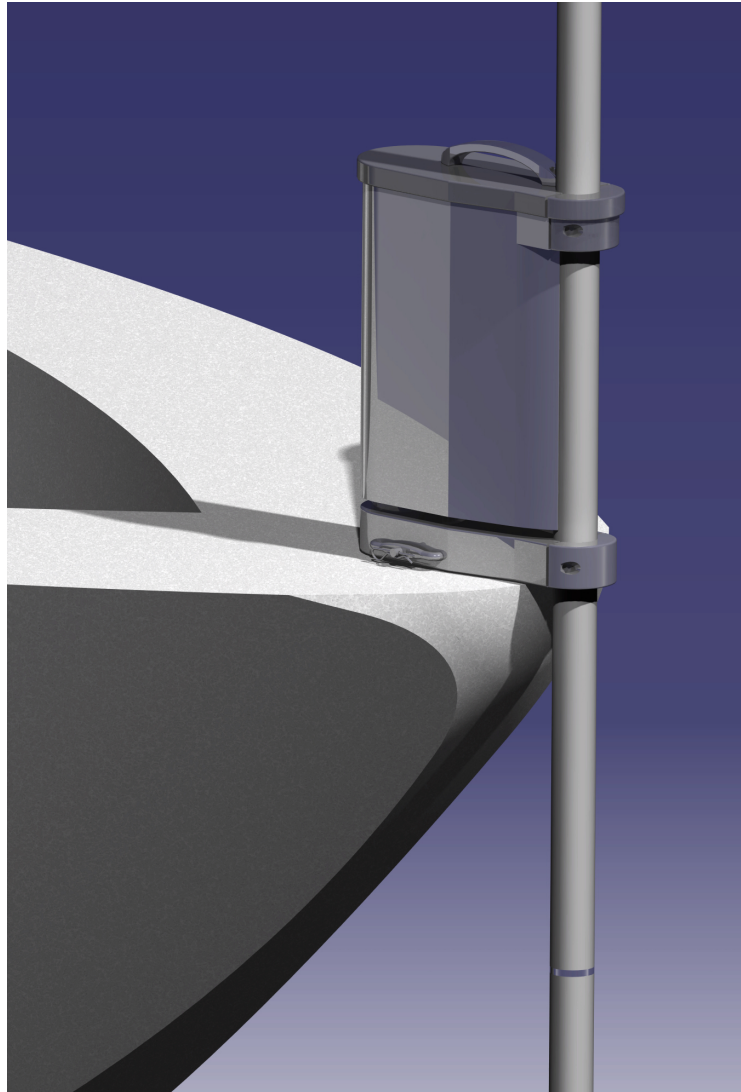




CHALMERS



Grundvattenankare

Produktutveckling av grundvattenankare

Kandidatarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

NIKLAS JOHANSSON
MATHIAS KARLSSON

Institutionen för Industri- och materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete IMXS20
Göteborg, Sverige 2019

EXAMENSARBETE IMXS20

Grundvattenankare

Produktutveckling av grundvattenankare

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Niklas Johansson
Mathias Karlsson

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2019

Grundvattenankare

Produktutveckling av grundvattenankare

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Niklas Johansson

Mathias Karlsson

© Niklas Johansson & Mathias Karlsson, 2019

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap, Chalmers Tekniska Högskola

412 96 Göteborg, Sweden

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Slutresultatet av det utvecklade grundvattenankaret.

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Göteborg 2019

Shallow Water Anchor

Bachelor's thesis in the engineering programme Mechanical Engineering

NIKLAS JOHANSSON
MATHIAS KARLSSON

Department of Industry and Material science, Chalmers University of Technology

Abstract

This report aims towards developing a convenient shallow water anchor whilst keeping the costs down. The anchor is supposed to fit leisure boats with a length up to six meters long, in depths of maximum five meters. The current market for those types of anchors are growing but most of the products are very expensive.

With a market evaluation and a poll, the current market is analyzed to see if there are any ideas that could be implemented into the new concepts. The newly generated concepts are later screened to decide what concept to build upon. With the concept choice made, much effort goes into product development with choices of materials, dimensions and design to make the product attractive. Some FEM-analyzes has been performed to see how the product cope with different loads. The project has mainly been performed in Conmore's headquarter, with the main question; can a shallow water anchor be developed that is very convenient but not as expensive as the ones already on the market?

Keywords: Conmore, anchor, shallow water anchor, leisure boat, FEM, CAD, boat

Förord

Detta examensarbete är genomfört under sista terminen av högskoleingenjörsutbildningen inom maskinteknik på Chalmers Tekniska Högskola, arbetet är på 15hp av de totala 180hp som programmet innefattar. Det mesta av arbetet har skett på Conmore i Mölndal där vi har fått hjälp och stöttning under hela projektet.

Vi vill framförallt tacka våra handledare Rickard Kempe och Sophie Hertz på Conmore samt vår examinator Christer Persson.

Niklas Johansson & Mathias Karlsson, Juni 2019

Begrepp

Catia V5	-	Programvara för CAD (Computer Aided Design)
FEM	-	Finita Element Metoden
CES Edupack	-	Materialdatabas
Shallow water anchor	-	Grundvattenankare

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte & Mål	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. Teoretisk referensram.....	3
2.1 Traditionellt ankare	3
2.2 GPS-styrd elmotor	5
2.3 Shallow water anchor	6
2.4 Vårt koncept	8
3. Metod	9
3.1 Marknadsundersökning	9
3.2 Kravspecifikation	16
3.3 Konceptgenerering	17
3.3.1. Koncept 1	17
3.3.2. Koncept 2	17
3.3.3. Koncept 3	18
3.3.4. Koncept 4	18
3.3.5. Koncept 5	19
3.3.6. Koncept 6	19
3.4 Konceptval	20
4. Utveckling av valt koncept.....	21
4.1 Kraftberäkningar	21
4.1.1 Vindpåverkan	21
4.1.2 E-modul	22
4.1.4 Dragning	23
4.1.6 Fjäderkraft	23
4.2 Potentiella material.....	25
4.2.1 Aluminium	26
4.2.2 Polyamid PA	27
4.2.3 Glasfiber	27
4.2.4 Rostfritt stål	27
4.3 Tillverkningsteknik	28
4.3.1 Skärande bearbetning	28

4.3.2 Extrudering [4]	28
4.3.3 Formsprutning [4]	29
4.3.4 Gjutning [4]	29
4.4 Praktiskt test av förenklad modell	30
4.5 CAD-modell	31
4.6 FEM-analys	31
4.7 Initial produkt	31
4.7.1 Initial CAD-modell	33
4.7.2 Initial FEM-analys.....	34
4.8 Uppdaterad produkt.....	36
4.8.1 CAD	36
4.8.2 FEM.....	44
5. Resultat	47
5.1 Slutgiltig produkt.....	47
5.2 Materialval	47
5.3 Tillverkningsteknik	48
6. Diskussion	49
7. Slutsats	50
8. Referenser.....	51
9. Bilagor	53

1. Inledning

1.1 Bakgrund

För att få fritidsbåtar att ligga still vid önskad position så är det vanligaste sättet att gå till väga idag att använda sig utav ett ankare med tillhörande kätting och ankarlina, ett tillvägagångssätt som använts under lång tid och som har sina fördelar men också flertalet nackdelar.

Principen är enkel, ankaret placeras på botten, ankarlinan fästs dels i kättingen på ankaret i ena änden och i båten i den andra, när ström eller vind tar tag i båten och börjar föra den ur position så får ankaret fäste i botten varpå ankarlinan spänns och båten hålls i position.

Nackdelen med denna metod är behovet av ankarlinan som ofta upplevs som ett otrevligt inslag när man skall ta upp ankaret, dels är den blöt, dels fastnar det brännmanetstrådar när metoden används i saltvatten, men det största problemet är troligen momentet vid upptagning av ankaret som ofta upplevs som väldigt tungt att utföra. Metoden medför även en ganska oprecis positionering av båten då båten kan rotera i en radie runt ankarpunkten om vinden eller strömmen vrider, denna radie kan då bli ganska stor beroende på längden av ankarlinan.

Ett annat problem som bör nämnas är det är ganska vanligt att ankaret fastnar i botten eller kilar fast sig mellan stenar, det medför att linan får kapas vid båten för att sedan dumpas i havet, något som dels innebär en ekonomisk förlust för brukaren men också en påfrestning på miljön.

Ett alternativ till vanligt ankare är en lösning där man för ner en teleskopisk kompositstav från båten ner i botten för att på så sätt hålla positionen, det här är en lösning som främst används i USA i nuläget, men ett ökat intresse och brukande har de senaste åren ökat i Sverige, då främst av sportfiskare.

Nackdelen med de lösningar av grundvattenankare som finns tillgängliga på den svenska marknaden är att de är dyra, elektriskt styrda och skrymmande vilket gör att de inte passar till alla typer av båtar, prisbilden bidrar sannolikt till att den stora massan inte fått upp ögonen för denna typ av lösning ännu.

1.2 Syfte & Mål

Syftet med detta projekt var att försöka ta fram ett enklare, billigare och mer flexibelt alternativ av ett grundvattenankare utan att göra avkall på den grundläggande funktionen.

Tanken var att produkten skall passa flertalet olika båttyper och storlekar av dessa, vi vill även få "vanliga" fritidsbåtsanvändare att få upp ögonen för denna typ av produkt. Då Sverige är ett av de båtätaste länderna per invånare så bör den svenska marknaden vara tämligen stor. [9]

1.3 Avgränsningar

Projektet är tänkt att avse en produktframtagning med fokus på konstruktion.

Produkten avses att passa till små och medelstora motorbåtar upp till 6m, båtar längre än detta kommer produkten inte anpassas för i detta arbete.

Materiallära och tillverkningstekniker kommer avhandlas då det kommer att vara en central del av framtagningsprocessen.

Vi kommer inte utveckla någon mjukvara eller elektronisk styrning för produkten.

Intervall avseende ankringsdjup kommer att vara 0-5 m.

1.4 Precisering av frågeställningen

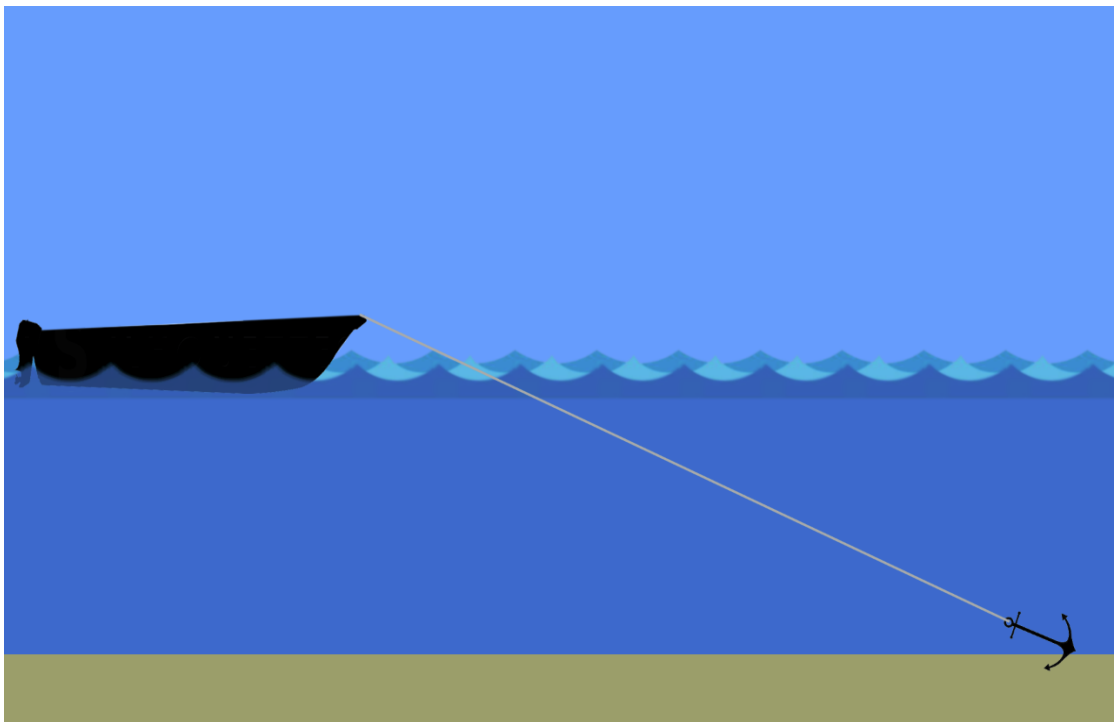
Hur skulle ett koncept kunna se ut där priset är avsevärt lägre än dagens lösningar samtidigt som avkall på den grundläggande funktionen undviks?

2. Teoretisk referensram

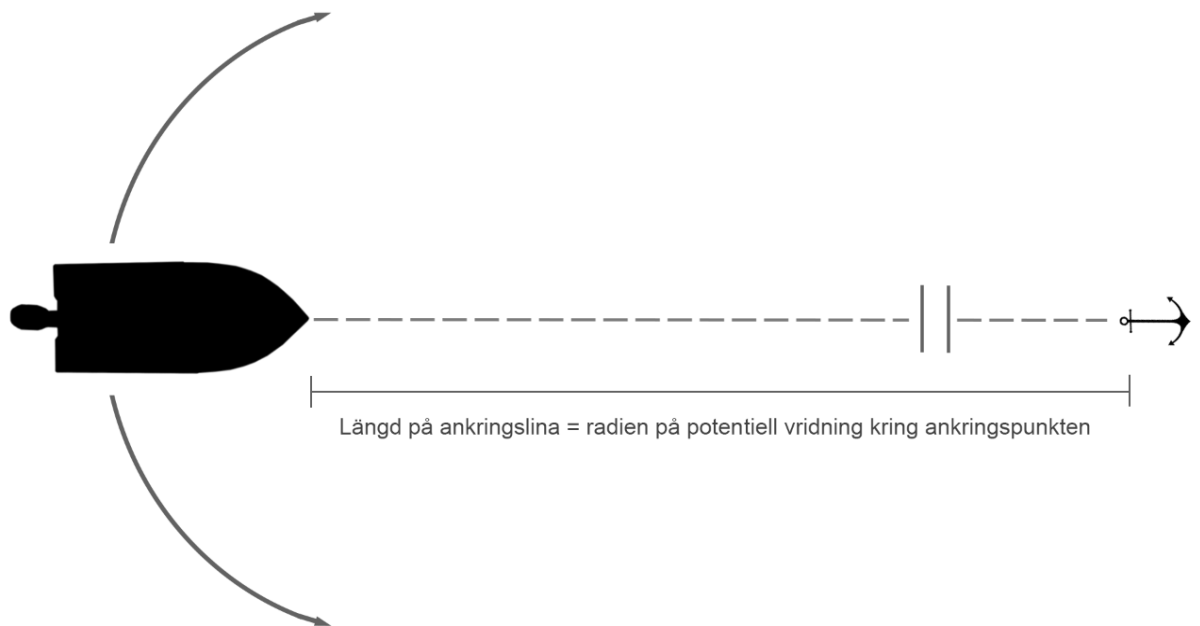
2.1 Traditionellt ankare

Den vanligast förekommande metoden för att ankra en båt, alltså att få båten att ligga still på önskad plats utan att använda sig av motorkraft, oavsett storlek på båt eller var man än befinner sig i världen är att använda sig av en tyngd av något slag som placeras på havs/sjöbotten med en lina eller kätting som förbinder tyngden och båten i varsin ände. När båten börjar driva av vattnets strömmar eller med hjälp av vinden så spänns den förbindande linan varpå ankaret, om det är rätt dimensionerat och anpassat till botten typen skall gräva ner sig något i botten, få fäste och förhindra ytterligare drift av båten.

Detta sätt att statiskt positionera en båt har använts under lång tid och det är lätt att förstå varför då metoden är genialiskt enkel sett till hur effektiv den är för att uppnå det tänkta målet. Effektiviteten är dock beroende av korrekt dimensionering sett till storleksration mellan ankare och båt, adekvat längd på den förbindande linan och att den använda ankartypen är konstruerad på ett sådant sätt att den får ett bra fäste i den botten typ som råder på ankringsplatsen.



Figur 1. Illustration av hur ett traditionellt ankare används.



Figur 2. Visar hur ankringslinan skapar en radie runt ankringspunkten.

Som figur 2. visar så ger den traditionella ankringsmetoden en viss roteringsradie kring ankringspunkten. Denna radie beror på hur lång lina man har till ankaret och vilket djup man ankrar på. Vinden eller strömmen påverkar sedan åt vilket håll båten ligger i förhållande till ankringspunkten. Generellt sett är en längre ankringslina att föredra då det ger en mer pålitlig ankring. Nackdelen är dock att ankringsradien blir längre.

2.2 GPS-styrd elmotor

Ett av de få alternativ till traditionellt ankare som finns på marknaden idag är en elmotor som med hjälp av GPS-teknik håller båten på plats vid vald position. Detta sker helt automatiserad genom ständiga korrigeringar för att motverka avdrift.

När enheten har drivit ifrån den valda ankringspunkten med 1m så sker en snabb korrigering för att snabbt ta sig tillbaka till "nollpunkten". [10]

Då tekniken är av elektronisk karaktär så krävs det energitillförsel som sker via ett eller flera batterier för att motorn skall fungera.



