



SKISTAV PROFIL

Langrennstav

Masteroppgave- PDMM5910

Håkon Vold

(251167)

HiAk, Høgskolen i Akershus

2011

Forord

Denne oppgaven omhandler skistav profiler, og hvordan man ved å endre profil på et rør endrer også stivhets- og styrkeforholdet i røret.

Dette er en oppgave med materialbasert fordypning og derfor er det lagt stor vekt på hvilket materiale som egner seg best til produksjon og sluttprodukt.

Jeg har ikke hatt noen samarbeidspartnere, men jeg har vært i kontakt med bedrifter som sitter på kunnskap innenfor dette området. Jeg har vært inspirert av Swix sin nye skistav Triac 1.0, denne staven er revolusjonerende på alle måter og det utrolig enkel. I tillegg har jeg fått etablert kontakt med Swix og jeg kommer til å levere min CV og en jobbsøknad til de etter oppgaven er levert.

Opgaven tar for seg både styrkeberegninger, materialvalg, valg av profil og viser også designprosessen med å forme aluminiumstaver til gitt profil. Dette med et egetdesignet verktøy for valsing av skistaver.

Sammendrag

Dette prosjektet ble gjort for å mulig finne et annet materiale til skistav produksjon og for å se om det er andre profiler som kan brukes i skistaver. I en slik prosess dukker det alltid opp utfordringer og uforutsette resultater, og det er da viktig å ikke la noe utebli.

I dette prosjektet så har noe materialutprøvnings uteblitt på grunn av vanskelige produksjonsmetoder, samt liten tilgang til maskiner og materiale. Dette visste jeg på forhånd men jeg måtte undersøke mulighetene til skistav produksjon.

Totalt sett så har dette ikke vært en enkel oppgave, jeg har møtt mye motgang. Ikke nødvendigvis fordi bedrifter ikke er villig til å bidra, men også mye på grunn av at jeg har beveget meg ut på ukjent "felt".

Det viste seg at det ikke var mange som hadde kunnskap om hvordan krefter oppfører seg i forskjellige profiler og hvordan man kan f. eks. simulere stressanalyser med dataprogramvare. Jeg har vært i kontakt med HiO, UMB, NTNU, ØTF og fler, uten resultat.

Innhold

Forord

Sammendrag

Innhold

1.	Bakgrunn for prosjektet	4	5.	Designprosess	16
1.2	Problemstilling	4	5.2	Stavprofiler på markedet	16
1.3	Metoder	4	5.3	Inspirasjon	17
1.4	Materialvalg	5	5.4	Skisser	18
1.5	Produktvalg	5	5.5	Konsept 1	20
			5.6	Konsept 2	22
2.	Materialer	6	5.7	Konsept 3	24
2.2	Aluminium	6			
2.2.2	Fordeler og ulemper	7	6.	Aluminiumsstav	26
2.2.3	Produksjonsmetoder for Al	7	6.2	Valg av profil	26
			6.3	Valseverktøy	27
2.3	Komposittmaterialer	8	6.4	Materialutprøvnings	30
2.3.2	Herdeplast kompositt	8			
2.3.4	Fordeler og ulemper	9	7.	Konklusjon	33
2.3.5	Produksjonsmetoder	9			
			8.	Litteraturliste	34
2.3.6	Termoplast Kompositt	11			
2.3.7	Fordeler og ulemper	11	9.	Kilder	34
2.3.8	Produksjonsmetoder	11			
3.	Styrkeberegninger	13			
4.	Skistaver	14			

1. Bakgrunn for prosjektet

I mitt studie har jeg valgt å fordype meg i materialer og har derfor valgt en materialbasert fordypning.

Jeg har tidligere studert ved Østfold Tekniske Fagskole innenfor maskinteknikk og jeg har bakgrunn som grafisk trykker. Med min mekaniske bakgrunn er jeg veldig opptatt av konstruksjon og hvordan benytte materialer i produktsammenheng.

Jeg jobber ved siden av studiene i Anton Sport. Jeg er selv genuint interessert i sport, selv går jeg på ski, sykler, løper og trener allsidig.

Tidligere i studiet har jeg jobbet med sykkeldesign, sammen med WORK designkontor og Anton Sport.

Jeg har en forkjærlighet for komposittmaterialer, både på grunn av dets estetiske utseende og mulighetene kompositt materialer gir. I dag er det mange produkter som lages i komposittmateriale, det gir flere form- og egenskapsmessige fordeler. For eksempel sykkel, sykkelramme i kompositt gir en lettere og mer støtabsorberende ramme enn aluminium.

Med dette tatt i betraktning har jeg satt opp en problemstilling.

1.2 Problemstilling

Hvordan benytte materialets egenskaper i et produkt og kan nye materialer eventuelt erstatte tradisjonelle materialer?



(foto: mrcad.com)

1.3 Metoder

Det finnes mange teoretiske og praktiske metoder man kan benytte seg av i en prosess som denne. Jeg har valgt de metodene som jeg mener ville bidra til at jeg ville få de svarene jeg var på leting etter. Med tanke på at jeg har materialbasert fordypning så har jeg valgt disse metodene:

- **Intervju**
- **Observasjon**
- **Materialutprøvinger**

1.4 Materialvalg

Vi er omgitt av mange materialer i vår hverdag, mange gode og noen mindre gode. Det alle materialer har til felles er at de benyttes ut i fra de egenskapene materialet har. Materialvalg er noe jeg mener er noe av det viktigste i en design prosess. Mange produkter har blitt produsert i et materiale hvor produktet i helhet har blitt dårligere, i disse tilfellene er det viktig med materialkunnskap. Konstruksjon i henhold til de påkjenningene produktet blir utsatt for er også viktig.

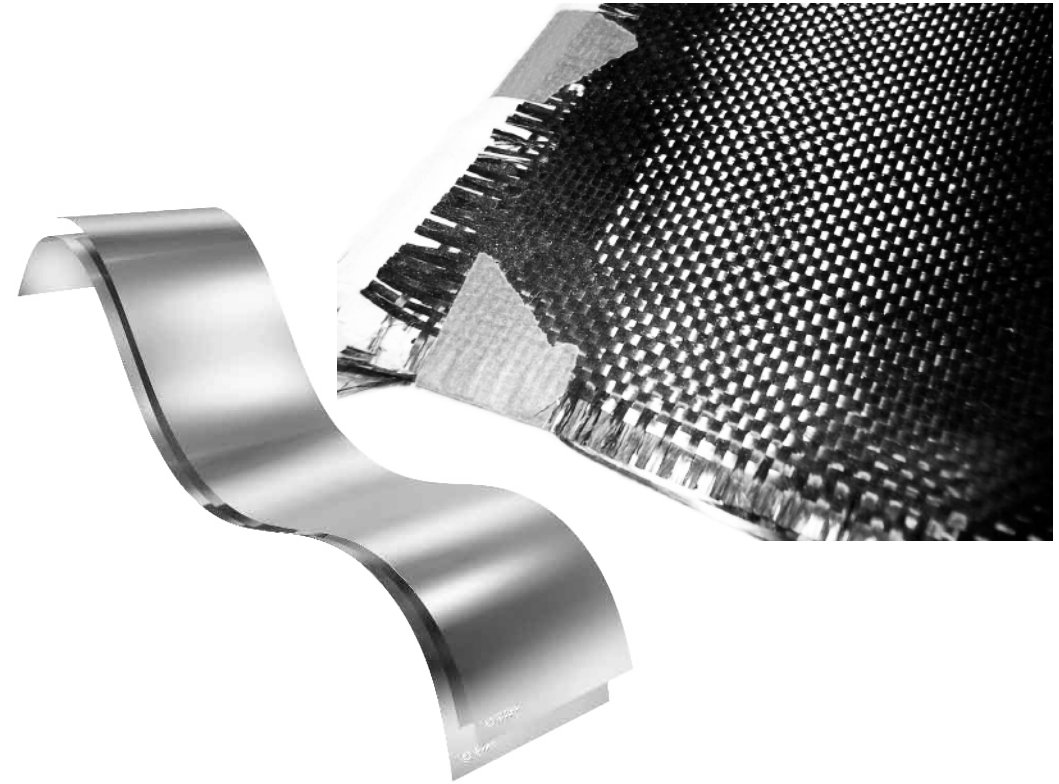
I mitt prosjekt har jeg valgt å fokusere på:

- komposittmaterialer og aluminium.

