuðull ($J = v_a/nD$) og unnt að teygja sig hærra upp á skrúfunýtnikúrfuna. Jafnframt er unnt að „skammta inn” mismunandi fjölda dieselvéla sem þá vinna á tiltölulega hagstæðum eyðslustuðli.

2.2 Mismunandi kerfi

Diesel-/raf-framdrifskerfi

* Fyrsta diesel-/raf-framdrifskerfi í íslensku skipi kom fram árið 1970, sett í rannsóknarskipið Bjarna Sæmundsson RE 30, smíðaður í V-Þýskalndi, sjá mynd 48. Það var tiltölulega nýtt í þessu skipi að framleiddur var riðstraumur sem er umbreytt í jafnstraum fyrir skrúfumótora með svonefndum „thyristorbúnaði”.

* Nýja hafrannsóknarskipið Árni Friðriksson RE 200 er einnig búið diesel-/raf-framdrifskerfi, en riðstraumsmótordrif beint á fasta skrúfu.



Skýringar:

- 1 Aðalvélasamstaður
- 2 Hafnarljósavél, hefur verið tekin út skipinu
- 3 Álagsrofi rafala
- 4 Aðalstraumskima
- 5 Álagsrofi
- 6 Straumspóla
- 7 Spennir
- 8 Greinispennir
- 9 Thyristorafriðill (fyrir snúð og sátur)
- 10 Thyristorbúnaður (spenmustýring fyrir stýrisskrúfumótora)
- 11 Díóðafriðill
- 12 Jöfnunarspóla
- 13 Jafnstraumsvarrofi
- 14 Snúningsáttarbreytir
- 15 Jafnstraumsskrúfumótora
- 16 Snúningshraðanemi ("jafnstraumsmótora")
- 17 Riðstraumsmótora (ósamfasa)
- 18 Greinirofi
- 19 Landtengi
- 20 Spennujöfnunarbúnaður 380 V/220 V

Mynd 48: Diesel-/raf-framdrifskerfi í rannsóknarskipinu Bjarna Sæmundssyni RE 30.

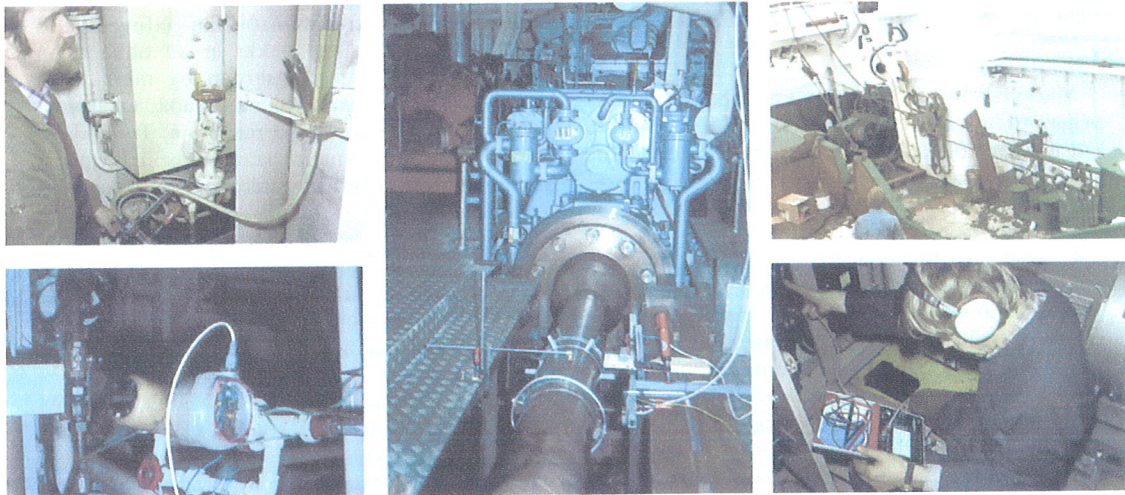
2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Almennt

* Í gegnum tíðina hafa verið gerðar ýmsar mælingar um borð í skipum til að kanna getu þeirra. Áður er minnst á hefðbundna ganghraðamælingu og spyrnumælingu.

* Oft hafa mælingar eins og að ofan greinir verið gerðar án þess að fyrir liggji hver afl- og orkuþörfin er í formi bremsuafls eða olíunotkunar.

* Mikilvæg vitneskja fæst um þessa þætti með olíurennslismælum, svo og öxulaflamælum, þessir tveir mælar samtengdir gefa þá möguleika á mælingu á eldsneytisnýtninni, þ.e. hinum svokölluðu eyðslustuðlum.



Mynd 49: Myndir frá mælingum Tæknideildar Fiskifélagsins á níunda áratugnum.

* Á síðum hér á eftir eru birtar greinar er snerta ofangreindar mælingar og lýsa mælitækninni.

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Nýtni aflbúnaðar (Ægir 10-1982

Auðun Ágústsson og Stefán A. Kárason:
Tæknideild Fiskifélags Íslands

Nýtni aflbúnaðar

NORDFORSK-samstarfsverkefni



Í framhaldi af umfjöllun í 4. og 9. tbl. Ægis 1982, verður verkefnið „Nýtni aflbúnaðar“ kynnt hér og gerð grein fyrir niðurstöðum þeirra mælinga, sem gerðar hafa verið fram til þessa.

Inngangur:

Markmið þessa verkefnis er tvíþætt. Annars vegar að mæla „eyðslustuðul“ véla frá hinum ýmsu framleiðendum, við mismunandi álag. Hins vegar að mæla olinotkun við mismunandi samspil snúningshraða og skurðar skrúfu, miðað við siglingahraða.

Í sambandi við aðalvélar skipa, er talað um eyðslufrekar vélar og eyðslugrannar vélar, og er ýmist átt við mun milli véla mismunandi framleiðenda eða milli véla frá sama framleiðanda. Ekki eru menn á eitt sáttir um hve mikinn mun hér er um að ræða, og hefur Tæknideild því áhuga á að skoða þetta mál nokkuð. Venjulega gefa framleiðendur véla eyðslustuðul upp við fullt álag á vél en yfirleitt við mismunandi snúningshraða. Þar sem aðalvélar eru sjaldnast keyrðar undir fullu álagi, er að okkar mati áhugavert að sjá hvernig stuðullinn breytist með mismunandi álagi og á mismunandi snúningshraða.

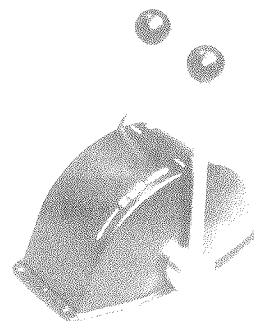
Ekki er vist að eyðslumunur véla mismunandi framleiðenda, sem virdist í fljótu bragði vera til staðar, sé eingöngu mismunandi eyðslustuðli um að kenna. Verið getur að við vélar frá ákveðnum vélaframleiðanda sé jafnan valinn skrúfubúnaður frá sama skrúfuframleiðanda, en sá skrúfubúnaður sé ekki notaður annars staðar, og þannig getur komið fram munur sem alls ekki er háður vélinni sem slíkri. Það er því nauðsynlegt í þessu sambandi að skoða vélbúnaðinn í heild.

Skiptiskrúfubúnaður er ákaflega þægilegur í notkun enda er slíkur búnaður almennt um borð í

islenskum fiskiskipum, nema þeim alminnstu. Önnur hlíð á þessum búnaði er sú, að með honum er hætt á að óþarflega mikilli ollu sé eytt, og hefur því skiptiskrúfubúnaðurinn jafnvel verið kallaður oliuþjófurinn. Þekkt er að oliueyðslan eykst við aukinn snúningshraða og minnkun á skurði miðað við sama siglingahraða, en hversu mikið þetta er í reynd vilja menn sjá. Tæknideild hefur í hyggju að mæla þetta samspil í ýmsum skipum, mismunandi að stærð og með mismunandi vélbúnaði.

Ýmislegt af því, sem hér hefur verið dregið á, og fyrirhugað er að mæla, er einfalt að reikna út, en okkar reynsla er sú að menn trú á frekar mæliniðurstöðum en niðurstöðum fræðilegra útreikninga sem viðkomandi þekkir hvorki haus né sporð á.

Í þessari kynningu verður gerð grein fyrir því hvernig að mælingum er stadið, mælitækjum og mælitækni sem notuð er, og nokkuð fjallað um niðurstöður sem fengust í þeim tveim skipum sem mæld hafa verið.



Stjórnun snúningshraða og stigningar getur haft veruleg áhrif á oliueyðsluna.

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Nýtni aflbúnaðar (Ægir 10-1982)

Framkvæmd mælinga:

Mælingar þessar fara þannig fram, að viðkomandi skipi er siglt ákveðna vegalengd, með vissum skurði á skrúfu og ákveðnum snúningshraða. Þessar siglingar eru síðan endurteknar með kerfisbundnum breytingum á skurði og snúningshraða, þannig að út kemur ákveðið mynstur, sem nær yfir eðlilegt notkunarvið aflkerfisins. Vegalengdin, sem sigld er, er á milli tveggja fyrirfram ákveðinna miða, og til þess að eyða áhrifum strauma, vinds o.þ.h. er siglt fram og til baka með sama álagi.

Í hverri siglingu eru síðan framkvæmdar ýmsar mælingar: Hraði skipsins er ákveðinn á tvennan hátt, annars vegar út frá tímanum sem það tekur að sigla þessa ákveðnu vegalengd, og hins vegar er notað handlogg. Oliunotkun aðalvélar er mæld þannig að með aflesturum af mekaniskum teljara oliumælis fæst oliumagnið sem notað er í hverri ferð, sem ásamt þeim tíma sem liður milli aflestra gefur meðalolíunotkun í ferðinni. Í vélarúmi er fylgst með ýmsum þáttum sem segja til um álag á vélina, svo sem afgangshita, skolloftsþrýsting, skolloftshita og dælustillingu.

Til þess að ákvarða stigningu á skrúfu er ýmist notaður kvarði á stýrihandfangi í brú, eða annar mælibúnaður í brú, sem gefur upplýsingar um stöðu skrúfublaðanna. Þessi mæling gefur í sjálfu sér ekki hina eiginlegu stigningu skrúfunnar, heldur hlutfallslega breytingu á stigningu milli „núllskurðar“ og mesta skurðar sem stýribúnaðurinn ræður yfir.

Að lokum er síðan rúsinan í pylsuendanum, en það er að mæla aflíð sem vélin skilar út á skrúfuöxul. Þessi mæling gerir kleift að skilja á milli nýtni vélarinnar og nýtni skrúfubúnaðar, en það er forsenda þess að unnt sé að gera þær athugasemdir sem fram komu í inngangi. Þar sem hér er um mælingu að ræða, sem okkur vitanlega hefur ekki verið gerð hér á landi áður og er í eðli sínu nokkuð flókin, verður hér gerð grein fyrir mælitækini, tækninni sem notuð er og fræðinni sem að baki liggur.

Afl í skrúfuöxli:

Eyðslustuðull vélarinnar segir til um það hve mikið magn af olíu vélin notar á hverja vélorkueiningu er hún framleiðir. Eyðslustuðullinn er hér mældur í grömmum af olíu á hestafl klukkustund. Til þess að reikna eyðslustuðulinn þá þarf

að liggja fyrir, auk eyðslu vélar í grömm/klukkustund, það afl er hún gefur frá sér í hestöflum. Aflíð frá vélinni fer að mestu leyti til skrúfu, utan töp í gir og afl til dælubúnaðar og rafala.

Til þess að fá fram skrúfuhestöflin, þá þarf að mæla vægið er skrúfuöxullinn flytur og snúningshraða hans. Hestöflin fást þá samkvæmt jöfnunni:

$$HÖ = \frac{M \cdot N}{716}$$

Hö = hestöfl.

M = vægi (kp m).

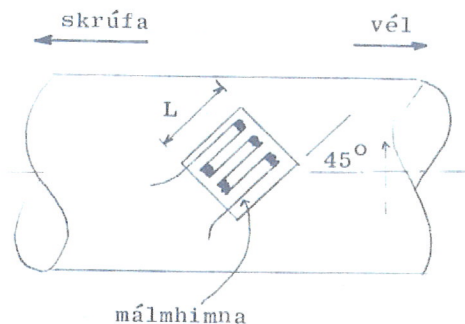
N = snúningshraði (snúningar á mínútu).

Snúningshraðinn er hér mældur þannig að gúmmínabbar sem festir eru á öxulinn, rjúfa ljósgeisla til ljósnema, við snúning öxulsins. Teljari telur síðan merkin frá ljósnemanum og þannig fæst nákvæm mæling á snúningshraðanum.

Vægið er fundið með því að mæla tognun er verður í yfirborði öxulsins við álag. Mælikvarði á þetta er svonefnt strain, ϵ . Mælingin er framkvæmd þannig að örþunn málmhimna á einangrandi undirlagi, strain gauge, er límd á öxulinn. Málmhimnan myndar ákveðið mynstur, sjá mynd 1. Álag á öxulinn veldur nú því að málmhimnan lengist, jafnhliða tognun í yfirborði hans. Við þetta eykst viðnám málmhimnunnar. Mælitæki sem fest er á öxulinn og snýst með honum, nemur viðnámsbreytinguna og sendir þráðlaust merki frá öxlinum til mælitækis við öxulinn.

L = lengd málmhimnu (m).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \text{hlutfallsleg lengdarbreyting málmhimnu (strain)}.$$



Mynd 1.

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Nýtni aflbúnaðar (Ægir 10-1982)

R = viðnám málmhimnu (ohm).

$\frac{\Delta R}{R}$ = Hlutfallsleg viðnámsbreyting málmhimnu.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{k} \frac{\Delta R}{R}$$

$k \approx 2$ (framleiðandi gefur upp nákvæmt gildi á k fyrir hverja tegund af strain gauge).

Mælitækið sýnir beint stærðina, ϵ , en vægið, M, fæst með jöfnunni:

$$M = \frac{\pi \cdot G \cdot (D^4 - d^4)}{8 \cdot D} \epsilon$$

M = öxulvægi (kp m)

ϵ = hlutfallsleg lengdarbreyting í yfirborði öxuls eftir línu er myndar 45° horn við snúningsás öxulsins (strain), sjá mynd 1.

G = skerstuðull efnisins í öxlinum (kp/m²).

D = ytra þvermál öxulsins á mælistað (m).

d = innra þvermál öxulsins á mælistað (útborunin) (m).

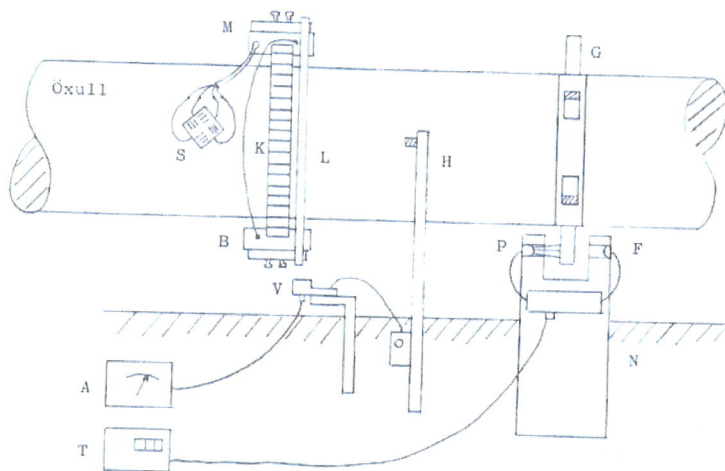
Hér verður nú í örfáum orðum lýst mælibúnaði og uppsetningu hans til mælinga á snúningshraða og vægi.

Snúningshraðamælirinn samanstendur af skynj-

ara sem er ljósgjafi og ljósnæmur transistor, sjá mynd 2, ásamt aflestrartæki og er mælirinn smíðaður á Tæknideild. Aflestrartækið sendir spennu til ljósgjafans en hann sendir síðan þröngan ljósgeisla til ljóstransistorsins andspærnis honum. Við öxulinn er fest málmband með 6 gúmminöbbum á og rjúfa þeir ljósgeislann við snúning öxulsins. Teljari í aflestrartæki telur síðan merkin frá ljóstransistornum í nákvæmlega 10 sekúndur og birtir síðan niðurstöðuna með ljósstöfum. Mæliniðurstaðan er þá meðalgildi snúningshraðans í snúningum á minútu tekið yfir 10 sekúnda tímabil.

Vægismælirinn er frá Astech Electronics Ltd í Bretlandi. Aðalhlutar mælisins eru annars vegar mælisendir, rafhlöðukassi og sendiloftnet, en þessi búnaður er festur við öxulinn með keðju og snýst með honum. En hins vegar er móttökuloftnet/magnari og fjaraflesturstæki. Þar sem nauðsynlegt er að jarðbinda mælisendinn er hann tengdur við öxulinn, en öxullinn síðan jarðtengdur í gegnum kolbursta, sjá nánar á mynd 2. Hér eru 4 stykki strain gauge (fullbrú) tengd saman sem Wheatstones brú og límd á öxulinn. Áður en líming strain gauge brúarinnar fer fram, þarf að finslipa öxulinn á límstaðnum. Að lokinni límingu er strain gauge brúin þakin lagi af silicone sem vörn gegn raka og jafnvel hnjaski.

Mælisendir fær orku sína frá rafhlöðukassa og þarf spenna hans að vera á bilinu 7,5 til 18 V (við notkun 10 V rafhlöðu). Í mælisendi er spennustillir er gefur út 5,1 volta spennu og er hún send til strain



Mynd 2.

M = mælisendir.

S = strain gauge.

B = rafhlöðukassi.

K = keðjufesting.

L = sendiloftnet.

