

A23384 - Åpen

Rapport

Virkning av stampekjøl på kystfartøy

Stampedemping av kystfartøy ved hjelp av finner plassert i forskipet

Forfatter(e)

Karl Gunnar Aarsæther

Evt flere forfattere



Rapport

Virkning av stampekjøl på kystfartøy

Stampedemping av kystfartøy ved hjelp av finner plassert i forskipet

EMNEORD:
Fartøy, SimuleringVERSJON
1.0DATO
2012-09-18FORFATTER(E)
Karl Gunnar AarsætherOPPDRAGSGIVER(E)
Fiskeri- og Havbruksnæringens ForskningsfondOPPDRAGSGIVERS REF.
#900784PROSJEKTNR
830304ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
24+ vedlegg

SAMMENDRAG

Stampedemping med finner

Kystfartøy som bygges under lengdebegrensinger kan oppleve det som kalles for "Gyngestoleffekten", der fartøyet stamper uforholdsmessig mye selv i relativt rolig sjø. Dette bevegelsesmønsteret stammer fra resonans mellom fartøyets egenperiode i stamp og sjøtilstanden. Slike effekter oppleves også i rullebevegelser, og det kan derfor være fornuftig å benytte seg av metoder som ikke er ulike de man bruker i rull for å dempe bevegelsene. En slik metode er montering av finner, såkalte stampekjøler, i forskipet for å dempe stampingen.

Denne rapporten inneholder en studie som viser potensialet for å dempe stampebevegelsen med relativt små, passive finner plassert i forskipet. Det kommer klart frem at stampedempende finner har en positiv effekt på fartøyets bevegelser.

UTARBEIDET AV
Karl Gunnar AarsætherKONTROLLERT AV
Karl Johan ReiteGODKJENT AV
Vegar JohansenRAPPORTNR
A23384ISBN
978-82-14-05555-9GRADERING
Åpen

SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR



GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1.0	2012-09-18	Første versjon

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Metode	4
3	Resultater	5
3.1	Kystbåt 14.99m	7
3.1.1	Avgang havn	8
3.2	Kystbåt 20.99m	11
3.2.1	Avgang havn	12
3.2.2	Ankomst havn	14
3.3	Kystbåt 27.99m	18
3.3.1	Avgang havn	19
4	Diskusjon og Konklusjon	22

BILAG/VEDLEGG

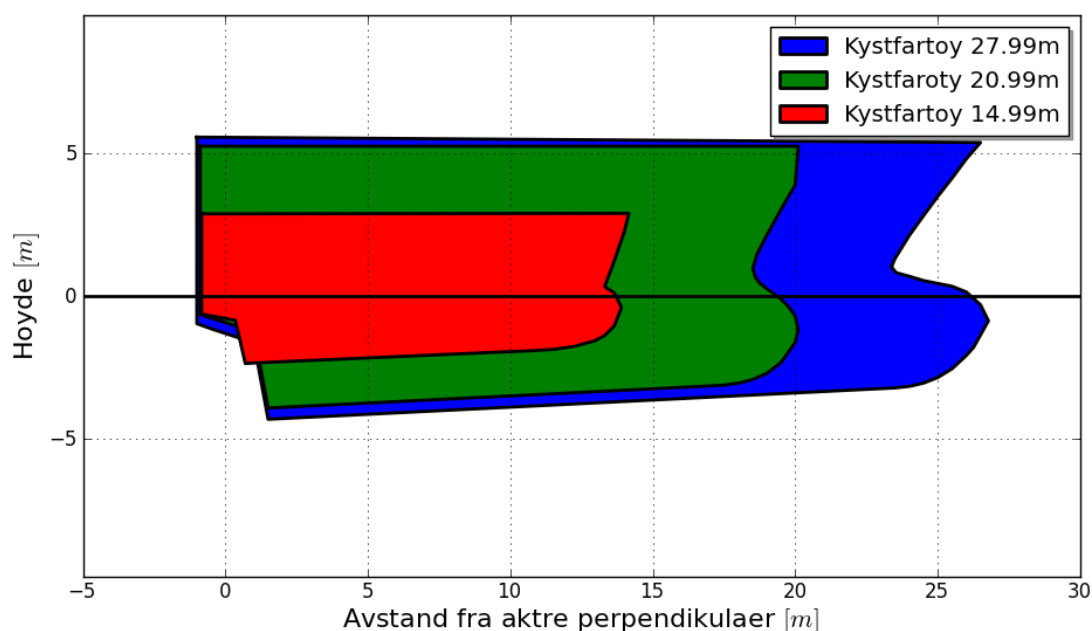
A: Teknisk rapport om beregninger

B: Beregningsresultater fra VERES

1 Innledning

Kystfartøy som bygges under lengdebegrensninger kan oppleve det som kalles for "Gyngestoleffekten", der fartøyet stamper uforholdsmessig mye selv i relativt rolig sjø. Dette bevegelsesmønsteret stammer fra resonans mellom fartøyet egenperiode i stamp og sjøtilstanden. Slike effekter oppleves også i rullebevegelser, og det kan derfor være fornuftig å benytte seg av metoder som ikke er ulike de man bruker i rull for å dempe bevegelsene. En slik metode er montering av finner, såkalte stampekjøler, i forskipet for å dempe stampingen.

Mindre fartøy er mest utsatt for denne effekten, og denne rapporten med Appendix presenterer beregninger av effekten av stampedempende finner på tre kystfiskefartøy med total lengde 14.99m, 20.99m og 27.99m. Profilen av skrogene er vist i Figur 1 for vise forholdet mellom fartøystørrelsene.



Figur 1: Profil av skrogene brukt i studien. Vertikalt vil fartøyene avvike fra profilen pga dekkarrangement, styrhus ol.

Denne rapporten viser hvordan slike finner kan dempe stampbevegelsene, samt hvilken innvirkning de vil ha på fartøyet hydrodynamiske motstand. Grunnlaget for rapporten er SINTEF Fiskeri og Havbruks simuleringsprogramvare *FhSim* og beregningsprogrammet for sjøegenskaper VERES fra SINTEF MARINTEK.

2 Metode

Analysene av skipets oppførsel i stamp med og uten stampedempende finner er gjort ved å gjennomføre to steg med analyser av fartøyet:

1. Analyse av fartøyet bevegelser i bølger av gitte perioder uten finner ved hjelp av beregningsprogrammet VERES.
2. Simulering i tid av fartøyet bevegelser med finner, irregulær sjø og summasjon av bølgetrykk over eksakt våt overflate.

Beregningene av fartøydynamikken i VERES ble gjort i forkant av simuleringsstudien er basert på spanterisset av skroget samt forhåndsgitte opplysninger om fartøyets tyngdepunktplassering, gitt trimvinkel og treghetsradiene¹ til fartøyet. På grunn av begrensinger i simuleringsmodellen er det ikke mulig å ta hensyn til endring av innstrømming på finnen på grunn av lokale strømninger rundt skroget. Finnene monteres ved en referansestilling som ikke gir løft når fartøyet ligger på rett kjø. Beregningsmodellen tar hensyn til endring i våt overfalte, og derfor endring i kraft, når fartøyet går inn og ut av bølger samtidig som det hiver og stamper.

Simuleringsstudien har vært brukt for å koble effekten av finner til skipsdynamikken, samt å kunne variere parametere som finneplassering, fartøyshastighet og bølgehøyde. Analysene er foretatt med varierende plassering av finnene langs skips og horisontalt, lengde/bredde forhold som 1/4, 1/3 og 1/2 på finnene med følgende hastigheter og bølgetilstander:

Signifikant bølgehøyde	Hyppest bølgeperiode
1 meter	6 sekunder
2 meter	7 sekunder
3 meter	8 sekunder

Skipshastighet	
	0 knop
	2 knop
	4 knop
	6 knop

Størrelsen på finnene er bestemt ved å ta utgangspunkt i foreslått finnestørrelse for 22m kystfartøy hvor de er skissert med 2m lengde. Arealet til finnen er bestemt ved å bruke 2m som lengste lengde med lengde/bredde forholdet 1/4 som referanssmål. Lengde og bredde er modifisert på hver enkel finne for å holde arealet likt arealet på 1/4 lengde/bredde forhold. Finnearealet er skalert mellom de forskjellige fartøyene ved hjelp av deplasementet².

Begningene er gjort i SINTEF Fiskeri og Havbruks egenutviklede simuleringsprogramvare *FhSim* der parametere ble variert systematisk gjennom å sette opp en rekke simuleringsmodeller som ble kjørt separat mens resultatene lagret for analyse i etterkant.

Modellen som ble brukt for å gjennomføre beregningen i *FhSim* bestod av modeller for skipet og et irregulært bølgefelt med motsjø. For at skipet skulle holde hastighet og kurs ble det tauet med en fjær som bevegede seg fremover med den ønskede hastigheten. Fjærkraften modifiseres når den virker på skipet slik at hiv og stamp ikke blir påvirket. Fjærkraften representerer en varierende fremdriftskraft som øker/minker med avvik fra ønsket hastighet. Metoden med tauing med fjær er valgt for å beholde kurs og hastighet til fartøyet uten å anvende autopilot.

3 Resultater

Resultatene er presentert inndelt etter skip og vannlinje. Variasjoner i parametere gir svært mange resultatsett, med tilhørende fare for uoversiktlig fremstilling. Resultatene presenteres derfor for en vertikal plassering av finnen, og for lengde/bredde forhold for finnen på 1/4. Resultatene varierte relativt lite med de andre parameterne så denne fremstillingen gir en god oversikt over resultatene. Det fulle resultatsettet er tilgjengelig i Appendix A hvor parametervariasjonene, simuleringsmodellen og resultatene er beskrevet mer inngående. I Appendix B er VERES resultater for alle fartøyene gjengitt for hiv og stamp som funksjon av

¹ Treghetsradien er avstanden fra tyngdepunktet hvor massen kan være konsentrert for å gi samme treghet i rotasjon. En boks med jevnt fordelt masse har treghetsradius på 1/4 av lengden, verdier over dette beskriver konsentrasjon av vekt mot endene. Treghetsradien til fartøyene i denne studien ble satt til 1/3 av lengden.

² Det ble vurdert å skalere finnene etter arealtregheten til vannplanet, dette ga store utslag på finnestørrelsen mellom kandidatene. Skalering vha. deplasementet resulterte i fornuftige finnearealet

bølgeperiode. I denne rapporten er følgende resultater presentert for den ene finnmodellen og de tre bølgehøydene.

- Stampevinkel for én hastighet som funksjon av langskips finneplassering, sammenlignet mot standard skrog
- Stampevinkel for én finneplassering som funksjon av forover hastighet, sammenlignet med standard skrog
- Endring i taukraft som funksjon av forover hastighet, relativt til standard skrog
- Endring i hivbevegelse ved tyngdepunktet og fremre perpendikulær som funksjon av hastigheter relativt til standard skrog

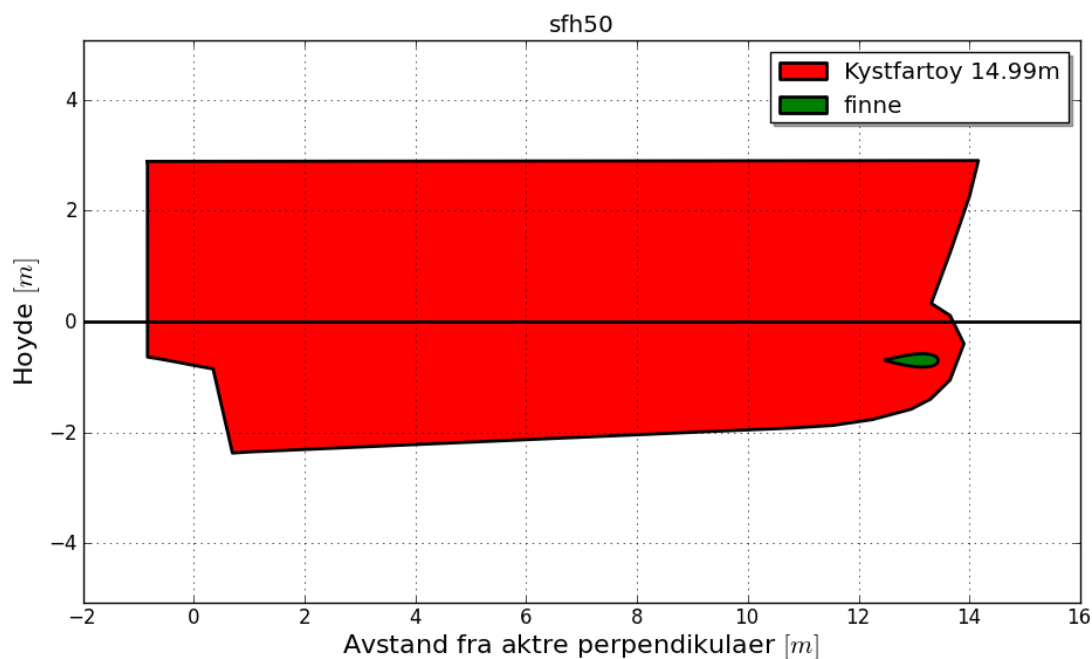
Bevegelsene i stamp og hiv er gitt som signifikante verdier. Det vil si at de rapporterte størrelsene er gjennomsnittet av de 1/3 høyeste utslagene. Gjennomsnittet av de 1/3 høyeste utslagene er ment som et mål for det en erfaren observatør vil estimere som maksimum utslag og vil oppleves omtrent for hvert syvende utslag.

Båten på 21,99m ble vurdert som den mest utsatte og ble derfor analysert for vannlinjer både til og fra havn.

I figurene er det benyttet fargekoder for signifikant bølgehøyde: "Grønn" for signifikant bølgehøyde 1m, "rød" for signifikant bølgehøyde 2m og "sort" for signifikant bølgehøyde 3m. Der resultatene er presentert både med og uten finner er de stiplede linjene verdiene fra beregninger uten finner.

3.1 Kystbåt 14.99m

Fartøyet på 14.99m er basert på et skrog tegnet på SFH som et snurrevad fartøy. Profilen av skroget er vist i Figur 2 med typisk plassering av stapedempende finne. Plasseringen av den stapedempende finnen er lik den som ble bruk i simuleringsstudien for å undersøke effekten av variasjon i hastighet og endringer i finnevinkel. Hoveddimensjonene til fartøyet med deplasement og trim er vist i Tabell 1, og dimensjonene på de forskjellige finnealternativene er vist i Tabell 2. Plott av resultatene er vist i avsnitt 3.1.1.



Figur 2: Profil av 14.99m kystfartøy med plassering av finne inntegnet

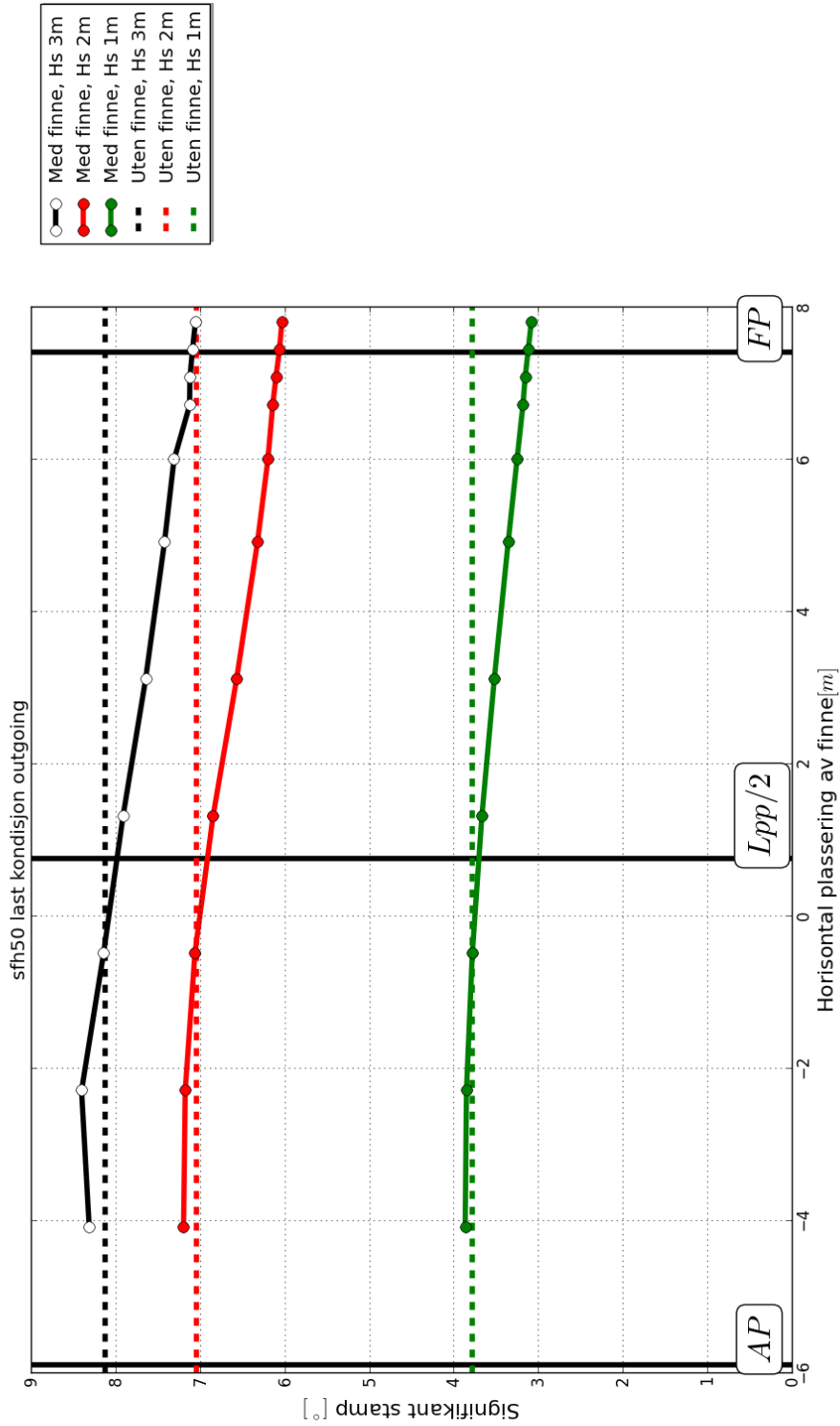
Tabell 1: Vannlinjer brukt under beregning for 15m kystfartøy

Vannlinje	Deplasement	Lengde	Bredde	Dypgang	Trimvinkel
Avgang havn	80 tonn	14.99m	5.4 m	2.1m	0 grader

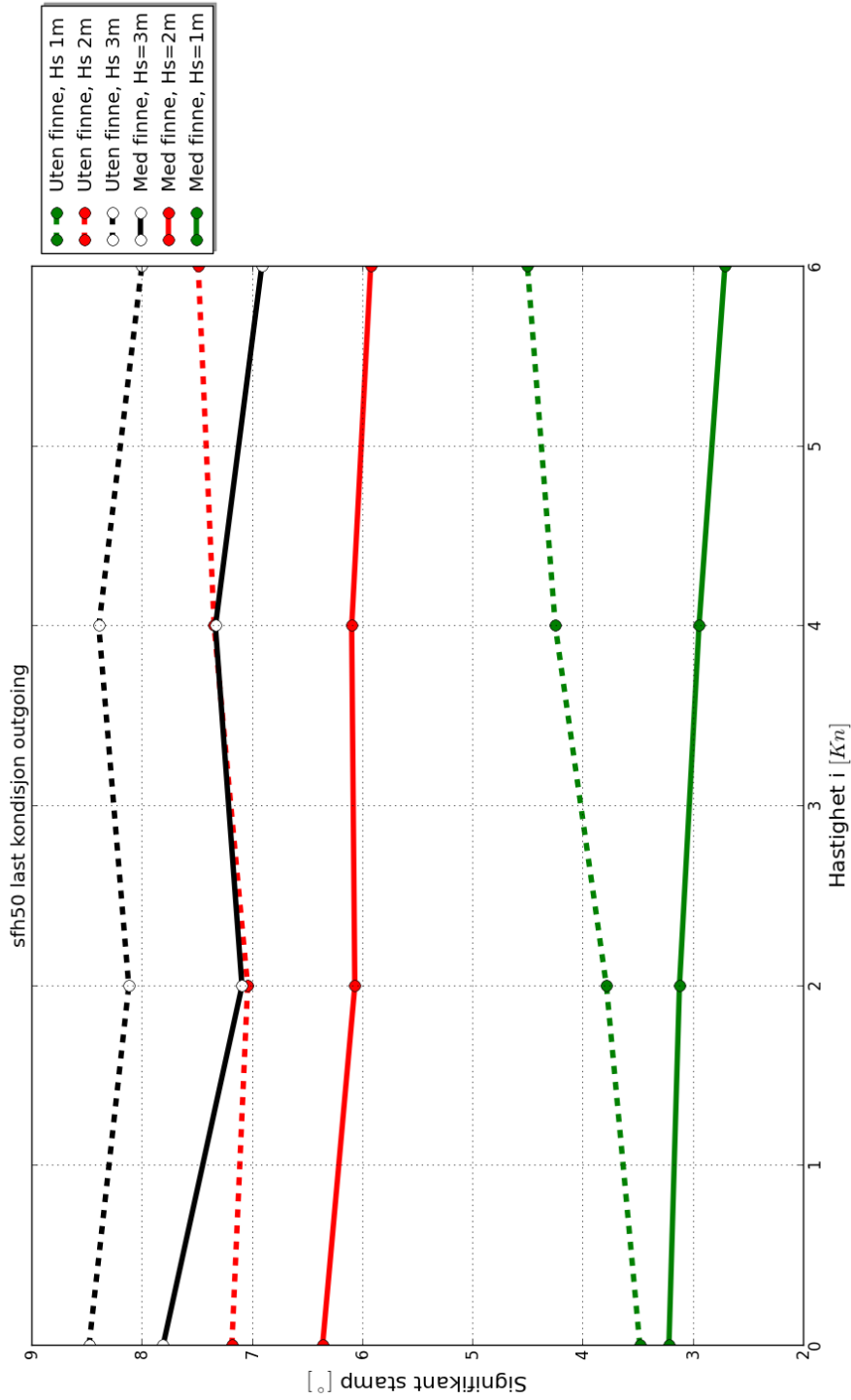
Tabell 2: Mål på finner brukt på 15m kystfartøy

Finne	Lengde	Bredde	Areal	
Aspektforhold 1/4	0.956 m	0.239 m	0.23 m ²	(vist i figurer)
Aspektforhold 1/3	0.832 m	0.274 m	0.23 m ²	(vist i Appendix A)
Aspektforhold 1/2	0.676 m	0.338 m	0.23 m ²	(vist i Appendix A)

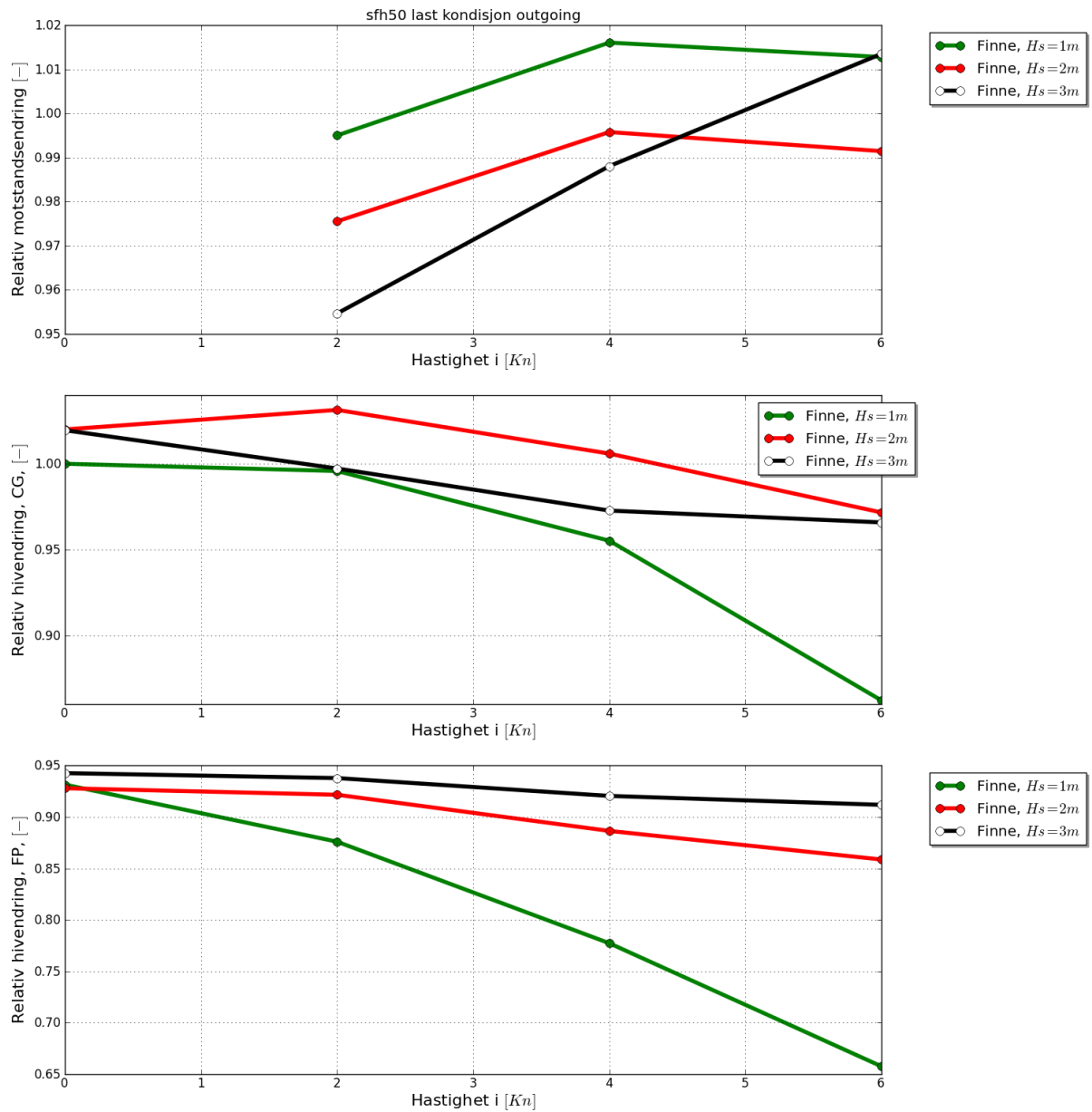
3.1.1 Avgang havn



Figur 3: Variasjon av signifikant stampevinkel som funksjon av langsips plassering av finne og for tre bølgehøyder. Resultater med finner er vist med heltrukne linjer, mens referanseverdien til skroget uten finner er vist med stiplede linjer. Aktre perpendikulær, nullkryss ($L_{pp}/2$) og fremre perpendikulær er markert på x-aksen



Figur 4: Variasjon av signifikant stampevinkel for en finne plassert godt neddykket ved FP over flere hastigheter for tre bølgehøyder. Resultat med heltrukne linjer mens referanseverdiene til skroget uten finner er vist med stiplede linjer.

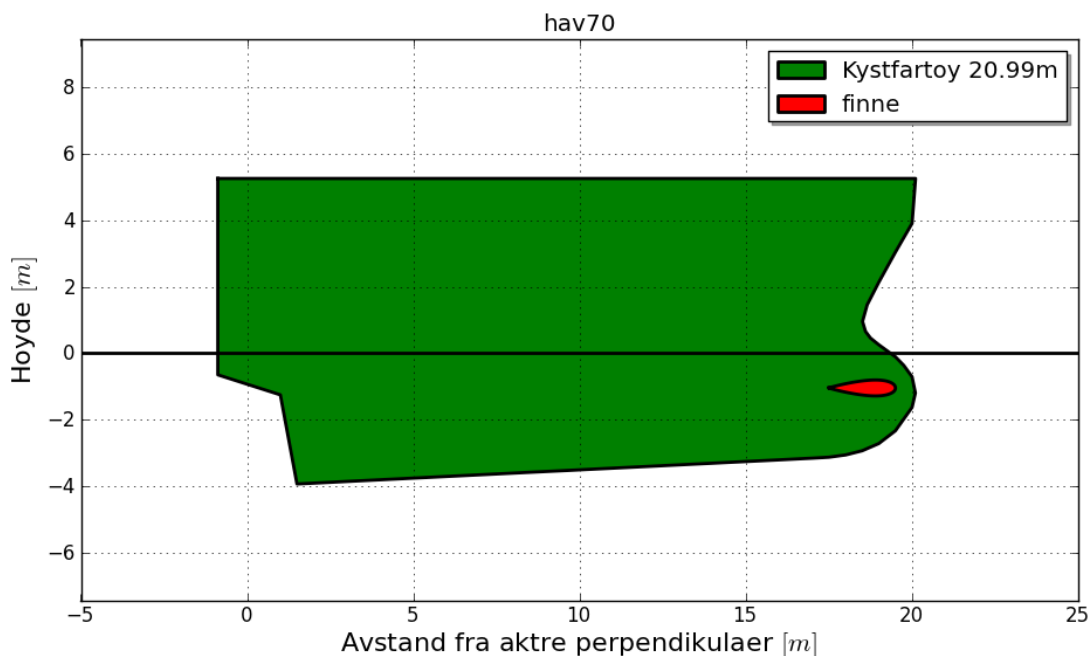


Figur 5: Relativ endring av skrogets egenskaper ved bruk av finner. Figurene viser henholdsvis endring i skrogmotstand, hiv i tyngdepunktet og hiv i fremre perpendikulær.

3.2 Kystbåt 20.99m

Kystbåten på 20.99m er et nybygg tegnet av NavalConsult AS som skal brukes til garnfiske. Designet er av regelhensyn begrenset til total lengde på 20.99m. Profilen av skroget er vist i Figur 6 med typisk plassering av stapedempende finne. Plasseringen av den stapedempende finnen er lik den som ble brukt i simuleringstudien for å undersøke variasjon i hastighet og endringer i finnevinkel. Siden Fartøyet er under planlegging finnes det beregninger av vektregnskapet som gir vannlinje og tyngdepunkt for en rekke lastkondisjoner. Hoveddimensjonene til fartøyet med deplasement og trim er vist i

Tabell 3 og dimensjonene på de forskjellige finnealternativene er vist i Tabell 4. Plott av resultatene er i avsnitt 3.2.1 og 3.2.2. Lastekondisjonen "Avgang havn" er for 20.99m definert som lastet med bunkers og ballastert, mens lastkondisjon "Ankomst havn" er regnet som fullastet med 30% bunkers.



Figur 6: Profil av 20.99m kystfartøy

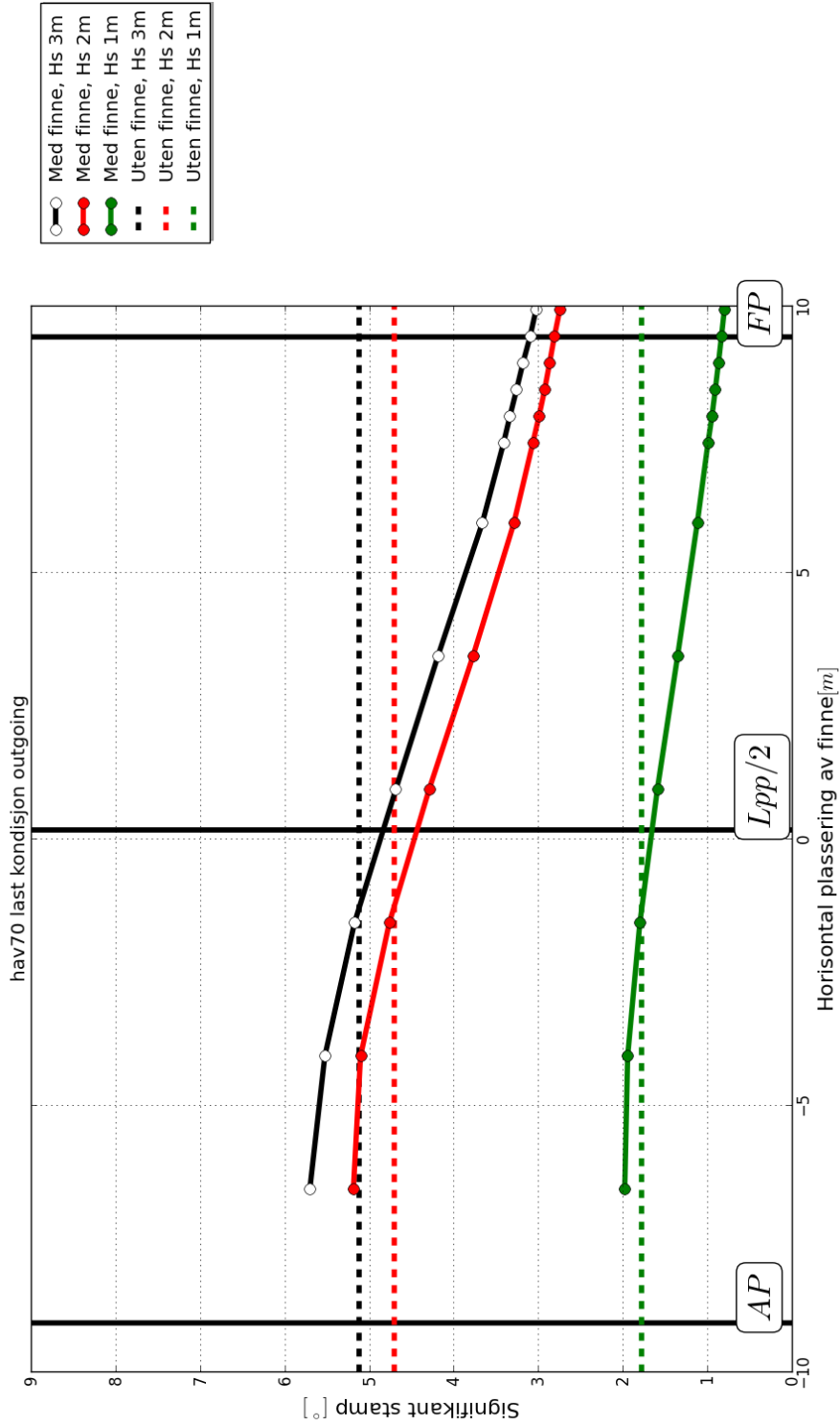
Tabell 3: Vannlinjer brukt under beregning for 21m kystfartøy

Vannlinje	Deplasement	Lengde	Bredde	Dypgang	Trimvinkel
Avgang havn	348 ton	20.99m	8.5m	3.54 m	1,288 grader
Ankomst havn	428 ton	20.99m	8.5m	4.123 m	0,697 grader

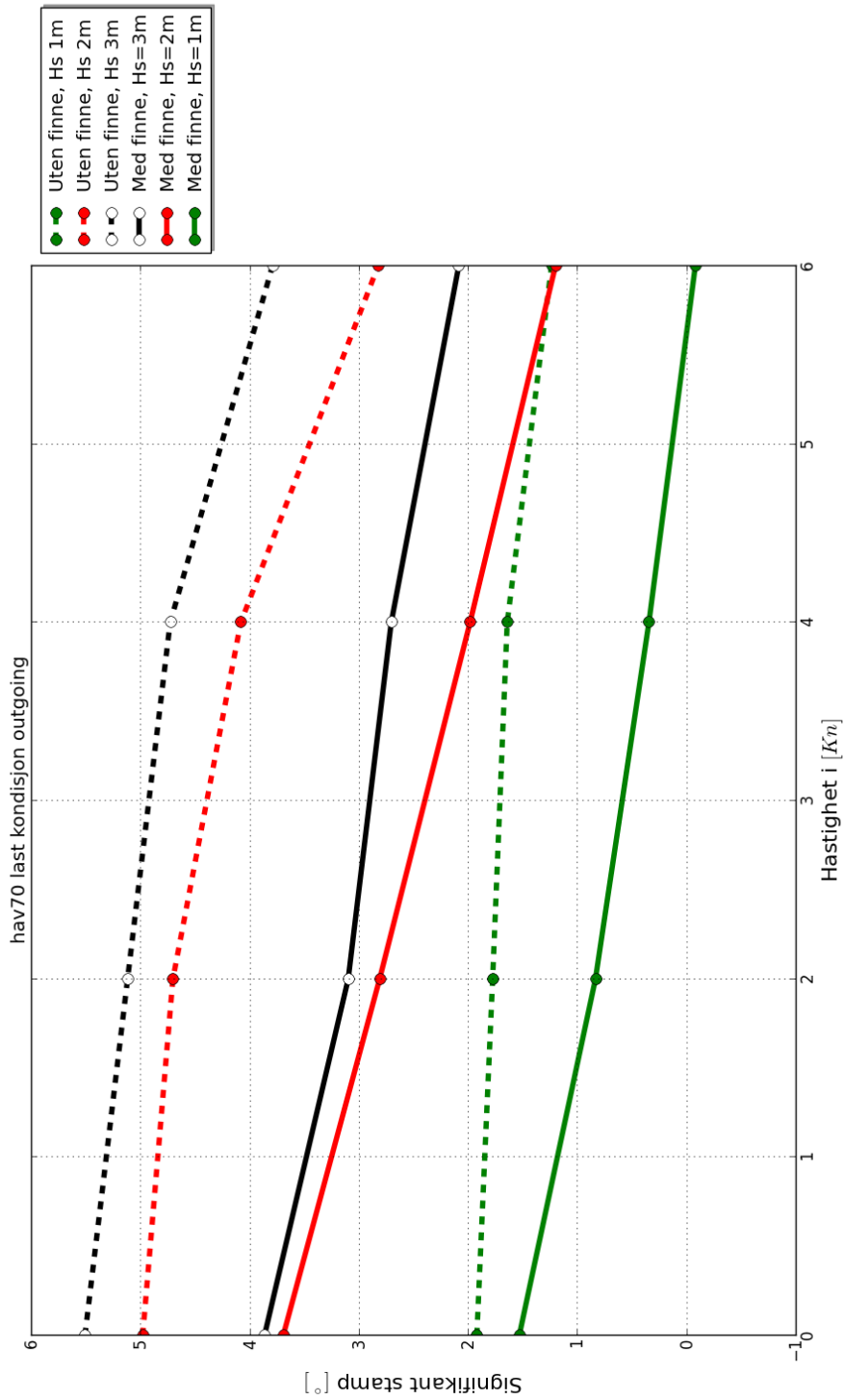
Tabell 4: Mål på finner brukt på 21m kystfartøy

Finne	Lengde	Bredde	Areal	
Aspektforhold 1/4	2.000 m	0.250 m	1 m ²	(vist i figurer)
Aspektforhold 1/3	1.740 m	0.574 m	1 m ²	(vist i Appendix A)
Aspektforhold 1/2	1.414 m	0.707 m	1 m ²	(vist i Appendix A)

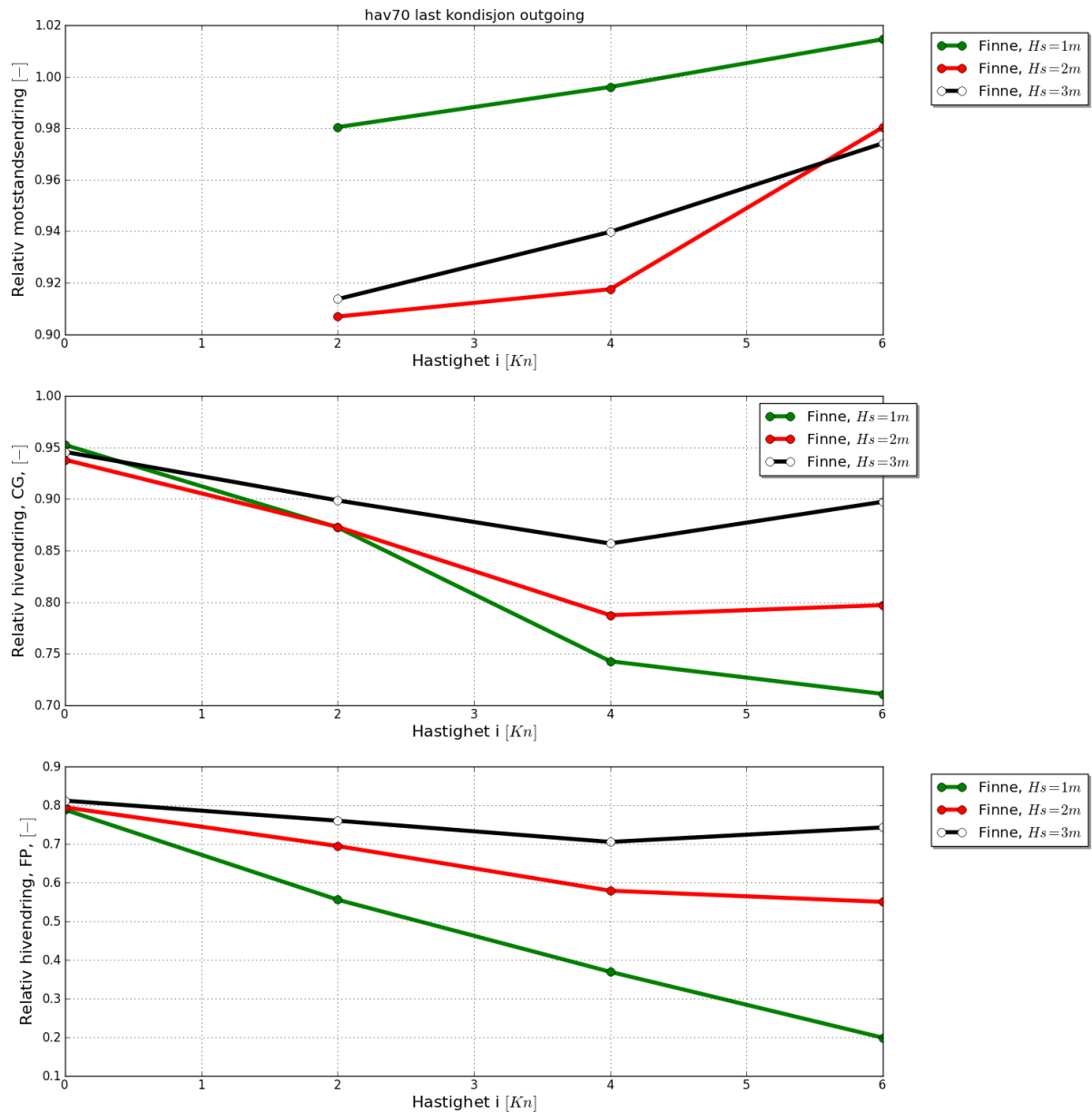
3.2.1 Avgang havn



Figur 7: Variasjon av signifikant stampevinkel som funksjon av langsips plassering av finne og for tre bølgehøyder. Resultater med finner er vist med heltrukne linjer, mens referanseverdien til skroget uten finner er vist med stiplede linje. Aktre perpendikulær, nullkryss ($L_{pp}/2$) og fremre perpendikulær er markert på x-aksen

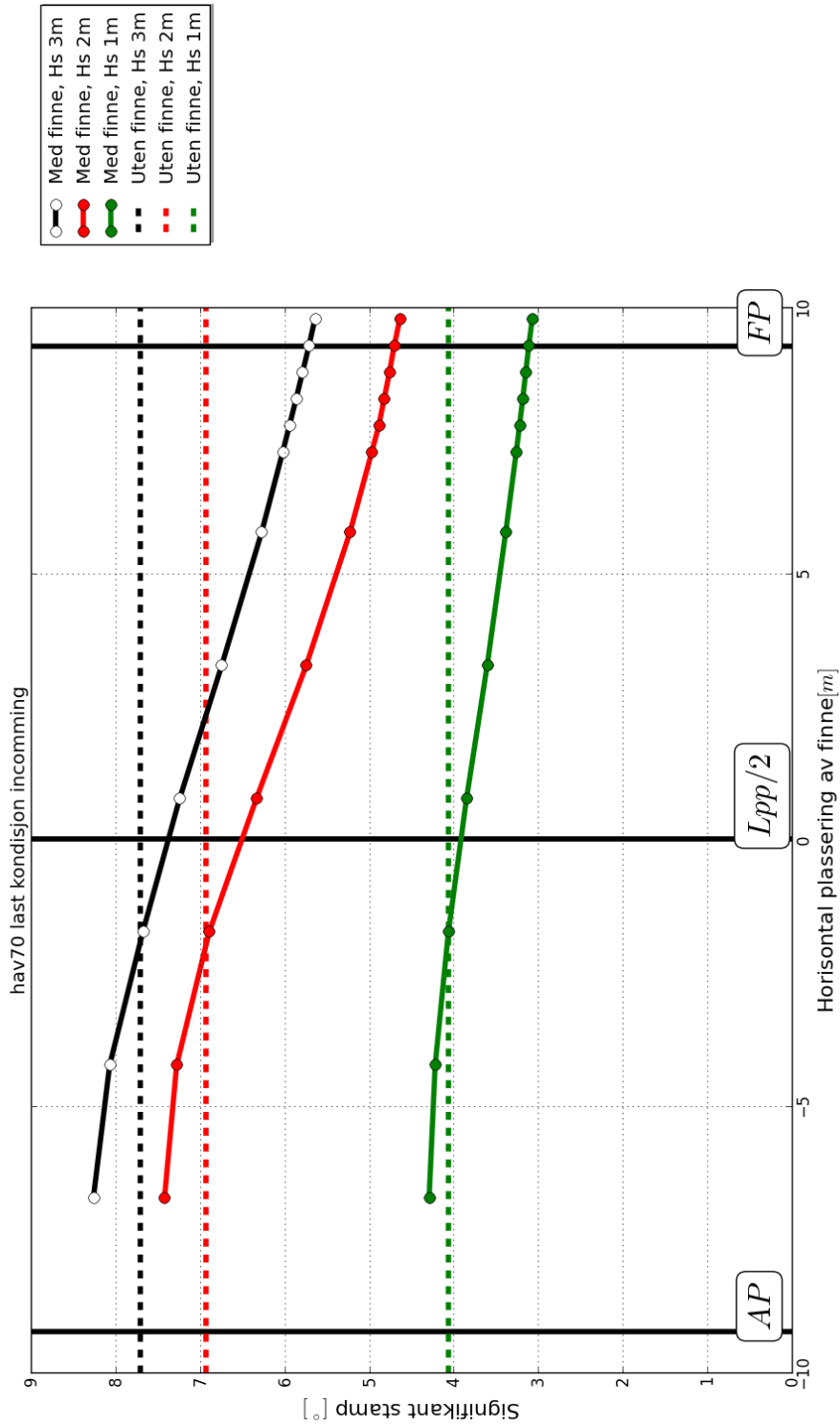


Figur 8: Variasjon av signifikant stampevinkel for en finne plassert godt neddykket ved FP over flere hastigheter for tre bølgehøyder. Resultatet vist med heltrukne linjer mens referanseverdiene til skroget uten finner er vist med stiplede linjer.