1.5 Produktvalg

I oppstarten av mitt prosjekt var jeg usikker på hvilket produkt jeg vill jobbe mot. Jeg forsøkte å kontakte bedrifter med håp om å snuble over et prosjekt som kunne passe mitt prosjekt, uten hell. Det var ikke viktig for meg å jobbe med et produkt jeg kjenner, likevel brukte jeg min arbeidsplass for å finne inspirasjon. Det er jo en fordel å jobbe med et produkt man kjenner og det er også en god motivasjonsfaktor. Produktet jeg har valgt å jobbe med i mitt prosjekt er:

- skistaver.



2. Materialer

I mitt prosjekt har jeg valgt å jobbe med materialer som både er vanlige og uvanlige, men som egner seg godt til det produktvalget jeg har gjort. En skistav skal både være stiv og lett for at det skal være en god skistav. Materialet som en skistav produseres i er viktig, materialet må derfor ha de rette egenskapene for å møte kravene om vekt og styrke. Skistaver har tidligere blitt produsert i mange materialer, som tre, bambus, aluminium og kompositt. Aluminium er fortsatt å finne blant de fleste staver på markedet, dette fordi det er billig og lett å produsere staver i dette materiale. De senere årene så har flere og flere staver blitt produsert i kompositt, det er fortsatt kun staver i racing og semi- racing klassen som produseres i dette materialet. Første kompositt staven ble produsert i 1976, en kombinasjon mellom aluminium og glassfiber. Kompositt, som i fibermateriale, er letter og sterkere enn aluminium. Det er en del fordeler med en ren kompositt stav, selv om begge materialene har både fordeler og ulemper. Jeg skal gå nærmere inn på hvert materiale og påpeke fordeler og ulemper til materialene som staver produseres i.

I mitt prosjekt ville jeg også se om det fantes et materiale som kunne erstatte kompositt og aluminium. Termoplast kompositt er et relativt nytt materiale, og kunne egnet seg til skistav produksjon. Dessverre er ikke alle produksjonsteknikker innenfor dette materialet ferdig utviklet og det har visst seg å være ganske vanskelig å produsere produkter i dette materialet per dags dato.

I dette kapittelet vil jeg prøve å forklare materialene jeg har fordypet meg i og forklare de produksjonsteknikkene jeg kjenner innenfor hvert materiale i tilknytning til skistav produksjon.

2.2 Aluminium

Aluminium, Al, er et såkalt ikkejernmetall, men aluminium finnes ikke i helt ren form i naturen. Ulegert aluminium med en renhet på 99,5 % blir kalt teknisk renaluminium. Den inneholder noe forurensning som for det meste består av jern og silisium. På grunn av denne "forurensningen" har teknisk renaluminium en litt høyere styrke enn helt ren aluminium, som inneholder 99,995 % Al. Legerte aluminiumsmaterialer finnes det mange av, man blander andre materialer med aluminium for å få bestemte egenskaper. Aluminium er det materialer det finnes mest av i jordskorpa, 8,4 % av jordskorpa består av dette materialet. I Norge produseres det mye aluminium, selv om det kun er 4 % av verdensproduksjonen. Aluminium blir fremstilt ved smelteelektrolyse, og det går med store mengder elektrisk energi, ca. 15000 kWh per tonn aluminium. Til gjengjeld kreves det lite energi til omsmelting av aluminium, som gjør det lett resirkulerbart. Aluminium lar seg lett forme til kompliserte profiler og det gjør at materialtverrsnittet kan utformes slik at materialet blir best mulig utnyttet.

2.2.2 Fordeler og ulemper med aluminium

Fordeler

- Lar seg lett forme
- Resirkulerbart
- Lav pris
- God tilgang på materialet
- Panteordning på skrapmateriale

Ulemper

- Lavt styrke/ vekt forhold
- Massetetthet: 2,7 kg/dm³
- Bøyer lett ut

2.2.3 Produksjonsmetoder for Al

Aluminium får man kjøpt i flere forskjellige kvaliteter og legeringer, til stavproduksjon har Swix for eksempel brukt en herdet kvalitet som heter AW- 6082. Som nevnt tidligere blir aluminium legert med andre materialer for å oppnå egnede egenskaper.

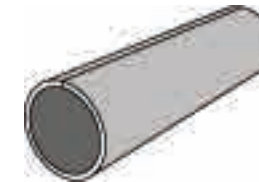
AW- 6082 er en aluminiumslegering som inneholder 1% Silisium og 1% Magnesium. Denne legeringen går også under benevnelsen AlSiMg.

Bokstavene foran nummer rekken er en benevnelse for legeringstype og fremstillingsmetode. Første bokstav, her A, står for Aluminium og W(rough) står for presse- eller valselegeringer.

Valsing

Staver av aluminium i dag blir valset runde og deretter sveiset sammen. Dette gjør det lettere å gjøre staven kon i bunn. En sveis er likevel sveis et svakt punkt og hvis belastningen overskrider det staven er konstruert for å tåle, vil staven bøye ut og gå i brudd langs denne sveisen.

Fig. 1:
Valset rør av plate,
med sveis.



Ekstrudering

Man kan også ekstrudere rør for deretter å kaldvalse staven kon i bunn. Ekstrudering gjør at man ikke får noen skjøt i staven og staven har samme materialtykkelse rundt hele. Ekstrudering er også en kontinuerlig prosess og er derfor en mer lønnsom prosess.

Man bruker et ekstruderingsverktøy som kan sammenlignes med for eksempel en kaviartube, materialet som kommer ut for den formen som verktøyet har. Et slikt verktøy skal tåle høyt trykk og ekstrem varme, derfor er et slikt verktøy dyrt. Et ekstruderingsverktøy for stavproduksjon vil ligge på rundt Kr. 40- 60.000,- pluss metervare.

Fig. 2:
Eksdrudering



2.3 Komposittmaterialer

”Et komposittmateriale er definert som et materiale som består av to eller flere forskjellige fysiske faser, og der hver fase gir sitt karakteristiske bidrag til egenskapene til materialet.”

(Materiallære, Ørnulf Grøndalen, Fagbokforlaget.)

Første fase er som regel grunnmasse, det kaller man for matriks. Den andre fasen er da man forsterker materialet og blir derfor kalt armering eller forsterkermateriale.

Det finnes mange forskjellige kompositt materialer, for eksempel:

- metalliske og keramiske materialer (Cermets)
- keramiske og polymere materialer
- polymere og metalliske materialer

Jeg har valgt å fordype meg i karbonfiber, såkalt fiber-materiale som er armering eller da forsterkermateriale. Det finnes mange forskjellige fibrer:

- glassfiber
- karbonfiber
- aramidfiber (aromatisk polyamid)
- polyetylenfiber (PET), høymolekylær
- spesialfiber

Når det kommer til matriksen så er det vanlig her å bruke epoksy, epoksy er i første fase flytende og herder over tid. I de senere årene har også termoplast blitt testet ut som matriks. Denne metoden er mye mer omfattende enn herdeplast (epoksy). Jeg skal forsøke å enkelt forklare egenskapene til disse to matriksene.

