

Gjennomgang og utvikling av båtbyggings-prosedyre ved Høgskulen på Vestlandet

Hans Sande
Marius Trodahl
Svein Aadland

Bacheloroppgave i Marinteknikk
Bergen, Norge 2019



Gjennomgang og utvikling av båtbyggings- prosedyre ved Høgskulen på Vestlandet

Hans Sande
Marius Trodahl
Svein Aadland

Institutt for Maskin- og Marinfag
Høgskulen på Vestlandet
NO-5063 Bergen, Norge

Høgskulen på Vestlandet
Avdeling for ingeniør- og økonomifag
Institutt for maskin- og marinfag
Inndalsveien 28,
NO-5063 Bergen, Norge

Omslag fotografi © Norbert Lümmen

English title: Review and development of a boatbuilding procedure at
Western Norway University of Applied Sciences

Forfattere, studentnummer: Hans Sande h181301
Marius Trodahl h181287
Svein Aadland h181312

Studieprogram: Marinteknikk
Dato: Mai 2019
Rapportnummer: IMM 2019-M31
Veileder ved HVL: Gloria Stenfelt, Bernt Hustad Hembre
Oppdragsgiver: HVL
Oppdragsgivers referanse: Gloria Stenfelt

Antall filer levert digitalt: 1, M31_bachelor/1

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet i samarbeid med Høgskulen på Vestlandet (HVL) avdeling Bergen våren 2019. Oppgaven er skrevet av Hans Sande, Marius Trodahl og Svein Aadland og vi er studenter ved Institutt for maskin- og marinfag (IMM). Vi ønsket tidlig en oppgave som hadde en fin balanse mellom det teoretiske og det praktiske. Når det ble publisert en oppgave som omhandlet forbedring av modellbåtbyggingen ved høyskolen var det ikke et vanskelig valg. Her fikk vi være med å forbedre en metode samt benytte oss av det tekniske utstyret høyskolen har tilgjengelig.

Det har vært en kronglete vei med flere utfordringer og diskusjoner som både har ført til resultater og feiling. Selv om vi har møtt på flere utfordringer og det ikke alltid har gått på skinner har det vært utrolig lærerikt og spennende. Oppgaven har lært oss å tenke nytt samtidig som vi har måtte lære av våre feil for å løse problemene. I denne anledningen ønsker vi å takke de som har hjulpet oss på denne veien.

Takk til:

Gloria Stenfelt, *Førsteamanuensis*, intern veileder ved IMM for veiledning og korrekturlesing under prosjektet.

Bernt Hustad Hembre, *Avdelingsingeniør*, intern veileder ved IMM for veiledning og innføring i bruk av 3D-skanner.

Harald Moen, *Overingeniør*, ved IMM for ressurser og kunnskap.

Kjetil Gravelseter, *Forskningstekniker*, ved IMM for teknisk veiledning.

Nafez Ardestani, *Avdelingsingeniør*, ved IMM for maskinering av skrog og utvikling av prosedyre.

Saeed Bikass, *Associate Professor*, ved IMM for hjelp med CAD-fil.

Hassan Momeni, *Førsteamanuensis*, ved IMM for hjelp med CAD-fil.

Fredrik Brun Larsen, *Senioringeniør*, ved avd. for skip og havkonstruksjoner hos SINTEF Ocean AS for hjelp med CAD-fil og innblikk i SINTEFS prosedyrer for båtbygging.

Sammendrag

Som et viktig ledd i ferdigstilling av nye skipskonstruksjoner utføres slepetesting på modellbåter. Dette gjennomføres for å se hvordan skipene oppfører seg i sjø og hvor energieffektive de er. Å bygge en nøyaktig modell er viktig for å kunne estimere hvordan det virkelige skipet vil oppføre seg. I denne rapporten fremlegges det en ny metode for modellbåtbygging, utfordringer som har oppstått underveis og hvordan de er løst. Formålet med oppgaven er å øke nøyaktigheten på modellskipsbyggingen. For å validere nøyaktigheten blir det benyttet en 3D-skanner for å sammenligne CAD-fil og fysisk modell. Det blir også presentert skanning på en modellbåt som tidligere er bygget på Høgskulen på Vestlandet med en tidligere byggemetode.

Abstract

As an important step in the completion of new ship designs, towing tests are carried out on model boats. This is to see how the ship behaves at sea and how energy efficient it is. Building an accurate model is important for estimating how the real ship will behave. This report presents a new method for model boat construction, challenges that have arisen along the way and how they have been solved. The purpose of the task is to increase the accuracy of the model ship construction. To validate the accuracy, a 3D-scanner is used to compare CAD-file and physical model. Scanning is also presented on a model boat that was previously built at Western Norway University of Applied Sciences with a previous construction method.

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	5
Abstract.....	7
1. Innledning.....	11
2. Metode.....	12
2.1 Eksperimentell metode.....	12
2.2 Hovedmodell.....	14
2.3 Teoretisk fremgangsmetode.....	15
2.4 Utstyr.....	17
2.5 Feilkilder.....	18
2.6 utfordringer.....	19
3. Resultat.....	20
3.1 Resultater av teststykker med forskjellig sparkel.....	20
3.2 Måleresultater av prøvebåter.....	20
4. Diskusjon.....	24
5. Konklusjon.....	25
Referanser.....	26
Vedlegg.....	27
Vedlegg 1.....	28
Vedlegg 2.....	31
Vedlegg 3.....	32
Vedlegg 4.....	39
Vedlegg 5.....	43

1. Innledning

Institutt for maskin- og marinfag ved Høgskulen på Vestlandet (HVL) ønsker en mer presis måte å bygge båtmodeller på.

Innenfor industri for skipsbygging har det i lang tid blitt bygget modellskrog for testing av de hydrodynamiske egenskapene til skroget som senere skal konstrueres i fullskala. Det er disse egenskapene som avgjør hvor effektivt skipet vil forflytte seg i et bestemt fluid, og med dette hvor energieffektivt det er. Det kommer stadig strengere krav til effektiviteten til skip grunnet det enorme årlige klimagassutslippet skipsfarten står ansvarlig for. EEDI er en av flere reguleringer som gjør at verftene må fokusere mer og mer på effektive skrogdesign. Kravet kom først i 2011 og er planlagt å bli regulert hvert femte år fremover for å øke fokuset på miljøgasser som blir sluppet ut av skipsfarten [1].

I designefasen av et skip gjøres det testing av modellskip hvor den geometriske nøyaktigheten er viktig [2]. Nøyaktighet til modellfartøyene er veldig avgjørende for den ferdigstilte konstruksjonen. Ved Høgskolen på Vestlandet har det i lang tid vært mye manuelt arbeid, og ingen mulighet for validering av geometrien. Dette fører til at man vil få relativt store ulikheter i resultater som kommer av fysisk slepeprøve i bølgetank og f.eks. en CFD-analyse (Computational Fluid Dynamics) av den originale CAD-modellen (Computer Aided Design).

Det finnes per dags dato mange metoder for å validere geometri som blir brukt av store bedrifter innenfor modellbåtbygging. I Finland ble det gjort en studie [3] hvor det fremkommer avvik på en båt på 40 meter til å være 6,8 millimeter i skroget og 12,5 millimeter i dekk. Ved HVL er det store usikkerheter knyttet til modellbåtbyggingen. Formålet med denne oppgaven blir dermed å forbedre båtbyggingsmetoden ved høyskolen. Problemstillingen reflekterer en hypotese, hvor det blir påstått at ved hjelp av en ny fresemetode skal nøyaktigheten på båtbyggingen forbedres og arbeidstiden reduseres. En ny 3D-skanner skal tas i bruk for å sammenligne forholdet mellom CAD-fil og fysisk modell. Det er også ønsket en oppskrift og video som forklarer hvordan 3D-skanneren fungerer og benyttes. Figur 1 viser skanning av et standard testobjekt som medfølger skanneren.

I denne rapporten blir det presentert måledata og testresultater, dette danner grunnlag for valg av båtbyggingsmetode. Denne metoden blir så benyttet for en Duisburg Test Case (DTC) skipsmodell.



Figur 1: Skanning av Hexagons standard.

2. Metode

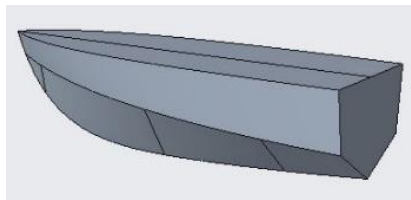
Dette kapittelet tar for seg teoretisk og eksperimentell metode/fremgangsmåte. Det blir sett på ulike prøvebåter og noen teststykker for å kunne argumentere for de forskjellige sparkelmassene i Kapittel 3, resultat. Det blir også presenter fremgangsmåte for innhenting av data fra trykktesting, og informasjon om utstyret som benyttes.

2.1 Eksperimentell metode

Prosjektets oppstartsfasen handler om å få forståelse og kunnskap om de forskjellige sparkelmassene som er tilgjengelig ved HVL. Det er derfor ønskelig å gjøre en trykktest for å danne et bilde av egenskapene til de forskjellige sparkelmassene. Materialet som benyttes er en sammensetning av Divinycell og sparkel. Strekkmaskinen på høyskolen blir programmert til å gjøre en trykktest. Testen utføres for å se hvor mye kraft som trengs for å bryte gjennom materialet.

Sparkelmassene som benyttes er to-komponent sparkelmasser. Det er noe vanskelig å arbeide med sparkelen, utfordringen er å få sparkelen til å sette seg fast til Divinycellen. Den beste metoden for dette er å mette porene i Divinycellen først, for så å sparkle videre uten at noe har størknet. Dette gjelder for begge sparkelmassene som blir testet. Det som gjør den nye sparkelen bedre enn den gamle er mindre lukt og at det er mulig å frese i den nye sparkelmassen, noe som er nødvendig for å kunne gjennomføre prosedyren. Se Tabell 2, Kapittel 2.4 for de ulike sparkelmassene.

Det blir laget mindre prøvebåter, se Figur 2, for å kunne opparbeide seg en forståelse for de forskjellige variablene som inngår i byggeprosessen. Det blir også testet for forskjellige sparkeltykkelser og valideres med 3D-skanner.



Figur 2: Prøvebåt, B=17.6 cm L=35.2 cm H=9.7 cm.

Det blir først laget to prøvebåter med sparkeltykkelsene 3 millimeter og 8 millimeter. Ut ifra dette konkluderes det med at sparkeltykkelse på 8 millimeter er for mye. Et sparkellag på 8 millimeter viser seg å være utfordrende å påføre Divinycell-materialet, det tar lang tid og mye sparkelmasse går til spille. Det blir liggende store mengder luftbobler i sparkellaget som gir en veldig ujevn overflate etter fresingen. Metoden for å lage disse prøvebåtene er å lime Divinycellblokkene på bordet til fresemaskinen, frese ut Divinycellen for så å ta den ut av maskinen. Det blir påført sparkelmasse for så å bruke øyemålet for å sette prøvebåten på samme plass som tidligere. Dette dannet grunnlaget og behovet for å utarbeide en bedre metode for å oppnå repeterbar fresing.

Å konstruere et system som gir repeterbar fresing av modellene i fresemaskinen er en essensiell del av oppgaven, dette for å kunne øke nøyaktigheten til modellbyggingen. Systemet som skal bestemme posisjonering av modellene i fresemaskinen er to plater med stendere mellom. Platene og stenderne blir festet med skruer og trelim, for å kunne minimere slark i materialet. For å kunne låse platene til bordet i fresemaskinen trengs det et låsesystem som låser platene i alle frihetsgradene. Det blir boret hull for å kunne feste T-skiner under platen, totalt 10 skinner. T-skinene låser platen i yz-retning, mens to skinner i midten låser platen i x-retning med en simpel låsemekanisme. Det blir låst til et integreert bord i fresemaskinen som har T-spor. Se Figur 3 og 4 for koordinatsystem og skinner.



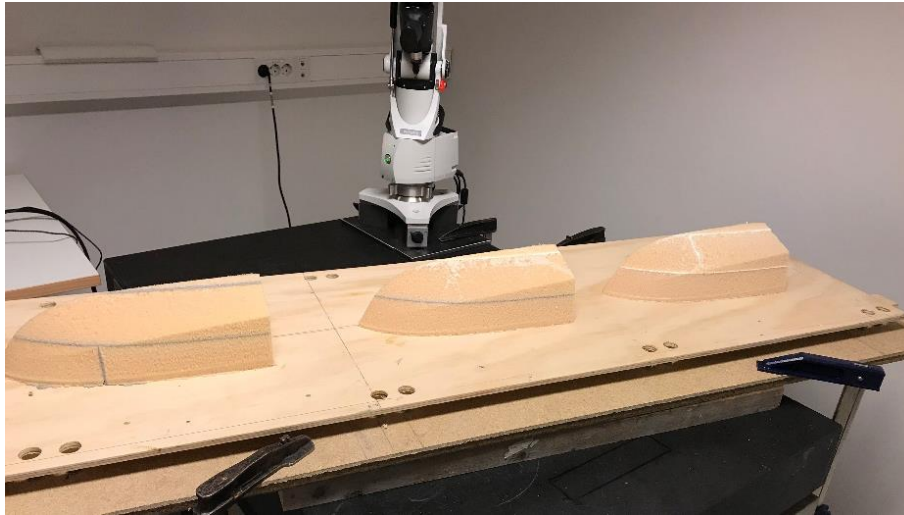
Figur 3: Plate med tilhørende koordinatsystem.

Fresemaskinen er en tre-akset maskin med begrensninger grunnet mangel på frihetsgrader. Dette gjør at de fleste båtmodellene blir frest ut i flere deler. Skinnene som låser platen i y-retning kan låses i to posisjoner, der halve platen er innenfor freseområdet i posisjon 1. Ved forflytning til posisjon 2 er resterende av platen i freseområdet. Dette gjør at fresing av lengre modeller kan gjøres ved å forflytte seg mellom de to posisjonene, uten å ta modellen ut av maskinen. Se pilen på Figur 4 for låsemekanismen.



Figur 4: Låsemekanisme for forskyvning i x-retning.

Som nevnt tidligere ble det først laget prøvebåter med 3 millimeter og 8 millimeter sparkeltykkelse. Disse ble frest ved manuell lokalisering av nullpunkter og plassering i fresemaskinen. Det blir derfor laget tre prøvebåter til, som skal benytte det nye låsesystemet til fresemaskinen. Disse prøvebåtene skal ha sparkeltykkelse 1,5 millimeter, 2 millimeter og 3 millimeter. Prøvebåtene etter første fresing er vist i Figur 5.

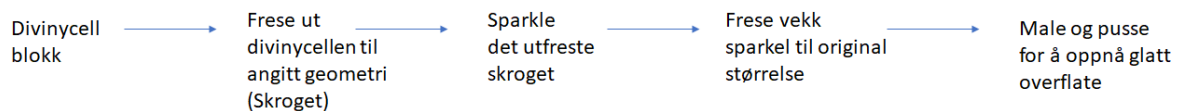


Figur 5: Prøvebåtene blir skannet etter første fresing.

Det blir gjennomført en skanning av modellene uten og med sparkel for å se hvordan geometrien ser ut i forhold til CAD-fil. Resultatene fra skanningen blir presentert i Kapittel 3.2.

Litteratursøk er også gjennomført, men uten noe særlig hell. Det er også sendt mail til forskjellige bedrifter og andre institutter som driver med bygging og sleping av modellbåter. Der fremstår det tydelig at de har mer avansert utstyr, noe som gjør det vanskelig å bygge modeller basert på deres metoder. Det er derfor testing og feiling på mindre skala som danner grunnlaget for valg av metode.

Metoden for å forbedre båtmodellbyggingen ved Høgskulen på Vestlandet blir da valgt. Metoden begynner med å lime sammen Divinycellplater for å oppnå riktig størrelse. Divinycellplatene danner nå en blokk, blokken limes fast til platen som tidligere beskrevet i delkapittelet. Det blir deretter frest ut til skrogets utforming, men mindre enn original modellstørrelse, dette grunnet sparkelens tykkelse. Neste steg er å ta ut platen av fresemaskinen med skroget på, og sparkle det med et mål om å overskride en bestemt tykkelse. Deretter settes den inn i fresemaskinen på samme posisjon som tidligere. Sparkelen blir så frest ut og skroget er nå i original modellstørrelse. Det siste steget er å pusse og male over sparklet for å oppnå de ønskede hydrodynamiske effektene. En oversikt over denne metoden er vist i Figur 6. Det er viktig å påpeke at det blir benyttet to forskjellige CAD-filer, en med offset fra originalfil for fresing av Divinycell og en med original størrelse ved fresing av sparkel.