V = viðtökuloftnet.

H = kolbursti.

A = aflestrartæki strain.

T = aflestrartæki snúningshraði.

G = gúmminabbar á öxli.

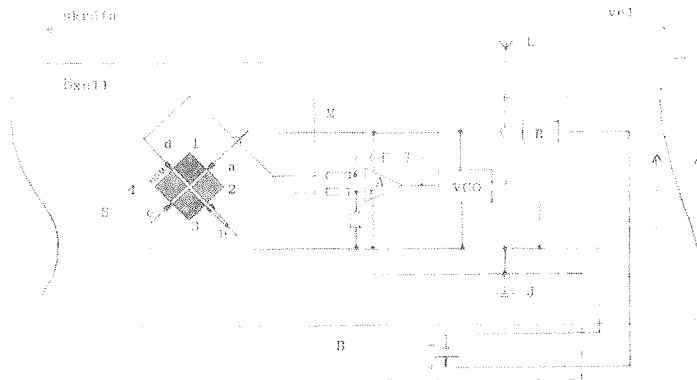
N = skynjari.

P = ljósgjafi.

F = ljóstransistor.

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Nýtni aflbúnaðar (Ægir 10-1982)

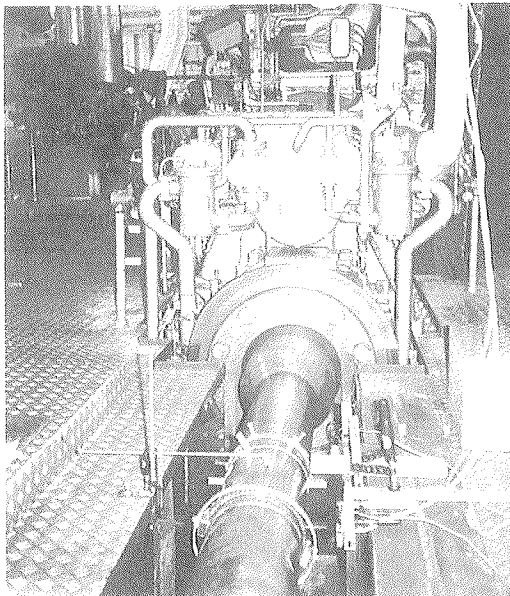


Mynd 3.

S = strain gauge brú.
M = mælisingdir.
B = rafhlöðukassi.
J = jarðsamband.
L = sendiloftnet.
A = magnari.
VCO = spennustýrður sveifluvaki.
R = spennustillir.

gauge brúarinnar. Við öxulsnúning eins og sýnt er á mynd 3, eykst viðnámið í 1. og 3. armi strain gauge brúarinnar, en minnkar jafn mikið í 2. og 4. arminum. Þetta þýðir það að punktur b fær hærri spennu heldur en punktur d. Þessir útgangar brúarinnar eru tengdir við aðgerðarmagnara í mælisinginum, magnarinn stjórnar svo aftur spennustýrðum sveifluvaka og gefur sveifluvakinn frá sér spennu af ákveðnum styrk en breytilegri

tíðni (square wave). Tíðni sveifluvakans er línulega háð styrk merkisins frá strain gauge brúnni og er tíðnisviðið $12200 \text{ Hz} \pm 2000 \text{ Hz}$. Þegar öxullinn er álagslaus er tíðnin 12200 Hz en getur aukist um 2000 Hz upp í 14200 Hz við fullt álag, við fullt álag á öxulinn í gagnstæða snúningsátt, minnkar hins vegar tíðnin um 2000 Hz niður í 10200 Hz . Þetta tíðnimótada merki fer síðan til sendiloftnetsins á öxlinum. Móttökuloftnet við öxulinn á móts við sendiloftnetið nemur síðan rafsviðið frá sendiloftnetinu. Sambyggt móttökuloftnetinu er magnari er magnar upp merkið en það er síðan leitt til fjaraflestrartækisins. Aflestrartækið breytir hinu tíðnimótada merki aftur í spennu sem er í beinu hlutfalli við spennuna frá strain gauge brúnni. Aflestrartækið er með vísisaflestri og er það kvadað í mkróstrain (μ strain). Rafhlöðukassinn er með hláðanlegum rafhlöðum en einnig var útbúin á tæknideild rafhlöðukassi með venjulegum Alkaline rafhlöðum og endist orka hans verulega lengur.



Uppsetning mælitækja á Vikingi AK.

Vegna þess að mælisingurinn gengur fyrir rafhlöðum, þá hentar þessi búnaður ekki sem varanlegur vægismælir um borð í skipi. Þó mun hægt að fá spennugjafa er sendir orkuna þráðlaust til mælisingisins. Hins vegar yrði líming og frágangur á strain gauge brúnni þá nokkuð meira fyrirtæki.

Niðurstöður mælinga:

Þau tvö skip, sem mæld hafa verið nú þegar á þennan hátt, eru Svanur RE 45 og Vikingur AK 100.

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Nýtni aflbúnaðar (Ægir 10-1982)

Tafla I. Niðurstöður mælinga í Svan RE:

Ferð	Snúningsshr. vél	Stigning skrífa	Hraði	Ollu- notkun	Snúningsshr. öxull	Vægi öxull	Afl öxull	Afl vél	Eyðslu- stuðull
no	sn/mín	%	hn	l/klst	sn/mín	kpm	hö	hö g/haklst	
1	600	70	8.41	47.3	228.0	736	234	241	164
2	600	85	9.40	62.8	227.5	1052	334	344	153
3	600	100	10.15	80.0	227.2	1393	442	455	147
11	650	85	9.93	81.9	247.3	1252	443	457	150
12	650	100	10.95	108.4	246.9	1706	599	618	147
8	700	70	9.09	76.1	268.5	1049	393	405	157
9	700	85	10.35	100.3	267.7	1440	538	555	151
10	700	100	11.18	140.7	267.3	2105	786	810	145
4	750	70	9.80	96.4	290.7	1229	499	514	157
5	750	85	10.96	129.1	289.7	1725	698	719	150
6	750	100	11.57	181.3	289.3	2473	999	1030	147
7	750	103	11.78	192.1	289.0	2630	1061	1094	147

Svanur RE, sem upphaflega hét Brettingur NS 50, var byggður í Hollandi árið 1967, og er eitt tíu systurskipa sem byggð voru fyrir Íslendinga í Norgegi og Hollandi árin 1966 og 1967. Árið 1979 var skipið lengt, byggt yfir þilfar þess, og sett ný aðalvél í skipið. Mesta lengd skipsins er 45.02 m, mótuð breidd 7.60 m og dýpt að efra þilfari 6.20 m. Aðalvél er frá Wärtsilä Vasa, gerð 824 TS, átta strokka vél, sem skilar 1330 hö við 750 sn/mín. Við vélina er niðurfærslu- og skiptiskrúfubúnaður frá Liaaen, gerð ACG 63/450, niðurgírur 2.548:l. Skrífa er fjögurra blada úr NiAl-bronsi, með 2000 mm þvermáli, og utan um skrúfuna er skrúfuhringur.

Víkingur AK er einn af síðustu síðutogurum sem byggðir voru fyrir Íslendinga, en hann var byggður í V-Þýzkalandi árið 1960, og er einn af fjórum systurskipum. Árið 1977 var byggt yfir þilfar skipsins og því breytt í nótaveiðiskip, og árið

1981 var sett ný vél í það. Mesta lengd skipsins er 72.51 m, mótuð breidd 10.30 m og dýpt að efra þilfari 7.90 m. Aðalvél er frá Alpha-Diesel, gerð 12U28L-VO, tólf strokka vél, sem skilar 2880 hö við 750 sn/mín. Við vélina er niðurfærslu- og skiptiskrúfubúnaður frá Alpha-Diesel, gerð 34V065, niðurgírur 3.36:1. Skrífa er fjögurra blada úr NiAl-bronsi, með 2900 mm þvermáli, en engin skrúfuhringur er á skipinu.

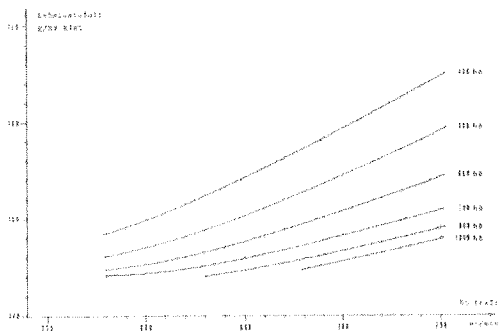
Í töflu I koma fram helztu niðurstöður úr mælingu í Svan RE, en mæling fór fram í Hvalfirði 3. september s.l. Í fremsta dálknum kemur fram röðin á mælingunum, næst kemur innstilltur snúningshraði vélar samkvæmt mæli í brú, þá stigning, þ.e. staða stillihandfangs í brú samkvæmt skala við handfang. Næsti dálkur gefur hraða skipsins reiknaðan út frá siglingatíma milli miða, og síðan kemur meðaltal olíuotkunar í viðkomandi ferð. Þá kemur eiginlegur snúningshraði skrúfuöxuls,

Tafla II. Niðurstöður mælinga í Víkingi AK:

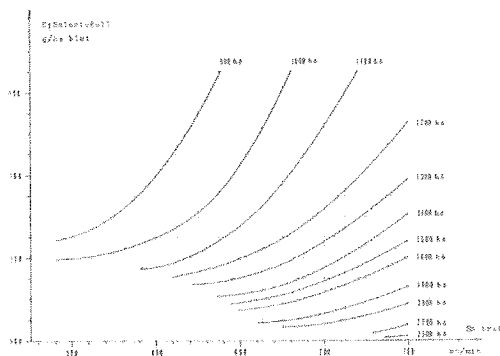
Ferð	Snúningsshr. vél	Stigning skrífa	Hraði	Ollu- notkun	Snúningsshr. öxull	Vægi öxull	Afl öxull	Afl vél	Eyðslu- stuðull
no	sn/mín		hn	l/klst.	sn/mín	kpm	hö	hö g/haklst	
1	550	4.60	10.42	139.4	161.8	1935	437	485	241
2	550	5.25	11.44	167.8	161.7	2830	639	693	203
8	550	6.05	12.24	188.8	157.0	3940	864	923	171
3	650	4.50	12.11	210.9	192.0	3034	813	883	200
4	650	5.45	13.51	281.7	191.8	4412	1182	1262	187
5	750	3.80	12.62	263.7	222.9	3522	1096	1184	186
6	750	5.20	15.01	417.8	222.4	6591	2047	2164	162
7	750	5.80	16.12	506.8	221.0	8153	2516	2647	160

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Nýtni aflbúnaðar (Ægir 10-1982)



Linurit I: Svanur RE.



Linurit II: Víkingur AK.

og síðan vægið í öxlinum, en þessar stærðir eru mældar með þeim mælitækjum, sem fyrr var fjallað um. Næst kemur útreiknað afl í skrúfuöxli og síðan afl í vél, en reikna má með 3% tölum í niðurfærslugír. Aftast kemur síðan útreiknaður eyðslustuðull, en til að fá hann var eðlisþyngd þeirrar olíu, sem notuð var, mæld, og reyndist hún vera 0.837 g/cm^3 við 15°C .

Tafla II sýnir tilsvarendi niðurstöður og útreikninga fyrir mælingu í Víkingi AK, sem fram fór á sama stað 9. október s.l. Þessi mæling var framkvæmd strax eftir botnhreinsun skipsins, en samsvarandi mæling var gerð 1. október, rétt fyrir hreinsun, og verða þessar mælingar bornar saman í annarri grein, sem birtast mun fljótlega. Í töflunni eru samsvarandi tölur og í töflu I, nema stigning er þarna lesin af mæli sem sýnir stöðu skiptiteinsins, og munur á afli í öxli og afli í vél, er auk 3% tapa í gir, afl sem fer í að snúa útkúplanlegu aflúttaki á framenda vélarinnar. Þetta afl var mælt með sama hætti og skrúfuöxulaflið, og reyndist það vera 34 hö við 550 sn/min, 44 hö við 650 sn/min og 53.5 hö við 750 sn/min.

Á linuritum I og II kemur fram samband eyðslustuðuls vélar, afli og snúningshraða. Eins og fram kemur á linuritunum fæst hagstæðari eyðslustuðull með meira álagi á því álagssviði sem mælt var, og talist getur eðlilegt notkunarsvið skipanna. Miðað við l.d. að nota þurfti 600 hö í Svaninum, eyðir vélin um 154 g/haklst við 750 sn/min, á móti 145 g/haklst við 600 sn/min, eða eyðslan er um 6% meiri við háa snúningshraðann. Ef á sama hátt er lítið á 1200 ha álag á vélinni í Víkingnum, eyðir hún um 186 g/haklst við 750 sn/min, á móti um

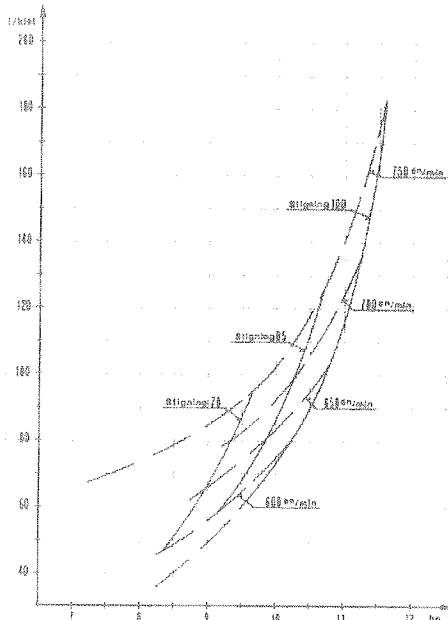
167 g/haklst við 600 sn/min, eða eyðslan er um 11% meiri við háa snúningshraðann. Einnig kemur fram af linuritunum að munur á eyðslustuðli er meiri við hærri snúningshraða, og sömuleiðis við lægri hestaflatölu.

Ef linuritin eru bornar saman, kemur í ljós, að eyðslustuðullinn er hærri fyrir vélina í Víkingi, og einnig breytist stuðullinn mun meira fyrir þá vél. Ef þær litlu upplýsingar, sem viðkomandi framleiðendur gefa upp um eyðslu þessarra véla, eru bornar saman við samsvarandi niðurstöður Tæknideildar, kemur í ljós að í Svan gefa mæliniðurstöður um 3% lægri eyðslustuðul en framleiðandi gefur upp, en í Víkingi eru mæliniðurstöður um 1% hærri. Með þeirri mælitækni sem notuð er hér, er gert ráð fyrir að skekkjan geti verið allt að 3%, og er ofangreindur munur innan þeirra marka. Ekki má líta á þennan samanburð sem algildan samanburð milli þeirra vélagerða sem hér eru mældar, þar sem hér er aðeins um mælingu á einni vél frá hvorum framleiðanda að ræða, en ástand vélanna, aldur og stilling getur hér haft veruleg áhrif.

Á linuritum III og IV kemur fram samband oliunotkunar og siglingahraða, við mismunandi samspil skrúfustigningar og snúningshraða. Heildregnu linurnar sína samband oliunotkunar og hraða miðað við fastan skrúfuskurð, en brotnu linurnar samband oliunotkunar og hraða miðað við fastan snúningshraða. Af linuritunum kemur berlega í ljós, að hagstæðast er að keyra á sem mestum skurði og minnstum snúningshraða. Af þessu leiðir að miðað við oliunotkun á að stjórna siglingahraðanum með snúningshraða vélarinnar en

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Nýtni aflbúnaðar (Ægir 10-1982)



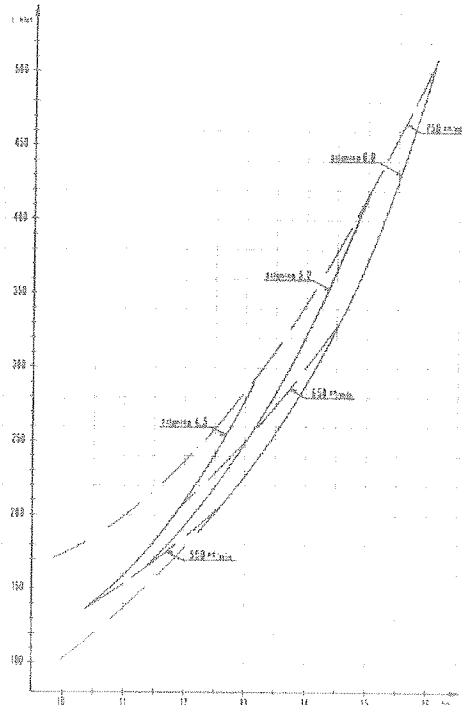
Linur II: Svanur RE.

ekki skrifustigningu, heldur á hún að vera sem mest.

Ef við skoðum í háðum tilfellum muninn, sem fram kemur við ca 75% af fullum siglingahraða skipanna fæst:

Fyrir Viking AK verður þetta 12 hn hraði, og við fullan snúningshraða verður oliunotkunin um 236 l/kst, en stigningin er ákaflega litil. Lágmarksnotkunin er aftur á móti um 178 l/kst við fulla stigningu og lágan snúningshraða. Oliunotkunin er því um 33% meiri við háa snúninginn.

Fyrir Svan RE er samsvarandi siglingahraði um 9 hn, og við fullan snúningshraða verður oliunotkunin um 85 l/kst. Við fulla stigningu og lágan snúningshraða verður oliunotkunin aftur á móti um 49 l/kst. Hér er notkunin um 73% meiri við háa snúningshradann.



Linur IV: Vikingur AK.

Þau áhrif, sem hér um ræðir, eru minni við meiri siglingahraða, en vaxa aftur á móti mikið við lægri hraða.