Figur 3. Båt ankrad med en GPS-styrd elmotor. [17]

Denna teknik introducerades för den kommersiella marknaden 2008 när företaget Minn Kota släppte den första produkten med automatisk styrning via gps-system. Med åren har även andra företag släppt liknande produkter, i dagsläget så är det en handfull aktörer som erbjuder denna typ av lösning.

2.3 Shallow water anchor

En annan elektromekanisk lösning för ankring på grunt vatten är så kallade “shallow water anchors”, vilka är en grupp lösningar där principen för att hålla båten positionerad är likartade men med vissa mekaniska lösningar som särskiljer produkterna.

Den gemensamma principen för dessa är att båten hålls i position genom att en stång förs ner en bit i bottenmassan under båten och på så sätt förhindrar avdrift av båten.

Produkten monteras i den bakre delen av båten, mer specifikt på båts akterspegel vid sidan av motorn. Beroende på vilken produkt man använder så förs antingen en teleskopisk stång i rakt vertikalt led ned i vattenmassan med hjälp av en elektrisk motor, alternativt fälls en ledad arm med en stång längst ut bakåt och nedåt ned i bottenmassan.



Figur 4. Båt ankrad med typen “Talon shallow water anchor”. [15]



Figur 5. Båt ankrad med typen “Power pole shallow water anchor”. [16]

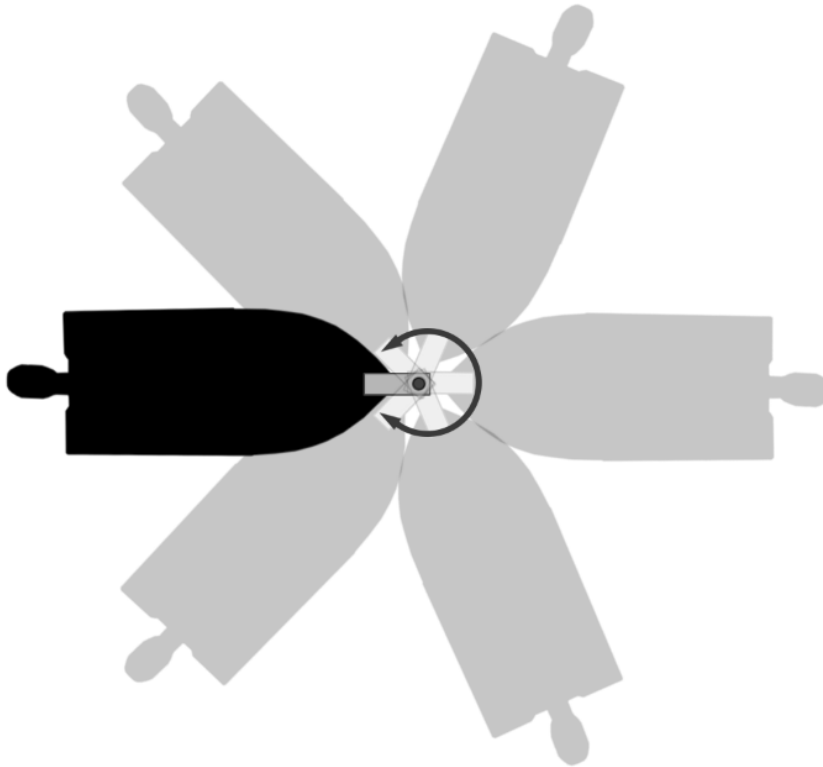
Då produkterna inte är monterade centralt längst centrumlinjen på båten så innebär detta att det ofta är nödvändigt att montera en enhet på var sida om båtens motor för att undvika rotation vid påverkan av vind och/eller ström. Detta innebär dubbel kostnad vid inköp av produkter, likaså dubblerad elförbrukning vid användning.

Man kan således resonera kring huruvida placeringen och därigenom utformningen på produkterna är det optimala sett till den huvudsakliga uppgift som produkten har, att hålla båten på önskad plats på effektivt sätt. [11, 12]

2.4 Vårt koncept

I figur 6 sker istället ankringen med det nya tänkta konceptet, bilden illustrerar att visa när staven är nedtryckt i bottenmassan, samt hur båten kan rotera runt staven pga. vind och ström.

Ankringsradien blir i motsats till traditionellt ankare obefintlig då båten endast kommer att rotera runt staven som sitter fast i huset som är fast monterat i fören av båten.



Figur 6. Visar hur båten roterar runt ankringspunkten med ett "shallow water anchor".

3. Metod

3.1 Marknadsundersökning

För att få en djupare inblick i hur den potentiella marknaden för ett nytt ankringsalternativ såg ut så togs en enkät fram med avsikten att försöka nå ut till svenska båtanvändare.

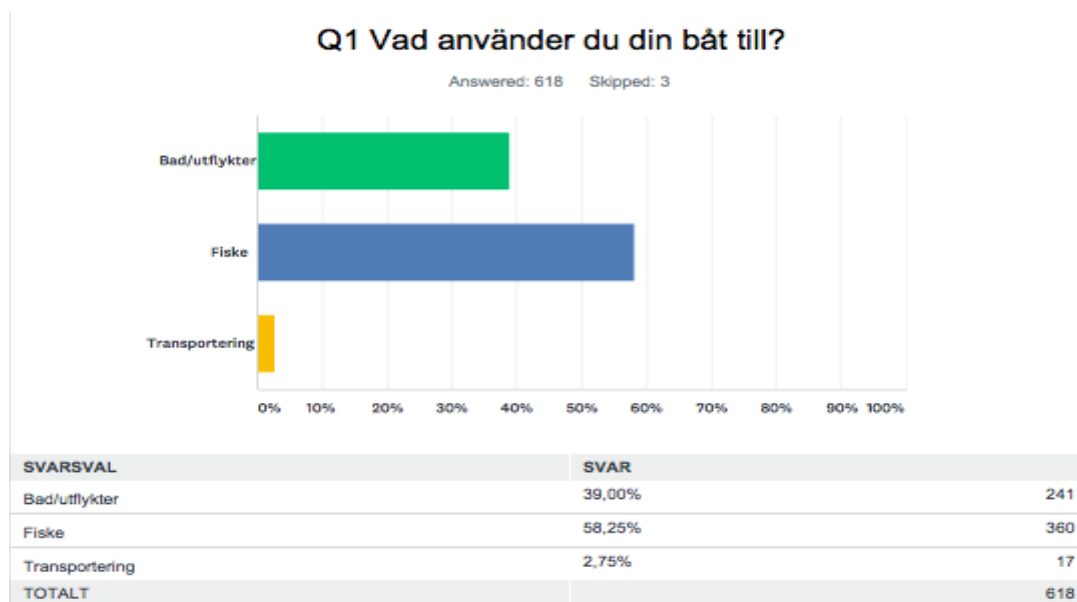
Valet föll på att nå ut till relevanta personer genom specifika båtägargrupper på facebook och ett antal internetforum för båtägare. För att försöka eliminera att enkäten enbart skulle nå ut till en viss brukargrupp exempelvis enbart sportfiskare alternativt enbart fritidsanvändare så gjordes valet att försöka sprida enkäten i grupper med olika slags brukare.

I informationen kring enkäten gjordes ett försök att specificera att frågorna var framtagna för ägare till båtar i storlekar upp till cirka 7 m.

Enkäten ämnade ge klarhet i vad båtägarna i huvudsak använde sina båtar till, vilken metod man valde för att ankra upp sin båt, i vilken utsträckning man kände till andra ankringsalternativ samt vilka problem man såg med de olika alternativen. De svarande var en blandad grupp från både fiskeforum [13-2] och fritidsbåt-grupper [13-1] på Facebook och enkäten genomfördes med hjälp av plattformen SurveyMonkey. [13]

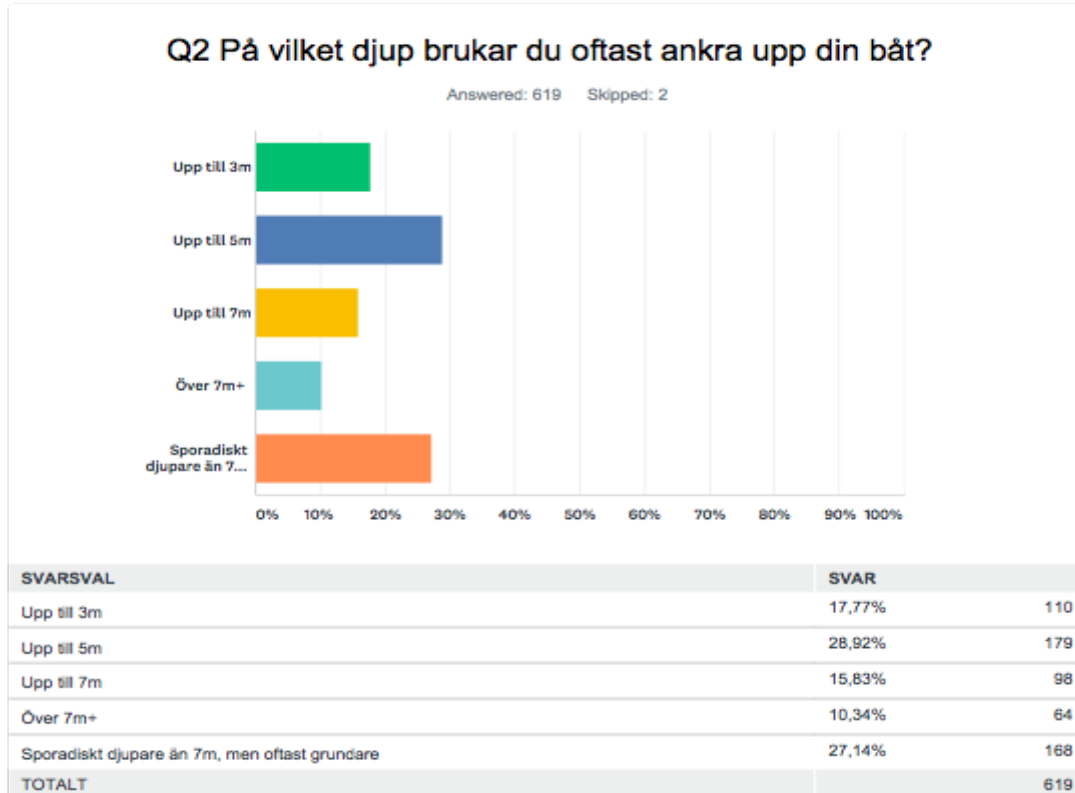
Av de drygt sexhundra unika svaranden som ställde upp i enkäten så kunde ett flertal slutsatser dras kring de frågeställningarna gällande brukarvanor, kännedom om alternativa produkter, upplevda nackdelar med presenterade alternativ samt intressant prisintervall för den tänkta produkten.

På den första frågan som gällde vad man i huvudsak använde sin båt till så svarade 58% fiske, 39% angav bad/utflykter och endast 3% svarade transporterering.



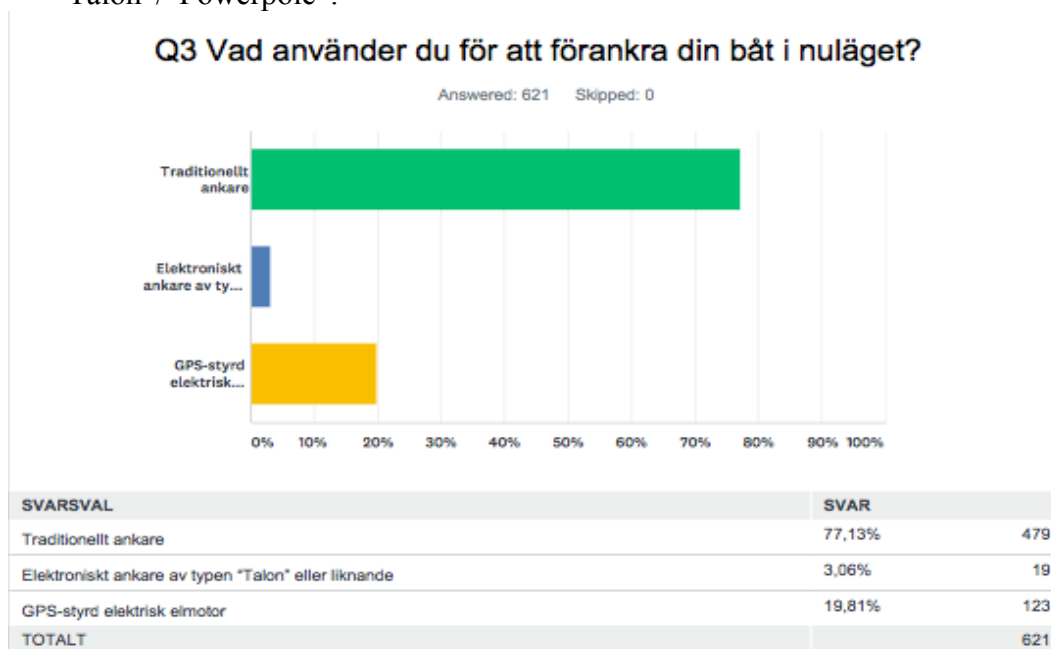
Figur 7. Svarsstatistik från fråga 1.

Den andra frågan handlade om det ankringsdjup som deltagarna normalt ankrar sin båt på. Av svaren att döma kan man utträna att en majoritet oftast ankrar på djup grundare än 7m, och 46,7% alltid ankrar på djup som ej överstiger 5m.



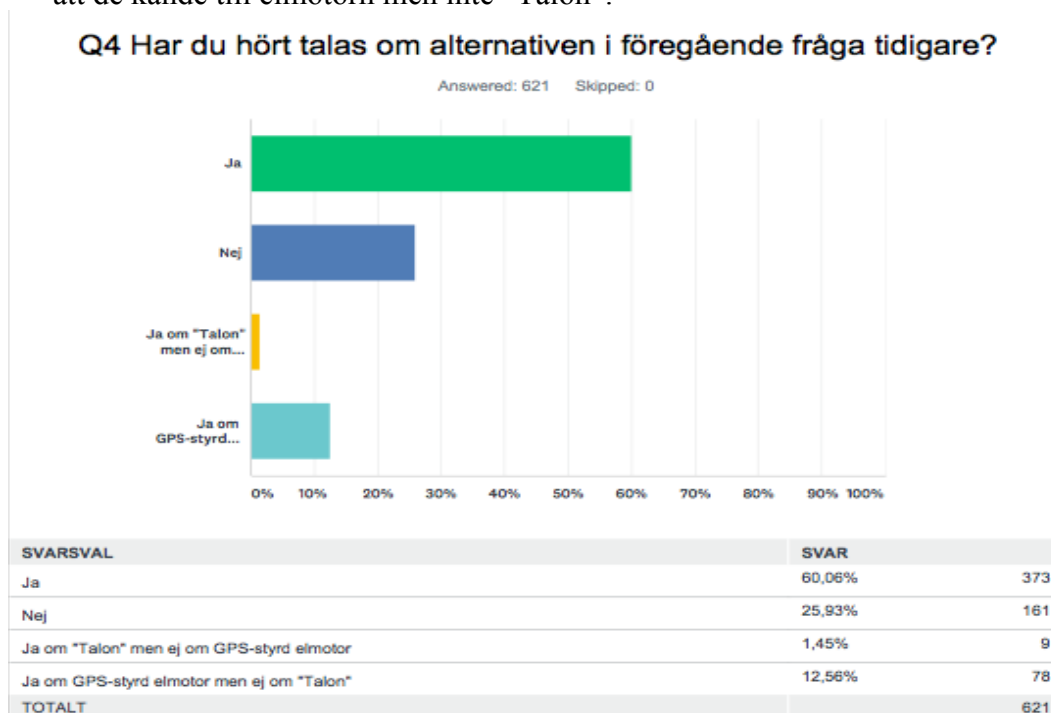
Figur 8. Svarsstatistik från fråga 2.

På den tredje frågan som handlade om den ankringsmetod man normalt använde så svarade hela 77,13% att de använder ett traditionellt ankarsystem, 19,8% angav att de använder en elmotor med styrning via gps för att hålla båten på plats, och endast 3% angav att de använder det elektromekaniska alternativet av typen "Talon"/"Powerpole".