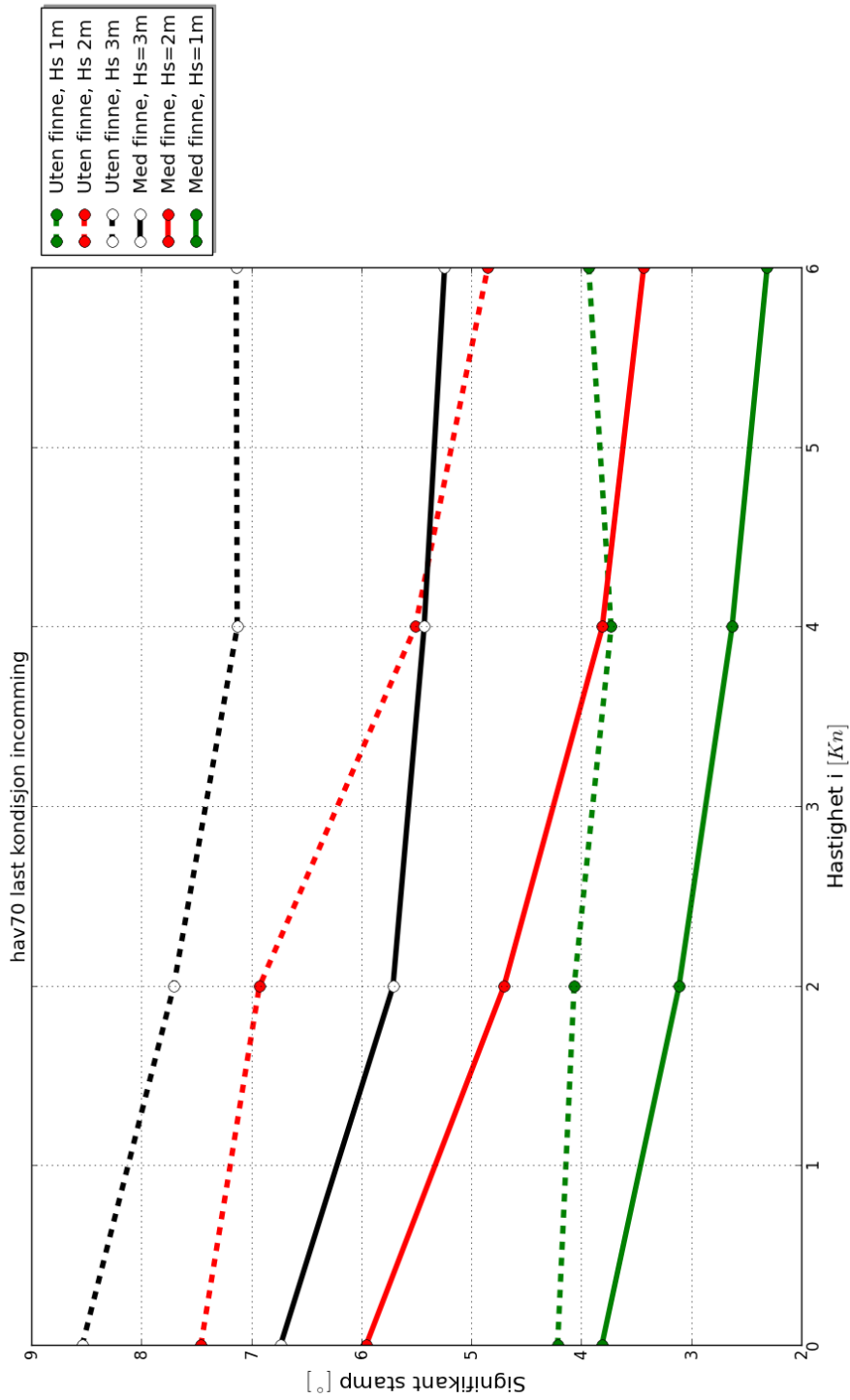


Figur 9: Relativ endring av skrogets egenskaper ved bruk av finner. Figurene viser henholdsvis endring i skrogmotstand, hiv i tyngdepunktet og hiv i fremre perpendikulær.

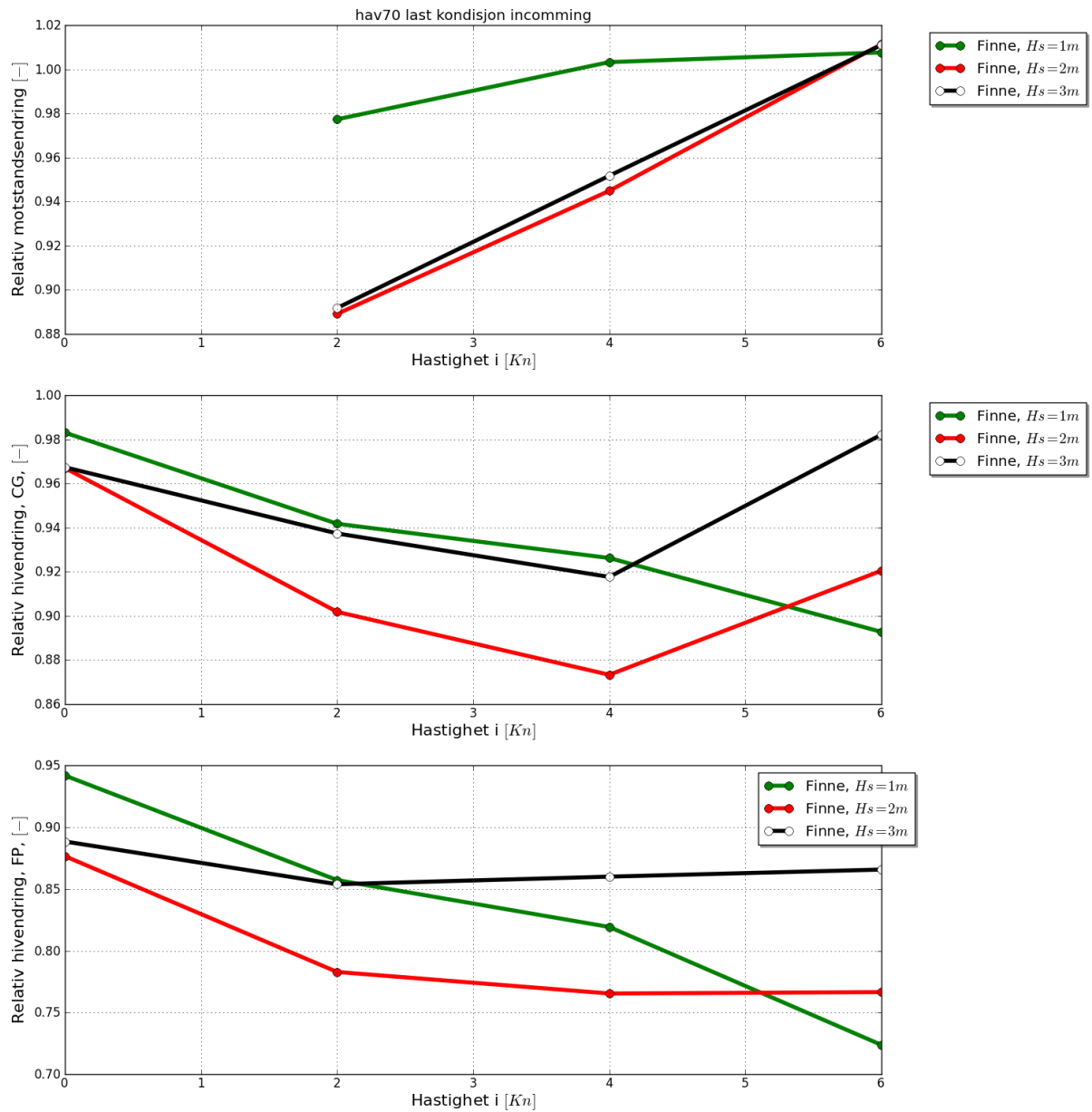
3.2.2 Ankomst havn



Figur 10: Variasjon av signifikant stampevinkel som funksjon av langsips plassering av finne og for tre bølgehøyder. Resultater med finner er vist med heltrukne linjer, mens referanseverdien til skroget uten finner er vist med stiplede linje. Aktre perpendikulær, nullkryss ($L_{pp}/2$) og fremre perpendikulær er markert på x-aksen



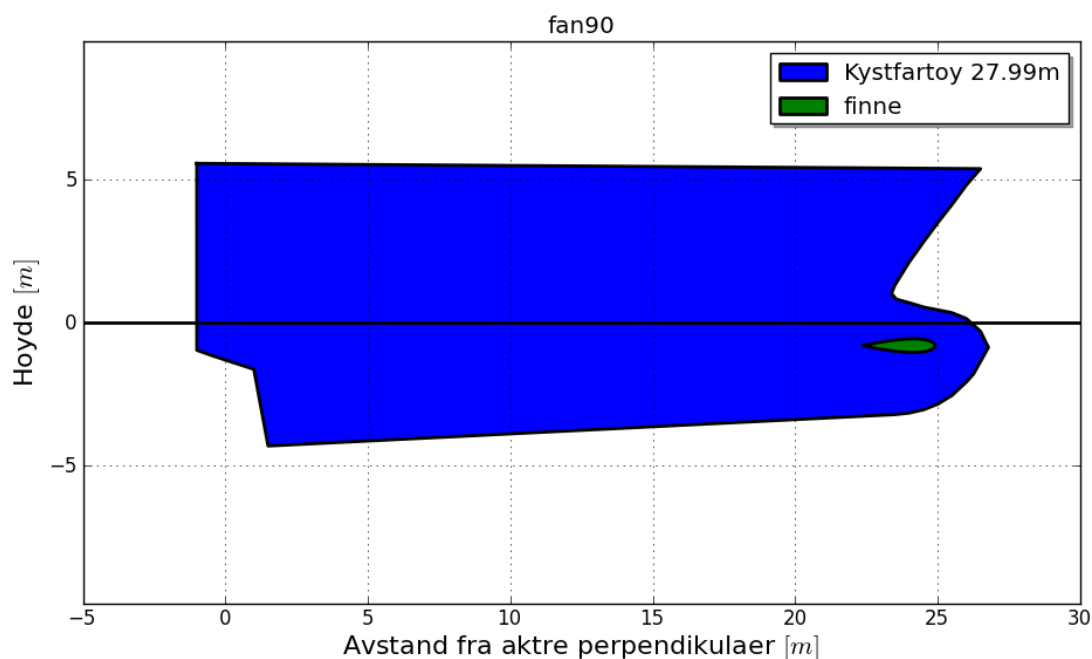
Figur 11: Variasjon av signifikant stampevinkel for en finne plassert godt neddykket ved FP over flere hastigheter for tre bølgehøyder. Resultat med heltrukne linjer mens referanseverdiene til skroget uten finner er vist med stiplede linjer.



Figur 12: Relativ endring av skrogets egenskaper ved bruk av finner. Figurene viser henholdsvis endring i skrogmotstand, hiv i tyngdepunktet og hiv i fremre perpendikulær.

3.3 Kystbåt 27.99m

Kystbåten på 27.99m er basert på en foreslått design fra Naval Consult AS. Detaljerte hydrostatiske beregninger er ennå ikke gjort for dette designet. Det er derfor beregnet en sannsynlig lastekondisjon for avgang havn basert på andre fartøyer av lignende størrelse. Profilen av skroget er vist i Figur 13 med typisk plassering av stampedempende finne. Plasseringen av den stampedempende finnen er lik den som ble bruk i simuleringsstudien for å undersøke endringer i hastighet og finnevinkel. Følgende vannlinje, Tabell 5, ble brukt under beregningene med 27.99m fartøyet. Finnene for fartøyet ble skalert etter deplasementet i forhold til 20.99m fartøyet og er gjengitt i Tabell 6.



Figur 13: Profil av 27.99m kystfartøy

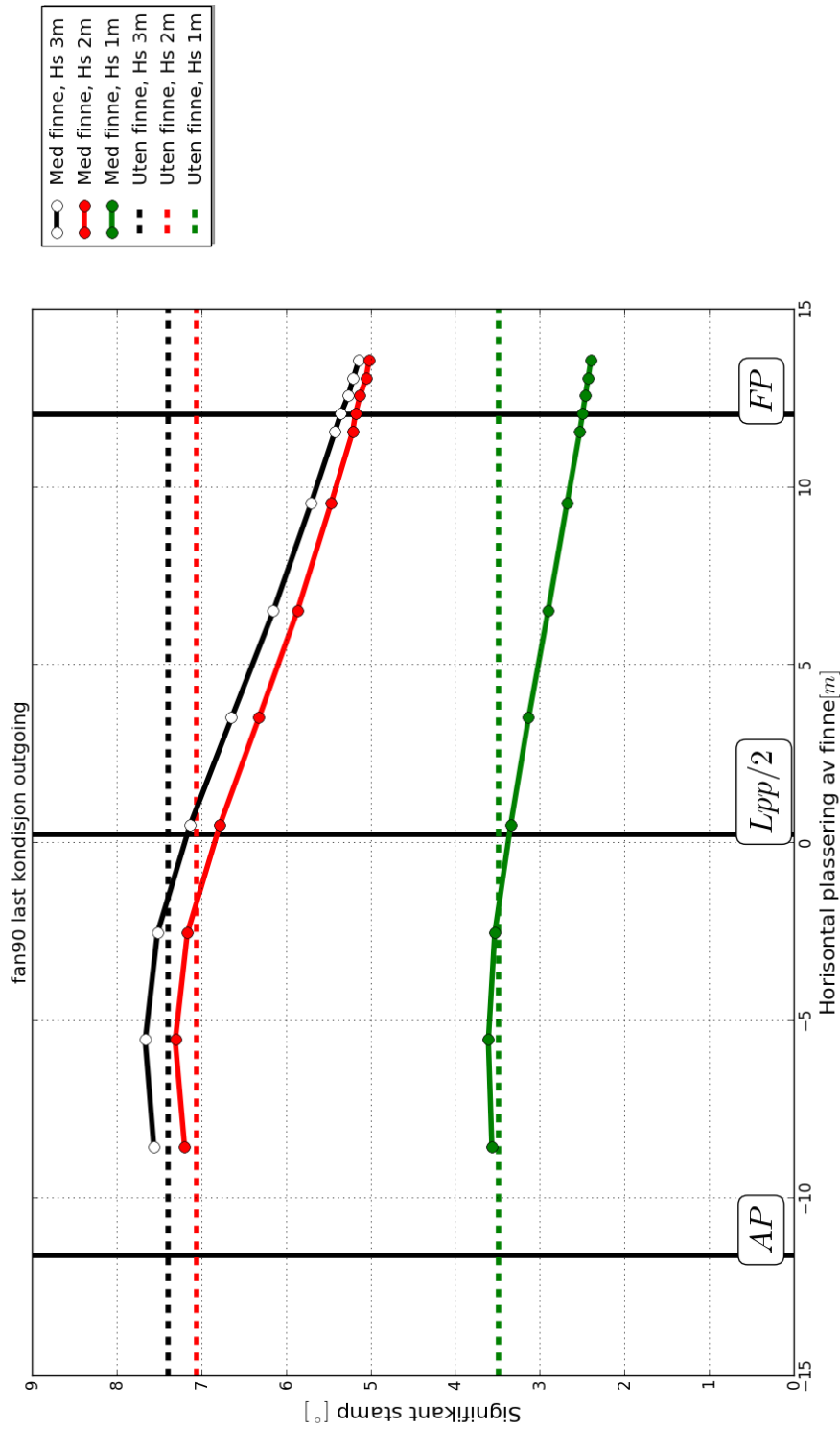
Tabell 5: Vannlinje brukt under beregning for 28m kystfartøy

Vannlinje	Deplasement	Lengde	Bredde	Dypgang	Trimvinkel
Avgang havn	533 ton	27.99m	8.5m	3.810 m	0 grader

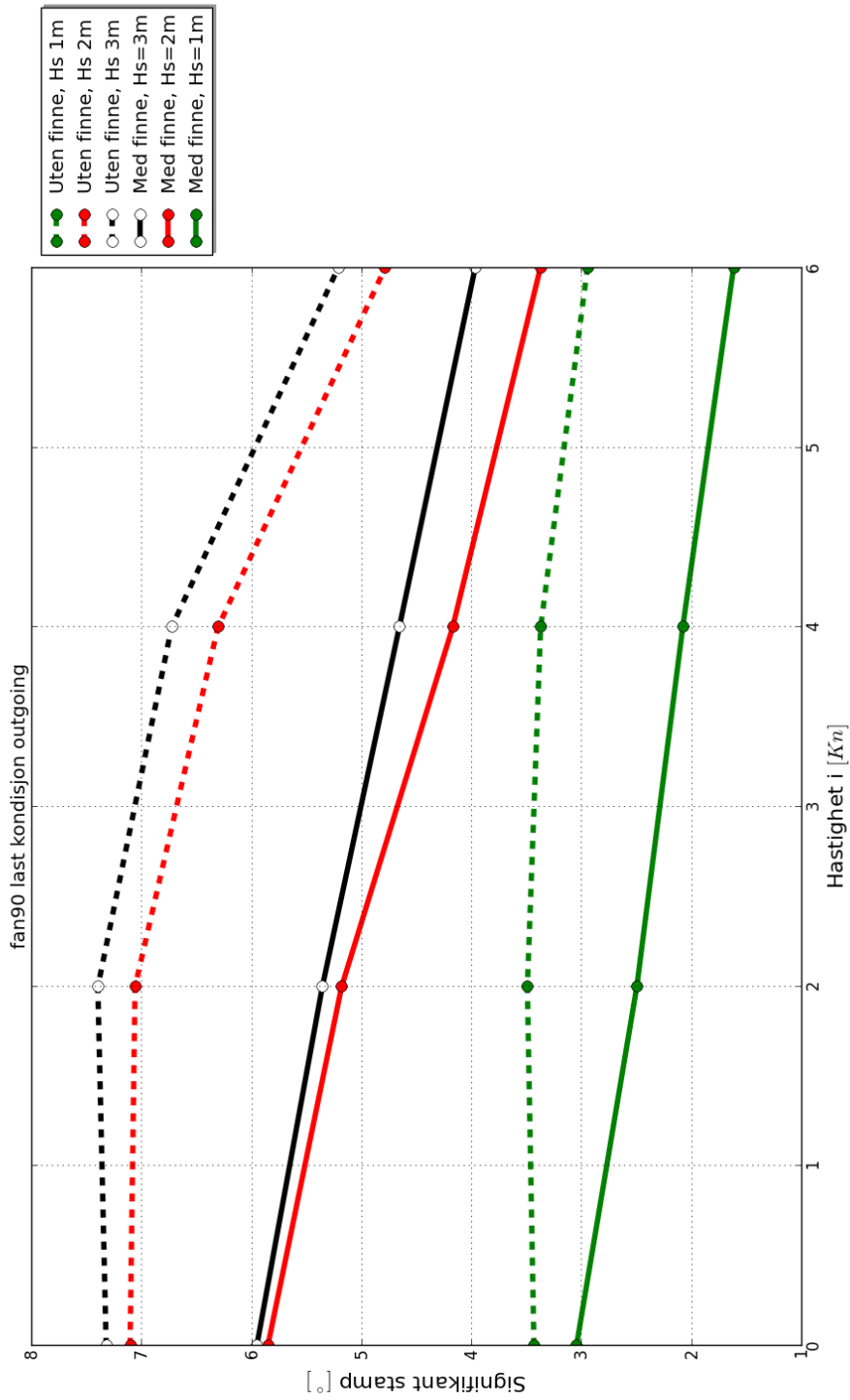
Tabell 6: Mål på finner brukt på 28m kystfartøy

Finne	Lengde	Bredde	Areal	
Aspektforhold 1/4	2.490 m	0.622 m	1.55 m ²	(vist i figurer)
Aspektforhold 1/3	2.167 m	0.715 m	1.55 m ²	(vist i Appendix A)
Aspektforhold 1/2	1.760 m	0.880 m	1.55 m ²	(vist i Appendix A)

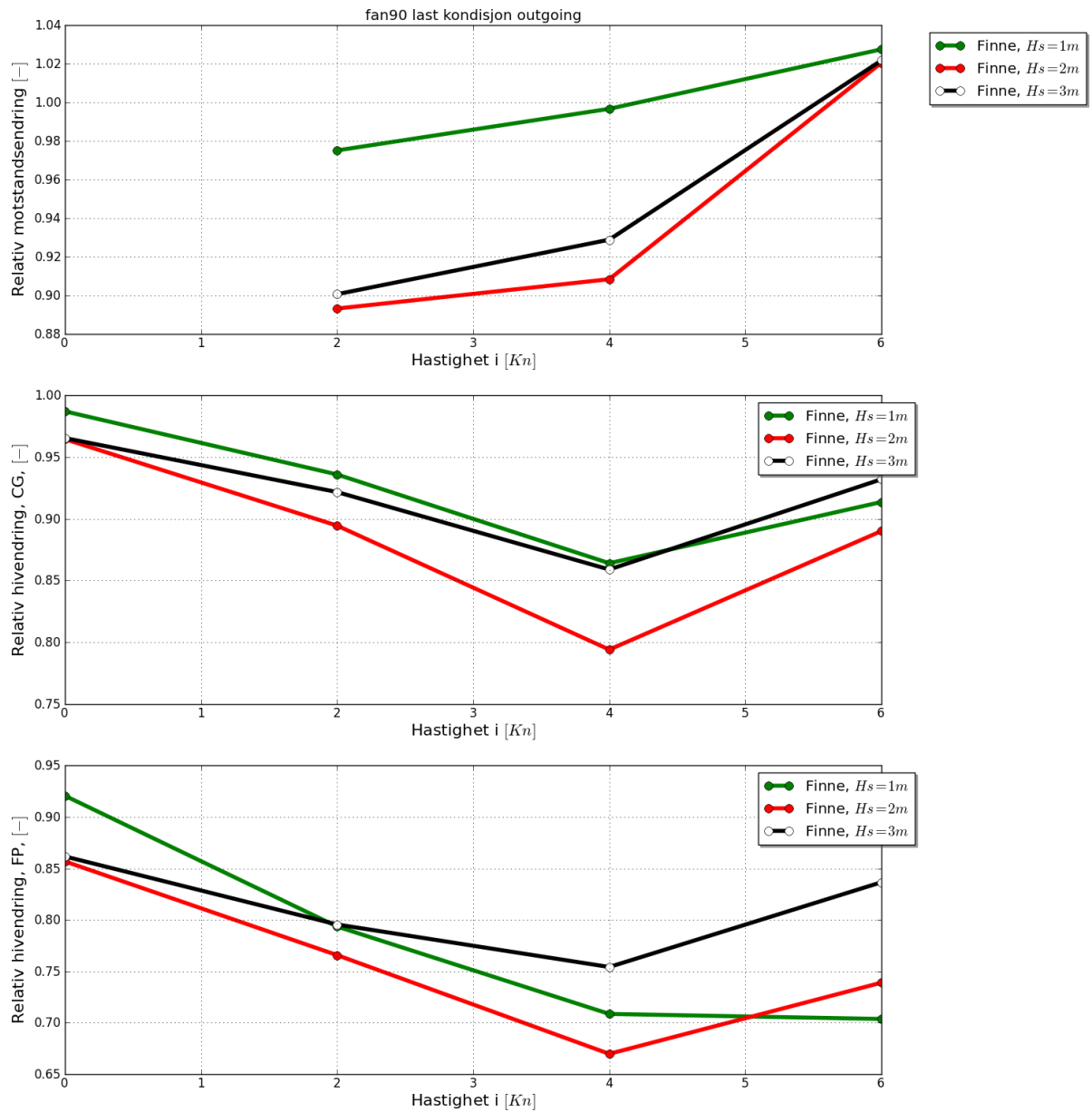
3.3.1 Avgang havn



Figur 14: Variasjon av signifikant stampevinkel som funksjon av langsips plassering av finne og for tre bølgehøyder. Resultater med finner er vist med heltrukne linjer, mens referanseverdien til skroget uten finner er vist med stippled linje. Aktre perpendikulær, nullkryss ($L_{pp}/2$) og fremre perpendikulær er markert på x-aksen



Figur 15: Variasjon av signifikant stampevinkel for en finne plassert godt neddykket ved FP over flere hastigheter for tre bølgehøyder. Resultat med finner er vist med heltrukne linjer mens referanseverdiene til skroget uten finner er vist med stiplede linjer.



Figur 16: Relativ endring av skrogets egenskaper ved bruk av finner. Figurene viser henholdsvis endring i skrogmotstand, hiv i tyngdepunktet og hiv i fremre perpendikulær.

4 Diskusjon og konklusjon

Stampedempende finner ser ut til å ha en signifikant effekt på kystfartøy som opplever større stampevinkler. Effekten er større jo lengre fremfor tyngdepunktet finnen plasseres, men hensyn til styrke og praktiske hensyn vil begrense hvor langt fremme de kan monteres. Stampevinkelen reduseres for alle hastigheter og beholder effekten også når farten tiltar. Resultatene viser at virkningen er størst i medium til lav hastighet, noe som er i god overensstemmelse med vanlige hastigheter for fiskerioperasjoner. Den prosentvise endringen av signifikant stampevinkel med 2 knops fart er vist i Tabell 7. Fra tabellen kan man se at effekten er minst for det minste fartøyet, men selv der får man en merkbar reduksjon av stampevinkelen.

Tabell 7: Prosentvis reduksjon av stampebevegelse i 2 knop med finne montert ved FP

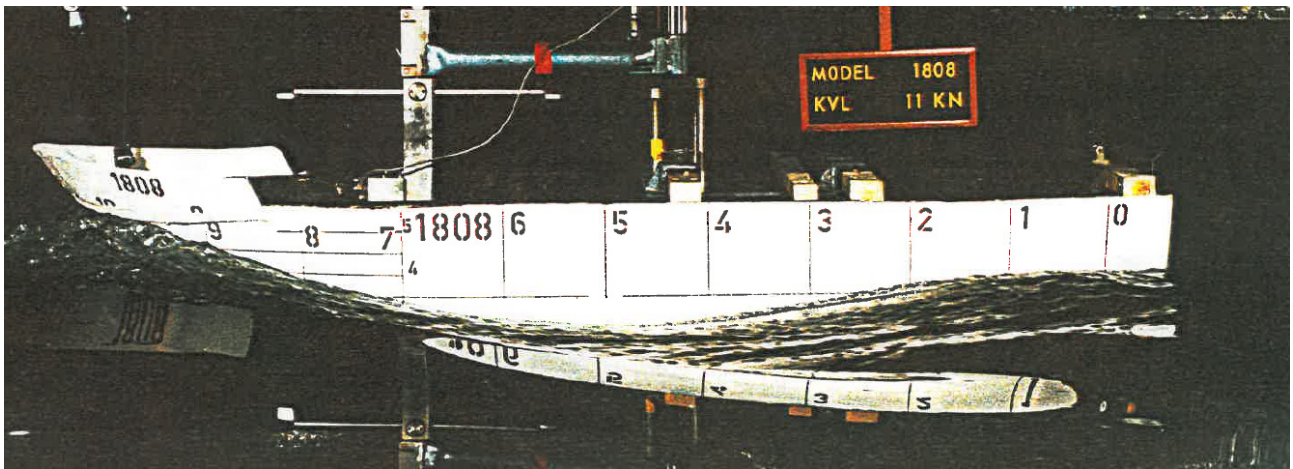
	Fartøy	14.99m avgang	20.99m avgang	20.99 ankomst	27.99m avgang
Bølgehøyde	1m	18%	54%	24%	29%
Bølgehøyde	2m	14%	19%	32%	27%
Bølgehøyde	3m	13%	40%	26%	28%

Når det gjelder effekten av langskips plassering av finnen, så er innstrømningsretningen for finnen dominert av fartøyet's fart og hivbevegelse. Faseforskyvningen mellom hiv- og stampebevegelsen gjør at en finne plassert bak fartøyet's tyngdepunkt vil bidra til økt stamp i stedet for å dempe denne. Det er derfor ikke tilrådelig å plassere finner i akterskipet selv om momentarmen fra finnen er sammenlignbar med den man oppnår i forskipet. For veldig lange skip vil man kunne få effekt av finner i akterskipet hvis armen ut til festepunktet for finnen er så lang at vertikal bevegelse fra stamping dominerer over hivbevegelsen.

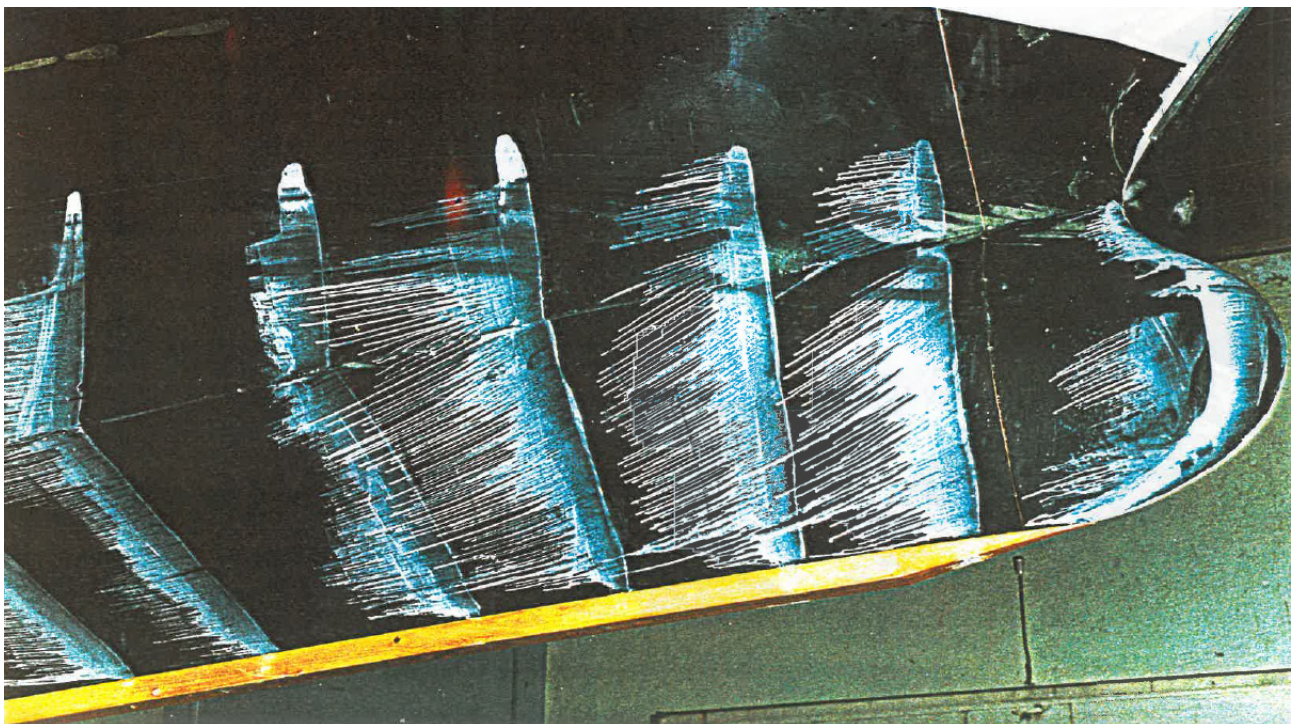
De stampedempende finnene gir også en reduksjon i motstanden opp til en viss hastighet, selv om finnene i seg selv gir en netto motstandskraft. Dette tilskrives den endrede neddykkingen inn i en innkommende bølge som følge av redusert stampevinkel. Den reduserte stampevinkelen fører også til en reduksjon av hivbevegelsen, og effekten øker jo lengre fra tyngdepunktet man beveger seg. Denne effekten avtar sammen med dempningen av stampevinkelen når farten øker. For det minste fartøyet er reduksjonen av motstand minimal, om ikke fraværende, og den økte motstanden fra finnene bidrar til en marginal økning av tauekraften. Denne økningen er likevel mindre enn nøyaktigheten en vil forvente av simuleringsstudier som dette. Nøyaktigheten på denne studien påvirkes av forenklingene rundt strømningsbildet rundt fartøyet, men trendene som presenteres vil være tilstede også i forbedrede studier.

Før montering av stampedempende finner bør strømningsforholdet rundt skroget kartlegges. I simuleringsstudien står finnene i nøytral posisjon når fartøyet ligger på rett kjø, mens strømmingene rundt skipet i stille vann vil domineres av strømningsbildet rundt skipet som vist i Figur 17 og Figur 18 hentet fra³. Hvis resultatene presentert i denne rapporten skal etterprøves bør det vurderes om finnene skal monteres i en vinkel slik at de står parallelt med vannstrømmen rundt skroget. Effekten av endringer i finnevinkelen på stampebevegelsen og tauekraften kan sees i resultatsettet i Appenidx A.

³ SINTEF MARINTEK rapport OR-510337 del 16 - "Fartøy Kategori I, Lpp=23.0m skrogalternativ 2k (knekkspant)" fra prosjekt "Moderne skrogformer for Fiskefartøy" for NFFR/Fiskeridepartementet



Figur 17: Skrogbølge for et moderne fiskefartøy ved 11 knop.



Figur 18: Strømlinjer rundt forskipet for moderne fiskefartøy



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no

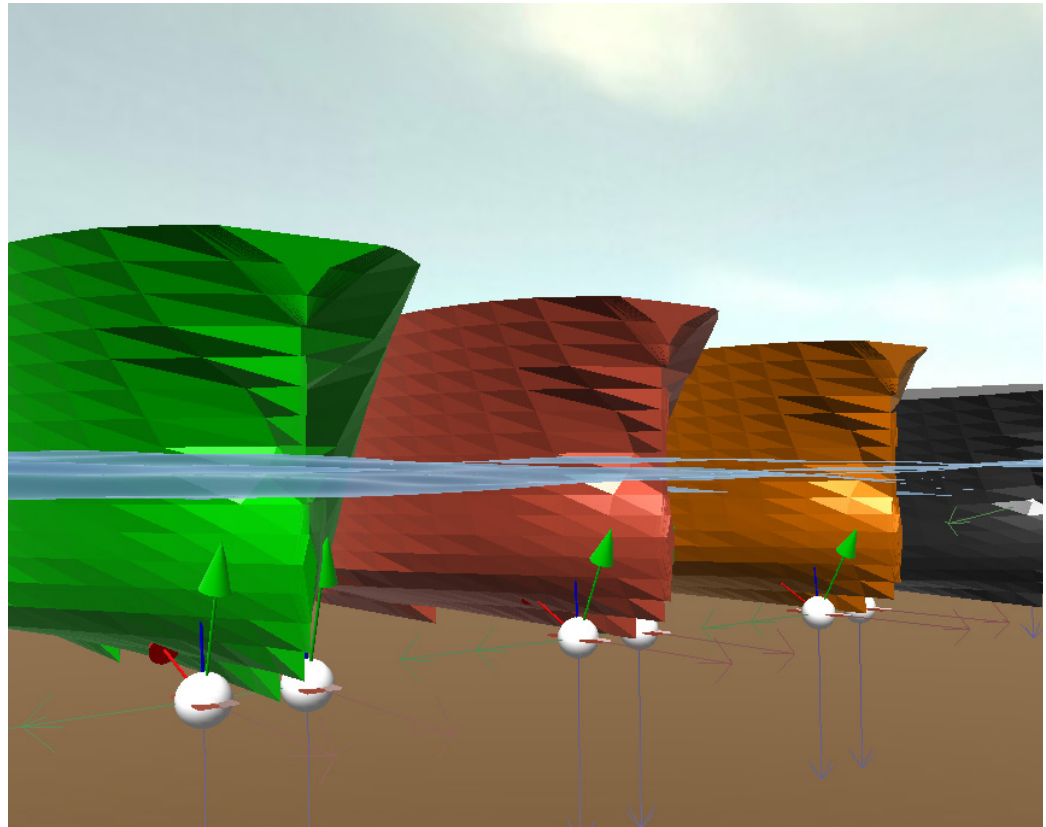
Appendix A

Teknisk rapport: Virkning av stampekjøl på kystfartøy

Modellbeskrivelse, teknisk oppsett og resultater

Forfatter(e)

Karl Gunnar Aarsæther



Innholdsfortegnelse

1	Teknisk rapport	3
1.1	Innledning	3
1.1.1	Modellbeskrivelse.....	3
1.1.2	Havmiljø.....	3
1.1.3	Fartøy.....	4
1.1.4	Finner.....	5
1.2	Simulatoroppsett	6
1.3	Fartøyer.....	7
1.4	Simuleringsmatrise	8
2	Resultater	9
2.1	Variasjon av langskips posisjon.....	10
2.2	Variasjon av hastighet.....	34
2.3	Variasjon av finnevinkler.....	58
2.4	Regulære bølger.....	66
3	Diskusjon.....	70
4	Konklusjon	70

1 Teknisk rapport

1.1 Innledning

Et fartøys bevegelser i sjøgang er gitt av fartøyets utforming og sammensetningene på bølgene det møter. Alle fartøy har bølgeperioder hvor det opplever resonansfenomener, men utformingen til fartøyet sammen med antagelser om hvilke bølger det hyppigst vil møte kan begrense hyppigheten man opplever resonansfenomener. Av praktiske og lovmessige hensyn kan legge begrensninger på utformingen av fartøyet, og resonansproblemer må håndteres på andre måter enn å endre de grunnleggende egenskapene til fartøyet. Introduksjon av ekstra demping kan være effektivt til å begrense utslagene i resonans og diverse former for dempeanordninger, passive og aktive, legges ofte til fartøysdesign. Eksempel på slike innretninger er Rulledempetank, slingrekjøler og aktive stabilisatorer. Felles for disse er at de virker mot rullbevegelse som tradisjonelt har vært mest problematisk for alle fartøysklasser.

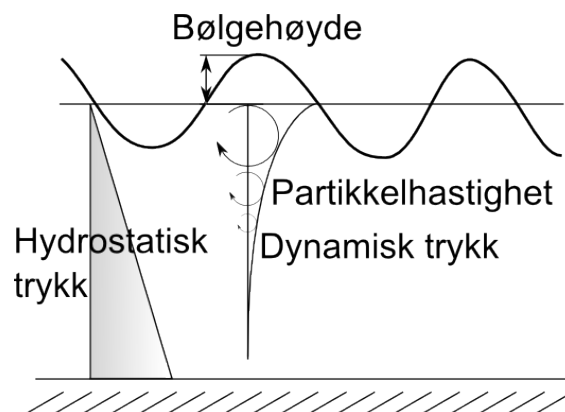
Bevegelser i stamp bestemmes av rotasjonstreggheten i stamp og opprettende moment fra endringer i vannlinjen. Rotasjonstreggheten domineres av lengden, og kystfartøyer som av ulike grunner er begrenset i lengden kan oppleve at kombinasjonen av fartøyets dynamikk og den dominerende sjøtilstanden gir uforholdsmessig store bevegelser i stamp. Dette fenomenet er spesielt for mindre fartøyer siden dempingen i stamp, og fartøyets egenskaper, er tilstrekkelig til å unngå resonansfenomener for større fartøyer.

1.1.1 Modellbeskrivelse

Scenariet med kystfartøy med og uten stampedempende finner modelleres i SINTEF Fiskeri og havbruks egenutviklede programvare for systemsimulering *FhSim*. Modellen settes sammen av spekterrealisering av irregulær sjø, VERES basert skipsmodell i tidsdomenet, modell for foil baser på løft/drag kurver og standard funksjonelle blokker som implementerer signalruting og matematiske operasjoner.

1.1.2 Havmiljø

Havmiljøet modelleres ved realisering av bølgespekter. Bølgespekteret spesifiseres ved signifikant bølgehøyde og perioden på den mest vanlige bølgen. Bølgefeltet beregnes deretter som en superposisjon av enkeltbølger realisert fra det aktuelle spekteret. Distribusjon av bølgeretningene følger en hovedretning med en peak parameter som bestemmer spredning av bølgenes retning rundt hovedretningen.



Figur 1: Skjematisk fremstilling av havmiljømodellen i den totale analysemodellen

Havmiljømodellen som brukes under simuleringen har mulighet for å hente ut følgende verdier fra et vilkårlig punkt i rommet på et gitt tidspunkt:

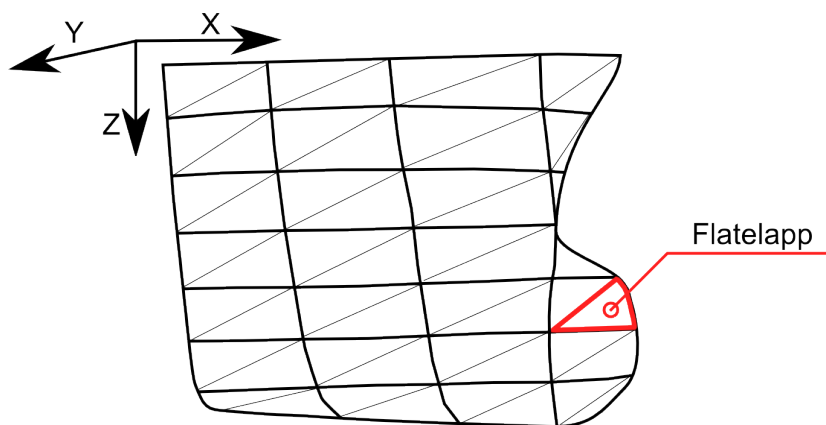
- Hevning av havoverflaten
- Partikkelhastigheten i vannet som strøm felt superponert på partikkelhastighet i bølgen
- Trykket i vannet som funksjon av både det hydrostatiske og det hydrodynamiske trykket

Hver beregning utføres som en sum av effekter fra enkeltbølger. Havmiljømodellen er tilgjengelig fra alle modeller som plasseres i samme samlede simuleringmodell.

1.1.3 Fartøy

Fartøysmodellen som benyttes er en tidsdomene realisering av beregningsresultater fra beregningsprogrammet VERES. VERES er et lineært analyseprogram som beregner sjøegenskapene til fartøy i irregulær sjø, men opererer på en fastsatt simuleringmodell som inneholder et enkelt skip i frekvensplanet. VERES resultatene inneholder separate datasett for kreftene absorbert av skipet i bølger og dempningskrefter fra generering av bølge mens skipet beveger seg i sjøgang.

Effekten av endringer av våt overflate på skipet i sjøgang inkluderes ved numerisk integrasjon av det totale trykket på den faktiske våte overflaten under simulering. Dette gjøres ved å dele skroget inn i flatelapper og regne trykket for hver flatelapp i uforstyrrede bølger ved hjelp av havmiljømodellen. Kraften på hver flatelapp virker langs flatelappens normalvektor og momentet rundt skipets tyngdepunkt beregnes. Trykket i den uforstyrrede bølgen vil være lavere enn trykket som oppleves når vannet stoppes av skrogveggen. VERES beregningene tar høyde for denne effekten og det dynamiske trykkbidraget på hver flatelapp skaleres ved hjelp av VERES resultater.



Figur 2: Inndeling av skroget i flatelapper

For hver flatelapp blir kraften som virker

$$F_i = \vec{n}_i \cdot \text{Areal}_i \left(\rho g z + a \sum_{j=1}^{n_{bølger}} A_j e^{-k_j z} \sin(k_j x - \omega_j t - \varepsilon_j) \right)$$

Hvor \vec{n} er flatelappens normalvektor og a er skaleringsfaktoren mellom det dynamiske trykket i uforstyrret bølge og trykket når vannet forhindres fra å krysse grensen for skroget. Den totale kraften og momentet på skroget fra bølgen blir da

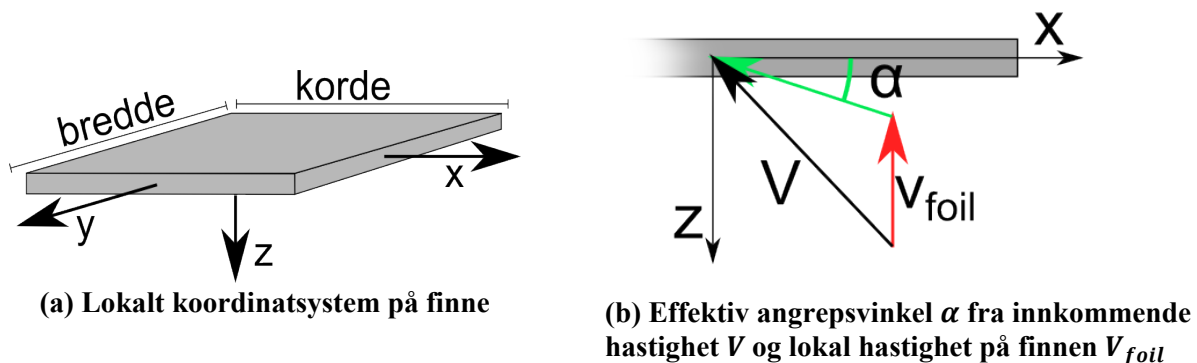
$$F_{total} = \sum_{i=1}^{n_{falter}} F_i$$

$$M_{total} = \sum_{i=1}^{n_{falter}} F_i \times r_i$$

Hvor r_i er vektoren i det skipsfaste koordinatsystemet fra tyngdepunktet til arealsenteret for hver flatelapp.