Af ofangreindum tölum er ljóst, að það getur skipt afar miklu máli með tilliti til oliunotkunar, að vélin sé notuð á skynsamlegan hátt. Sú ráðstöfun, sem algeng hefur verið í nýsmíðum og breytingum á skipum nú hin síðari ár, að láta aðalvél knýja ríðstraumsrafal í gegn um fast aflúttak, getur að okkar mati verið hættuleg. Í þeim tilfallum, sem þetta er gert, er hættu á að vélin sé ætíð keyrd á þeim snúningshraða sem þarf til að nota rafalinn, jafnvel þó álagið á vélinni sé mjög lítið. Í slíkum tilfellum getur oliunotkunin greinilega orðið mjög mikil, og sú raforka sem framleidd er þar með orðin óhólflega dýr.

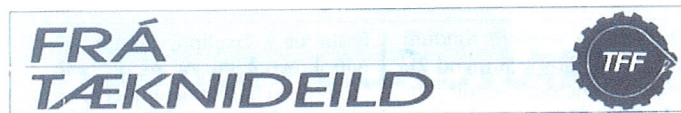
2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Tölvuvæðing aflnýtnimælinga (Ægir 9-1989)

496

ÆGIR

9/89



Tölvuvæðing aflnýtnimælinga

Almennt

Á undanförmum mánuðum hafa starfsmenn Tæknideildar Fiskifélags Íslands og Fiskveiðisjóðs Íslands unnið að því að tölvuvæða mælingar á orkuhagkvæmni skips og vélbúnaðar. Saga deildarinnar á sviði orkunotkunar og orkuhagkvæmni skipa er orðin löng og má rekja allt aftur til ársins 1975, þegar deildin kom sér upp oliurennismæli og hóf skipulegar mælingar og kynningar með þessum búnaði árið 1976.

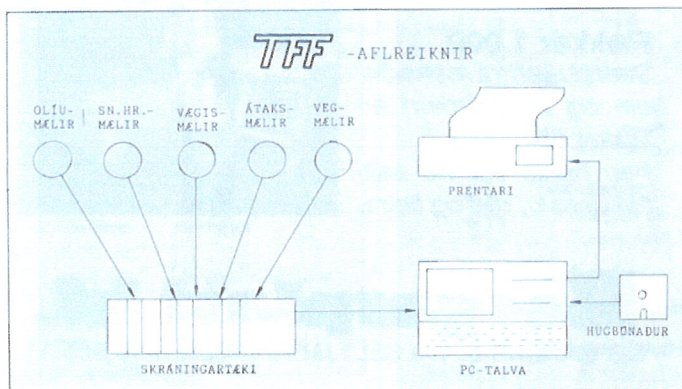
Á því tímabili sem mælingar spanna, hefur margvísleg þróun í búnaði deildarinnar átt sér stað og margar mælingar framkvæmdar. Ákveðin tímamót áttu sér stað með þátttöku í hinu svonefnda Norðforsk-verkefni, en þá hófust hjá deildinni fyrstu mælingar á aflí út á skrófuðxul og þar með einnig mæling á eldsneytisnýtingu aðal-

véla (eyðslustuðlum). Nú á þessu ári hefur enn eitt skrefið verið stigið með hinum nýja búnaði.

Með búnaði þessum fæst mjög nákvæm samtíamæling margra þátta í aflnýtni og orkuhagkvæmni, auk þess sem skráning er tölvuvædd, svo og öll úrvinnsla, þar sem mælitækjabúnaður er tengdur PC-tölvu.

Til að gefa nokkra hugmynd um hvaða þætti er unnt að varðveita og lesa af tölvuskjá eða prentara samtímis og mæling fer fram, má nefna:

- Oliunotkun aðalvélar (l/klst)
- Afl yfirfært á skrófuðxul (hö)
- Snúningshraða skrófu (sn/mín)
- Bremsuafll vélar (hö)
- Eyðslustuðul vélar (g/hast)
- Spyrnu skips (tonn)
- Ganghraða skips (hn)



Mynd 1. Yfirlitsmynd af einingum hins nýja tölvuvædda mælitækjabúnaðar.

Til viðbótar ofangreindum þáttum er mögulegt að rita á staðnum ýmsa þá ferla sem áhuga-verðir eru, svo sem oliunotkun og vélarafll sem fall af ganghraða eða spyrnu fyrir mismunandi snúningshraða; eyðslustuðla vélar sem fall af vélaraflli fyrir mismunandi snúningshraða o.fl.

Að hluta til er eldri tækjabúnaður deildarinnar nýttur, en til viðbótar hefur verið hannaður og smíðaður nýr búnaður, sem dæmi skráningartæki og átaksmælir, svo og hugbúnaður, og hefur sú vinna verið unnin af starfsmönnum Tæknideildar.

Hér á eftir verður gerð grein fyrir helstu einingum kerfisins, en yfirlitsmynd (mynd 1) sýnir þær.

Skráningartæki

Í upphafi þegar mælingar á oliunotkun fiskiskipa hófust á Tæknideild var notaður svokallaður ovalhjólamælir sem er rúmmálmælir er mælir nákvæmlega rúmmál þess vökva er fer í gegnum hann. Mælirinn var tengdur jafnstraumsrafal er gaf frá sér spennumerki í hlutfalli við oliurennislið í gegnum mælinn. Spennumerkið var síðan leitt gegnum kapal til spennumælis er gjarnan var staðsettur í brúnni. Þetta fyrirkomulag gaf að vísu ágæta raun en krafðist þess að fylgst væri með nákvæmni aflestrarbúnaðarins. Ennfremur eru ýmsir þættir varðandi oliurennisli til aðalvélar með þeim hætti að æskilegt er að fá meðalgildisvísun yfir nokkurn tíma.

Þegar mælingar á öxulvægi og snúningshraða hófust var því farin sú leið að senda merkin, frá mælitemunum til aflestrartæksins, sem púlsta með tíðni í hlutfalli við styrk merkisins. Aflestrartækið telur púltsafjöldann yfir ákveðið tímabil og gefur púltsafjöldinn þá meðalgildið yfir tímabilið. Hver mælirás

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Tölvuvæðing aflnýtnimælinga (Ægir 9-1989)

9-89

ÆGIR

497

hefur sinn teljara og á þennan hátt fæst meðalgildið á öllum rásum yfir sama mælitímabil.

Í fyrstu var teljarastadan lesin af ljóstölu og færð á mæliblað en síðan var ráðist í það að smíða skráningartæki er tekur við púlsum frá mælinema, líkt og fyrrnefndi búnaðurinn, og sendir síðan meðaltölin til venjulegrar PC-tölvu. Tölvan skráir gögnin á diskettu og vinnur úr þeim ýmsar upplýsingar sem hún birtir síðan á skjá og prentara.

Olíumælir

Við olíumælinn var, eins og áður er getið, smíðaður búnaður er framleiðir ákveðinn púlsafjöldi fyrir hvern snúning ovalhjólanna í mælinum. Púlsafjöldinn er talinn í skráningartækinu og gefur hann þá meðalvísunina yfir mælitímabilið.

Snúningshraðamælir

Snúningshraði skrúfuöxulsins er mældur á þann hátt að plastborði

með hvítum og svörtum röndum er límdur á öxulinn (sjá mynd 2). Snúningshraðaneminn sendir innfrarauðan ljósgeisla til öxulsins og nemur endurkastíð. Fyrir hverja hvíta rönd fæst endurkast og þá er sendur púls til skráningartækisins, er telur púlsafjöldann yfir mælitímabilið. Á þennan hátt fæst mjög góð mælinákvæmni, eða $\frac{1}{10}$ úr snúning á mínútu, miðað við 60 rendur og 10 sek. mælitíma.

Vægismælir

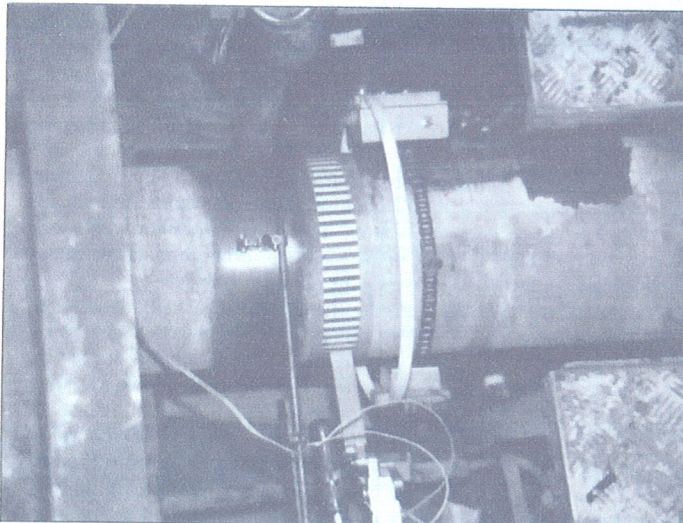
Þegar ákvarða þarf aflíð, sem skrúfuöxullinn flytur til skrúfunnar, er nauðsynlegt að þekkja bæði snúningshraða öxulsins og vægið (snúningsátakið) í öxlinum. Vægismælingin er framkvæmd þannig að á öxulinn er límd viðnámsfilma (togviðnám, strain gange). Þegar öxullinn flytur snúningsátakið til skrúfunnar þá snýst örlítið upp á hann með þeim afleiðingum að yfirborð öxulsins tognar og þá einnig viðnámsfilman. Sérstakur mælisendir, sem

festur er á öxulinn, nemur viðnámsbreytinguna og sendir þráðlaust merki til móttökubúnaðar við hlið öxulsins. Merkið er sent þaðan til skráningartækisins á sama formi og um var rætt hér að framan, þ.e. púlsar af tíðni sem er í beinu hlutfalli við öxulvægið. Talning púlsanna í skráningartækinu gefur sem fyrr meðalgildi öxulvægisins yfir mælitímabilið.

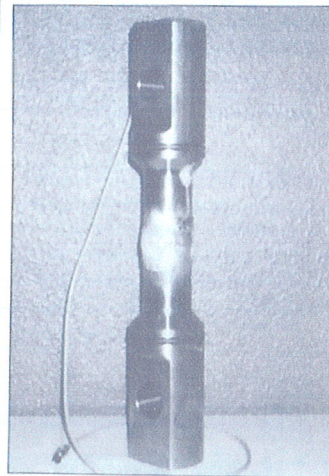
Átaksmælir

Á Tæknideild hefur til skamms tíma verið notaður átaksmælir af gerðinni Piab IS/1-5, fyrir 10 tonna hámarksátak. Aflestur er af glugga á hlið mælsins en einnig af sírita tengdum mælinum.

Togmæling fer þannig fram að togvír er dreginn aftur í gegnum aðra togblökkina í gegnum leiðiblökk sem fest er við bryggjupolla í landi. Vírinn er tekinn aftur um borð í gegnum hina togblökkina og festur þar við átaksmælinn. Þegar skipið er spyrnumælt sýnir mælirinn þannig helming átaksmælingu.



Mynd 2. Myndin sýnir snúningshraða- og vægismæli deildarinnar. Myndin er frá mælingu árið 1983. Ljósmyndir með grein: Tæknideild.



Mynd 3. Hinn nýi átaksmælir deildarinnar. Myndin sýnir togviðnám á miðkallanum og mælinn án hlifar og lása í endum.

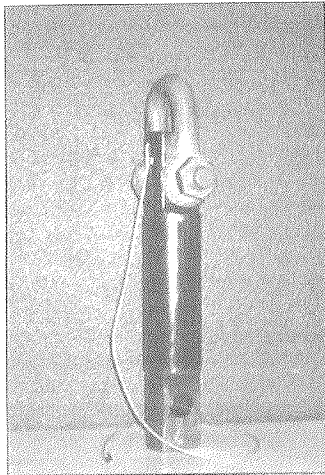
2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Tölvuvæðing aflnýtnimælinga (Ægir 9-1989)

498

ÆGIR

9/89



Mynd 4. Myndin sýnir nýja ataksmæl-
ingum með hluti og lása á öðrum enda.

ms. Með þessum hætti er því hægt
að mæla allt að 20 tonna togátak
með einfaldri uppstillingu.

Þegar mæla hefur þurft meira en
20 tonna átak þá hefur atakið til
mælisins verið helmingað aftur
með séstaki uppstillingu. Þessi
aðferð minnkar hins vegar mæli-
nakkvæmni. Af þessum sökum
röðust starismenn Tæknideildar í
það að smíða átaksmæli er getur
mælt 25 tonna togátak, og með
heildbundinni mæliaðferð má

mæla allt upp í 50 tonna togátak
skipa.

Mælirinn sjá myndir 3 og 4 er
smíðaður úr ryðfríum stalsival-
ingum. Til endanna er frásæð af
sivalingnum og boruð á hann gól
fyrir lása en miðkallinn er renndur
niður. Sérstök togviðnám eru limd
á miðkallann (mynd 4) og honum
lökad með stálhólk í gummipett-
ingum. Til enda sivalingsins er
komið fyrir rafmóðabúnaði er
tengist togviðnamunum. Þegar
togmæling fer fram, lengist sival-
ingurinn orluð og þá einnig tog-
viðnám og viðnám þeirra eykst.
Þetta skýrjar rafmóðabúnaðinum í
enda sivalingsins og sendir frá
sér pulsa af tíðni sem er í beinu
hlutfalli við lengingu oxulsins og
þar með einnig í beinu hlutfalli við
togkraftinn.

Vegmælir

Mæling á ganghraða getur verið
með vmsu móti, sem dæmi siglir
fost vegalengd með viðmiðun í
land, eða með mælingu skv. tækja-
búnaði um borð, þ.e. vegmæli
eða loran.

Hluti búnaðarinn er tenging við
vegmæli og fast þannig sjálfvirk
skræning á ganghraða. Einnig er
mögulegt að fá skræningu með
öðrum hætti.

Tölvu- og aflestrarbúnaður

Notuð er Bondwell Model 18
PC-ferdatakva við mælingarnar og
við hana er tengdur prentari af
gerðinni Citizen LSP 10.

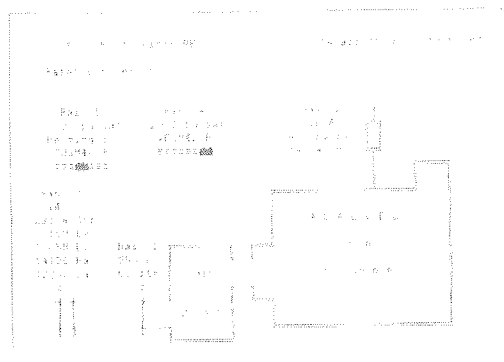
Hugbúnaður

Hugbúnaðurinn er skrifaður í
Turbo Pascal. Segja má að hann
sé gerður úr þrem meginþáttum.

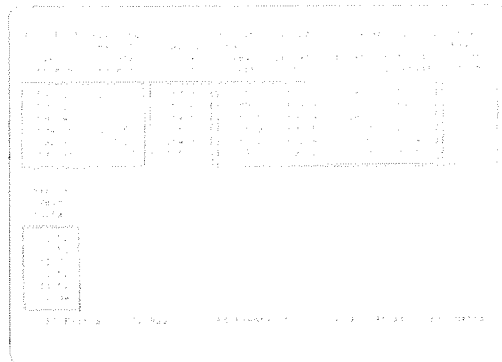
Í fyrsta lagi er hluti, sem heldur
utan um hvaða mælar eru tengdir
við kerfið í hverri mælingu (sá
mynd 5), og hvaða reiknifæstar
gilda fyrir hvem einstakan mæli.
Þessar löstu upplýsingar eru síðan
geymdar í skrá á diskettu.

Í öðru lagi er mælihluti, en sa
hluti hugbúnaðarinn les frá mæli-
tækjum, skrifar út í skrá á diskettu,
reiknar út niðurstöður fyrir em-
staka aflestra og birtir þær á skjá
tölvunnar (mynd 6) og einnig á
prentara ef vill. Umnt er að skóða
mælinguna eftir á með því að lesa
upplýsingarnar frá diskettunni í
stað mælitækjanna.

Að lokum er urvinnsluhluti,
sem notaður er að mælingu lok-
inni. Hér eru reiknuð meðaltöl út
úr einstökum mælingum, reikn-
aður út ferlar fyrir meðaltölin, og
þeir tekiðir á skjá og prentaðir á
pappír ef óskað er.



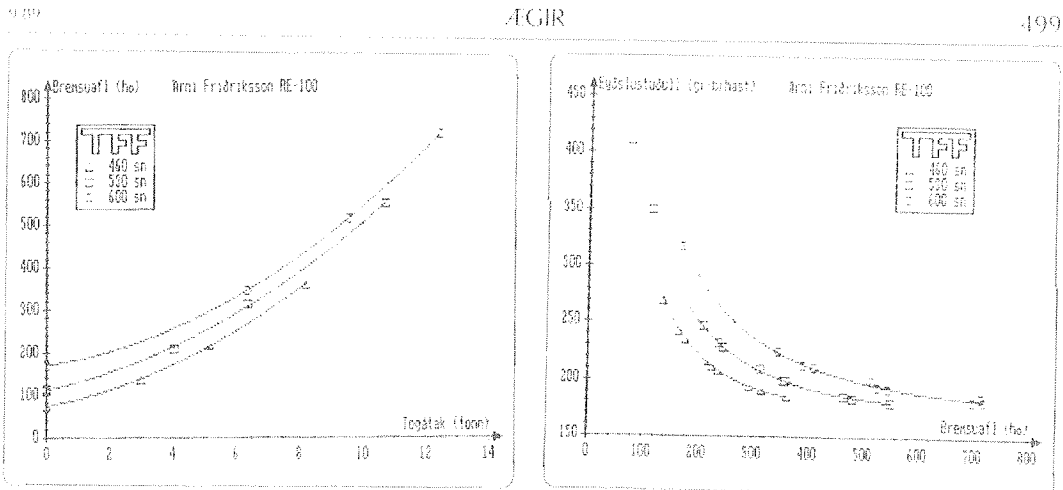
Mynd 5. Skjámynd, sem sýnir tengda mæla og innsetta
reiknifæsta.