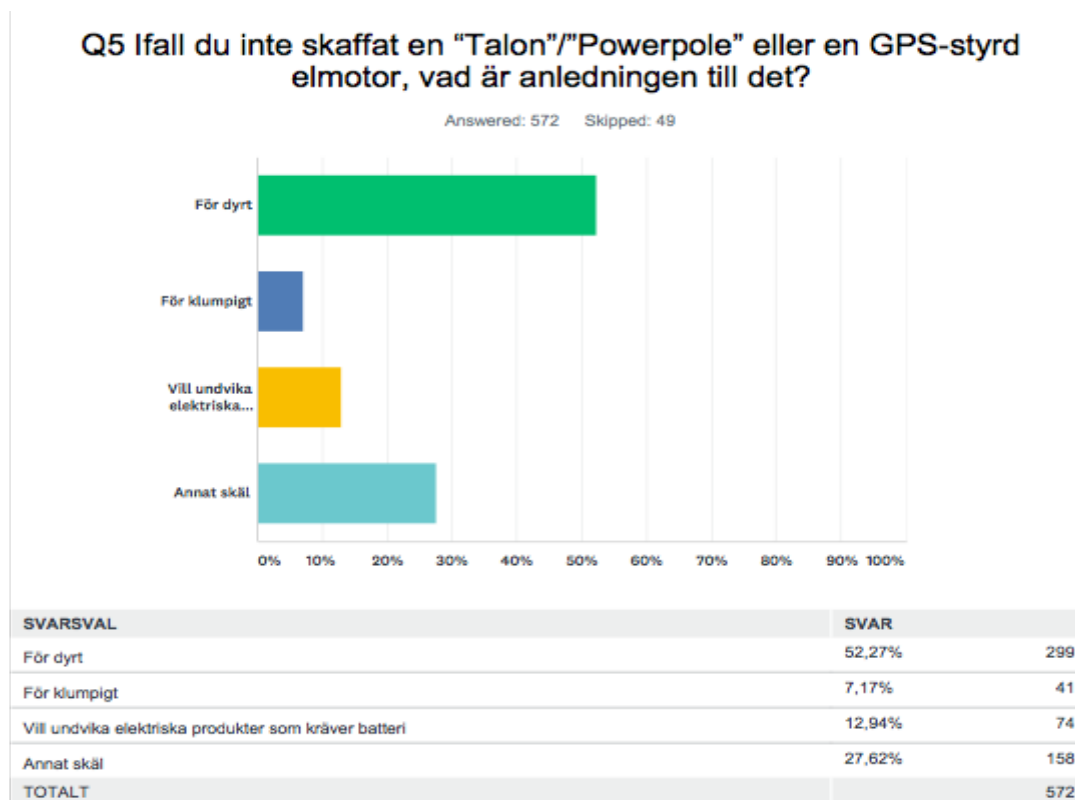
Figur 9. Svarsstatistik från fråga 3.

Den fjärde frågan i enkäten som huruvida man kände till de olika alternativ som existerar på marknaden idag angav 60% att de gjorde så, 25,93% svarade nej, 1,45% svarade att de kände till typen "Talon" men inte gps-styrd elmotor och 12,56% angav att de kände till elmotorn men inte "Talon".



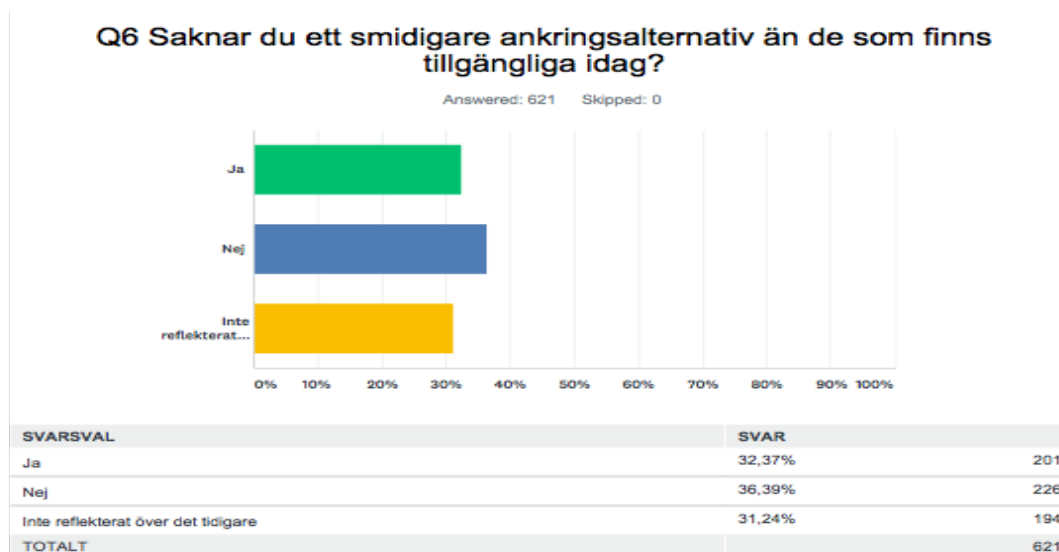
Figur 10. Svarsstatistik från fråga 4.

På fråga 5 som rörde anledningen till varför man inte skaffat något av de övriga ankringsalternativen, om man nu inte gjort det så kan man utrona att en övervägande majoritet anser att de lösningarna är för dyra då 52,27% angav just den anledningen. 7,17% svarade "för klumpigt", 12,94% angav att de ville undvika elektriska produkter som kräver batteritillgång. 27,62% angav annat skäl, på detta svarsalternativ fanns möjligheten att själv skriva in den anledning man haft för att inte skaffa något av de övriga alternativen, en majoritet av de som valde detta alternativ uppgav att de helt enkelt inte kände till de övriga alternativen.



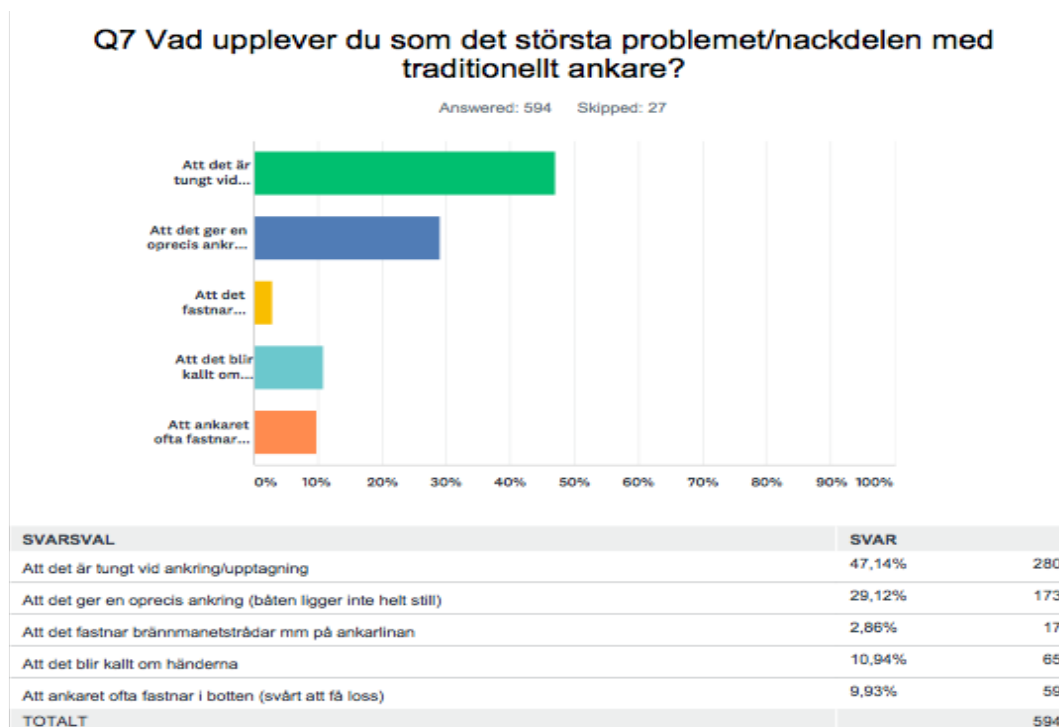
Figur 11. Svarsstatistik från fråga 5.

Den sjätte frågan handlade om huruvida man saknar ett smidigare alternativ än de som existerar på marknaden i dagsläget, 32,37% svarade "ja" på frågan, 36,39% svarade "nej" och 31,24% angav att de inte reflekterat över det tidigare.



Figur 12. Svarsstatistik från fråga 6.

Den sjunde och näst sista frågan rörde de största upplevda problemen/nackdelarna med vanligt traditionellt ankare. Hela 47,14% angav att det är tungt vid ankring/upptagning, 29,12% att det ger en oprecis placering av båten, 2,86% svarade att det fastnar brännmanetstrådar mm på ankarlinan, 10,94% att det blir kallt om händerna vid upptagning och 9,93% ansåg att problemet att ankaret ofta fastnar i botten var det största upplevda irritationsmomentet.

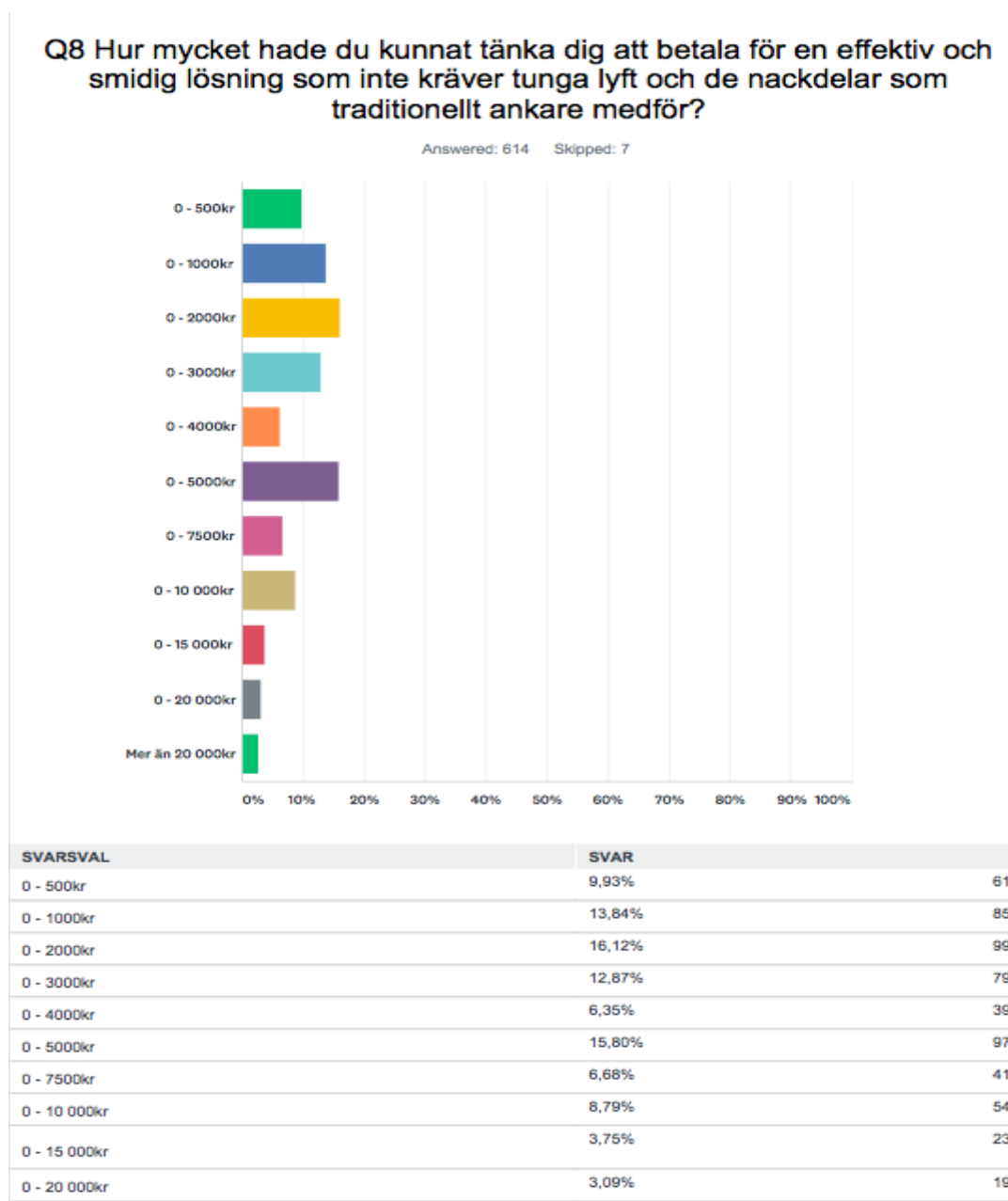


Figur 13. Svarsstatistik från fråga 7.

Den sist ställda frågan i enkäten avsåg att ge en inblick i hur de tilltänkta eventuella konsumenterna anser vara en rimlig prisbild för en produkt som tillgodoser de grundläggande funktionerna som ett ankare ger, men utan de negativa aspekterna som samtidigt tillkommer.

Hela 74,91% svarade att de kan tänka sig att betala upp till 5000kr för en sådan produkt, dessa 74,91% var spridda över ett intervall från 0-5000kr med en ökning av 1000kr för varje steg, dessa svar i procent kan man se i diagrammet nedan.

12,54% angav att de kan tänka sig att betala upp till 10000kr och 6,84% kunde tänka sig att betala upp till 20000kr.



Figur 14. Svarsstatistik från fråga 8.

Diskussion kring marknadsundersökning

Enkätundersökningen ansågs tack vare den relativt höga svarsfrekvensen kunna utgöra en grund för den kravspecifikation som togs fram för den kommande produkten.

Det ansågs viktigt att den kommande produkten skulle kunna brukas ned till 3m men även gärna ned till 5 m då en stor del av de svarande uppgav att de ankrade såpass djupt. Att det var en någorlunda jämn fördelning av de som svarade att de använde sin båt för fiske respektive bad/utflykter sågs som ett kvitto på att man hade nått ut till en spridd massa av användare vilket var tanken när enkäten spreds i de olika facebook-grupperna och internetforumen.

Sett till hur överväldigande stor del av de svarande som i nuläget använder traditionellt ankare i kombination med svaren gällande huruvida man saknade ett bra alternativ och vidare hur mycket man kunde tänka sig att betala för ett sådant alternativ indikerar starkt på att det finns en potentiell marknad för en produkt som uppfyller de krav och önskemål som enkätsvaren har påvisat.

Man kunde tydligt se att priserna på de alternativ som finns tillgängliga i många fall anses för dyra för att rättfärdiga den ekonomiska investering som det faktiskt är. Det var även tydligt att vetskapen om att alternativ överhuvudtaget fanns inte var särskilt utbredd, det kan troligtvis bero på att dessa produkter i stor utsträckning riktas mot sportfiskande båtägare och inte vanliga fritidsanvändare.

Informationen från enkäten hade möjligtvis kunnat bli än mer precis ifall möjlighet till att svara på flera alternativ samtidigt hade getts på frågorna, detta var dock inte möjligt med den enkättjänst som användes (SurveyMonkey).

3.2 Kravspecifikation

För att ge en tydlig bild av de krav och önskemål som ställs på produkten framställdes en kravspecifikation. Här anges också målvärden samt verifieringsmetod för kraven och önskemålen.

Kriterier	Målvärde	K/Ö	Viktning	Verifieringsmetod
1. Funktioner				
Bevara båtens position	Hålla båtens position till rotation kring förankringspunkten	K		Testning
2. Prestanda				
Förankra båten snabbt och exakt	Förankringen ska ske snabbt och enkelt för vem som helst	Ö	1	Testning
Maximalt förankringsdjup	3 m	K		Beräkning
	5 m	Ö	2	Bräkning
Anpassningsbart	Byta "slutstycke" beroende på botten typ	K		Kontroll
Temperaturlågt	Klara temperaturer från -10°C till 70°C	K		Materialundersökning
Klara havs- och sötvattenmiljöer	Korrisionsbeständigt	K		Materialundersökning
Underhållsfri	Inga slitdelar	Ö	2	Kontroll
Vågabsorbering	Kunna absorbera mindre vågor (0 - 50cm)	K		Beräkning
Enkel montering	Skall kunna monteras av personer med begränsad teknisk kunskap	Ö	2	Kontroll
	Minimera ingrepp på båt vid montering	Ö	3	Kontroll
3. Miljö				
Återvinningsbarhet	Hela produkten ska vara återvinningsbar	Ö	4	Materialundersökning
Minimera skador på havs-/sjömiljön	Undvika stora förankringsdon	Ö	4	Mätning
	Undvika material som ger ifrån sig miljöfarliga ämnen	Ö	4	Materialundersökning
4. Storlek				
Max. längd (ihoppackad)	1 m	Ö	3	Mätning
Max. längd (ihopmonterad)	6 m	K		Mätning
5. Vikt				
Max. vikt	<5 kg	Ö	3	Vägning
	<10 kg	K		Vägning
6. Utseénde				
Designmässigt tilltalande	Diskret & enkel design	Ö	2	Extern respons
7. Kostnad				
Maximal inköpskostnad för kund	5 000kr	K		Beräkning
Maximal tillverkningskostnad	2 500kr	Ö	5	Beräkning
8. Säkerhet				
Minimera skaderisk	Undvika risk för klämmning	K		Testning
	Ergonomisk montering/avmontering	Ö	3	Testning

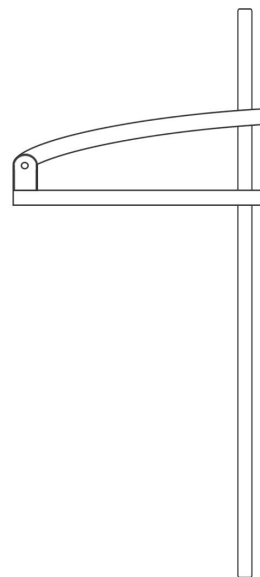
Tabell 1. Kravspecifikation för produkten.

3.3 Konceptgenerering

Under hela projektets gång har olika idéer dykt upp som skulle kunna uppfylla de krav och önskemål som finns. Förutom dessa genererades även idéer som kanske egentligen inte är optimala men trots detta är värda att undersökas. Totalt genererades sex stycken koncept som alla jämföras för att komma fram till vilket av koncepten som lämpar sig bäst för vår produkt. Hänsyn togs till den marknadsundersökning som genomförts tidigare då koncepten nedan genererades.