1.1.4 Finner

De stampedempende finnene modelleres ved hjelp av løft og drag kurver. Hvar finne monteres på skroget i en variabel avstand fra midtspantet og kjølen. Når finnen er festet på skroget i et gitt punkt under simulering vil den følge skipets bevegelser og hode sin relative posisjon på skroget uavhengig av skipets bevegelser. Hastighetene til finnen vil få bidrag både fra den lineære hastigheten til fartøyet og økningen av lineære hastigheter fra rotasjonen rundt skipets tyngdepunkt.



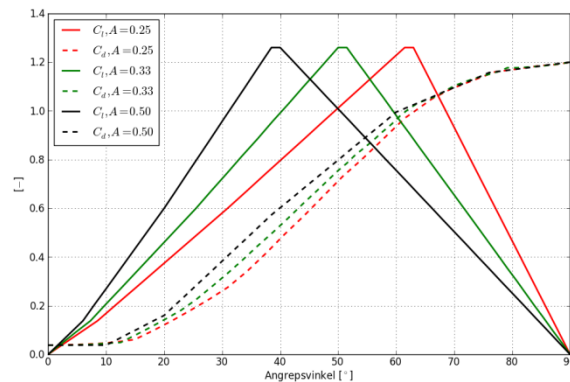
Figur 3: Definisjon av koordinatsystem, dimensjoner og effektiv angrepsvinkel på finner

Finnene behandles som lavaspekts vinger og de hydrodynamiske egenskapene beregnes fra løft og drag kurver for en gitt angrepsvinkel. Kraften generert av finnen beregnes ut i fra den øyeblikkelige angrepsvinkelen til den innkommende vannhastigheten. Vannhastigheten regnes som differansen mellom finns egen hastighet og hastigheten i den uforstyrrede bølgen. Angrepsvinkelen regnes ut og kraften beregnes fra et tabelloppslag i drag og løft koeffisient kurver.

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_l(\alpha)$$

$$D = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_d(\alpha)$$

Løftkraften virker normalt mens dragkraften virker parallelt med den innkommende strømhastigheten. Kurvene som benyttes for løft og drag kurvene er vist i Figur 4 for de tre forskjellige aspektforholdene. Kurvene er basert på publiserte løft/drag kurver for rør med lignende aspektforhold med en flat vegg montert ved roten, et geometrisk oppsett som minner om hva en finne montert på siden av skroget vil oppleve.

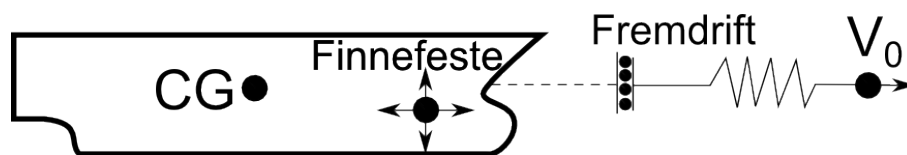


Figur 4: Dimensjonsløse koeffisienter for løft (heltrukken) og drag (stiplede) for de tre lavaspekt finnene som brukes under simuleringsstudien.

1.2 Simulatoroppsett

Simuleringsmodellen som anvendes til å studere stapedempning settes opp ved å plassere tre fartøy, ett fartøy for hvert aspektforhold, med to finner plassert symmetrisk om senterlinjen. Langskips og vertikal plassering varierer mellom hver kjøring. Hvert fartøy initialiseres med VERES resultatene for vannlinjen som skal undersøkes i en gitt kjøring og havmiljøet initialiseres med en signifikant bølgehøyde. Realiseringen av det irregulære bølgefeltet kontrolleres ved å spesifisere starttilstanden for tilfeldig uttrekk av bølger for å generere identiske bølgefelt for de forskjellige forsøkene.

Hastigheten og kurs til fartøyene opprettholdes ved å forbinde de med en fjær til et punkt som avanserer med en gitt fart. Fjærkraften kobles tilbake til fartøyet etter at kraftkomponentene som påvirker hiv, stamp og rullbevegelsen er eliminert. Det grunnleggende oppsettet for hvert fartøy er vist i Figur 5.



Figur 5: Simuleringsoppsett med fremdriftskraft generert av en fjær som beveger seg med fast fart V_0 som gjennomsnittlig fart

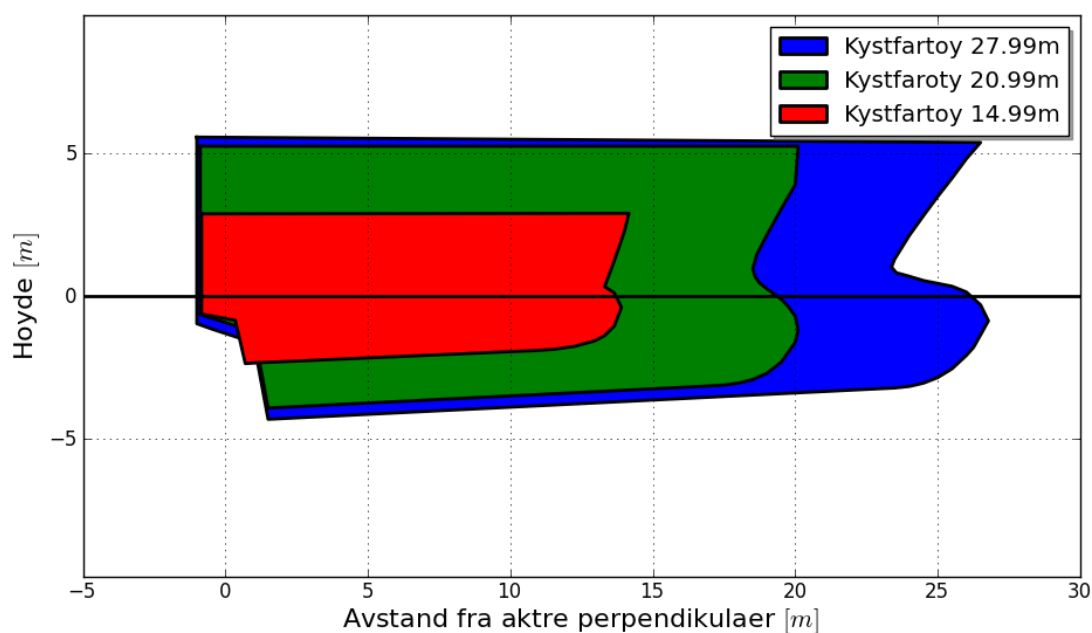
Metoden med tauing etter et bevegelig punkt plassert fremfor skipet ble brukt til å holde skipet på rett kurs og med en gjennomsnittlig fremover hastighet lik referansehastigheten. Fiksering av skipets fremoverhastighet på et konstant nivå ga dårlige resultater da hastigheten ikke gikk ned når det dukket inn bølgen, som igjen førte til en for høy fremover hastighet når fartøyet kom ut av bølgen. Dette førte igjen til større stampevinkler når fartøyet falt ned i vannet igjen.

En fremdriftskraft generert av en fjær vil gi en varierende fremdriftskraft som øker når hastigheten går ned. Dette er forskjellig fra det virkelige tilfellet der en propell arbeider under varierende forhold bak fartøyet, men oppsettet er praktisk for å teste ut forskjellige fartøy på predefinert hastigheter. Alternativet er å tilpasse

en fast fremdriftskraft for hvert fartøy og hver bølgetilstand for så å koble det med en autopilot algoritme for å holde kursen.

1.3 Fartøyer

Tre typiske kystfartøyer som representerte ulike lengdebegrensinger ble brukt i simuleringstudien. Størrelsen varierte fra 15m til 28m. Profilen av fartøyene er vist i Figur 6 for å illustrere størrelsesforholdet mellom de forskjellige skrogene. Grunnlaget for beregningene er de enkelte vannlinjene assosiert med hvert skrog gitt i Tabell 1. Treghetsradien i stamp ble satt til 0.3 for å representere fartøy hvor relativt mye av vekten er konsentrert rundt endene.



Figur 6: Profilbilder av skrog som inngår i simuleringstudien.

Tabell 1: Oversikt over hoveddimensjoner og vannlinjer for skrog i simuleringstudie. Trimvinkel er positiv for akterlig trim

Fartøy	Lengde	Lpp	Bredde	Dypgang	Trimvinkel	Δ	Tyngdepunkt	
							LCG	VCG
15m avgang	15m	13.3m	5.40m	2.1m	0°	80 ton	5.885m	2.3m
21m avgang	21m	18.5m	8.5m	3.54m	1.288°	350 ton	3.81m	9.07m
21m ankomst	21m	18.5m	8.5m	4.12m	-0.697°	430 ton	3.79m	9.211m
28m avgang	28m	23.65m	8.5m	3.81m	0°	536 ton	3.5m	11.6m

1.4 Simuleringsmatrise

Studie	Variabel	Verdier				
Referansestudie	Sjøtilstand	Bølgehøyde	1m	2m	3m	
		Bølgeperiode	6s	7s	8s	
	Hastighet	0,2,4 & 6 knop				
Langskips posisjon for finne	Sjøtilstand	Bølgehøyde	1m	2m	3m	
		Bølgeperiode	6s	7s	8s	
	Hastighet	2 knop				
	Aspektforhold	1/2,1/3 & 1/4				
	Horisontal finneposisjon fra aktre perpendikulær [m]	15m	1.8, 3.6, 5.4, 7.2, 9.0, 10.8, 11.88, 12.6, 12.96, 13.32, 13.68			
		21m	2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.0, 17.5, 18.0, 18.5, 19.0, 19.5			
		28m	3.0, 6.0, 9.0, 12.0, 15.0, 18.1, 21.1, 22.1, 22.6, 23.1, 23.6, 24.1			
	Vertikal finneposisjon fra kjøll [m]	15m	1.4m			
21m		2.5m				
28m		3.0m				
Fartøshastighet	Sjøtilstand	Bølgehøyde	1m	2m	3m	
		Bølgeperiode	6s	7s	8s	
	Hastighet	0, 2,4 og 6 knop				
	Aspektforhold	1/2,1/3 & 1/4				
	Horisontal finneposisjon fra aktre perpendikulær [m]	15m	13.32			
		21m	18.5			
		28m	23.6			
	Vertikal finneposisjon fra kjøll [m]	15m	1.4m			
21m		2.5m				
28m		3.0m				
Finnevinkel		Bølgehøyde	1m	2m	3m	
		Bølgeperiode	6s	7s	8s	
	Hastighet	0,2,4,6 knop				
	Aspektforhold	1/2,1/3 & 1/4				
	Endring i finnevinkel	-10,-5,-2.5,0,2.5,5,10 grader				
	Horisontal finneposisjon fra aktre perpendikulær [m]	15m	13.32			
		21m	18.5			
		28m	23.6			
Vertikal finneposisjon fra kjøll [m]	15m	1.4m				
	21m	2.5m				
	28m	3.0m				
Regulære bølger	Bølgehøyde	Bølgehøyde	1m	2m	3m	
		Bølgeperiode	6s	7s	8s	
	Finnevinkel	-10,-5,-2.5,0,2.5,5,10 grader				
	Horisontal posisjon	15m	13.32			
		21m	18.5			
		28m	23.6			
	Vertikal posisjon	15m	1.4m			
		21m	2.5m			

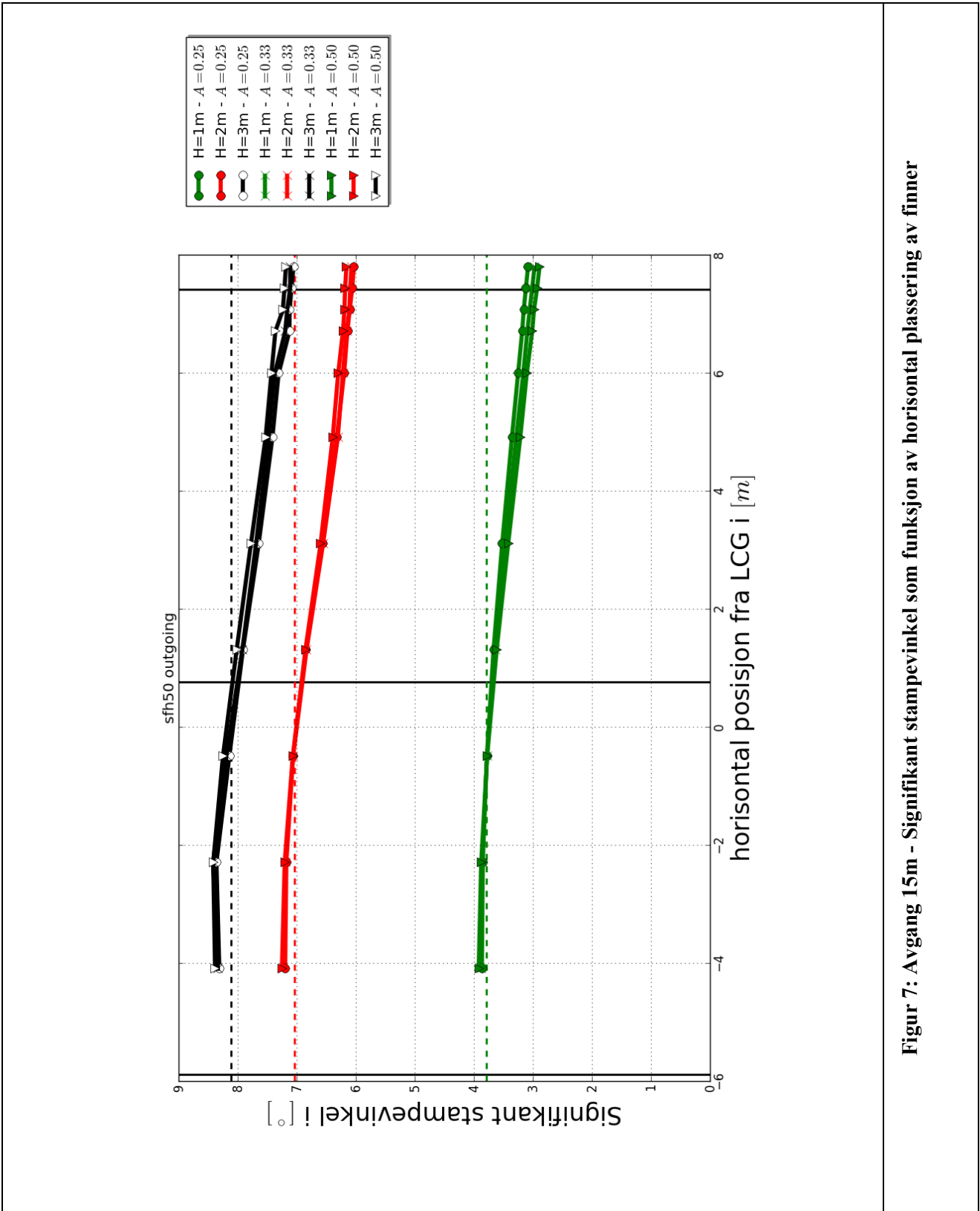
2 Resultater

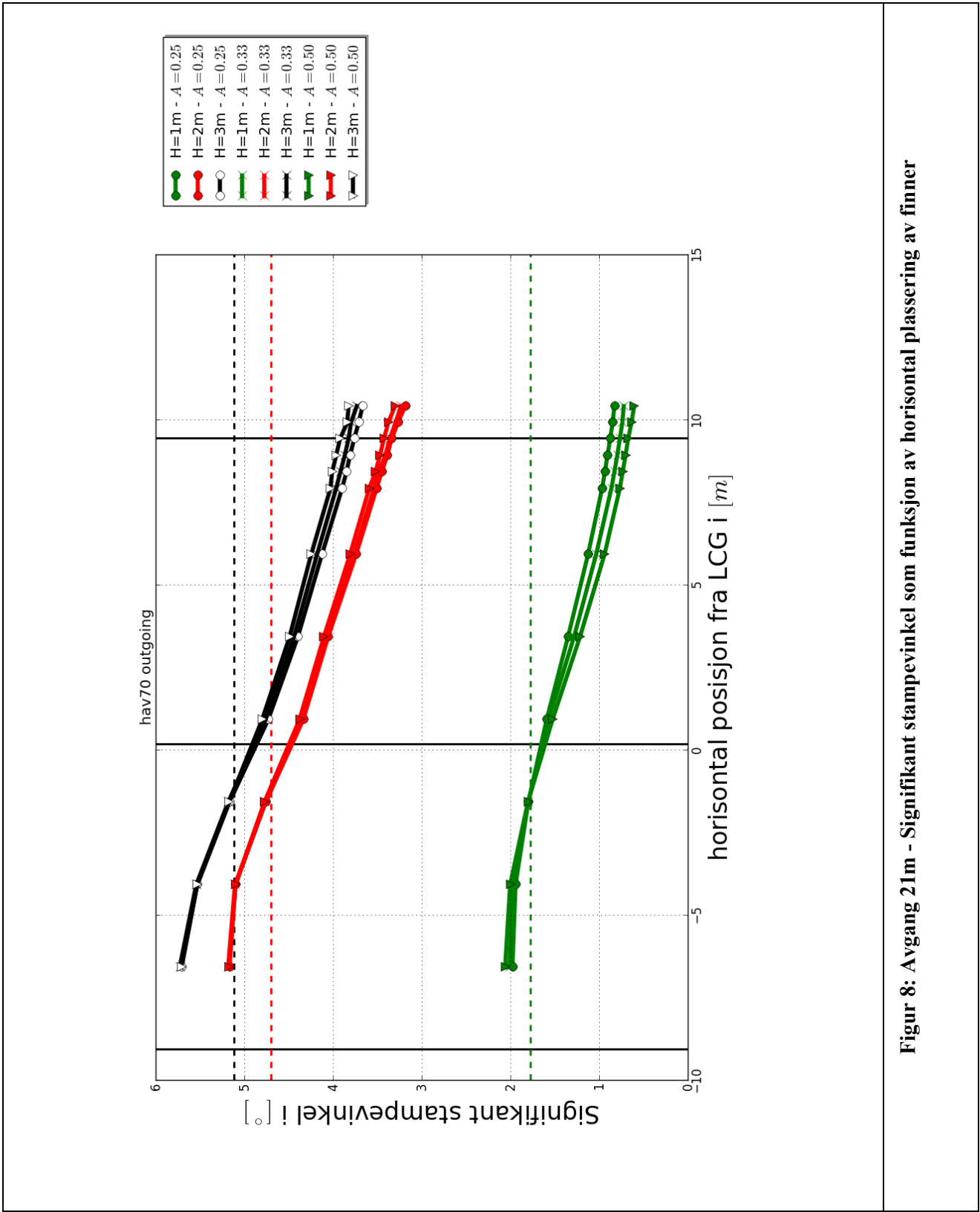
Resultatene fra beregningene er presentert som en samling figurer. I Tabell 2 er resultatene oppsummert og hvilket tilhørende figurnummer resultatene er presentert i er angitt sammen med beskrivelsen.

Tabell 2: Oversikt over resultatplott for de forskjellige simuleringstudiene

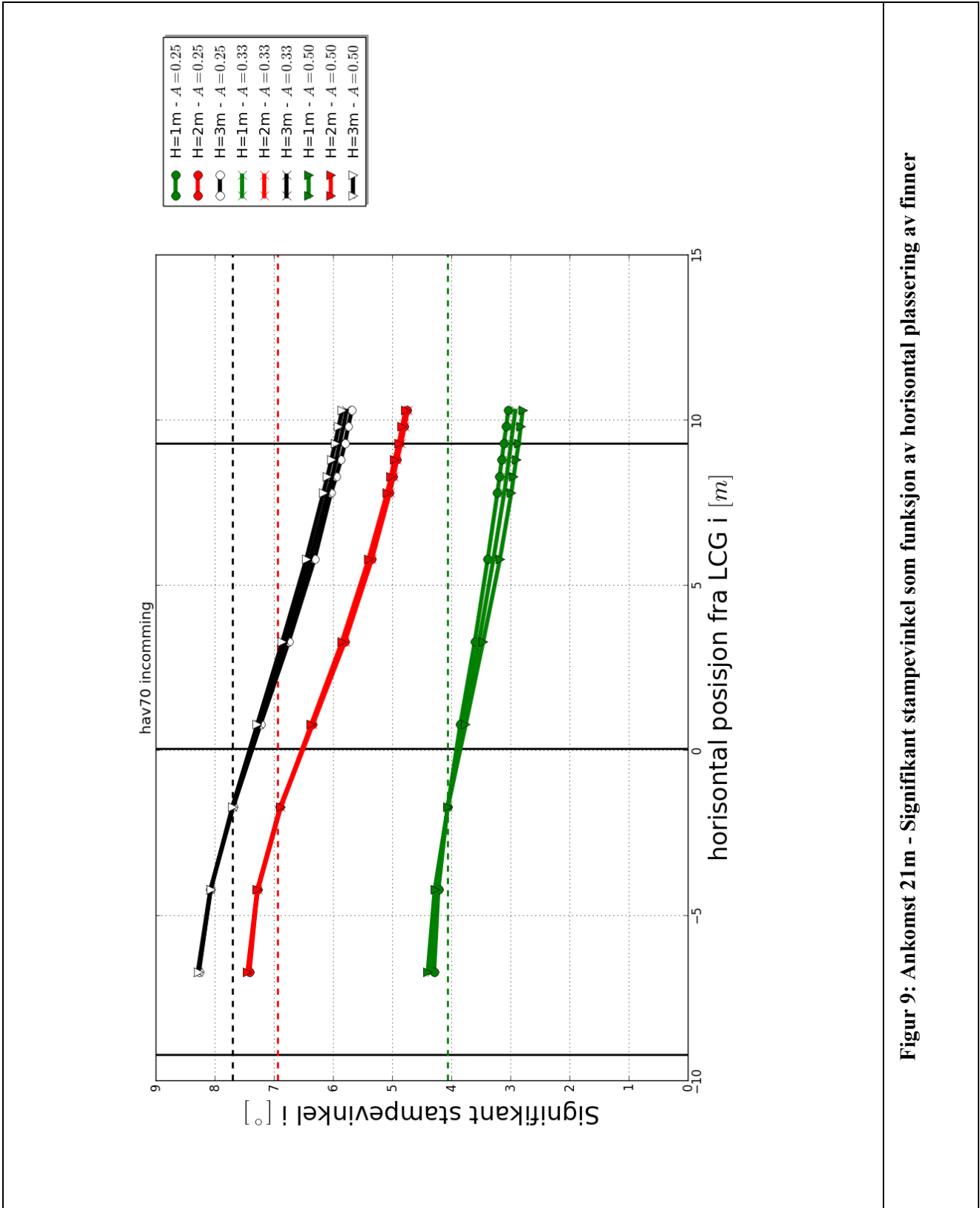
Studie	Resultat		Figur
Referansestudie	Inngår i andre plott som referanseverdier		
Langskips posisjon for finne	Stampevinkel	Signifikant stampevinkel for plassering av finne og basisskrog	Figur 7- Figur 10
	Tid med neddykket finne	Andel av tiden hvor finnene er neddykket	Figur 11- Figur 14
	Hastighet over finne	Signifikant møtehastighet for finnene	Figur 15- Figur 18
	Hivendring ved FP	Endring av hivbevegelse ved tyngdepunkt relativt til basisskrog	Figur 19- Figur 22
	Hivendring ved CG	Endring av hivbevegelse ved fremre perpendikulær relativt til basisskrog	Figur 23- Figur 26
	Taukraft	Endring av taukraften relativt til basisskrog	Figur 27- Figur 30
Fartøyshastighet	Stampevinkel	Signifikant stampevinkel som funksjon av hastighet	Figur 31- Figur 34
	Tid med neddykket finne	Andel av tiden hvor finnene er neddykket som funksjon av hastighet	Figur 35- Figur 38
	Hastighet over finne	Signifikant møtehastighet for finnene som funksjon av hastighet	Figur 39- Figur 42
	Hivendring ved FP	Endring av hivbevegelse ved fremre perpedikulær relativt til basisskrog	Figur 43- Figur 46
	Hivendring ved CG	Endring av hivbevegelse ved tyngdepunktet relativt til basisskrog	Figur 47- Figur 50
	Taukraft	Endring av taukraften relativt til basisskrog	Figur 51- Figur 54
Finnevinkel	Stampevinkel	Signifikant stampevinkel	Figur 55- Figur 58
	Taukraft	Endring av taukraften relativt til basisskrog	Figur 59- Figur 62
Regulære bølger	Stampevinkel	Signifikant stampevinkel for regulære bølger	Figur 63- Figur 66

2.1 Variasjon av langsips posisjon

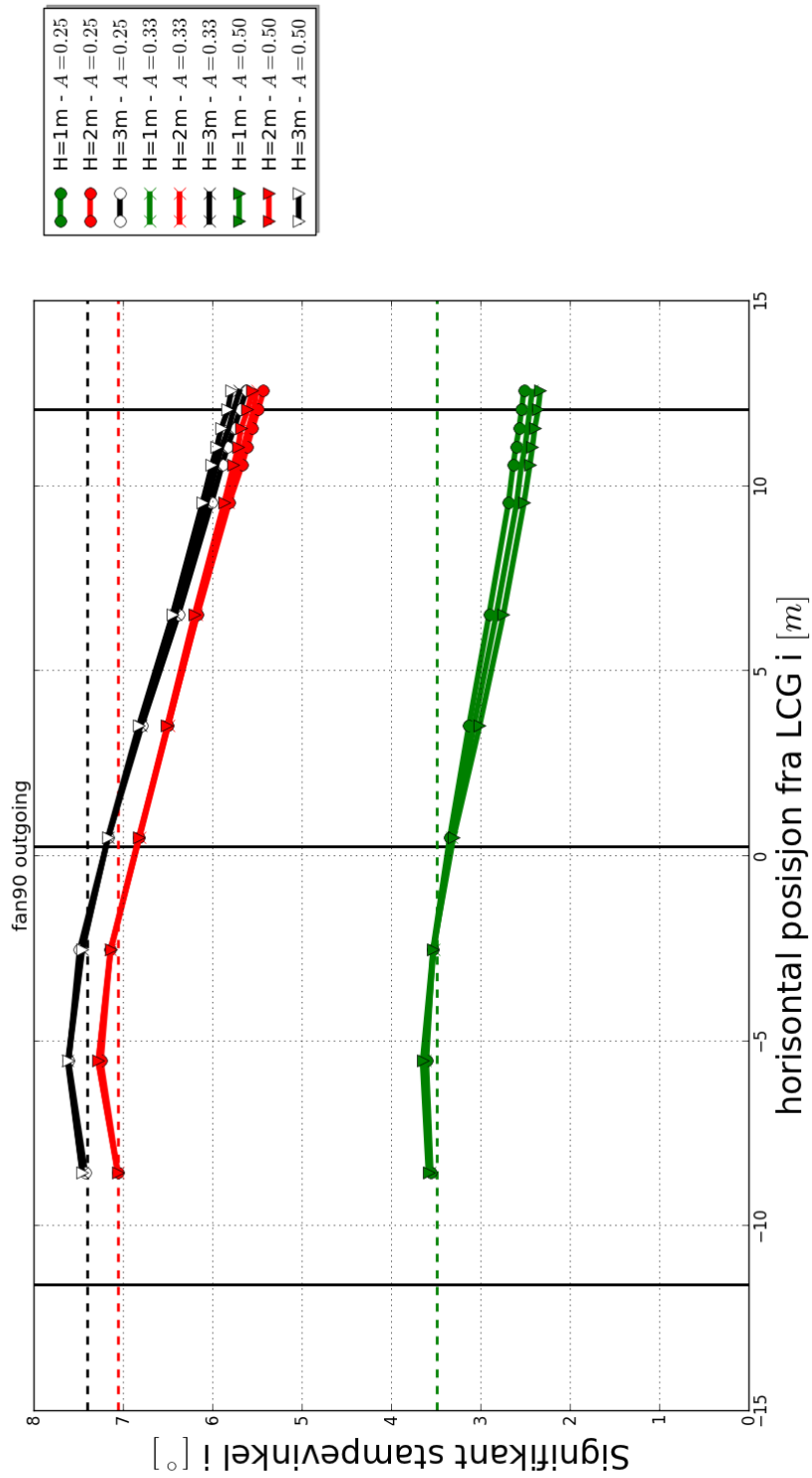




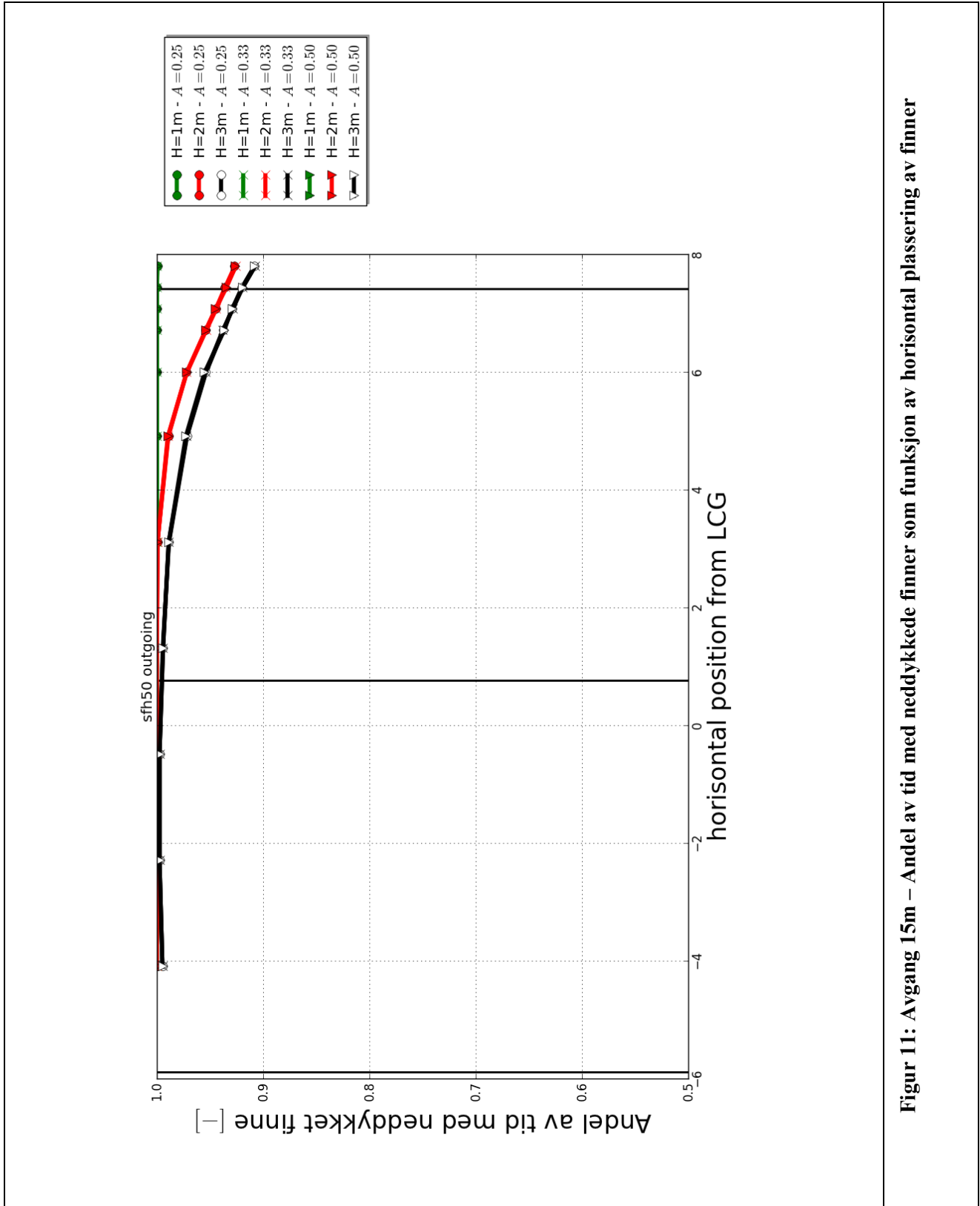
Figur 8: Avgang 21m - Signifikant stampevinkel som funksjon av horisontal plassering av finner



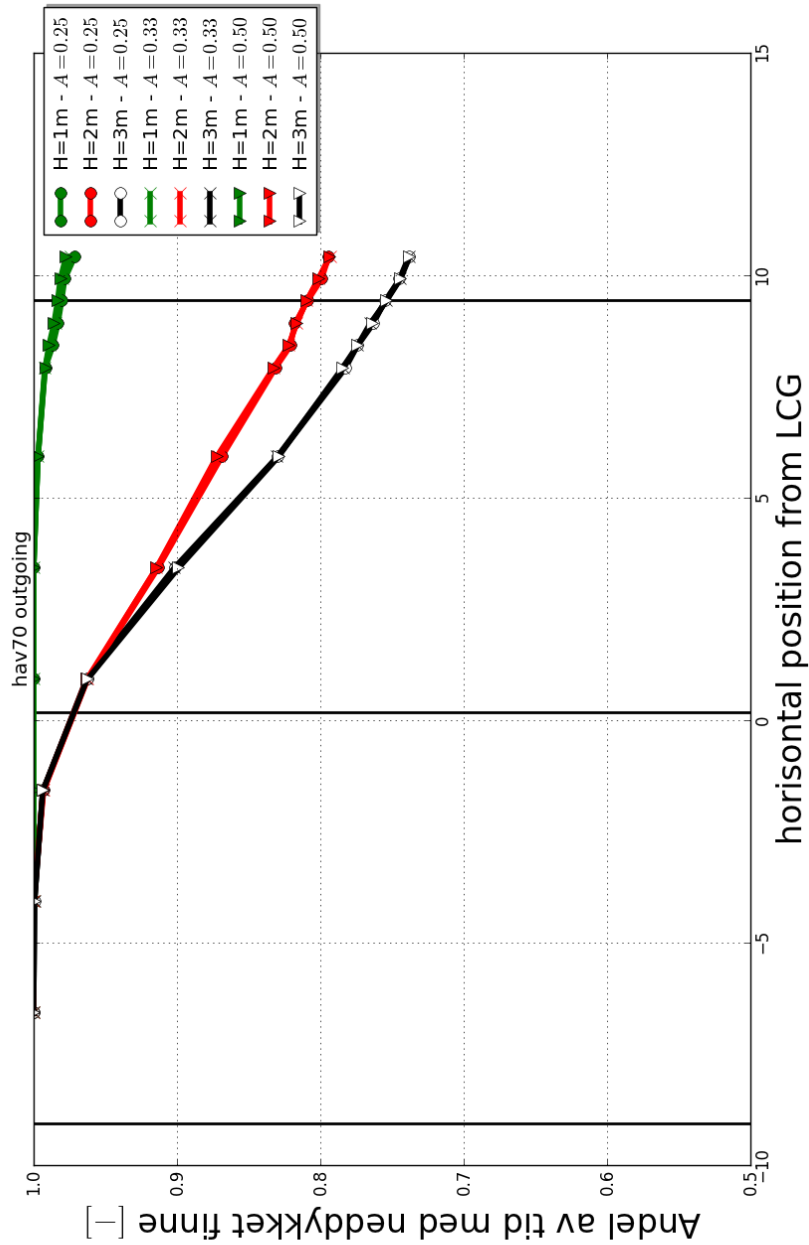
Figur 9: Ankomst 21m - Signifikant stampevinkel som funksjon av horisontal plassering av finner



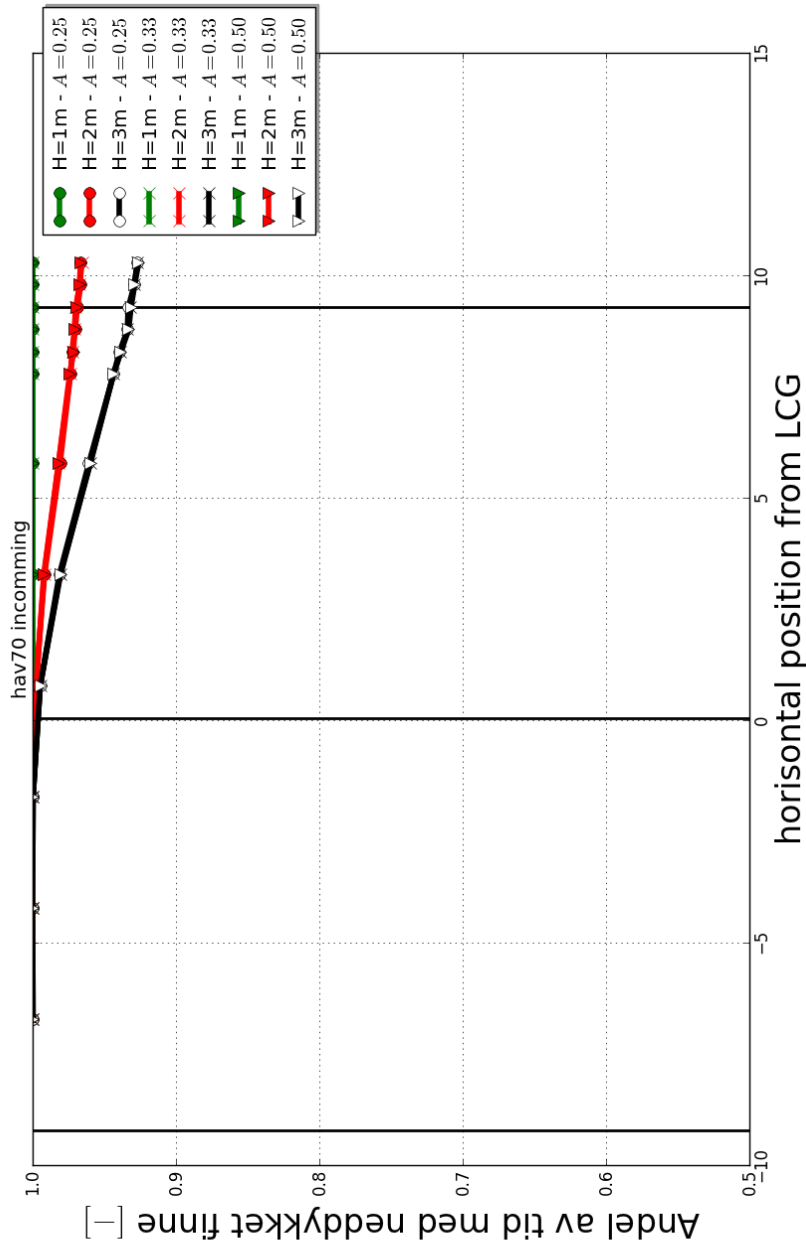
Figur 10: Avgang 28m - Signifikant stampevinkel som funksjon av horisontal plassering av finner



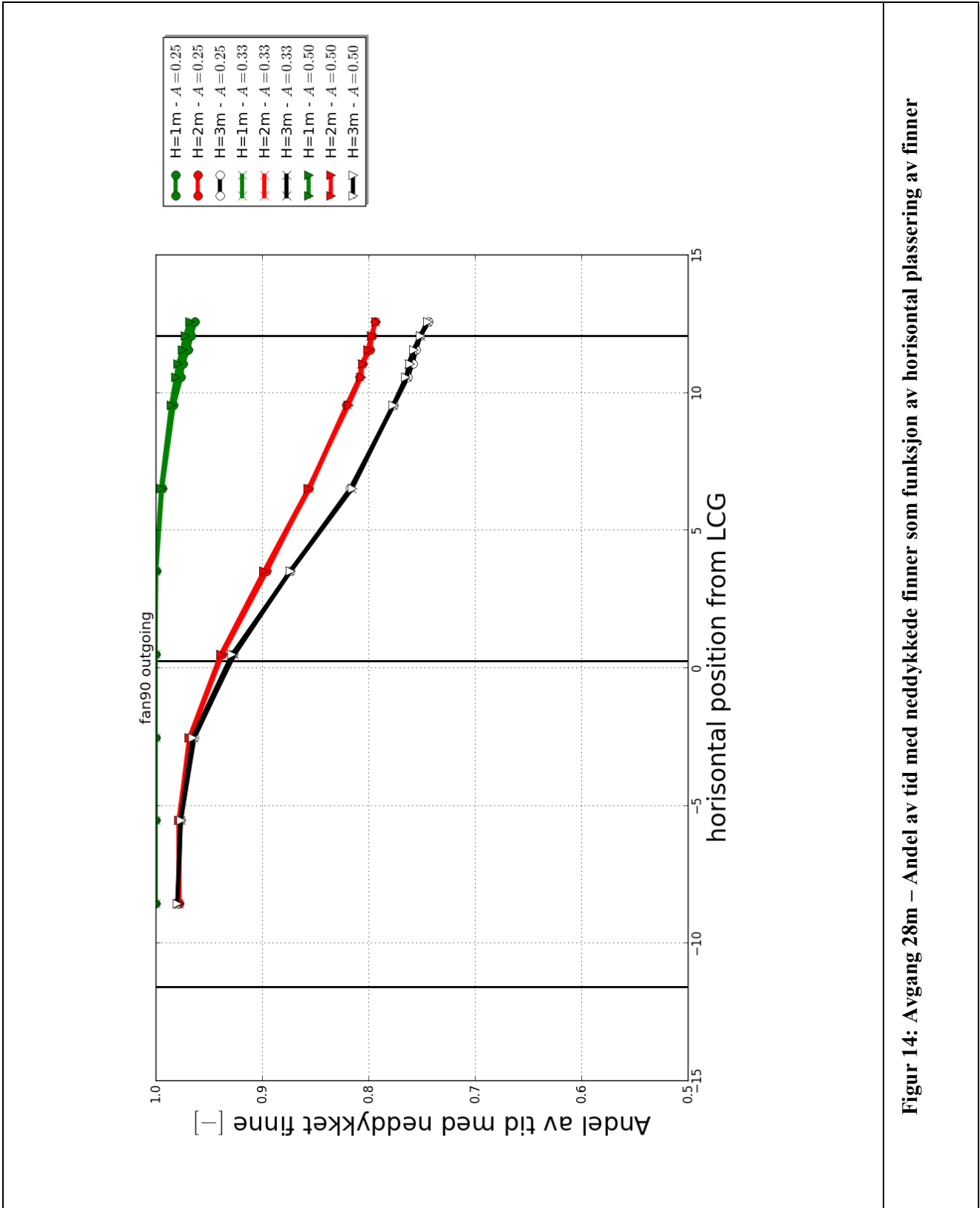
Figur 11: Avgang 15m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av horisontal plassering av finner



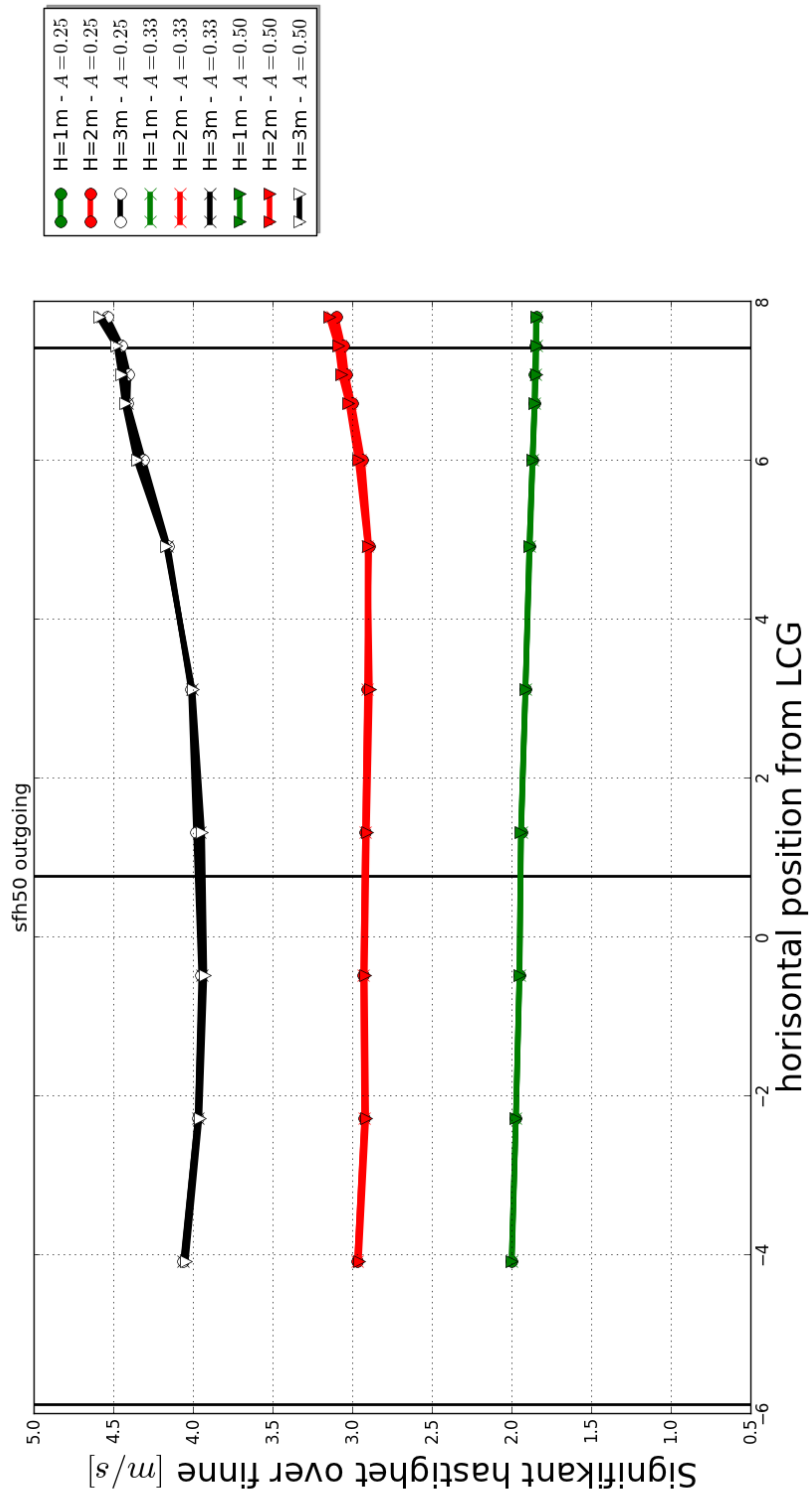
Figur 12: Avgang 21m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av horisontal plassering av finner