Figur 6: Fremgangsmetode for ny modellbåtbygging.

2.2 Hovedmodell

Hovedmodellen som skal bygges er et containerskip ved navn Duisburg Test Case (DTC). Dette er et skip som blir brukt til validering (benchmarking) over hele verden. Dette vil være et interessant skip for skolen å ha, fordi det finnes mange gode måleresultater på skipet som kan brukes ved fremtidig forskning ved HVL. Dimensjoner for DTC-skipet er presentert i Tabell 1, hvor L_{pp} er lengden mellom perpendikulærene, T_m er middel dypgang og B_{wl} er bredde ved vannlinjen [4]. DTC-skipet blir bygget i skala 1:202.

Tabell 1: Dimensjoner.

Skip, DTC	L_{pp} [m]	T_m [m]	B_{wl} [m]
Original	355	14,5	51
Modell	1,75	0,0717	0,25

2.3 Teoretisk fremgangsmetode

Som nevnt handler oppgaven om å øke nøyaktigheten til båtbyggingsprosessen. Det finnes krav som skal tilfredsstilles for å kunne benytte seg av resultatene som fremkommer ved sammenligning av modellbåt og virkelige skip. Disse kravene er stilt av International Towing Tank Conference (ITTC), hvor kravene på bredde og tykkelse er en nøyaktighet på ± 1 mm. Kravene på lengden til modellen er ± 1 mm eller 0,05% av lengde fra perpendikulær til perpendikulær avhengig av hvilken som gir størst verdi [5].

Det er derfor ønskelig å kunne måle disse avvikene med presisjon. Det er viktig å tenke på målenøyaktighet og målemetoder ved utførelse av skanning. Det kan lett oppstå målefeil som kan klassifiseres som tilfeldig eller systematisk.

Tilfeldige feil kommer av statiske foranderligheter i de målte dataene som fremkommer av presisjonen til måleapparatet. Disse feilene kan minimeres ved å ta for seg et stort antall observasjoner og ta gjennomsnittet av disse. Systematiske feil er reproducerbare unøyaktigheter som oppstår i samme retning. Feilene er vanskelige å oppdage og kan ikke analyseres statistisk. Her kan ikke feilen minimeres ved å øke antall observasjoner.

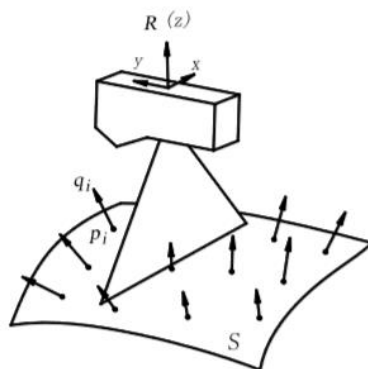
Programvaren PCDMIS regner både gjennomsnittlig avvik og standardavvik mellom original CAD-fil og skannet modell. Formelen for standardavvik er gitt ved

$$s = \sqrt{\frac{\sum \delta x_i^2}{(N - 1)}}$$

hvor antall målinger, N , er $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Deretter er hvert avvik gitt av $\delta x_i = x_i - x$, for $i=1, 2, \dots, N$ [6], der x er eksakt verdi fra original CAD-fil.

Det er også viktig å ha en formening om hvordan skanningen skal foregå. Når en skanning skal utføres er det en del faktorer som gjør seg gjeldende. Disse faktorene kan være nøyaktigheten til skanneren, hvor lenge den har vært i drift, skader og generelt andre faktorer som vil bidra til å skape usikkerhet. Videre er det to hovedområder som bidrar til unøyaktighet i målingene. Dette er utformingen og overflaten på delen som skal skannes, samt selve skanneprosedyren, altså hvordan man utfører skanningen. Prosedyren og fremgangsmåten vil være ulik fra del til del og dette vil dermed være en avgjørende faktor for et godt resultat.

Med fremgangsmåte menes i hovedsak stien, retningen, bevegelsen og farten som skanningen blir utført i. Nøyaktigheten til en skanning er altså avhengig av probens relative posisjon til overflaten som blir skannet. En skanning er vist i Figur 7.

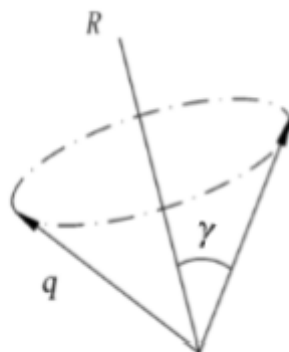


Figur 7: 3-dimensjonal laser skanning.

På Figur 7 er skannerretningen \mathbf{R} , retningen til z-aksen på lasersensoren, q_1 er normalvektoren til et vilkårlig punkt p_1 på skanneflaten S . Når en skanning utføres er nøyaktigheten til skanningen av et punkt avhengig av vinkelen γ_i mellom \mathbf{R} og q_1 . Vinkelen γ_i mellom skannerretning til sensor og normalen til innsamlet punkt begrenses for å kunne kontrollere nøyaktigheten til registrert data. Et slikt område er begrenset av $\gamma_i \leq \gamma$, hvor γ er den forhåndsbestemte terskelverdien for å kunne opprettholde en nøyaktig skanning. Vinkelen γ_i skal oppfylle

$$\gamma_i = (\mathbf{R}, \mathbf{q}_i) = \arccos\left(\frac{\mathbf{R} \cdot \mathbf{q}_i}{|\mathbf{R}| \cdot |\mathbf{q}_i|}\right) \leq \gamma$$

For å forsikre seg om en nøyaktig innsamling av data fra den skannede overflaten, må vinkelen mellom sensorens skannerretning og normalvektoren til det målte punktet på overflaten være innenfor rekkevidden på konen som blir synlig om man roterer γ -konevinkelen 360 grader, se Figur 8.



Figur 8: Kon som er formet av skannerretning, \mathbf{R} , og γ .

Fra denne informasjonen er det mulig å planlegge for en mest mulig nøyaktig skanning. Det kan gjøres veldig nøyaktig ved å sette et mesh på modellen og hente ut normalvektorene for å visuelt se hvordan skannearmen må holdes mot overflaten for å være innenfor ønsket område. Det er hovedsakelig å holde sensorens retning vinkelrett mot overflaten som skannes, og bevege sensoren med overflaten ettersom man beveger seg langs den, som vil føre til et nøyaktig resultat [7].

For å gjennomføre en full skanning av hovedmodellen blir det benyttet en funksjon som kalles leapfrog. Denne funksjonen gjør det mulig å flytte modellen underveis ved hjelp av tre referansepunkter. Disse punktene festes til platen modellen ligger på, og flyttes dermed med modellen når den bytter posisjon. På denne måten vet skanneren alltid hvor modellen ligger i forhold til punktene. Dette gjør det mulig å

gjennomføre en skanning av større båtmodeller, hvor skanneren når alle punktene fra sin opprinnelige posisjon. Se piler på Figur 9 for referansepunkter som benyttes under leapfrog funksjonen.



Figur 9: DTC-skip med tre referansepunkter på venstre side for skroget.

2.4 Utstyr

Skanneren som benyttes til valideringen av arbeidet som er gjort er en 7-akset 3D-skanner av merket Hexagon. Nærmere bestemt Hexagon Romer Absolute Arm 73-serie (7320SI). Romer er et samlebegrep for mobile koordinatmålemaskiner. Produsenten oppgir skannerens nøyaktighet og andre spesifikasjoner som vist på Figur 10 under.

7-AXIS PROBING AND SCANNING SPECIFICATIONS

	Model ³	Measuring range	Probing point repeatability ¹	Probing volumetric accuracy ²	Scanning system accuracy SI* (with RS3)	Scanning system accuracy SE* (with HP-L-20.8)	Arm weights SI	Arm weights SE
73 series	7320SI/SE	2.0 m / 6.6 ft.	0.044 mm 0.0017 in.	± 0.061 mm 0.0024 in.	0.079 mm 0.0031 in.	0.075 mm 0.0030 in.	8.3 kg 18.3 lbs	7.9 kg 17.4 lbs
	7325SI/SE	2.5 m / 8.2 ft.	0.049 mm 0.0019 in.	± 0.069 mm 0.0027 in.	0.084 mm 0.0033 in.	0.080 mm 0.0031 in.	8.6 kg 19.0 lbs	8.2 kg 18.1 lbs

Figur 10: Usikkerhet til 3D-skanneren.

Probing point repeatability er referansetesten for å bestemme målearmens evne til å repetere punkter med ball probe. En kjele blir plassert foran maskinen og dens punkter måles fra flere tilnæringsretninger. Gjennomsnittspunktet og avviket for hvert punkt til gjennomsnittlig senter beregnes, og blir deretter dividert med to. Dette gir den maksimale rekkevidden.

Probing volumetric accuracy representerer de mest fornuftige forventningene til maskinens ytelse i praktiske målesituasjoner, da det innebærer å måle en sertifisert lengdestandard mange ganger på flere steder og orienteringer og sammenligne målingene med den faktiske lengden. Volumetrisk lengdenøyaktighetstest er den mest hensiktsmessige testen for å bestemme maskinens nøyaktighet og repeterbarhet. Resultatet er maksimalt avvik av måleavstanden minus teoretisk lengde.

Scanning system accuracy representerer de mest fornuftige forventningene til maskinens ytelse i praktiske målesituasjoner ved bruk av laserskanning. Testen består av å måle en matt grå sfære med 5

forskjellige armartikulasjoner. I hver artikulasjon av armen skannes sfæren fra 5 forskjellige retninger slik at mest mulig av sfæren skannes. Resultatet er det maksimale 3D-senteret til sentrumsavstanden til de 5 sfærene. Alle probe spesifikasjoner oppnås med en ROMER Absolute Arm montert på en Romer baseplate eller magnetisk base og ved hjelp av en 15 mm stål ball probe med en lengde på 50 mm under stabile omgivelse, se Vedlegg 1.

Fresemaskinen som benyttes er en 3-akset maskin av merket Quaser med modellnummer MV154PL. Maskinen kan frese alt fra harde materialer som stål til mykere skummaterialer. Det kan benyttes ulike hoder på fresen for å frese ulike fasonger og linjer. I den eksperimentelle metoden benyttes det et flatt fresehode under grovfresingen samt et fresehode med halvkule form under finfresingen. En oversikt over utstyr er gitt i Tabell 2.

Tabell 2 : Utstyr for modellbyggingen.

Utstyr	Type
Ny sparkel	RenPaste SV427-2/HV427-1
Gammel sparkel	Carsystem MULTI (Art.nr. 132.214)
3D-skanner	Hexagon Romer Absolute Arm 7320SI
CNC fresemaskin	Quaser MV154PL
Divinycell	Divinycell H60 (tetthet 60kg/m^3)

Fresemaskinen og skanneren er utstyret som gir og registrerer avvik i modellene, de har forskjellige maskinelle avvik. De blir kjørt gjennom forskjellige tester for å sertifisere nøyaktigheten deres før de eventuelt blir solgt, eller skal leveres til ny bruker. Mange bedrifter velger etter noen år å kjøre tester for å på nytt få sertifisert maskinene sine for å sikre gode produkter. Vedlegg 2 viser to tester som er tilsvarende for fres og skanner som er benyttet. Vedlegget viser at det er relativt store forskjeller i nøyaktigheten på fres og skanner. Skanneren har et sirkulært avvik på 0.28 micrometer, mens fresen har tilsvarende avvik på 6.6 micrometer.

2.5 Feilkilder

Opgaven er å minimere antall feilkilder og å dermed øke nøyaktigheten på skipsmodellbyggingen. Feilkilder vil det alltid være selv om prosessen forbedres. Metoden som testes ut har en fremgangsmåte hvor manuelt arbeid samt maskiner benyttes. I denne seksjonen blir det videre vist til feilkilder som er med på å skape unøyaktighet i resultatet.

Under sparkelprosessen oppstår det luftbobler i sparkelmassen når den påføres, disse boblene kommer frem når sparkelmassen freses. Boblene som oppstår må derfor sparkles manuelt, noe som gjør at det kan avvike fra CAD modell. Noen steder blir det lagt på for lite sparkel, dette fører til at det må sparkles enda en gang før den freses en tredje gang.

Som nevnt tidligere i rapporten blir det laget en plate modellen skal ligge på under begge fresingene. Grunnet indrespenninger i platens materiale er ikke platen helt plan. Platen blir manuelt satt inn og tatt ut mellom fresingene for sparkling. Platen må derfor settes inn igjen på nøyaktig samme sted. Det er laget nullpunkter på platen som brukes i forhold til CAD-filens koordinatsystem. Nullpunktene hjelper med å finne tilbake til startposisjon for fresing, her blir det observert avvik på flere av prøvebåtene samt hovedmodell.

Valideringen gjennomføres ved hjelp av en 3D-skanner. Skipsmodellen må skannes i to omganger for å få dekket hele overflatearealet. Modellen må derfor flyttes en gang i løpet av valideringen. 3D skanner har en nøyaktighet på hundredeler så valideringen blir ganske nøyaktig. Måleproben som brukes under leapfrog-prosessen har en nøyaktighet på tiendeler, se Vedlegg 1.

CNC fresen opererer i ulike trinn. For at filstørrelsen ikke skal overskride maskinens kapasitet er 3 mm trinn den fineste fresingen som er mulig å gjennomføre. Disse trinnene synes i sparkelmassen og må pusses bort manuelt før modellskipet males. CNC fresen som blir brukt har en nøyaktighet ned på tusendeler. Først gjennomfører fresen en grovfresingsprogrammet, dette programmet har en toleranse på 0,01 mm. Deretter kjøres et finfresingsprogram hvor toleransen ligger ned mot tusendels millimeter. Se Vedlegg 3 for datablad på fresemaskinen.

Skipet freses ut i to deler og må derfor limes sammen manuelt, og sparkles i skøyten hvor de limes sammen. Deretter males modellen for at den ikke skal trekke vann samt skape en glatt overflate som blir optimalt gjennom vannet. Malingen legges på i et tynt lag, hvor jevnt det påføres er avgjørende for nøyaktigheten. De mest sentrale feilkildene er funnet å være:

- Tilbakestilling av plate til nullpunkter
- Manuell blanding og påføring av sparkelmasse. Dette medfører luftbobler i massen.
- Manuell flytting av modell i både fres- og skanneprosess.
- Manuell sammensetting av styrbord og babord side ved hjelp av lim.

2.6 utfordringer

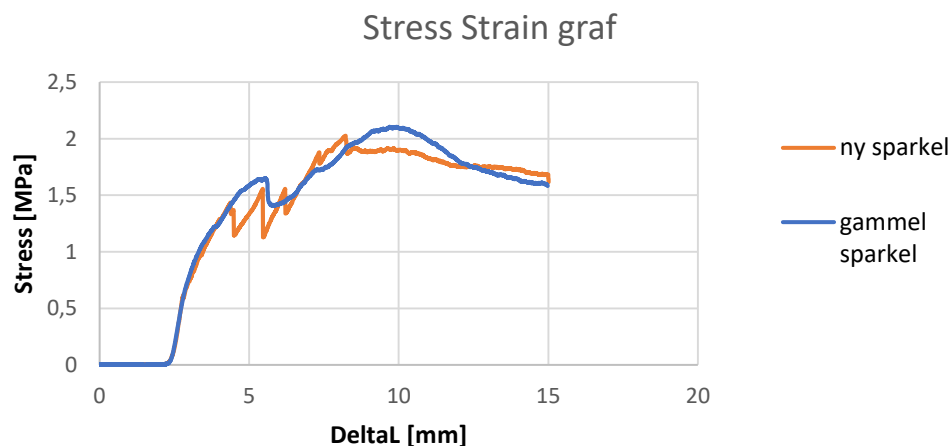
Hovedutfordringen for denne oppgaven er at fresen som benyttes ikke evner å oppdage overflater uten masse. Det ble tildelt en tegning av et containerskip i .prt-format fra instituttet som er hentet fra internett. Filer av typen .prt jobber Creo Parametric godt med og det skulle ikke være et problem å skalere denne filen til ønsket størrelse og for øvrig gjøre andre ønskelige endringer. Dette viste seg raskt å bli et stort problem da filen som ble tildelt var en tegning av et skrog som ikke hadde masse. Altså en overflate uten masse, på lik linje med en «sketch» i Creo. I tillegg til dette var det på noen steder små hull i skroget, og når det ikke er en solid modell vil dette føre til at volumet av modellen blir lik 0. For mer utdypende forklaring av problemer med Creo, se Vedlegg 4.