3.3.1. Koncept 1

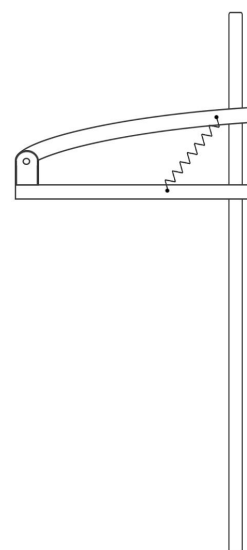
Det första konceptet bygger på en konstruktion där det är två armar som går ut från en gemensam rotationspunkt. Den nedre armen fästs i båten medan den övre är kopplad via en torsionsfjäder mot den nedre armen. Den övre armen är också den som spänns fast i ankarstaven medan staven löper fritt genom den undre. Detta gör att det finns möjlighet att spänna fjädern genom att trycka ihop armarna mot varandra. Då behåller man ankarstavens tryck ner mot botten trots att båten lyfts av till exempel en våg.



Figur 15. Skiss av koncept 1.

3.3.2. Koncept 2

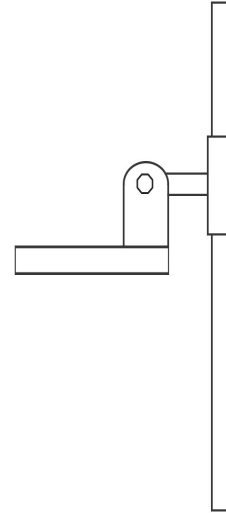
Koncept 2 bygger på samma koncept som koncept 1 men med ändringen att det är en dragfjäder kopplad direkt i armarna istället för en torsionsfjäder i roteringspunkten.



Figur 15. Skiss av koncept 2.

3.3.3. Koncept 3

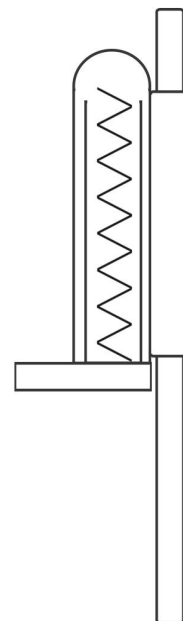
Detta koncept är det minst avancerade där ankarstaven löper fritt genom en "öglan". Den fria gången mellan ankarstaven och öglan gör vågabsorberingen möjlig.



Figur 16. Skiss av koncept 3.

3.3.4. Koncept 4

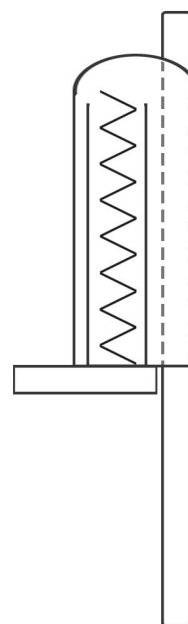
Koncept 4 bygger på en konsol med en dragfjäder i. I konsolen fästs även ankarstaven vilket gör att när man låst ankarstaven så finns möjlighet för konsolen att fjädra för att kunna behålla trycket ner mot botten trots t.ex. vågor. Konsolen är också tätad för att undvika korrosion och orenligheter ner i fjäderhuset.



Figur 17. Skiss av koncept 4.

3.3.5. Koncept 5

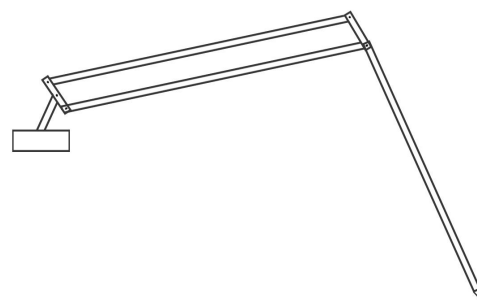
Koncept 5 bygger på samma princip som koncept 4, skillnaden är att staven löper genom huset istället för en utanpåliggande stavhållare. Samma koncept för fjäderlösningen och infästning mot båt används.



Figur 18. Skiss av koncept 5.

3.3.6. Koncept 6

Det sista konceptet ankrar båten med hjälp av en arm som ankarstaven sitter på. Armen är kopplad med en fjäder mot fästet för att bibehålla trycket ner mot botten.



Figur 19. Skiss av koncept 6.

3.4 Konceptval

Utifrån de koncept som presenterats ovan gjordes en urvalsmatris. De olika koncepten betygsattes beroende på hur väl det klarar varje krav. Urvalsmatrisen hjälpte oss att välja ut det koncept som uppfyller de nedanstående kraven på bästa sätt, detta koncept valdes sedan för att utveckla vidare.

-1: Kravet inte alls uppfyllt

0: Kravet på gränsen till uppfyllt

1: Kravet uppfyllt helt och hållet

Kriterium	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4	Koncept 5	Koncept 6
K1	1	1	1	1	1	1
K2	1	1	1	1	1	0
K3	0	0	0	1	1	0
K4	1	1	1	1	1	1
K5	1	1	1	1	1	1
K6	0	0	0	1	1	-1
K7	0	0	1	0	0	-1
K8	0	0	1	0	0	-1
K9	0	0	1	1	1	-1
K10	0	-1	-1	0	1	-1
K11	-1	-1	0	0	0	-1
K12	0	0	1	1	1	-1
K13	0	0	0	1	1	-1
$\Sigma +$	4	4	8	9	10	3
$\Sigma -$	1	2	1	0	0	8
$\Sigma \text{ tot}$	3	2	7	9	10	-5

Tabell 2. Urvalsmatris för de sex genererade koncepten.

K1: Förankra båten

K2: Anpassningsbart ankringsdjup

K3: Temperaturlågt

K4: Korrosionsbeständigt

K5: Underhållsfri

K6: Vågabsorbering

K7: Fåtal delar

K8: Enkel ihopmontering av produkten

K9: Enkel installation i båt

K10: Diskret och enkel design

K11: Klämrisk

K12: Lättanvänd

K13: Kompakt design

Utifrån Pugh's urvalsmatris konstaterades att koncept nummer 5 är det mest lämpliga att använda, detta koncept uppfyller majoriteten av kraven och anses göra det på bästa sätt. Det var jämnt mellan koncept 3, 4 och 5 medans koncept 1, 2 och 6 hamnade långt efter. Detta medför att vidare utveckling sker av koncept 5.

4. Utveckling av valt koncept

För att utveckla det valda konceptet görs först analytiska beräkningar för att ta fram ett ungefärligt krav på materialet. Sedan undersöks potentiella material samt att olika tillverkningsstekniker analyseras så att en lämplig geometri väljs i konstruktionsfasen.

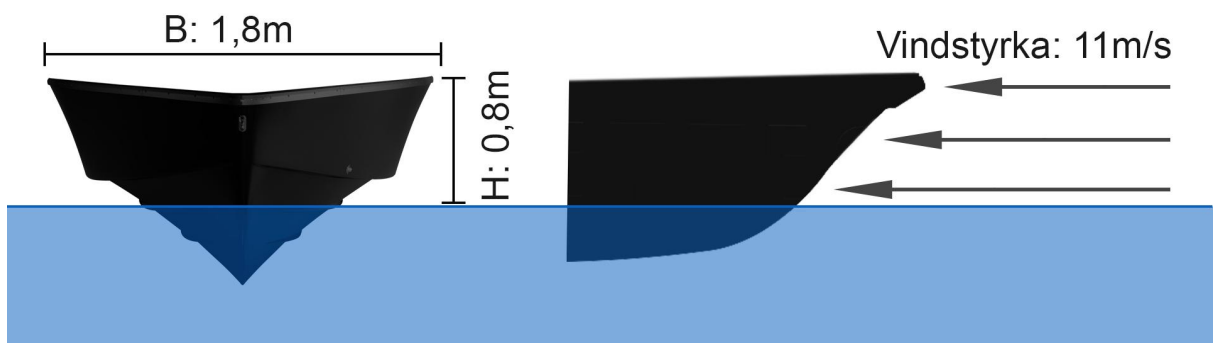
4.1 Kraftberäkningar

Då det är flera olika krafter som påverkar konstruktionen delas beräkningarna upp i olika fall.

4.1.1 Vindpåverkan

Då båten ligger förankrad med fören mot vinden hjälper oftast båtens utformning att minimera vindfånget men inte eliminera det helt. Nedan finns beräkningar för att se vilka krafter som ankaret kan tänkas utsättas för. [1]

Den vindupptagande arean på den del av båten som är vänd mot vindriktningen illustreras i figuren nedan.



Figur 20. Illustration av vindupptagande area.

Nedan använda ekvationer baseras på en rektangulär vinkelrät yta i förhållande till vattenytan medans det i verkligheten blir en betydligt mindre vindupptagande area. Denna kraft är därför framtagen med en väl tilltagen säkerhetsfaktor.

$$F = P * A$$

$$P = P_{dyn} = \frac{\rho * v^2}{2} = \frac{1.2 * 11^2}{2} = 72.6 \text{ N/m}^2 \approx 75 \text{ N/m}^2$$

$$A = B * H = 1.8 * 0.8 = 1.44 \text{ m}^2 \approx 1.5 \text{ m}^2$$

$$F = 75 * 1.5 = 112.5 \text{ N}$$

4.1.2 E-modul

För att kunna göra ett materialurval i programvaran CES EduPack behövdes en elasticitetsmodul (E-modul) tas fram. Detta beräknades med hjälp av följande ekvationer. (Dahlberg, 2001)

Maximal utböjning $\delta = 0.5$ m, kraften $P = F = 112.5$ N, $L = 3$ m.

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} \leftrightarrow E = \frac{PL^3}{3I\delta}$$

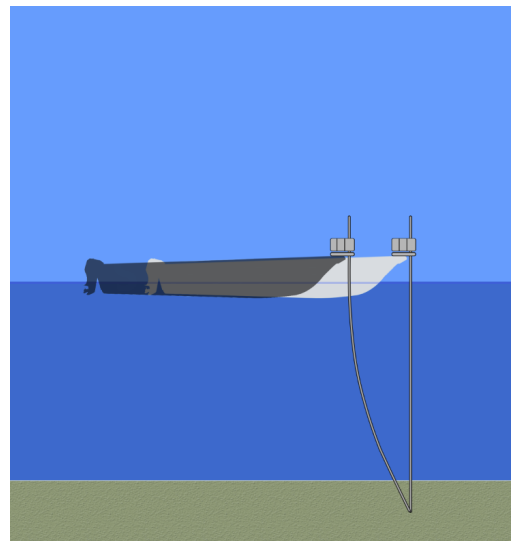
$$I_{rör} = \frac{\pi}{64} * (D^4 - d^4)$$

$$E = \frac{PL^3}{3I\delta} = \frac{112.5 * 3^3}{3 * \frac{\pi}{64} * (0.4^4 - 0.2^4) * 0.5} \approx 17.2 * 10^9 = 17.2 \text{ GPa}$$

I figur 21 illustreras den utböjning av staven som sker på grund av vind och ström.

Den raka staven illustrerar en ankring där vind och ström är obefintlig och således inte har någon direkt inverkan på staven.

Staven till vänster illustrerar när vind eller ström har en kraftpåverkan på båten vilket gör att staven böjer sig.



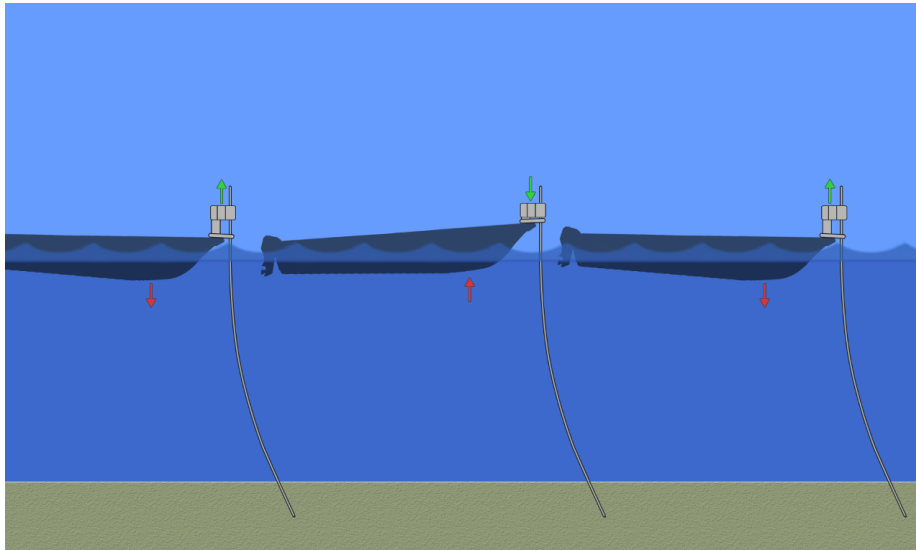
Figur 21. Illustration av stavens utböjning.

4.1.4 Dragning

Vid lossning av ankarstaven uppstår en viss dragkraft, storleken på denna kraft beror på hur hårt staven sitter i botten. Vid t.ex. blålera så antas staven kunna sitta ganska hårt varpå en dragkraft uppkommer vid lossning. Böjspänningen antas dock bli signifikant större och blir därför dimensionerande.

4.1.6 Fjäderkraft

För att staven inte ska släppa från botten då en våg trycker upp båten används en fjäder vid den fritt löpande cylindern. Detta gör att staven har en konstant kraft nedåt mot botten vilket hindrar den från att släppa. Nedan finns figurer som illustrerar dels hur fjädern är tänkt att användas i huset, dels hur själva mekanismen för vågabsorberingen är tänkt att fungera.



Figur 22. Illustration hur vågabsorberingen är tänkt att fungera.

För att beräkna vilken fjäder som är lämplig behöver en fjäderkonstant tas fram samt dimensioner i huset för att göra ett bra val av fjäder. Dessa mått finns i figuren nedan.

$$F_{fj} - F_{våg} = 0 \rightarrow F_{fj} = F_{våg}$$

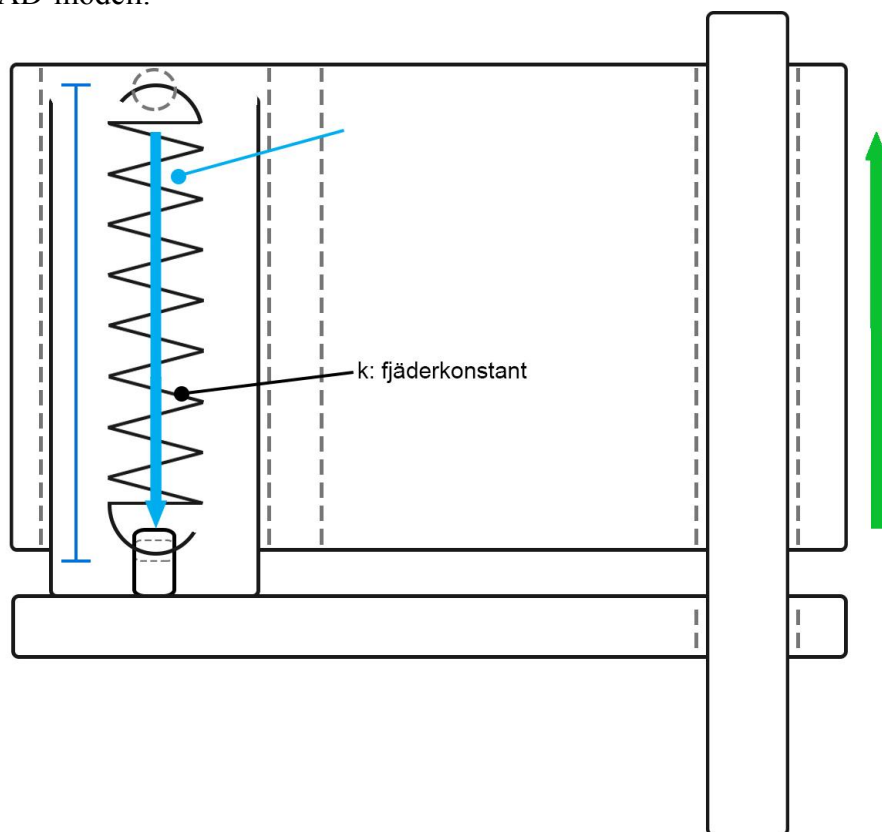
$$F_{fj} = k * \delta, \text{ där}$$

$$k = \text{fjäderkonstant}, \delta = \text{förlängning av fjäder}$$

$$\leftrightarrow k = \frac{F_{fj}}{\delta} = \frac{10 * 9.82}{250} = 0.3928 \frac{N}{mm^2} \approx 0.4 \frac{N}{mm^2}$$

För att staven konstant skall ha en kraft ner mot botten gjordes ett godtyckligt antagande att en tyngd på 10 kg neråt skulle vara tillräckligt. För att få över detta till en dragkraft med hjälp av fjädern användes följande ekvationer [2]

Husets maximala utdragning är uppmätt till 250 mm via mätning i CAD-modell.



Figur 23. Skiss hur fjädern arbetar vid vågabsorbering.