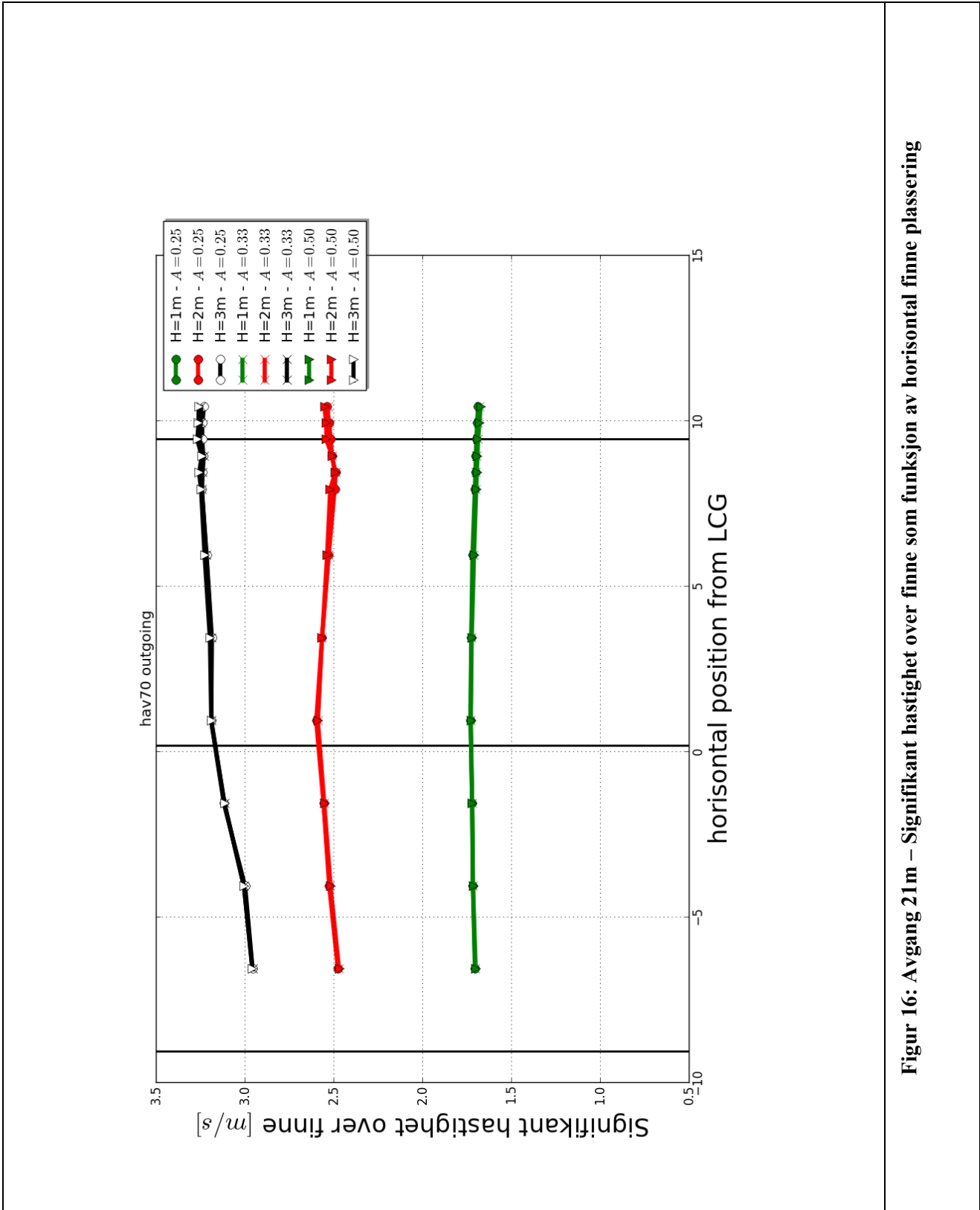
Figur 13: Ankomst 21m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av horisontal plassering av finner



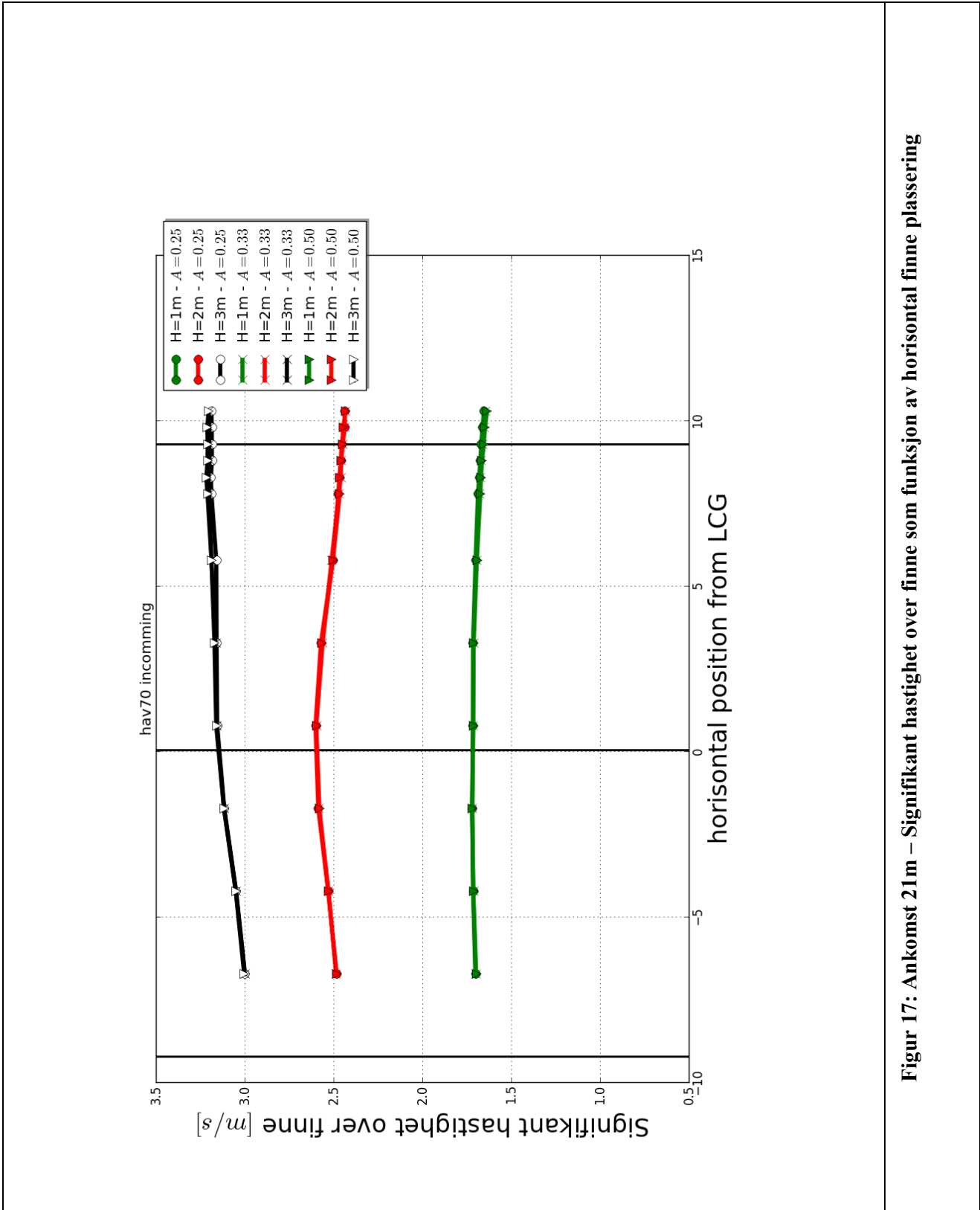
Figur 14: Avgang 28m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av horisontal plassering av finner



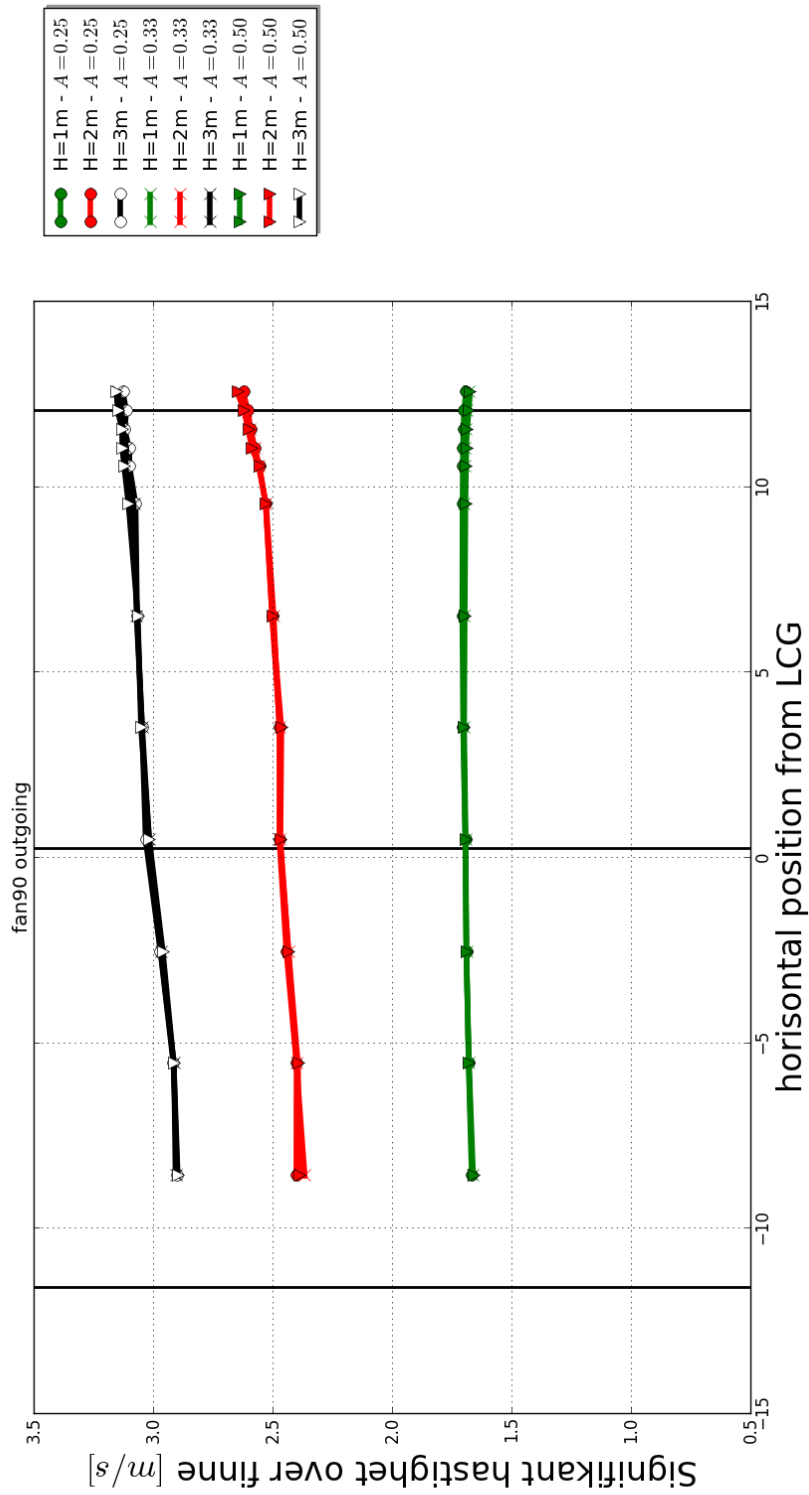
Figur 15: Avgang 15m – Signifikant hastighet over finne som funksjon av horisontal finne plassering



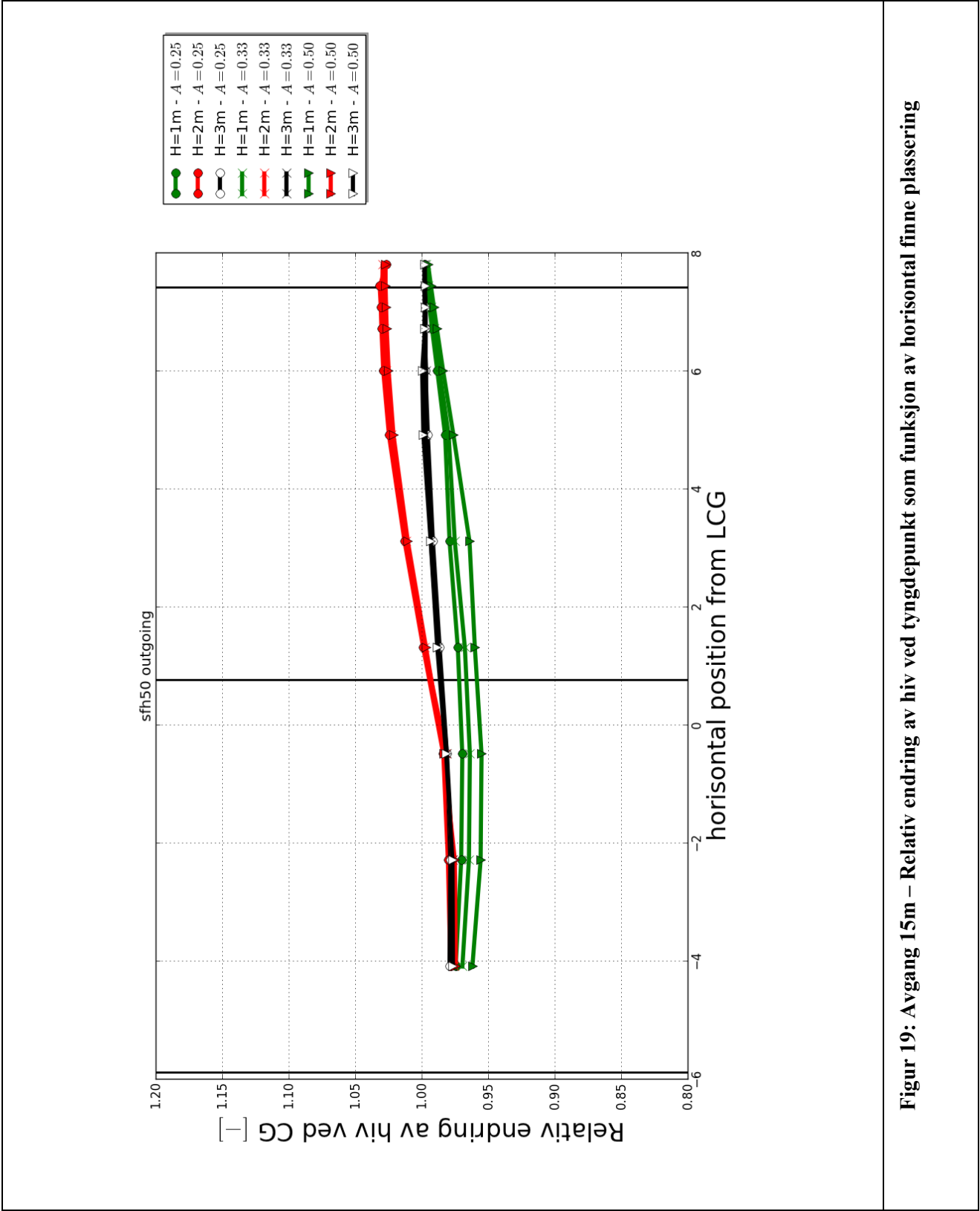
Figur 16: Avgang 21 m – Signifikant hastighet over finne som funksjon av horisontal finne plassering



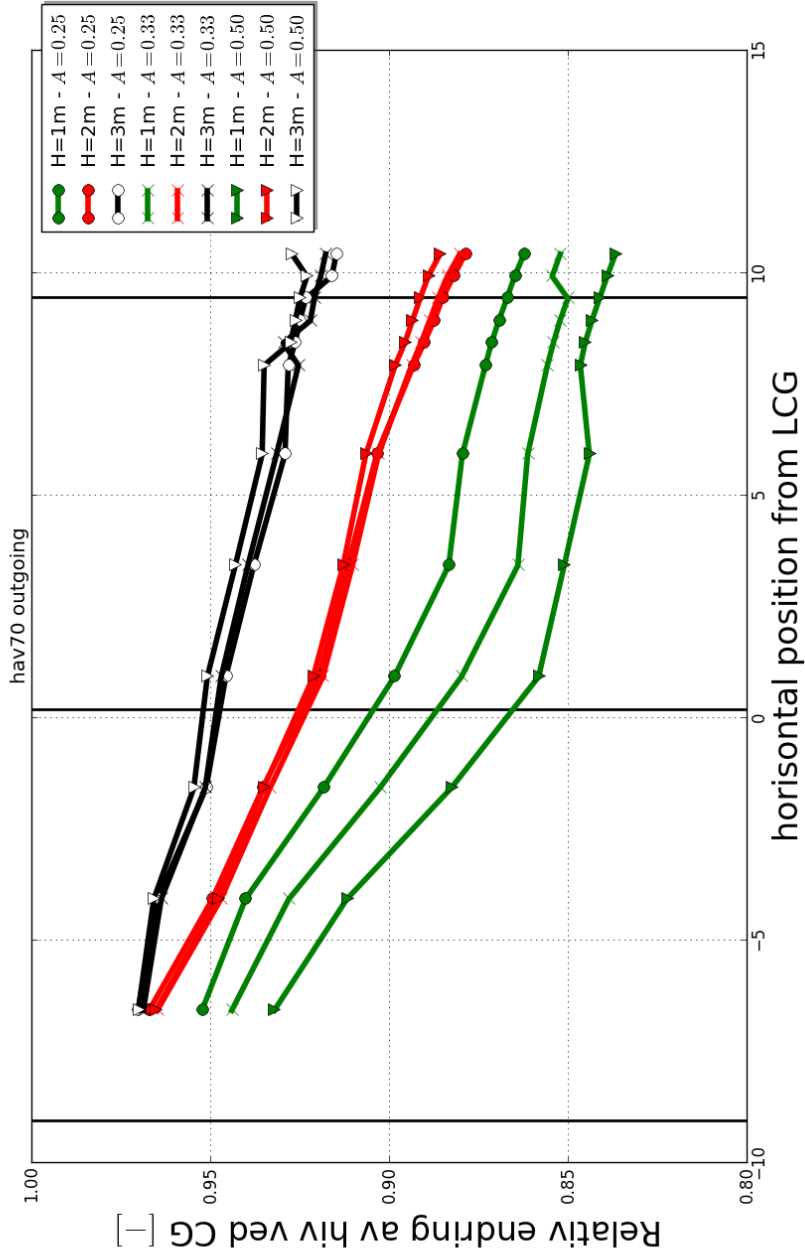
Figur 17: Ankomst 21m – Signifikant hastighet over finne som funksjon av horisontal finne plassering



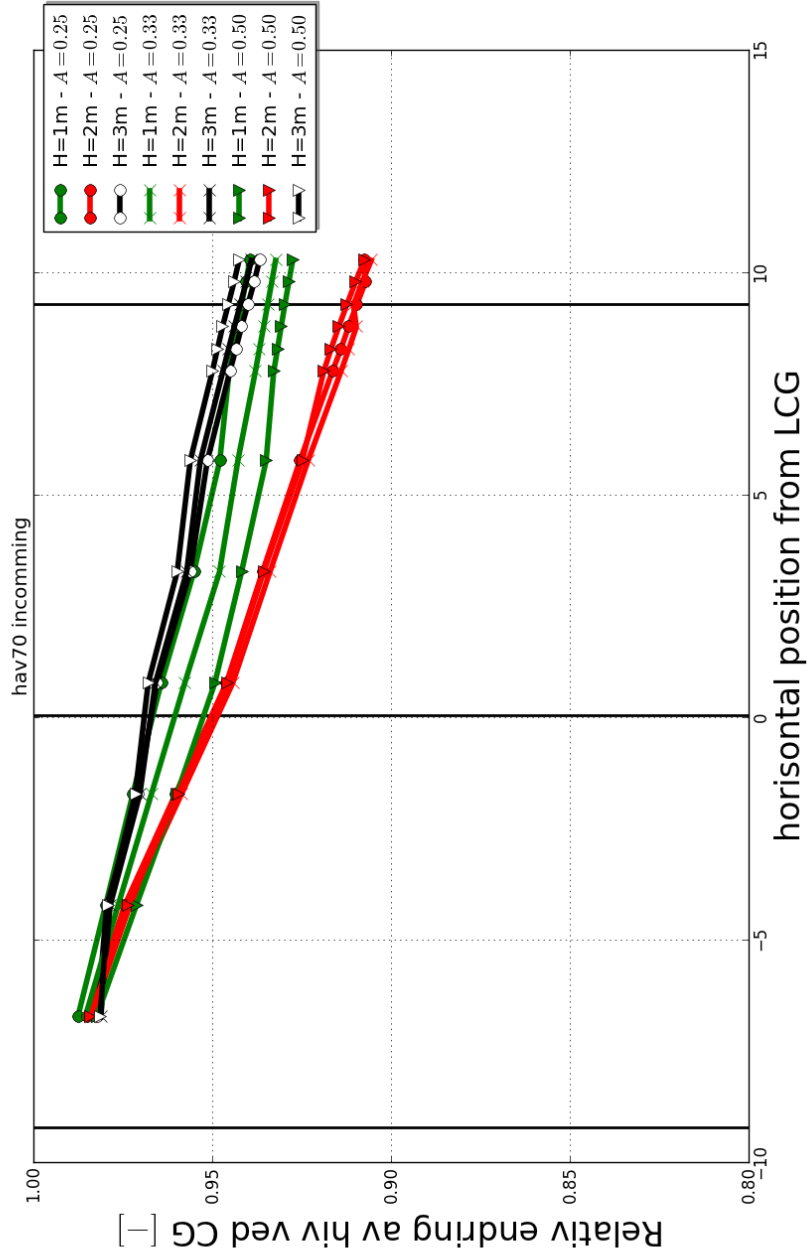
Figur 18: Avgang 28m – Signifikant hastighet over finne som funksjon av horisontal finne plassering



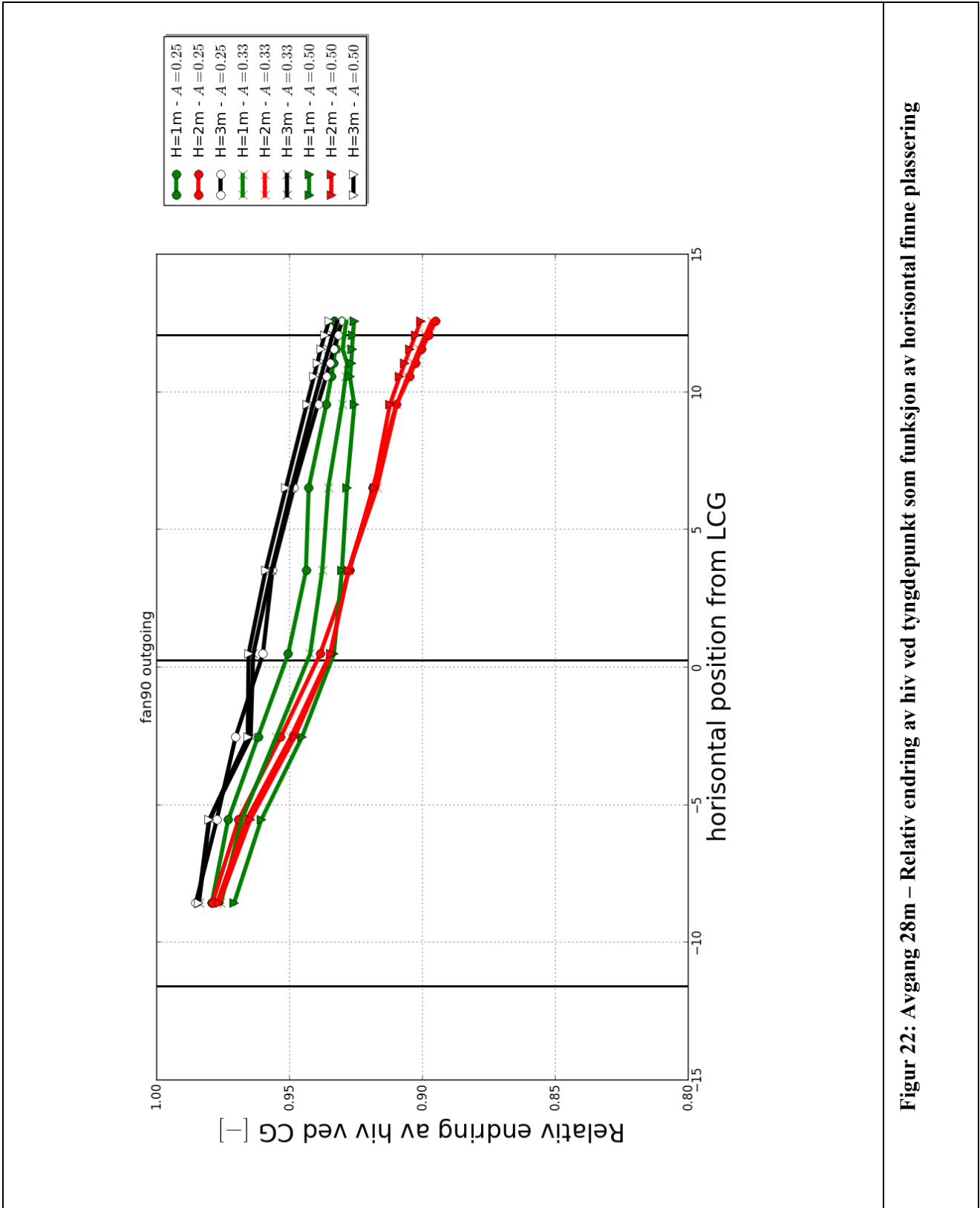
Figur 19: Avgang 15m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av horisontal finne plassering



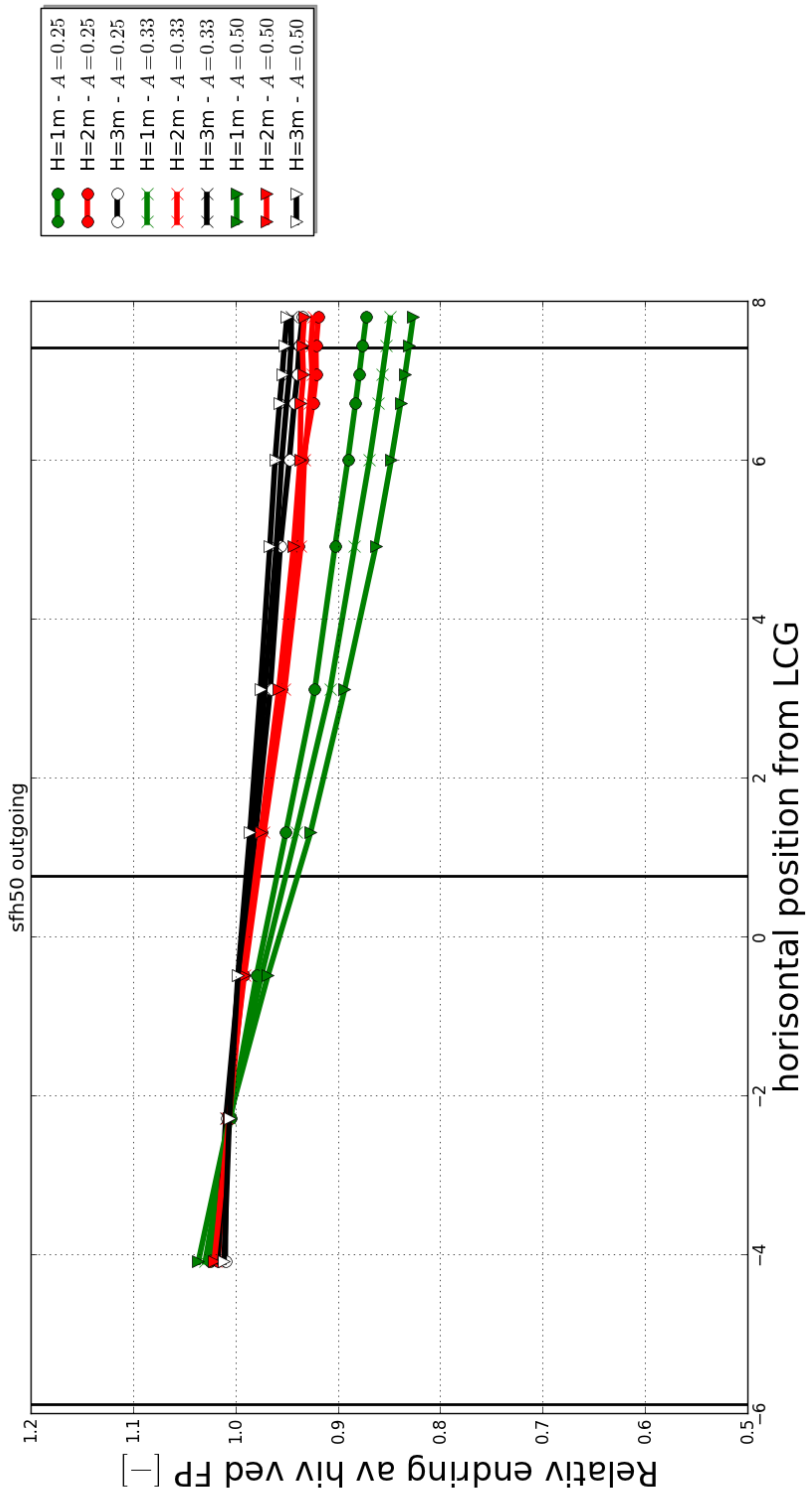
Figur 20: Avgang 21m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av horisontal finne plassering



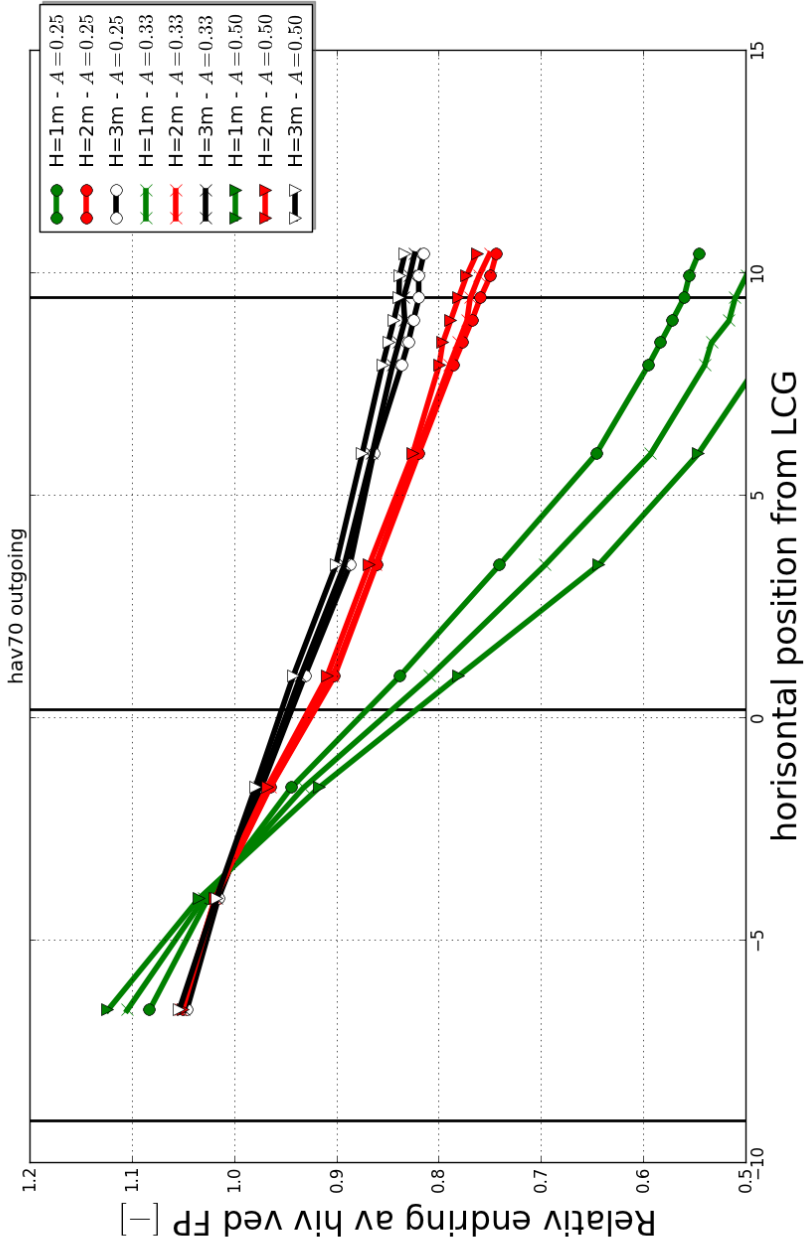
Figur 21: Ankomst 21m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av horisontal finne plassering



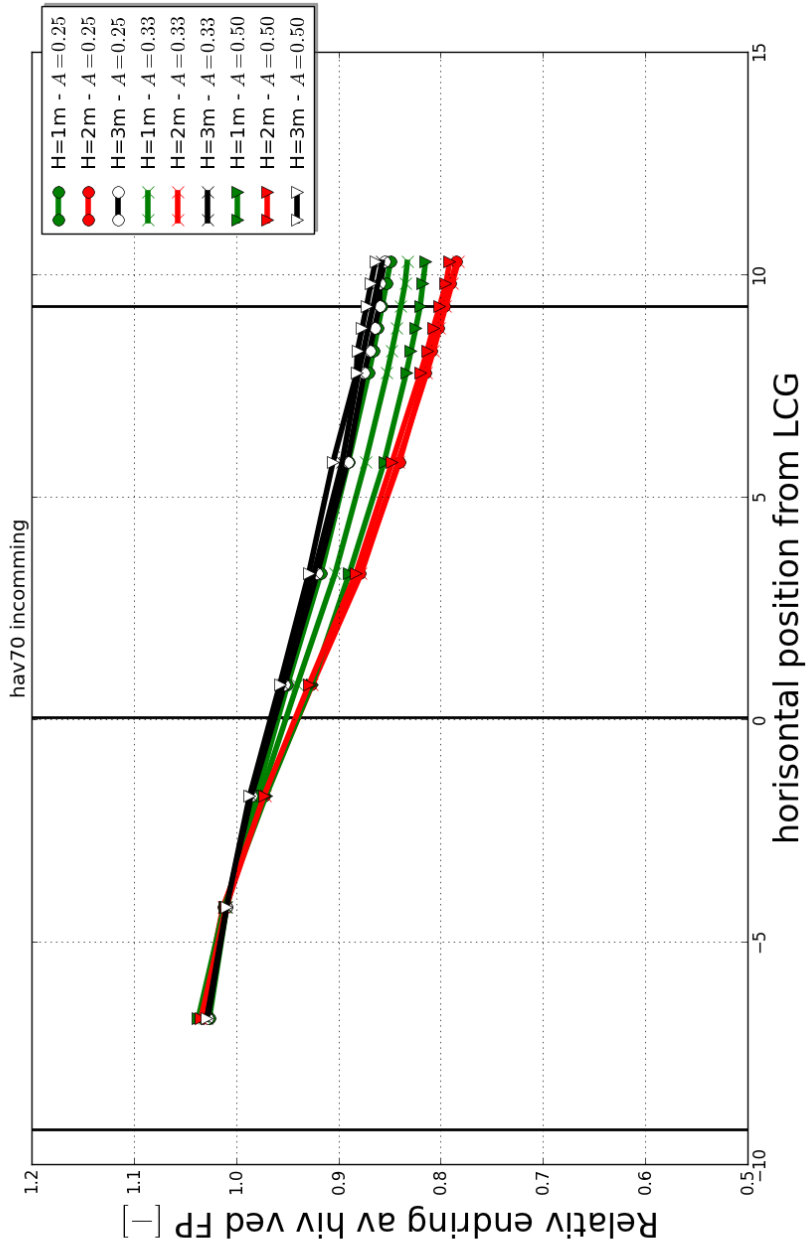
Figur 22: Avgang 28m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av horisontal finne plassering



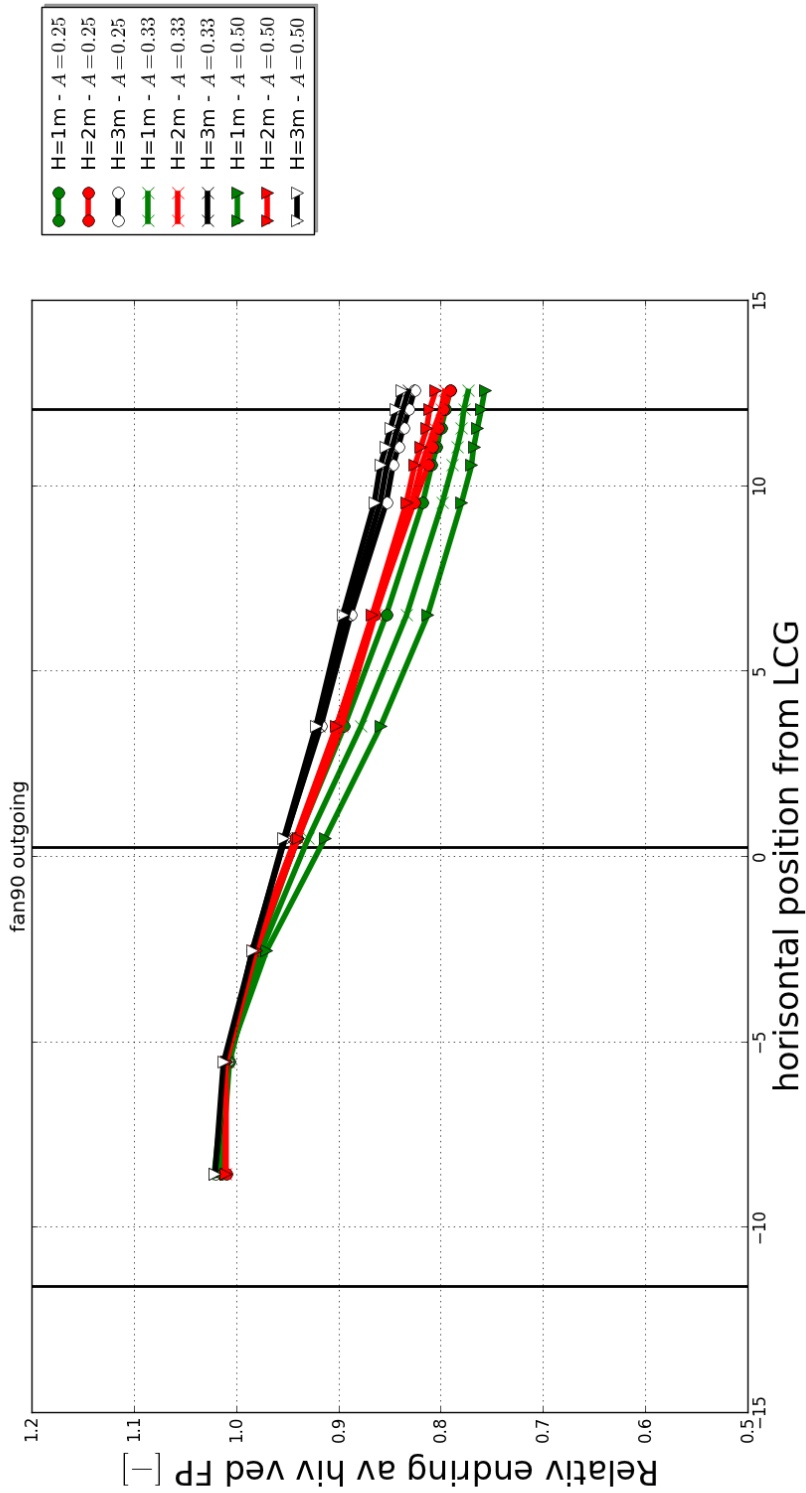
Figur 23: Avgang 15m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendikuler som funksjon av horisontal finne plassering



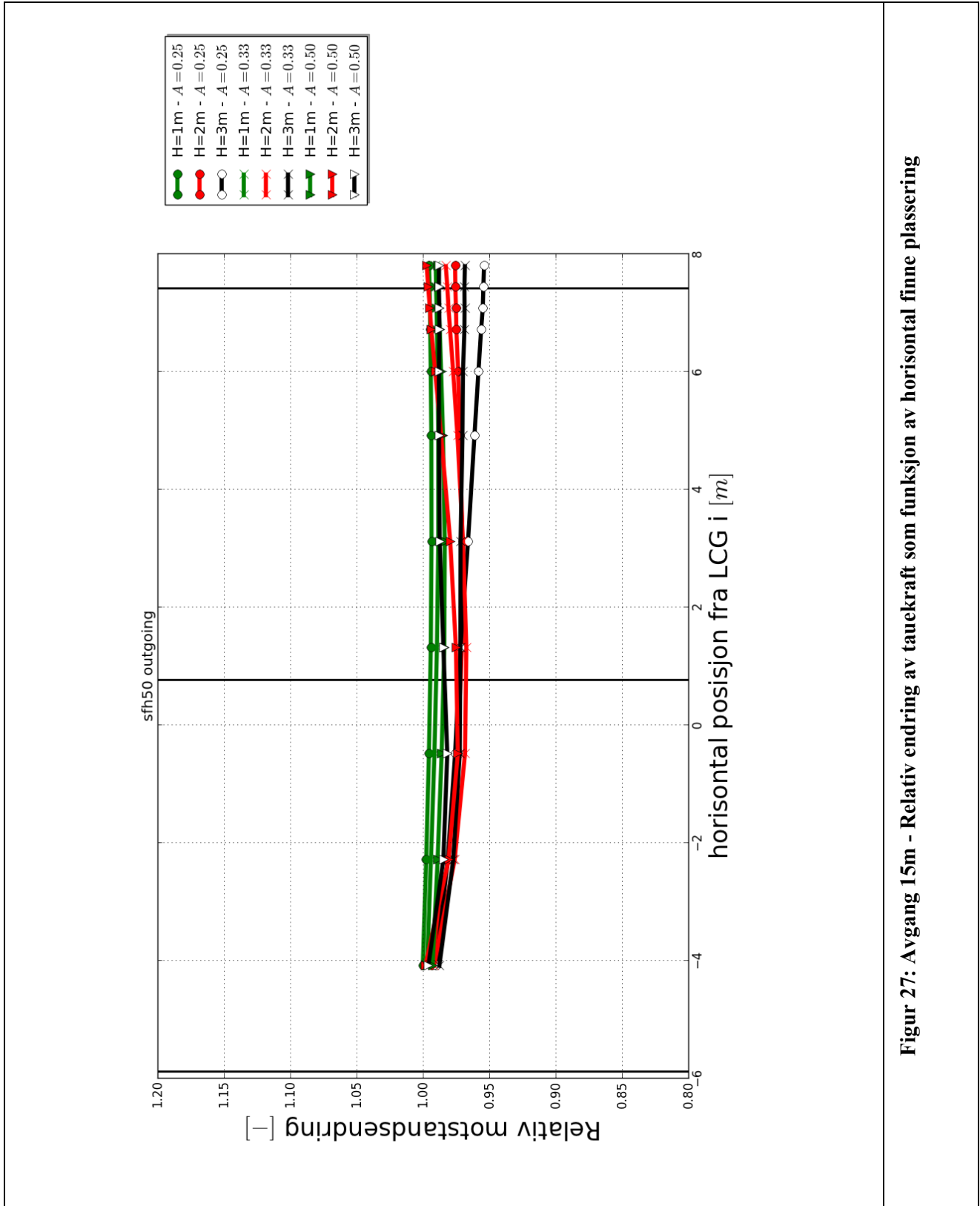
Figur 24: Avgang 21m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendikulær som funksjon av horisontal finne plassering



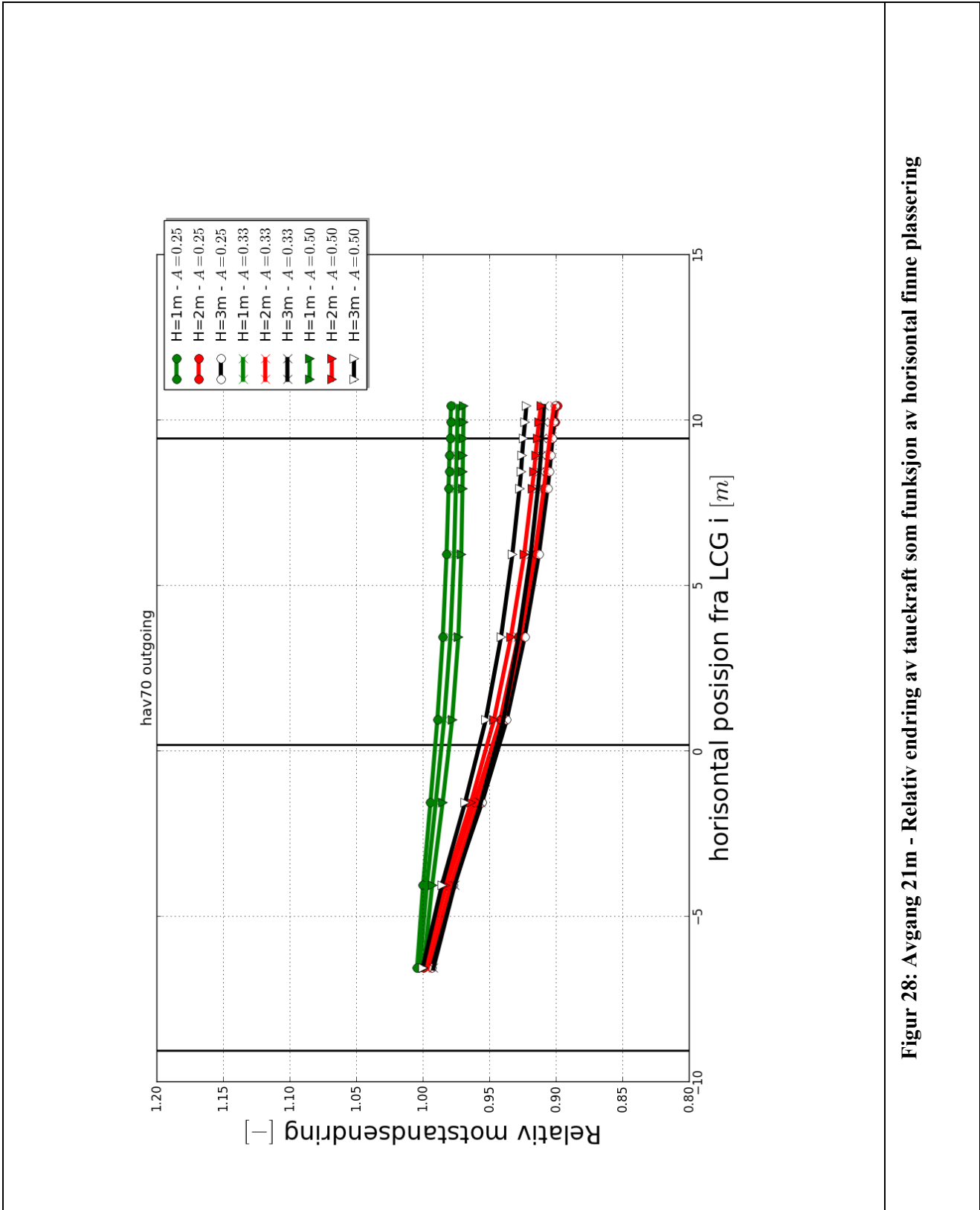
Figur 25: Ankomst 21m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendicularer som funksjon av horisontal finne plassering