2.3.2 Herdeplast kompositt

Herdeplast kompositt er blitt et vanlig materiale å bruke i spesifikke produkter der styrke og vekt er viktig. Som nevnt tidligere er herdeplast kompositt det vanlige materiale å bruke, dette fordi det gir en meget stor frihet til utforming. Herdeplast matriks består av epoksy og er flytende. Deretter herder epoksyen og forsterker fiber-materialet det er påført. Ved å ha emnet i en ovn (60-80°C), vil denne herdetiden bli betraktelig lavere. Fiber materialet kommer enten som ensrettet fiberduk eller vevd fiberduk. Her er det viktig å tenke på fiberretning i forhold til belastningene som oppstår. Ofte blir det også kombinert ensrettet duk og vevd duk. Vevd duk er en duk hvor fibrene er lagt i kryss i 45°, dette gir stivhet i flere retninger.

De mest vanlige fibrene som er brukt, er glass- og karbonfiber. Karbonfiber er som oftest fremstilt av polyakrylnitril, PAN, eller rayon. Ved varmebehandling under produksjon av karbonfiber kan man oppnå egnet egenskap i fibre, de to retninger er ”Høy strekkfasthets-fiber” og ”Høy E-modul fiber”.

(E- modul står for ”elastisitetsmodul”.)

2.3.3 Fordeler og ulemper med herdeplast kompositt

Fordeler

- Lar seg lett forme
- Høy styrke og stivhet
- Lav vekt
- Lar seg maskinere (fresing/ dreining)

Ulemper

- Ikke resirkulerbart
- Høy pris
- Skjørhet (f.eks. er en skistav skjør 90° på stavens lengderetning)

2.3.4 Produksjonsmetoder for herdeplast kompositt

På grunnlag av at herdeplast kompositt er et veldig lettformelig materiale så finnes det også mange forskjellige produksjonsmetoder her. I enkelte tilfeller er det nok med å bare legge fiberduken over en form og deretter påføre epoksy for så å vente til det herder. Man må passe på å ha en slippform, altså at støpeformen man bruker kan tas ut og brukes på nytt. Det brukes i tillegg slippvoks for at epoksyen ikke skal hefte til støpeformen. Det er likevel vanlig å bruke vakuum og da en vakuumduk for å få fibre til å legge seg jevnt over hele formen. I en vakuumprosess har man også slanger hvor overflødig epoksy kan flykte ut. Dermed får man en riktig mengde epoksy fordelt over hele formen, dette er med på å gi økt styrke og stivhet.

I større produksjon er det vanlig å bruke "prepreg", dette er duk som er satt inn med epoksy og lagres i fryser. Epoksyen herder ikke under lave temperaturer (-20°C), så dette er ferskvare. Prepreg får man i forskjellige "kvaliteter", i forskjellige produksjoner er det nødvendig med forskjellig mengde epoksy på duken. En prepreg duk har også en nøyaktig og jevn mengde epoksy, påføring for hånd blir ikke nøyaktig nok i enkelte produksjoner.

Valsing av staver

Her blir prepreg kuttet i gitte dimensjoner for deretter å bli valset rundt en stålkjerne satt inn med slippvoks. Deretter blir det surret en spesiell tape rundt formen, denne tapen fester ikke til epoksy og krymper under høyere temperaturer. Man oppnår nærmest et "vakuum" rundt hele formen i en herdeovn. Denne metoden er blitt brukt av swix for produksjon av komposittstaver i følge Pelle Nymoen i Pelle Nymoen AS.

Vakuumforming av staver

Her støper man ved hjelp av vakuum to halvdeler, som deretter blir skjøtet sammen. For eksempel et rør, det støpes to like halvdeler i en negativ støpeform. Deretter blir de beskåret og pusset slik at de passer inntil hverandre. Prepreg blir lagt på innsiden, spesielt over skjøten, deretter blåser man opp en slange på innsiden. Her har man i tillegg to negative former oppå hverandre for å hindre halvformene å flykte under prosessen. Sykkelrammer i karbonfiber blir også produsert på denne måten.

Pultrering av rør

Pultrering er det motsatte av ekstrudering, her trekker man, "pull", materialet i stedet for å presse. Det er ikke vanlig å bruke denne prosessen i skistav produksjon, men brukes for å lage rør og firkantbolt etc. Synes det likevel er viktig å nevne denne prosessen, fordi det er en mulighet. I denne prosessen blir mange fibertråder trukket gjennom et epoksybad for deretter å passer et verktøy med den formen som sluttproduktet skal ha.



To halvdeler av en støpeform. (foto: paragonprops.com)

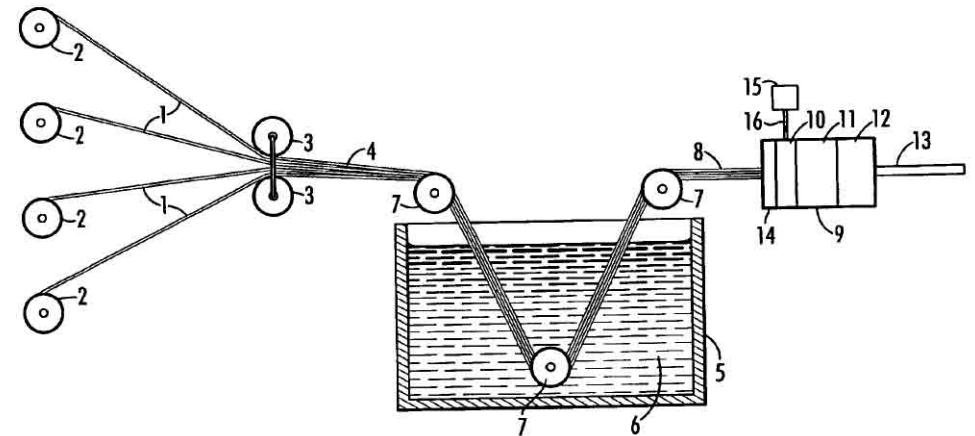


Fig. Pultreringsprosessen. (www.freepatentsonline.com)

2.3.5 Termoplast kompositt

I motsetning til herdeplast kompositt, så ligger her matriksen i form av fiber blandet med fibermaterialet. De vanligste termoplastene som brukes som matriks er:

- PE- Polyetylen
- PA- Polyamid (Nylon)
- PP- Polypropylen
- PET- Polyetylentereftalat
- PPS- Polyfenylensulfat

Ved hjelp av meget høy temperatur og høyt trykk så vil termoplasten flyte ut og forsegle fibermaterialet. Det er derfor denne prosessen er spesiell og utfordrende. Det er viktig at man har jevn temperatur i hele støpeformen samtidig som man har et jevnt trykk på hele formen. Plater av termoplast er derfor det enkleste å produsere per dags dato.

I senere år så har det kommet noen andre produksjonsmetoder for å produsere mer komplekse former og rør. Det er spennende å følge utviklingen til dette materialet, for jeg tror det vil mer eller mindre ta over for herdeplast kompositt. Største fordelen er at det er gjenvinnbart. Termoplasten kan kvernes opp i små "pellets", for å brukes i sprøytstøp.

2.3.6 Fordeler og ulemper med termoplast kompositt

Fordeler

- Gjenvinnbart
- Høy styrke og stivhet

Ulemper

- Komplisert produksjonsprosess
- Lar seg ikke forme enkelt
- Produksjonsprosessen krever mye energi
- Tidlig i utviklingsfasen

2.3.7 Produksjonsmetoder for termoplast kompositt

Våren 2010 var jeg å besøkte Ekro AS i Porsgrunn, de produserer plater av termoplast kompositt. Der fikk jeg et innblikk i hvordan produksjons prosessen for termoplast er og hvor omfattende den er. Ekro AS produserer plater og sandwich konstruksjoner. Sandwich er en prosess hvor man har en kjerne i PET (ser ut som honningkjerne) og kler den på hver side med termoplast kompositt. Dette er en enkel måte å øke materialtykkelsen på uten å øke vekten nevneverdig og uten unødvendig materialbruk. I likhet med vanlig plater trengs det her også høy temperatur (180-200°C) og høyt trykk.

Jeg er kjent med to andre produksjons prosesser innenfor dette materialet, Filament windings og Fiber placement.

Filament windings er en prosess som ligner en dreibenk hvor det er et "hode" som føres elektronisk frem og tilbake langs en akse. Denne produksjonsmetoden er for rørkonstruksjoner, hvor man har en kjerne spendt opp i maskinen som roterer rundt sin egen akse.