4.2 Potentiella material

För att ta fram lämpliga material har programvaran CES Edupack använts. Tillvägagångssättet för att göra ett lämpligt materialval med hjälp av programvaran innebär att man matar in de prestandakrav och övriga mekaniska egenskaper som man önskar av materialet, programmet gör då en sällning av de material som uppfyller samtliga önskemål, material som inte uppfyller kraven sorteras då enkelt bort.

Materialvalen i detta skedet var inte de slutgiltiga utan låg till störst del till grund för att få en lämplig utgångspunkt för den kommande 3d-modelleringen och belastningsanalyserna, skulle det visa sig att produkten fallerar på grund av olämpligt materialval hade valet fått revideras.

För att finna ett lämpligt material att använda till staven så sattes följande kriterier som krav i programmet:

- E-modul: >17 Gpa
- Saltvattensbeständig: Utmärkt
- Sötvattensbeständig: Utmärkt
- UV-beständig: Utmärkt
- Korrosionsbeständig: Utmärkt
- Min. arbetstemperatur: -10 grader Celsius
- Max. arbetstemperatur: +70 grader Celsius

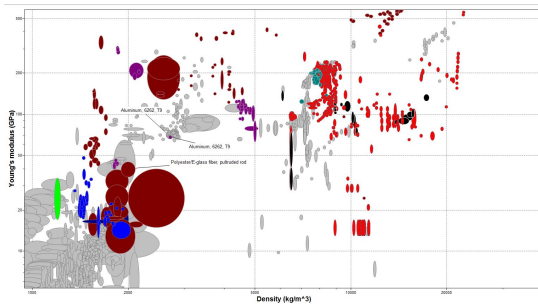
Resultatet av sällningen presenterades i form av bubbelgrafsdiagram där de material som uppfyllde de satta kraven är färglagda medan övriga material är gråa till färgen, detta gör att det är enkelt att särskilja de lämpliga materialen.

På diagrammets X- respektive Y-axel väljer man vilka egenskaper som skall vara de styrande. I första diagrammet så gjordes valet att illustrera E-modulen längs y-axeln och densitet längs x-axeln, detta innebär att ju högre upp i diagrammet man tittar, ju styvare är materialet, samt ju längre till höger man tittar ju högre densitet (vikt per volymenhet) har materialet.

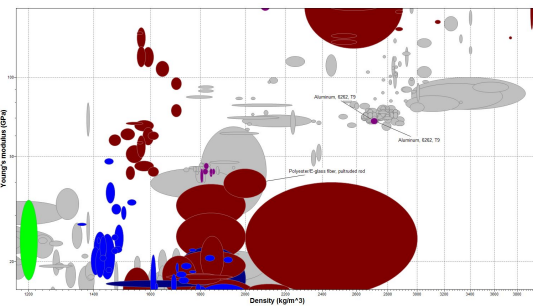
Naturligt är alltså att välja ett material som befinner sig relativt högt upp i grafen och så långt till vänster som möjligt om man önskar ett material som är så styvt som möjligt med lägst möjliga vikt.

Då pris är av stor vikt för materialvalet i detta projekt så togs även en graf fram där densiteten byttes ut mot pris/kg längs x-axeln. Även i denna grafen torde det lämpligaste materialet befinna sig högt uppe till vänster då det är där man hittar de styvaste materialen till lägst pris per kilo.

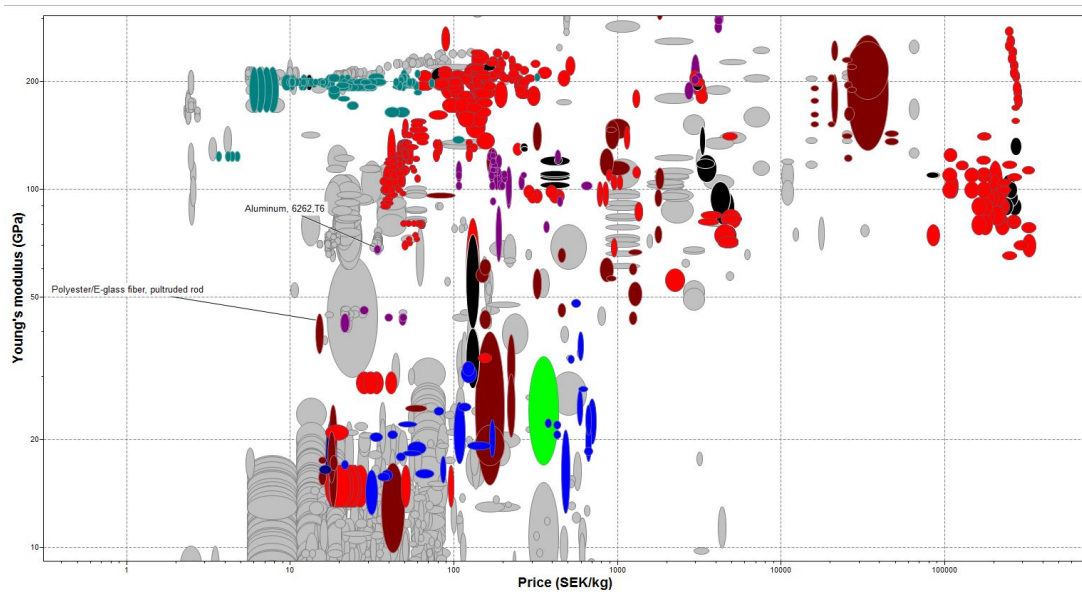
Med dessa två grafer som sedan kunde jämföras fann vi att glasfiber var ett lämpligt alternativ då det uppfyllde samtliga krav med relativt god marginal avseende E-modulen, samt till lägst vikt och pris.



Figur 24. Bubbelförkortning med E-modul och densitet. [23]



Figur 25. Inzoomad del av figur 24. [23]



Figur 26. Bubbelförkortning med E-modul och pris. [23]

För att finna lämpliga material till de övriga komponenterna i produkten användes samma kriterier i urvalsprocessen med skillnaden att E-modulen sänktes till 10 GPa. För materialvalet till dessa komponenter togs även stor hänsyn till lämpliga tillverkningsprocesser.

I detta skede fick vi en del handledning av Conmore som har stor erfarenhet vad gäller framtagning av mekaniska komponenter, resultatet av detta landade i att aluminium T6 troligen skulle vara ett lämpligt material då de flesta av komponenterna troligen skulle komma att fräsas fram i CNC-maskiner, då är denna typ av aluminium lämplig samtidigt som det uppfyller samtliga kriterier och befinner sig högt upp och långt till vänster i graferna. Ytterligare råd från Conmore var att kolla upp plasten polyamid för att se om den kan tänkas passa för några komponenter.

4.2.1 Aluminium

Det var 1827 som aluminium första gången erhöles vid ett test. Vid den tidpunkten var aluminium väldigt dyrt, till och med dyrare än guld. Detta på grund av det höga priset på kalium, detta pågick ända fram tills att kaliumet ersattes av natrium år 1859.

Aluminium används till allt möjligt idag, bland annat köksredskap, förpackningsmaterial såsom dryckesburkar, bilkomponenter mm.

Framförallt utnyttjas det faktum att aluminium inte korroderar så länge det inte utsätts för pH-värde utanför 4-9. Fördelen är också att aluminium har en densitet som är en tredjedel av stålets densitet. Styvheten är dock också en tredjedel av stålets vilket kan vara avgörande i vissa fall. [8]

4.2.2 Polyamid PA

Polyamid är en polymer som innehåller amidgrupper, de betecknas ofta PA. De används ofta till fordonskomponenter så som höljen, kåpor, kontakter och instrumentpaneler. Materialet används även till annat, till exempel snäppfästen och möbler. Fördelar med PA är bland annat att det är ett lätt material med relativt hög hållfasthet samt att det är vibrationsdämpande. Fördelen med PA är även att det finns möjlighet att 3D-printa en komponent i detta material.

Tyvärr finns det även ett antal nackdelar, som till exempel att det är vattenabsorberande och tar skada av UV-strålar. Detta är speciellt problematiskt i den miljö produkten är tänkt att användas i.
[6, 7]

4.2.3 Glasfiber

Glasfiber är ett material som består av glas som smälts ner och formats till fibrer, dessa fibrer varierar i storlek från ca 0,001 till 0,1 mm. Glasfiber är vanligt förekommande som förstärkning i olika material. Fibrerna är vanligt förekommande som förstärkning i plaster för att bidra till ökad styvhet, dessa förstärkta plaster är vanliga i båtkonstruktioner, rör, paneler och andra produkter där hög styvhet är önskvärt. [18]

4.2.4 Rostfritt stål

Rostfritt stål är främst användbart på grund av det starka motståndet mot korrosion. Materialet är i grunden vanligt järn men med legeringar för att förändra dess egenskaper. Då järnet legeras med minst 12 % krom bildas en skyddande kromoxidfilm som är väldigt tunn som också kallas passivskikt. De första rostfria stålen började tillverkas i början av 1910. Förutom krom som legering används också nickel och molybden. Nickel används för att stabilisera en austenitstruktur vilket ger materialet bättre formbarhet och svetsbarhet. För att åstadkomma ett helt austenit rostfritt stål med 18 % krom krävs 8-9 % nickel. Molybden används främst för att höja materialets hårdighet mot lokalkorrosion som till exempel gropfrätning samt mot allmän korrosion. [5]

4.3 Tillverkningsteknik

Innan CAD-modellen togs fram så undersöktes vilken typ av tillverkningsteknik som lämpar sig bäst till produkten. För att ta reda på detta undersöktes de vanligaste tillverkningsteknikerna närmare.

4.3.1 Skärande bearbetning

Skärande bearbetning alternativt spånbrytande bearbetning innefattar de tillverkningsprocesser där man med hjälp av verktyg skär bort material från arbetsstycket för att åstadkomma den önskvärda formen på produkten.

Några vanligt förekommande exempel på skärande bearbetning är följande:

Borrning [4]

Vid borrning är arbetsstycket fast inspänt där avverkning sker av en eller flera roterande borkronor för att avverka material med cirkulära tvärsnitt, en mycket vanlig metod när hål med eller utan gängor skall användas.

Svarvning [4]

Vid svarvning är arbetsstycket fast inspänt på en roterande axel, avverkning sker genom att föra ett verktyg med en hård och vass skäreagg mot det roterande arbetsstycket, man kan då åstadkomma ett yttre cirkulärt tvärsnitt med olika diameter längs arbetsstycket, metoden kan även användas för att åstadkomma cirkulära tvärsnitt invändigt på arbetsstycket.

Fräsning [4]

Fräsning är en metod där arbetsstycket är fast inspänt varpå den avverkande bearbetningen sker via roterande verktyg som förs mot arbetsstycket. Utformningen på dessa verktyg varierar i sin utformning beroende på hur den önskade formen på produkten ser ut. Fräsning är idag en vanlig metod för tillverkning av produkter och/eller komponenter där tidigare nämnda metoder inte räcker till för att åstadkomma den önskvärda formen.

4.3.2 Extrudering [4]

Extrudering är en tillverkningsteknik där man tillverkar produkter med ett homogent tvärsnitt genomgående längs hela komponenten. Detta uppnås genom att pressa eller dra ett material genom en form eller matris med en hålbild som bestämmer utformningen på den färdiga komponenten.

Metoden kan användas för ett flertal materialgrupper där bland annat metaller, plaster, kompositer, trä och betong ingår. Komponenterna som tillverkas med denna metod är vanligtvis relativt lång för att sedan kapas till önskad längd och i vissa fall fortsatt bearbetning.

Vanliga produkter som tillverkas genom extrudering är rör, profiler och balkar.

4.3.3 Formsprutning [4]

Formsprutning är en vanlig metod för att framställa framför allt plastprodukter med komplexa former, ofta kräver denna tillverkningsmetod lite eller ingen efterbearbetning vilket är en stor fördel gentemot alternativa metoder.

Själva processen går förenklat till på så sätt man komprimerar och smälter ner ett material som sedan sprutas/pressas in i ett hålrum med önskad geometri för den färdiga komponenten, hålrummet befinner sig mellan två stycken verktygshalvor.

Efter att det smälta materialet fyllt upp hålrummet så kyls smältan under tryck för att komponenten skall anta fast form, när detta är utfört tas verktygshalvorna isär och den färdiga komponenten plockas ut.

4.3.4 Gjutning [4]

Gjutning är en gammal tillverkningsprocess som förfinats under årens gång. Gjutningsprocessen kan ske på flertalet olika sätt, förenklat kan man säga att en smälta utav valt material hålls i en form med önskad geometri, smältan stelnar sedan antingen genom kylning eller en kemisk process, man får då en komponent i fast form.

Processen är föregångare till formsprutning som avhandlades tidigare i rapporten men är simplare sett till aspekten vad gäller krav på maskin- och verktygsutrustning.

Metoden lämpar sig väl ur en ekonomisk aspekt när mindre serier av komponenter skall framställas.

4.4 Praktiskt test av förenklad modell

För att testa den grundläggande funktionen av det valda konceptet så togs en förenklad modell fram som sedan testades i fält.

Den förenklade modellen avsåg att testa själva funktionen som gör att båten hålls i position när staven har körts ner på plats i bottenmassan, vågabsorbering testades inte då den förenklade modellen inte förseddes med någon fjädermekanism.

Båten som modellen testades på var en Crescent 500, denna båtmodell har följande specifikationer enligt [19]:

Längd: 4,96 m

Bredd: 1,97 m

Vikt: 250 kg (utan motor), ca 300 kg (med motor)

Denna båtmodell ansågs vara lämplig att utföra testet på då den ligger i det övre skiktet vad gäller storlek och vikt som produkten är ämnad för att användas till.

Den förenklade modellen bestod av en rektangulär träregel som bultades fast i fören på båten, regeln hade ett överhäng ut från båtens främsta punkt på 150 mm. 70 mm från regelns främsta punkt borrades ett genomgående hål med en diameter om 26 mm där staven sedan skulle träs i vid ankring.

Staven som användes under testet var ett aluminiumrör med en ytterdiameter om 25 mm och en godstjocklek om 2 mm, längden på röret var 3,5 m.

Testet utfördes i de inre delarna av Kungsbackafjorden i norra delen av Halland, under testperioden skedde närmare tvåhundra ankringstillfällen under varierande omständigheter sett till bottentyp, vindstyrka, ström och djup. Bottentyperna där testen utfördes på varierade mellan blålera, sand och blandad sand och stenbotten, på samtliga av dessa ställen testades ankringsfunktion på ett varierat djup mellan 1 – 3 m. Vindstyrkan som rådde under testen låg på en medelhastighet om 2 – 6 m/s med vindbyar som uppgick till 15 m/s. Dessa uppgifter gavs via apparna “Kustväder” [20], “YR” [21] och “SMHI-väder” [22].

Samtliga ankringar skedde med gott resultat sett till att båten hölls i önskad position utan nämnvärd avdrift. Båten låg som förväntat still med fören mot vindens riktning utan att rotera runt ankringspunkten, i samtliga fall kördes stängen ner i bottenmassan mellan 10-20 cm. Det framgick relativt snabbt att det var betydligt enklare att driva ner staven i mjuk lerbotten än på de platser där bottenmassan bestod av sand, detta ledde till framtagande av olika slutstycken till staven som var avsedda att passa för olika bottentyper.



Figur 27. Foto på förenklad modell

4.5 CAD-modell

För att visualisera, modellera och utveckla det valda konceptet användes programvaran Catia V5 som är ett modelleringsprogram som kan generera 2D och/eller 3D-modeller, vanligen benämnda som CAD-modeller (Computer Aided Design).

Datorprogram av denna typen är i dagsläget helt dominerande när det gäller att ta fram virtuella modeller av komponenter, den stora fördelen med detta är att det är möjligt att se hur den färdiga produkten kommer att se ut innan man väljer att exempelvis gå vidare i processen och ta den till tillverkning, det är också möjligt att göra olika slags simuleringar och beräkningar av lastfall för att se var exempelvis spänningar blir som störst, och hur dessa sprids i komponenten, även hydro- och aerodynamik går att simulera där man kan gå och få en relativt bra bild av hur en fluid tar sig runt ett objekt..

Det går även att ge komponenten olika attribut genom att tilldela den specifika material vilket möjliggör en snabb sällning av materialval, något som tidigare krävde att man antingen gjorde ett stort antal komplicerade beräkningar, alternativt att man testade sig fram.

Med hjälp av Catia kunde både 2D och 3D-modeller tas fram, samt även ritningsunderlag, produktrenderingar och kraft- och belastningsberäkningar.

4.6 FEM-analys

Med hjälp av CAD-modellen utfördes FEM-beräkningar för att se vilka spänningar som uppstod och vart modellen eventuellt behöver förstärkas och vart den kan trimmas ned. Vi kunde även se vilken utböjning som stången fick vid den tidigare beräknade vindkraften. Nedan visas först den ursprungliga FEM-analysen där det visade sig finnas önskvärda uppdateringar. Sedan visas också den FEM-beräkning som gjordes efter att uppdateringarna genomförts.

4.7 Initial produkt

Modelleringen av den första modellen inleddes utefter de enkla skisser som togs fram i samband med konceptgenereringen.

Arbetet startade med att delen som var tänkt att fungera som infästning mot båten modellerades fram, denna komponent namngavs som "pucken" och var av ett cirkulärt tvärsnitt med platta ytor ovanpå och undertill. Tanken var att denna komponent skulle fästas i båten med fyra stycken bultar ovanifrån, och att en anslutande produktkomponent "innerröret" skulle placeras ovanpå pucken och sedan låsas fast med en sprint horisontellt genom pucken och innerröret.