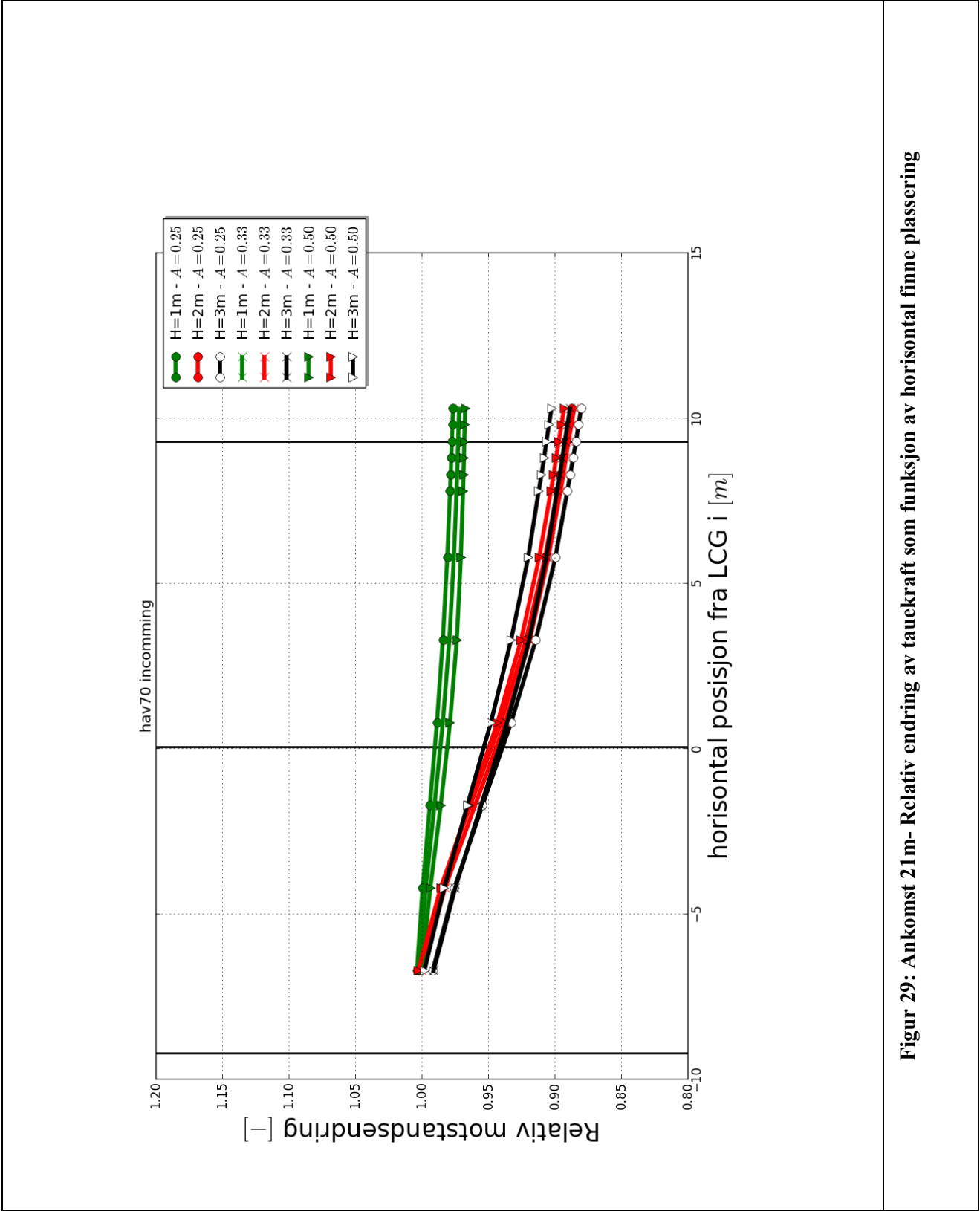
Figur 26: Avgang 28m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendikulær som funksjon av horisontal finne plassering



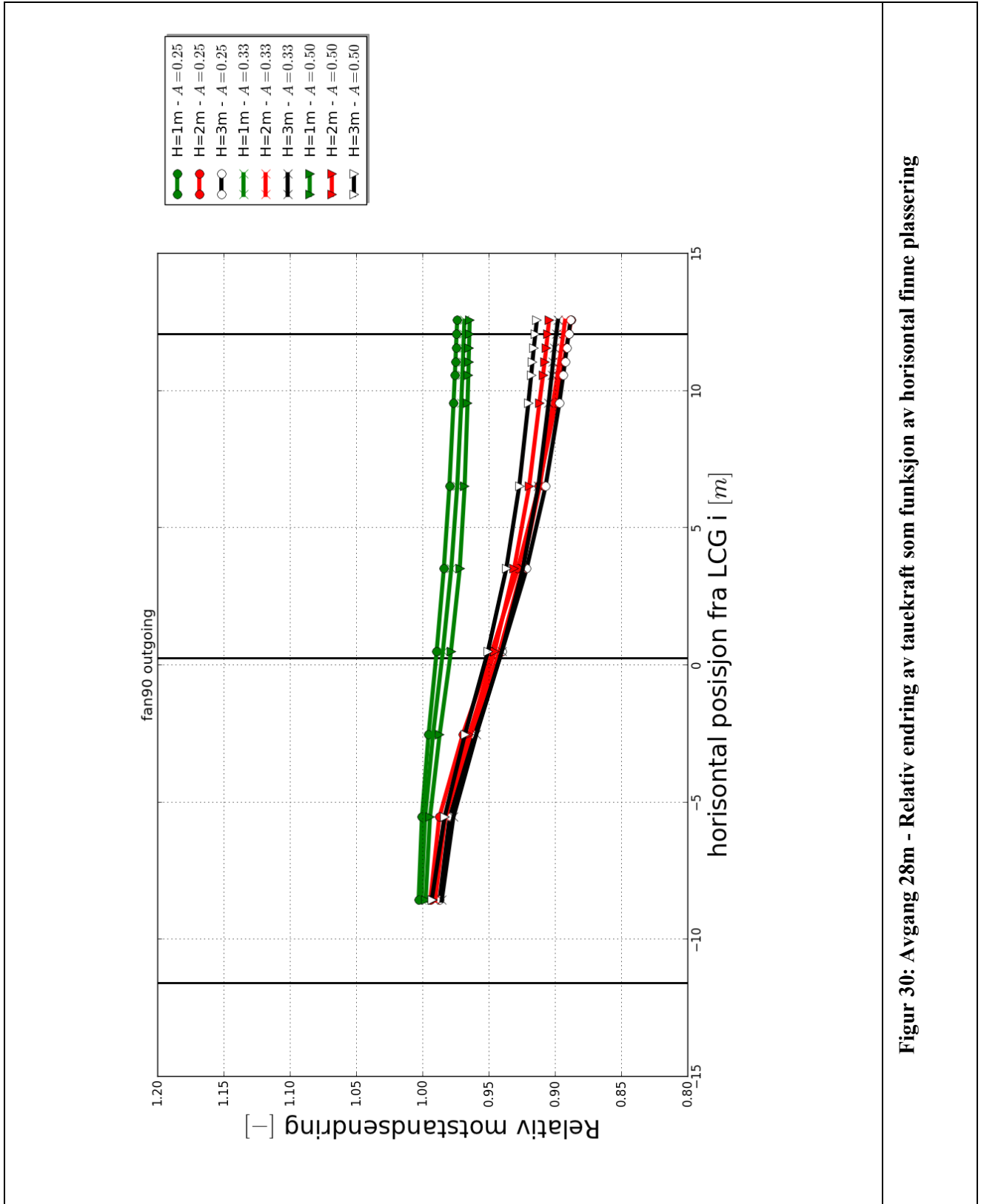
Figur 27: Avgang 15m - Relativ endring av tauekraft som funksjon av horizontal finne plassering



Figur 28: Avgang 21m - Relativ endring av tauekraft som funksjon av horizontal finne plassering

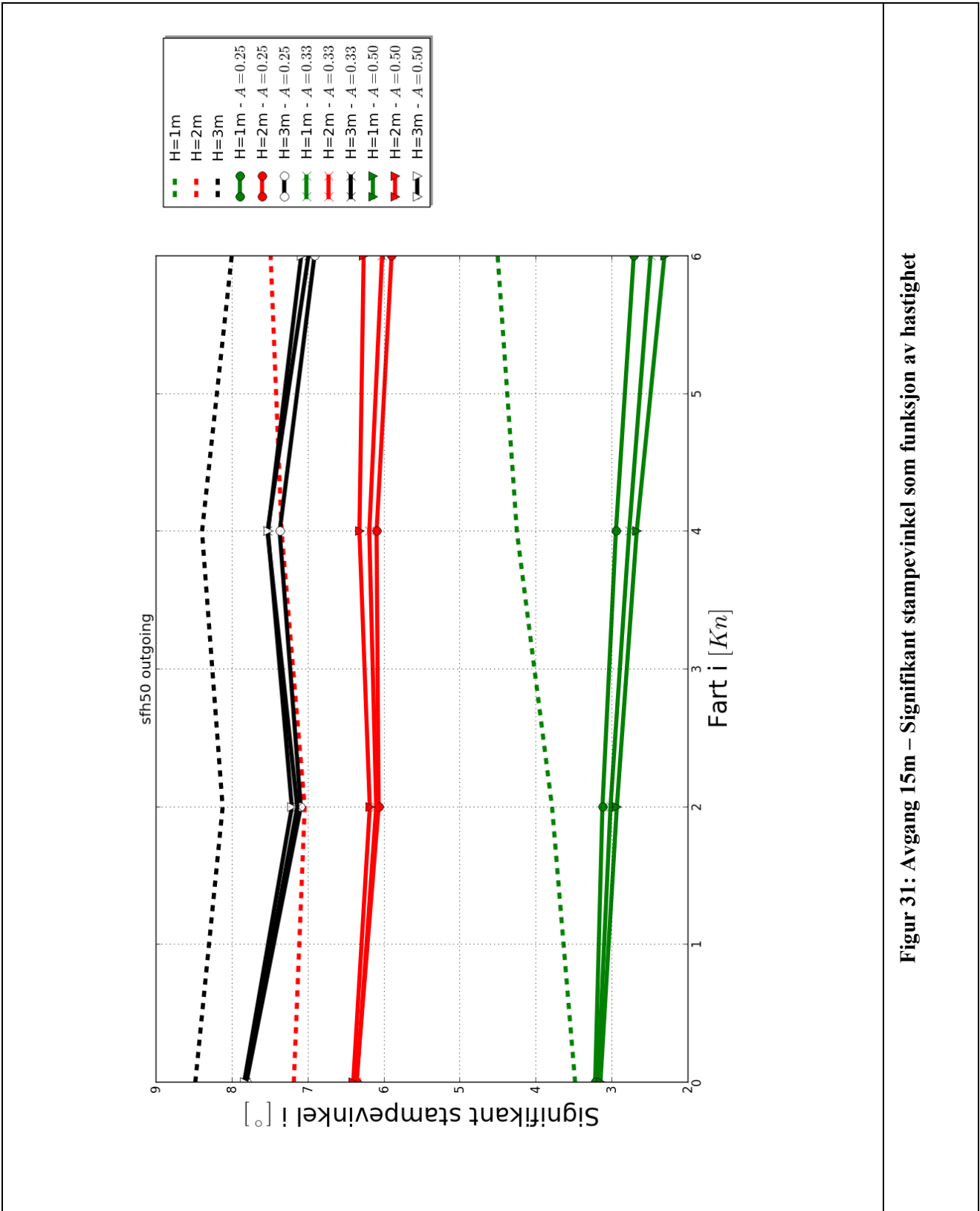


Figur 29: Ankomst 21m- Relativ endring av tauekraft som funksjon av horisontal finne plassering

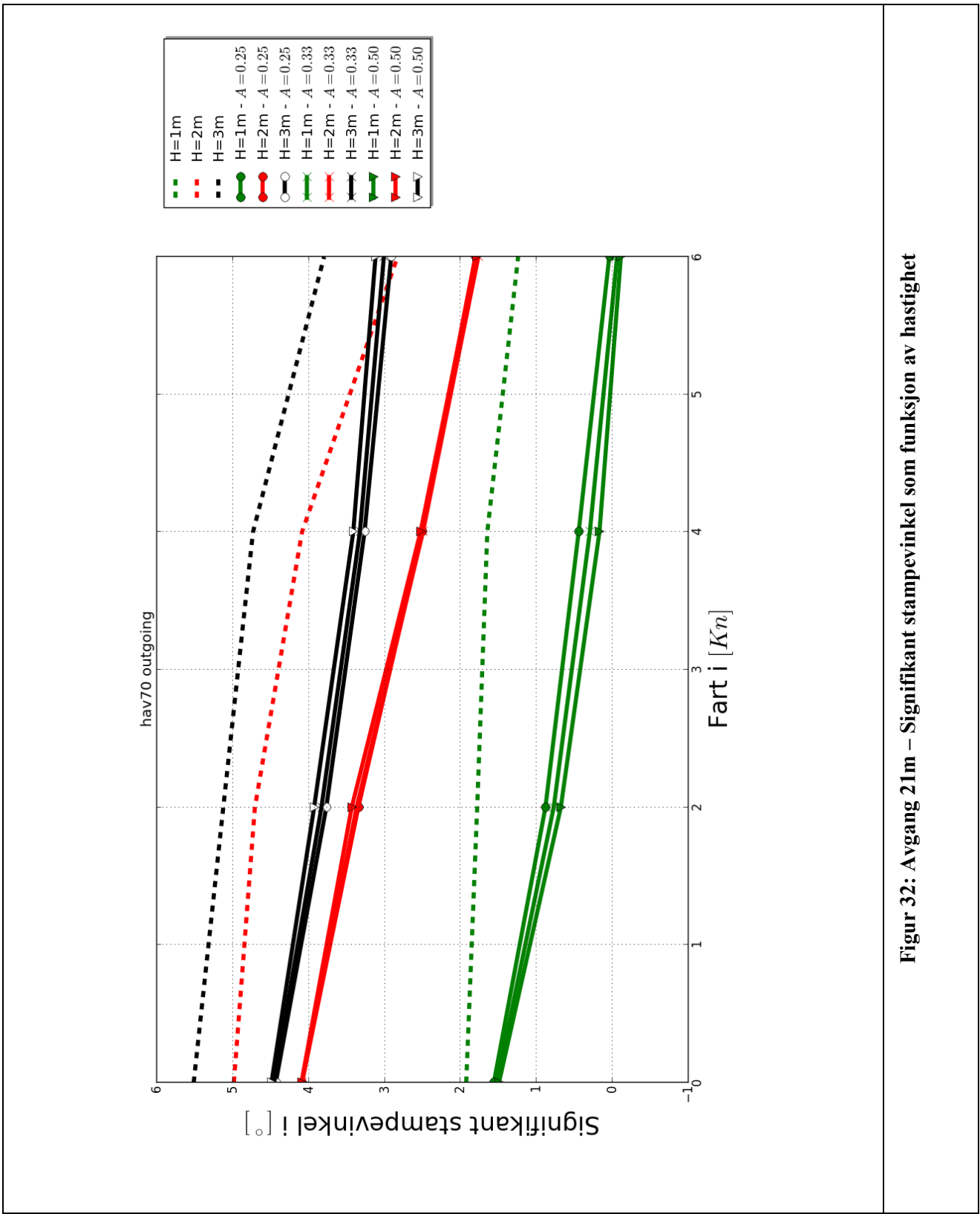


Figur 30: Avgang 28m - Relativ endring av taekraft som funksjon av horisontal finne plassering

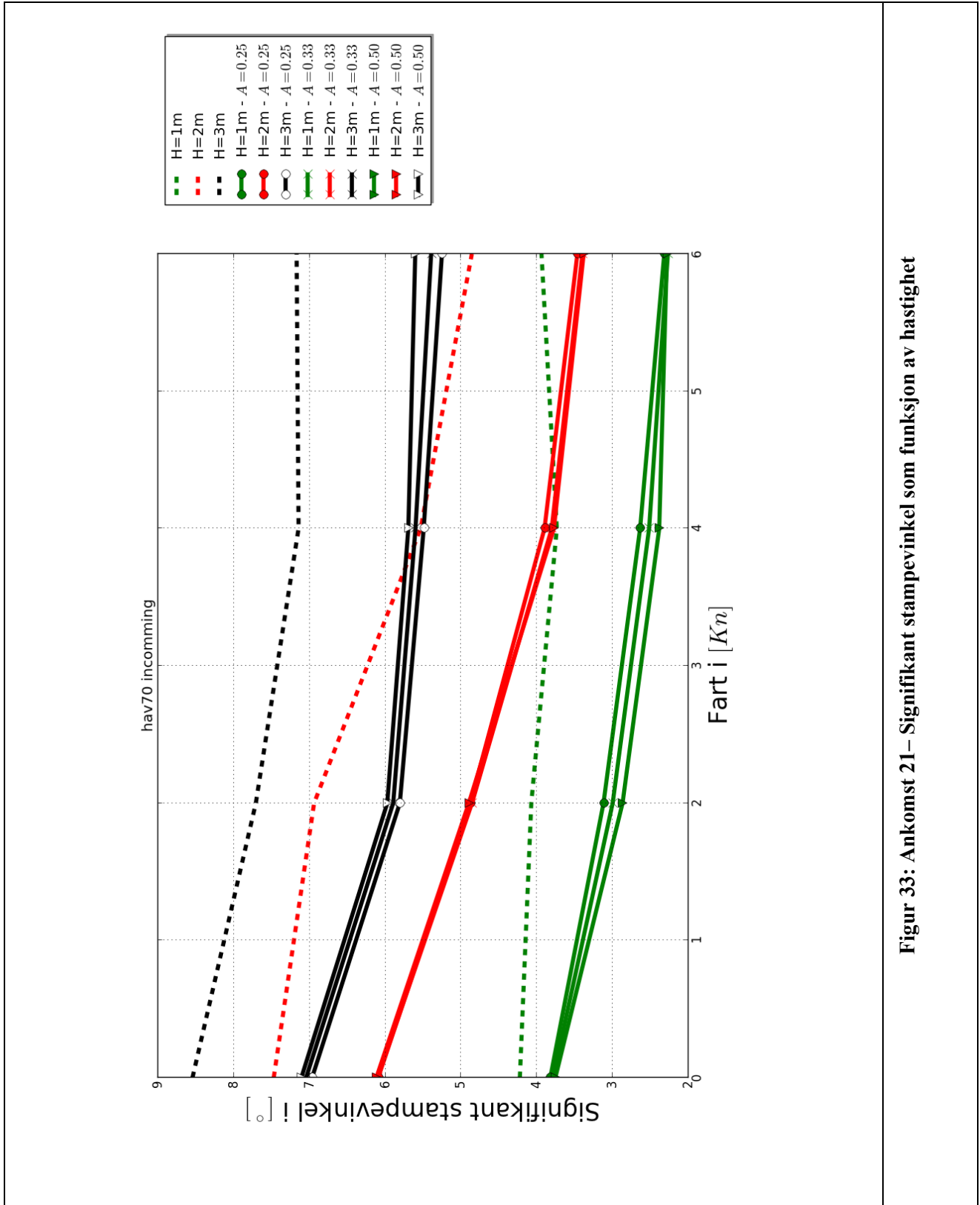
2.2 Variasjon av hastighet



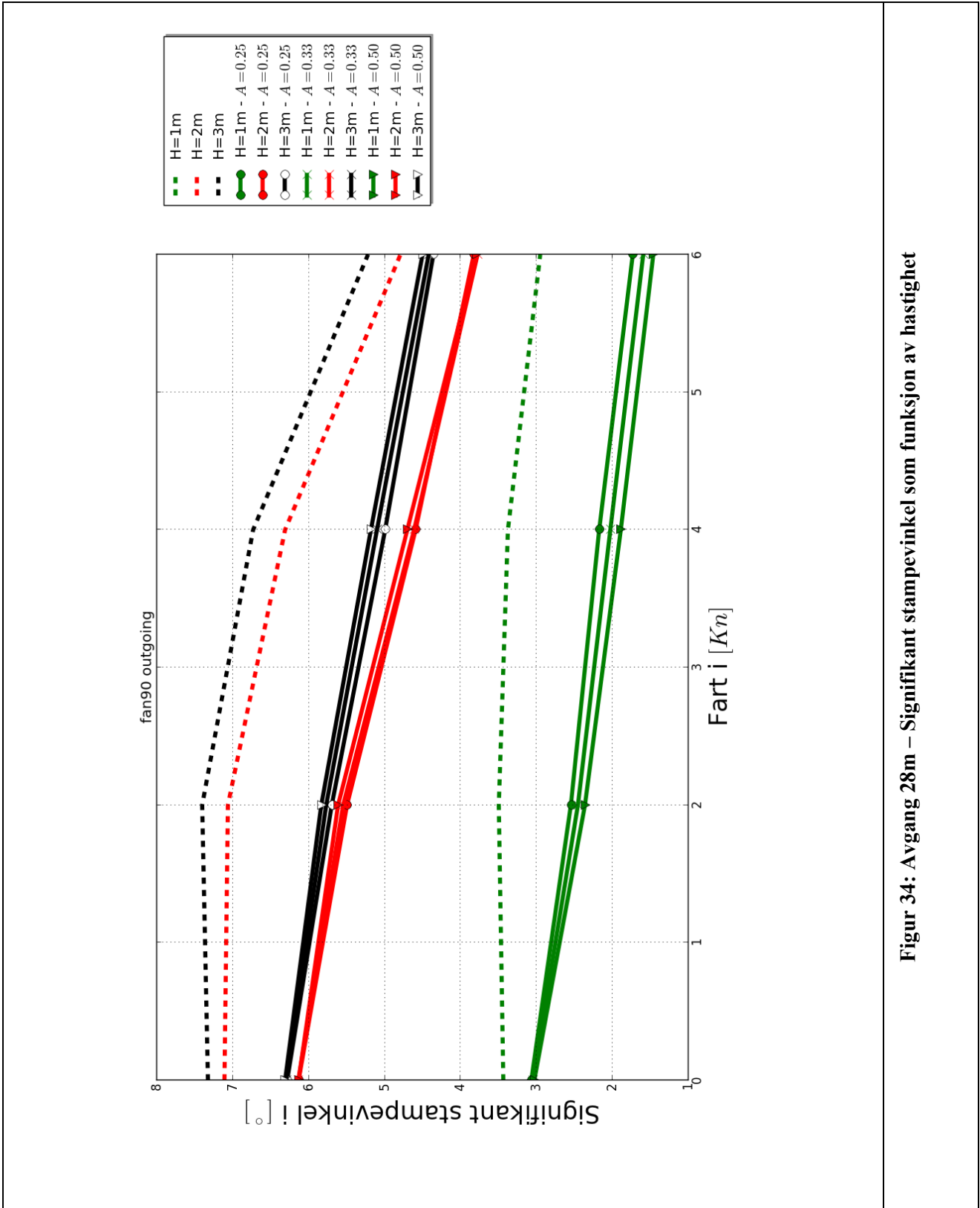
Figur 31: Avgang 15m – Signifikant stampevinkel som funksjon av hastighet



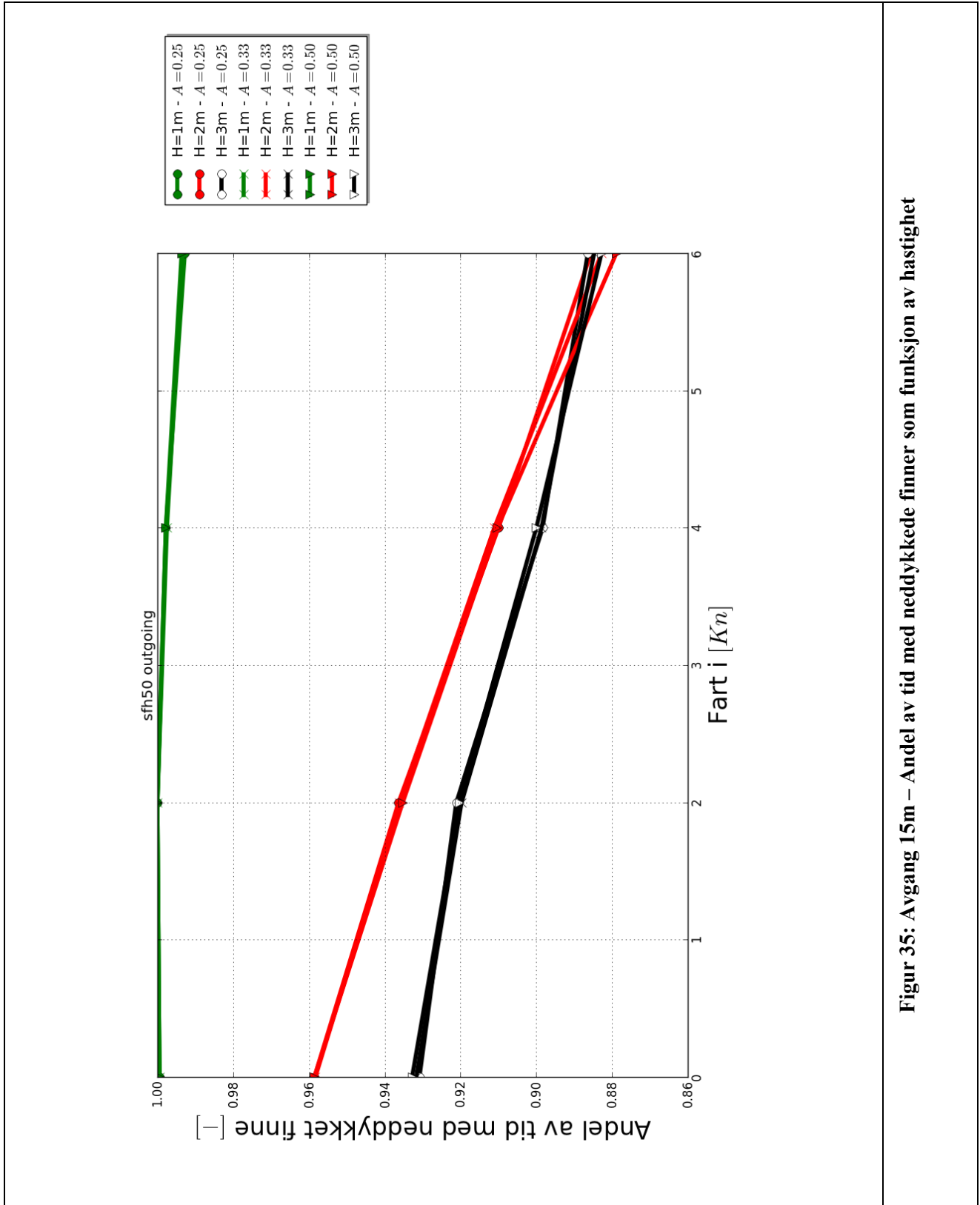
Figur 32: Avgang 21m – Signifikant stampevinkel som funksjon av hastighet



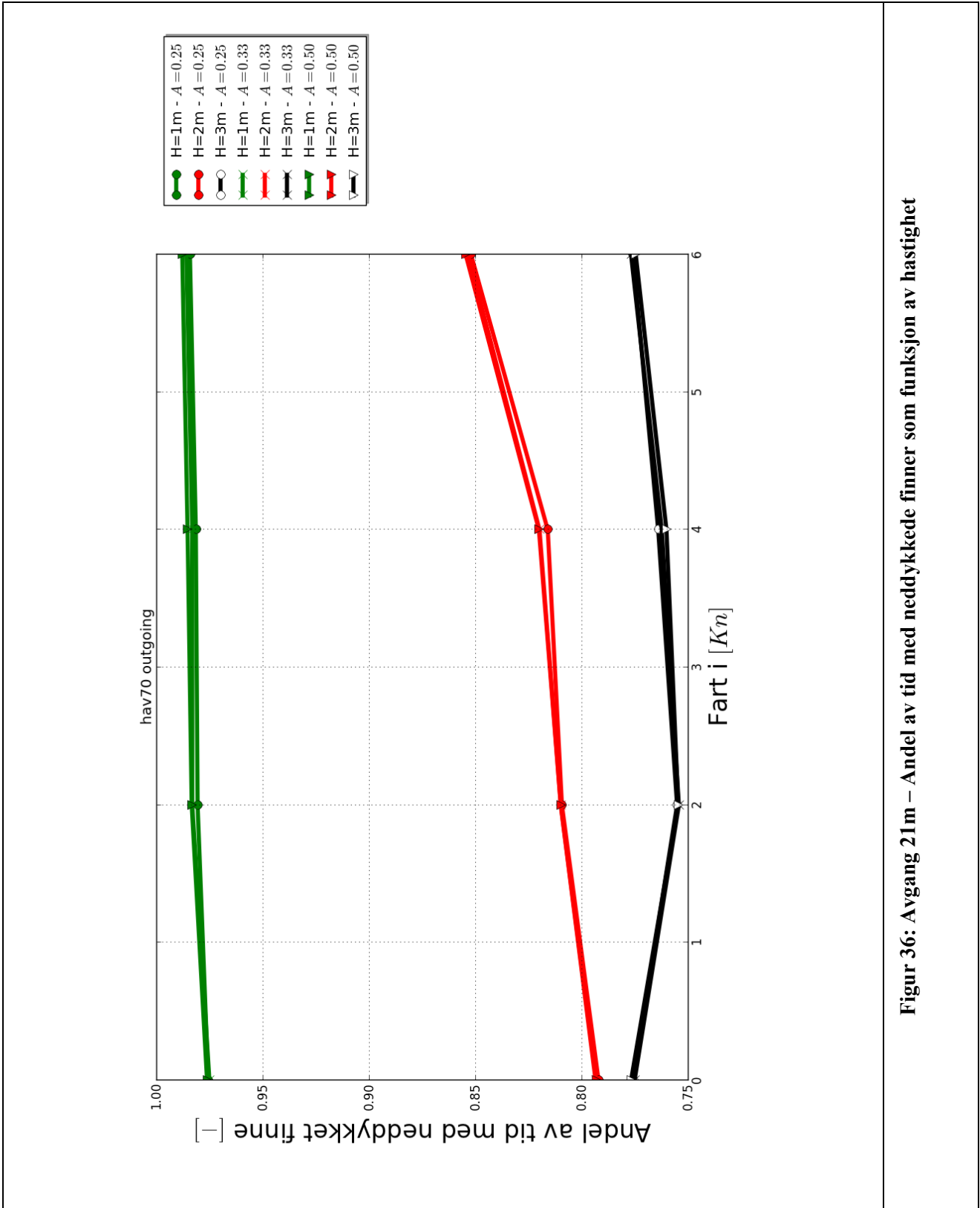
Figur 33: Ankomst 21 – Signifikant stampevinkel som funksjon av hastighet



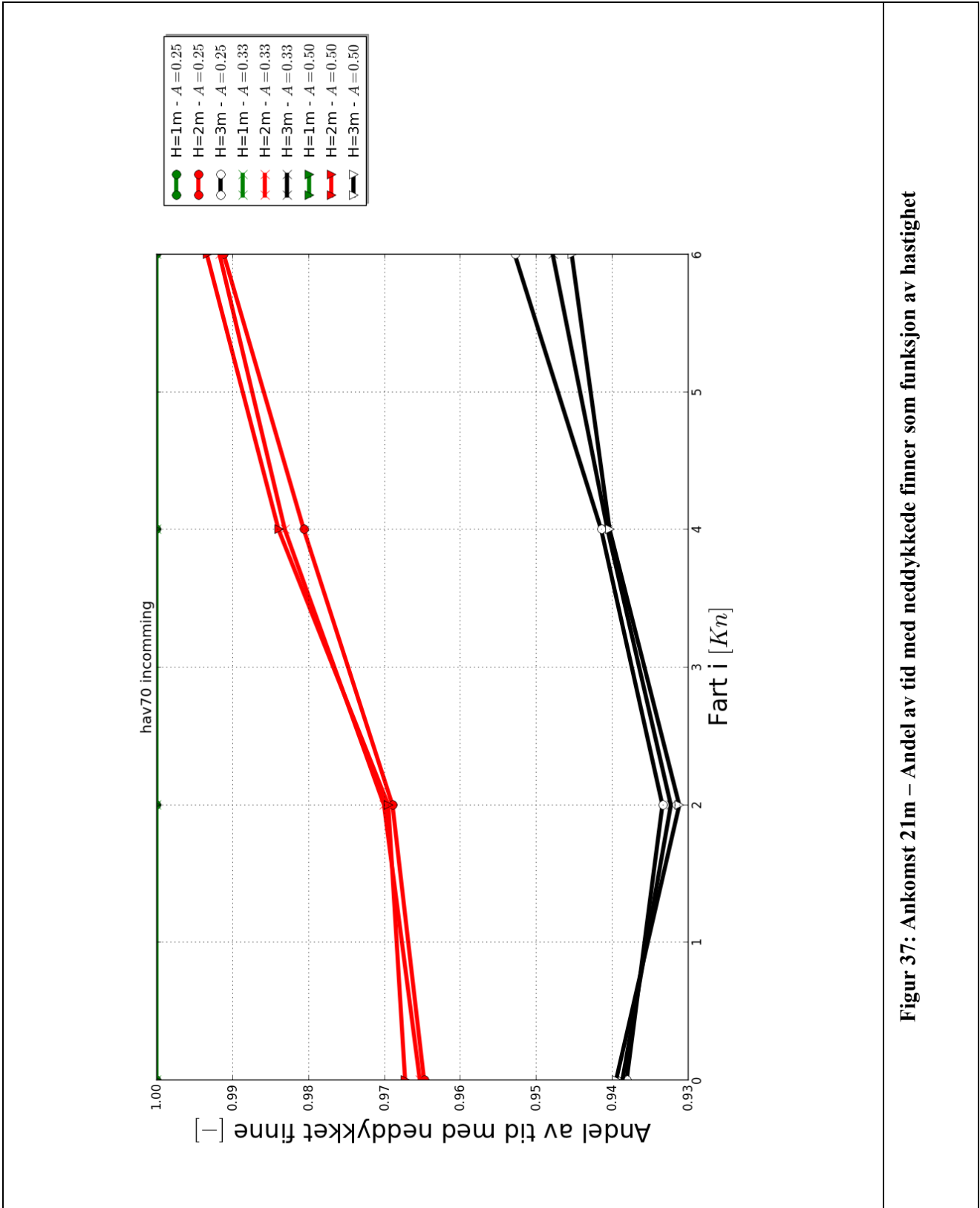
Figur 34: Avgang 28m – Signifikant stampevinkel som funksjon av hastighet



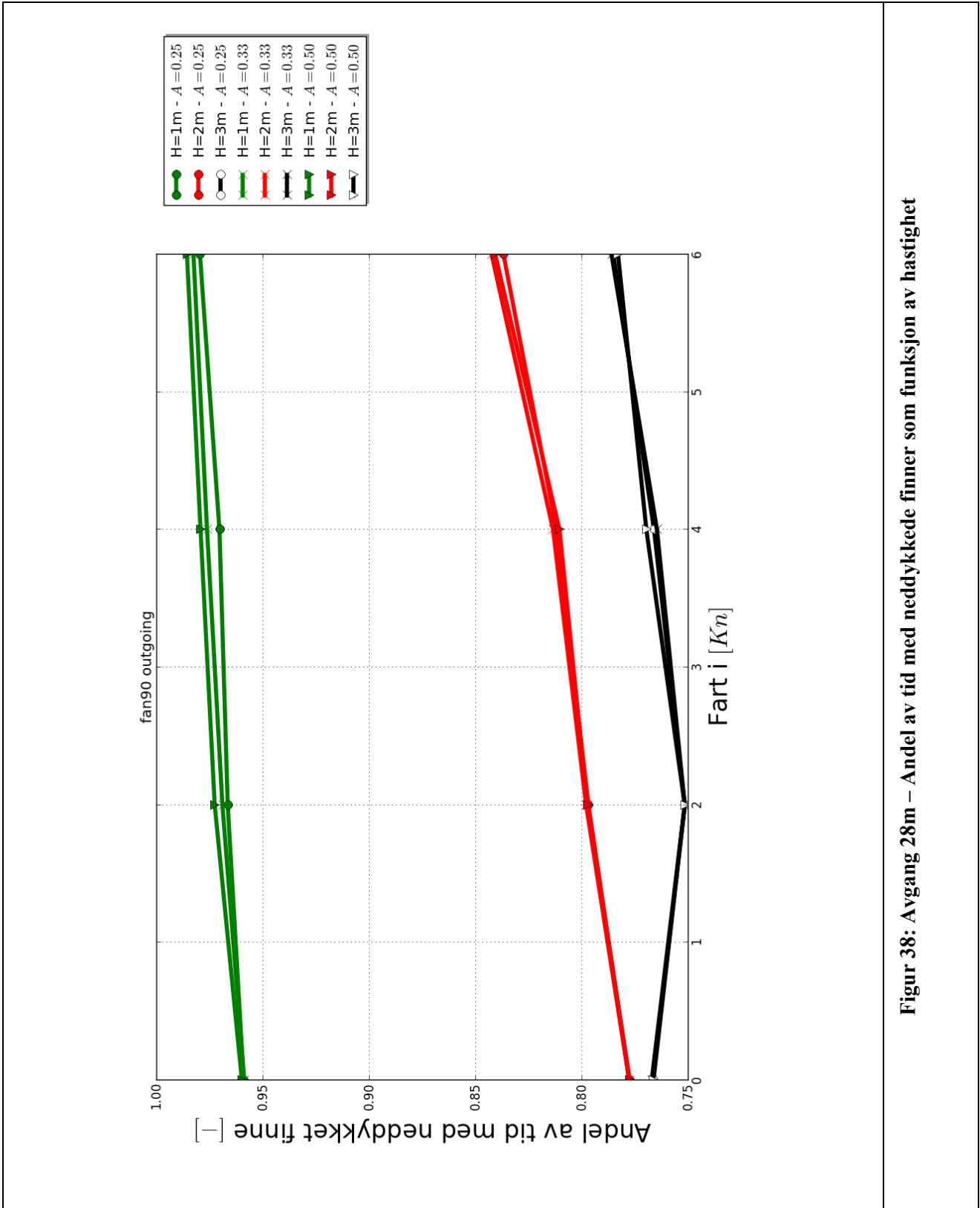
Figur 35: Avgang 15m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av hastighet



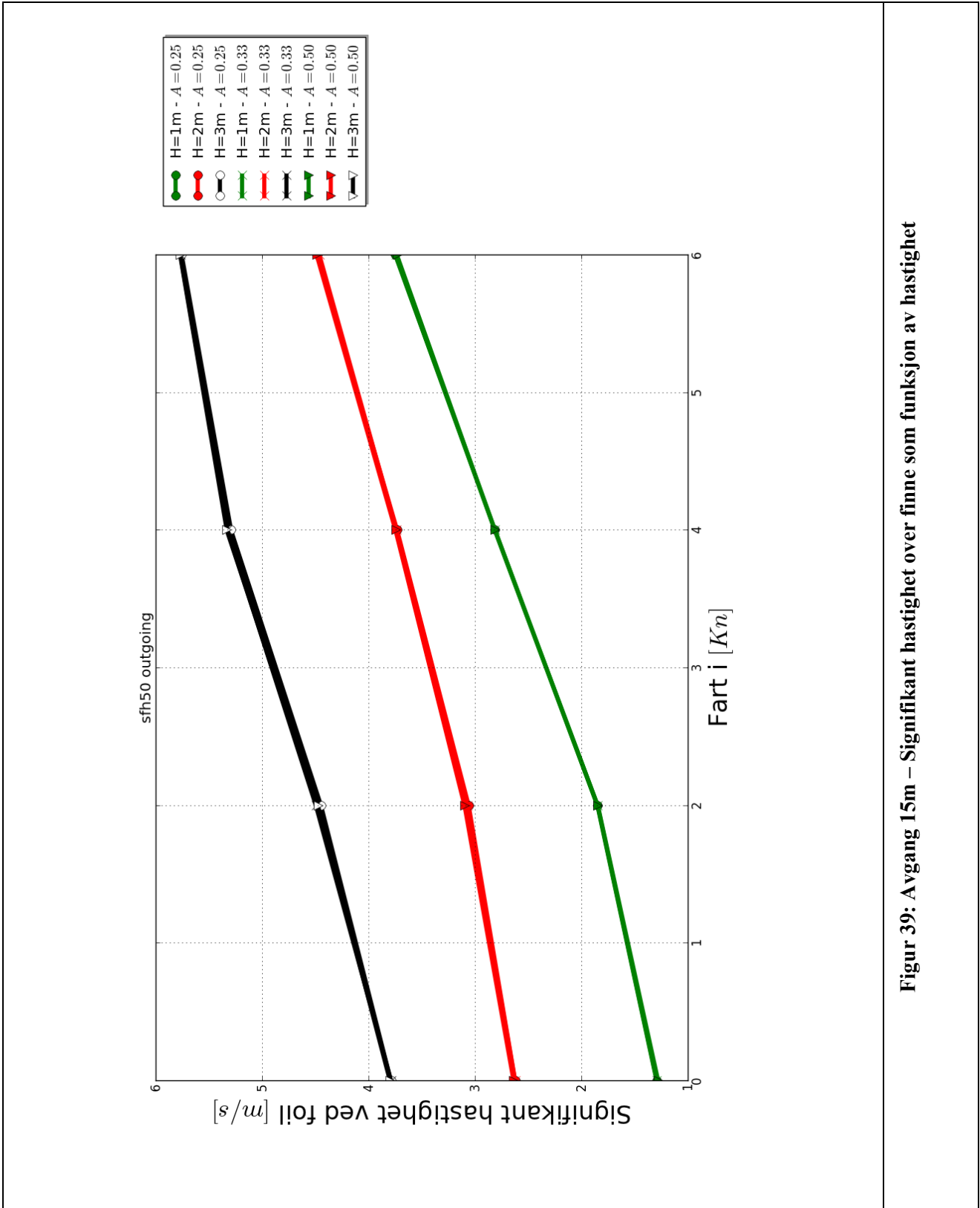
Figur 36: Avgang 21m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av hastighet



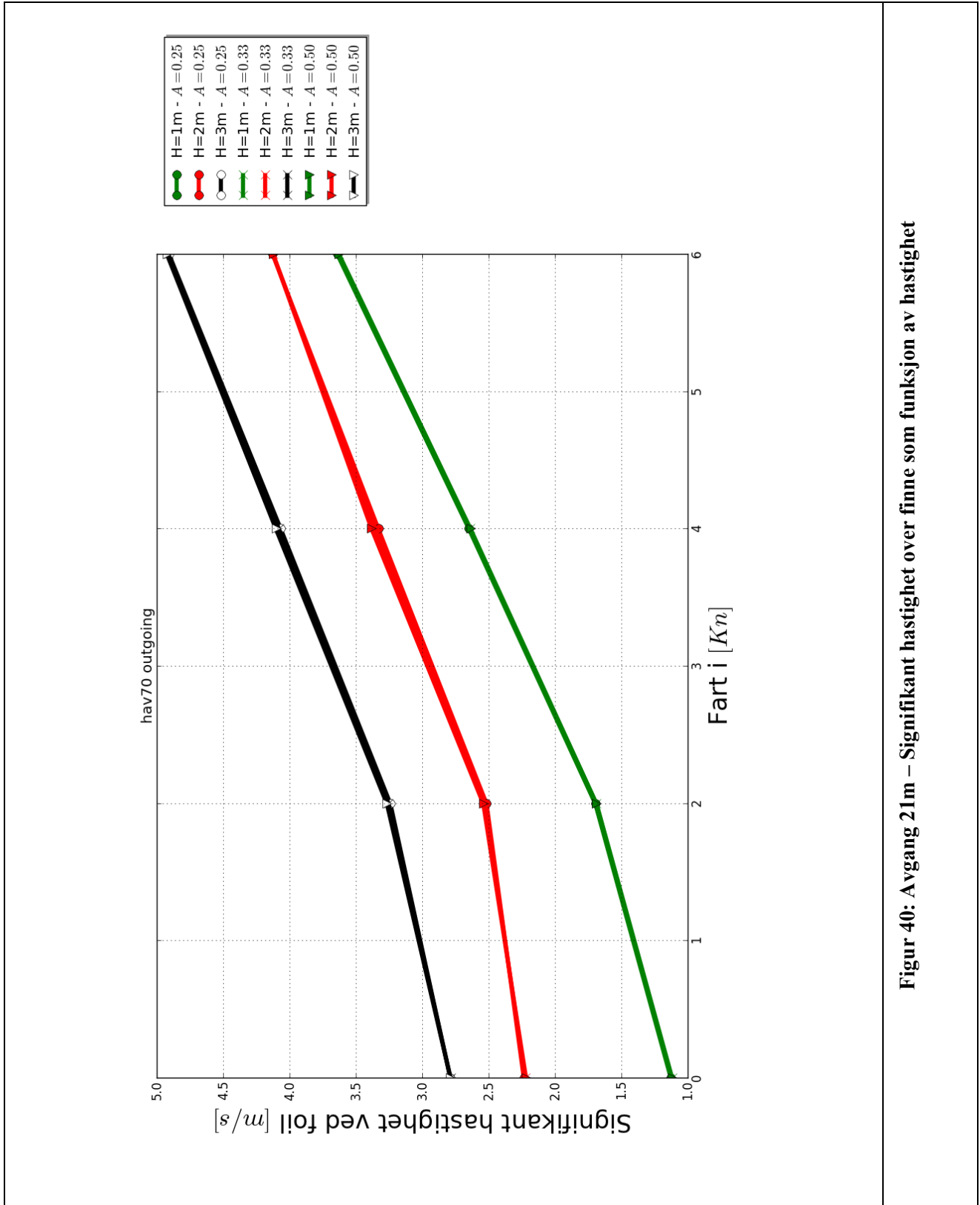
Figur 37: Ankomst 21m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av hastighet