3. Resultat

Resultat kapittelet tar for seg to delkapitler hvor det blir presentert målte resultater av trykktest og modellbåter. Dette er til grunne for å kunne komme frem til en konklusjon i Kapittel 5.

3.1 Resultater av teststykker med forskjellig sparkel

Innledningsvis i Kapittel 2.1 blir det presentert fremgangsmetode for gjennomførelse av trykktesting. Ut fra kurvene, se Figur 11, blir det observert at den gamle sparkelmassen tåler mer deformasjon før den går til brudd. Kurven til den nye sparkelmassen viser tydelig når massen går til brudd like etter en forflytning, ΔL , på 4 mm. Den nye Sparkelmassen ser ut til å være sprøere samt tåle mindre enn den gamle massen.



Figur 11: Trykktesting av ny og gammel sparkel.

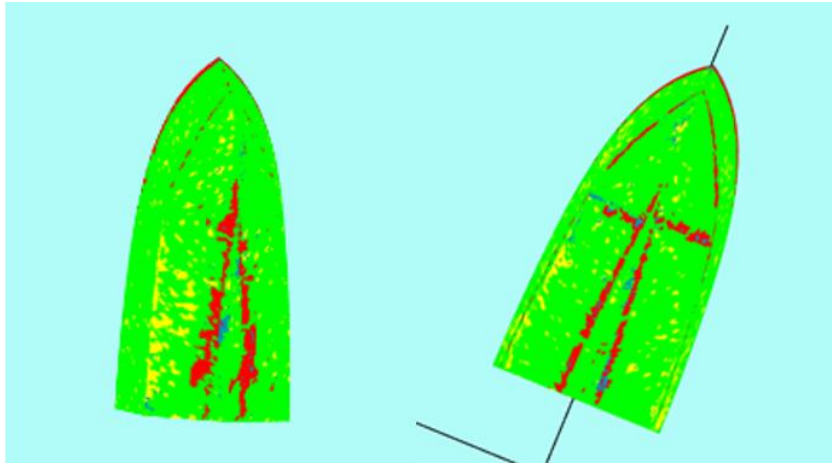
3.2 Måleresultater av prøvebåter

I dette segmentet er resultatene fra sammenligningen mellom prøvebåtene og CAD-fil presentert og gjort rede for. I Tabell 3 fremkommer det hvordan avvik registreres i PCDMIS, som er programvaren som brukes for skanning. Gul farge tilsier mer enn 0,3 mm mindre enn CAD-fil og rød farge mer enn 0,3 mm større enn CAD-fil.

Tabell 3: Avvik ihht. farge.

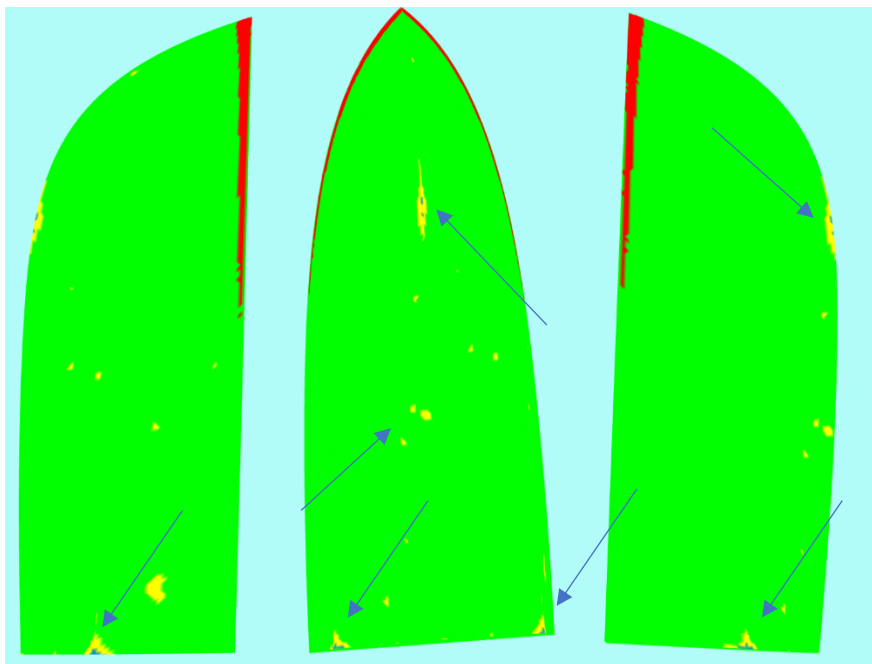
Farge	Avvik [mm]
Grønn	> 0,3
Gul	< 0,3 mindre enn CAD-fil
Rød	< 0,3 større enn CAD-fil
Grå	Ekstra store avvik

Prøvebåtene blir frest ned til valgt antall millimeter for å kunne legges på en eksakt tykkelse med sparkel. Før sparkelen legges på skannes prøvebåtene for å se på nøyaktigheten etter første frestringen. I Figur 12 vises resultater der det er frest ned 2 mm og 3 mm. Her kan det observeres at store deler av båten er innenfor ± 0.3 mm avvik fra CAD-fil, området er merket med grønn farge. Det blir gjort samme type sammenligning for de to resterende prøvebåtene som har sparkellag på 1,5 mm og 3 mm. Resultater for dette finnes i Vedlegg 5.



Figur 12: Skanning av Divinycell, 2mm (venstre) og 3 mm (høyre) offset fra original fil.

I Figur 13 fremkommer det skanning av prøvebåt med 2 mm sparkeltykkelse. Disse målingene viser at resultatene er ganske gode, og nøyaktigheten er svært høy. Det kan tydelig observeres at skanneren registrerer hvor det er luftbobler, og hvor det ikke er påført nok sparkelmasse. De stedene hvor det er store forskjeller fra CAD-fil og skannet modell blir markert med gult og rødt. De grå områdene er hvor avvikene er større enn en gitt verdi, i dette tilfellet 3 mm, fra CAD-fil. Eksempelvis kan vi studere Figur 13 hvor det er gule punkter på sidene og litt i baugen og noen små grå punkter langs kjølen som er markert med piler.



Figur 13: Skanning av modell med 2 mm sparkeltykkelse.

Tabell 4 viser resultater fra målingene av de tre teststykkene. Modellen med 1.5 mm sparkeltykkelse er den som kan vise til de mest nøyaktige målingene ved å se på standardavvik.

Tabell 4: Avvik for prøvebåtene med ulik sparkeltykkelse.

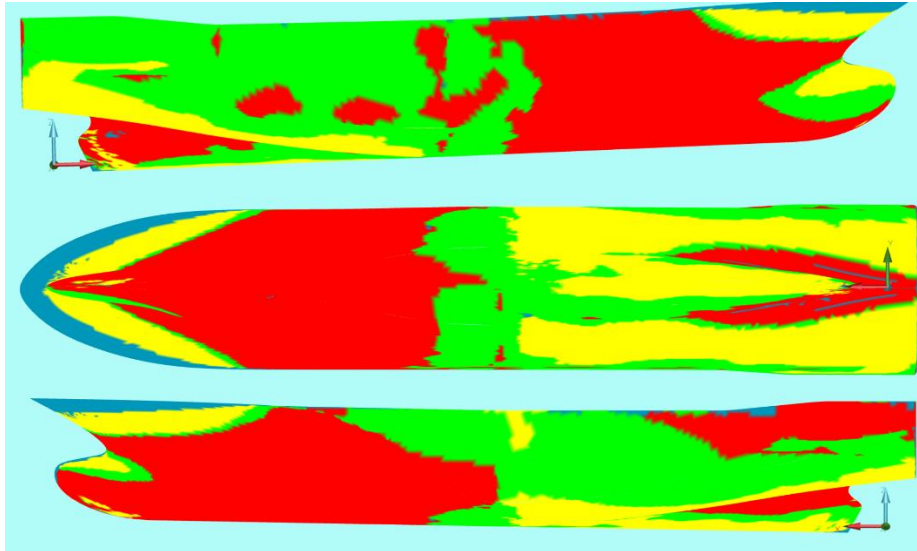
Sparkel tykkelse [mm]	Gjennomsnittlig avvik [mm]	Maks avvik [mm]	Standardavvik [mm]
1.5	0.069	2.151	0.151
2	0.071	2.446	0.16
3	0.057	2.569	0.161
Gj.snitt	0.065	2.389	0.157

Etter funn av disse avvikene vil en konklusjon være at en slik fremgangsmåte for bygging av modellbåter er veldig nøyaktig. Den oppfylder også krav som blir stilt fra regelverket i ITTC [5]. Der er kravet at avvik fra modellen ikke skal være mer enn ± 1 mm. For å bygge en modellbåt som skal holde standarden til ITTC kreves det nøyaktighet, det største avviket skal ikke være mer enn ± 1 mm for bredde og tykkelse og ± 1 mm eller 0,05% av lengde fra perpendikulær til perpendikulær avhengig av hvilken som gir størst verdi [5]. Største avvik på modellene er i snitt over 2 mm, og vil med dette ikke være gode nok i henhold til regelverk. I Figur 13 kan det sees at det store avviket kommer i kjølen på båtene. Dette er et resultat av for lite påført sparkelmasse. Om et nytt lag med sparkel blir påført og frest på nytt vil dette avviket bli vesentlig mindre, og trolig være innenfor kravene.

Fra resultater fra teststykkene kan vi lese et gjennomsnittlig avvik på 0,065 mm som er 6,5% av tillatt avvik. Dette ansees som veldig bra ut ifra forutsetninger som legges til grunn med tanke på utstyret som brukes i konstruksjon av modell. Fra Tabell 4 sees det at 1.5 mm sparkeltykkelse gir størst nøyaktighet, men med et så tynt sparkellag følger det stor risiko for å ødelegge Divinycell-platen om plassering av modellen i fresen blir gjort på en feilaktig måte. Ved bruk av 2 mm eller 3 mm sparkeltykkelse er det større toleranse for feil plassering av modellen, uten at det vil medføre hull i sparkellaget. En samlet vurdering av mengde sparkel, arbeidsmengde, risiko og nøyaktighet ble gjort og danner grunnlaget for å bygge DTC skipet med sparkeltykkelse på 2 mm.

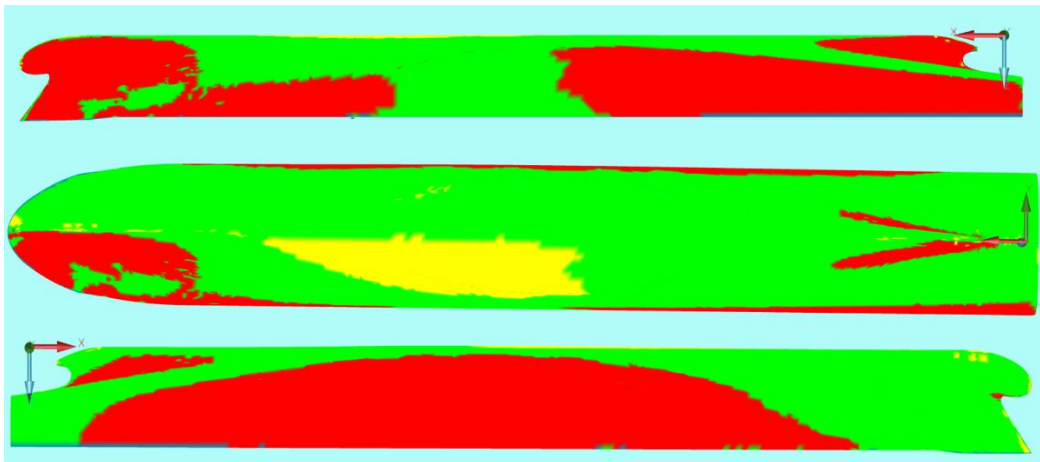
For større modeller blir det benyttet samme farger som vist i Tabell 3, men det blir nå benyttet 0,8 mm istedenfor 0,3 mm som fargegrense da disse modellene har større avvik enn de små. Dette kommer hovedsakelig av den manuelle flyttingen i fresen og ved å lime styrbord og barbord del av skroget sammen.

Det er gjort testing på Salt Ship Design sin båt ved HVL, se Figur 14. Denne båten er bygget av tidligere studenter ved høyskolen våren 2018. Ved sammenligning av fysisk modell og CAD-fil kommer det tydelig frem at det er store avvik. Det er et standardavvik på 2.854 mm, det største avviket er på hele 17,491 mm og et gjennomsnitt av alle avvikene gir 1,944 mm.



Figur 14: Salt Ship Design's båt ved HVL.

Figur 15 viser den endelige modellen av DTC skipet i skala 1:202. PCDMIS gir at forholdet mellom CAD-fil og fysisk modell gir et standard avvik på 1,134 millimeter, største avvik på 6,479 millimeter og et gjennomsnittlig avvik på 0,895 millimeter. Det må her nevnes at det ble gjort feil ved innsetting av styrbord skrog etter sparkling. Nullpunktene ble ikke lokalisert på en tilstrekkelig god nok måte, som igjen fører til en noe usymmetrisk modell og derav større avvik. Man ser tydelig at avvikene på babord side er mindre enn styrbord side.



Figur 15: DTC.

Videre må modellen rettes opp i ved å påføre mer sparkelmasse hvor det er for lite sparkel og slipe bort hvor det er for mye. Dette er en relativt enkel prosess da 3D-skanneren lokaliserer områdene som må endres på.

4. Diskusjon

Antagelsen om at denne prosedyren ville gjøre prosessen for båtbygging på HVL mer nøyaktig og raskere, blir utfordret av resultatene som fremkommer i rapporten. Resultatene viser at modeller med en mindre størrelse, altså de som ikke behøver manuell forflytning i fres, eller to separate fresinger etterfulgt av liming, vil bli svært nøyaktige ved en slik prosedyre, og mindre tidkrevende enn ved gammel fremgangsmåte. Det som ble problematisk var å få en modell som måtte freses i to deler og deretter limes, nøyaktig nok. Det fremkommer for mange steder hvor menneskelige faktorer gjør seg gjeldende for nøyaktigheten, og resultatet blir da tydelig dårligere enn ved små modeller. Dette forteller samtidig at det er potensiale i den nye prosedyren, og kan ved videre arbeid og utvikling av fremgangsmåten blir en rask og nøyaktig prosedyre.

Grunnen til at de små modellene er mer nøyaktige kan være at selve CAD-filen er av bedre kvalitet og er enklere å jobbe med i programvaren som forbereder filen til fresing. Dette er et problem ved fresing av hovedmodell, da løsningen er å manipulere fresemaskin til å tro den hadde en annen dimensjon på fresehode enn realitet. For å forsikre seg om at det blir et reelt resultat må man ha filer av høyere kvalitet, som gjør at de kan endres i tegneprogram og ikke ved manipulasjon for fresing av Divinycellmaterialet. Se Vedlegg 4 for nærmere beskrivelse.

For å illustrere forskjellen på de ulike prosedyrene er måleresultater fra de ulike skanningene satt opp i Tabell 5. Disse tre er henholdsvis, liten og stor båtmodell etter ny prosedyre, og stor modell etter gammel prosedyre.

Tabell 5: Sammenligning av avvik.