Innerröret hade funktionen att fungera som anslutande enhet mellan pucken och "huset", där huset skulle kunna löpa fritt i vertikalt led på utsidan av innerrörets cylindriska väggar. Anslutningen mellan huset och innerröret var tänkt att ske genom att en dragfjäder fästes med en ände i innerrörets bottenplatta och med den andra änden i ovan delen av huset.

På så sätt var tanken att åstadkomma en mekanism som skulle tillåta produkten att till viss grad kunna absorbera vågor genom att röra sig upp och ner samtidigt som ett visst tryck konstant lades på staven.

Den del som avsågs fungera som anslutande länk mellan staven och huset var "stavhållaren". Stavhållaren var tänkt att anslutas till huset genom att en urfräst kvadratisk geometri som matchade ett spår i husets främre del, skulle monteras ovanifrån i vertikalt led. Staven skulle sedan löpa fritt i det cylindriska hål som placerades vertikalt i hållarens främre del.

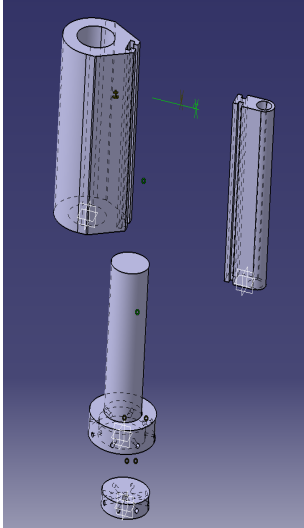
För att uppnå den tänkta funktionen avseende vågabsorbering skulle staven efter man pressat ner den en bit i bottenmassan låsas fast i hållaren genom en låsskruv som var tänkt att placeras i hållarens utsida och via ett gängat hål anbringa kraft mot staven och på så vis låsa den i vertikalt led. Genom att fixera staven i vertikalt led i hållaren skulle rörelserna som vågorna anbringar på båten istället upptas av fjädern vilket skulle medföra att huset, hållaren och staven skulle förbli statiska medan innerröret, pucken och båten skulle röra sig upp och ner.

Staven som modellerades fram dimensionerades utefter de beräkningar som hade gjorts för att få fram E-modulen, staven gjordes i längsled i ett stycke för att underlätta FEM-analysen. Tanken var att dela upp staven i fler delar i ett senare skede, detta skedde efter råd från handledare på Conmore.

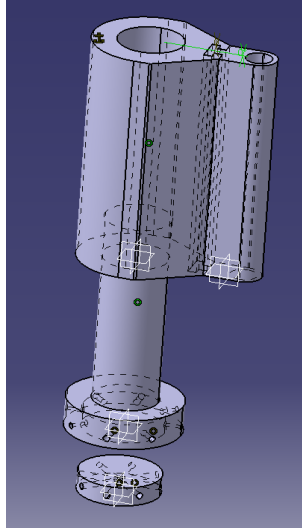
4.7.1 Initial CAD-modell

I denna del av modelleringen togs enbart de komponenter som ansågs vara absolut nödvändiga för att illustrera och sedan i Catia simulera funktionen i olika lastfall fram, fästelement såsom skruvar, bultar osv ansågs vara överflödiga i denna tidiga del av processen.

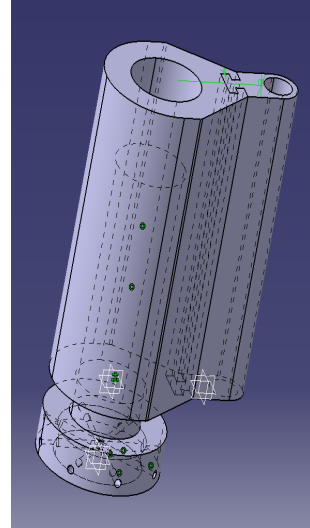
I figurerna nedan kan man se de ingående komponenterna som beskrevs i avsnitt 4.7.



Figur 28. Sprängskiss



Figur 29. Sprängskiss



Figur 30. Monterad

4.7.2 Initial FEM-analys

För att simulera det tänkta lastfallet som var tänkt att ske vid användning genomfördes en så kallad FEM-analys i Catia. FEM är en förkortning för “Finita elementmetoden”, och är en metod för att lösa partiella differentialekvationer med hjälp av datorkraft.

Avsikten med analysen var att se hur stor utböjning det blir på staven vid det framräknade lastfallet, samt var spänningskoncentrationerna blir som störst i både stav och övriga komponenter, detta görs för att säkerställa att spänningarna inte överstiger materialets sträckgräns. Överskrids sträckgränsen för materialet innebär det att komponenten inte håller för den tänkta belastningen och kommer därför att falla under lasten.

Analyserna genomfördes med två olika längder på staven för att simulera ankringar vid tre respektive fem meters djup.

Själva analysen går till på så sätt att man väljer ut en komponent som skall verka som “fast del”, detta är nödvändigt för att undvika oändlig rotation när man lägger på en kraft (last) som ger ett rotationsmoment på produkten.

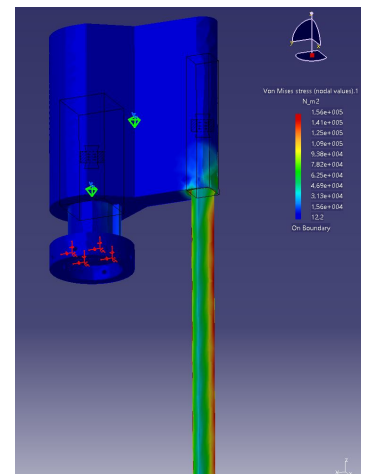
För alla komponenter som ansluter till andra komponenter är det nödvändigt att välja lämpligt sammanfogningsfall, några exempel på dessa kan vara “presspassning”, “ytkontakt” eller “fjäderanslutning”.

Olika slags belastningar kan även läggas på komponenterna, några av dessa kan vara “punktbelastning” eller “utbredd last”, hur stor kraft som skall påläggas sätts manuellt efter önskemål.

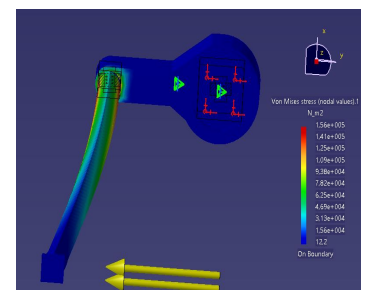
Analysen för vår produkt i detta skede gick till på så sätt att underdelen av innerröret sattes som fast punkt, detta gjordes för att simulera att delen var monterad mot båtens reling. Anslutningen mellan innerröret och huset sattes som presspassning, likaså anslutningen mellan huset och staven.

En last om 115 N anbringades på stavens kvadratiska nederdel, Den kvadratiska delen modellerades fram för att kunna genomför analysen med utbredd last, då staven har en rund form behövdes en rak yta för att anbringa den utbredda lasten.

Riktningen på lasten var i rakt horisontellt led och löper genom produktens centrumlinje, vilket figur 32 tydligt visar. Anledningen till att denna riktning valdes var för att den ansågs bäst simulera ett lastfall där ankring skett och vinden trycker båten och produkten från stavens ankringspunkt.



Figur 31. FEM, Von Mises



Figur 32. FEM, Von Mises

Resultat av analys, stavlängd 3m

Resultaten från analysen visade att en belastning om 115 N gav en maximal spänning om 40 MPa, denna spänning uppstod i staven nära den punkt där anslutning till huset sker. Den framräknade spänningen låg med god marginal under sträckgränsen för glasfiber som var det material som staven simulerats med, detta gav således en god indikation på att material samt tvärsnitt var lämpliga för det aktuella lastfallet.

Analysen fortskred med kontrollering av stavens utböjning, alltså hur stor deformation som uppstår från stavens nedersta del i förhållande till dess översta del.

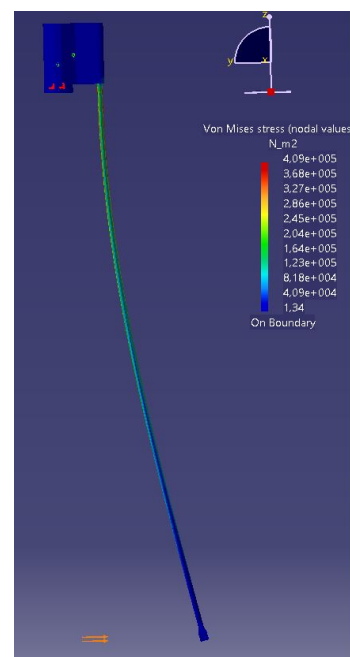
Det framräknade avståndet från dessa punkter uppgick till 293 mm vilket ansågs vara ett fullt godkänt resultat.

Resultat av analys, stavlängd 5 m

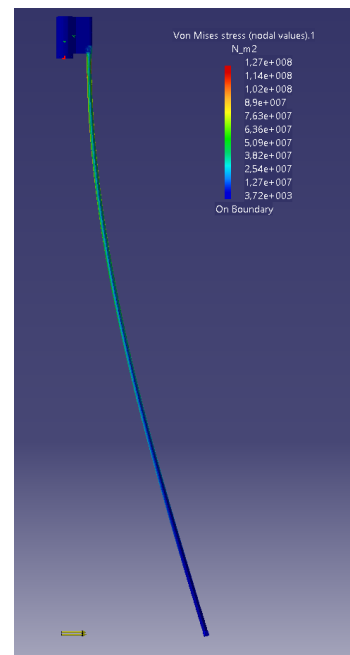
Analysen av produkten med en stavlängd på 5 m skedde på exakt samma vis och med samma belastning som vid testet med staven om 3 m.

Resultatet skiljde sig åt ganska markant då den högsta spänningskoncentrationen uppgick till 15,6 MPa vilket är en stor skillnad mot resultatet i den tidigare analysen, detta torde bero på stavens ökade längd som gav upphov till ett högre moment vilket resulterar i en högre spänningskoncentration.

I enlighet med det ökade momentet resulterade likaså utböjningen i staven med ett ökat avstånd, det framräknade resultatet uppgick till 1003 mm (1 m).



Figur 33. FEM, Von Mises samt utböjning



Figur 33. FEM, Von Mises samt utböjning

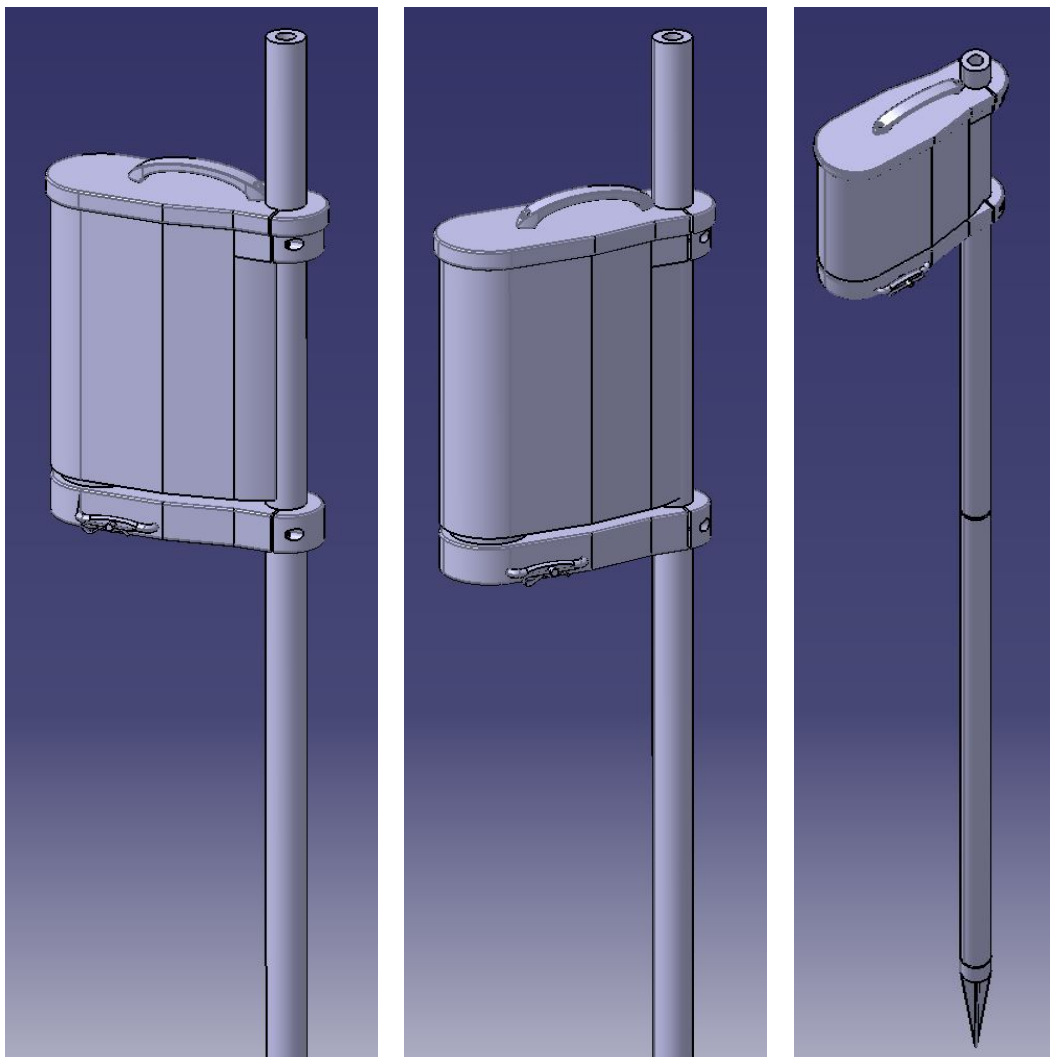
4.8 Uppdaterad produkt

Efter att analyser gjorts av resultaten av FEM-testerna gjordes bedömningen att den initiala CAD-modellen var överdimensionerad varpå flera uppdateringar på konstruktionen gjordes.

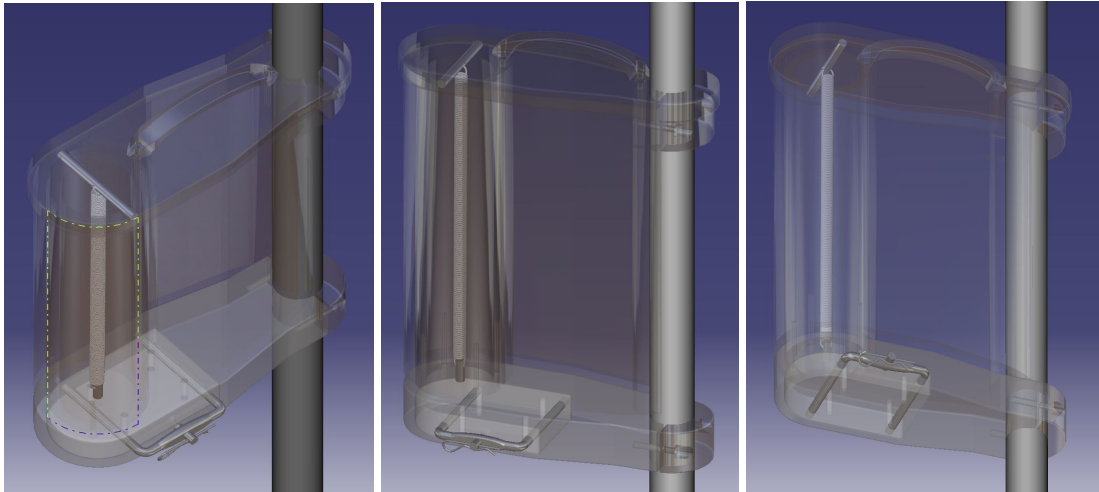
Då den initiala modellen var kraftigt förenklad för att snabbt kunna ge ett resultat kring hur förbättringsarbetet av produktarbetet skulle kunna ske gjordes ändringar dels på tjocklek av gods, dels tillkom fler komponenter för att komma närmare den slutgiltiga utformningen av produkten så som den var tänkt vid koncepturvalet.

4.8.1 CAD

Nedan återfinns bilder på hur den uppdaterade CAD-modellen ser ut i sin helhet samt en kort beskrivning av varje komponent som produkten utgörs av.



Figur 34, 35 & 36. Bilder på slutgiltig CAD-modell



Figur 37, 38 & 39. Transparenta bilder på slutgiltig CAD-modell

“Puck”

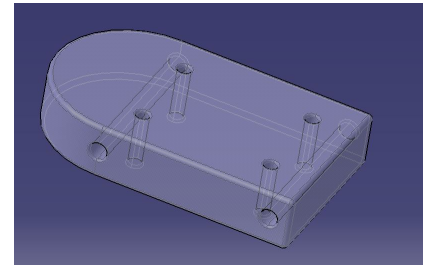
Funktion:

Att verka som den anslutande delen mellan båt och bottenplattan av produkten. Pucken fästs med fyra stycken genomgående rostfria M6 bultar ovanifrån pucken, genom båtens reling varvid den säkras med brickor och muttrar på relingens undersida.

Puckens kanter är rundade både upptill och nedtill för att dels undvika skav mot båt, dels för att underlätta monteringen av bottenplattan.