Mynd 6. Skjámynd, sem kemur fram á meðan á mælingu
standur. Í þessa tilviki er um að ræða ganghraðamælingu.

2.3 Afl- og orkumælingar um borð

Tölvuvæðing aflnýtnimælinga (Ægir 9-1989)



Mynd 7. Líniútlit sem kemur fram í lok mælingar og svipt bremsuafli sem tali af togstaki (byggjuspögn) fyrir mismunandi snúningshraða tilfjörðindur í rannar. Togstak mælt með Plab-mælum.

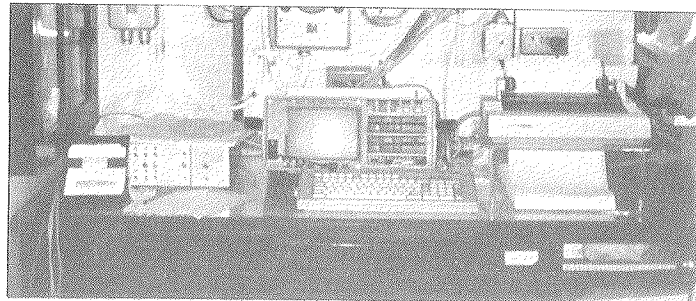
Mynd 8. Líniútlit sem kemur fram í lok mælingar og byggir a egðslustaðlum allra mælinga og svipt egðslustaðla sem tali af bremsuafli.

Fyrstu prófanir

Fyrstu prófanir á búnaðinum í heild sinni fóru fram 14. apríl s.l. um borð í rannsóknaskipinu Arna Friðrikssyni RE. Á myndum 7 og 8 má sjá nokkur svínshorn úr þessum mælingum, þ.e. líniútlit sem tekið er um borð í lok mælinganna. Þess má geta að aður, óða 10. febrúar s.l., var hluti búnaðarinnar prófaður um borð í Óskari Halldórssyni RE, þ.e. spálvirk skráning á oluotkun og snúningshraða oxuls.

Niðurlag

Tæknideild hefur metið stöðuna þannig að ákveðin eftirspurn aftur að vera eftir mælingum, bæði með tillitmiðni övra skipa, svo og í eldri skipum þar sem úrgerðarmenn standa frammi fyrir breytingum og endurnýjun á aðalvélum.



Mynd 9. Myndin tekur úr mælingum í Arna Friðrikssyni RE og svipt skráningartöki og tölvu- og allosturáunnað. Til vinstri: Diskettukassi, skráningartöki, tölvubúnað og skjar, þrengur.

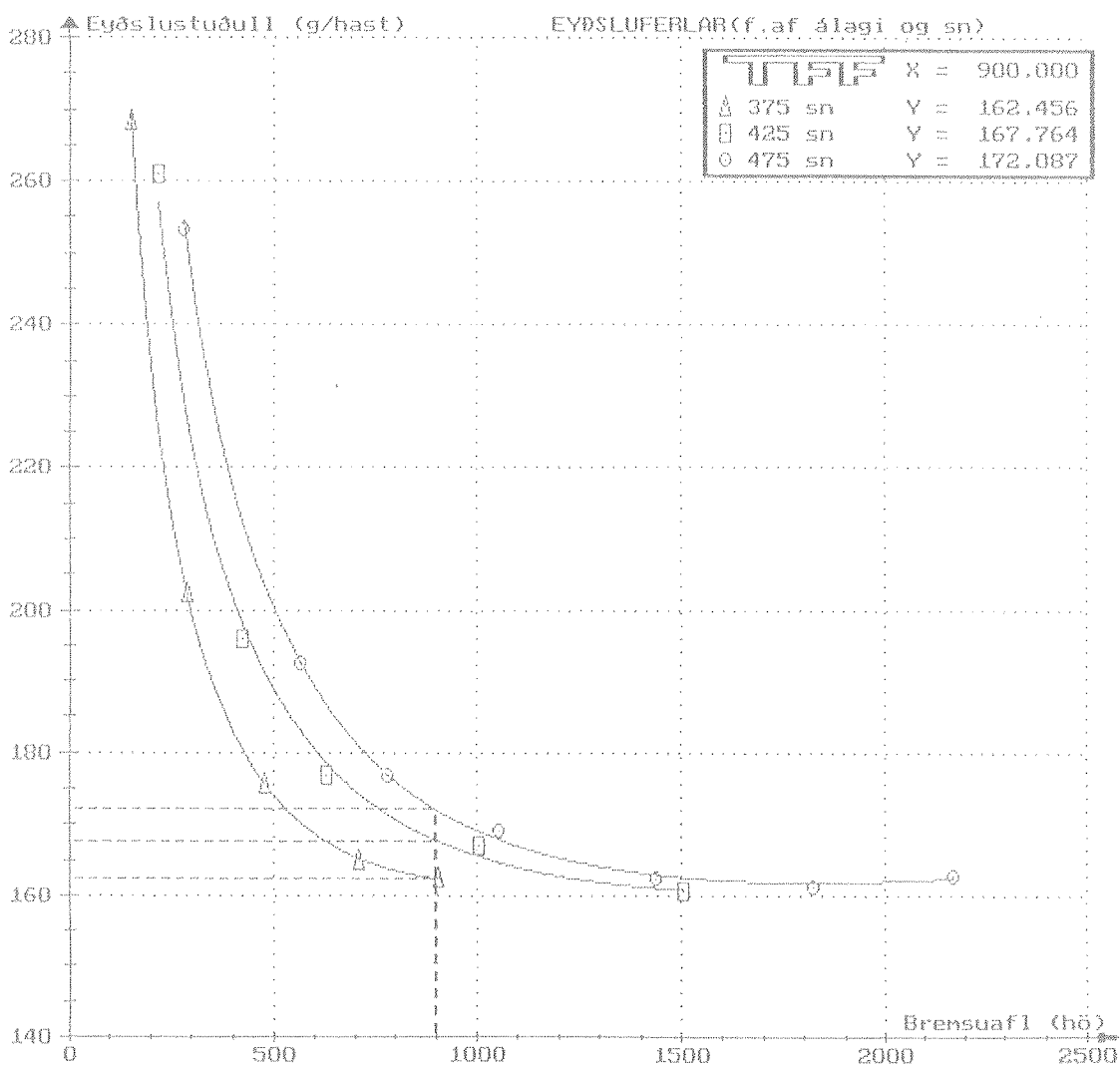
Mikilvægt er að fyrir höndi sé aðili sem getur framkvæmt mælingar á hinum ýmsu þáttum í afl- og orkunotkun með mikilli nákvæmni, gerf nauðsynlega útreikninga eftir viðurkomdam aðferðum og gengið frá niðurstöðum.

Tæknideildin er sa aðili höfðendis sem hefur mesta reynslu og byggir upp ákveðna færni, bæði hvað snertir mælingar og útreikninga á þessum þáttum. Það er því eðlilegt að það sem í höndi er, sé því af hlutafengandi aðilum.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 1: Um eyðslustuðla véla

* Á mynd 50 er dæmi um mælda eyðslustuðla við þrjá snúningshraða. Sjá má hve ferlarnir eru brattir við hlutfallslega lítið álag. Ef tekið er dæmi við 900 hö fæst eyðslustuðull 162,5 h/hast við 375 sn/mín, 167,8 g/hast við 425 sn/mín og við 475 sn/mín (fullur snúningur) er eyðslustuðullinn 172,1 g/hast.

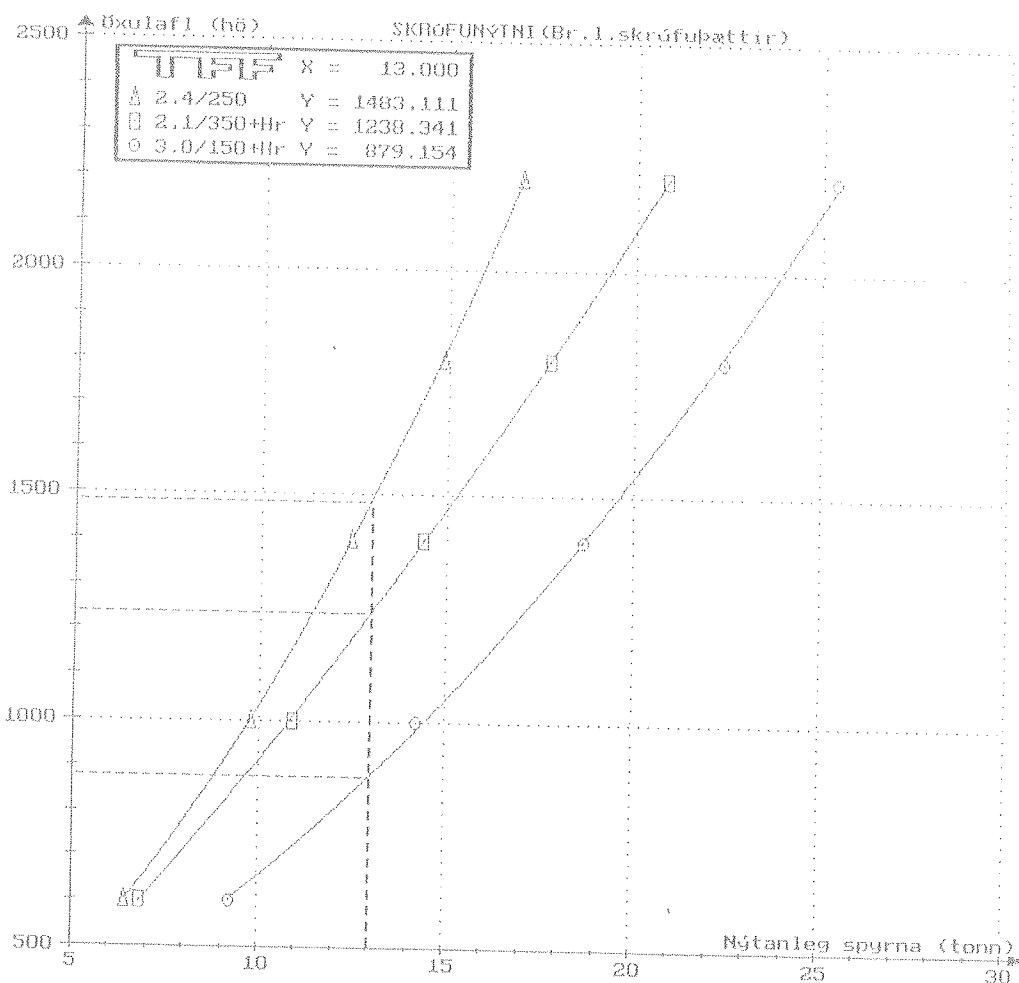


Mynd 50: Eyðsluferlar við breytilegan snúningshraða.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 2: Um skrufunýtni

* Á mynd 51 er dæmi um nýtanlega skrufuspurnu fyrir mismunandi skrufubætti, þ.e. öxulafl sem fall af skrufuspurnu. Ferill 1 (Δ) gildir fyrir skrófu sem er 2,4 m í þvermál án hring og snýst 250 sn/mín; ferill 2 (\square) gildir fyrir skrófu sem er 2,1 m í þvermál í hring og snýst 350 sn/mín; ferill 3 (o) gildir fyrir skrófu sem er 3,0 m í hring og snýst 150 sn/mín. Sjá má að ef krafa er um 13 tonna nýtanlega spurnu er aflþörf 1483 hö fyrir skrófu skv. ferli 1, 1238 hö fyrir skrófu skv. ferli 2, og einungis 879 hö fyrir skrófu skv. ferli 3.

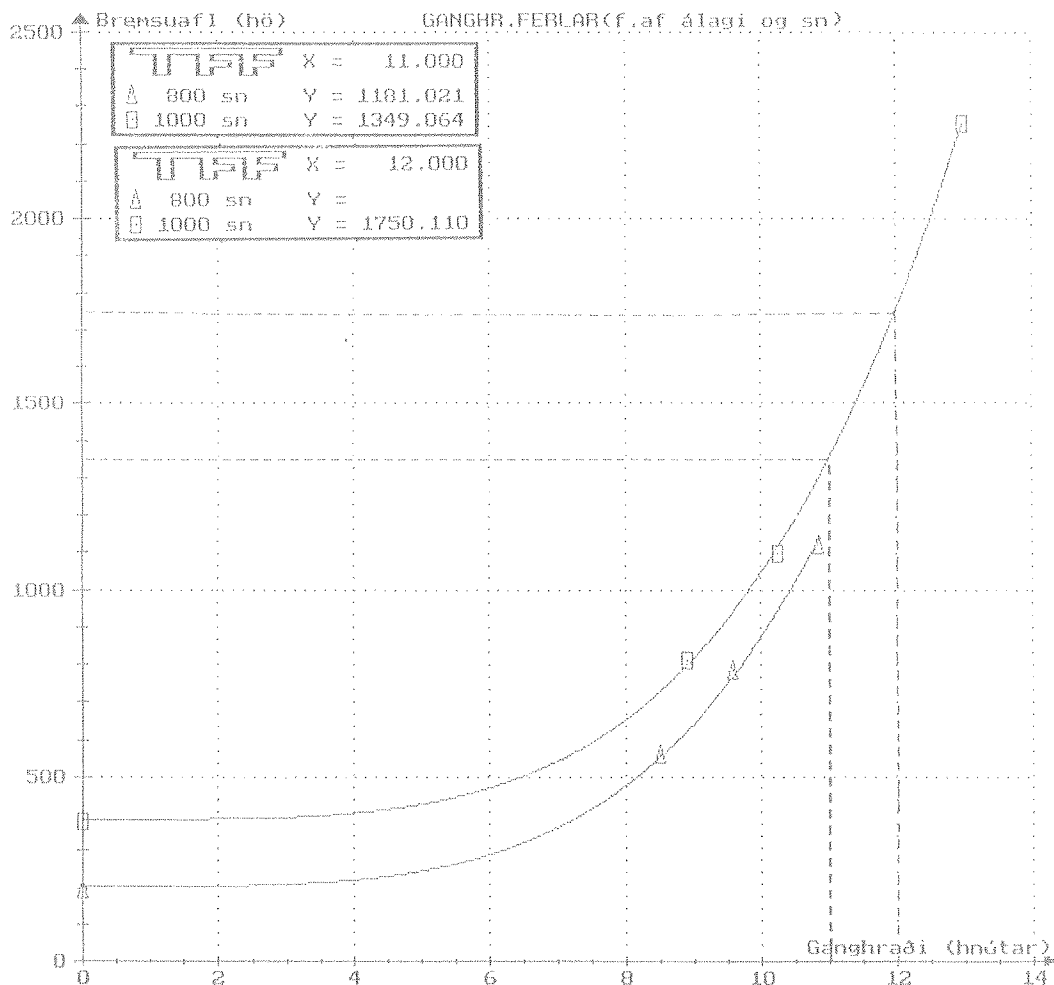


Mynd 51: Nýtanleg skrufuspurnu fyrir mismunandi skrófur.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 3: Um ganghraðaferla

* Á mynd 52 er dæmi um ganghraðaferla, bremsuafli sem fall af ganghraða fyrir tvo snúningshraða á vél. Í báðum tilvikum er unnt að keyra ásráfal við 50 rið (2ja hraða úttak á gír fyrir rafal). Ef gerð er krafa um 11 hn hraða fæst annars vegar 1181 ha álag við 800 sn/mín og hins vegar 1349 hestöfl við 1000 sn/mín (fullan). Munur er hér 14%. Jafnframt má sjá að ef keyrt er á 1000 sn/mín eykst aflþörfin úr 1349 hö við 11 hn í 1750 hö við 12 hn, eða um 30%.