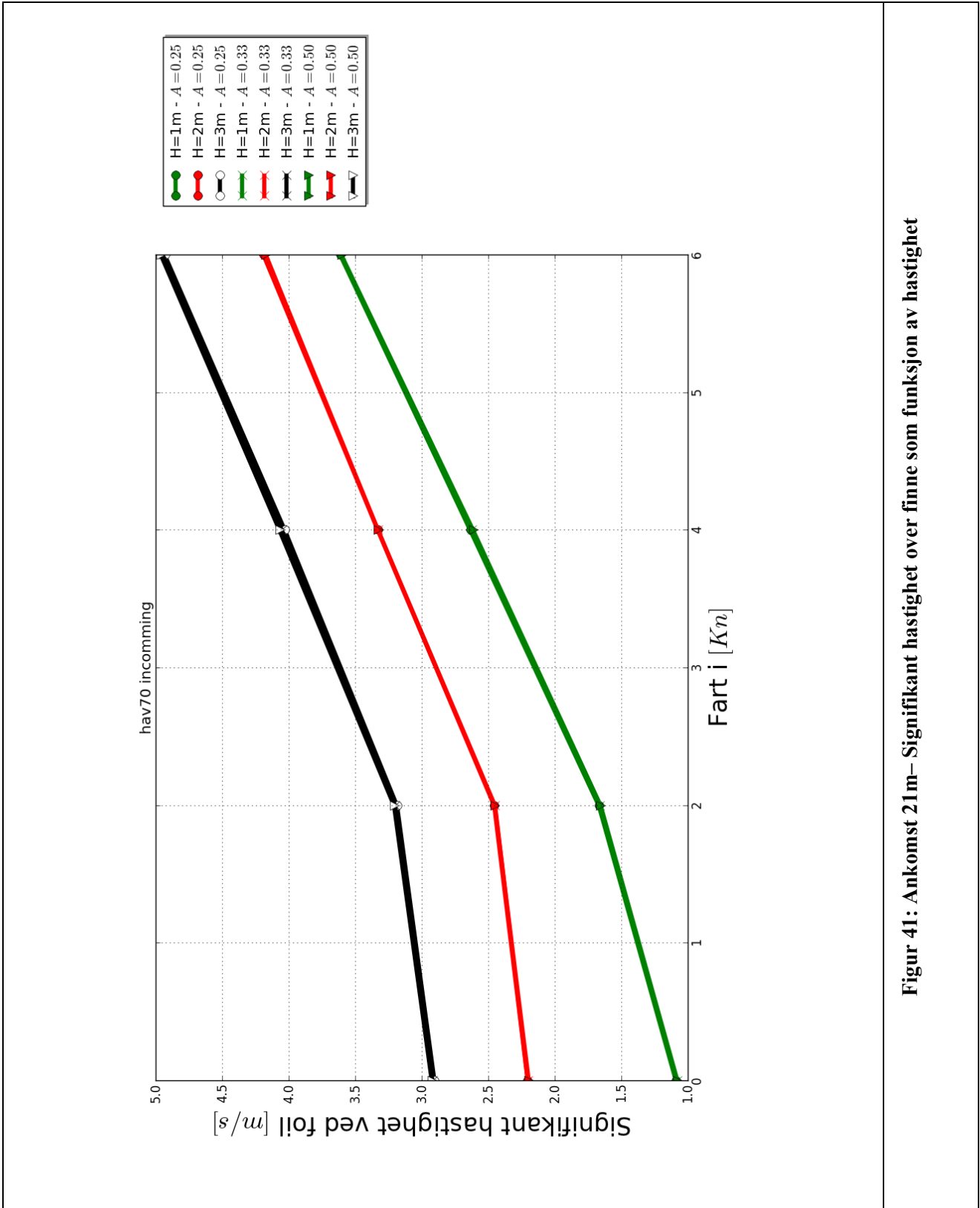
Figur 38: Avgang 28m – Andel av tid med neddykkede finner som funksjon av hastighet



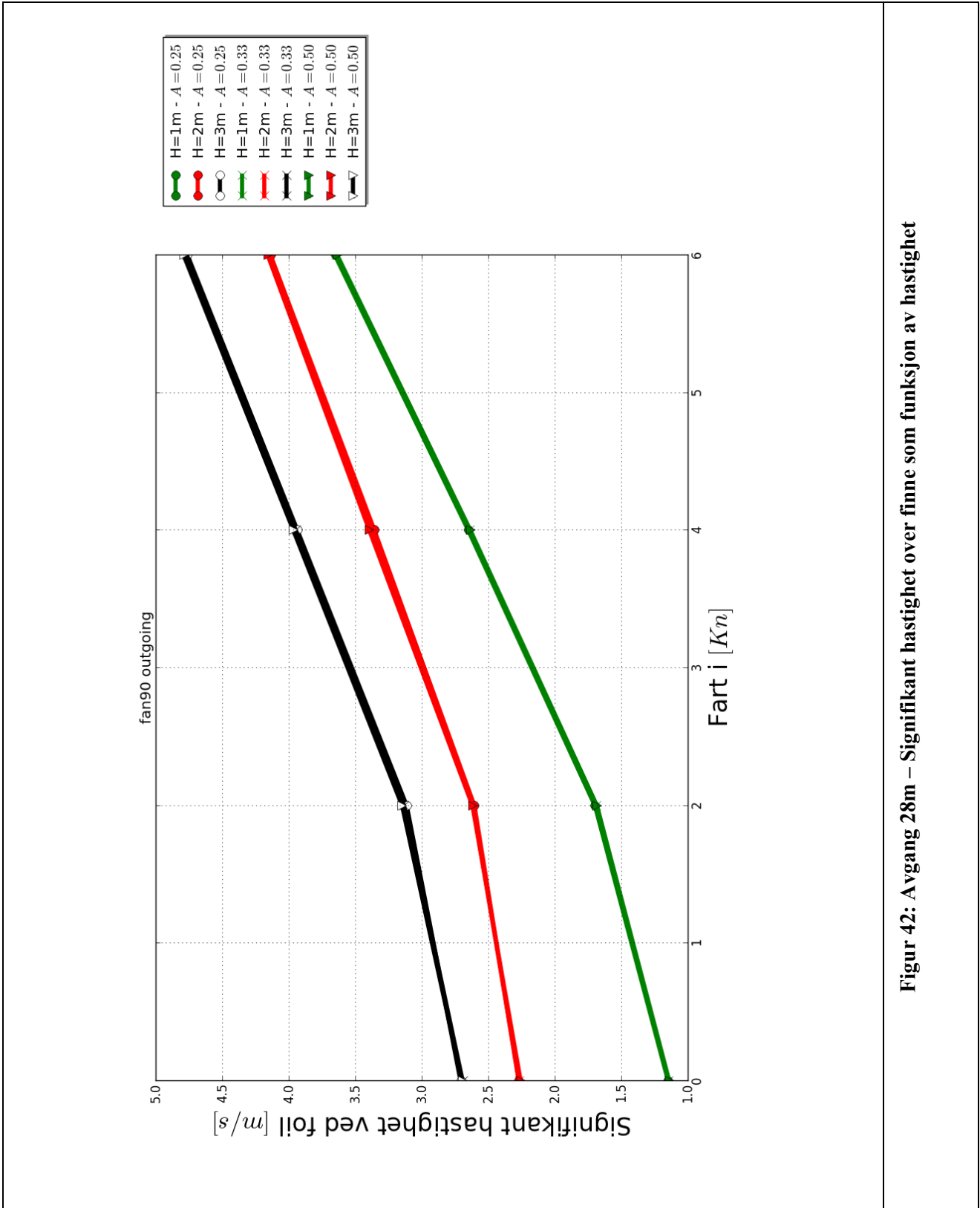
Figur 39: Avgang 15m – Signifikkant hastighet over finne som funksjon av hastighet



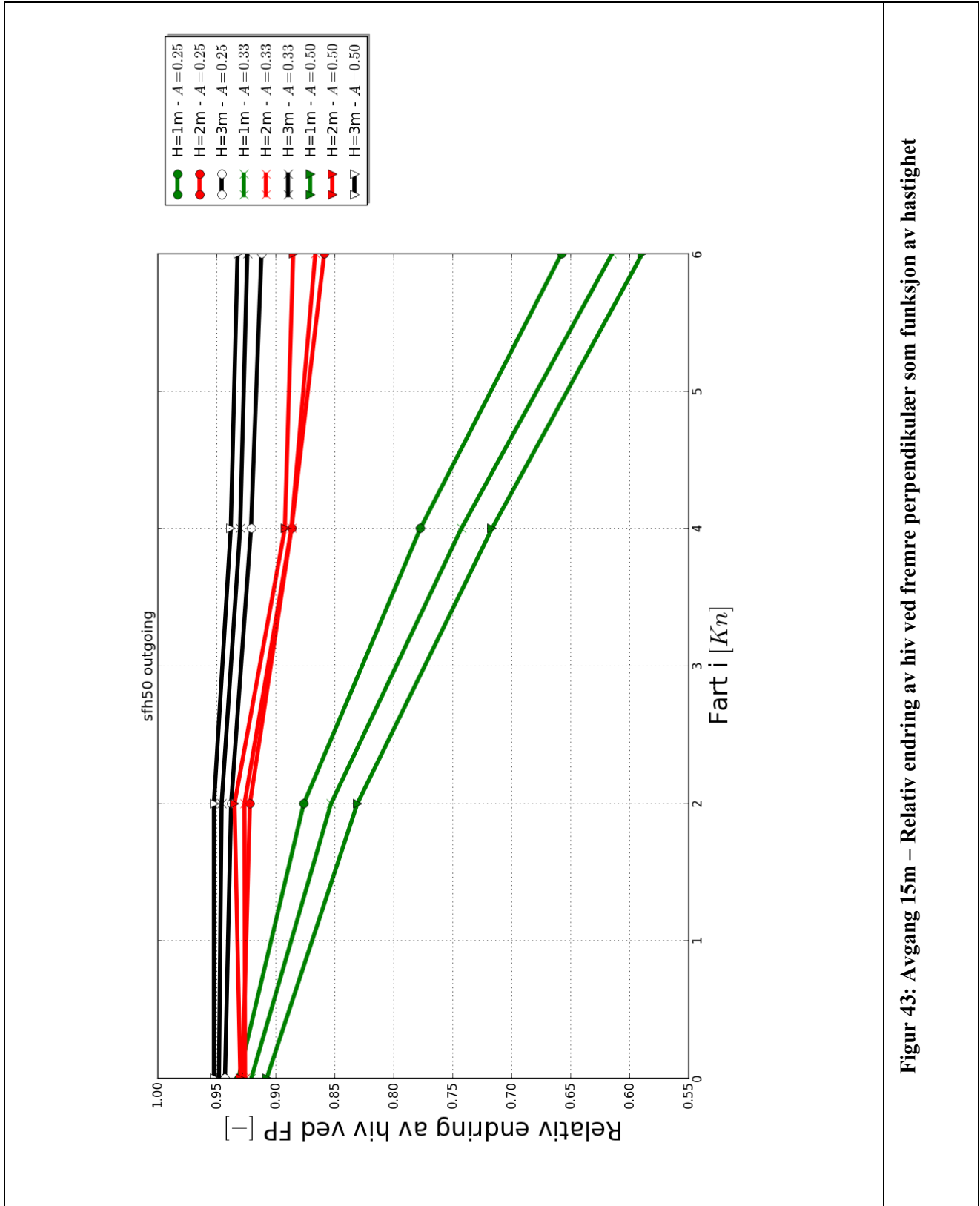
Figur 40: Avgang 21m – Signifikant hastighet over finne som funksjon av hastighet



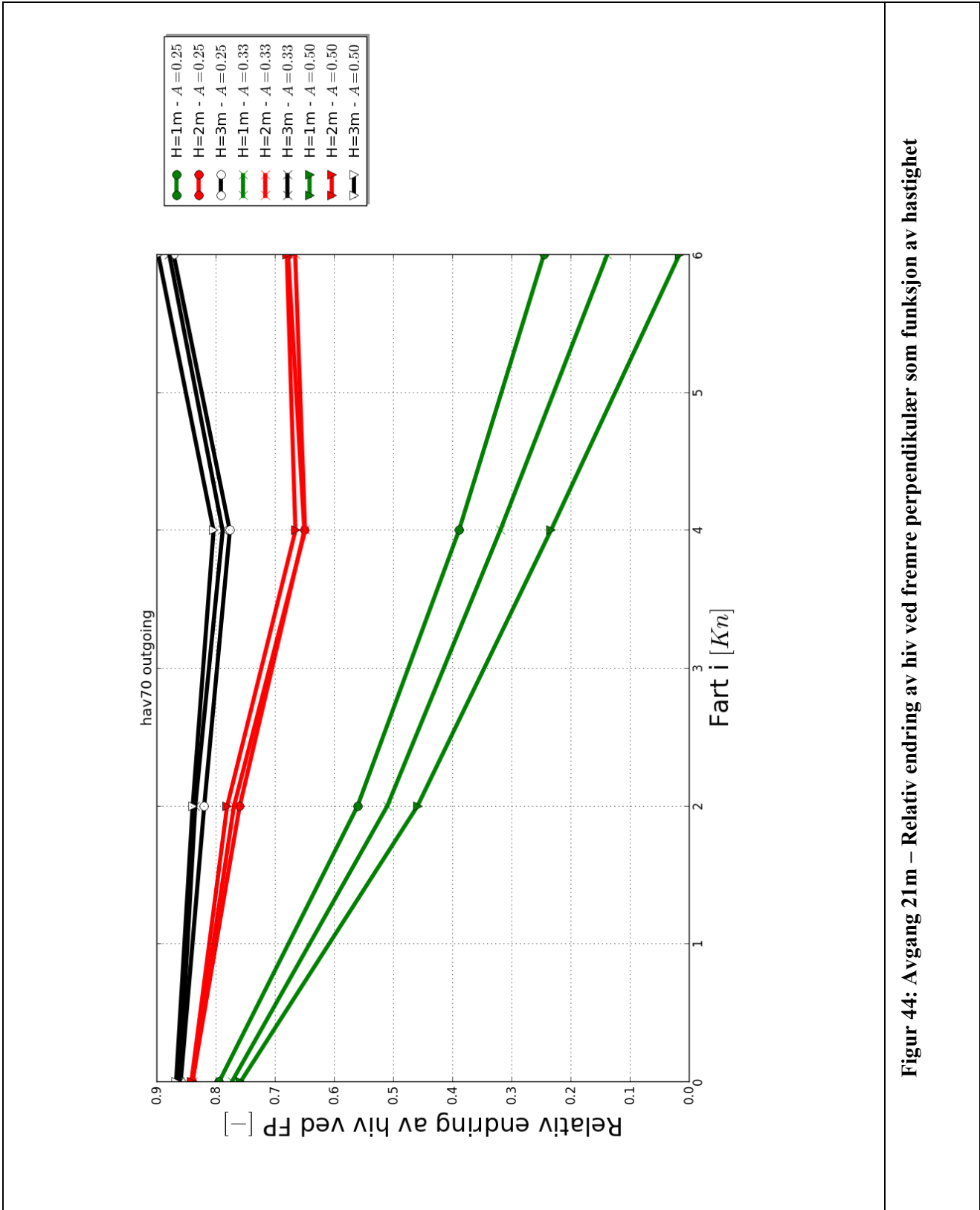
Figur 41: Ankomst 21m– Signifikant hastighet over finne som funksjon av hastighet



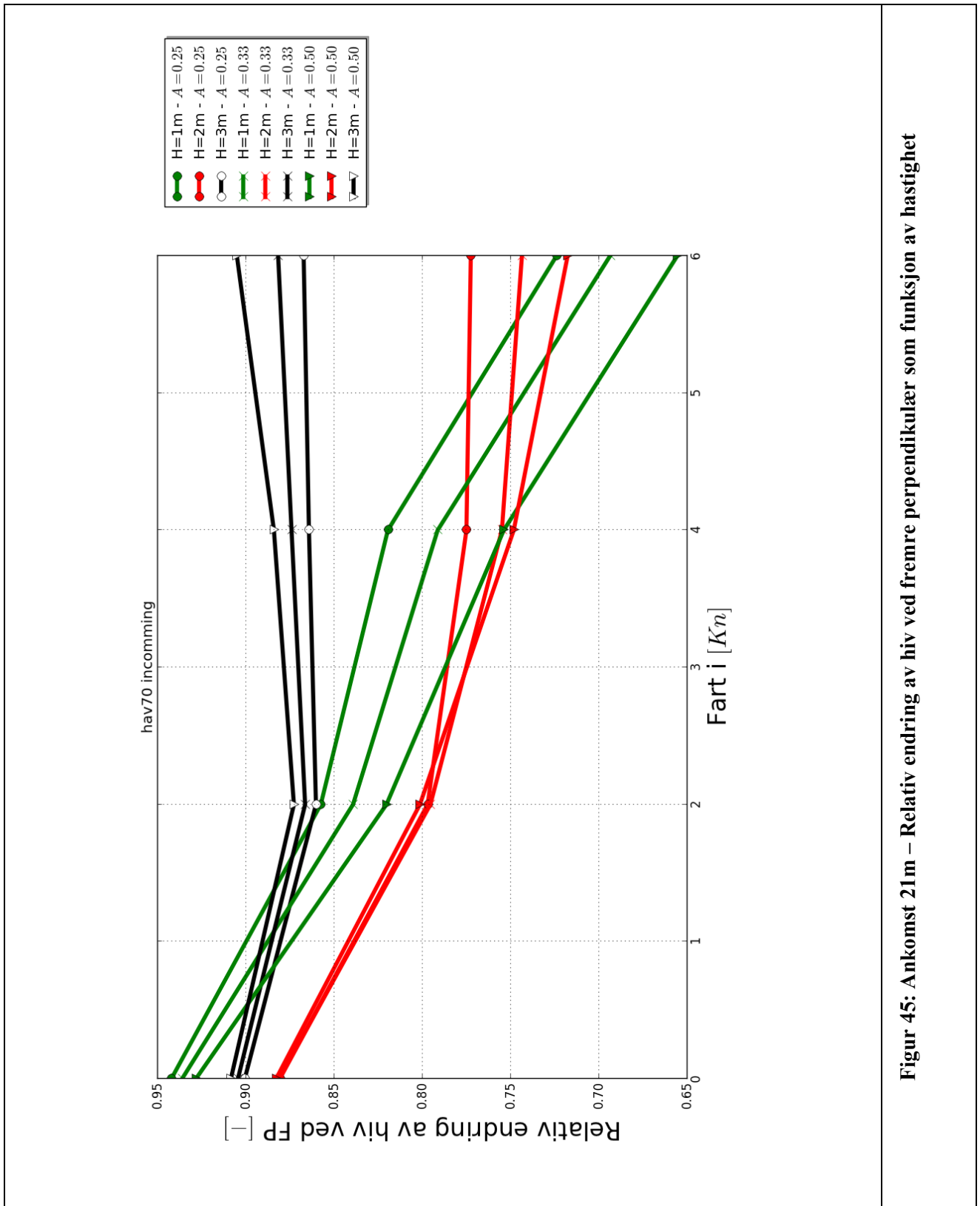
Figur 42: Avgang 28m – Signifikant hastighet over finne som funksjon av hastighet



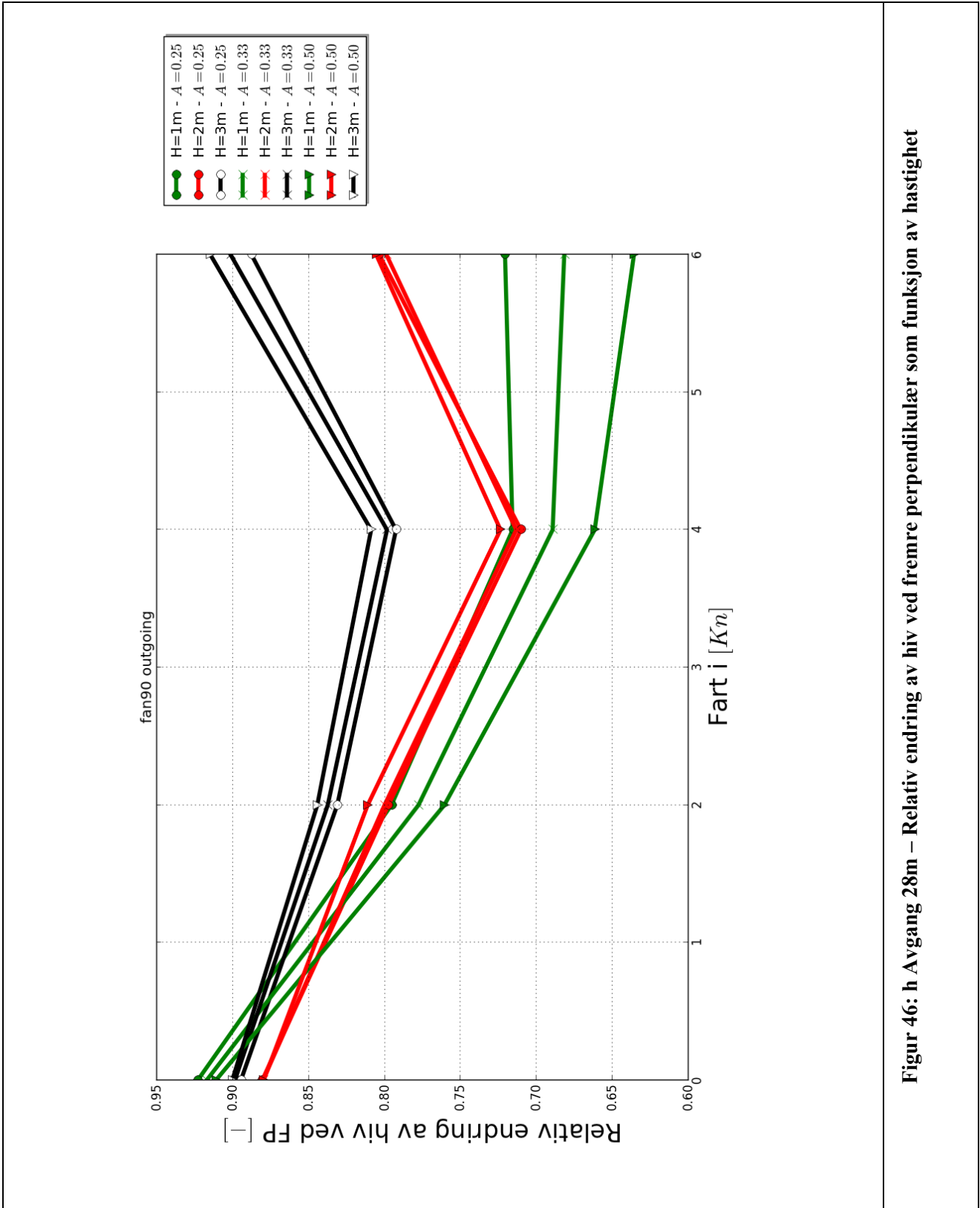
Figur 43: Avgang 15m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendikulær som funksjon av hastighet



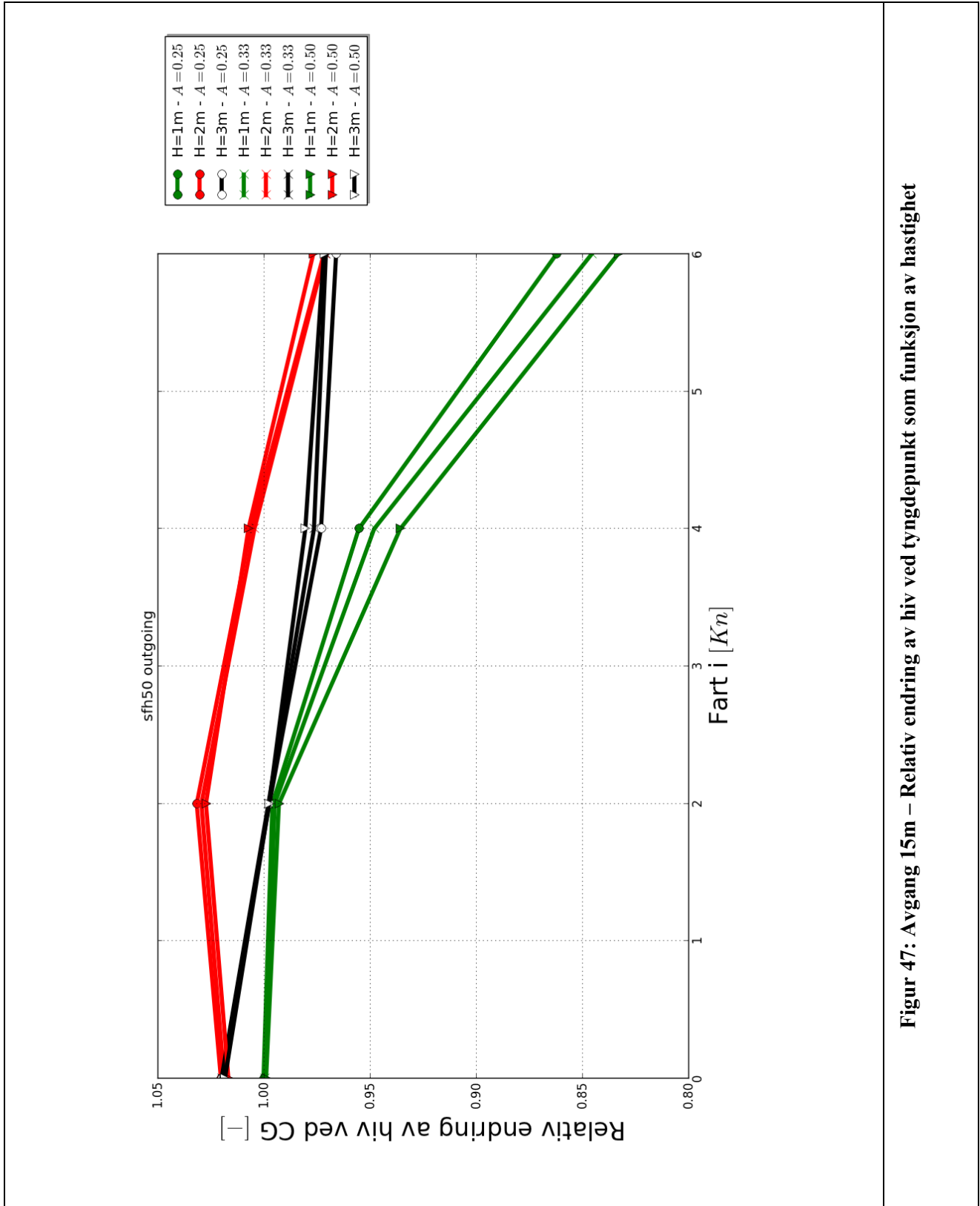
Figur 44: Avgang 21m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendikulær som funksjon av hastighet



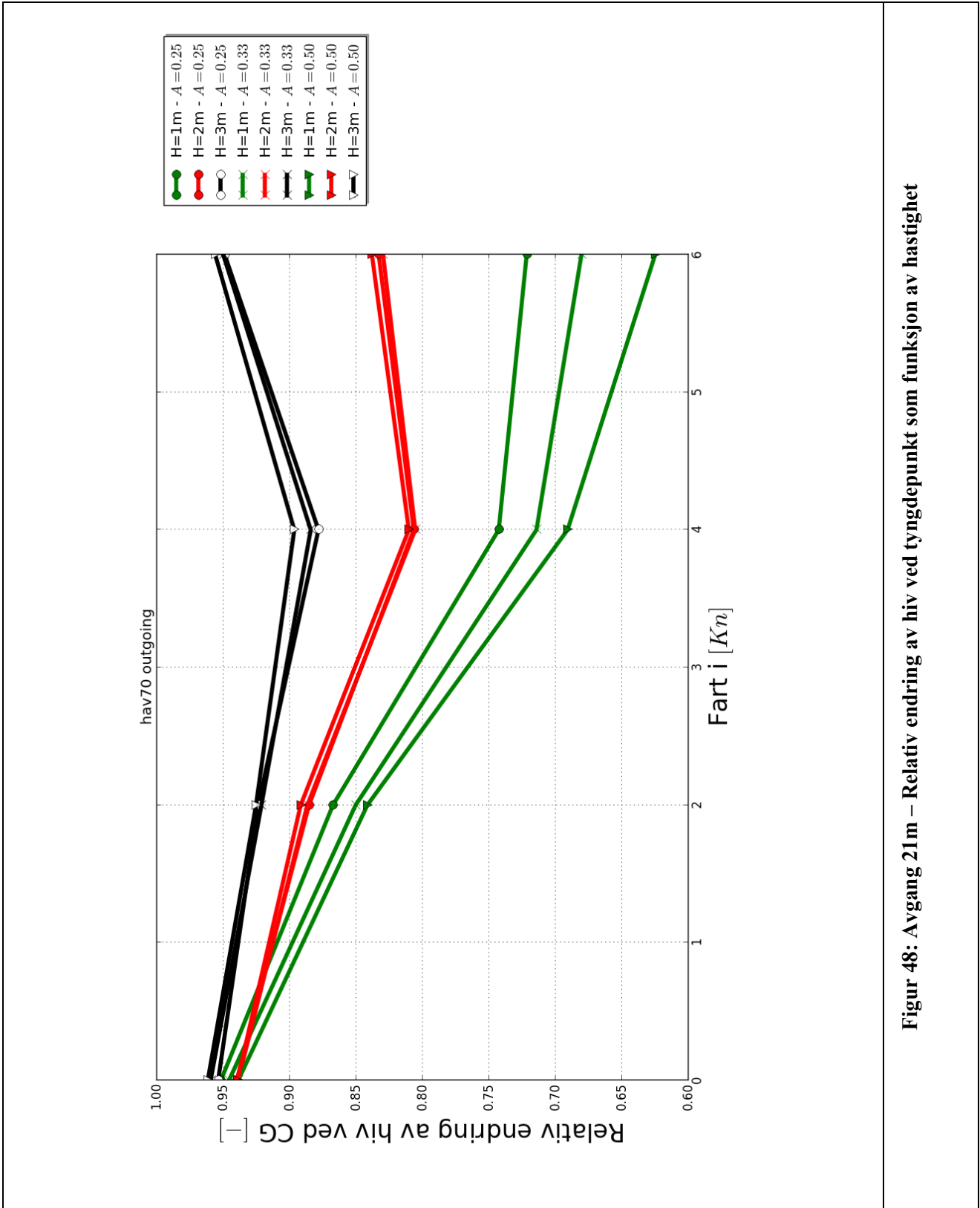
Figur 45: Ankomst 21m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendikularer som funksjon av hastighet



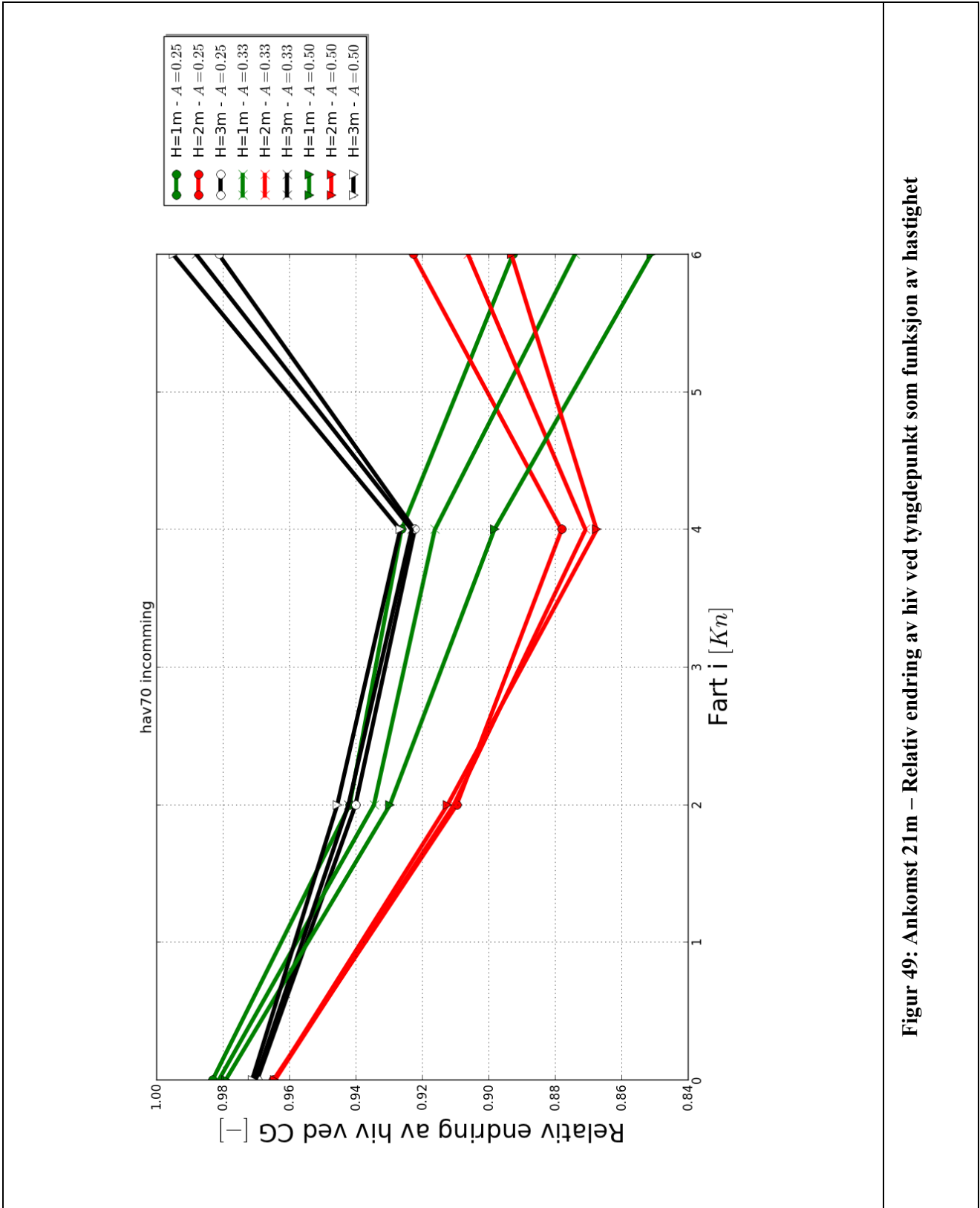
Figur 46: h Avgang 28m – Relativ endring av hiv ved fremre perpendikulær som funksjon av hastighet



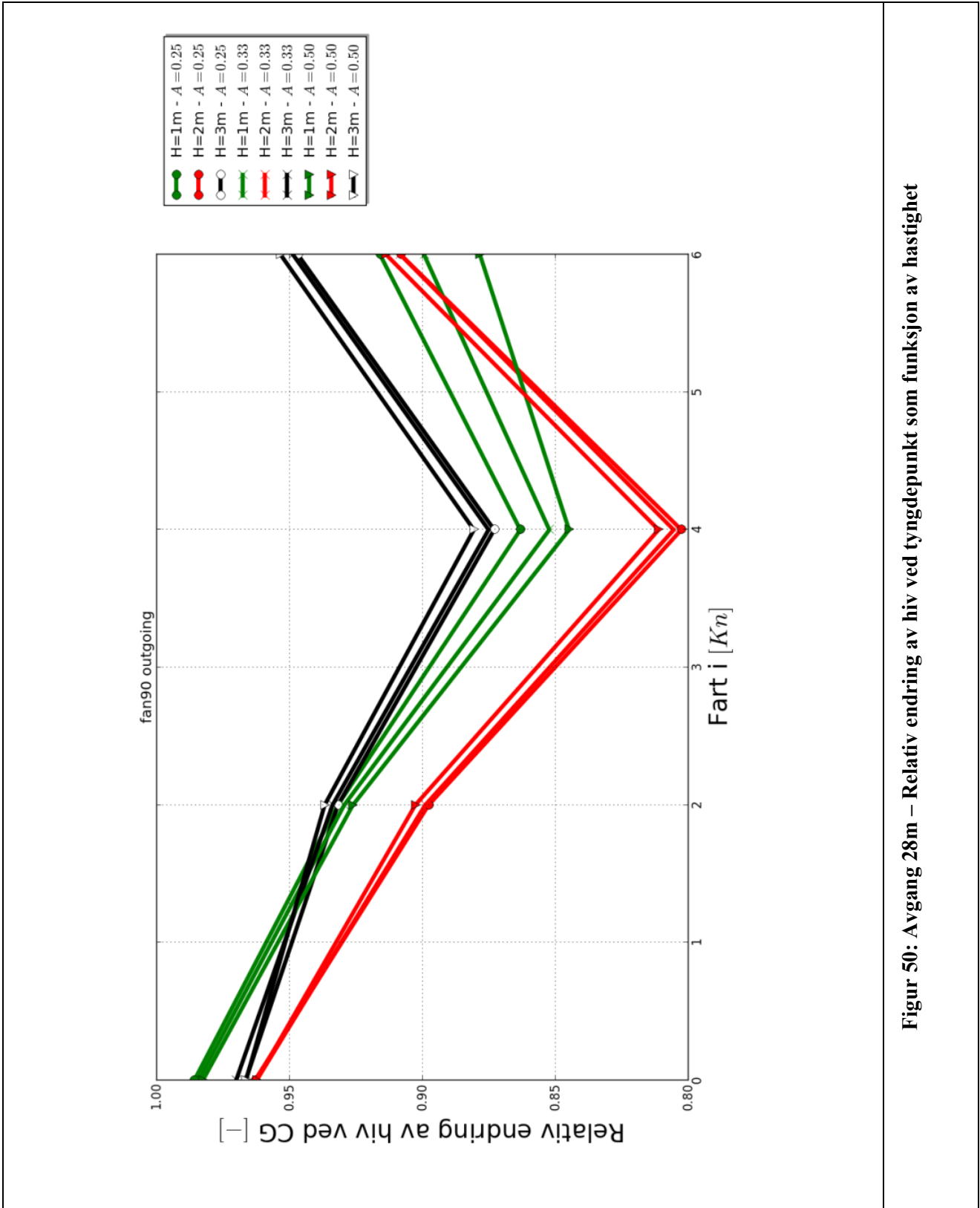
Figur 47: Avgang 15m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av hastighet



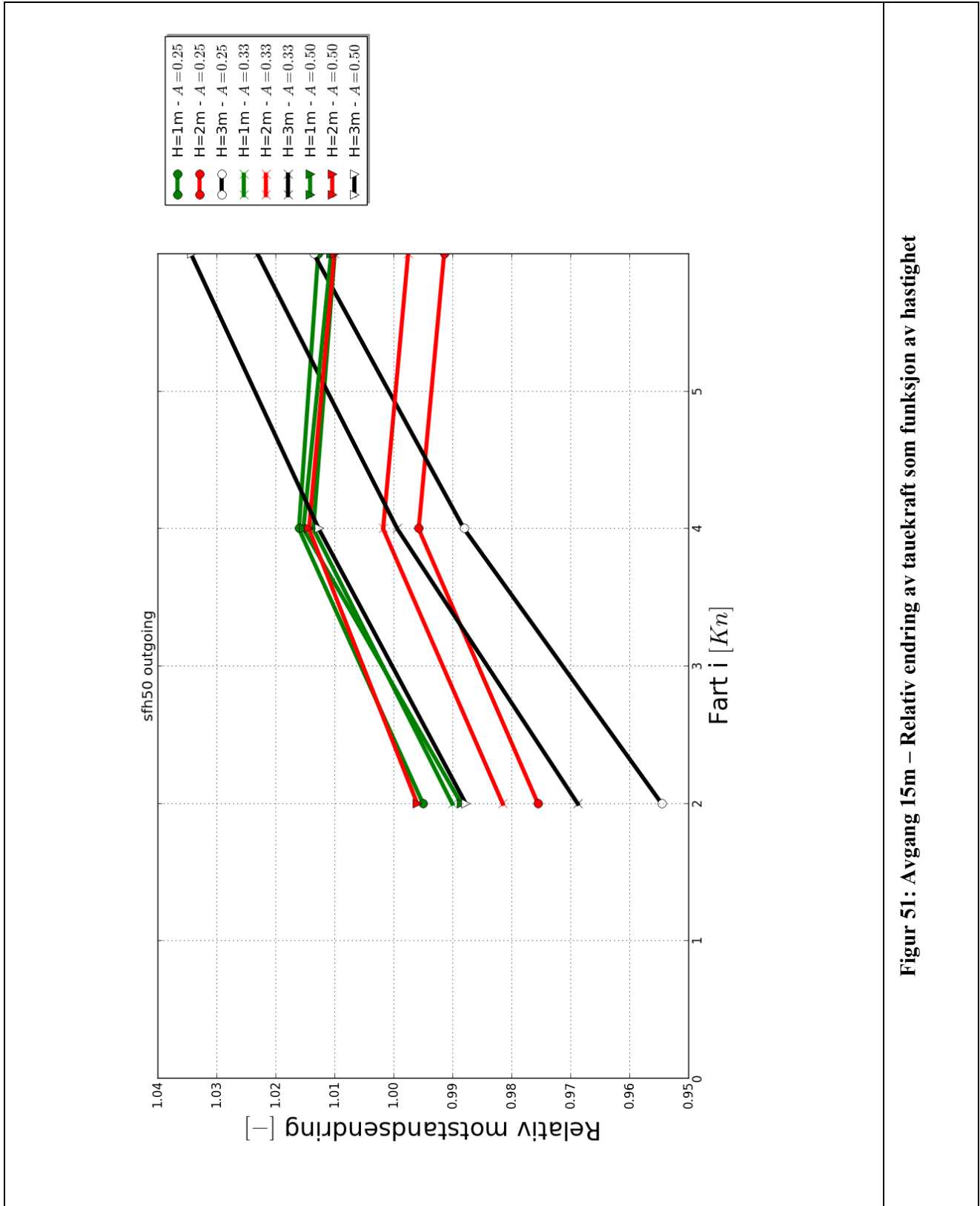
Figur 48: Avgang 21m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av hastighet



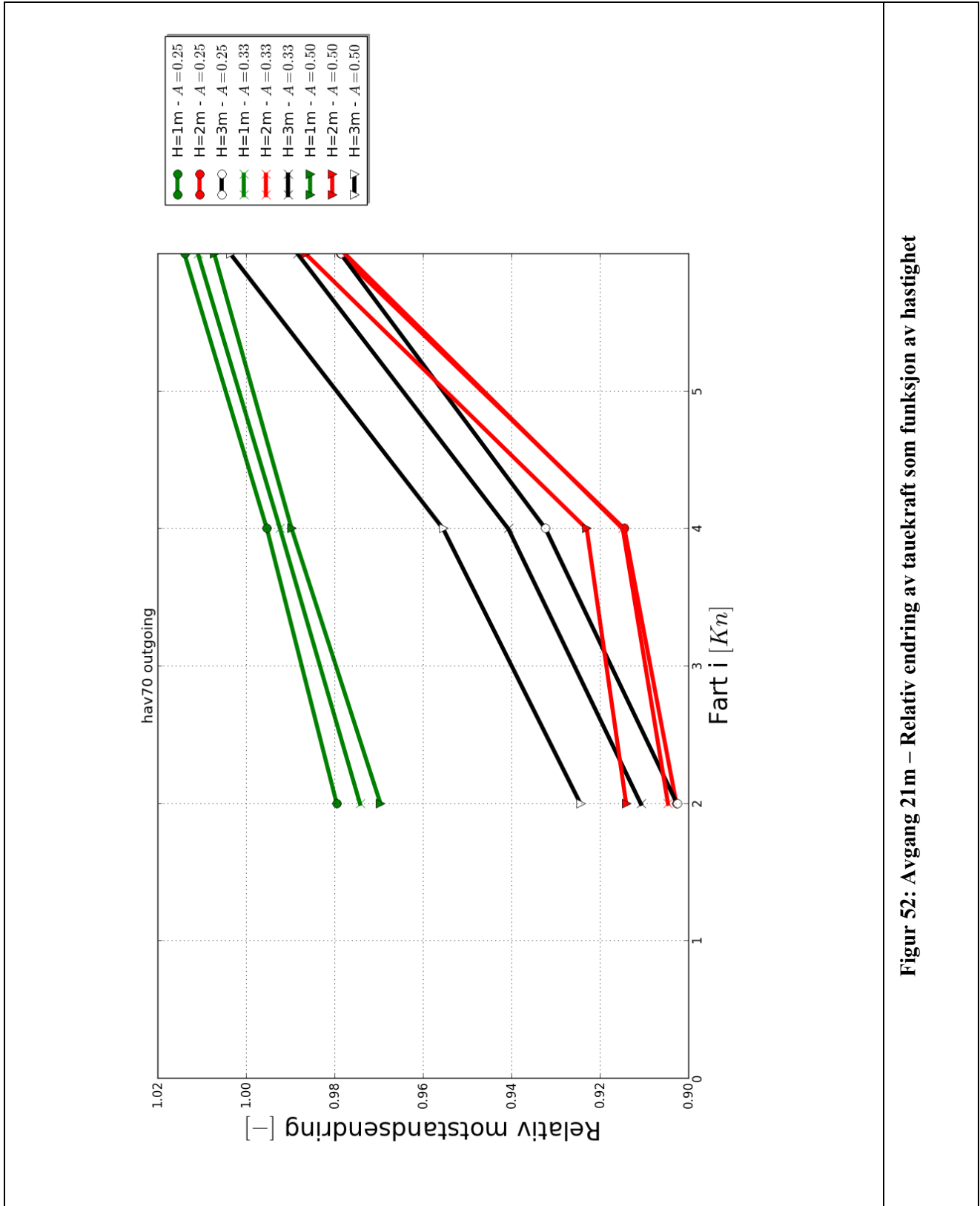
Figur 49: Ankomst 21m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av hastighet