	Gjennomsnittlig avvik [mm]	Største avvik [mm]	Standardavvik [mm]
Liten modell, ny prosedyre	0.071	2.446	0.16
Stor modell, ny prosedyre	0.79	3.174	0.999
Stor båt, gammel prosedyre	1.944	17.491	2.854

Sparkelmassen som blir brukt krever mye bearbeiding før den kan påføres og er generelt sett vanskelig å jobbe med. For å spare tid i denne delen av prosedyren bør det brukes et blandeapparat som kan mikse de to komponentene sammen og påføre sparkelmassen på båten, uten bruk av sparkelspader og hender. Det vil da være enklere å forsikre seg om at det er påført et jevnt lag med sparkelmasse alle steder på båten, og dermed slippe å gjøre denne delen av prosessen flere ganger. Dette er et segment det vil være aktuelt å gjøre videre undersøkelser og arbeid på for å gjøre metoden bedre.

Det kan vises til flere steder hvor slike typer oppgaver blir utført med andre typer maskiner og forholdsvis bedre forutsetninger for å lage mer nøyaktige produkter. Ved bruk av mer moderne fresemaskiner oppnås det en nøyaktighet på 0.6 mm på båter som er en hel del større enn modellene som ble presentert i denne oppgaven [8]. Det største problemet med dagens fres på HVL er at den ikke opererer i 6 akser, hvilket skaper problemer med avanserte geometrier. Investering av en ny og mer moderne fresemaskin vil på lang sikt være den beste løsningen, dog den dyreste. I nærmere fremtid anbefales det derfor å jobbe mer med utvikling av den prosedyren som fremkommer av denne oppgaven.

5. Konklusjon

En ny prosedyre for bygging av modellbåter er utviklet, og resultatene for nøyaktigheten ved denne prosedyren er presentert i denne oppgaven. Det viser seg å være stort potensiale i metoden og det vil være et godt utgangspunkt for videre arbeid. Bruken av 3D-skannere er i stadig vekst og er med på å gjøre denne type oppgaver enklere og mer nøyaktige. Ved sammenligning av tidligere produserte båter på Høgskolen på Vestlandet, kan det stadfestes større nøyaktighet i den nye prosedyren. Per dags dato er prosedyren derimot for tidkrevende i forhold til hvor godt resultatet blir. I tillegg er ikke resultatet godt nok i henhold til ITTC sine retningslinjer for avvik. Det er i hovedsak manuelle feil som utgjør feilkildene og kan derfor løses ved videre arbeid med fremdriftsmåten.

Konklusjonen kan også tallfestes, se Tabell 5, hvor det fremkommer at den nye metoden gir bedre resultater enn gamle metoden ved bygging av store modeller. Ved bygging av mindre båter ved den nye metoden er nøyaktigheten enda bedre. Standardavvikene på gammel metode stor båt, ny metode stor båt og ny metode liten båt er henholdsvis 2,854 mm, 0,999 mm og 0,16 mm.

Referanser

- [1] I. m. organization, «Energy Efficiency Measures,» 2011. [Online]. Tilgjengelig: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>, Hentet: July.
- [2] *ITTC – Recommended Procedures*, 7.5-02-02-02, 2002. Tilgjengelig, Hentet:
- [3] K. Biskup, P. Arias, H. Lorenzo og J. Armesto, «Application of terrestrial laserscanning for shipbuilding,».
- [4] O. E. Moctar, V. Shigunov og T. Zorn, «Duisburg Test Case: Post-Panamax Container Ship for Benchmarking,».
- [5] *ITTC – Recommended Procedures*, 7.5-02-02-02, 2002.
- [6] «Measurements and Error Analysis,» [Online]. Tilgjengelig: https://www.webassign.net/question_assets/unccolphysmech11/measurements/manual.html
- [7] L.-j. Ding, S.-G. Dang og P.-a. Mu, «CAD-Based Path Planning for 3D Laser Scanning of Complex Surface,», s. 10.
- [8] F. Brun, «Email,» 2019.

Vedlegg

Vedlegg 1- 3D skanner Data Sheet

Vedlegg 2- Sirkulært avvik på skanner og fres

Vedlegg 3- Fresemaskin Data Sheet

Vedlegg 4- Problemer som oppstod i Creo

Vedlegg 5- Resterende resultater på prøvebåter

Vedlegg 1

Romer Absolute Arm, Fact sheet

ROMER ABSOLUTE ARM TOP FEATURES



Absolute Encoders
Referencing and warm-up time is a thing of the past – just switch the arm on and measure.

RDS
The ROMER proprietary software RDS features SMART technology, allowing total management of checks in the field as well as temperature and shock monitoring.

Laser Scanning
The ROMER Absolute Arm is available with a completely integrated high-performance laser scanner or the external HP-L-20.8 scanner, for complex scanning tasks. ROMER Absolute Arms are the only scanning systems on the market to offer fully-verifiable scanning system accuracy.

Automatic and repeatable Probe Recognition
Intelligent Quick Change Probes: Swap touch probes at any time without the need to recalibrate. The ROMER Absolute Arm's repeatable mount allows you to change probes on the fly, according to your measurement needs.

Instant Feedback
The ROMER Absolute Arm provides immediate acoustic and haptic feedback to the operator, allowing the system to be used in even the harshest industrial environments.

Measurement Volume
Size does matter: The ROMER Absolute Arm is available in seven lengths between 1.2 m and 4.5 m.

Certification
All ROMER Absolute Arms including scanning systems pass through B89.4.22 certification. Additional certifications according to VDI/VDE 2617-9 are also available. The ROMER Absolute Arm Compact model is available with a choice of ISO 10360-2 or B89.4.22 certification.

SmartLock
If the ROMER Absolute Arm is not in use it can be locked safely into its rest position. SmartLock also allows the arm to be fixed in any intermediate position.

Zero G
The Zero G counterbalance minimises torque in the base of the arm. This allows greater freedom in mounting options such as lightweight tripods, magnetic and vacuum bases making the ROMER Absolute Arm the most portable available.

Feature Packs
Thanks to easily interchangeable Feature Packs, the functionality of the ROMER Absolute Arm can always be enhanced. Feature Packs are available for wi-fi communication, wi-fi scanning capability and full battery operation.

ROMER ABSOLUTE ARM

The 6-axis ROMER Absolute Arm is designed for highly-accurate tactile measurements on countless types of workpiece. It allows for reliable touch-probe measurement and inspection of almost anything including sheet metal parts, plastic components or carbon fibre structures. If your measurement jobs require laser scanning later, an upgrade is possible at any time.



ROMER ABSOLUTE ARM WITH INTEGRATED LASER SCANNER

Freedom of movement: with a fully integrated and certified RS3 laser scanner, this is an all-purpose metrology system for almost any measurement need. Point cloud inspection, product benchmarking, reverse engineering, rapid prototyping, virtual assembly or CNC milling are just some of the typical laser scanning applications that can be added to the rich portfolio of touch-probe measurement applications. The integrated laser scanner is designed to capture data from almost any object surface. It does not need warm-up time or additional cables and controllers. Scanner and probe measurements are combined in the same software session.

ROMER ABSOLUTE ARM WITH EXTERNAL LASER SCANNER

The ROMER Absolute Arm with external scanner is the high-end laser scanning platform designed for the HP-L-20.8 laser scanner from Hexagon Metrology. With HP-L-20.8, the ROMER Absolute Arm offers first-class performance on the most complex surface types. Automatic laser control means that multiple surface colours can be scanned in a single pass. Thanks to the HP-L-20.8's unique flying dot technology, the scan width and point density are entirely variable, allowing the user to guarantee maximum scan detail where it's needed most.



ROMER TUBE INSPECTION SOLUTION

The ROMER Tube Inspection Solution covers all 3 main tasks of tube measurement in a single non-contact product: tube inspection and definition, geometry measurement and even interfacing to CNC tube bending machines is possible, via bending program correction. The ROMER Tube Inspection Solution is the only portable true tube inspection solution on the market. It can be taken to the workpiece to measure pipes, lines, hoses and tubes in situ, thereby saving time and effort. Reverse engineering of tubes and hoses is also unbelievably fast, and without any need for complex laser scanning.

ROMER ABSOLUTE ARM COMPACT

The ROMER Absolute Arm Compact is a high-accuracy portable coordinate measuring machine (CMM) that brings total mobility to high-tolerance 3D measurement applications on the shop floor. It is the only portable CMM on the market today with full ISO 10360-2 certification, making it the perfect portable complement to stationary CMM's. Featuring industry-proven technology from the ROMER Absolute Arm range, the ROMER Absolute Arm Compact is perfect for measuring small to medium parts, and ideal for GD&T measurement. With a measurement volume of up to 1.2 metres and a choice of certifications available, the ROMER Absolute Arm Compact has been designed to give reliable results in tight spaces, anywhere.

ROMER ABSOLUTE ARM COMPACT PROBING SPECIFICATIONS

Model	Measuring range	BS9.4.22		ISO 10360-2		Arm weight
		Point repeatability	Volumetric accuracy	MPEp	MPEe	
7312	1.2 m / 3.9 ft.	0.014 mm / 0.0006 in.	± 0.025 mm / 0.0010 in.	8 µm	5+L/40 ≤ 18 µm	10.2 kg / 22.5 lbs
7512	1.2 m / 3.9 ft.	0.010 mm / 0.0004 in.	± 0.020 mm / 0.0008 in.	6 µm	5+L/85 ≤ 15 µm	10.8 kg / 23.8 lbs

Point repeatability and volumetric accuracy values according to BS9.4.22. MPEp is the Maximum Permissible Probing Error according to the ISO 10360-2 standard. MPEe is the Volumetric Length Measuring Error according to the ISO 10360-2 standard. Generally, the MPEe value is the most appropriate for determining the arm accuracy.

6-AXIS PROBING SPECIFICATIONS

	Model	Measuring range	Point repeatability ¹	Volumetric accuracy ²	Arm weights
73 series	7320	2.0 m / 6.6 ft.	0.030 mm / 0.0012 in.	± 0.042 mm / 0.0017 in.	7.4 kg / 16.3 lbs
	7325	2.5 m / 8.2 ft.	0.038 mm / 0.0015 in.	± 0.051 mm / 0.0020 in.	7.7 kg / 17.0 lbs
	7330	3.0 m / 9.8 ft.	0.059 mm / 0.0023 in.	± 0.075 mm / 0.0030 in.	8.0 kg / 17.6 lbs
	7335	3.5 m / 11.5 ft.	0.079 mm / 0.0031 in.	± 0.100 mm / 0.0039 in.	8.3 kg / 18.3 lbs
	7340	4.0 m / 13.1 ft.	0.099 mm / 0.0039 in.	± 0.125 mm / 0.0049 in.	8.6 kg / 19.0 lbs
	7345	4.5 m / 14.8 ft.	0.120 mm / 0.0047 in.	± 0.150 mm / 0.0059 in.	8.9 kg / 19.6 lbs
75 series	7520	2.0 m / 6.6 ft.	0.016 mm / 0.0006 in.	± 0.023 mm / 0.0009 in.	7.7 kg / 17.0 lbs
	7525	2.5 m / 8.2 ft.	0.020 mm / 0.0008 in.	± 0.029 mm / 0.0011 in.	8.0 kg / 17.6 lbs
	7530	3.0 m / 9.8 ft.	0.030 mm / 0.0012 in.	± 0.044 mm / 0.0017 in.	8.3 kg / 18.3 lbs
	7535	3.5 m / 11.5 ft.	0.040 mm / 0.0016 in.	± 0.057 mm / 0.0022 in.	8.6 kg / 19.0 lbs
	7540	4.0 m / 13.1 ft.	0.055 mm / 0.0022 in.	± 0.069 mm / 0.0027 in.	8.9 kg / 19.6 lbs
	7545	4.5 m / 14.8 ft.	0.070 mm / 0.0028 in.	± 0.082 mm / 0.0032 in.	9.2 kg / 20.3 lbs

All specifications according to B89.4.22. Certification is also available to VDI/VDE 2617-9.

7-AXIS PROBING AND SCANNING SPECIFICATIONS

	Model ³	Measuring range	Probing point repeatability ¹	Probing volumetric accuracy ²	Scanning system accuracy SI ⁴ (with RS3)	Scanning system accuracy SE ⁴ (with HP-L-20.8)	Arm weights SI	Arm weights SE
73 series	7320SI/SE	2.0 m / 6.6 ft.	0.044 mm / 0.0017 in.	± 0.061 mm / 0.0024 in.	0.079 mm / 0.0031 in.	0.075 mm / 0.0030 in.	8.3 kg / 18.3 lbs	7.9 kg / 17.4 lbs
	7325SI/SE	2.5 m / 8.2 ft.	0.049 mm / 0.0019 in.	± 0.069 mm / 0.0027 in.	0.084 mm / 0.0033 in.	0.080 mm / 0.0031 in.	8.6 kg / 19.0 lbs	8.2 kg / 18.1 lbs
	7330SI/SE	3.0 m / 9.8 ft.	0.079 mm / 0.0031 in.	± 0.100 mm / 0.0039 in.	0.119 mm / 0.0047 in.	0.113 mm / 0.0044 in.	8.9 kg / 19.6 lbs	8.5 kg / 18.7 lbs
	7335SI/SE	3.5 m / 11.5 ft.	0.099 mm / 0.0039 in.	± 0.125 mm / 0.0049 in.	0.147 mm / 0.0058 in.	0.140 mm / 0.0055 in.	9.2 kg / 20.3 lbs	8.8 kg / 19.4 lbs
	7340SI/SE	4.0 m / 13.1 ft.	0.115 mm / 0.0045 in.	± 0.151 mm / 0.0059 in.	0.181 mm / 0.0071 in.	0.172 mm / 0.0068 in.	9.5 kg / 20.9 lbs	9.1 kg / 20.1 lbs
	7345SI/SE	4.5 m / 14.8 ft.	0.141 mm / 0.0056 in.	± 0.179 mm / 0.0070 in.	0.214 mm / 0.0084 in.	0.203 mm / 0.0080 in.	9.8 kg / 21.6 lbs	9.4 kg / 20.7 lbs
75 series	7520SI/SE	2.0 m / 6.6 ft.	0.023 mm / 0.0009 in.	± 0.033 mm / 0.0013 in.	0.058 mm / 0.0023 in.	0.053 mm / 0.0021 in.	8.6 kg / 19.0 lbs	8.2 kg / 18.1 lbs
	7525SI/SE	2.5 m / 8.2 ft.	0.027 mm / 0.0011 in.	± 0.038 mm / 0.0015 in.	0.063 mm / 0.0025 in.	0.058 mm / 0.0023 in.	8.9 kg / 19.6 lbs	8.5 kg / 18.7 lbs
	7530SI/SE	3.0 m / 9.8 ft.	0.042 mm / 0.0017 in.	± 0.058 mm / 0.0023 in.	0.083 mm / 0.0033 in.	0.078 mm / 0.0031 in.	9.2 kg / 20.3 lbs	8.8 kg / 19.4 lbs
	7535SI/SE	3.5 m / 11.5 ft.	0.055 mm / 0.0022 in.	± 0.081 mm / 0.0032 in.	0.101 mm / 0.0040 in.	0.096 mm / 0.0038 in.	9.5 kg / 20.9 lbs	9.1 kg / 20.1 lbs
	7540SI/SE	4.0 m / 13.1 ft.	0.067 mm / 0.0026 in.	± 0.098 mm / 0.0039 in.	0.119 mm / 0.0047 in.	0.114 mm / 0.0045 in.	9.8 kg / 21.6 lbs	9.4 kg / 20.7 lbs
	7545SI/SE	4.5 m / 14.8 ft.	0.084 mm / 0.0033 in.	± 0.119 mm / 0.0047 in.	0.138 mm / 0.0054 in.	0.133 mm / 0.0052 in.	10.1 kg / 22.3 lbs	9.7 kg / 21.4 lbs

All specifications in relation to B89.4.22.