"Hodet" fører ut fiber av termoplast og f. eks. karbonfiber sammen, i tillegg sitter det en IR- lampe rett i utgangen av fibrene som smelter termoplasten. Spennet som oppstår når emnet går rundt, er det spennet som er nødvendig for at termoplast matriksen skal jevnes ut. I dag brukes denne metoden for å produsere rør, men i større dimensjoner.

Fiber placement fungerer litt likt som filament windings, men her er man ikke låst til en akse. Det er en flerakset robot som legger fiberblandingen på en form, særlig til kompliserte former. I likhet med filament windings, skapes det et spenn når fibre legges ut og det brukes IR til oppvarming av termoplasten.

Ingen av disse prosessene er ennå utviklet til mindre dimensjoner, men det er bare et tidsspørsmål før det er på plass. Jeg håper utviklingen innenfor dette materialet skyter fart.

Flerakset fiber placement maskin.
(foto: directindustry.com)



Toakset fiber placement maskin.
(foto: thewere42.wordpress.com)

Filament windings maskin.
(foto: afpt.biz)



3. Styrkeberegning

En del av det å konstruere handler om å vite hvordan belastningskrefter oppfører seg i en gitt form. Dette er et stort område og det finnes mange simuleringsprogrammer for å gjøre virtuelle tester. En skistav vil primært bli utsatt for belastning ned langs staven, den blir derfor utsatt for knekking. I tillegg så vil den også bli utsatt for vridningskrefter.

"Når en stav blir utsatt for belastning, kan den bøye ut og knekke i flere retninger. Dersom vi ikke hindrer staven i å bøye ut i en spesiell retning, er det rimelig at den bøyer ut i den retningen der den er minst stiv."

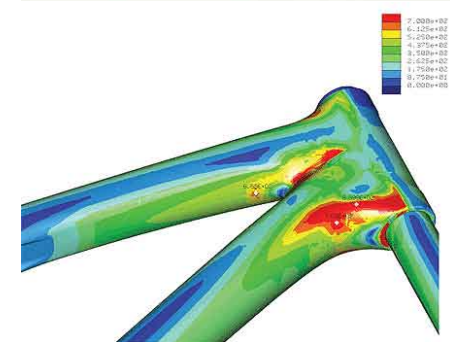
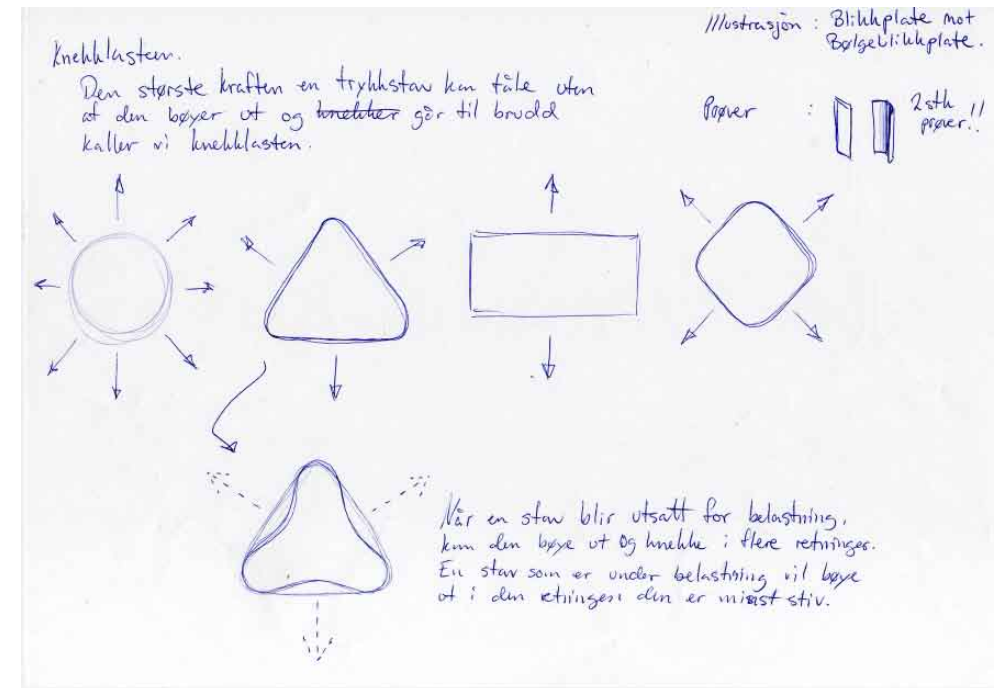
(Mekanikk for teknisk fagskole, Øistein Vollen, NKI forlaget.)

Det har derfor hvert viktig for meg å dette i bakhodet når jeg har sett på mulige profiler på skistaver. Diameter på staven har innvirkning på hvor lang staven kan være for eksempel. I tillegg når en skistav i bruk blir "fast" innspent i bunn og dreibar i toppen så kan man si at staven har 70% lengde av den virkelige lengden: $lk^* = 0,7 \cdot l$. (Nå vil en skistav aldri bli fast innspent i bunn i bruk, men den er mindre dreibar i bunn enn i toppen.) (*k= knekk lengde)

Formler for å regne ut knekk lengde, treghetsradius, slankhetsforhold og vrispenninger, som man må ta forhold til i en stav, finnes. Likevel er det ikke teoretisk enkelt å regne ut disse forholdene på tverrsnitt som ikke er sirkulære.

"Vrispenninger i tverrsnitt som ikke er sirkulære, er teoretisk svært kompliserte. Vi kan ikke overføre de regneteoriene vi bruker for sirkulære tverrsnitt, til andre tverrsnitt."

(Mekanikk for teknisk fagskole, Øistein Vollen, NKI forlaget.)



Stressanalyse av sykkelramme.
(foto: desugnworldonline.com)

Skisser på hvordan belastningskrefter oppfører seg i forskjellige profiler.

4. Skistaver

”Normenn er født med ski på beina”, sies det. Her i Norge er vi glad i å gå på ski og vi er over gjennomsnittet interessert i vinter sport. Ikke så rart da at vi har verdensledende ski- og stavprodusenter her i Norge.

Swix har produsert skistaver lenge, og sponser mange norske og internasjonale idrettsutøvere. Swix Star er swix sin klassiske racing stav, det er vunnet flere VM medaljer med den staven enn noen annen stav.

I fjor lanserte Swix en ny stav, Swix Triac 1.0, en revolusjonerende skistav. Staven er trekantet, og trinsen trenger man ikke verktøy for å bytte. 55% av alle gullmedaljene i langrennsøvelsene under OL i Vancouver, ble vunnet med Swix Triac staven.

Som nevnt tidligere så ble den første staven i kompositt allerede produsert i 1976. Da så staven annerledes ut, men kompositt har hatt en stor innflytelse på langrennsporten. Magne Myrmo var den aller siste som vant med rene treski i 1974, etter det var det kun de med kompositt ski som kunne hevde seg.

I tillegg til Swix og Madshus som produserer skistaver her i Norge så finnes det noen andre internasjonalt også. Fischer, Leki, One Way, KV+ og Exel er de jeg kjenner til som produserer langrennstaver. Alle var representert under VM i Oslo 23 februar til 6 mars i år.

En skistav skal hjelpe løperen å generere fart fremover, det er da viktig at staven er stiv og sterk, lett, har en god pendel og er tildels aerodynamisk.

Det aerodynamiske i staven er ikke så viktig som stivhet og styrke, samt at staven har en god pendel. Pendel effekten i staven hjelper til med å føre staven fremover. Jo mindre krefter som går tapt, jo mer fart får man og jo lengre klarer man å holde samme hastighet.