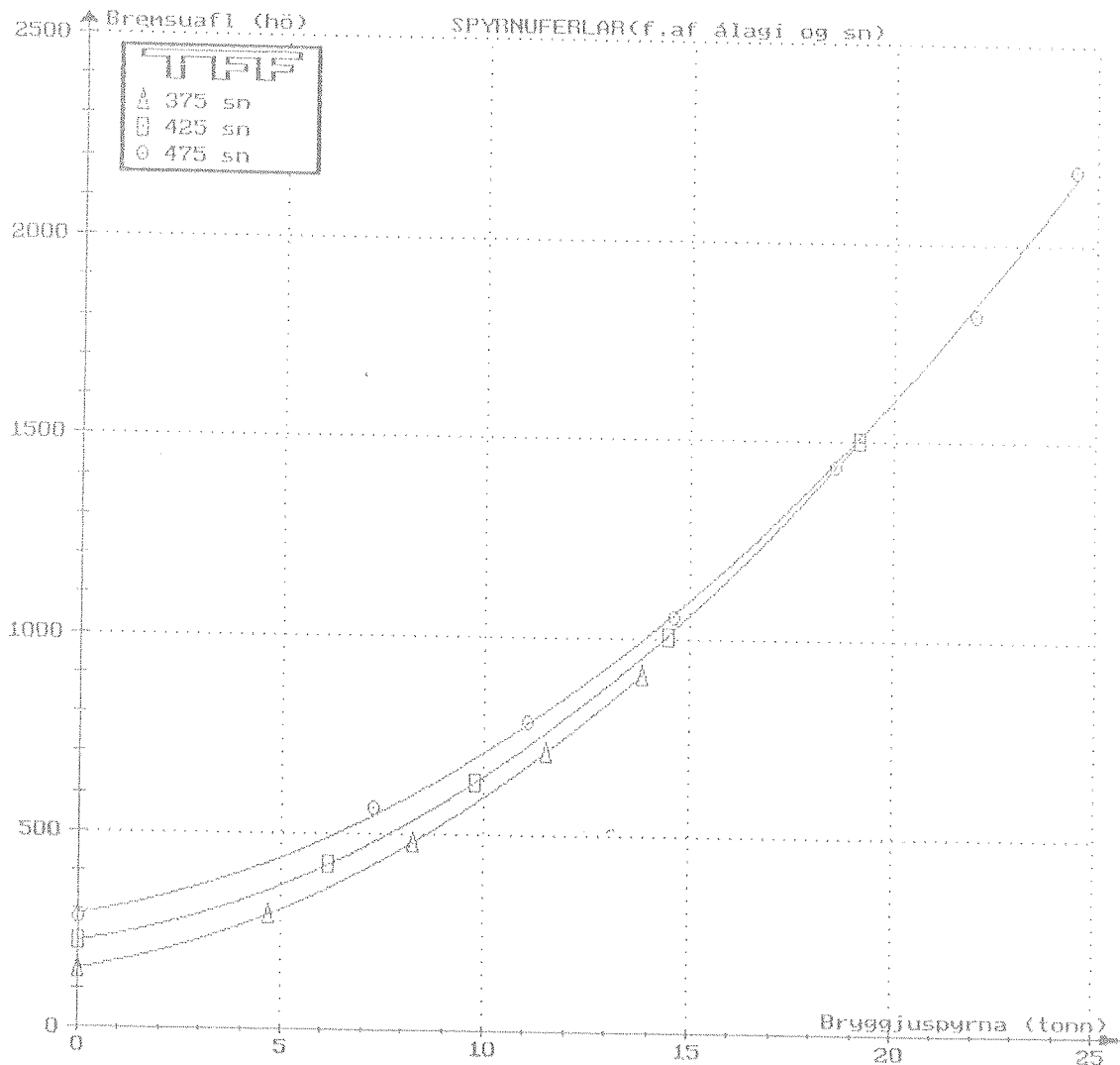


Mynd 52: Ganghraðaferlar fyrir mismunandi snúningshraða á vél.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 4: Um spyrnuferla

* Á mynd 53 er dæmi um spyrnuferla, bremsuafli sem fall af bryggjuspyrnu fyrir þrjá snúningshraða á vél, skráð afl vélar 2200 hö. Eins og sjá má er hámarks bryggjuspyrna rúm 24 tonn, 475 sn/mín. Ef keyrt er á 425 sn/mín fæst um 19 tonna hámarks spyrna og við 375 sn/mín er hámarks spyrna tæplega 14 tonn. Við spyrnu undir 14 tonn má sjá að lækkandi snúningshraði gefur meiri spyrnu á hestafleisingu.

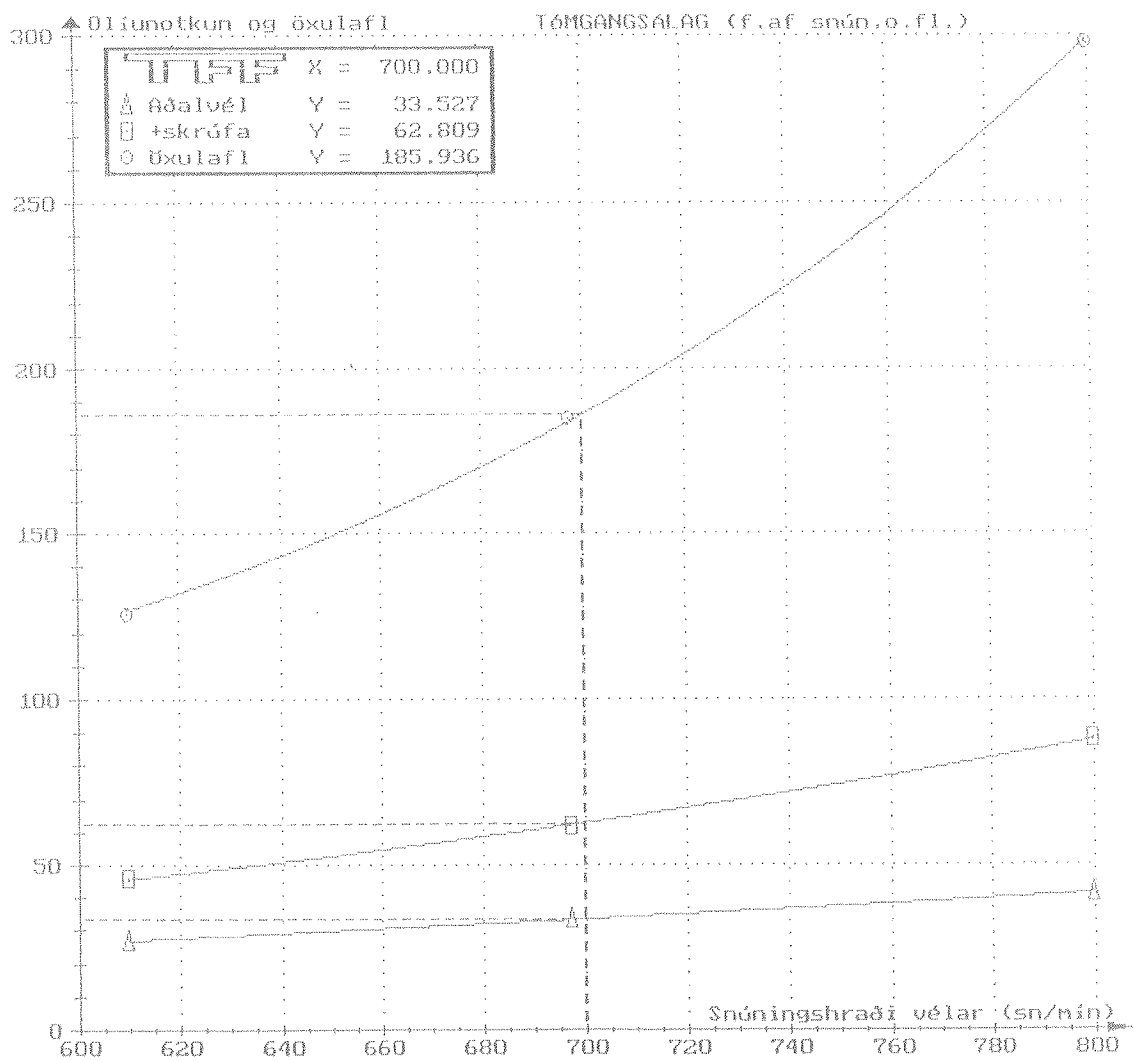


Mynd 53: Spyrnuferlar fyrir mismunandi snúningshraða á vél.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 5: Um tómgangsálag

* Á mynd 54 er dæmi um tómgangsálag, þ.e. öxulafli og olíunotkun sem fall af snúningshraða vélar þegar skrúfa snýst á 0-skurði. Efsti ferillinn gefur öxulaflið, miðferillinn olíunotkun með skrúfu aðkúplaða og neðsti ferillinn olíunotkun með skrúfu útkúplaða.

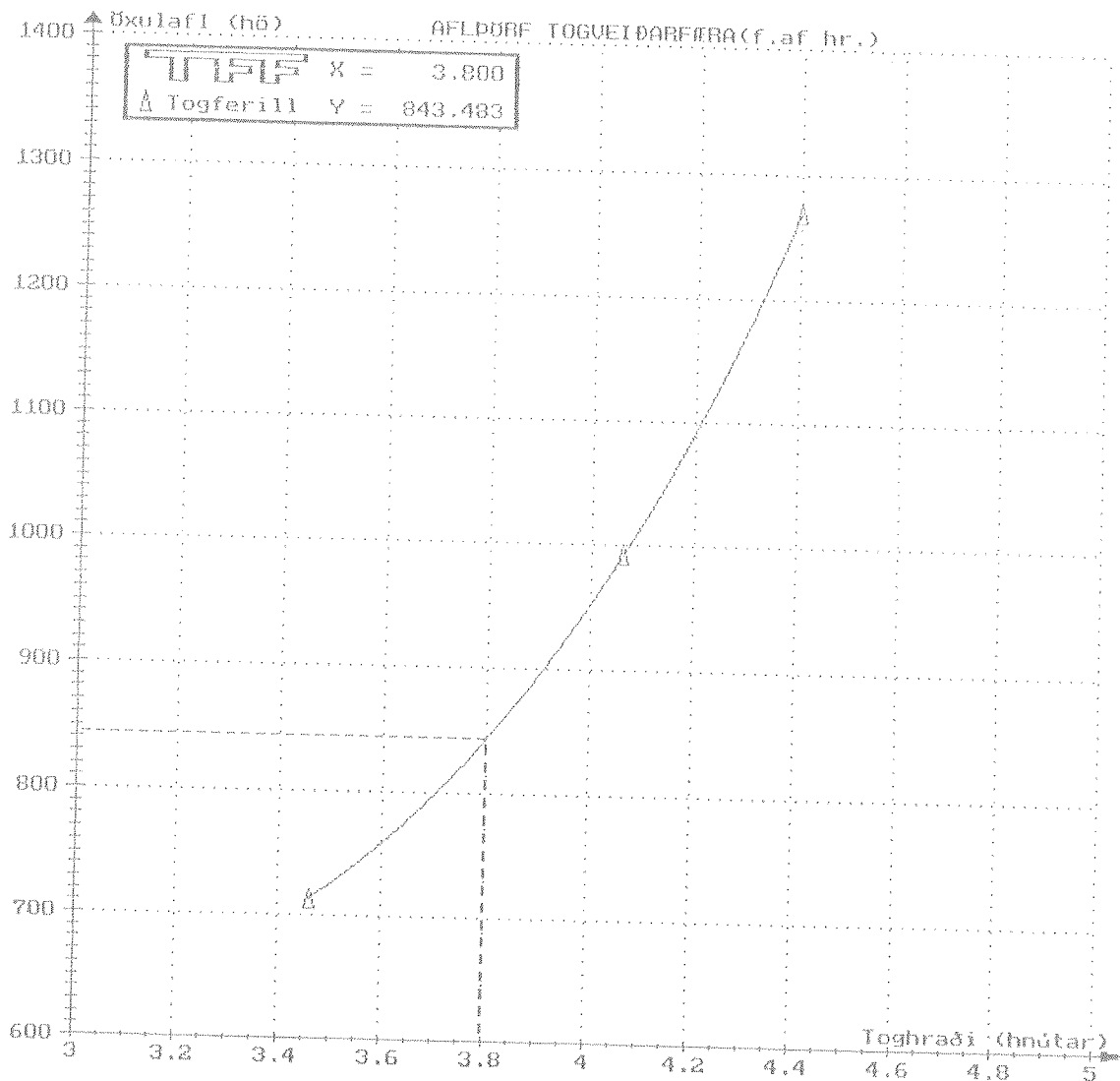


Mynd 54: Tómgangsálag fyrir mismunandi snúningshraða á vél.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 6: Um aflþörf togveiðarfæra

* Á mynd 55 er dæmi um aflþörf togveiðarfæra, þ.e. öxulafli sem fall af toghraða. Sjá má að ef toghraði er 3,8 hn er öxulaflið 843 hö, og eykst verulega við við vaxandi toghraða.



Mynd 55: Um aflþörf togveiðarfæra.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 7: Um raforku- framleiðslu

* Á mynd 56 er dæmi um hugsanlegan mun í olíunotkun eftir því hvort rafmagn er framleitt með aðalvél eða hjálparvél.

Olíunotkun hjálparvélar:

$$\text{Olíunotkun} = kW \cdot \frac{g}{kWst} \cdot \frac{1}{g/l} \quad [l/klst]$$

$$\text{Olíunotkun} = 325 \cdot 251,6 \cdot \frac{1}{850} = 96,2 \quad l/klst$$

Ath.: Reiknað með eðlisþyngd gasolíu 850g/l

Olíunotkun v/ásrafals:

Aðalvélarálag v/skrúfu 1300hð
Aflþörf í hestöflum á framleitt kW: 1,54ha/kW
=> 325 · 1,54=500hð v/rafm.framleiðslu.

Olíunotkun án rafm.framleiðslu:

$$\text{Olíunotkun} = Hð \cdot \frac{g}{hast} \cdot \frac{1}{g/l} \quad [l/klst]$$

$$\text{Olíunotkun} = 1300 \cdot 164,3 \cdot \frac{1}{850} = 251,3 \quad l/klst$$

Olíunotkun með rafm.framleiðslu:

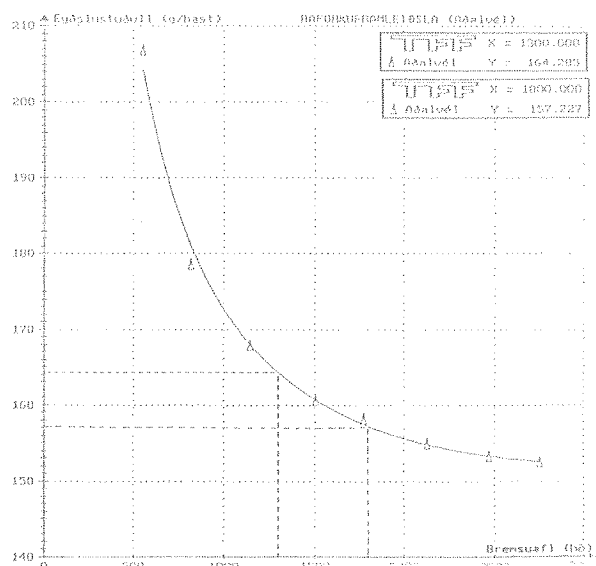
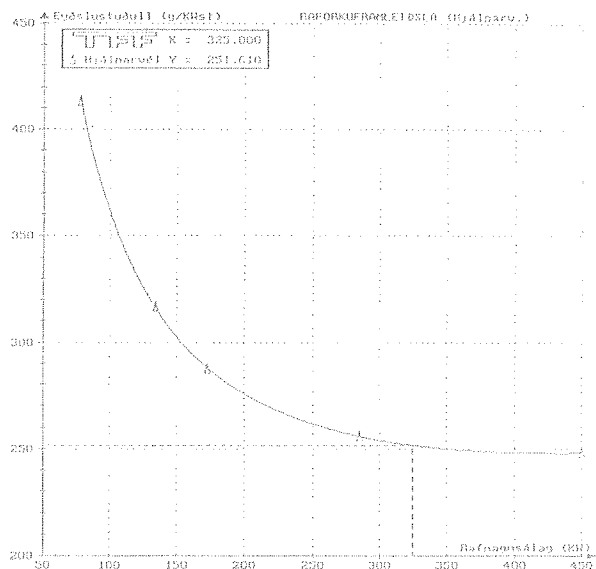
$$\text{Olíunotkun} = 1800 \cdot 157,2 \cdot \frac{1}{850} = 332,9 \quad l/klst$$

$$\text{Olíunotkun v/ásrafals: } 332,9 - 251,3 = 81,6 \quad l/klst$$

Minnkun í olíunotkun með ásrarafal:

$$96,2 - 81,6 = 14,6 l/klst.$$

Á sólarhring 14,6 · 24=350litrar.

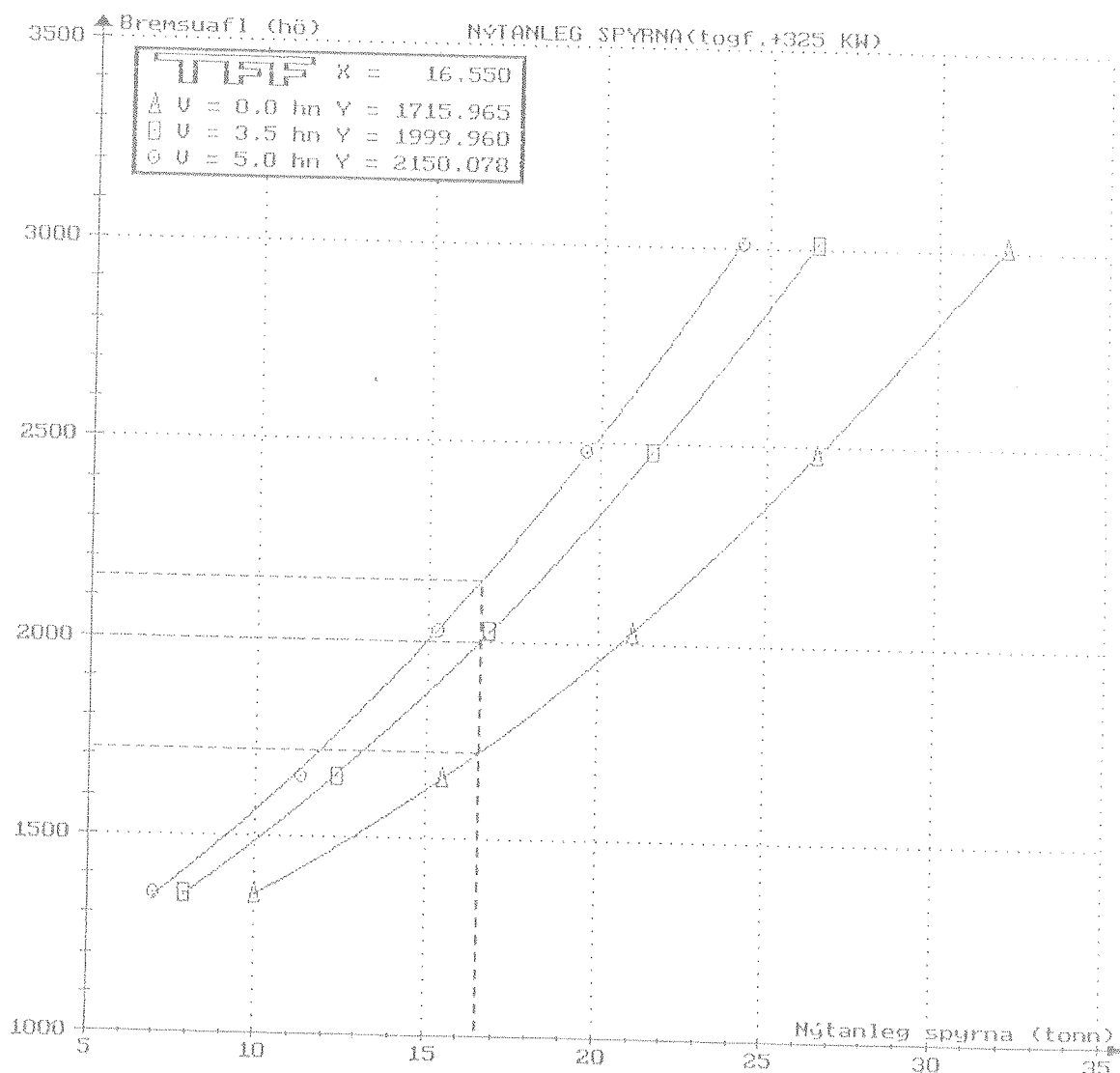


Mynd 56: Um raforkuframleiðslu (aðalvél/hjálparvél).