ROMER ABSOLUTE ARM LASER SCANNERS

	Integrated scanner RS3	External scanner HP-L-20.8		
Scanning sensor specification	Max. point acquisition rate	460 000 Points/s	150 000 Points/s	
	Points per Line	4600	max. 4000	
	Line rate	100 Hz	max. 100 Hz	
	Line width range	min.	46 mm	176 mm / 104 mm / 51 mm / 40 mm / 20 mm
		mid.	65 mm	220 mm / 130 mm / 63 mm / 51 mm / 25 mm
		max.	85 mm	231 mm / 148 mm / 75 mm / 60 mm / 30 mm
	Stand off (mid range)	150 mm ± 50 mm	180 mm ± 40 mm	
	Minimum point spacing (mid range)	0.014 mm	0.013 mm	
	Laser power control	Fully automatic – per line	Fully automatic – per point	
	Accuracy	2 sigma / 30 µm	Probing Form error 1 sigma / 9 µm	
	Probing Dispersion value* P[Form,Sph,D95%;Tr:ODS]	n.a.	36 µm	
	Weight	340 g	410 g	
	Controller	No	No	
Laser safety	Class 2M	Class 2		
Working temperature	5°C – 40°C (41°F – 104°F)	10°C – 42°C (50°F – 108°F)		

*ISO 10360-8:2013

Vedlegg 2

ISO 230-4:1996(E) Circular Deviation L183-XY

Operator: owner
Date: 2006-Feb-20 16:20:07

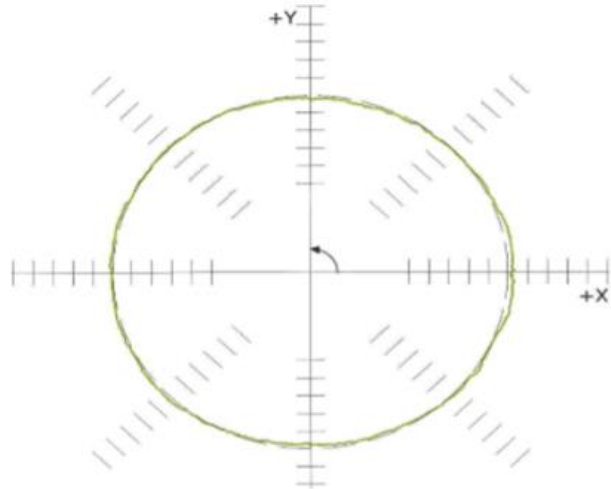
Instru

Circular Deviation (CW)

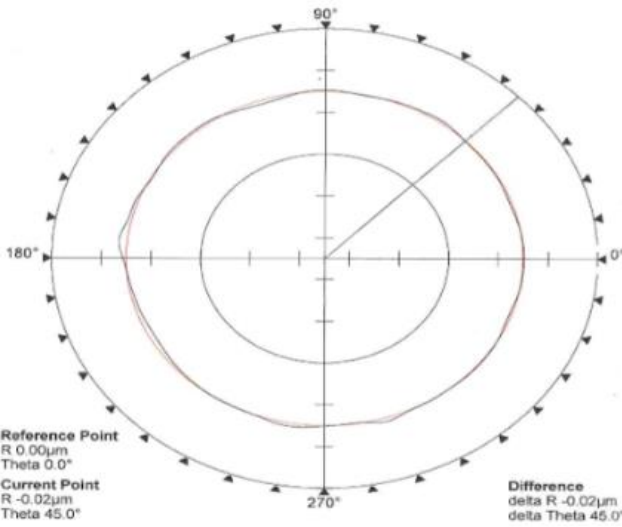
Value 6.6 μ m

Test Parameters

Radius 150.0000mm
Sample rate 125.000Hz
Feedrate 5000.0mm/min
Run direction CW
Plane under test XY
Test position
Start angle 0°
End angle 360°
Overshoot angle 180°



Scale 1 μ m/div.



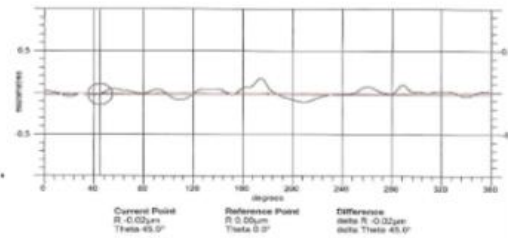
TN UNITED KINGDOM, LTD

Roundness Report

Part No. NCA7-7-20494

Serial No. 10068

RONt	0.28	μ m
Ecc	1.05	μ m
Instrument Type	Talyrond73	
Filter Range	1-15 μ r	
Filter Type	Gaussian	
Reference Type	LS Circle	
Datum	Spindle	
Time	27/03/2018 12:28:58	



Vedlegg 3



QUASER MACHINE TOOLS, INC.

Address: No. 3, Gong 6th Rd.,
Yuanfuh Industrial
Park, Dajiao Dist.,
Taichung City 437,
Taiwan
Tel: +886 4 26821277
Fax: +886 4 24522045
E-mail: sales@qmt.com.tw
Web: www.quaser.com

QUASER EUROPE TECHNIC CENTER - SWITZERLAND

Address: Unterfeldenstrasse
16, CH-9443 Widnau,
Switzerland
Tel: +41 71 722 43 43
Mobile phone: +41798229028
E-mail: qe@qmt.com.tw

KUNSHAN QUASER MACHINE TOOLS, INC.

Address: (B) No. 287,
Kangqunwang Road,
Zhoushi Town,
Kunshan City,
Jiangsu, P.R. China
Tel: 0512-85027139
0512-82627138
Fax:
E-mail: qk@qmt.com.tw

QUASER AMERICA MACHINE TOOLS INC.

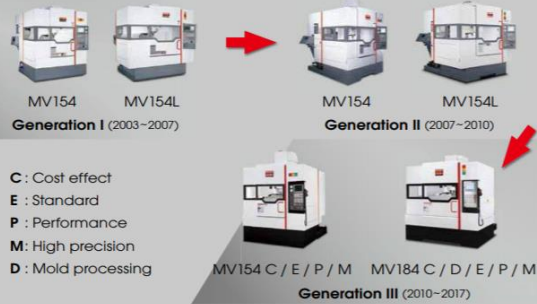
Address: 3549 Southcross
Boulevard, Rock Hill,
SC, 29730, UNITED STATES
Tel: +1 803-324-7123
Fax: +1 888-459-8175
E-mail: qa@qmt.com.tw

Fold here for filing!

MV1 SERIES

CONTENTS

MV1 SERIES	03-04
Unique spindle technology	05-06
ATC system	07-08
Coolant system & Chip management	09-10
Easy operation	11-12
Precision accuracy	13-14
Thermal Management	15-16
MV134 technical data	17-18
MV154 / MV184 technical data	19-20
Standard / Option accessories	21-22
Machine Dimensions	23-25
We build machines in a hybrid way	26



- C** : Cost effect
- E** : Standard
- P** : Performance
- M** : High precision
- D** : Mold processing

New! MV134C / E / P



- Enlarge the machining status observation window
- Ergonomic operation panel with adjustable angle
- Maintenance door with improved accessibility, suitable for long workpiece machining
- Ceiling wash down achieve better chip management(opt.)



Generation IV

MV134 C / E / P
Travel X / Y / Z: 661 / 572 / 560 (mm)

MV154 C / E / P
Travel X / Y / Z: 762 / 530 / 560 (mm)

MV184 C / D / E / P
Travel X / Y / Z: 1.020 / 610 / 610 (mm)

MV154 M
Travel X / Y / Z: 700 / 530 / 560 (mm)

MV184 M
Travel X / Y / Z: 900 / 610 / 610 (mm)



Motor	MV134C			MV134E			MV134P			MV154C & MV184C			MV154E & MV184E			MV154P & MV184P			MV154M & MV184M			MV184D		
Spindle code	12C	9B	12B	9B	12B	15C	20C	10C	12C	9B	12B	9B	12B	15C	20C	15C	20C	12C	15C	20C	12C	15C	20C	
X / Y / Z (mm)	661 / 572 / 560	661 / 572 / 560	661 / 572 / 560	762 / 530 / 560	762 / 530 / 560	762 / 530 / 560	762 / 530 / 560	700 / 530 / 560	762 / 530 / 560	762 / 530 / 560	762 / 530 / 560	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	1020 / 610 / 610	

• Re-grease supply system is stable and eco-friendly by supplying new grease intermittently to bearings during high speed rotation.

• Standard on all models

BIG-PLUS
MAXIMUM CONTACT
Simultaneous Tip & Flange Contact
Maximum Contact
• Greater machining rigidity
• Higher cutting accuracy
• Extended cutting tool life
• Improved ATC repeatability



New spindle code	MB-4.0		SC-4.2		MC-4.1R		MC-4.0R	
Shaft diameter	Ø70 / Ø65		Ø80 / Ø70		Ø80 / Ø65		Ø70 / Ø60	
Spindle Taper	ISO-40		ISO-40		ISO-40 / HSK A63		ISO-40 / HSK A63	
Bearing arrangement	< > =		<< >>		< > =		< > =	
Ball bearing type	Ceramic		Ceramic		Ceramic		Ceramic	
Roller bearing type	Steel		-		Steel		Ceramic	
Bearing lubrication	Grease packed		Grease packed		Re-Grease		Ceramic	
Transmission	Belt		Coupling		Coupling		Coupling	
Spindle Speed	9,000	12,000	9,000	12,000	10,000	12,000	15,000	20,000
FANUC								
Spindle base speed	1,125	1,500	1,125	1,500	-	1,500	1,500	1,400
Spindle output power kW (S3-25%)	18.5	25	18.5	25	-	18.5	15	26
Spindle output torque Nm (S3-25%)	157	212	157	212	-	118	96.5	177
HEIDENHAIN								
Spindle base speed	1,125	1,500	1,125	1,500	-	-	-	2,000
Spindle output power kW (S6-25%)	17	32	17	32	-	-	-	27.7
Spindle output torque Nm (S6-25%)	144	204	144	204	-	-	-	132
SIEMENS								
Spindle base speed	1,125	1,500	1,125	1,500	-	1,500	2,000	-
Spindle output power kW (S6-25%)	17.6	28.5	17.6	28.5	-	17.6	27.7	-
Spindle output torque Nm (S6-25%)	149 ⁽¹⁾	242	149 ⁽¹⁾	242	-	112	132	-
MITSUBISHI								
Spindle base speed	-	-	-	-	1,500	1,500	1,500	1,500
Spindle output power kW (30min)	-	-	-	-	15	11	18.5	11
Spindle output torque Nm (30min)	-	-	-	-	96	70	102	70
CTS Availability	●	●	●	●	X	X	Opt.	●
Available NC adapting	FANUC = ● HEIDENHAIN = ●				SIEMENS = ● MITSUBISHI = ●			
MV134 C	●	●	●	●	●	●	●	●
MV134 E	●	●	●	●	●	●	●	●
MV134 P	●	●	●	●	●	●	●	●
MV154C / MV184 C	●	●	●	●	●	●	●	●
MV154E / MV184 E	●	●	●	●	●	●	●	●
MV154P / MV184 P	●	●	●	●	●	●	●	●
MV154M / MV184 M	●	●	●	●	●	●	●	●
MV184D	●	●	●	●	●	●	●	●



30 ATC (std.)

48 ATC (opt.)

60 ATC (opt.)

120 ATC (opt.)

ATC auto door (opt.)



Coolant system & Chip management



	MV134			MV154 / MV184			MV184	
	C	E	P	C	E	P	M	D
ⓐ Coolant tank	-	350L	-	-	480L	-	-	480L
ⓑ Coolant through spindle	-	8 bar	-	-	8 bar	20 bar	-	Opt.
ⓒ Nozzle coolant	-	3 bar	-	-	3 bar	-	-	-
ⓓ Wash gun	-	Std.	-	-	Std.	-	-	-
ⓔ Chip augers	-	Std.	-	-	Std.	-	-	-
ⓕ Chip conveyor	Scrapper type	Opt.	Std.	Opt.	Std.	Opt.	Opt.	Opt.
ⓖ Filtration unit	-	Opt.	-	-	Opt.	-	-	-
ⓗ High-angle telescopic cover design with serrated edges	-	Std.	-	-	-	-	-	-
ⓓ Wash down	-	1.1 bar	-	-	3 bar	-	-	-

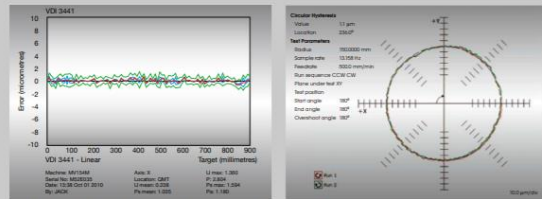


Easy operation



- a** Front door opening at
 - MV134: 730 mm
 - MV154: 821 mm
 - MV184: 1,077 mm
- b** Larger opening for service or exchange to auto door for robot
- c** Ergonomic operation panel with adjustable angle
- d** Convenient distance from operator to the spindle
 - MV134: 715 mm
 - MV154: 753 mm
 - MV184: 861 mm
- e** Table to front door with easy accessibility
 - MV134: 154 mm
 - MV154: 168 mm
 - MV184: 255 mm

Positioning accuracy=1.180 µm VDI 3441 Feed rate: 500 mm / min. Value: 1.1 µm



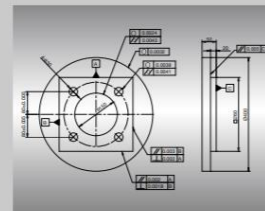
Note: The above data is sampled randomly selected from M-model machine.

- Results
- Text island height
 - Q = 3.0 µm
 - U = 2.5 µm
 - A = 2.0 µm
 - S = 1.5 µm
 - E = 1.0 µm
 - R = 0.5 µm



	ISO 10791-1 / ISO 10791-4.2	ISO STANDARD	QUASER STANDARD	
			(MV134/C & E & P) (MV154/C & E & P) (MV184/C & D & E & P)	(MV154M / MV184M)
Straightness	X	0.015 / Full Stroke	0.010 / Full Stroke	0.005 / 0.008
	Y	0.010 / Full Stroke	0.010 / Full Stroke	0.005 / 0.005
	Z	0.010 / Full Stroke	0.010 / Full Stroke	0.005 / 0.005
Perpendicularity	X-Y	0.02 / 500	0.01 / 500	0.006 / 0.006
	Y-Z	0.02 / 500	0.01 / 500	0.006 / 0.006
	Z-X	0.02 / 500	0.01 / 500	0.006 / 0.006
Positioning accuracy (VDI 3441)	X	0.02	0.01	0.003 / 0.005
	Y	0.016	0.008	0.003 / 0.003
	Z	0.016	0.008	0.003 / 0.003
Positioning repeatability (VDI 3441)	X	0.008	0.004	0.002 / 0.003
	Y	0.006	0.004	0.002 / 0.002
	Z	0.006	0.004	0.002 / 0.002
Spindle run-out on table surface (for 300 mm distance)		0.02 / 300	0.01 / 300	0.005 / 0.005
Spindle run-out (with a test bar mounted)	At base	0.01	0.004	0.003 / 0.003
	At 300 mm	0.02	0.008	0.006 / 0.006
Circularity (Ø300 mm, F5000 & F500)	CW	N.A.	0.010	(0.003 / 0.003)*
	CCW	N.A.	0.010	(0.003 / 0.003)*

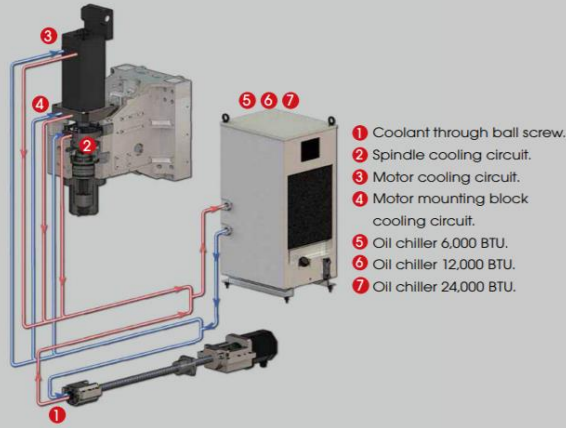
Note: * Ø300 mm, F500 Unit: mm
The measuring results indicated in this catalog are provided as an example by random selection.



M model
Machining test parts is measured by LEITZ pmmc and each geometric accuracy test result is less than 0.005mm.