”En skistav må være rett, slik at kreftene man påfører staven får korteste vei til underlaget.” Terje Smedvold

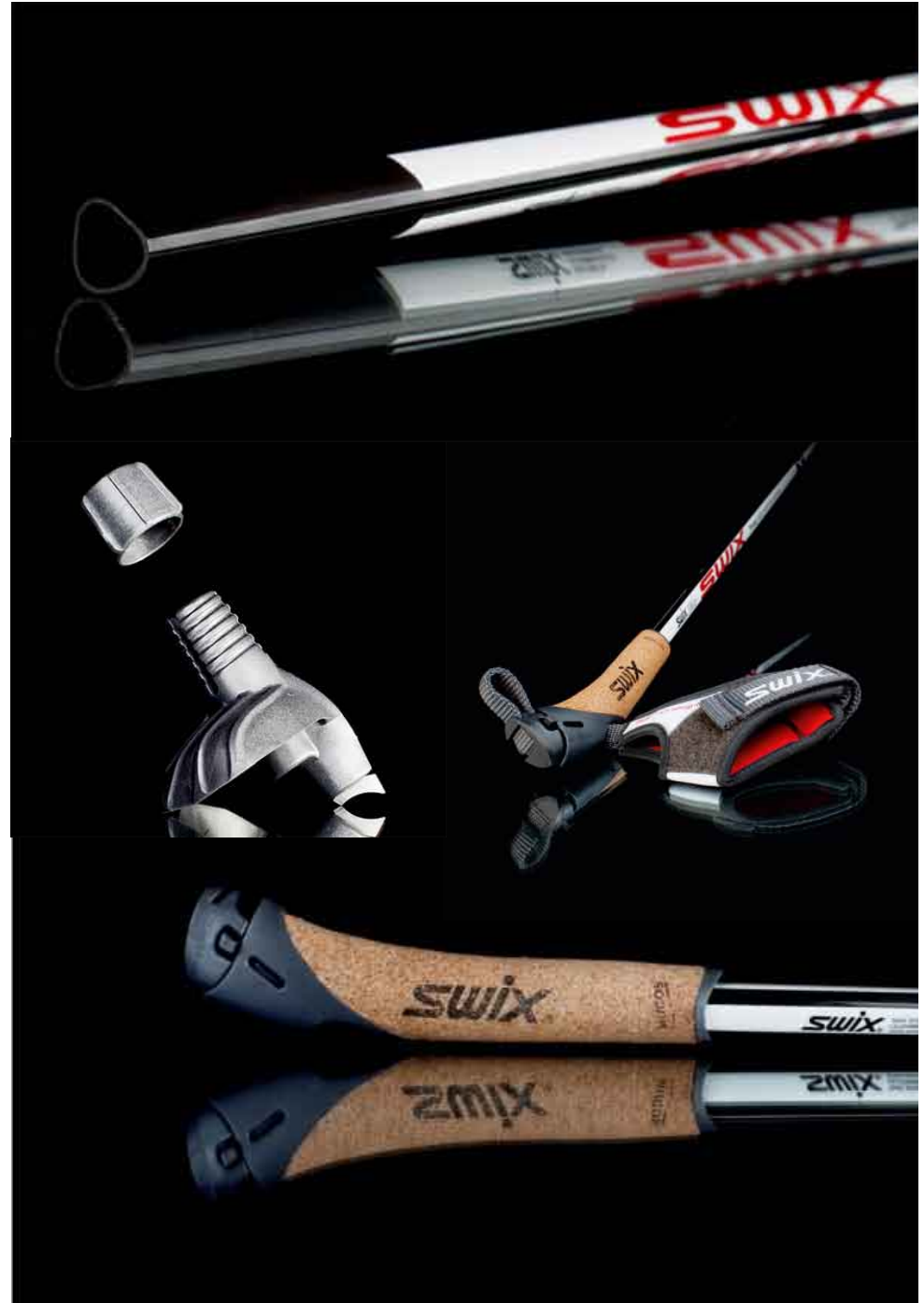
Trinsene på skistavene er til å ta av på, dette fordi trinser kommer i forskjellige størrelser. På toppnivå er det vanlig å bytte trinser på staven etter forholdet man skal gå i. I hard preppet løype brukes det en mindre trinse enn i løse preppet løype. Swix opererer med hele tre forskjellige størrelser på

trinser. De fleste stavene har så og si likt håndtak med en stropp som sitter godt på hånden.

”Stroppen er forbindelseslinjen med det biomekaniske arbeidet til staven”

(Swix Hardgoods 2011/2012)

Swix Triac 1.0 staven. -
(www.swix.no)

The logo for SWIX, featuring the word "SWIX" in a bold, red, italicized sans-serif font with a registered trademark symbol.The logo for EXEL, featuring the word "EXEL" in a bold, yellow, italicized sans-serif font with a black outline.The logo for MADSHUS, featuring a blue stylized mountain peak icon to the left of the word "MADSHUS" in a bold, red, italicized sans-serif font.The logo for ONEWAY, featuring the word "ONEWAY" in a bold, black, sans-serif font with the tagline "THE AUTHENTIC NORDIC SPORTS BRAND" underneath.The logo for KVH, featuring the letters "KVH" in a stylized, red, italicized font with a white outline.

5. Designprosess

I dette kapitlet vil jeg forsøke å forklare min fremgangsmetode best mulig, med skisser, ideer og bilder. En designprosess handler om å gå bredt ut i starten (*divergent*), for deretter å snevre inn mot en løsning (*konvergent*).

I starten av prosjektet hadde jeg ikke noe bestemt produkt å forholde meg til, jeg har valgt en materialbasert fordypning i mitt studie, så gjennom hele masterstudiet har jeg tilegnet meg kunnskap om termoplast kompositt. Dette er et materiale jeg beundrer veldig, jeg har en forkjærlighet for karbonfiber og da kompositt. Så når kompositt materialet i tillegg blir gjenvinnbart så er det bare prikken over i'en.

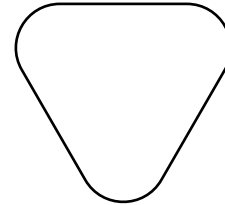
Ettersom jeg jobber i sportsbutikk og er genuint interessert i sport så falt det meg naturlig å velge et produkt innenfor dette segmentet. Valget falt til slutt på skistaver, grunn til dette er at det ikke er et altfor komplisert produkt og jeg så det som gjennomførbart å jobbe med dette.

Oppgaven retter seg mot racing staver, det er gjerne her det er nødvendig med utvikling. Rundprofil staver holder til tur bruk og lett trening.

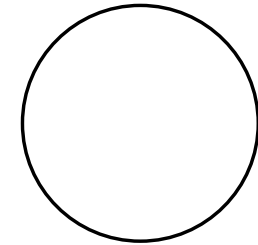
I prosjektet har jeg valgt å kun forholde meg til staven, ikke trinse og håndtak.

5.2 Skistavprofiler på markedet

De aller fleste staver på markedet i dag er runde. Det er svært få staver som har en annen profil, men det finnes noen. De profilene jeg har funnet til nå er disse:



Swix Triac 1.0



Rund profil (vanlig 16mm)
99% av staver har denne profilen.