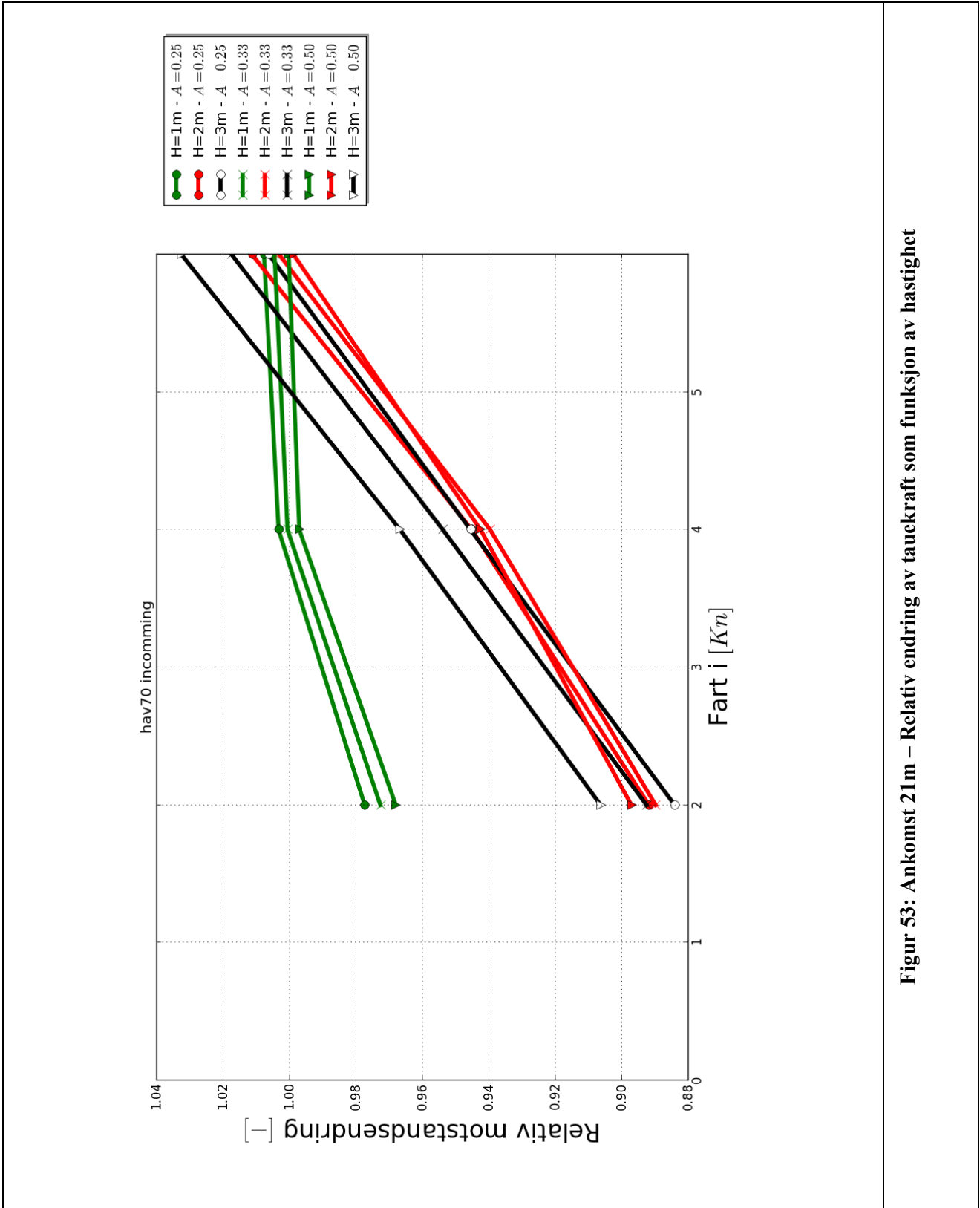
Figur 50: Avgang 28m – Relativ endring av hiv ved tyngdepunkt som funksjon av hastighet



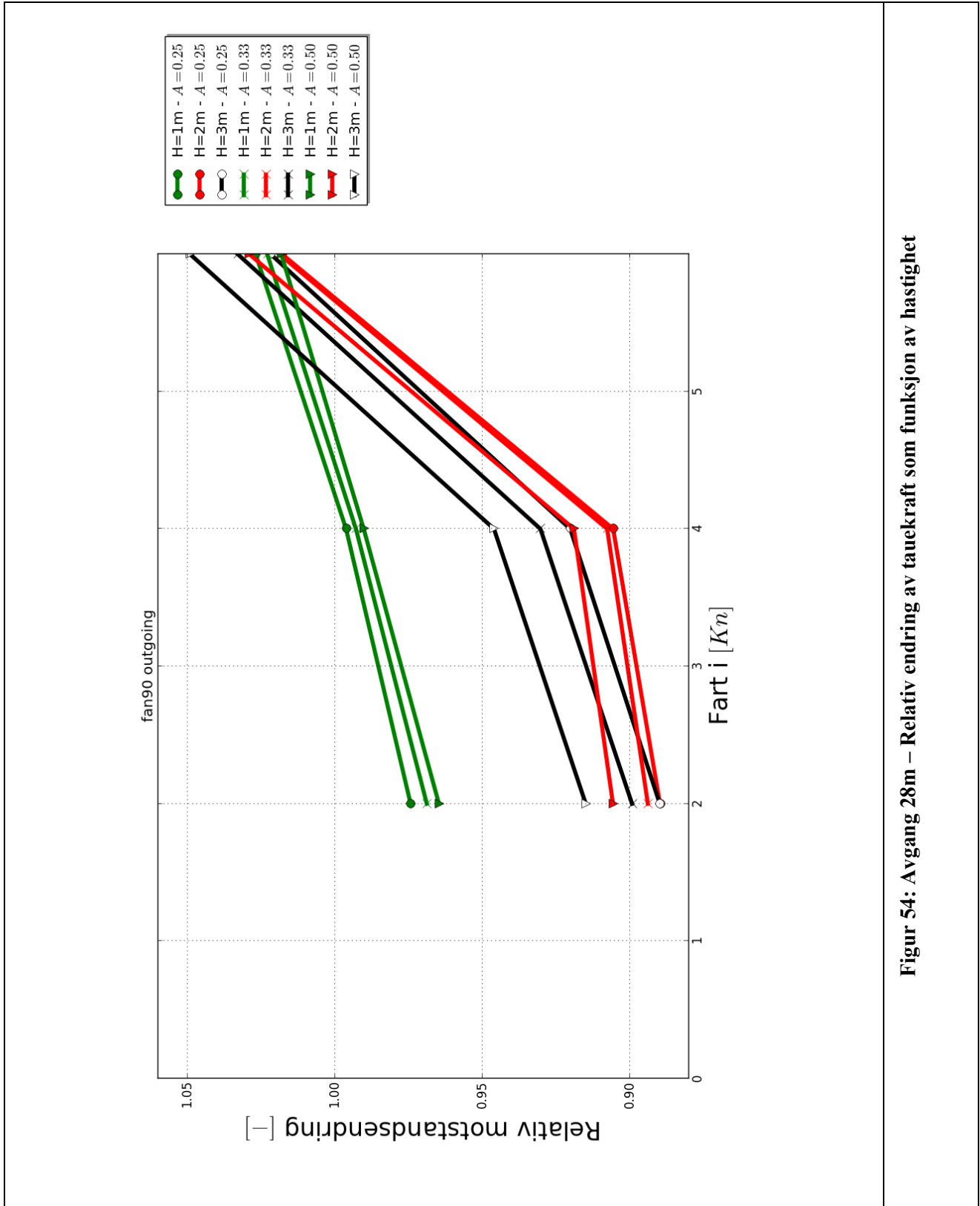
Figur 51: Avgang 15m – Relativ endring av tauekraft som funksjon av hastighet



Figur 52: Avgang 21m – Relativ endring av tauekraft som funksjon av hastighet

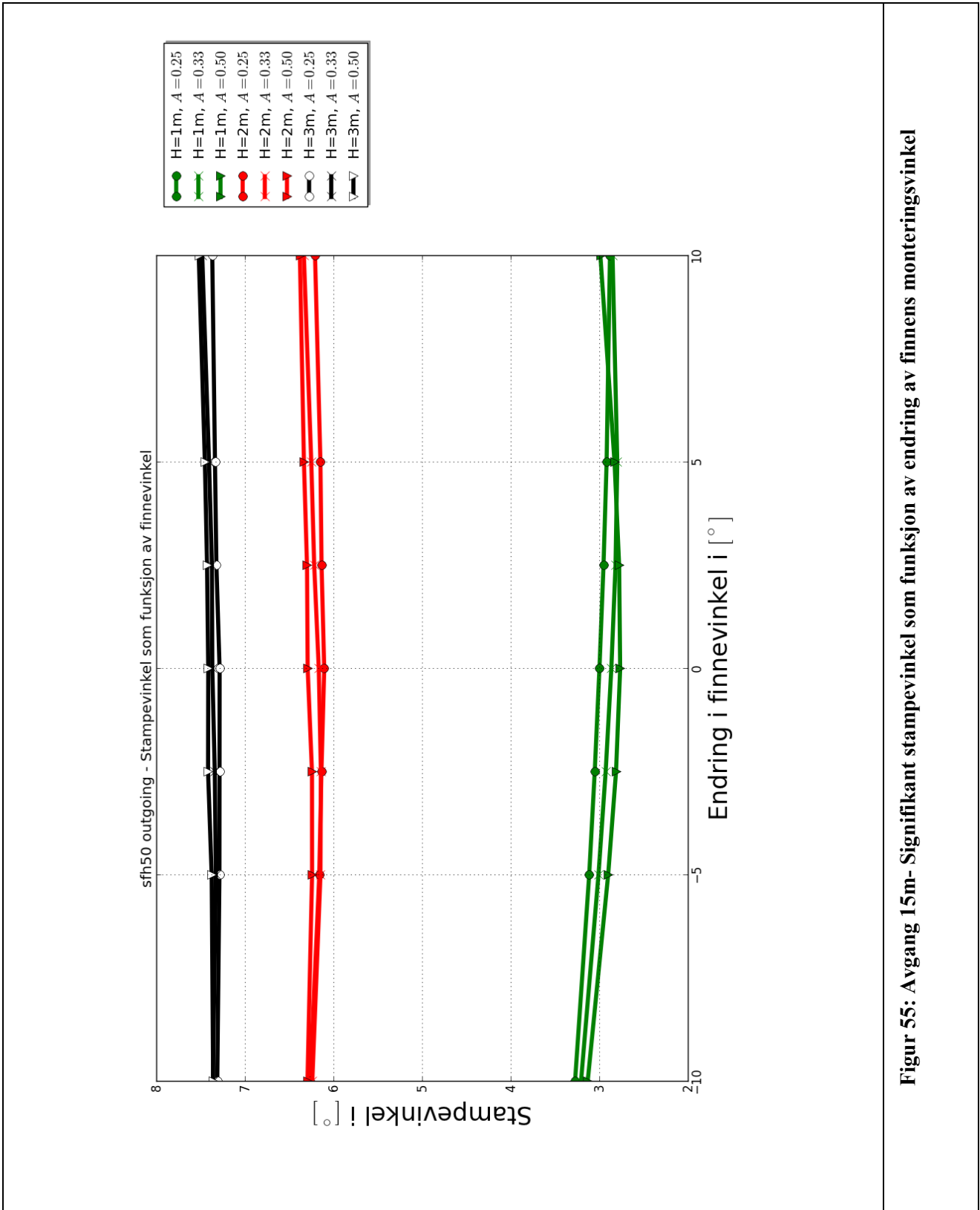


Figur 53: Ankomst 21m – Relativ endring av taukraft som funksjon av hastighet

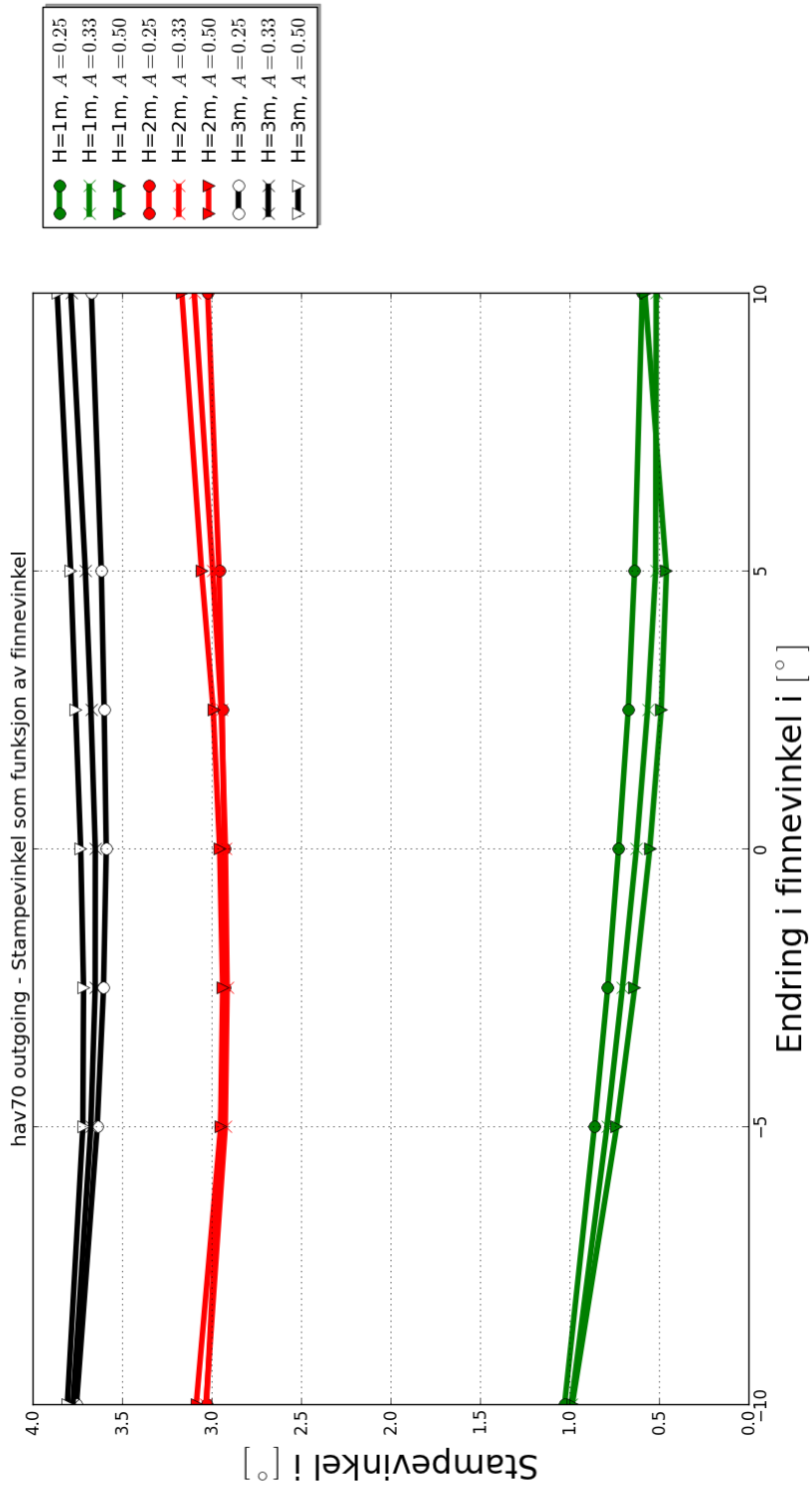


Figur 54: Avgang 28m – Relativ endring av tauekraft som funksjon av hastighet

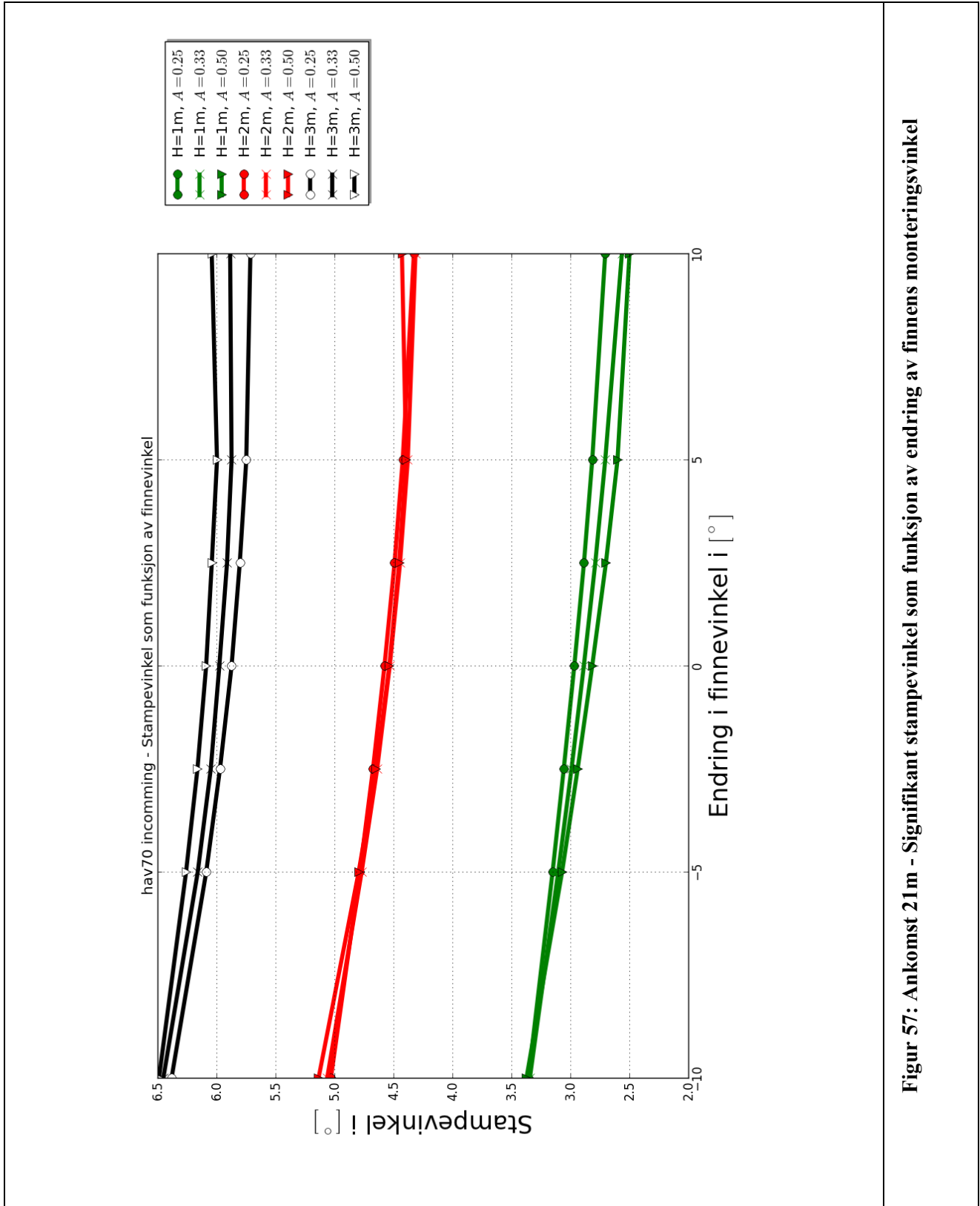
2.3 Variasjon av finnevinkler



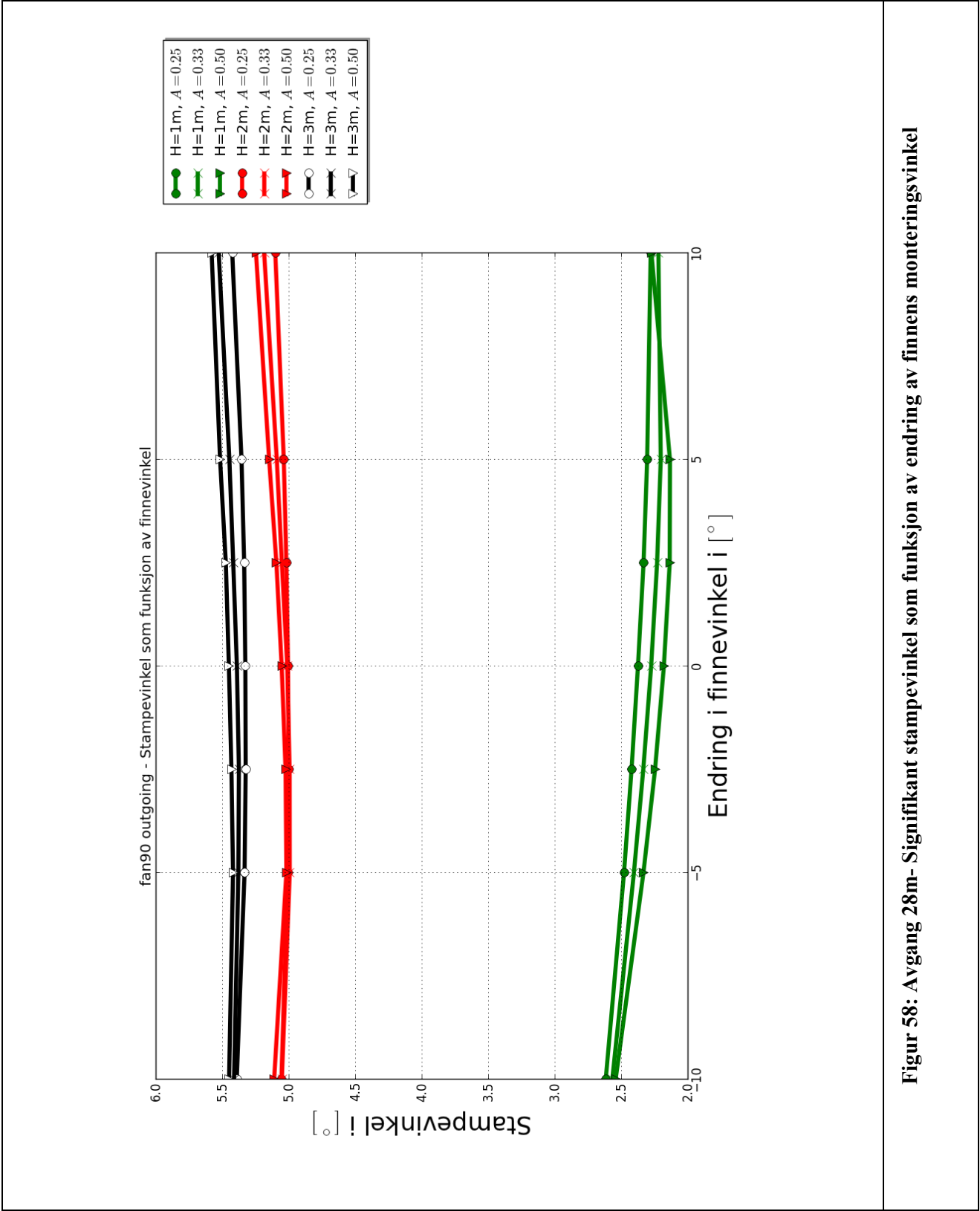
Figur 55: Avgang 15m- Signifikant stampevinkel som funksjon av endring av finns monteringsvinkel



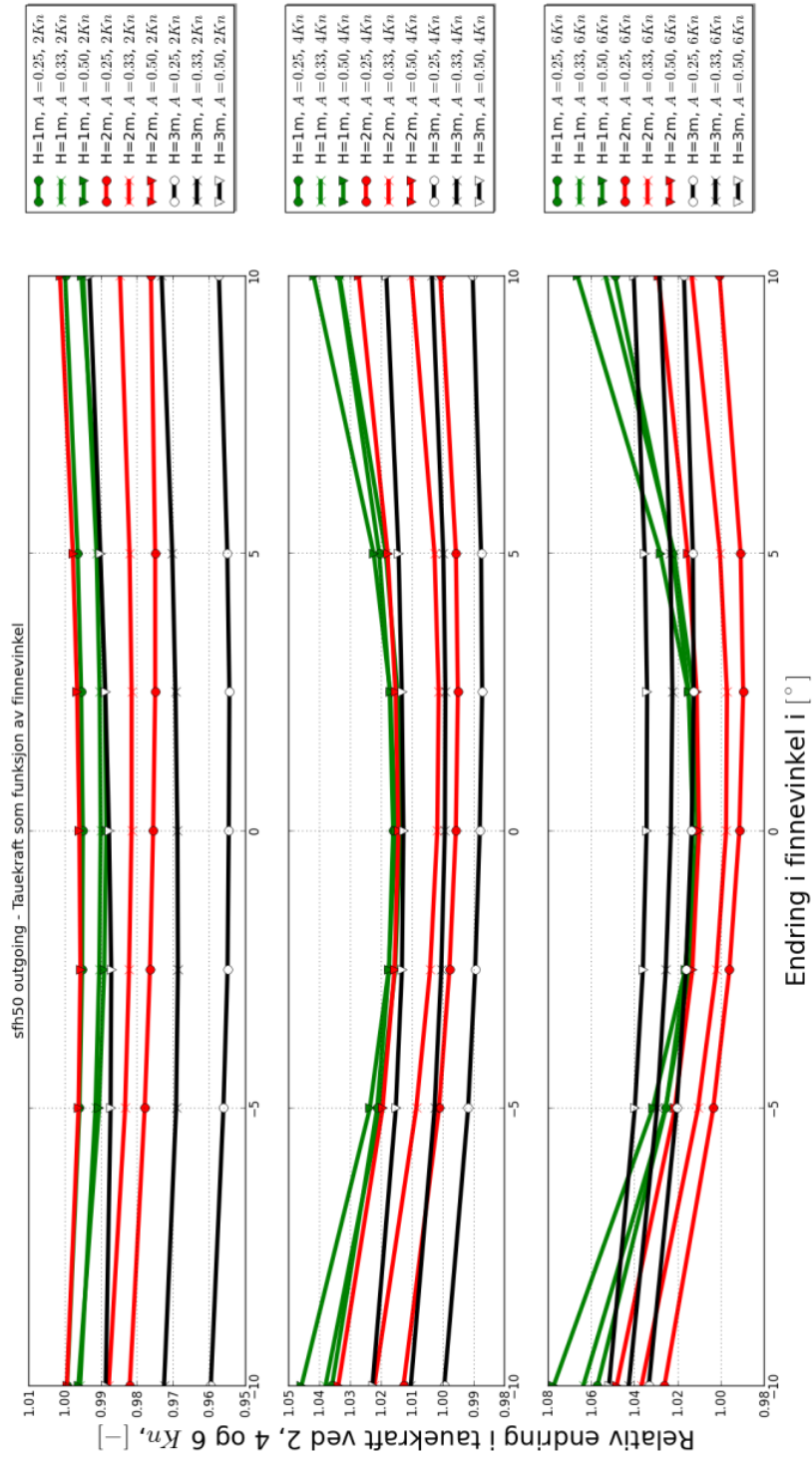
Figur 56: Avgang 21m- Signifikant stampevinkel som funksjon av endring av finnets monteringsvinkel



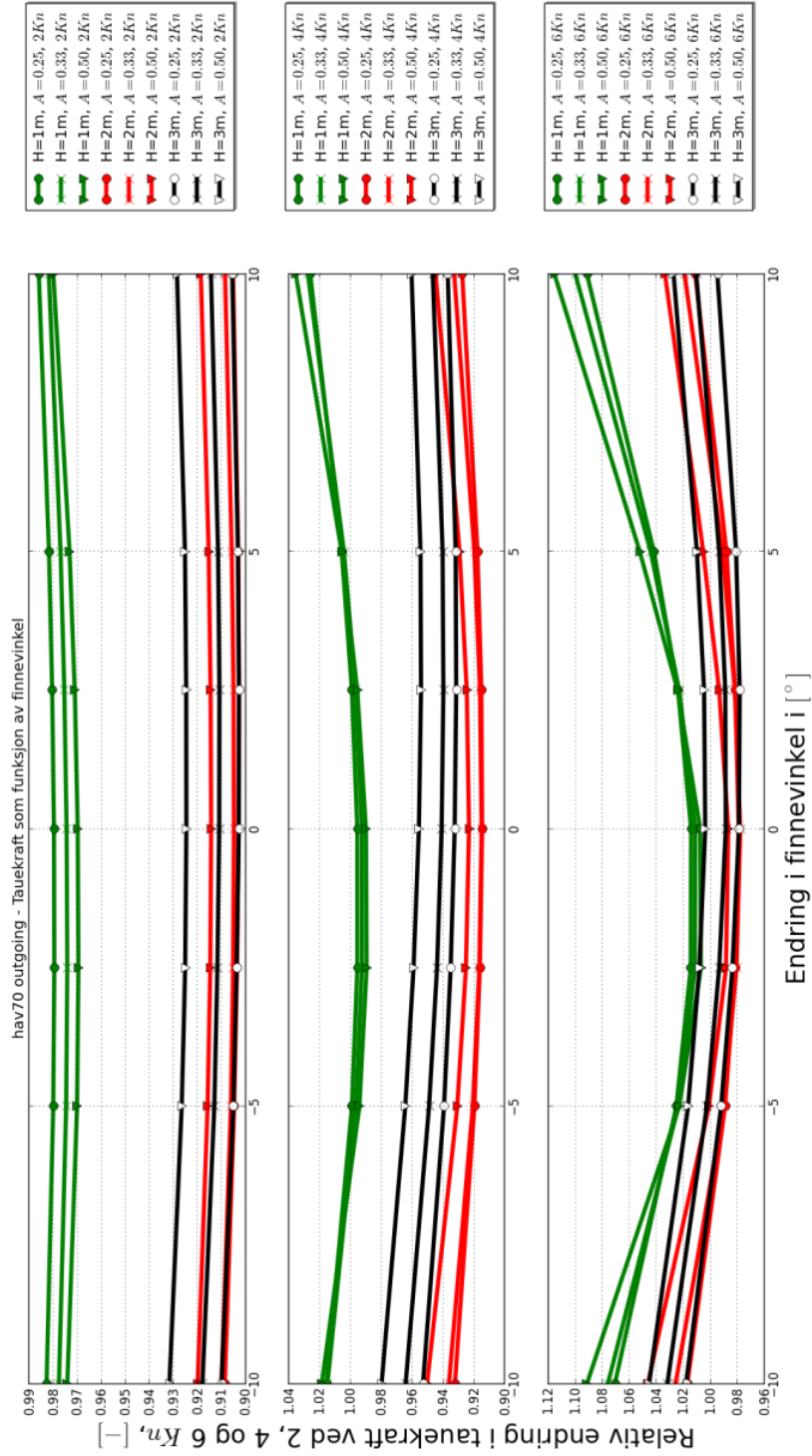
Figur 57: Ankomst 21m - Signifikant stampevinkel som funksjon av endring av finnets monteringsvinkel



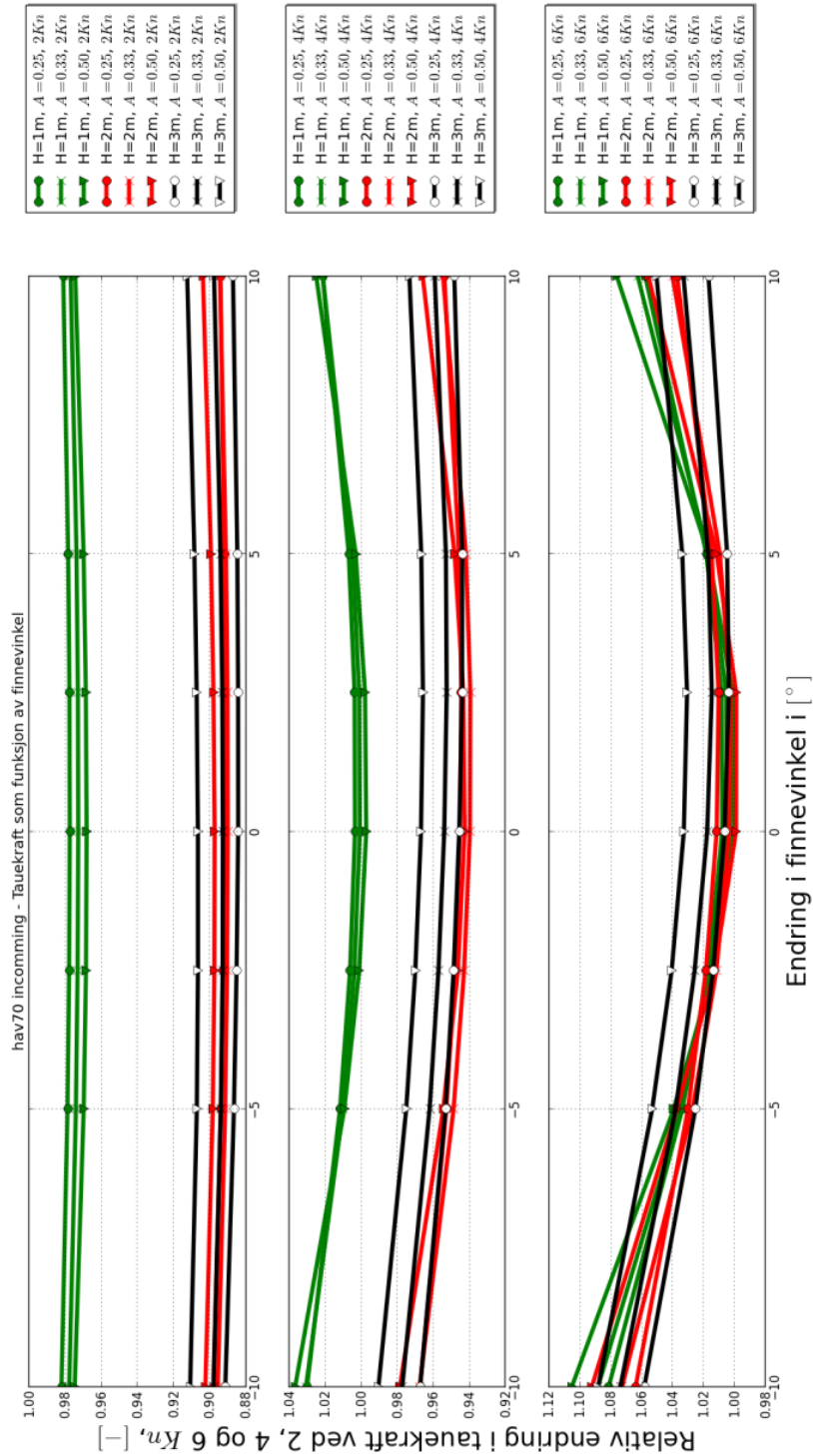
Figur 58: Avgang 28m- Signifikant stampevinkel som funksjon av endring av finns monteringsvinkel



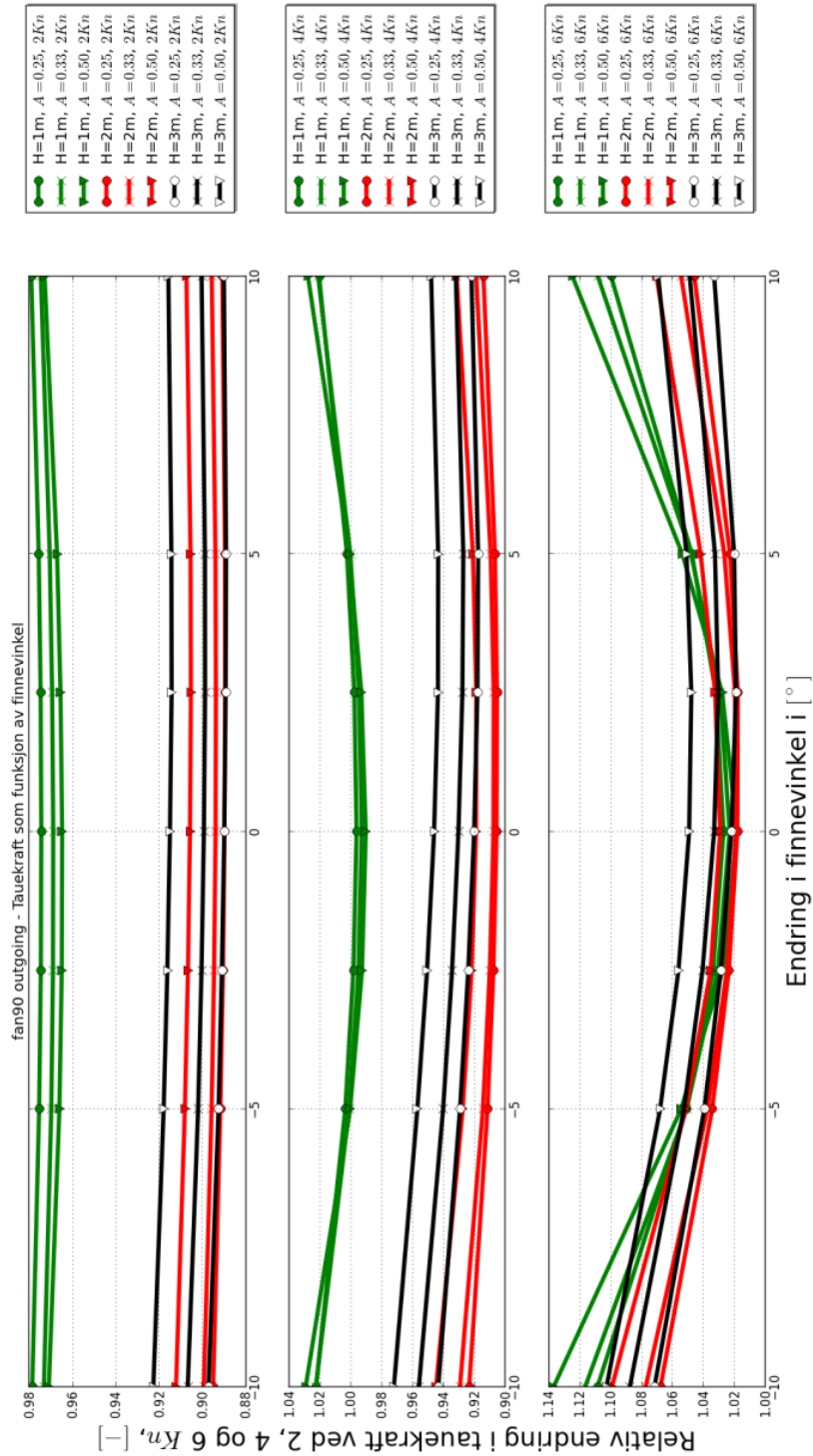
Figur 59: Avgang 15m – Relativ endring i taukraft for 2,4 og 6 knop som funksjon av endring av finnets monteringsvinkel



Figur 60: Avgang 21m – Relativ endring i taukraft for 2,4 og 6 knop som funksjon av endring av finnets monteringsvinkel

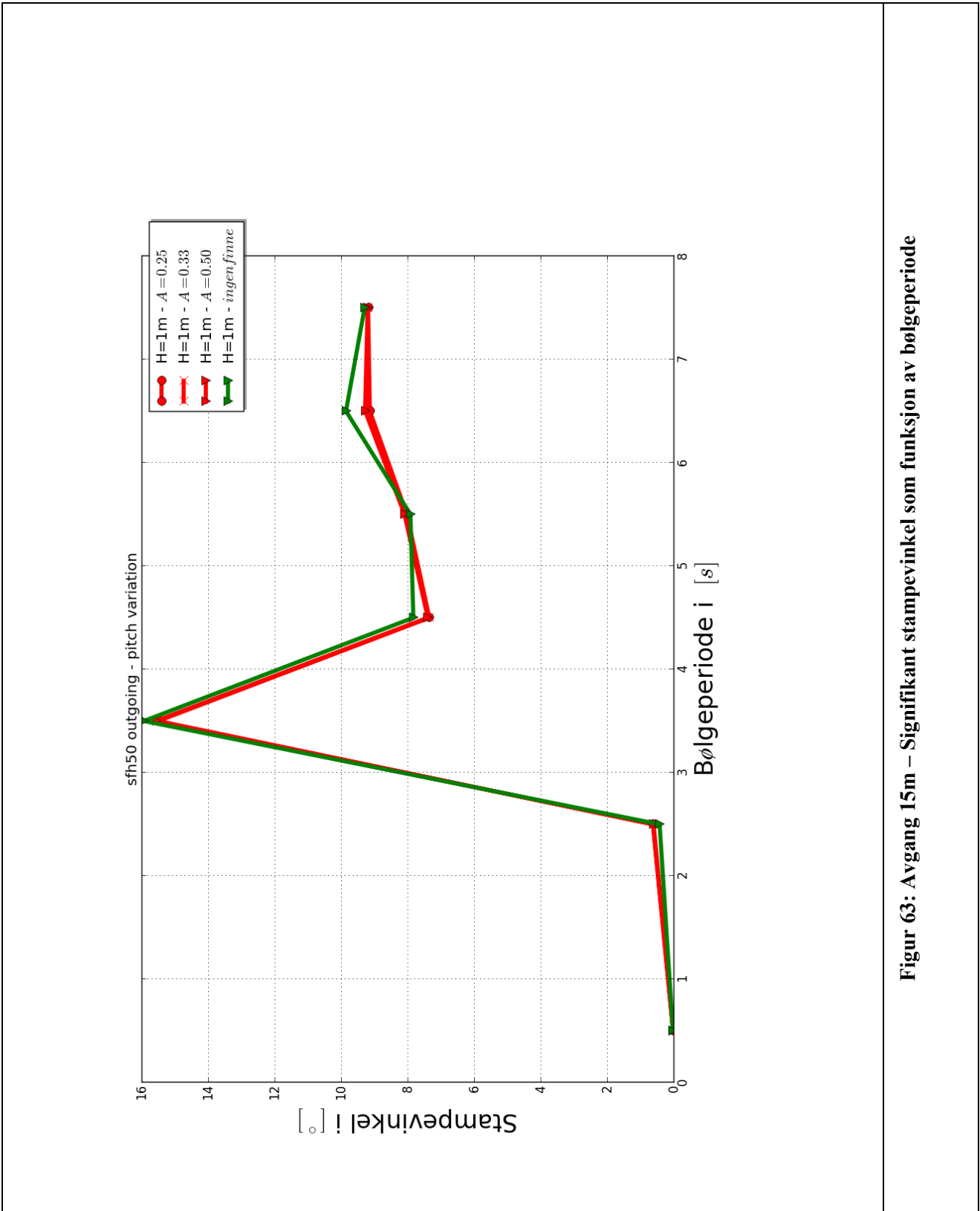


Figur 61: Ankomst 21m – Relativ endring i taukraft for 2,4 og 6 knop som funksjon av endring av finnets monteringsvinkel

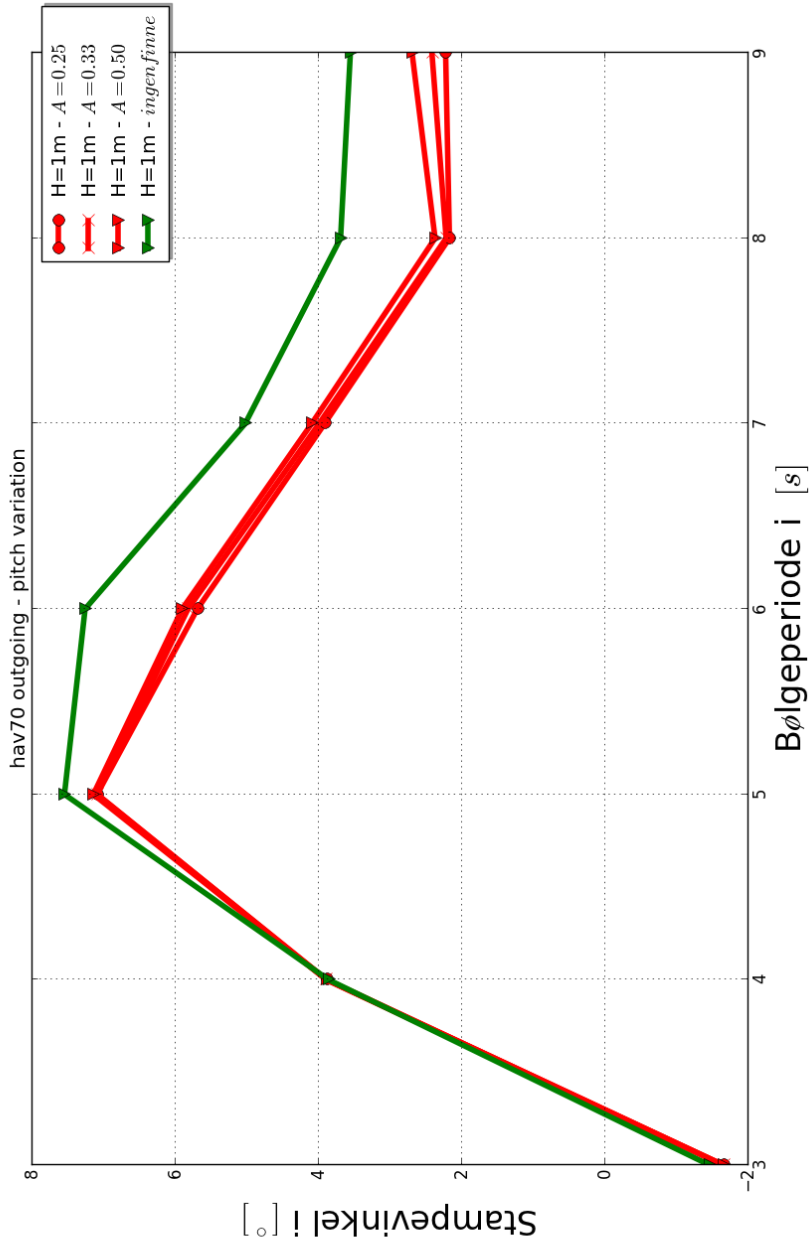


Figur 62: Avgang 28m – Relativ endring i taukraft for 2,4 og 6 knop som funksjon av endring av finnets monteringsvinkel