To meet the demand of severe ACCURACY requirements, our "THERMAL MANAGEMENT":

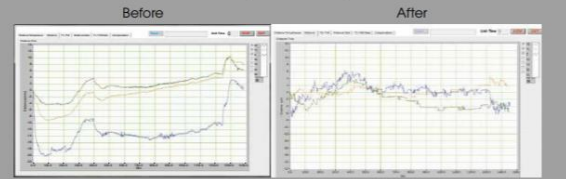


- 1 Coolant through ball screw.
- 2 Spindle cooling circuit.
- 3 Motor cooling circuit.
- 4 Motor mounting block cooling circuit.
- 5 Oil chiller 6,000 BTU.
- 6 Oil chiller 12,000 BTU.
- 7 Oil chiller 24,000 BTU.

Heat generated from spindle and spindle motor are quickly removed by cooling circuits on spindle housing, spindle motor, motor mounting plate and spindle head. The heat is exchanged by a large capacity oil chiller, and the thermal compensation function to reduce thermal impact to a minimum.



Thermal compensation on X, Y & Z



●-Standard ○-Option x-N/A

	MV134C	MV134E	MV134P	MV154C/ MV184C	MV154E/ MV184E	MV154P/ MV184P	MV154M/ MV184M	MV184D
1	●	●	●	●	●	●	●	●
2	●	●	●	●	●	●	●	●
3	●	●	●	●	●	●	●	●
4	●	●	●	●	●	●	●	●
5	●	●	●	●	●	●	●	●
6	●	●	●	●	●	●	●	●
7	●	●	●	●	●	●	●	●

Note1: 15,000 rpm / Note2: 20,000 rpm / ●

Control: (F)-FANUC (T)-HEIDENHAIN (M)-MITSUBISHI (S)-SIEMENS

Technical data	MV134			
	C	9B	E	12B
Spindle code	12C	9B		12B
Work range				
Table size (mm)	940 x 550			
Travel X / Y / Z (mm)	661 / 572 / 560			
Spindle nose to table surface (mm)	100 - 660			
Table load capacity (kg)	500			
Feed drive				
Feed force X / Y / Z (N)	6,283 / 6,283 / 11,519 (F) 6,283 / 6,283 / 10,472 (S) 6,283 / 6,283 / 11,781 (M)		6,283 / 6,283 / 11,519 (F) 6,807 / 6,807 / 9,268 (T)	
Rapid movement X / Y / Z (m/min)	36 / 36 / 36			
Acceleration X / Y / Z (m/s ²)	6 / 5 / 4 (F)(M) 4.6 / 4.4 / 5.7 (S)		6 / 5 / 4 (F) 3 / 3 / 2.5 (T)	
Dia & pitch of the ball screw	Ø40 / P= 12			
Accuracy Positioning / Repeatability				
ISO 2302	0.008 / 0.004			
JIS 6338 (300 mm)	±0.003 / ±0.002			
VDI 3441	0.008 / 0.004			
Main spindle				
Spindle Taper	B8140			
Max. spindle speed	12,000	9,000		12,000
Tool changer				
Tool selection	Random			
Magazine positions	30 (std.)	30 (std.)	48 / 60 (opt.)	
Max. tool diameter (mm)	Ø76.2			
Max. tool dia. Due to neighbor posts are empty	Ø150			
Max. tool length (mm)	300			
Max. tool weight (kg)	10			
T to T time-ISO 10791-9 (sec.)	1.7			
C to C time-ISO 10791-9 (sec.)	4.1			
Coolant system				
Coolant tank capacity (Liter)	350L			
Pump capacity				
- Nozzle capacity	75L / min., 3 bar			
- Coolant through spindle	-	25 L / min., 8 bar		
- Wash down	75L / min., 11 bar			
Machine size				
Height (mm)	3,000			
Floor space W x D (mm)	30 ATC 48 / 60ATC	2,050 x 3,141		
Weight (kg)	6,000 (30ATC)	6,000(30ATC) 6,400(48ATC) 6,600(60ATC)		
Connections				
Main power	220V / 60Hz or 400V / 50Hz			
Power consumption (KVA)	23 (F) 23 (S) 20.6 (M)	23 (F) 24.8 (T)		

Note: (F) Test condition; values are measured by half of the maximum table load capacity. (M) Only for FANUC control
- Machine specification might be different from the catalogue if there is any specification updates.

Main spindle: (B) Belt spindle (C) Coupling spindle	MV134			
	9B	12B	15C	20C ⁽²⁾
Table size (mm)	940 x 550			
Travel X / Y / Z (mm)	661 / 572 / 560			
Spindle nose to table surface (mm)	100 - 660			
Table load capacity (kg)	500			
Feed force X / Y / Z (N)	4,712 / 4,712 / 8,639 (F) 6,951 / 6,951 / 8,482 (T) 4,712 / 4,712 / 10,603 (S)		4,712 / 4,712 / 8,639 (F) 6,951 / 6,951 / 10,249 (T) 4,712 / 4,712 / 10,603 (S)	
Rapid movement X / Y / Z (m/min)	48 / 48 / 48			
Acceleration X / Y / Z (m/s ²)	8 / 6 / 4 (F) 5 / 3.5 / 5.5 (T) 5.3 / 4.7 / 5.7 (S)		8 / 6 / 4 (F) 4.5 / 3.5 / 5.5 (T) 8 / 5.3 / 5.7 (S)	
Dia & pitch of the ball screw	Ø40 / P= 16			
Accuracy Positioning / Repeatability				
ISO 2302	0.008 / 0.004			
JIS 6338 (300 mm)	±0.003 / ±0.002			
VDI 3441	0.008 / 0.004			
Main spindle				
Spindle Taper	B8140			
Max. spindle speed	9,000	12,000	15,000	20,000
Tool changer				
Tool selection	Random			
Magazine positions	30 (std.) 48 / 60 (opt.)			
Max. tool diameter (mm)	Ø76.2			
Max. tool dia. Due to neighbor posts are empty	Ø150			
Max. tool length (mm)	300			
Max. tool weight (kg)	10			
T to T time-ISO 10791-9 (sec.)	1.7			
C to C time-ISO 10791-9 (sec.)	4.1			
Coolant system				
Coolant tank capacity (Liter)	350L			
Pump capacity				
- Nozzle capacity	75L / min., 3 bar			
- Coolant through spindle	25 L / min., 8 bar			
- Wash down	75L / min., 11 bar			
Machine size				
Height (mm)	3,000			
Floor space W x D (mm)	2,050 x 3,141			
Weight (kg)	6,000(30ATC) 6,400(48ATC) 6,600(60ATC)			
Connections				
Main power	220V / 60Hz or 400V / 50Hz			
Power consumption (KVA)	23 (F) 31.4 (T) 29.3 (S)	23 (F) 29 (T) 27 (S) 29(F)		

Control (F)=FANUC (T)=HIDENHAIN (M)=MITSUBISHI (S)=SIEMENS		MV154 / MV184					Main spindle: (B) Belt spindle (C) Coupling spindle					MV184				
Technical data		MV154 / MV184					MV154 / MV184					MV184				
Spindle code		10C	C	12C	9B	E	9B	12B	15C	20C ⁽¹⁾	15C	M	20C ⁽¹⁾	12C	15C	20C ⁽¹⁾
Work range		900 x 500 1,200 x 600					900 x 500 1,200 x 600					1,200 x 600				
Table size (mm)		762 / 530 / 560 1,020 / 610 / 610					762 / 530 / 560 1,020 / 610 / 610					700 / 530 / 560 900 / 610 / 610				
Travel X / Y / Z (mm)		150 - 710 100 - 710					150 - 710 100 - 710					100 - 710				
Spindle nose to table surface (mm)		500					500					500				
Table load capacity (kg)		4,712 / 4,712 / 11,519					4,712 / 4,712 / 11,519					9,425 / 12,279 / 12,279				
Feed drive		6,951 / 6,951 / 11,310					6,951 / 6,951 / 13,665					16,955 / 20,499 / 20,499				
Feed force X / Y / Z (N)		4,712 / 4,712 / 14,137					4,712 / 4,712 / 14,137					12,556 / 15,708 / 21,206				
Rapid movement X / Y / Z (m/min)		4 / 4 / 4					4 / 4 / 4					3.5 / 3.5 / 8.5				
Acceleration X / Y / Z (m/s ²)		2.5 / 2 / 2					2.5 / 2 / 2					5 / 7 / 8.5				
Dia. & pitch of the ball screw		Ø45 / P = 12 / 12 / 12 (F) Ø45 / P = 12 / 12 / 8 (M) Ø45 / P = 16 / 16 / 8 (S)					Ø45 / P = 16 / 16 / 12 (F) Ø45 / P = 12 / 12 / 8 (T)					Ø45 / P = 8 / 8 / 8				
Accuracy Positioning / Repeatability		0.008 / 0.004					0.008 / 0.004					±0.003 / ±0.002				
ISO 230-2		±0.003 / ±0.002					±0.003 / ±0.002					0.008 / 0.004				
JIS 6338 (300 mm)		0.008 / 0.004					0.008 / 0.004					0.008 / 0.004				
VDI 3441		40 Taper					40 Taper					40 Taper				
Main spindle		10,000					12,000					9,000				
Spindle model		12,000					9,000					12,000				
Max. spindle speed		Random					Random					Random				
Tool changer		30					30 (std.) 48 & 60 (opt.)					30 (std.) 48 & 60 (opt.)				
Tool selection		76.2					76.2					76.2				
Magazine positions		125					125					125				
Max. tool diameter		280					280					280				
w/o adjacent tool		7					7					7				
Max. tool length		4 (F) 4 (M) 4.7 (S)					4 (F) 4.2 (T)					4				
Max. tool weight		480L					480L					480L				
CTC time - ISO 10791-9 (sec.)		75 L / min, 3 bar					75 L / min, 3 bar					75 L / min, 3 bar				
Coolant system		25 L / min, 8 bar					25 L / min, 8 bar					25 L / min, 8 bar				
Coolant tank capacity (Liter)		75 L / min, 3 bar					75 L / min, 3 bar					75 L / min, 3 bar				
Pump capacity		2,860					3,025 / 3,030					3,025 / 3,030				
- Nozzle coolant		2,860					3,025 / 3,030					3,025 / 3,030				
- Coolant through spindle		2,663 x 3,135 / 2,912 x 3,339					2,663 x 3,135 / 2,912 x 3,339					2,912 x 3,339				
- Wash down		2,663 x 3,135 / 2,663 x 3,240					2,912 x 3,339 / 2,912 x 3,349					2,912 x 3,339 / 2,912 x 3,349				
Machine size		6,100-6,400 / 7,090					6,100-6,400 / 7,090					6,890				
Height (mm)		200V / 60Hz or 400V / 50Hz					200V / 60Hz or 400V / 50Hz					200V / 60Hz or 400V / 50Hz				
Floor space W x D (mm)		25 (F) (T) 29 (S)					33 (F) (T) 28 (S)					33 (F) (T)				
Weight (kg)		25 (F) (T) 29 (S)					33 (F) (T) 28 (S)					33 (F) (T)				
Connections		25 (F) (T) 29 (S)					33 (F) (T) 28 (S)					33 (F) (T)				
Main power		25 (F) (T) 29 (S)					33 (F) (T) 28 (S)					33 (F) (T)				
Power consumption (KVA)		25 (F) (T) 29 (S)					33 (F) (T) 28 (S)					33 (F) (T)				

Note: ⁽¹⁾ Test condition; values are measured by half of the maximum table load capacity. ⁽²⁾ Only for FANUC control.
- Machine specification might be different from the catalogue if there is any specification update.

● Standard ○ Option x=N/A

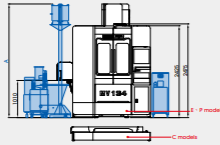
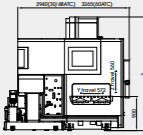
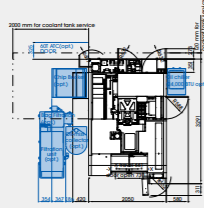
Standard / Option accessories	MV134					MV154 / MV184					MV184					
	C	E	9B	12B	15C	10C	12C	9B	12B	15C	20C	M	20C	12C	15C	20C
Spindle code	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ QUASER mill (AICC) ⁽¹⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Mold machining pack (R640)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ AICC II (Look-ahead 200 blocks)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Smooth tolerance control	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Jerk control	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Machining quality level adjust function	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ FANUC - data server	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ FANUC 318 <AICC II (Look-ahead 200 blocks)>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ FANUC - data server	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ FANUC - high speed processing (Look-ahead 600 blocks)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ HEIDENHAIN TNC40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ HEIDENHAIN advanced function set2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ HEIDENHAIN TNC620	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ SIEMENS 828D	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ MITSUBISHI M80 (package A)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ MITSUBISHI M830	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ 40 Taper 30 position tool magazine	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ 40 Taper 48 position tool magazine	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ 40 Taper 60 position tool magazine	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ 40 Taper 120 position tool magazine ⁽²⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ ATC auto door	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Tooling	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
- BT40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
- ISO40 & DN40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
- HSK A63	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Pull stud for BT tooling	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Balance tooling for spindle warm up	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ BBT spindle attachment (simultaneous contact)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Oil chiller	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ 4" axis preparation	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Ø255mm rotary table & tail stock	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Remote MPG ⁽³⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Transformer ⁽⁴⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Linear scale	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Thermal compensation	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Work probe receive OMI-2T	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Work probe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Tool length / backage measurement	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Coolant system	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Coolant wash down / wash gun	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Air gun	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Coolant through ball screw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Coolant through spindle - 8 bar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Coolant through spindle - 20 bar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Coolant through spindle - 50 bar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Cutter air blast	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Chip auger	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Scraper external lift-up conveyor	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Hinge external lift-up conveyor	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Scraper external lift-up conveyor (drum type)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Hinge external lift-up conveyor (drum type)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Oil-mist collector	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Bag filtration	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Filtration unit ⁽⁵⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Documentation (CD-ROM) ⁽⁶⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Total Enclosure Guard (with top side cover)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Foundation bolts & blocks	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Work light	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ Machine status light	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
■ CE & EMC ⁽⁷⁾ / GB	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Note: ⁽¹⁾ HEIDENHAIN as standard.
⁽²⁾ Transformer as standard or option item will be varied according to control system and power supply condition.
⁽³⁾ Paper documentation is option. ⁽⁴⁾ Standard for EU area except C type. ⁽⁵⁾ Only for MV184 coupling spindle.
⁽⁶⁾ Machine specification might be different from the catalog if there is any specification update.

MV134

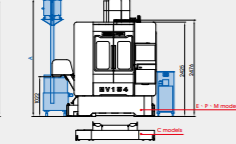
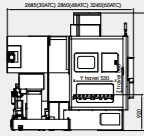
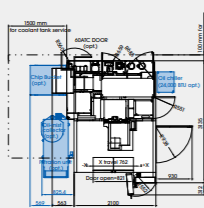
Installation dimension

A	10C/15C/20C	3,035
	9B / 12B	2,915



MV154

A	10C/12C/15C/20C	3,025
	9B / 12B	2,860



MV184

Installation dimension

A	10C/12C/15C/20C	3,030
	9B / 12B	2,860

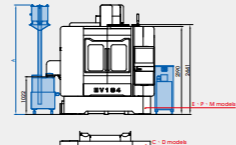
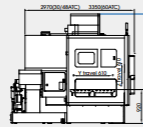
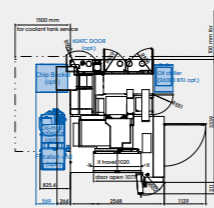
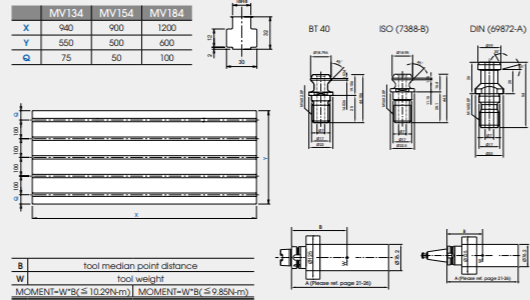


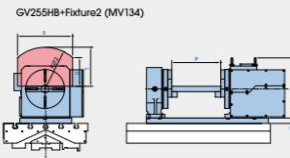
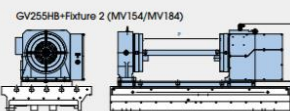
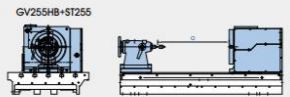
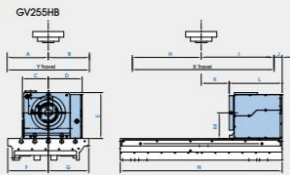
Table dimension

	MV134	MV154	MV184
X	940	900	1200
Y	550	500	600
Q	75	50	100

Pull stud and applicable tools



	MV134	MV154	MV184
A	286	265	305
B	286	265	305
C	192	192	192
D	251	251	251
E	352	352	352
F	375	265	300
G	175	250	300
H	330.5	381	510
I	332.5	381	510
J	232	98	30
K	170	55.5	147.5
L	392.5	392.5	392.5
M	190	190	190
N	940	900	1200
O	364	230	470
P	340	300	515
Q	391	391	391
R	35	35	35
S	360	-	-



- Very classic craftsmanship combined with the most advanced modern equipment in a clean environment...