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 8: Um nýtanlega spyrnu á togi

* Á mynd 57 er dæmi um nýtanlega spyrnu á togi með 325 kW rafmagnsframleiðslu á aðalvél, þrjár ferlar, þ.e. toghraði 0 (bryggjutog), 3,5 og 5 hn. Ef krafa er gerð um 16,55 tonna nýtanlega spyrnu þarf 2000 hestöfl á 3,5 hn togferð, en 2150 hö við 5 hn togferð.

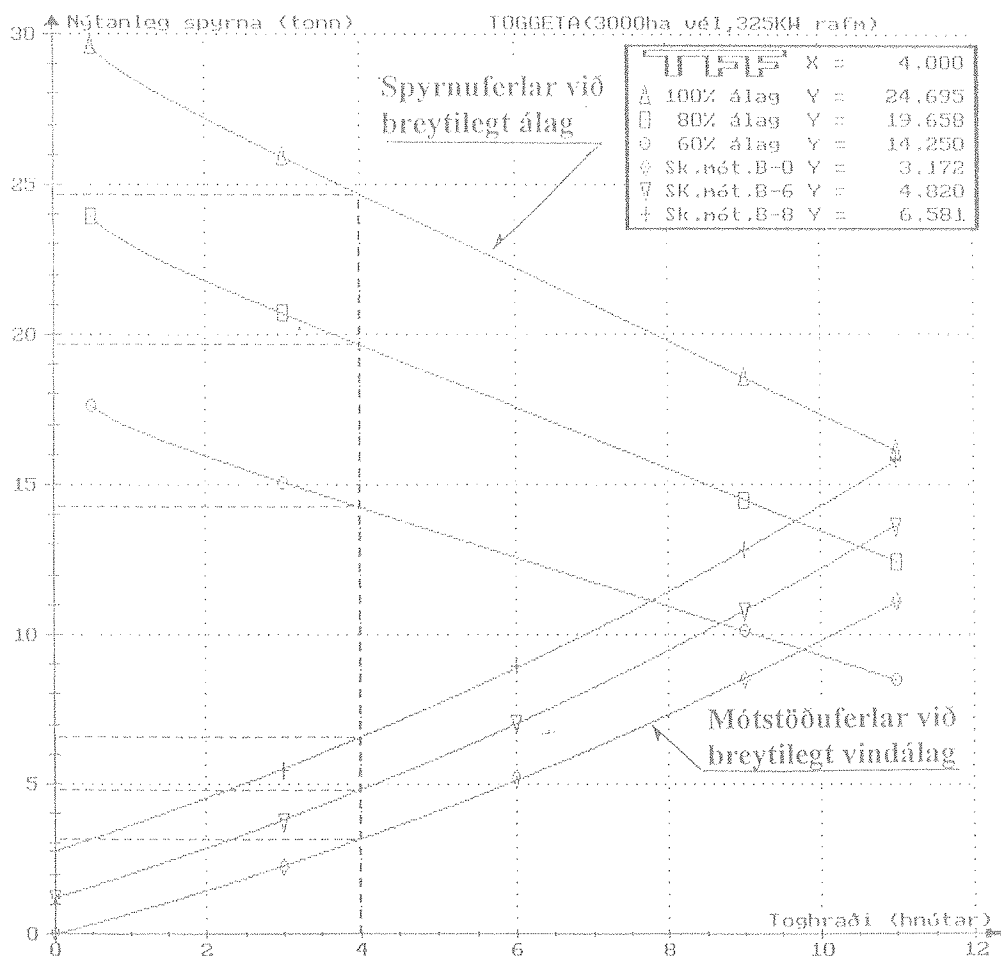


Mynd 57: Um nýtanlega spyrnu á togferð.

2.4 Dæmi um afl- og orkumælingar um borð í fiskiskipum

Sýnidæmi 9: Um toggetu í drætti

* Á mynd 58 er dæmi um toggetu í drætti, gengið út frá 3000 ha aðalvél og 325 kW rafmagnsframleiðslu á aðalvél. Sjá má hvernig spyrnuferlarnir, efstu þrír (100, 80, 60% álag) falla með vaxandi hraða. Einnig hvernig mótstöðuferlar skips, neðstu þrír (mismunandi vindur á móti, 0, 6 og 8 vindstig) eru vaxandi við aukinn hraða. Dæmi er tekið við 4 hn hraða, og má lesa út úr töflu hvaða toggeta (til að draga veiðarfæri) er til staðar. Þannig fæst að ef keyrt er á 80 % álagi (19,66 tonna nýtanleg spyrna) og 6 vindstig á móti (4,82 tonna skipsmótstaða) að til staðar er toggeta upp á $19,66 - 4,82 = 14,84$ tonn.



Mynd 58: Um toggetu í drætti.

2.5 Almennt um sparnaðarleiðir

Orkusparnaðarleiðir

* Hönnunarþættir

- Heppilegir mótstöðueiginleikar skips
- Góðir skrúfueiginleikar
- Eðlileg vélarstærð
- Eyðslugrönn aðalvél
- Góð nýtni aflkerfis
- Nýting á kælivatni og afgasi til upphitunar
- Nýting á afgasi til rafmagnsframleiðslu
- Góð einangrun vistarvera

* Rekstrarþættir

- Ganghraði almennt valinn með tilliti til olíunotkunar
- Rétt val á samspili snúningshraða og skrúfuskurðar
- Dregið úr siglingum
- Betri mótstöðueiginleikar veiðarfæra
- Landrafmagn notað í höfn
- Gróðurmyndun á bol haldið í skefjum
- Dieselvélar rétt stilltar
- Heppileg lega á skipi

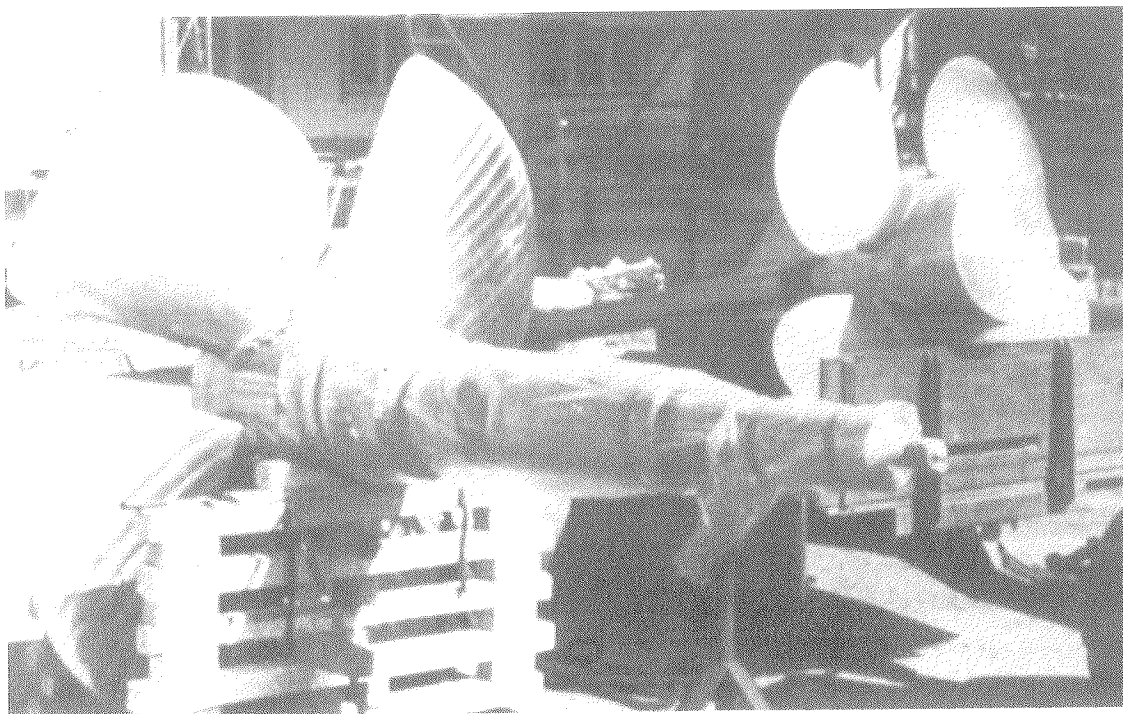
2.5 Almennt um sparnaðarleiðir

Orkusparnaðarleiðir – dæmi 1

* Gott dæmi um hönnunarpátt er val á skrúfupáttum. Mikill munur á hæggingri skrúfu með miklu þvermáli borið saman við hraðgenga með tiltölulega litlu þvermáli.

* Nokkuð var um það á níunda áratugnum að skipt væri úr beintengdu kerfi (hraðgeng lítil skrúfa) í niðurgírað kerfi (hægging stór skrúfa) í íslenskum fiskiskipum.

* Mynd 59 sýnir gömlu og nýju skrúfuna í Júlíusi Geirmundssyni ÍS 270 (1536), annars vegar 2050 mm, 375 sn/mín í hring og hins vegar 2900 mm, 150 sn/mín í hring. Munur í aflþörf umtalsverður, allt eftir beitingu. Samtímis var settur ásráfall sem eykur ennfrekar heildarnýtnina.



Mynd 59: Gamla og nýja skrúfan í Júlíusi Geirmundssyni ÍS 270 (1536).

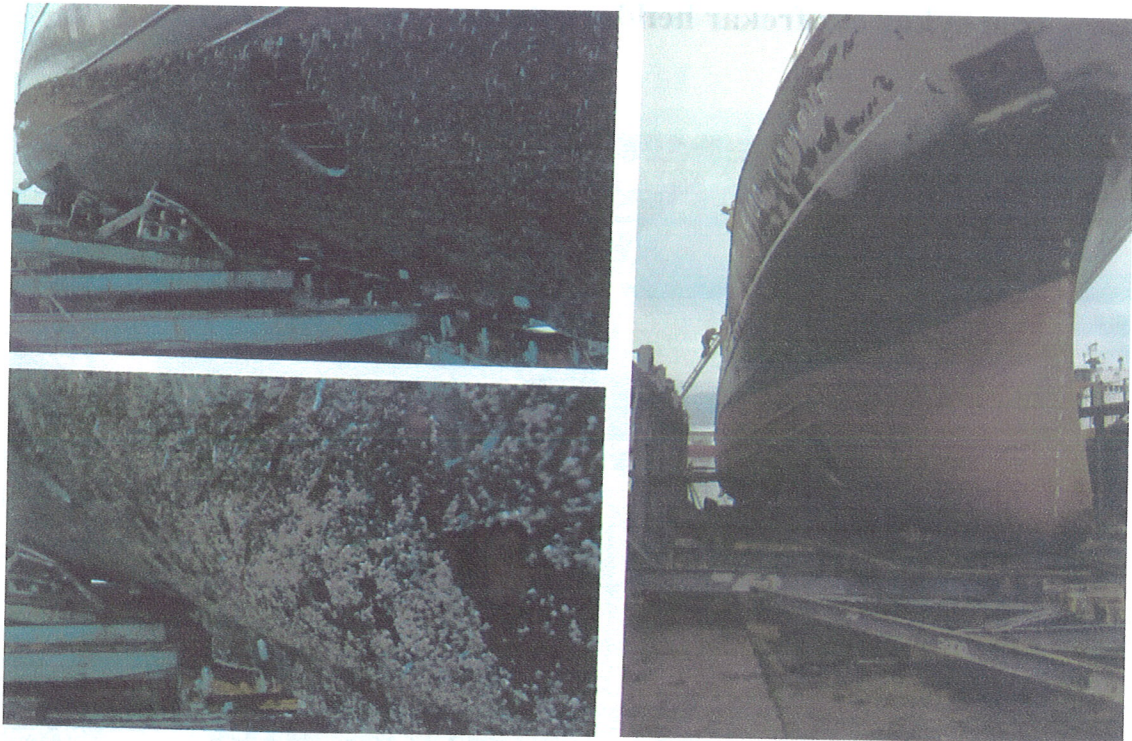
2.5 Almennt um sparnaðarleiðir

Orkusparnaðarleiðir – dæmi 2

* Gott dæmi um rekstrarþátt er „hreinn skrokkur”, án botngróðurs og nýmálaður.

* Mynd 60 sýnir Víking AK 100 (220) fyrir og eftir botnhreinsun haustið 1982. Skipið hafði legið yfir ár og gafst tækifæri til að mæla það fyrir og eftir botnhreinsun og áður en skipið færi í úthald.

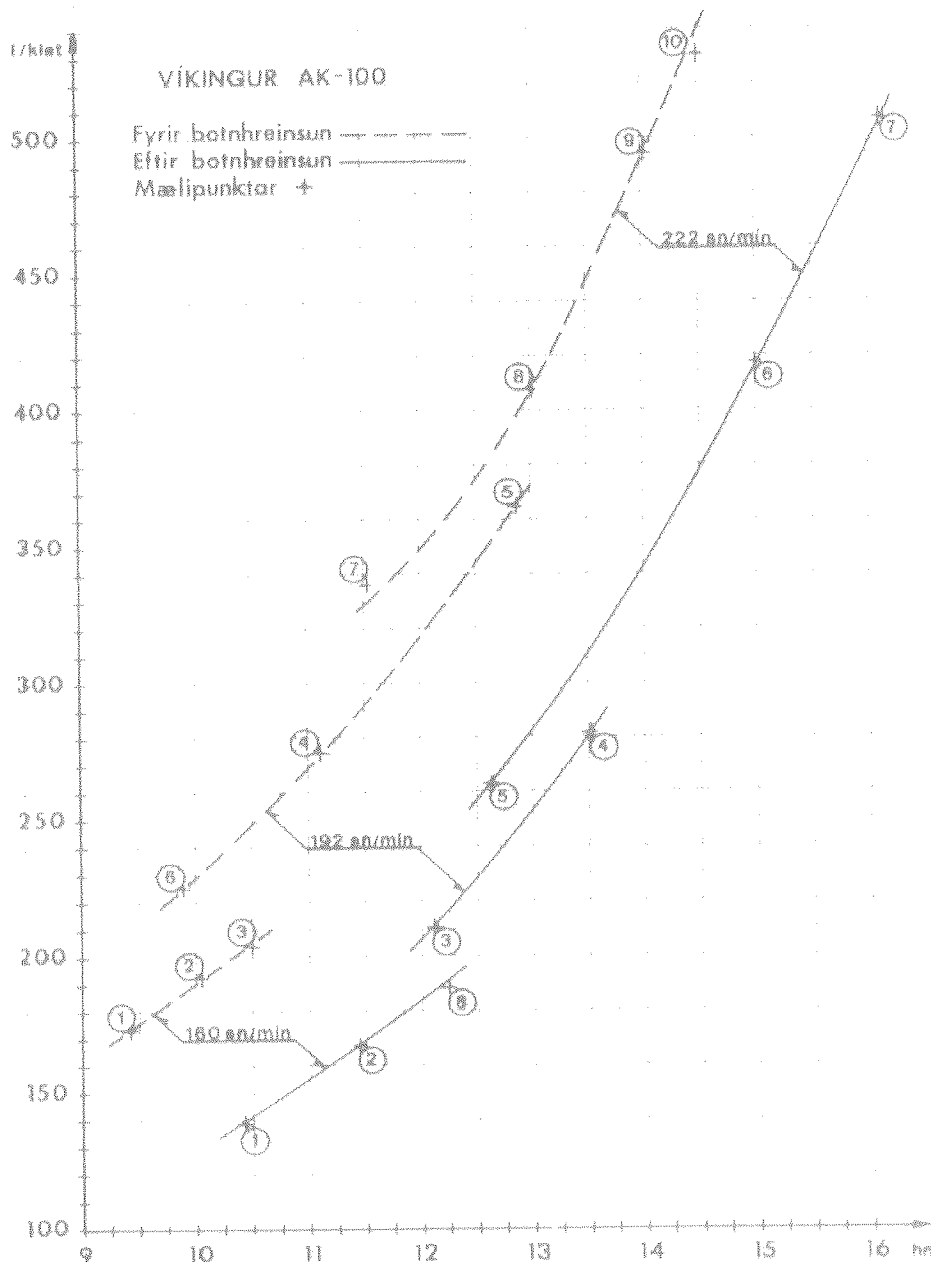
* Niðurstöður mælinga á olíunotkun sem fall af ganghraða fyrir þrjá snúninshraða, fyrir og eftir, koma fram á mynd 61, en einnig var öxulafli mælt.