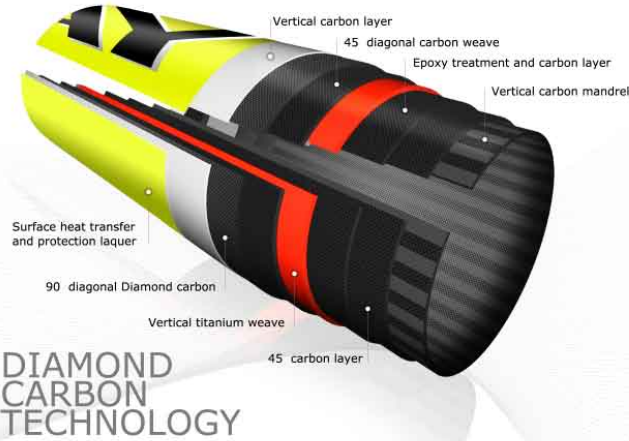
- Dynastar profil (alpint)



Leki profil (alpint) -

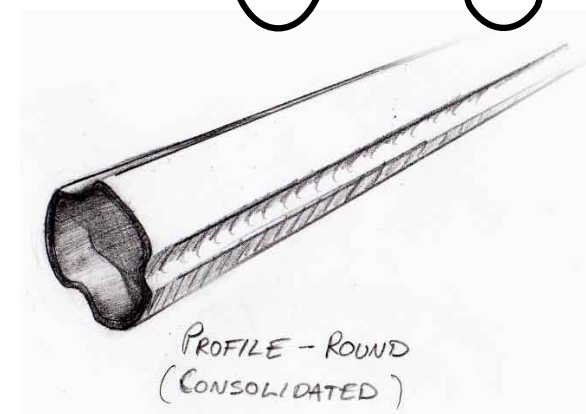
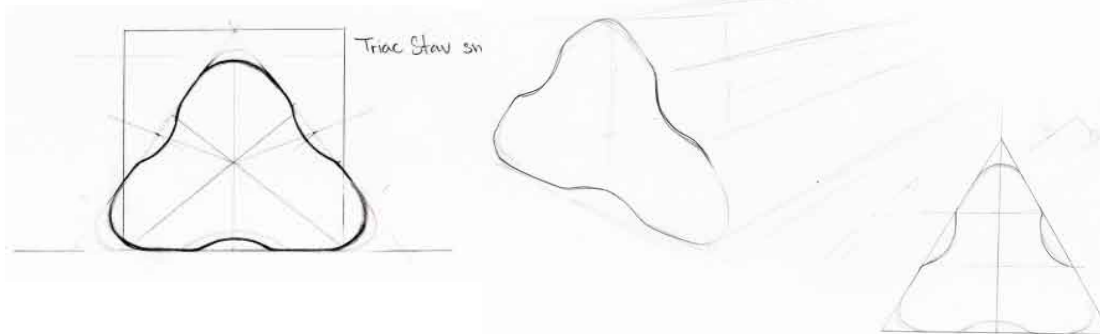
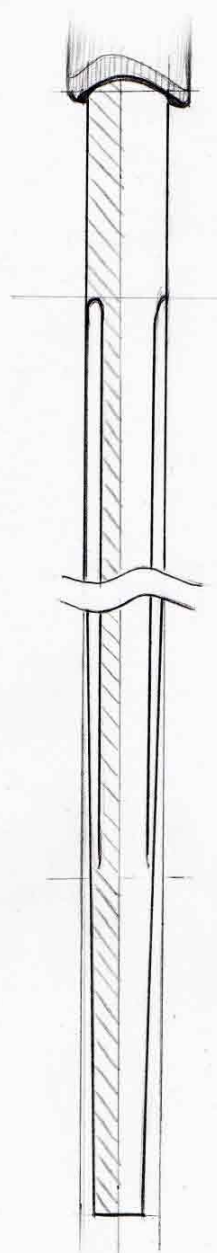
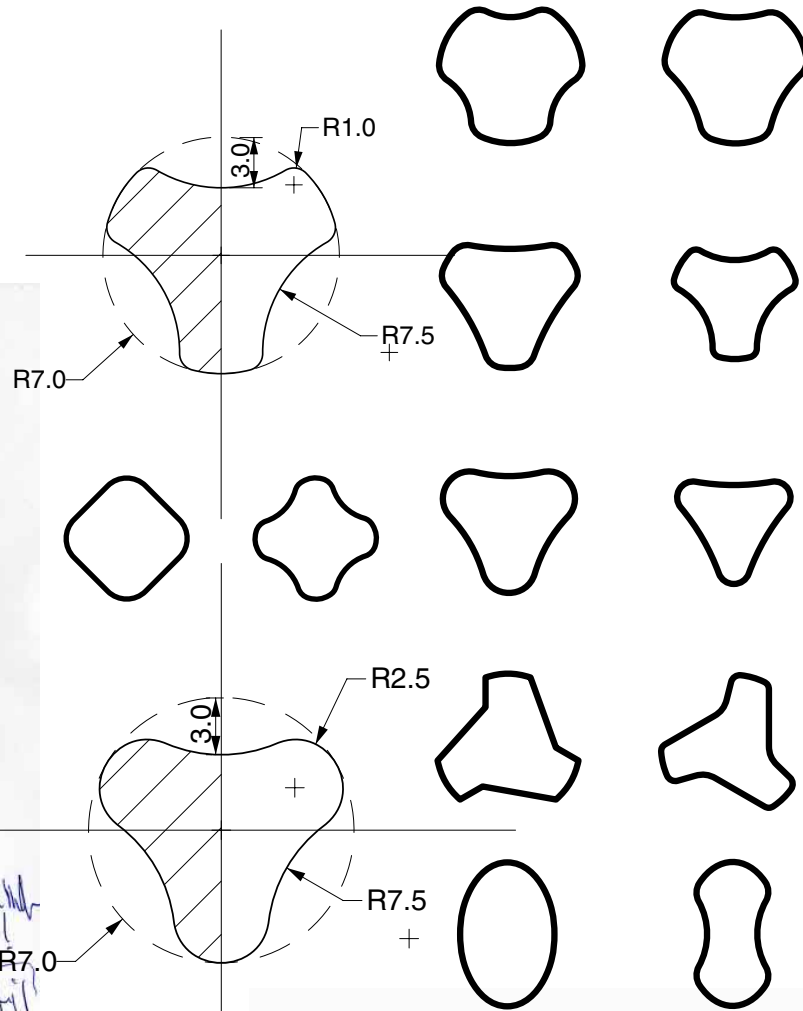
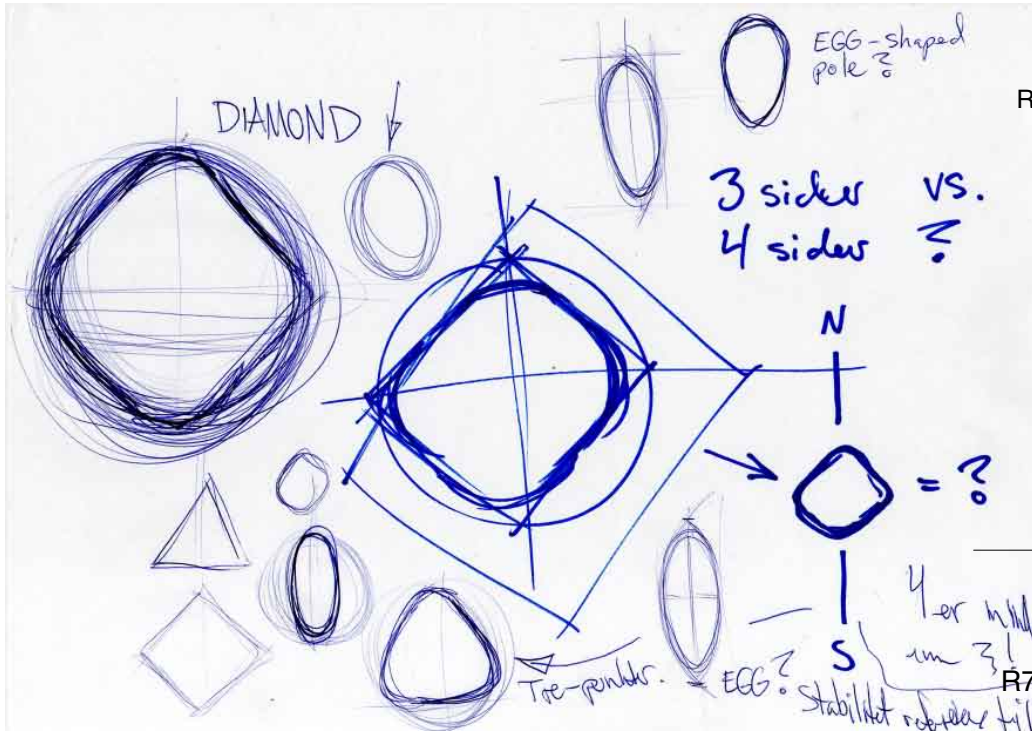
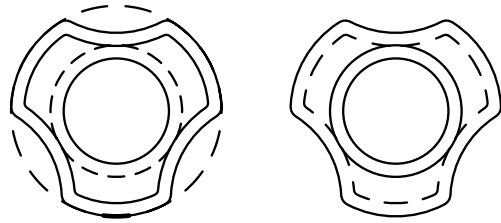
Jeg har valgt å fokusere på langrennsstaver og de profilene som er på markedet der. Jeg har tatt med disse to alpin stavene for de har en profil som mulig hadde kunnet blitt brukt i langrennsstaver.