QUASER MACHINE TOOLS, INC.

Address: No. 3, Gong 6th Rd., Youshih Industrial Park, Dajia Dist, Taichung City 437, Taiwan
 Tel: +886 4 26821277
 Fax: +886 4 26822045
 E-mail: sales@qmt.com.tw
 Web: www.quaser.com



QUASER EUROPE TECHNIC CENTER - SWITZERLAND

Address: Unterleffenschosse 16, CH- 9443 Widnau Switzerland
 Tel: +41 71 722 43 43
 Mobile phone: +41792229229
 E-mail: qe@qmt.com.tw



KUNSHAN QUASER MACHINE TOOLS, INC.

Address: (B) No. 287, Kangshuang Road, Zhouzhi Town, Kunshan City, Jiangsu P.R. China
 Tel: 0512-82627139
 Fax: 0512-82627138
 E-mail: qmtc@qmt.com.tw



QUASER AMERICA MACHINE TOOLS INC.

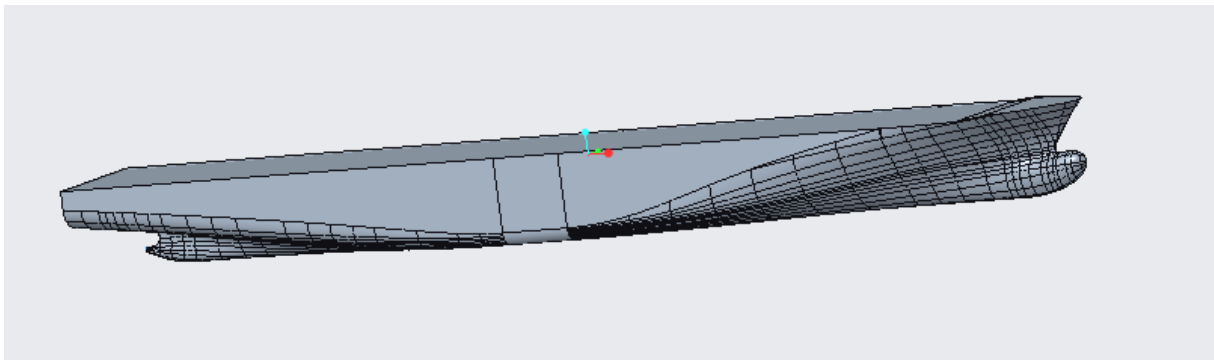
Address: 3049 Southcross Boulevard, Rock Hill, SC, 29730, UNITED STATES
 Tel: +1 803-324-7123
 Fax: +1 888-459-6175
 E-mail: qa@qmt.com.tw



Vedlegg 4

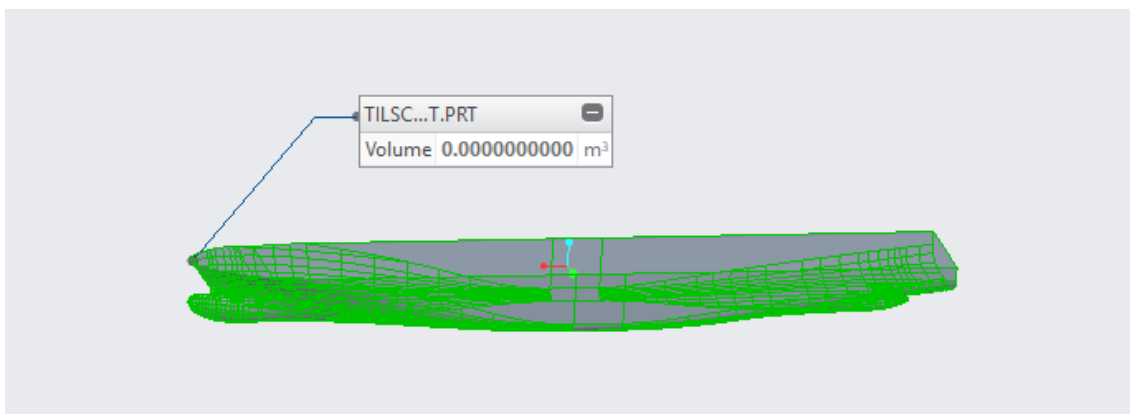
Et velkjent problem innen fresing av modellbåter er at fresen som brukes bare opererer med en type filer. F.eks STEP, IGS, part osv. Dette er problemer som til en viss grad kan fikses ganske raskt, og vil trolig kunne la seg løse ved endring av lagringstype. Det som skaper større problemer er om fresen som blir operert ikke evner å oppdage overflater uten masse. Dette var tilfellet ved fresen på HVL avd. Bergen. Det ble tildelt en tegning av et containerskip i prt.-format fra instituttet som er hentet fra internett. Skroget tilhører som nevnt et containerskip og er gjort mange tester av på universitet Duisburg-Essen i Tyskland. Det er et skip som brukes for validering/benchmarking over hele verden. Filer av typen prt. jobber Creo Parametric godt med og det skulle ikke være et problem å skalere denne filen til ønsket størrelse og for øvrig gjøre andre ønskelige endringer.

Dette viste seg raskt å bli et stort problem da filen som ble tildelt var en tegning av et skrog som ikke hadde masse. Altså en overflate uten masse, på lik linje med en «sketch» i Creo.



Figur 16 : Utdelt tegning av skrog.

Dette skaper i hovedsak to problemer; det er ikke mulig å velge enkelte segmenter av skroget for å sette en «offset» verdi på modellen. Dette er ønskelig for å skape forskjellig tykkelse i skroget for fresing før og etter sparkellaget er lagt på. Det andre problemet som gjør seg gjeldende ved en slik type tegning er at fresen ved HVL ikke oppfatter skroget som noe overflate og det er dermed ikke mulig å lokalisere et «emne» til fresing. Om volumet til skroget blir målt, blir resultatet lik 0.

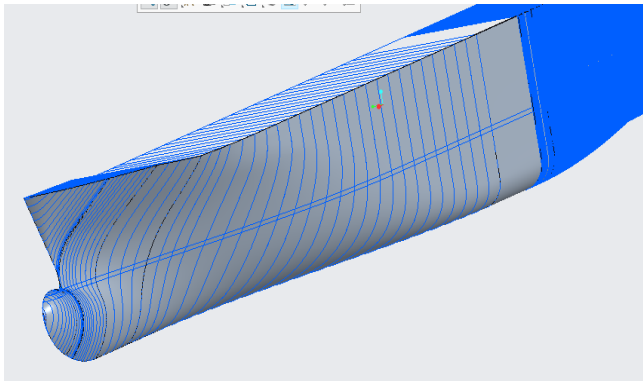


Figur 17: DTC, hvor det viser at volumet er 0.

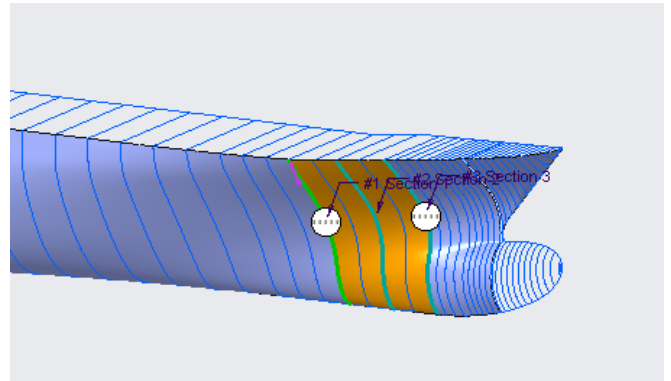
Det ble jobbet en del rundt dette problemet og det ble forsøkt å finne raske og enkle løsninger på problemet. Det viste seg å ikke være noen smal sak å finne en slik løsning, og det ble dermed bestemt at hele skroget måtte tegnes på nytt etter den opprinnelige tegningen fra Duisburg Test Case.

Her er det trolig mange måter å gjøre det på, men fremgangsmåten som ble valgt var å legge mange «Y-Z»-plan fremover lang x-aksen på skipet og deretter skape egne skott ved å ta ut linjene som kommer

av å bruke intersect-funksjonen i Creo mellom planene og skroget, og deretter bruke blend-funksjonen mellom skottene for å skape en overflate som følger skipets opprinnelige form.

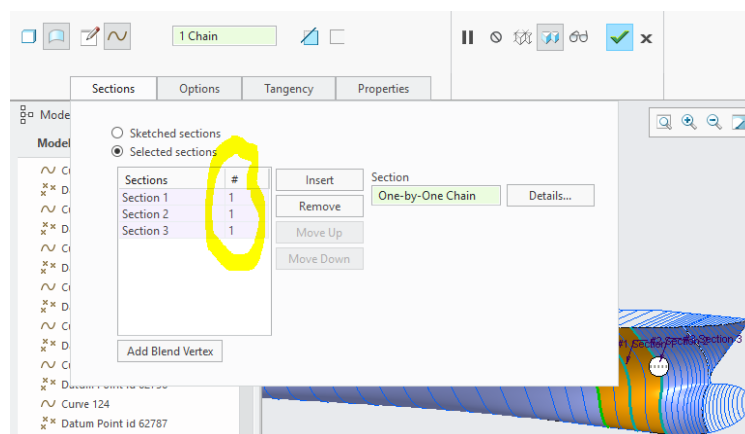


Figur 19: intersection mellom plan og skrog.



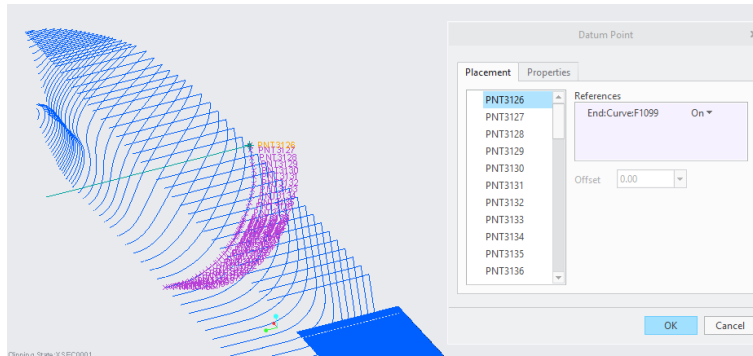
Figur 18 :blend-funksjon mellom skott.

Dette ble fort en tidkrevende oppgave da det ikke er mulig å bruke linjene som kommer fra intersect-funksjonen til å «blende» seg fremover, da disse har ulikt antall punkt i seg utfra hvor lange de er. Hadde de hatt like mange punkt hver, så ville dette kunne brukes for en raskere gjennomførelse men dette er ikke mulig. Det som til slutt ble fremgangsmåten var å legge inn punkter på selve linjene fra intersect-funksjonen og lage en linje fra disse punktene.



Figur 20 : Gul ring markerer antal punkter creo oppfatter linjen som.

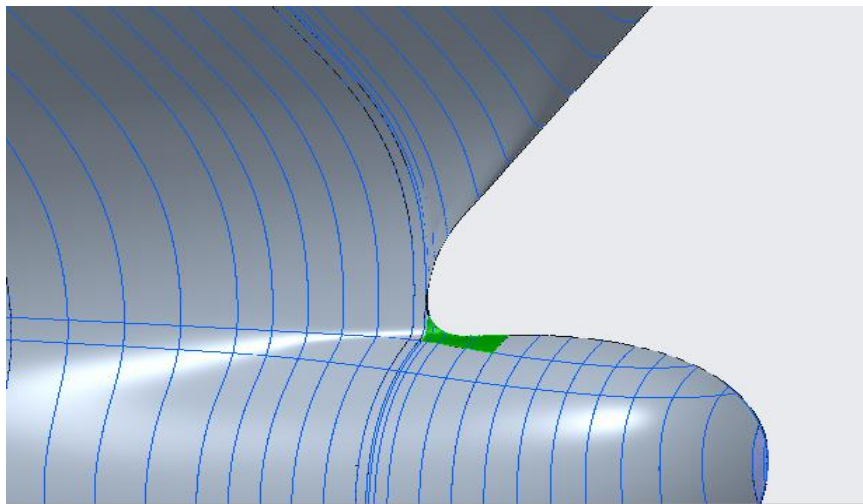
Det har da ikke noe å si hvor mange punkter man legger på linjen. Når linjene blir konstruert på denne måten oppfatter Creo hele linjen som ett punkt, og man vil få det på alle linjene man konstruerer på samme måte.



Figur 21 : punkter på "intersect-linjene".

Det man trenger å bekymre seg for når man bruker denne måten å lage linjer på er å legge inn nok punkt og passe på å legge punkter tett inntil skarpe hjørner. Når programmet ikke lenger tillater deg å trykke så nærme det forrige punktet du la inn, går det an å manuelt legge inn en relativ avstand fra punktet og dermed få en høyere nøyaktighet. For referanse ble denne modellen skalert ned slik at den var 1,85m lang og det ble da lagt inn i overkant av 9000 punkter for å skape høy nok nøyaktighet.

I spesielt detaljerte områder kan det være nødvendig å avgrense områdene og bruke funksjonen «boundary blend» og fra dette få en mer nøyaktig overflate enn ved bruk av «blend».



Figur 22: boundary blend ved detaljert område i baug.

Det som gjør at denne måten er mulig å benytte seg av er at når overflaten på skroget er konstruert, er det mulig å velge hvert enkelt skott-mellomrom og legge en tykkelse på det. Dette gjør at fresen klarer å lokalisere en solid overflate og det er da mulig å sette ett «emne» på tegningen.