Mynd 60: Áhrif botngróðurs geta verið umtalsverð, skip sem legið hafði lengi, mælt fyrir og eftir slípptöku.

2.5 Almennt um sparnaðarleiðir

Orkusparnaðarleiðir – dæmi 2



Mynd 61: Niðurstöður mælinga á áhrifum botngróðurs á olfunotkun, mælingar gerðar haustið 1982.

* Ef ferlar fyrir fullan snúningshraða eru bornir saman (222 sn/mín) og miðað við 14,5 hn ganghraða, fæst annars vegar 378 l/klst eftir botnhreinsun og hins vegar 538 l/klst fyrir botnhreinsun, þ.e. aukningin er um 42%.

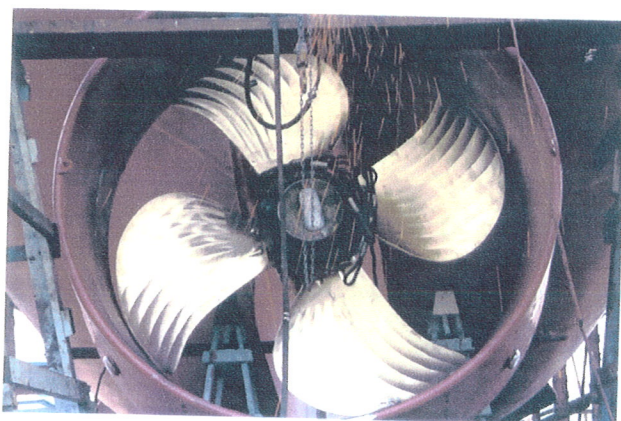
2.5 Almennt um sparnaðarleiðir

Orkusparnaðarleiðir – dæmi 3

* Árið 1994 voru gerðar mælingar fyrir og eftir skrúfublaðaskipti í Ottó N. Þorlákssyni RE 203, sjá mynd 62. Rétt er að hafa í huga að hér er verið að bera saman gömul (slitin og eydd) blöð annars vegar og glæný hins vegar með annarri lögun.



Mynd 1. Gömlu skrúfublöðin eftir fyrri mælingar



Mynd 2. Nýju skrúfublöðin fyrir seinni mælingar

Mynd 62: Gömlu og nýju blöðin í Ottó N. Þorlákssyni RE 203.

* Meginniðurstöður mælinga sýndu að miðað við fullt álag á vél (2400 bhö) eykst bryggjuspyrnan um tæp 11%, úr 30,48 tonnum í 33,81 tonn, við skrúfublaðaskiptin. Við 50% álag eru sambærilegar tölur 18,20 og 20,63 tonn, sem þýðir 13,4% aukning. Miðað við meðalaðstæður á togi má reikna með að olíunotkun minnki um 9%, sem fæst með því að yfirfæra mæliniðurstöður á togferð, gengið út frá 3,5 hn toghraða, 160 kW rafmagnsframleiðslu, mældum eyðslustuðlum og upplýsingum um algengan skurð á togi.

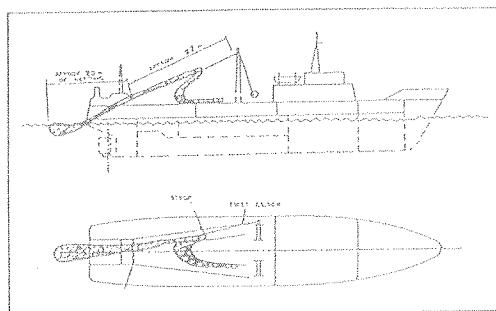
2.6 Olíunotkun við veiðar

Samspil skips og veiðarfæris: Aðgerðir

* Botnvörpuveiðar

- Sigling (að og frá, milli mída)
- Köstun
- Tög
- Hliffing
- Meðhöndllun vörpu um borð
- Annad

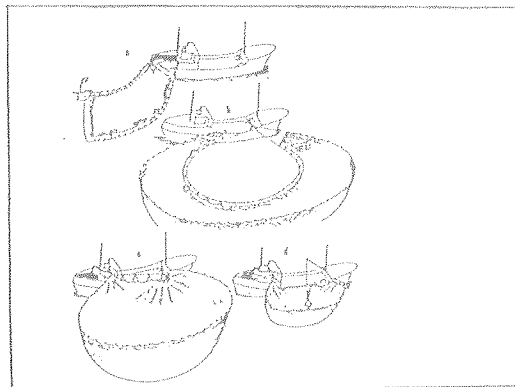
Togveiðarfæri



* Nótaveiðar

- Sigling (að og frá, milli mída)
- Leit
- Köstun
- Snurpun
- Nótadráttur
- Dæling, þurrkun

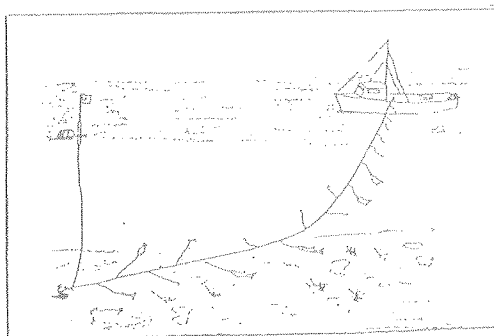
“Umlykjandi” veiðarfæri



* Línu- og netaveiðar

- Sigling (að og frá, milli mída)
- Lagning
- Lónað (bið)
- Dráttur

Kyrrstæð veiðarfæri



Mynd 63: Meginaðgerðir við helstu veiðiaðferðir.

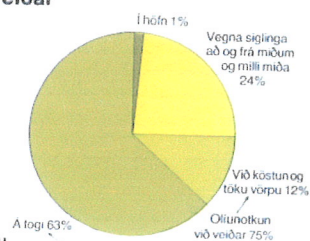
2.6 Olíunotkun við veiðar

Dæmi um skiptingu olíunotkunar eftir veiðiaðgerðum

* Nokkur dæmi eru hér tekin um hlutfallslega skiptingu olíunotkunar við mismunandi veiðar. Jafnframt er tilgreind olíunotkun á veitt tonn (aflí upp úr sjó) og er þar byggt á meðaltalstölum áranna 1976-1980 fyrir viðkomandi flota. Hlutfallsleg skipting er aftur á móti byggð á beinum mælingum um borð í ákveðnum mælingaskipum.



Botnvörpuveiðar

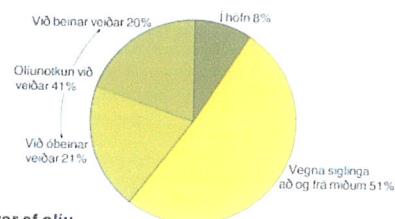


340 lítrar af olíu á hvert tonn af afla.

Hlutfallsleg skipting byggð á mælingum í sex skuttogurum á árunum 1976-1982, eingöngu heimalandanir, og tekið meðaltal.



Netaveiðar

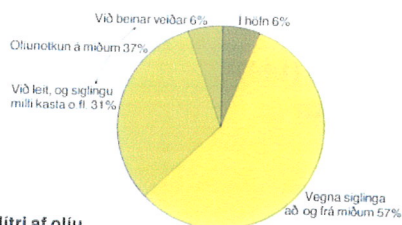


176 lítrar af olíu á hvert tonn af afla.

Hlutfallsleg skipting byggð á mælingum í tveimur netabátum á árunum 1980-1981 og tekið meðaltal.



Loðnuveiðar



21 lítri af olíu á hvert tonn af afla.

Hlutfallsleg skipting byggð á mælingum í sjö nota-veiðiskipum á vetrarvertíð 1978 og tekið meðaltal.

Mynd 64: Dæmi um skiptingu olíunotkunar eftir veiðiaðgerðum.

3

**HREYFINGAR SKIPS Í ÖLDUM
TITRINGSVALDAR
HAGNÝTIR ÞÆTTIR**

3.1 Sjávaröldur, öldufræði

Almennt

* Sjávaröldur hafa ætíð verið vandamál fyrir skipaverkfræðinginn, því á hans herðum hvílir ábyrgðin að tryggja, ekki einungis að skipið geti örugglega ridið á þungum öldum, heldur og að það haldi stefnu við erfiðar aðstæður með lágmarks seinkun.

* Þau einkenni úthafsins sem upp úr standa eru óregluleiki, ekki aðeins þegar vindar blása heldur og við tiltölulega kyrrar aðstæður. Haffræðingar hafa fundið að óreglulegum sjó má lýsa með tölfræðilegri stærðfræði á grunni þeirrar fullyrðingar að mikill fjöldi reglulegra bylgna með mismunandi lengdir, stefnur og sveifluvíddir leggist saman.

* Það hefur einnig verið fundið út að óreglulegar hreyfingar skips á siglingaleið megi lýsa með því að leggja saman allar svaranir skips við öllum bylgjuþáttum á siglingaleiðinni. Þar af leiðandi er fræðin um hreyfingar skips fyrst sett fram fyrir einfaldar, reglulegar bylgjur og síðan útvíkkað fyrir hinar raunverulegu óreglulegu aðstæður. Hreyfingar skips í einföldum bylgjum eru því af grundvallar þýðingu.

* Til að fá fullnægjandi mynd þarf skipahönnuðurinn upplýsingar um fjölda svonefndra *sjóþátta* (sea spectra) fyrir mismunandi siglingaleiðir. Þess í stað hafa mikla þýðingu sjóþættir sem svara til mismunandi vindhraða, eða Beaufort-tölu (Bf), þar sem umtalsverðar upplýsingar liggja fyrir um vind á mismunandi hafsvæðum.

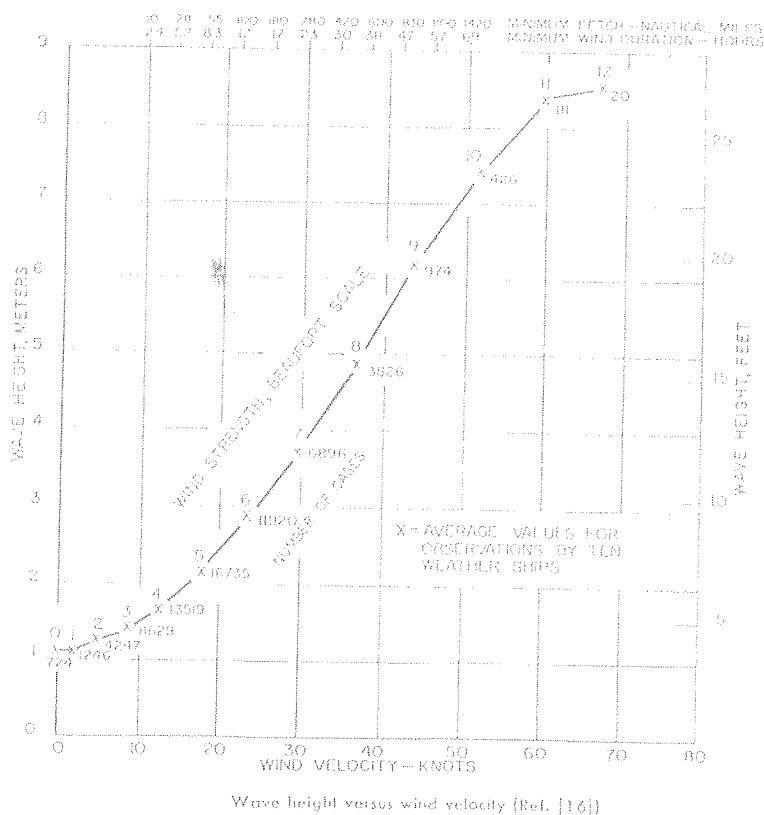
3.1 Sjávaröldur, öldufræði

Sjávaröldur

* Innan skipafræðinnar hafa menn unnið með öldufræði um alllangt skeið. Þörfin fyrir fræðina varð jafnvel enn mikilvægari með tilkomu mannvirkja á sjó eins og borpalla. Fræðin er flókin og verður ekki rakin nánar hér. Í megin dráttum er greining í annars vegar “reglulegan sjó” og “óreglulegan sjó”.

* Svonefnd veðurskip hafa gegnt mikilvægu hlutverki í öflun upplýsinga um ölduhæð sem fall af vindstyrk. Á mynd 65 er sýnt línurit sem byggir á niðurstöðum athugana 10 veðurskipa og gefur ölduhæð sem fall af vindhraða.

* Talað er um að hafa dæmigert “sjódata” fyrir ákveðin hafsvæði og eru slíkar upplýsingar mikilvægar fyrir skipa-
hönnuði, ekki síst þar sem verið er að hanna skip fyrir ákveðna siglingaleið (rútu).



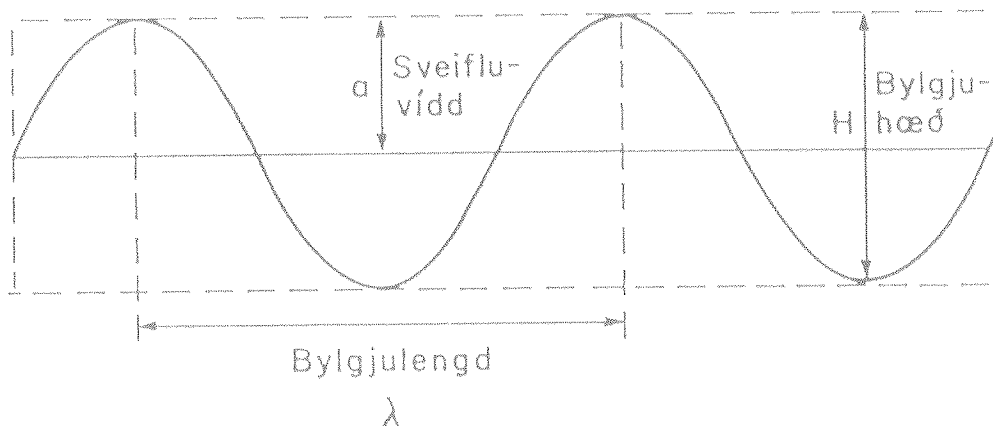
Mynd 65: Ölduhæð sem fall af vindhraða.

3.1 Sjávaröldur, öldufræði

Einkennandi bylgjustærðir

* Gengið er út frá að bylgjum sjávar megi lýsa með einföldum sínus- og kósínusferlum. Helstu grunnstærðir í öldu- eða bylgjufræði eru:

Bylgjulengd (λ):	Lárétt fjarlægð milli tveggja öldukamba eða tveggja öldudala.
Sveiflutími (T):	Tíminn (wave period) sem líður á milli þess að tveir öldukambar fara hjá föstum punkti.
Bylgjuhraði (c):	Hraði öldukambs. Það er nokkuð augljóst að á tímanum T ferðast öldukambur vegalengdina λ með hraðanum c . ($\lambda = c \cdot T$).
Bylgjutíðni (ν):	Fjöldi bylgna (wave frequency) sem fer framhjá tilteknum stað á tímaeiningu, $\nu = 1/T$.
Horntíðni (ω):	Horntíðnin (angular frequency) í radíanar á sekúndu sem $\omega = 2\pi/T$.
Bylgjuhæð ($H = 2a$):	Mismunurinn í hæð milli öldukambs og öldudals. Hálf hæðin er kölluð sveifluvídd a .
Bylgjubratti (H/λ):	Hlutfallið milli bylgjuhæðar og bylgjulengdar (steepness), þ.e. $H/\lambda = 2a/\lambda$.
Hámarks bylgjuhelli (α_m):	Skilgreint með sambandinu: $\alpha_m = 2\pi a/\lambda$, þar sem $2\pi/\lambda = k$ er svonefnd bylgjutala.



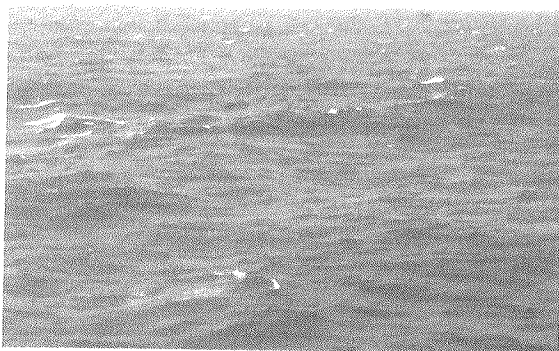
Mynd 66: Einkennandi stærðir fyrir bylgjuhreyfingar.

3.1 Sjávaröldur, öldufræði

Lýsing á sjó

* Það hefur verið alþjóðleg hefð í gegnum tíðina að mæla vindhraða í stigum, frá 0-12, mælikvarði sem kenndur er við Beaufort. Beaufort-kvarðinn er ekki línulegur. Mælikvarði til að lýsa sjógangi er í stigum frá 0-9, og tilheyrandi heitum, dæmi: *sjóllítið (sjór 2)*, *talsverður sjór (sjór 4)*, *mikill sjór (sjór 6)*, *hafrót (sjór 8)*. Það er ekki fyrr en á árinu 1999 hérlendis sem Veðurstofan tekur upp eininguna metrar á sekúndu (m/s) til að lýsa vindhraða.

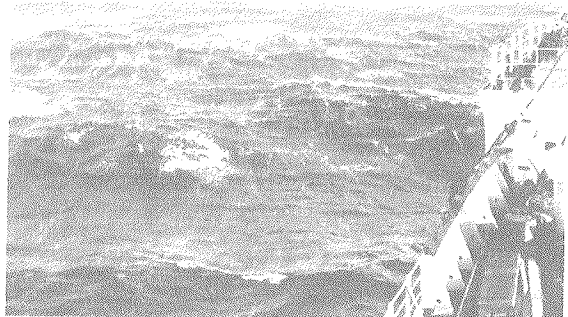
* Ákveðið samspil er á milli vindstiga í Beaufort og sjóstiga miðað við „fullþróaðan sjó”. Hvað viðkemur „fullþróuðum sjó” á úthafinu þá er það þrennt sem einkum ræður stærð bylgna: *vindhraði*, *hve lengi vindurinn blæs (fjöldi stormstunda)*, og *særými (fetch)*, þ.e. vegalengdin sem vindurinn fer eftir haffletinum án þess að breyta verulega um stefnu.