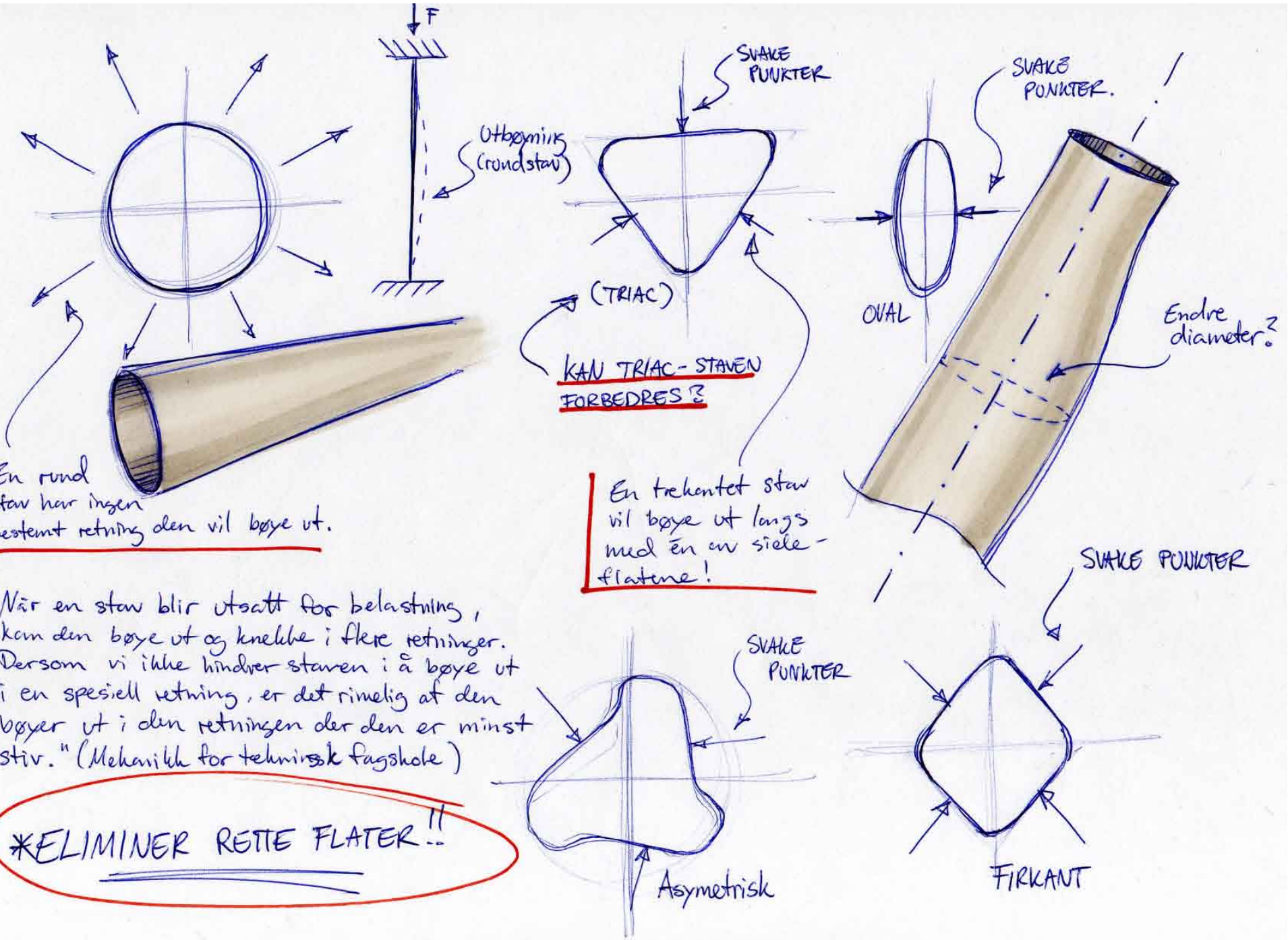
5.3 Inspirasjon



Håkon Vold, PDMM 5910- Masteroppgave, Høgskolen i Akershus 2011

5.4 Skisser





En rund stav har ingen bestemt retning den vil bøye ut.

En trekantet stav vil bøye ut langs med en av sideflatene!

"Når en stav blir utsatt for belastning, kan den bøye ut og knekke i flere retninger. Dersom vi ikke hindrer staven i å bøye ut i en spesiell retning, er det rimelig at den bøyer ut i den retningen der den er minst stiv." (Mekanikk for teknisk fagshole)

*ELIMINER RETTE FLATER!!

5.5 Konsept 1.

I starten var jeg fast bestemt på å klare å lage en stav i termoplast kompositt. Termoplast har den egenskapen at man kan varme opp herdet termoplast for så og forme det igjen. Dette ville jeg prøve for å se om det var mulig å lage en stav. Ideen var å få laget en rund stav med hjelp av filament windings prosessen, for deretter å forme staven i ønsket profil.

Jeg kontaktet Comfil som er ledende innenfor termoplast kompositt, jeg kontaktet den danske avdelingen deres og snakket med en Henning Bak.

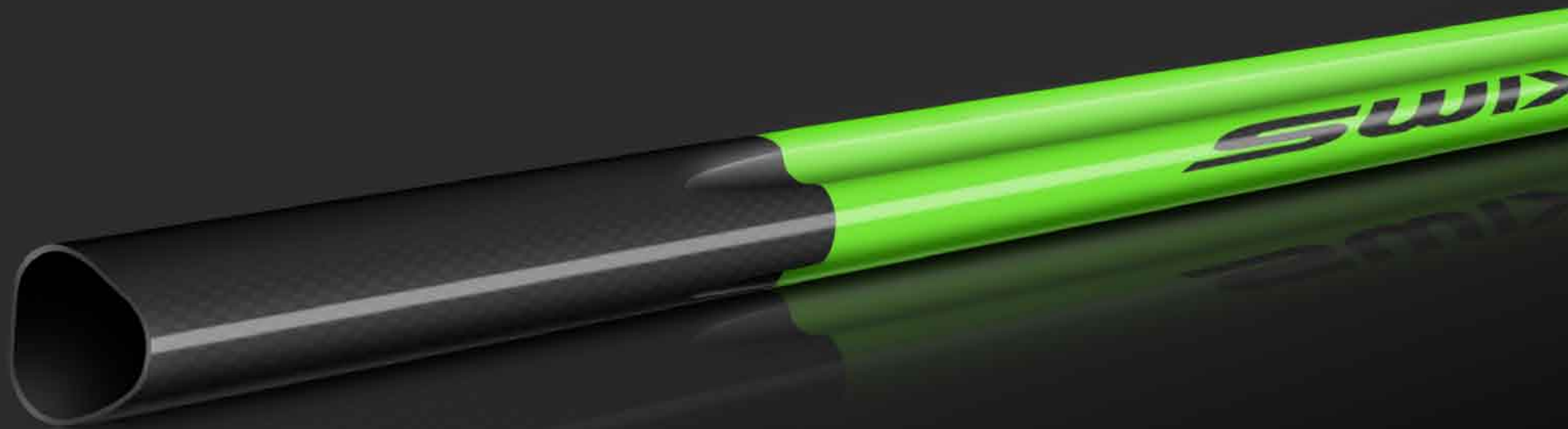
Han hadde ingen tro på teorien min og sa: *"dette er uprofesjonell og dette vil aldri fungere i praksis."*

Motiverende tilbakemelding.