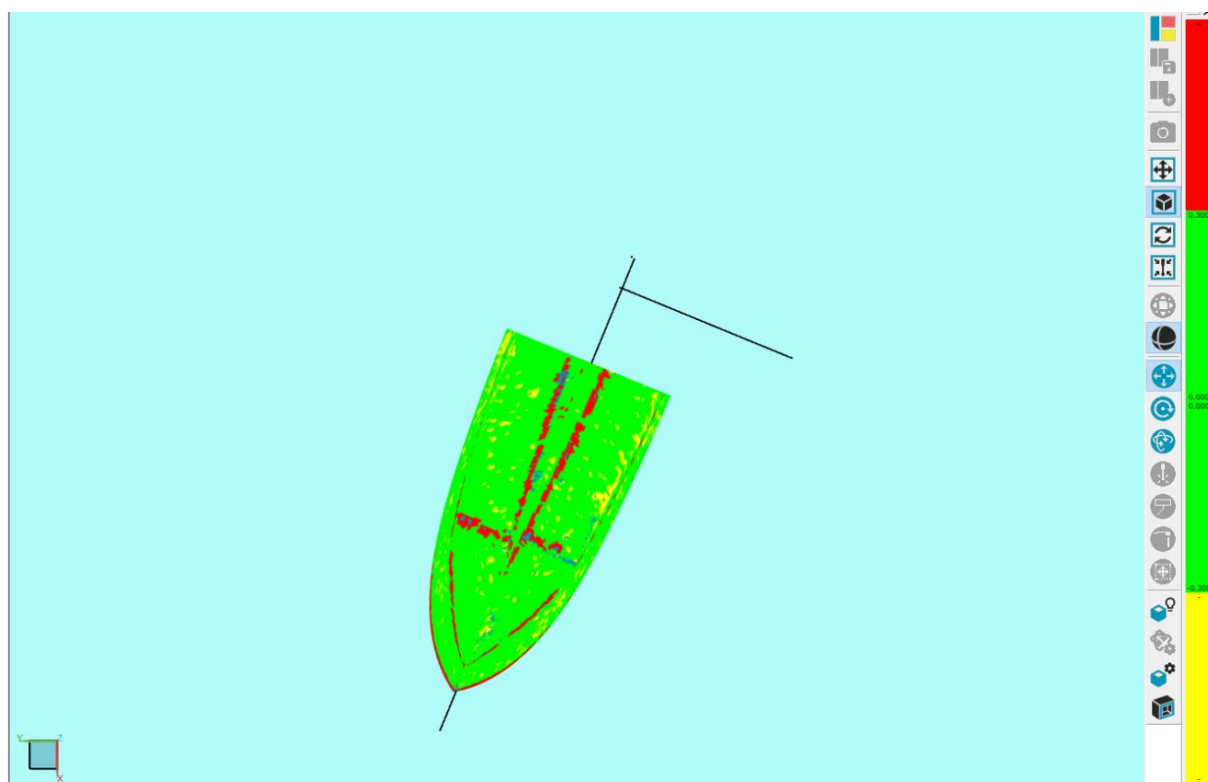
Som nevnt tidligere er det ønskelig med en litt mindre modell som blir frest ut i Divinycell og deretter legger på et lag med sparkel som igjen må freses. Modellen som freses etter sparkel er tilført skal være i den ønskede størrelsen til det ferdige produktet. Det er som oftest den ferdige modellen man konstruerer i tegneprogram, og deretter brukes tegneprogram for å skalere ned eller sette en offset-verdi på skroget og dermed lage en mindre eller større modell. Offset-verdi er mulig å sette i Creo for hvert enkelt skott etter man har konstruert linjene, men dette vil også bli en tidkrevende og trolig komplisert jobb å gjennomføre. Det som alternativt kan gjøres er å «lure» fresemaskinen til å frese bort mer materiale enn den egentlig skal, ved å manipulere dimensjonene på fresehodet som skal brukes. Dimensjonene til fresehode blir lagt inn i systemet manuelt og kan dermed overstyres. Dette gjør det mulig å lage en form for offset på modellen som blir levert til fresing.

Det har i etterkant blitt forsøkt med alternative metoder og programmer som kan gjøre dette til en mindre tidkrevende prosess. Det ble ikke funnet noen revolusjonerende funn i andre metoder. Det ble lagt ut som et spørsmål på Autodesk sine hjelpesider hvor folk som har god erfaring med tegneprogrammer kan svare fritt og man kan diskutere løsninger. De fleste svarte at måten de ville brukt var å gjøre det på samsvarende måte som beskrevet over, men i AutoCAD, da dette er et mer populært program å bruke innen slike fagfelt. Her er det en funksjon som heter Surfsculp, denne lager en solid overflate av en slik tegning. Problemet med denne modellen var at det er flere små hull i båten og programmet klarer ikke å finne en vanntett overflate. Det som derimot var interessant var at det er en funksjon i Autodesk Powershape sin fullversjon av programvaren som tilbyr en evne til å gjøre en slik tegning «watertight», dette gjør at man får en sammenhengende og tett overflate fra for eksempel en Sketch, nettopp det som er ønskelig i et slikt tilfelle. Man kan deretter legge denne filen tilbake i AutoCAD og få en tegning hvor det er mulig å benytte seg av surfsculpt. Dette krever som sagt fullversjonen av Powershape, og er ikke tilgjengelig i studentversjonen. Dette er nok mulig å finne en løsning på, hvor man for eksempel får leie eller låne en datamaskin med lisens.

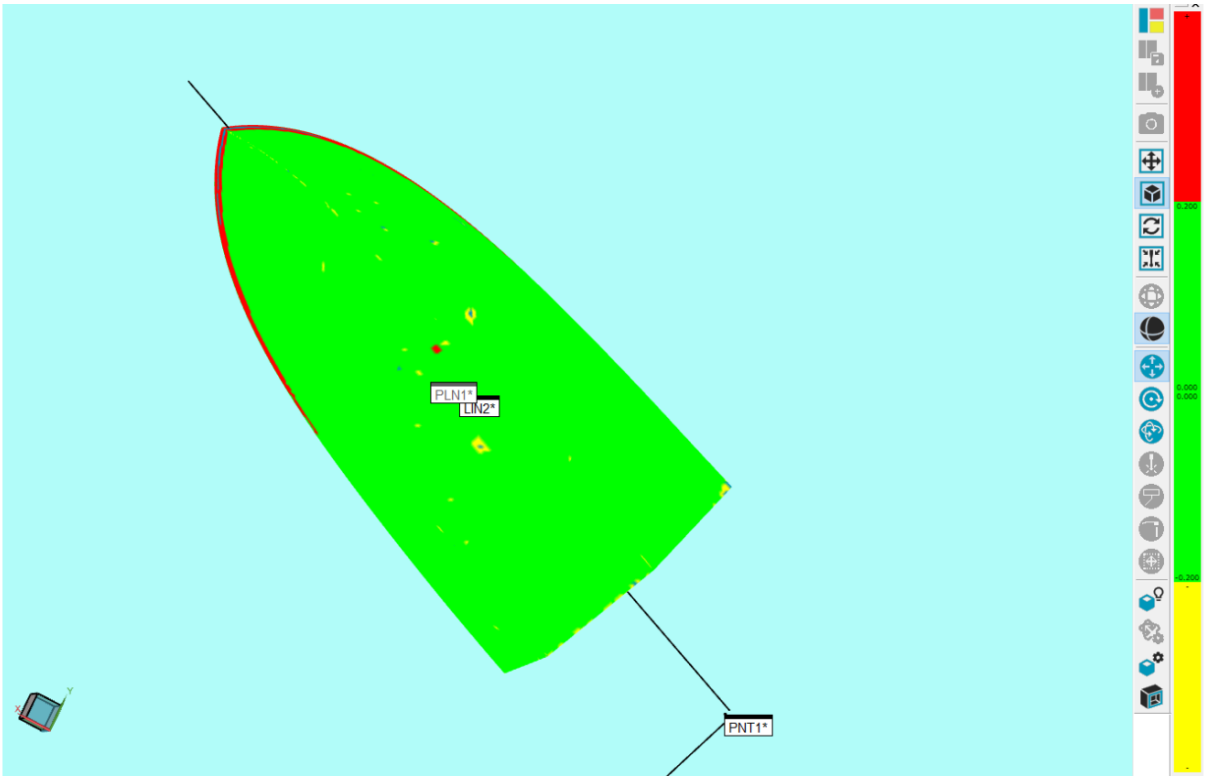
Vedlegg 5

Tabell 6: Fargekode på avvik i PCDMIS.

Farge	Avvik [mm]
Grønn	> 0,3
Gul	< 0,3 mindre enn CAD-fil
Rød	< 0,3 større enn CAD-fil



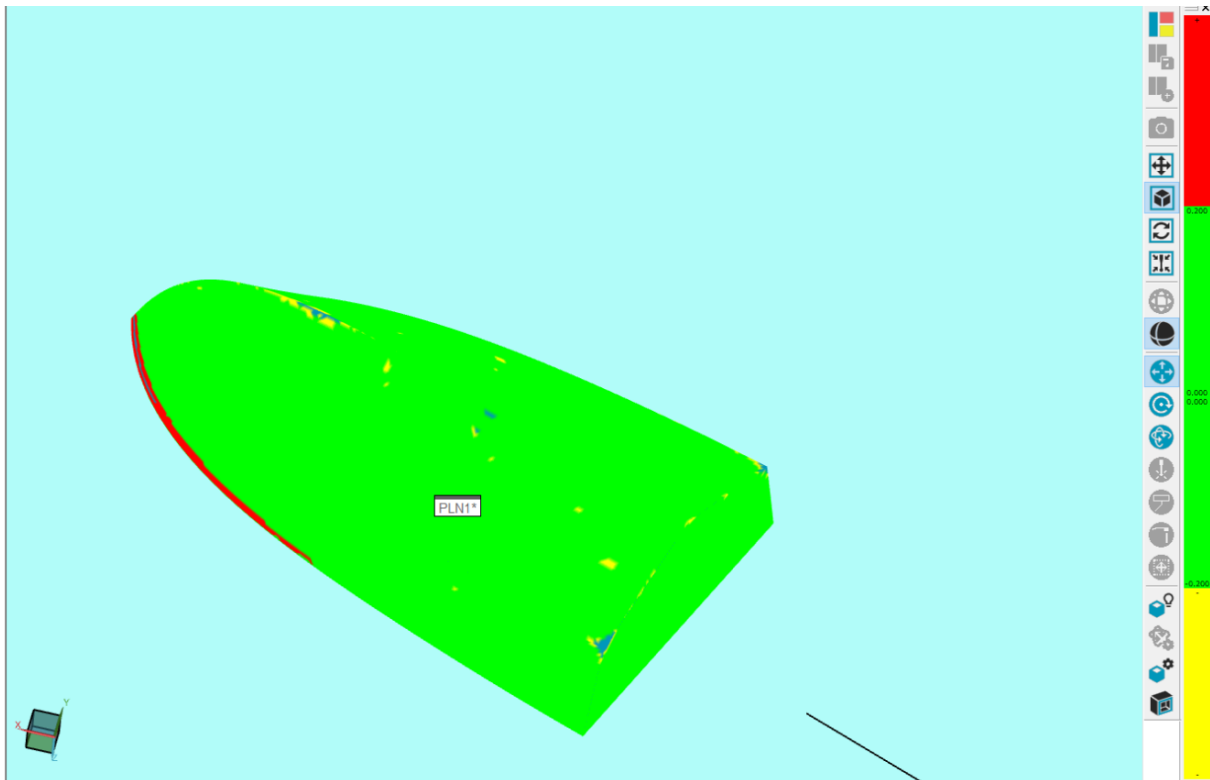
Figur 23: 1,5mm mangle på sparkel, kun Divinycell.



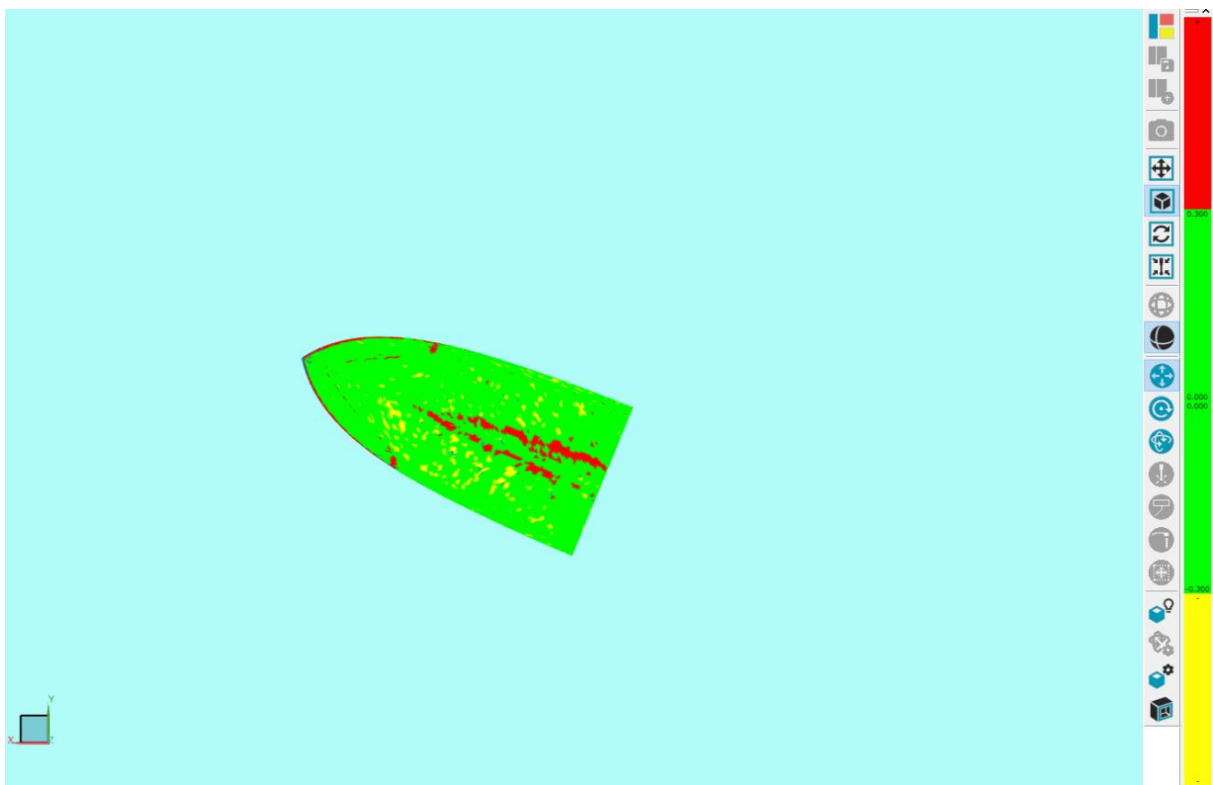
Figur 24: 1,5 mm sparkel.



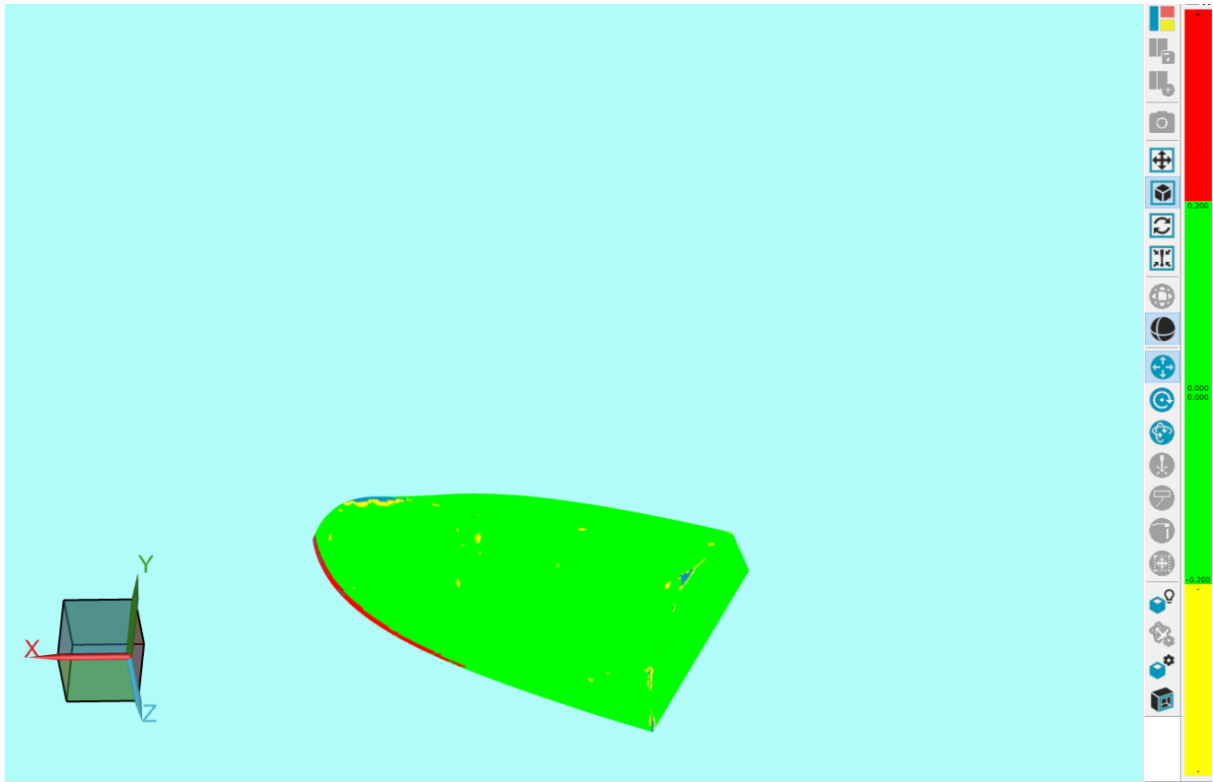
Figur 25: 2 mm mangle på sparkel, kun Divinycell.



Figur 26: 2 mm sparkel.



Figur 27: 3 mm mangle på sparkel, kun Divinycell.



Figur 28: 3 mm sparkel.