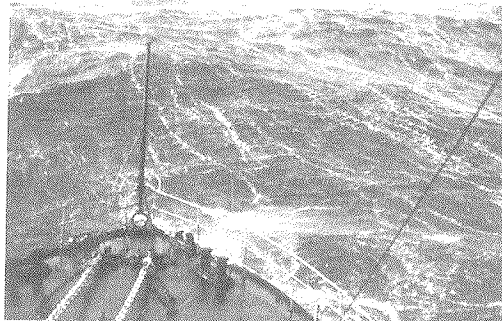
Mynd 67a: Bf 4 (Ljós. P.J. Weaver).



Mynd 67b: Bf 6 (Ljós. R.R. Baxter).



Mynd 67c: Bf 8 (Ljós. R.R. Baxter).



Mynd 67d: Bf 10 (Ljós. J. Hodkinson).

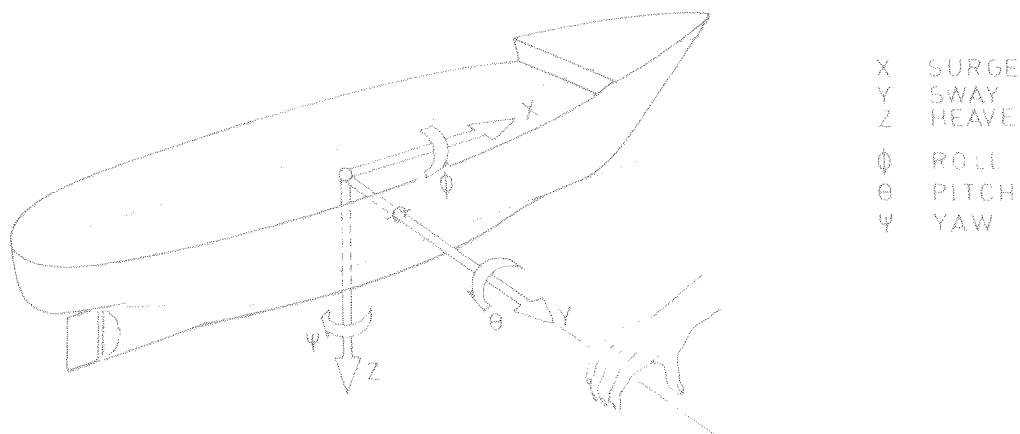
3.2 Hreyfingar skips í öldum

Almennt

* Hreyfingar skips má greina í sex mismunandi þætti, færslu-hreyfingar í þrjár áttir (x-, y- og z-átt), þ.e. *hnykkhreyfing*, *drift* og *lyfting*, og tilsvarendi snúningshreyfingar um viðkomandi ása, þ.e. *veltuhreyfing*, *stömpun* og *spinn* (*geigun*).

* Hvað viðkemur hreyfingarþáttunum *hnykkhreyfingu*, *drift* og *spinn*, þá skapast ekki kraftar eða kraftavægi við þessar hreyfingar sem leitast við að færa skipið í upphaflega stöðu. Um hinar þrjár, *lyftingu*, *veltuhreyfingu* og *stömpun*, gildir að það skapast kraftur sem leitast við að færa skipið tilbaka eða réttandi vægi. Vægið er í réttu hlutfalli við fjarlægðina frá jafnvægisstöðu, og við þessar hreyfingar skapast sveiflur.

* Í skipafræðinni hafa verið settar fram reynsluformúlur til að reikna út líklegan sveiflutíma skips fyrir viðkomandi hreyfingar um viðkomandi ása.



Mynd 68: Mögulegar hreyfingar skips, færsluhreyfingar eftir ásum og snúningshreyfingar um ása.

3.2 Hreyfingar skips í öldum

Réttandi vægi

* *Lyfting*: Í lyftingu er það hið aukna uppdrif sem skapar kraftinn sem færir til baka, og hann vex með fjarlægðinni frá jafnvægisstöðunni. Sveiflutíminn er ákvarðaður með formúlunni:

$$T_{\text{lyft.}} = 2\pi \cdot \sqrt{1,70 \cdot \Delta / (A \cdot g)}$$

Þar sem A er vatnslínuflatarmálið og g þyngdarhröðunin. Stuðull 1,70 í jöfnunni skýrist af því að til viðbótar særyminu Δ er gert ráð fyrir um 70% vatnsmassa sem sveiflast með.

* *Veltuhreyfing*: Í veltu er það stöðugleikavægið sem er það vægi sem leitast við að endurskapa upphaflega ástandið og sveiflutíminn fæst samkvæmt formúlunni:

$$T_{\text{velta.}} = 2\pi \cdot i_{xx} / \sqrt{g \cdot GM_t}$$

Þar sem i_{xx} er tregðuarmurinn með tilliti til veltuássins og GM_t málmiðjuhæð þverskips. Í reynd er erfitt að ákvarða tregðuarminn nákvæmlega en nálgast má hann sem $0,4 \cdot B$, eða $0,35\sqrt{B^2 + D^2}$, þar sem B er breidd skips og D síðuhæðin (dýpt að þilfari). Veltan er oft dempuð lítillega, en unnt að auka dempunina með slingurbrettum o.fl. Í slíkum tilfellum verður að taka tillit til vatnsmassa sem sveiflast með.

* *Stömpun*: Stömpun skapar stafnhallavægi sem verkar á móti henni og sveiflutíminn fæst samkvæmt eftirfarandi formúlu:

$$T_{\text{stömp.}} = 2\pi \cdot i_{yy} \cdot \sqrt{1,70} / \sqrt{g \cdot GM_l}$$

Þar sem i_{yy} er tregðuarmurinn miðað við láréttan þverskipsás. Tregðuarminn má nálgast sem $0,25L$, þar sem L er lengd milli lóðlína. Þátturinn $\sqrt{1,70}$, stafar af vatnsmassa sem sveiflast með. Sveiflurnar eru verulega dempaðar.

3.2 Hreyfingar skips í öldum

Fræðileg skoðun

* Hina flóknu hreyfingu skips í öldum er aðeins hægt að rannsaka með því að að aðgreina hana í þætti.

* Hin venjulega aðferð er að skoða fyrst hinar þrjár hreyfingar í færsluátt, þ.e.:

- Hnykkhreyfing (surging) eftir langskips x-ás
- Drift (swaying) eftir þverskips y-ás
- Lyfting (heaving) eftir lóðréttum z-ás

* Fræðileg skoðun á hegðun skips, sem hreyfist skáhalt á mótí röð af reglulegum öldum myndi innihalda sex jöfnur og sex óþekktar stærðir. Hins vegar má einfalda þetta.

* Hagkvæmt er að skoða hreyfingu í samhverfuplani, aðskilið frá hreyfingu í öðrum plönnum. Þetta leiðir til þriggja einfaldaðra tilvika fyrir hreyfingar í reglulegum öldum.

- 1) Skip hreyfist í stefnu hornrétt á öldutoppuna með hnykkhreyfingu, lyftingu og stömpun eingöngu.
- 2) Skip hreyfist í stefnu samsíða öldutoppunum með Veltuhreyfingu, drift og lyftingu eingöngu.
- 3) Skip hreyfist í stefnu skáhalt á öldutoppuna með Spinn- og drifhreyfingu sem mest afgerandi.

3.3 Búnaður til að hamla veltu

Almennt

* Búnaður til að draga úr óþægilegum hreyfingum skipa hefur einkum beinst að búnaði til að minnka veltu skipsins, veltuhamlandi búnaði.

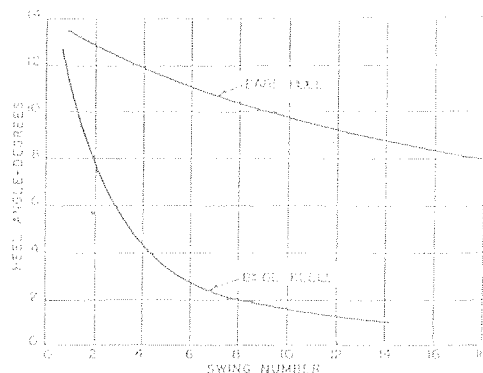
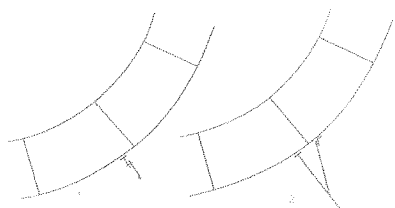
* Búnaður til að minnka veltu skips er einkum þessi:

- Veltibretti (slingurbretti)
- Andveltigeymar
- Stöðugleikauggar
- Svonefndur gýróskópískur búnaður

* Flestir þessara valkosta auka þyngd og flestir taka pláss, sem annars væri hægt að nýta í öðrum tilgangi.

Slingurbretti

* Veltibretti voru fyrst prófuð 1870. Eru nær undan-
tekningslaust sett á skip, á svæðið þar sem lóðréttan síðan og
botnrísið mætast. Þekja um 25-50% af skipslengd. Á mynd 70
er sýndur munurinn í hallahorni með og án veltibretta sem
fall af sveiflutölu, byggt á líkantilraun.



Angle of heel plotted on swing number for bare hull and for model with damping plate.

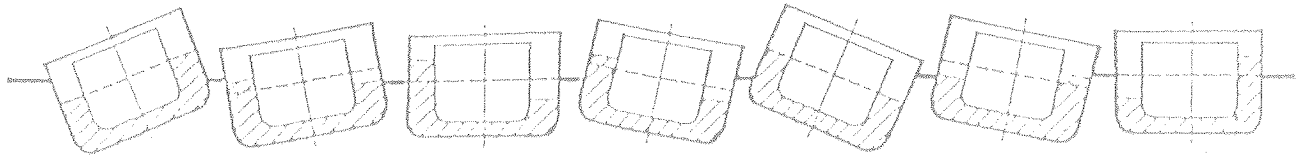
Mynd 69: Slingurbretti.

Mynd 70: Áhrif dempunar með
slingurbrettum.

3.3 Búnaður til að hamla veltu

Andveltigeymar

* Það hljómar ef til vill undarlega að fyrsti andveltigeymirinn var reyndur árið 1874, aðeins nokkrum árum eftir að slingurbrettið kom fram. Það var W. Froude og samstarfsmenn sem voru að rannsaka samspil veltu skipa og sjávaröldu. Mynd 71 sýnir gerð geyma kennd við Frahm. Fasamunur milli skips og vatnsins í geyminum er 90° , þannig að vatnið í lárétta hlutanum rennur alltaf niður og skapar dempunarvægi sem vinnur á móti veltu skipsins.



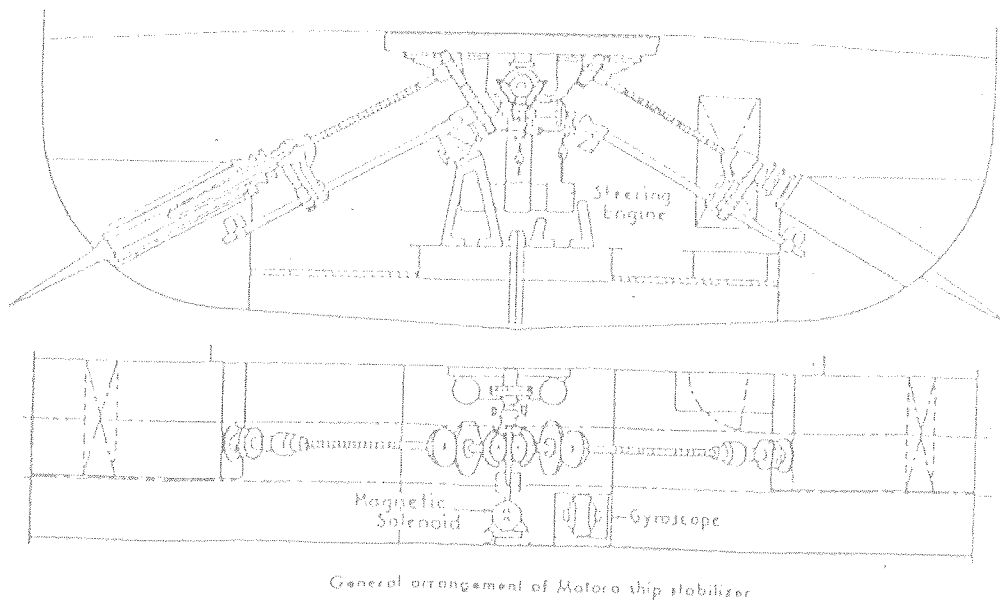
Mynd 71: Virkni vökvans í andveltigeymi til að minnka veltu skips.

* Andveltigeymar koma fyrst í fiskiskip hérlendis snemma á áttunda áratugnum. Staðsetning getur verið á ýmsum stöðum, tiltölulega framarlega eða aftarlega, hátt eða lágt. Þannig var algengt að staðsetja þá fremst í vélarúmi eða aftast í lest. Í dag er talsvert um það að slíkir geymar séu settir í fiskiskip eftir á, og þeim þá valinn staður gjarnan framan við brú.

3.3 Búnaður til að hamla veltu

Stöðugleikauggar

* Einkaleyfi á stöðugleikauggum fékk John I. Thornycroft árið 1889, en ekki vitað til þess að slíkur búnaður hafi verið settur í skip fyrr en eftir fyrri heimsstyrjöld. Dr. Motora þróaði hliðstæðan búnað og Thornycroft, án þess að því er virðist að hafa haft vitneskju um hann (sjá mynd 72). Uggar, í líkingu við stýri, liggja út í gegnum skrokkinn og snúa niður og eru staðsettir hliðstætt og veltibretti. Hvor uggi er tengdur öxli, en innri endar þeirra eru samtengdir um tannhjóladrif, þannig að þeir fá sömu snúningsfærslu, en í gagnstæða átt. Öxlarnir eru drifnir af mótör sem stýrt er af gýróskópískum búnaði. Ýmsar aðrar útfærslur fyrirfinnast. Nefna má að Vestmannaeyjaferjan Herjólfur er búin veltiuggum.



Mynd 72: Stöðugleikauggar.

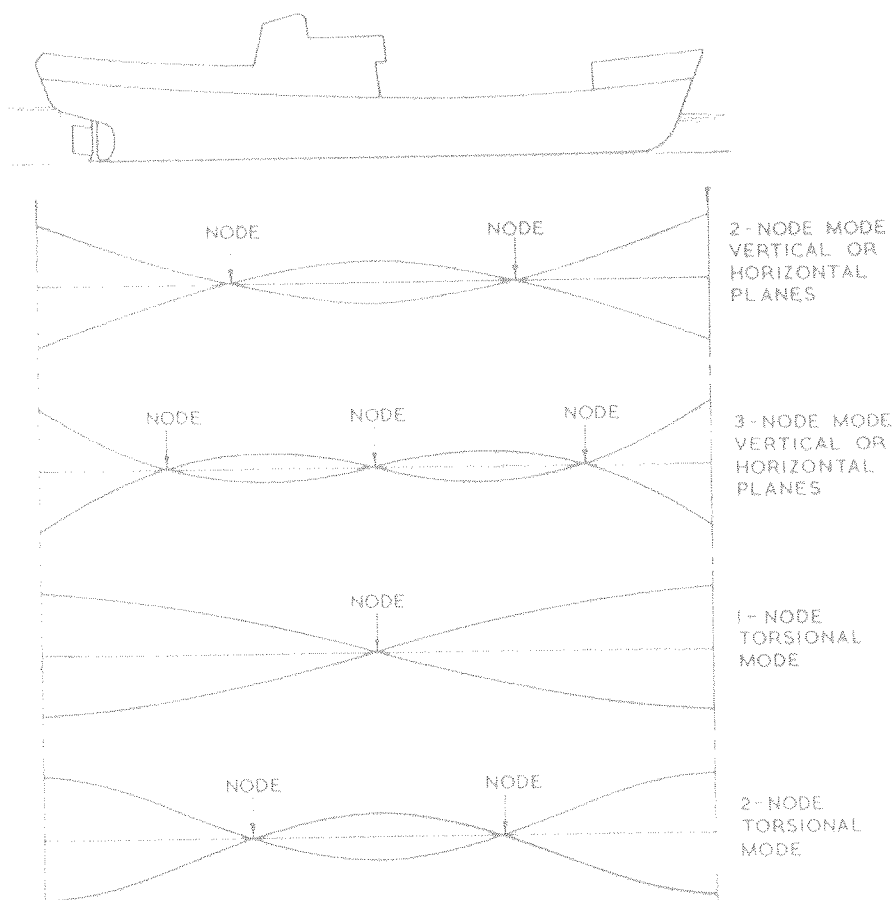
3.4 Titringur í burðarvirki

Almennt

* Ýmsir orsakavaldar eru til staðar í skipi, sem geta skapað titring. Í megin dráttum er um að ræða þrjár grundvallar uppsprettur skrokktitrings, þ.e.:

- Skrófa
- Aðalvél
- Hjálparvélasamstæður, dælur, pressur o.þ.h.

* Sérhver þeirra getur leitt til áhrifa á skrokkbygginguna ef “resonans” (samtið) á sér stað. Slíkur *resonans* getur komið fram í öllum skrokknum, þilfarshúsum, eða getur verið takmarkaður við ákveðin plötusvið.



Mynd 73: Mismunandi stig skrokktitrings.