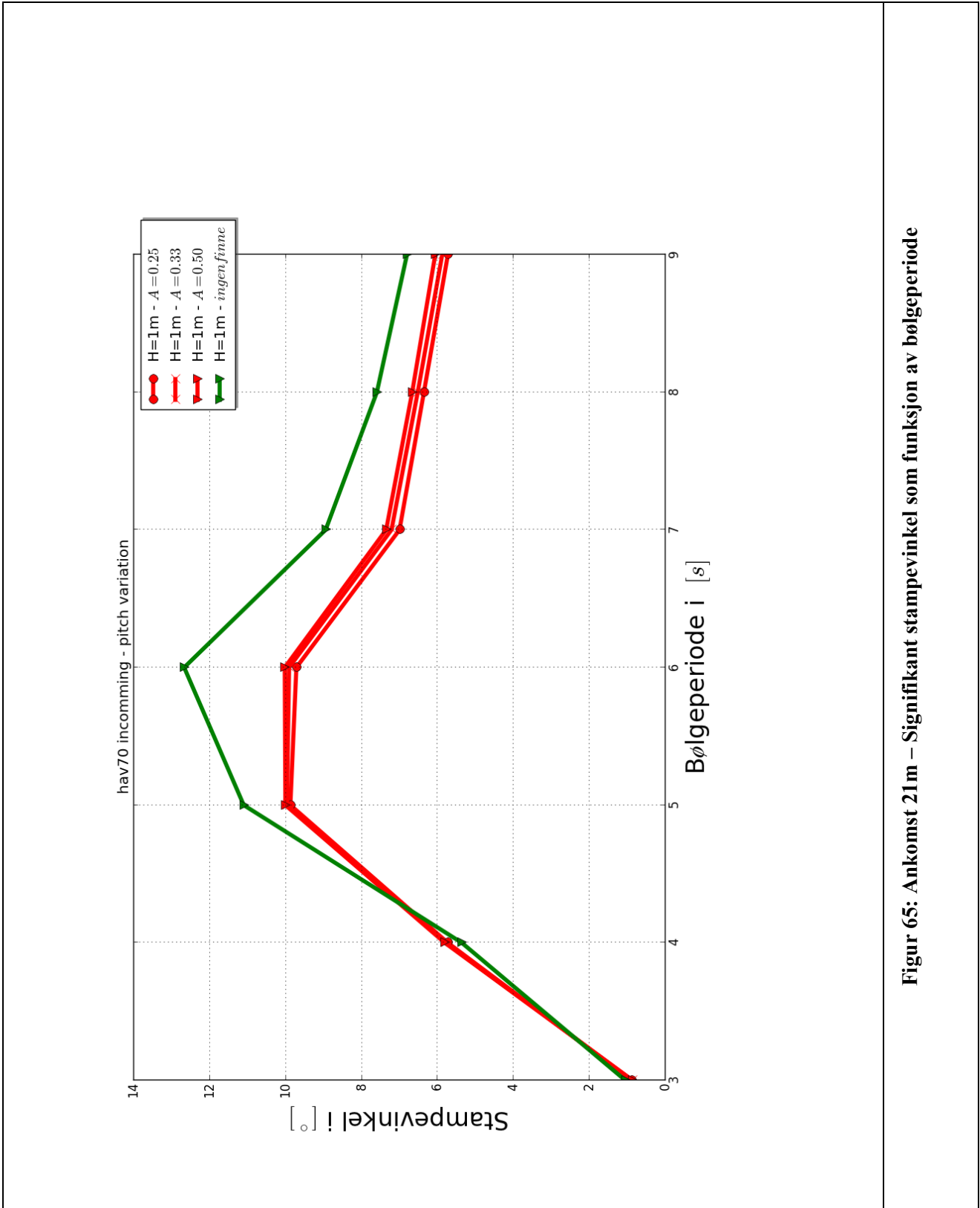
2.4 Regulære bølger



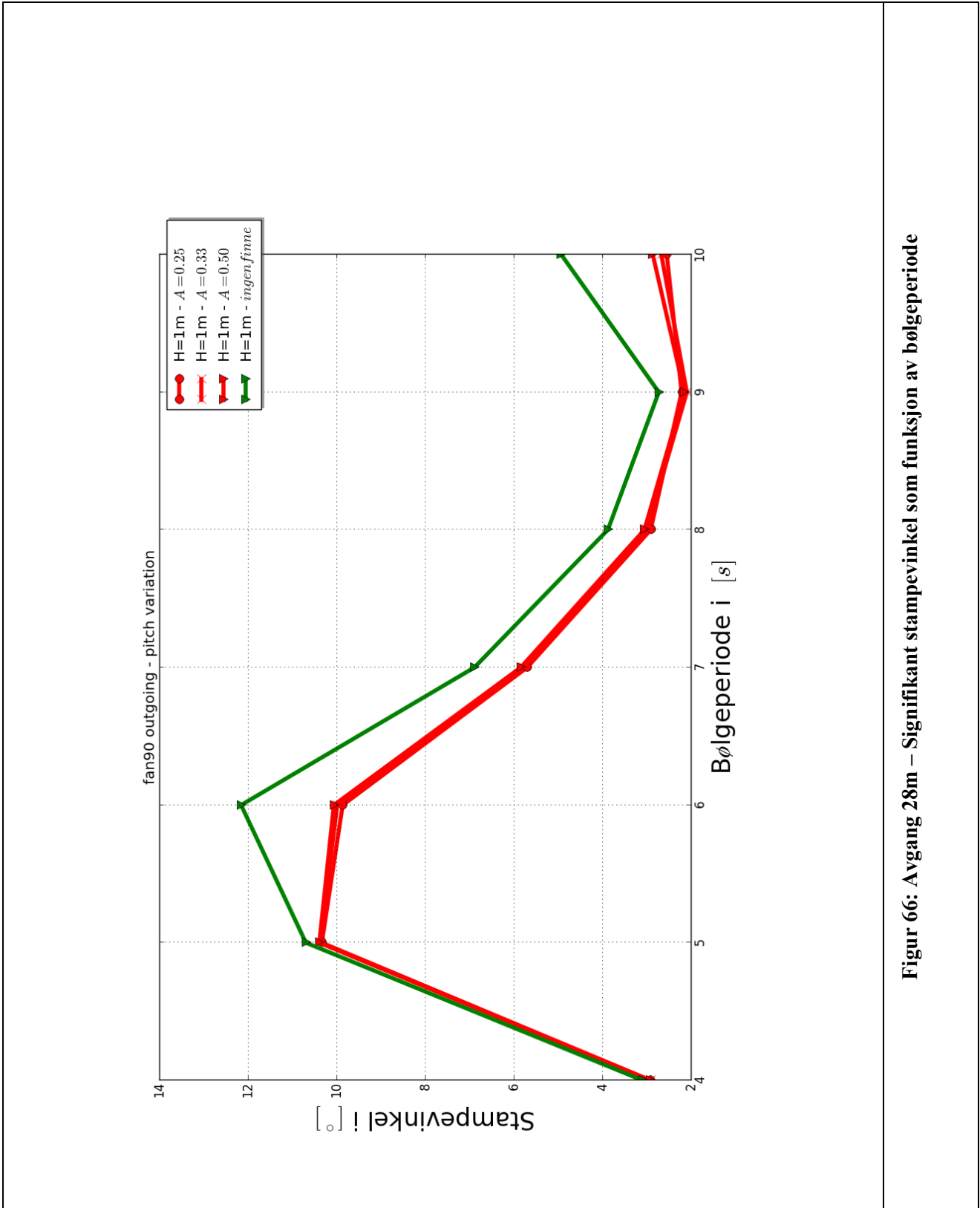
Figur 63: Avgang 15m – Signifikant stampevinkel som funksjon av bølgeperiode



Figur 64: Avgang 21m – Signifiktant stampevinkel som funksjon av bølgeperiode



Figur 65: Ankomst 21m – Signifikant stampevinkel som funksjon av bølgeperiode



Figur 66: Avgang 28m – Signifikant stampevinkel som funksjon av bølgeperiode

3 Diskusjon

Fra resultatene er det tydelig at montering av finner på simulatormodellen har en relativt stor effekt på stampevinkelen til eksempel fartøyene. For en finne plassert i FP med fartøyshastighet på 2 knop er det følgende reduksjon av signifikant stampevinkel

	Fartøy	14.99m avgang	20.99m avgang	20.99 ankomst	27.99m avgang
Bølgehøyde	1m	18%	54%	24%	29%
Bølgehøyde	2m	14%	19%	32%	27%
Bølgehøyde	3m	13%	40%	26%	28%

Fra samme resultatserie kan man se at det er betydelig forskjell i motstandsending mellom de forskjellige skrogene. Det minste skroget har minimal motstandsending og ender opp med et lite tillegg i motstanden, mens de andre skrogene får en reduksjon i motstanden på 8-10%.

Effektene av flatelappmodellen kan sees i resultatene hvor forholdet mellom signifikant bølgehøyde og signifikant stampevinkel er ulinaert. Et annet forhold som ikke er konstant over bølgehøydene er hvilket aspektforhold på finnene som gir minst stampevinkel. Et høyt aspektforhold gir best egenskaper ved lave bølgehøyder mens lave aspektforhold gir best resultater for de høyere bølgehøydene. Dette er en effekt av formen på løft drag kurvene der lave angrepsvinkler (liten stampebevegelse) gir mest løft for høye aspektforhold, mens høye angrepsvinkler (kraftigere stampebevegelse) gir mest effekt løft for lave aspektforhold.

Finnene påvirker hivbevegelsen til fartøyet i mindre grad, men resulterende hivbevegelse i endene av fartøyet blir redusert gjennom å redusere bidraget fra stamp. Bevegelsene blir derimot ikke dempet nok til at man kan neglisjere slamming. Det kan se ut som om det er en betydelig risiko for slamming på finnene hvis man ser på andelen av tiden som finnene tilbringer fult neddykket. Slamming er derimot sensitivt for geometri og problemene kan reduseres hvis finnene monteres i en posisjon som øker vinkelen mellom finns plan og vannplanet langt over den vannrette orienteringen som er brukt i studien.

Monteringsvinkelen bør bestemmes fra strømningsbildet rundt forskipet og kan som resultatene viser ha en stor effekt på motstanden som fartøyet opplever. Det ser derimot ut at reduksjon av stamp er mindre sensitivt for endringer i finnevinkelen enn motstanden.

Når hastigheten øker avtar den relative effekten av finnene vs. basisskroget, dette kan være siden de gir mest effekt i resonansområdet. Fra resultatene fra regulære bølger ser man at fartøyene har relativt brede resonansområder for stamp. Disse resonansområdene sammenfaller med bølgeperioder som kan forventes relativt hyppig nært kysten av Norge. Fra de samme resultatene kan man se effekten fra montering av finner.

Resultatene i denne rapporten bygger på en simuleringsmodell som inneholder en rekke forenklinger. Disse forenklingene gjør resultatene ikke direkte anvendbare på grunn av forholdene rundt monteringsvinkel. Modellen skal derimot gi gode estimater på størrelsen til effekten fra å introdusere relativt små finner i forskipet.

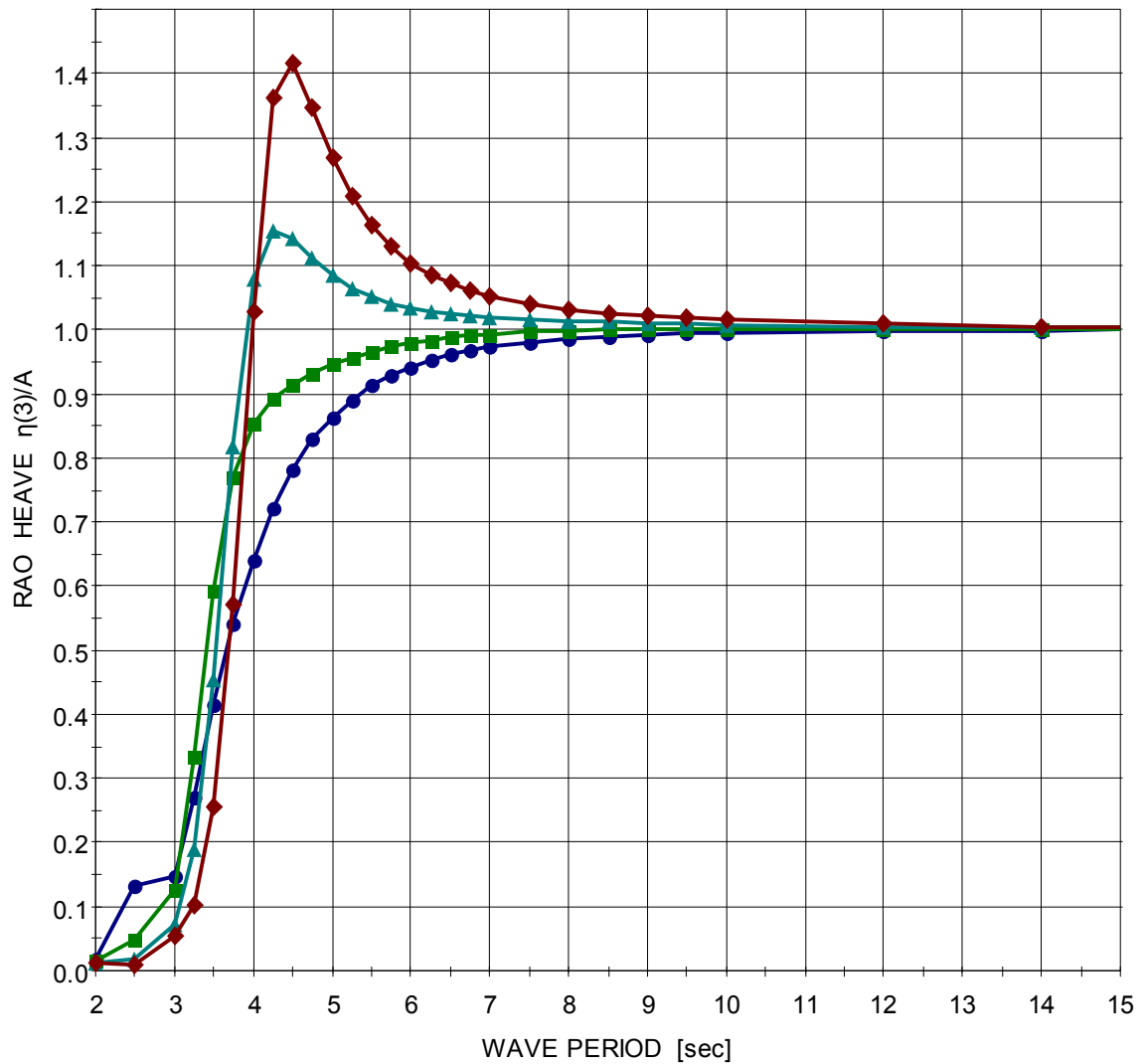
4 Konklusjon

Montering av finner kan være et effektivt virkemiddel for å dempe bevegelsene i stamp. Effekten av en dempet stampebevegelse kan også observeres i hiv, særlig i endene av skipet. Damping av stampebevegelsen kan også redusere motstanden til fartøyet, men med en suboptimal finnevinkel kan mye av denne reduksjonen forsvinne i økt motstand fra finnene selv.

Størrelsen på dempningen i stamp er så stor at dette temaet bør studeres nærmere med mer detaljerte og sikre metoder som CFD, modellforsøk eller fullskala forsøk. Før fullskala forsøk bør man bestemme en vinkel på finnene som er så nær "nøytral" som mulig, men det ustabile strømningsbildet rundt forskipet som følge av sjøgang og endringer i strømningsbildet gjennom forskjellige hastigheter gjør det tilnærmet umulig å finne en enkelt optimal monteringsvinkel.

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS	ENCL.	B.1)
	REPORT	
	DATE	2012-09-18
	REF	FHF Finner

**Kystfartøy 15m - avgang havn
DISPLACEMENTS**



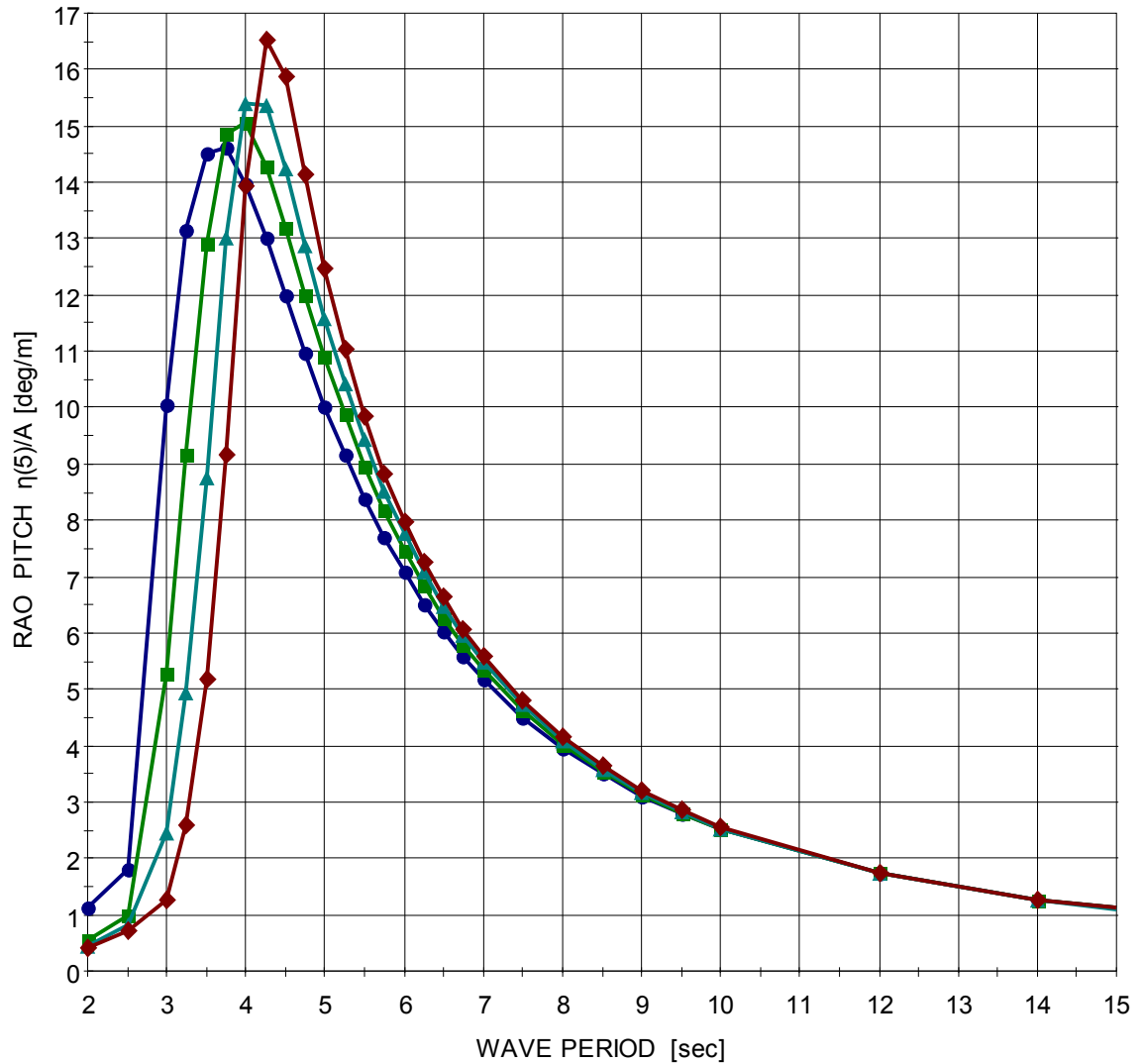
● fhSim ; 0.00kn 0.0° ■ fhSim ; 2.00kn 0.0°
▲ fhSim ; 4.00kn 0.0° ◆ fhSim ; 6.00kn 0.0°

Project: 15m avgang havn

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS

ENCL.	B.2)
REPORT	
DATE	2012-09-18
REF	FHF Finner

Kystfartøy 15m - avgang havn DISPLACEMENTS



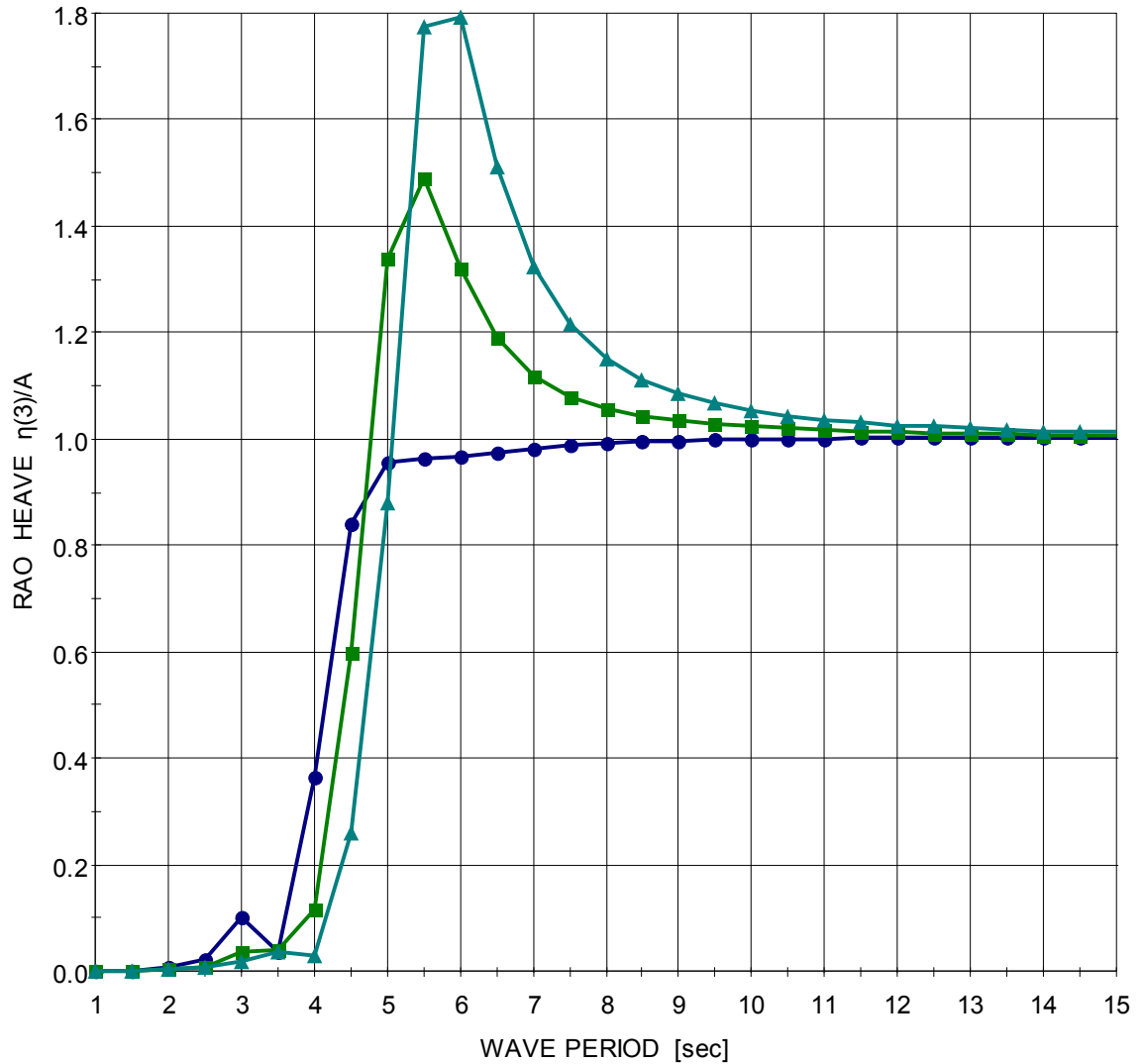
● fhSim ; 0.00kn 0.0° ■ fhSim ; 2.00kn 0.0°
▲ fhSim ; 4.00kn 0.0° ◆ fhSim ; 6.00kn 0.0°

Project: 15m avgang havn

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS

ENCL.	B.3)
REPORT	
DATE	2012-09-18
REF	FHF Finner

Kystfartøy 22m - avgang havn DISPLACEMENTS



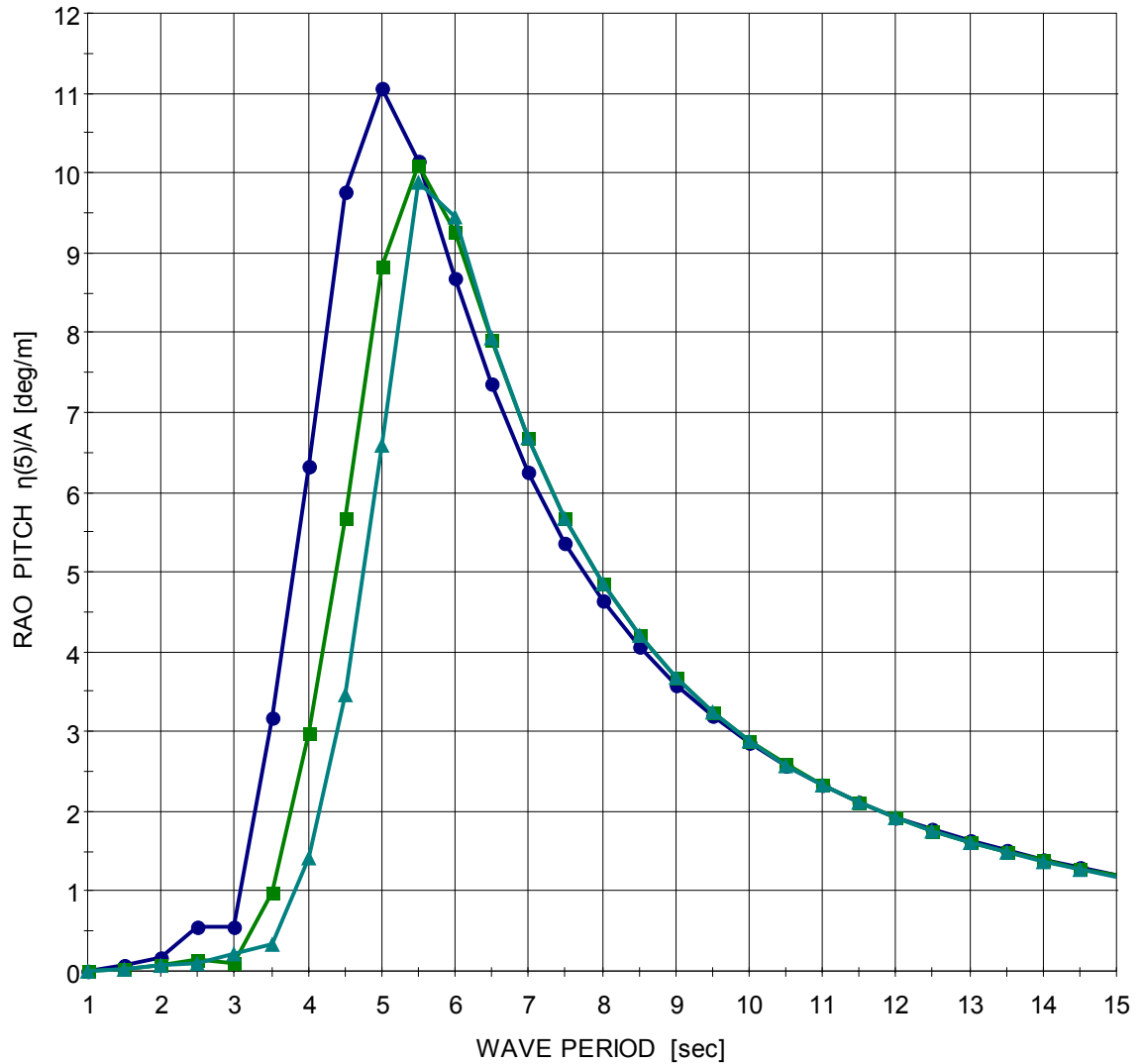
● Ballast - FhSim; 0.00kn 0.0°
 ■ Ballast - FhSim; 3.00kn 0.0°
▲ Ballast - FhSim; 6.00kn 0.0°

Project: 22m avgang havn

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS

ENCL.	B.4)
REPORT	
DATE	2012-09-18
REF	FHF Finner

Kystfartøy 22m - avgang havn DISPLACEMENTS



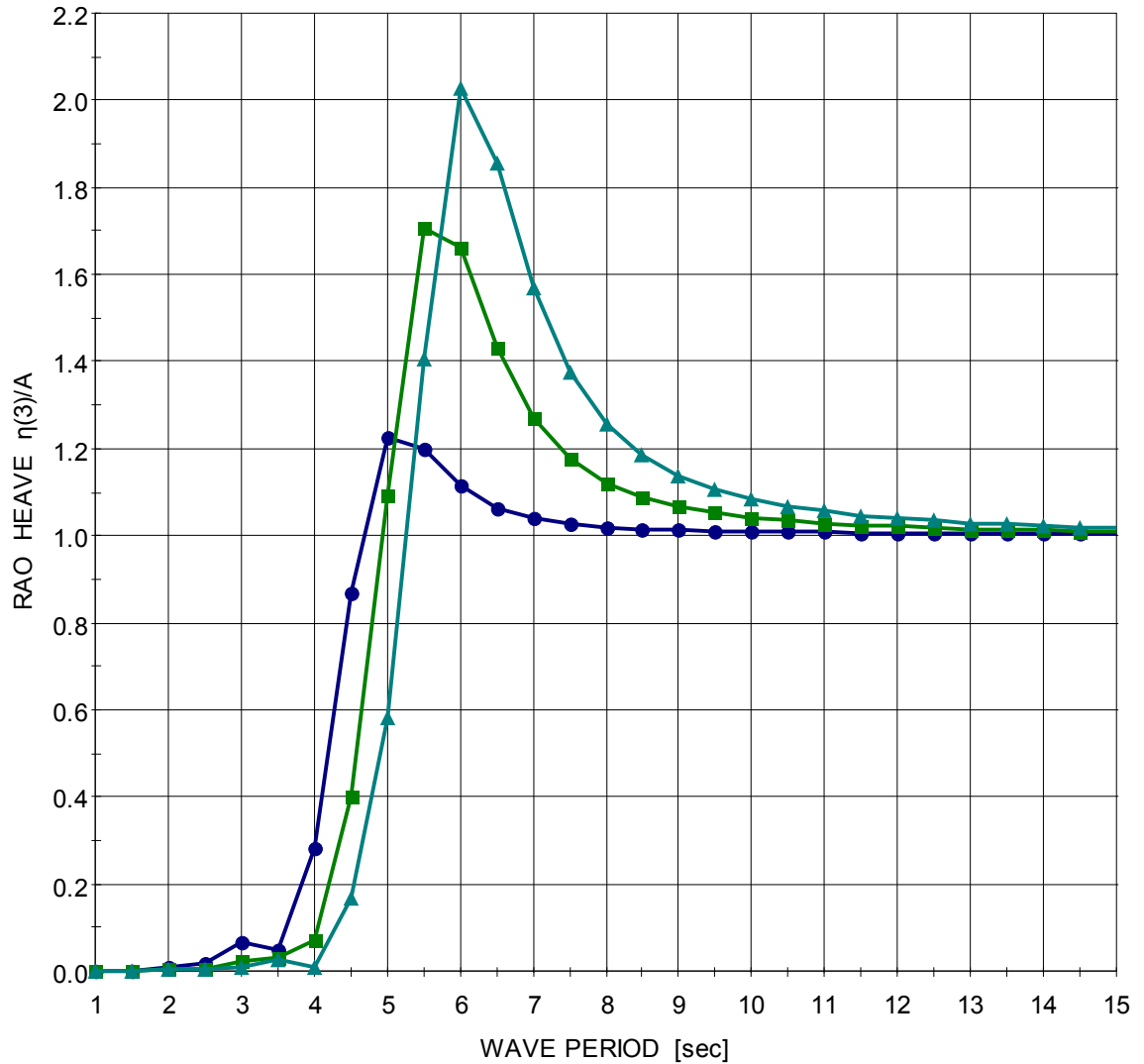
● Ballast - FhSim; 0.00kn 0.0°
 ■ Ballast - FhSim; 3.00kn 0.0°
▲ Ballast - FhSim; 6.00kn 0.0°

Project: 22m avgang havn

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS

ENCL.	B.5)
REPORT	
DATE	2012-09-18
REF	FHF Finner

Kystfartøy 22m - ankomst havn DISPLACEMENTS



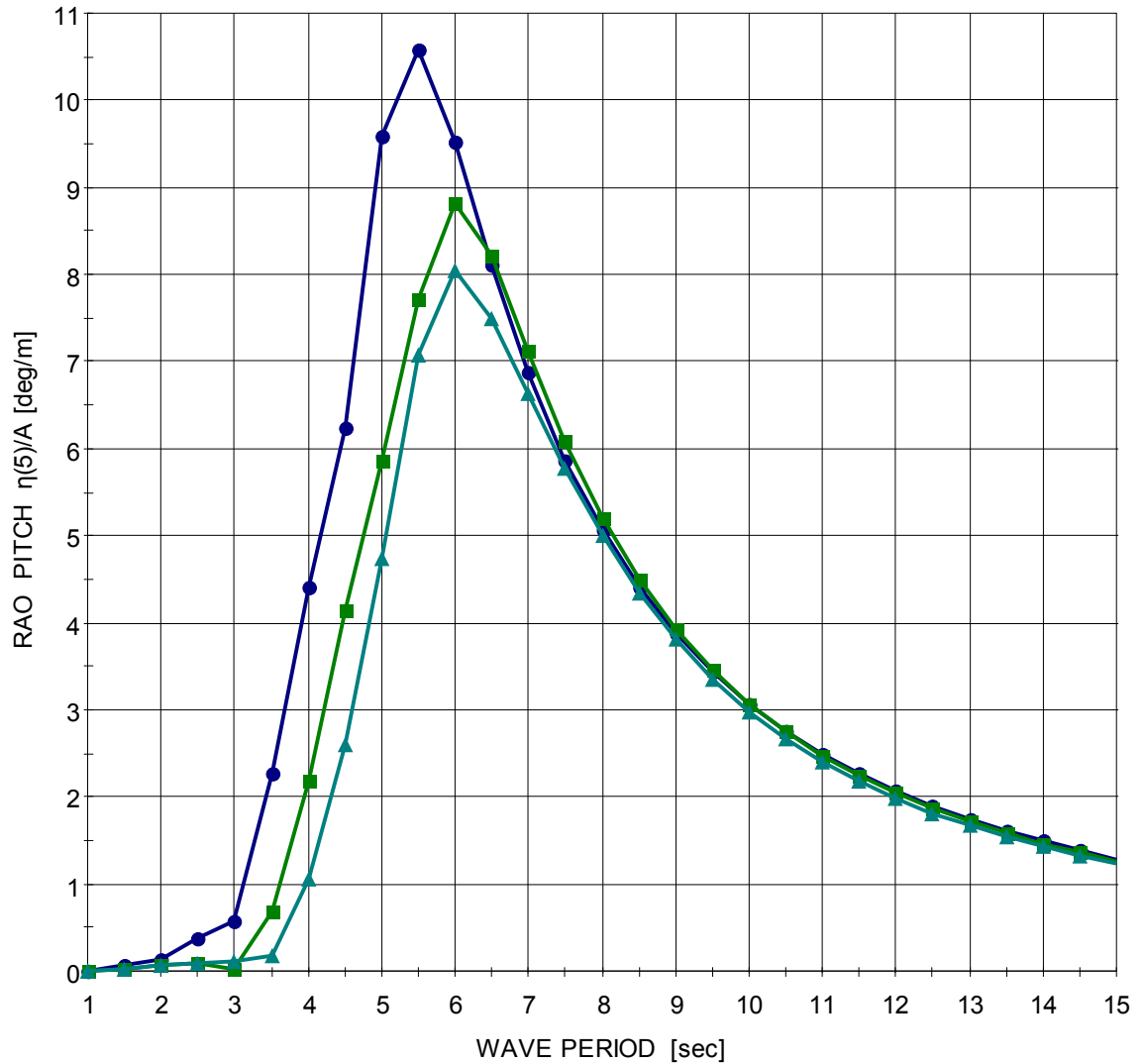
—●— lastet - fhsim ; 0.00kn 0.0° —■— lastet - fhsim ; 3.00kn 0.0°
—▲— lastet - fhsim ; 6.00kn 0.0°

Project: 22m ankomst havn

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS

ENCL.	B.6)
REPORT	
DATE	2012-09-18
REF	FHF Finner

Kystfartøy 22m - ankomst havn DISPLACEMENTS



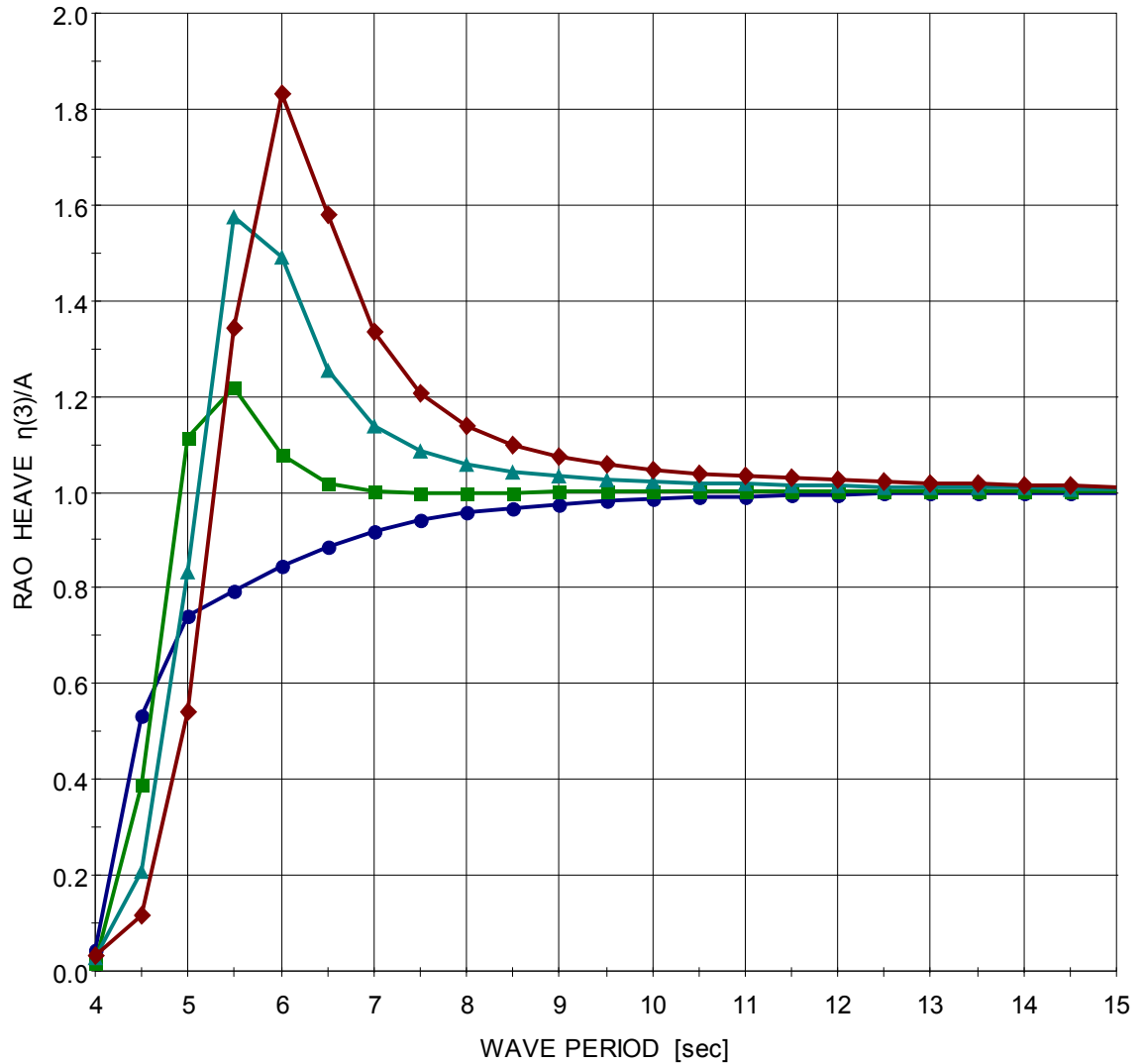
—●— lastet - fhsim ; 0.00kn 0.0° —■— lastet - fhsim ; 3.00kn 0.0°
—▲— lastet - fhsim ; 6.00kn 0.0°

Project: 22m ankomst havn

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS

ENCL.	B.7)
REPORT	
DATE	2012-09-18
REF	FHF Finner

Kystfartøy 28m - avgang havn DISPLACEMENTS



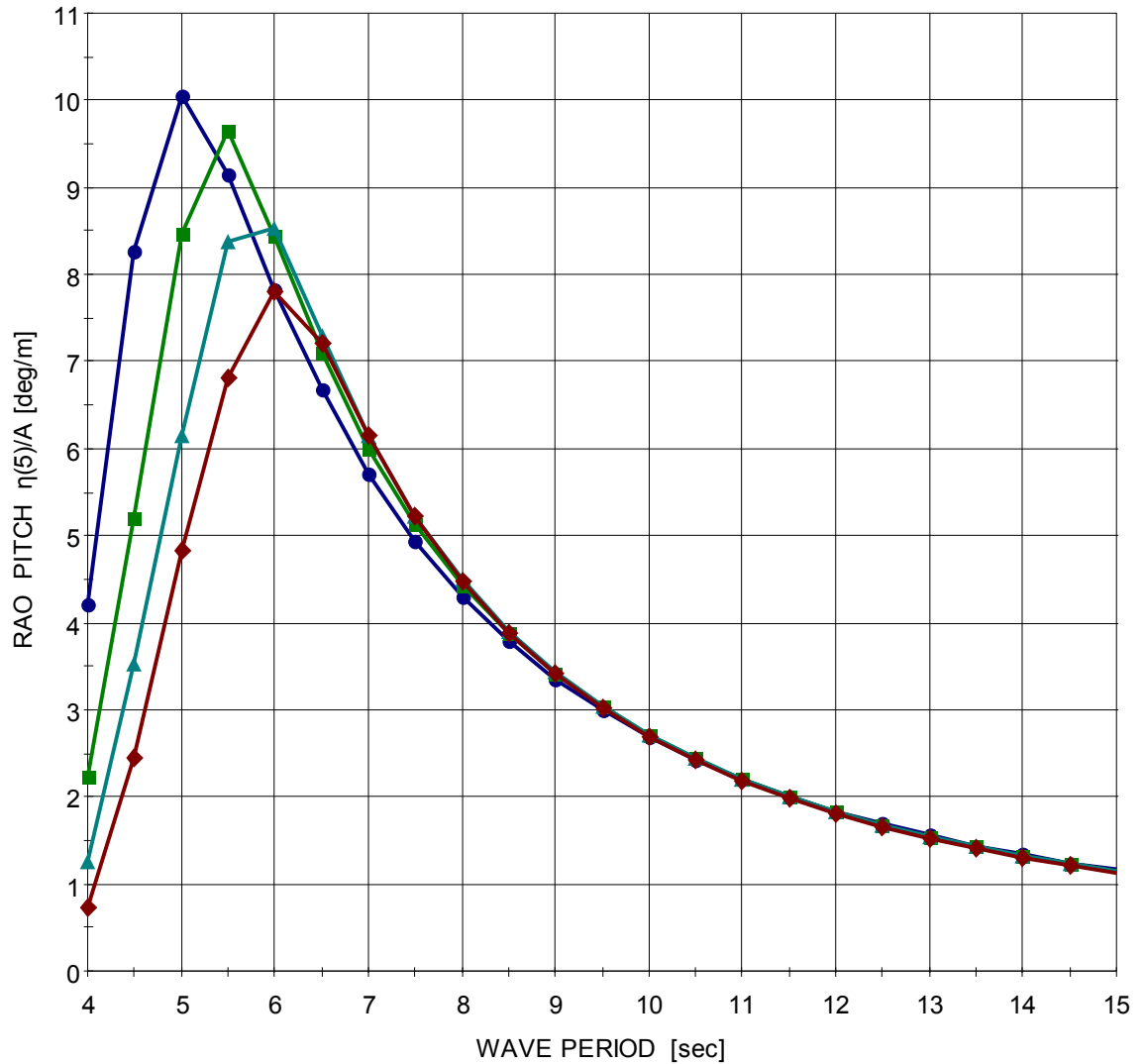
● fhsim ; 0.00kn 0.0° ■ fhsim ; 2.00kn 0.0°
▲ fhsim ; 4.00kn 0.0° ◆ fhsim ; 6.00kn 0.0°

Project: 28m avgang

RESPONSE AMPLITUDE OPERATORS

ENCL.	B.8)
REPORT	
DATE	2012-09-18
REF	FHF Finner

Kystfartøy 28m - avgang havn DISPLACEMENTS



● fhsim ; 0.00kn 0.0° ■ fhsim ; 2.00kn 0.0°
▲ fhsim ; 4.00kn 0.0° ◆ fhsim ; 6.00kn 0.0°

Project: 28m avgang