Material: Aluminium

Tillverkningsteknik: Fräsning



Figur 40. Modell av pucken

“Bottenplatta”

Funktion:

Att verka som anslutande del mellan pucken, innerröret, dragfjäders och den nedre stångbygel.

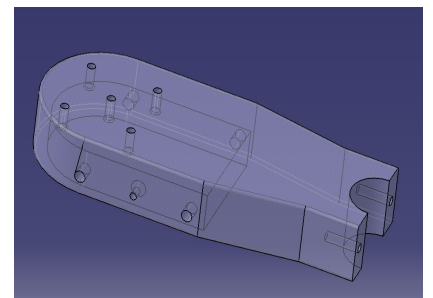
Bottenplattan fästs i pucken genom att låsbygeln förs in genom de två sidohålen som löper genom både bottenplattan och pucken

Innerröret fästs på bottenplattans ovansida genom fyra stycken bultar i storlek M5 som förs in från plattans undersida. Från undersidan fästs även fjäderfästet med en bult i storlek M5.

Den nedre stångbygeln fästs med två stycken bultar i storlek M6 som löper genom bygeln in i bottenplattan.

Material: Aluminium

Tillverkningsteknik: Fräsning



Figur 41. Modell av bottenplattan

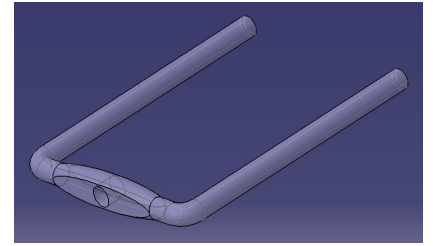
“Låsbygel”

Funktion:

Att säkra bottenplattan i pucken.

Material: Rostfritt stål A4

Tillverkningsteknik: Köps in som färdig produkt.



Figur 42. Modell av låsbygel

“Låssprint”

Funktion:

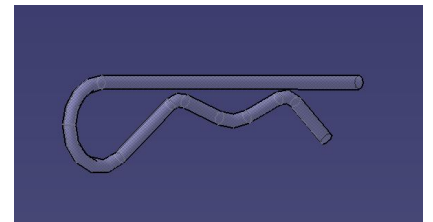
Att säkra låsningsbygeln från att hamna ur position.

Material:

Rostfritt stål A4

Tillverkningsteknik:

Köps in som färdig komponent



Figur 43. Modell av låssprint

“Innerrör”

Funktion:

Att verka som anslutande del mellan bottenplattan och huset. Innerröret är den del som huset glider längst när det rör sig i vertikalt led vid vågabsorbering.

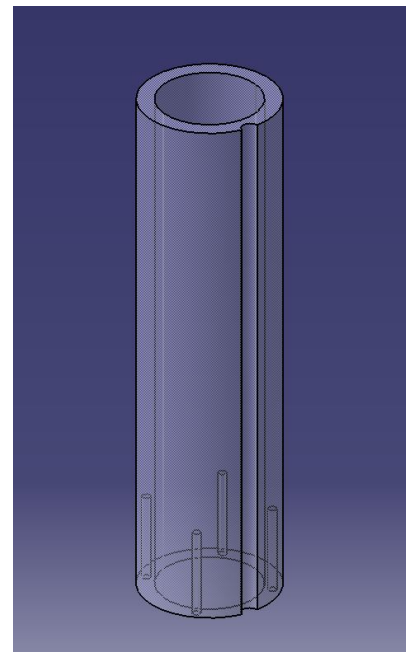
Röret har ett halvcirkulärt spår fräst längst hela komponenten, spåret har funktionen att hindra huset från att rotera i horisontalled runt röret.

Material:

Aluminium

Tillverkningsteknik:

Köps in som färdig komponent.



Figur 44. Modell av innerröret

“Huset”

Funktion:

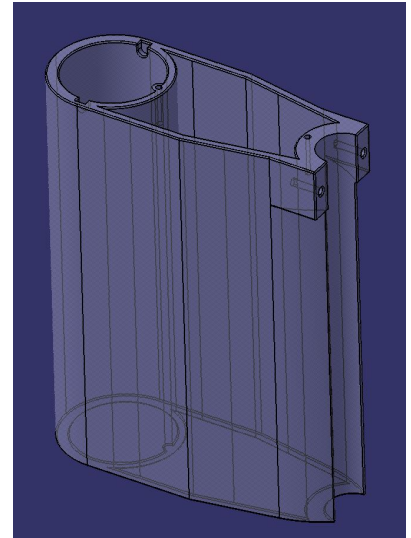
Huset är del som rör sig i vertikalt led längs innerrörets utsida vid vågabsorbering, huset är även den del som den övre delen av fjädern fästs i genom fjäderaxeln som monteras i huset, även locket och den övre stångbygeln fästs i huset

Material:

Aluminium

Tillverkningsteknik:

Extruderas alternativt fräses ur ett solitt block av aluminium.



Figur 45. Modell av huset

“Lock”

Funktion:

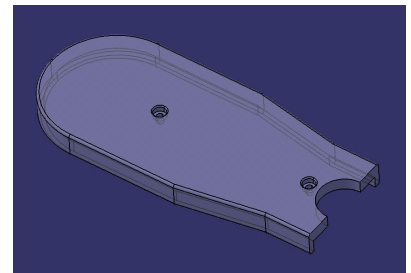
Att hindra vatten från att tränga in till fjädern, samt att verka som fästpunkt för handtaget.

Material:

Aluminium

Tillverkningsteknik:

Fräsning (CNC)



Figur 46. Modell av locket

“Stav”

Funktion:

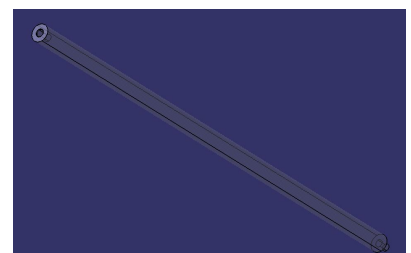
Staven är den delen som förs ned i bottenmassan för att hålla båten på plats vid ankring, det är den del som kommer att ta upp den största delen av krafterna som uppstår vid detta moment.

Material:

Glasfiber

Tillverkningsteknik:

Pultrudering



Figur 47. Modell av staven

“Insatsgänga”

Funktion:

Att sammanfoga stängdelarna med varandra, samt att sammanfoga handtaget och slutstyckena med stängerna.

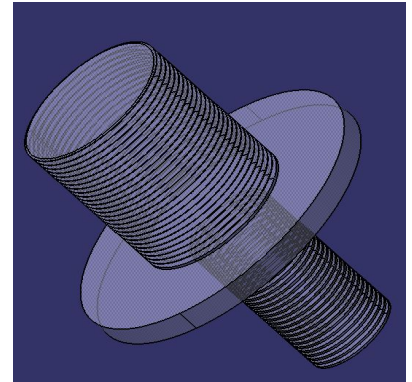
Insatsgängornas större cirkulära del pressas in i hålrummet i stängerna, den gängade delen på insatsgängans motsatta sida ansluter mot det gängade hål på den anslutande insatsgängan av hontyp.

Material:

Rostfritt stål A4

Tillverkningsteknik:

Köps in som färdig produkt.



Figur 48. Modell av insatsgänga

“Bygel”

Funktion:

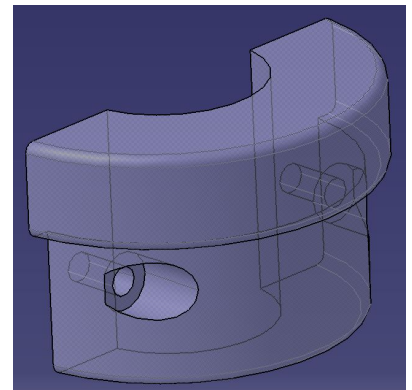
Att styra och låsa staven mot bottenplattan och huset. Bägge byglarna är försedda med två stycken genomgående ogängade hål som ansluter mot motsvarande hålbild med gängade hål i bottenplattan respektive huset, bultar i storlek M6 säkrar komponenterna med varandra.

Material:

Aluminium T6

Tillverkningsteknik:

Fräsning (CNC)



Figur 49. Modell av bygel

“Fjäder”

Funktion:

Att kompensera för variationer i höjdskillnad på grund av vågor vid användning. Fjädern skall sträckas ut när båten åker ner i en vågdal, och tryckas ihop när båten befinner sig på toppen av en våg.

Vågabsorberingen sker genom att övre delen av fjädern fästs i en axel i toppen av huset, den undre delen fästs i en axel på toppen av bottenplattan.

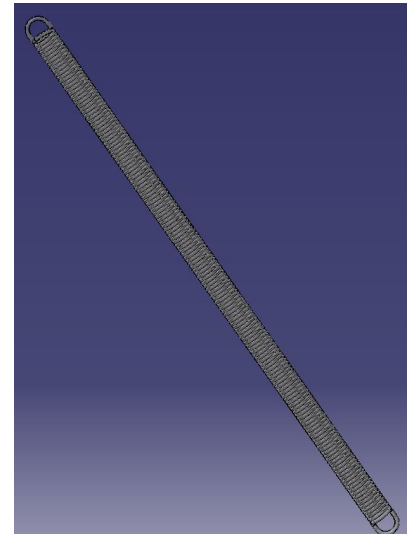
Fjädern löper genom innerrörets vertikala centrumlinje.

Material:

Rostfritt stål A4

Tillverkningsteknik:

Köps in som färdig produkt.



Figur 50. Modell av fjäder

“Handtag”

Funktion:

Att ge brukaren av produkten ett bra grepp om produkten när huset skall lyftas för att “ladda” vågabsorberingsmekanismen.

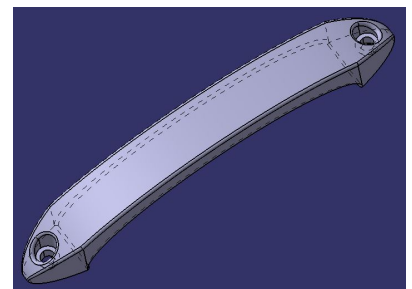
Handtaget fästs genom två bultar på lockets ovansida.

Material:

Aluminium T6

Tillverkningsteknik:

Fräses (CNC), alternativt köps in som färdig produkt.



Figur 51. Modell av handtag

“Slutstycke sand”

Funktion:

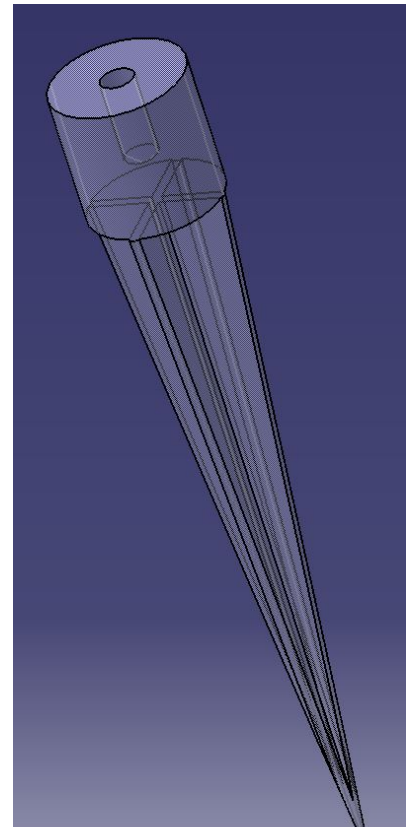
Att underlätta vid ankring där bottenmassan består av sand/grus, slutstyckets geometri är framtagen för att underlätta penetration av bottenmassans översta skick vid ankring.

Material:

Rostfritt stål A4

Tillverkningsteknik:

Fräses



Figur 52. Modell av slutstycke sand

“Slutstycke lera”

Funktion:

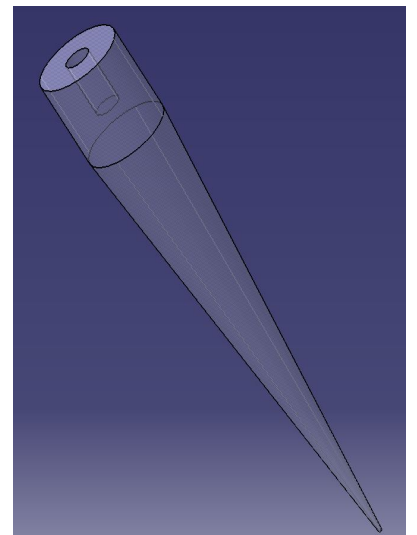
Att underlätta vid ankring där bottenmassan består av lera/mjukbotten, slutstyckets geometri är framtagen för att underlätta penetration av bottenmassans översta skick vid ankring.

Material:

Rostfritt stål A4

Tillverkningsteknik:

Fräses (CNC)



Figur 53. Modell av slutstycke lera

4.8.2 FEM

På samma sätt och med lika stora laster i samma riktningar som i FEM-analyserna av den förenklade modellen, gjordes tester på den uppdaterade produkten. Den största skillnaden i detta test kontra det första var att staven inte längre hålls på plats genom att föras ned i ett hålrum genom huset, i den uppdaterade produkten är det istället två byglar som håller stav på plats genom att skapa ett hålrum då de fästs i dels i den översta delen av huset vertikala sida, dels mot bottenplattans vertikala sida som vetter mot staven.

Avsikten med denna FEM-analys var även denna gång att få en uppfattning kring hur belastningen som uppstår vid det simulerade lastfallet påverkar de ingående komponenterna, förhoppningen var att få fram data kring hur de valda materialen samt konstruktionen fördelar och klarar de pålagda lasterna.

Tester gjordes med stavlängder om 3 m och 5 m, de är redovisade i separata avsnitt nedan.

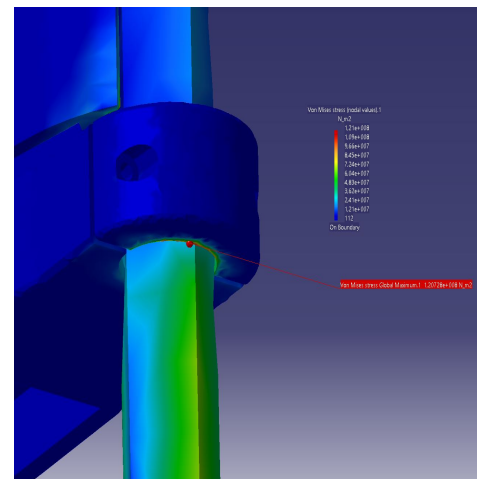
Resultat analys stavlängd 3m

Analysen av den uppdaterade produkten men en stavlängd om 3 m visade att den maximala Von-Mises spänningen uppstår i mitten av den nedersta stångbygelns valv där den uppgick till 121 MPa. Som synes i figur 54 sker det ingen större utbredning av spänningar i vare sig bygel eller bottenplattan, spänningen som uppstår mellan bygel och staven är heller inte kritiska sett till de båda materialens sträckgränser.

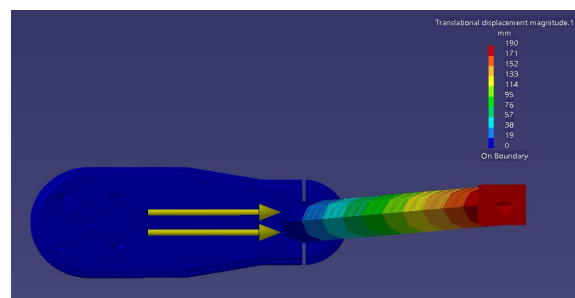
Spänningarna i staven uppgick till dryga 50 MPa.

Huset visade sig vara robust och var princip opåverkat av de pålagda lasterna, detta trots att geometrin ändrats och att tjockleken på husets väggar reducerats för att få ner vikten mot den initiala modellen.

Utböjningen av staven analyserades på samma sätt som i tidigare analys, resultatet av detta visade att den maximala utböjningen denna gång med nytt tvärsnitt uppgick till 190 mm.



Figur 54. FEM, Von Mises



Figur 55. FEM, utböjning

Resultat analys stavlängd 5 m

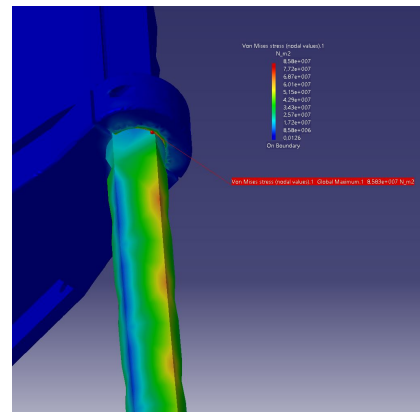
Med ett simulerat ankringsdjup på 5 m återfanns den maximala Von-Mises spänningen på samma ställe som vid föregående analysen där stavens längd sattes till 3m, i detta fallet visade analysen maximal spänning om 85,8 MPa.

I staven uppgick spänningen till dryga 77 MPa.

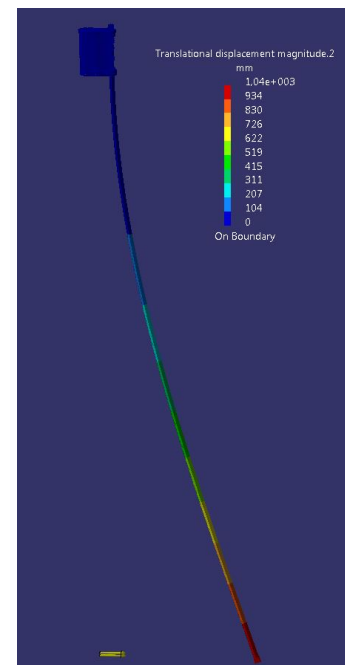
Huset visade sig vara fortsatt relativt opåverkad av de pålagda lasterna.

Analysen av utböjningen uppgick till 1004 mm (1,04 m), en relativt stor skillnad mot de 190 mm som testet med 3 m staven visade.

Resultatet av detta test överskred önskemålet som sattes i kravspecifikationen om maximalt 1 m utböjning med marginella 4 mm, önskemålet ansågs därför vara uppfyllt med tillräckligt god precision.



Figur 56. FEM, Von Mises



Figur 57. FEM, utböjning

Specialfall, lossning av stav (3 m)

Vid det praktiska testet av den förenklade modellen visade det sig att det var svårt att få upp staven då den var hårt belastad av vind som blåste in båten upp längs en grundande brant, staven blev då kraftigt utböjd samtidigt som djupet under båten minskade. Vid detta scenario blev det svårt att föra upp staven genom hålet i regeln på grund av dess utböjning.

Lösningen var att med handkraft pressa den övre delen av stången i rakt motsatt riktning mot båtens drift för att få på så sätt få stången rak genom att nyttja materialets inbyggda elastiskt fjädrande egenskaper. När staven staven man drog upp den. För att göra detta i den mer utförliga modellen krävs att man skruvar av den övre bygelhelt.

Därför testades just detta med hjälp av en förenklad modell för att se hur den nedre bygelh påverkas. Detta är illustrerat i figurerna nedan.

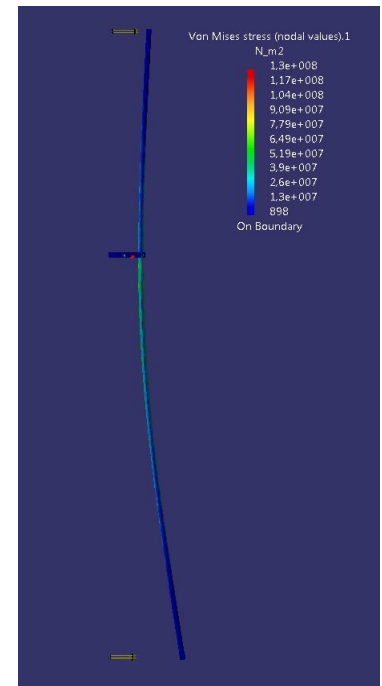
Då denna analys simulerade att man skruvat bort den övre bygelh från huset varpå det enbart är den undre bygelh och

bottenplattan som har kontakt med staven så var det endast nödvändigt att ha med just dessa tre delar under själva analysen.

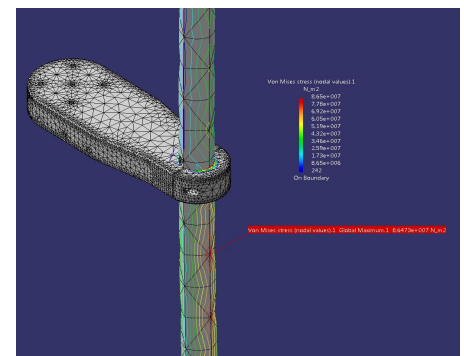
Då en produkt med många komponenter kräver stor datorkraft och tar lång på sig att utföra beräkningarna ansågs det att elementen nu kunde minskas för att få en noggrannare analys då det var så få delar som skulle analyseras.

Resultatet av detta visade att den maximala spänningen uppkomna spänningen sker i staven om 86,4 MPa. Spänningen som uppstår i bygelh uppgick till dryga 80 MPa.

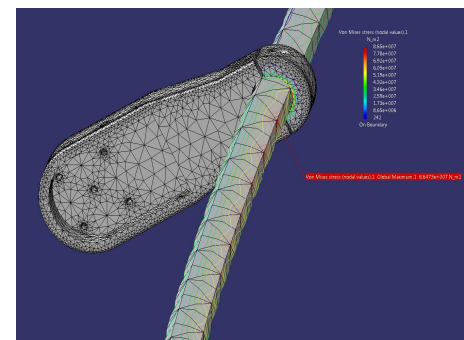
Resterande del av basen är relativt opåverkad och klarar lasterna utan större påfrestningar.



Figur 58. FEM, Von Mises



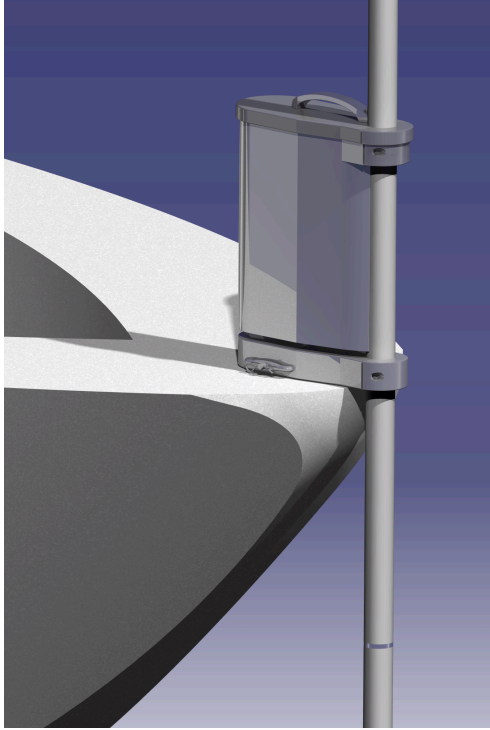
Figur 59. FEM, Von Mises



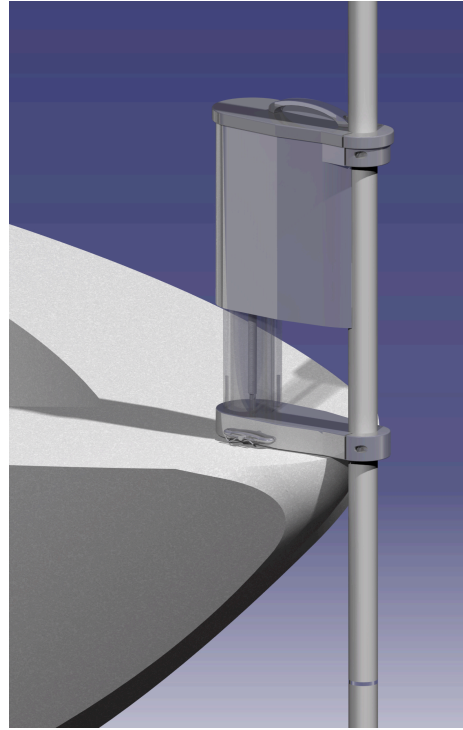
Figur 60. FEM, Von Mises

5. Resultat

5.1 Slutgiltig produkt



Figur 61. Slutgiltig produkt i komprimerat läge



Figur 62. Slutgiltig produkt i vågabsorberande läge

CAD-modellen och FEM-analysen gav en stor mängd intressant information. Stavens förskjutning vid 5 m ankringsdjup uppgick till 1,04 m, vilket överskred kravspecifikationens målvärde med 4 cm. Detta ansågs vara godkänt. Den maximala spänningen i staven uppmättes till 86,5 MPa och den maximala spänningen i bygelns uppmättes till 85,6 MPa. Genom de beräkningar som gjordes och med hjälp av FEM-analysen kunde det konstateras att produkten klarar de påfrestningar som den kan utsättas för under normal användning.

Huset såg överdimensionerat ut men en viss robusthet krävs för att produkten skulle klara stötar och andra yttre påverkningar. CAD-modellen gav en tydlig bild av de estetiska förändringar som behövdes för att göra produkten mer attraktiv samt att vikten kunde kontrolleras och regleras på ett enkelt sätt. Denna CAD-modell utgjorde även produktionsunderlaget för produkten.

5.2 Materialval

Efter att samtliga FEM-analyser var färdigställda kunde slutsatsen dras att de på förhand valda materialen för de olika ingående komponenterna uppfyllde kraven gällande styvhet samt hållfasthet för de framräknade lastfallen.

Det ansågs inte vara nödvändigt att ändra materialvalen för någon av komponenterna i efterhand sett till hur de hanterade de simulerade påfrestningarna under FEM-analyserna.

Valen på material blev då följande:

- Stav - glasfiber
- Hus - aluminium
- Innerrör - aluminium
- Bas - aluminium
- Puck - aluminium
- Lock - aluminium
- Byglar - aluminium
- Låsbygel - aluminium
- Handtag - aluminium
- Fjäder - rostfritt stål
- Bottenstycken - rostfritt stål
- Skruvförband - rostfritt stål
- Bussningar - rostfritt stål

5.3 Tillverkningsteknik

Då arbetet avser en rent virtuell prototypframtagning har tillverkningstekniker enbart haft en begränsad inverkan på design och materialval, hänsyn har framförallt tagits på så sätt att komponentdesignen har hållits förhållandevis enkel och materialval gjorts med de vanligaste tillverkningsmetoderna i åtanke.

Resultatet av detta landade i att de flesta av komponenterna antas framställas via fräsning i cnc-maskiner, undantaget staven och bultar som förväntas köpas in som färdiga komponenter.

6. Diskussion

Projektet innebar en hel del olika beräkningar och analyser, dessa är förenklade i vissa fall för att den teoretiska kunskapen ska räcka till. Därför finns det risk för felaktigheter i de olika beräkningarna, som till exempel beräkningen av kraften från vinden mot skrovet.

Vindpåverkan beräknades enbart med hänsyn till vilken area skrovet har om det står vinkelrätt i förhållande till vattenytan. Alltså togs ingen hänsyn till att skrovet är mer aerodynamiskt utformat vilket gör att den verkliga kraften av vinden blir mindre än den som beräknats.

Beräkningarna gjordes framförallt för att få en fingervisning om vilka krafter som kunde tänkas påverka båten. Vattnets påverkan på båten vid strömning har inte heller tagits in i beräkningarna, denna kraft kan variera mycket och beror till stor del på skrovets utformning samt rådande väder.

FEM-analyserna genomfördes med vissa förenklingar för att de teoretiska kunskaperna skulle räcka till. Utbildningen har enbart gett en grundlig förståelse och det var med hjälp av detta som analyserna gjordes, som till exempel var det endast en förfinad mesh som utgjorde den noggrannare FEM-analysen av produkten.

7. Slutsats

Frågeställning som har funnits under arbetets gång har varit följande;

Hur skulle ett koncept kunna se ut där priset är avsevärt lägre än dagens lösningar samtidigt som avkall på den grundläggande funktionen undviks?

För att kunna svara på denna frågan har en rad olika metoder använts för att först generera koncept, sedan göra ett urval för att till sist utveckla det valda konceptet till en produkt.

I teorin och under de simulerade analyserna verkade det som att produkten skulle uppfylla det syfte som den var tänkt att fylla, med den erfarenheten som det praktiska fälttestet med den förenklade modellen gav kunde slutsatsen dras att den grundläggande funktionen på ett tillfredsställande sätt uppnåddes. Vad som dock inte är praktiskt verifierat är huruvida den vågabsorberande mekanismen fungerar i praktiken, detta är något som skulle vara tvunget att undersökas noggrannare vid fortsatt arbete med produktframtagningen.

Vidare skulle troligen även ändringar på design och materialval kunna genomföras för att optimera prestandan avseende hållfasthet, vikt, storlek och slutgiltigt pris. Den stora vikten i detta projekt har legat på att ta fram en grundläggande, förhållandevis enkel design som uppfyllde de prestationskrav som sattes initialt. Dessa anses ha uppnåtts, men uppskattas kunna optimeras om mer tid hade getts för förbättringar, vidare analyser och tester.

Om tid och resurser hade funnits för att ta fram en fysisk prototyp av den slutgiltiga modellen hade en fördjupad analys av funktionerna kunnat genomföras, troligen skulle resultaten från en sådan analys kunnat resultera i en tydlig riktning kring eventuellt förbättringsarbete.

De metoder och verktyg som har använts har genomförts med de grundläggande kunskaper som högskoleingenjörsprogrammet inom maskinteknik har gett. För att få en mer komplett analys och produktframtagning skulle djupare kunskaper behövas, därför kan denna rapport vara bristande i vissa avseenden.

8. Referenser

- [1]. Çengel, Yunus A., Cimbala, John M., och Turner, Robert H. 2017. *Fundamentals of Thermal-fluid Sciences*. McGraw-Hill Education: New York, USA.
- [2]. Mägi, Mart., Melkersson, Kjell. och Evertsson, Magnus. 2017. *Maskinelement*. Studentlitteratur AB: Lund.
- [3]. Dahlberg, Tore. 2001. *Teknisk hållfasthetslära*. Studentlitteratur AB: Lund.
- [4]. Hågeryd, Lennart., Björklund, Stefan., Lenner, Matz. 2002. *Modern Produktionsteknik Del 1*. Liber AB: Stockholm.
- [5]. Andersson, Marcus. 2009. *Rostfritt stål, vad är det?*. Stålbyggnadsinstitutet. http://www.stalbyggnadsinstitutet.se/uploads/source/files/Artiklar/Rostfritt_stal.pdf (Hämtad 2019-03-11)
- [6]. *Polyamid PA*. Acron Formservice AB. <https://acron-form.se/3d-print/polyamid-pa/> (Hämtad 2019-03-11)
- [7]. *PA Polyamid*. Vink Essåplast Group AB. <http://www.vink.se/sv-SE/Industri/Konstruktionsplast/PA-Nylon.aspx> (Hämtad 2019-03-11)
- [8]. *Aluminium - Världens vanligaste metall*. 2011. Råvarumarknaden. <https://ravarumarknaden.se/aluminium-varldens-vanligaste-metall/> (Hämtad 2019-03-11)
- [9]. *Fakta om båtlivet*. 2019. Sweboat. <https://foretag.sweboat.se/fakta-om-batlivet.aspx> (Hämtad 2019-03-29)
- [10]. *Spot lock*. Minn Kota Motors <https://www.minnkotamotors.com/learn/technology/trolling-motors/spot-lock> (Hämtad 2019-03-30)
- [11]. *Power-Pole Blade*. Power Pole, Shallow water anchor. <http://www.power-pole.com/blade-edition-cm2> (Hämtad 2019-04-10)
- [12]. *Talon Shallow Water Anchor*. Minn Kota. https://minnkotamotors.johnsonoutdoors.com/talon-shallow-water-anchors/talon-shallow-water-anchors?_ga=2.210147153.595865838.1558906783-111484343.1558906783 (Hämtad 2019-04-10)
- [13]. *Enkätundersökning*. SurveyMonkey. Från 2019-01-30 till 2019-02-13. <https://sv.surveymonkey.com>
- [13-1] Facebook-grupper för enkätundersökning

Båtar och tillbehör säljes och köpes - 63 483 medlemmar
<https://www.facebook.com/groups/426991600656900/>
(2019-01-30 till 2019-02-13)

Min fiskebåt - 14 546 medlemmar
<https://www.facebook.com/groups/minfiskebat/>
(2019-01-30 till 2019-02-13)

Båtsnack med köp/sälj - 41 218 medlemmar
<https://www.facebook.com/groups/262731427203089/>
(2019-01-30 till 2019-02-13)

[13-2] Internet forum för enkätundersökning
Maringuiden.se
<https://www.maringuiden.se/?path=>
(2019-01-30 till 2019-02-13)

Hamnen.se
<http://forum.hamnen.se>
(2019-01-30 till 2019-02-13)

[14]. Sweboat - Fakta om båtlivet <https://foretag.sweboat.se/fakta-om-batlivet.aspx>
(Hämtad 2019-02-05)

[15]. Talon: <https://www.gameandfishmag.com/editorial/minn-kota-talon/245224>.

[16]. Power-Pole: <http://www.power-pole.com/blade-edition-cm2>

[17]. GPS-motor: <https://www.lake-link.com/press-releases/minn-kota-unveils-reinvented-spot-lock/425/>

[18]. Ashby, Michael., Shercliff, Hugh., Cebon, David. 2013. *Materials*. Elsevier.

[19]. Båtmodell Crescent 500 <https://www.sokbat.se/Modell/crescent/500>

[20]. <https://www.sjoraddning.se/kustvaderapp>

[21]. <https://www.yr.no/sted/Sverige/>

[22]. <https://www.smhi.se/vadret/vadret-i-sverige/2.2241/smhis-vader-for-mobila-enheter-1.31012>

[23]. CES EduPack <https://www.grantadesign.com/education/ces-edupack/>

9. Bilagor

Bilaga A – Gantt-schema

Aktivitet	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	v21	v22	v23	v24	
Uppstart	■																					
Målformulering, avgränsningar	■	■																				
Undersökning av befintlig marknad		■	■																			
Framtagning av kravspecifikation			■	■	■																	
Konceptgenerering				■	■	■	■															
Utvärdering av koncept						■	■	■														
Koncepturval								■		■												
Milstolpe 1: Koncept valt											■											
CAD											■	■	■									
FEM												■	■	■								
Tillverkningsalternativ																	■	■	■			
Diskussion/slutsats																		■	■	■		
Rapportinlämning																						■
									Tentamensvecka					Omtentavecka/Påsk							Tentamensvecka/Presentation	