Jeg fikk likevel en link til en skole i Danmark som har en filament winding maskin. Men jeg fikk aldri noe tilbakemelding fra denne skolen.

Etter å ha gått lenge og ventet på svar, så måtte jeg ta et valg om å gå videre. Jeg valgte å droppe termoplast kompositt som materiale pga. at det er så få som driver med dette i nærheten og at jeg har stått fast med dette materiale før.

Bildet til høyre er fra en presentasjon jeg hadde med til Swix. Jeg var i et møte der med Terje Smedvold og presenterte ideen for de. Jeg skulle få tilbakemelding fra Swix i denne perioden også, men pga. VM i Oslo så ble jeg glemt oppi det hele.



SWIX Triac TPCX

5.2 Konsept 2

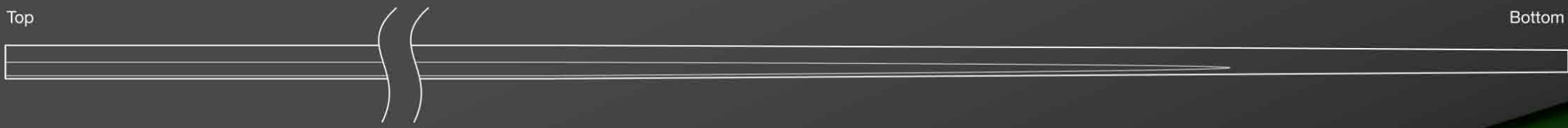
Ønsket var å få laget en stav i herdeplast kompositt. Som nevnt tidligere er det et materiale som lar seg lett forme. Noe jeg kanskje ikke har nevnt tidligere er kostnaden for karbonfiber. Det koster mye for karbonfiber, dette har gjort til at jeg ikke har hatt råd til å handle inn materiale til å jobbe med. Likevel er prosessen for å støpe huleformer litt vanskeligere enn å støpe enkelt- eller dobbeltkrummede former.

I tillegg til måtte jeg få laget en kjerne som hadde stavens profil for å kunne støpe karbonfiber. Det viste seg å bli vanskeligere enn jeg hadde forventet. Kjernen må ha en diameter på 14mm på grunn av at veggtykkelsen skulle være 1mm. Grunnen til at jeg ville ha staven etter disse spesifikasjonene var at jeg ville teste staven opp mot mitt Swix CT3 stavpar. På den måten kunne jeg få testet stivhet og styrke.

Jeg kontaktet et firma i Kina, Hongnuogolf, som driver med kompositt produksjon av skistaver og rør til golfkøller. De var villige til å ta på seg oppgaven å lage staven, de mente det var gjennomførbart. Bildet til høyre er bildet jeg sendte til de. Der har jeg hatt kontakt med en hyggelig mann ved navn Jiawei Li (*Tom Lee*), vi har fortsatt kontakt. Etter å ha vekslet mange e-poster, så merket jeg at tiden ville ikke strekke til hvis jeg ikke sluttet å belage meg på å få staven produsert i kompositt.

Top

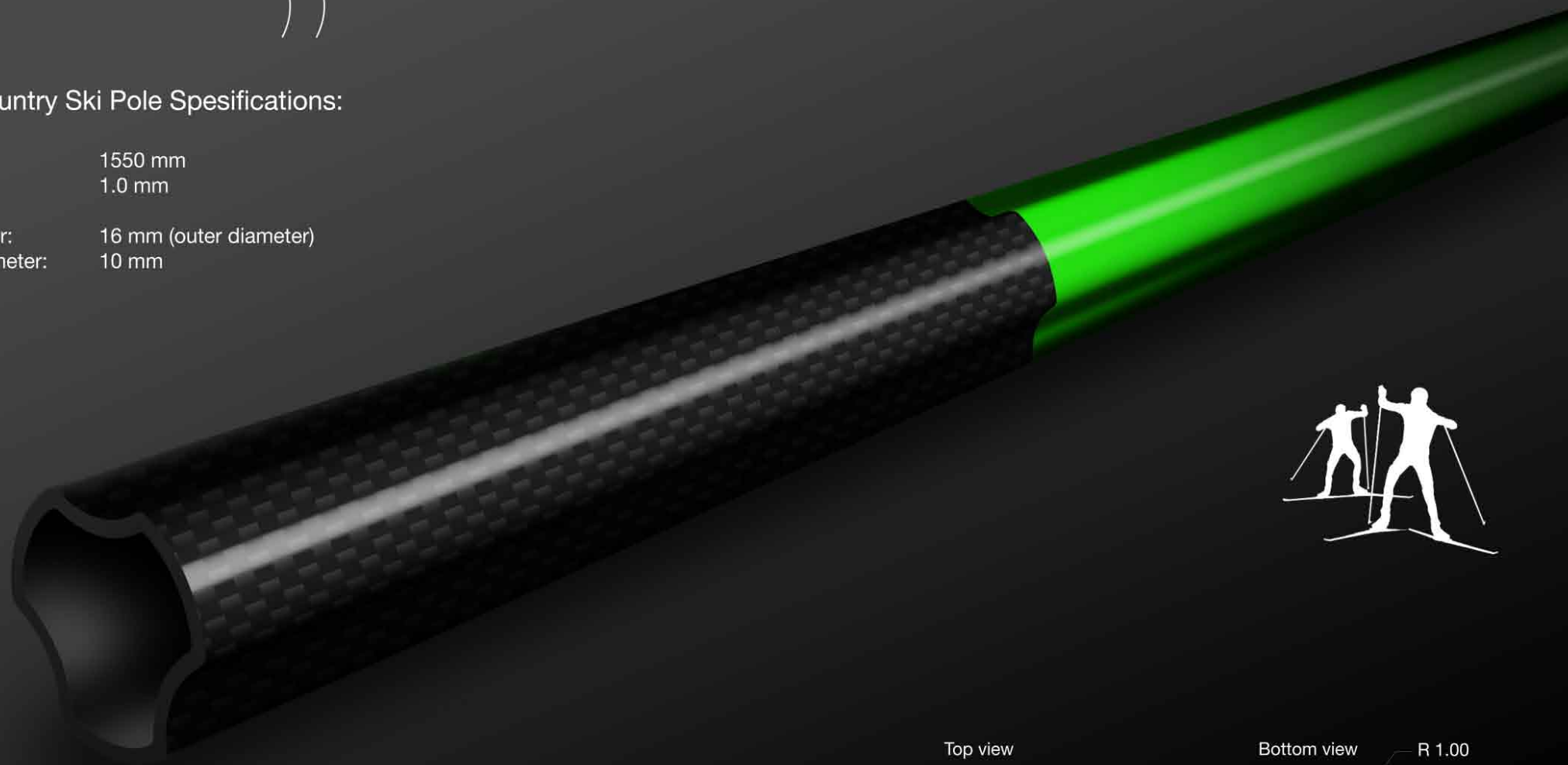
Bottom



Cross Country Ski Pole Specifications:

Length: 1550 mm
 Thickness: 1.0 mm

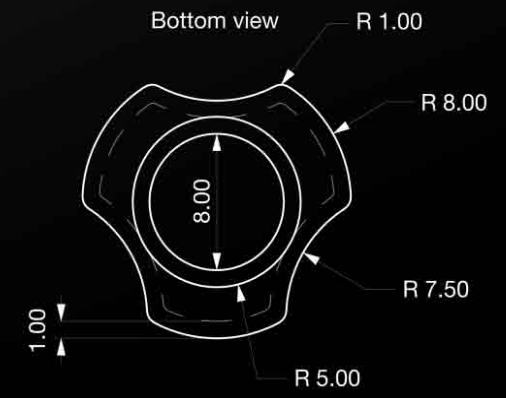
Top diameter: 16 mm (outer diameter)
 Bottom diameter: 10 mm



Top view



Bottom view



5.3 Konsept 3

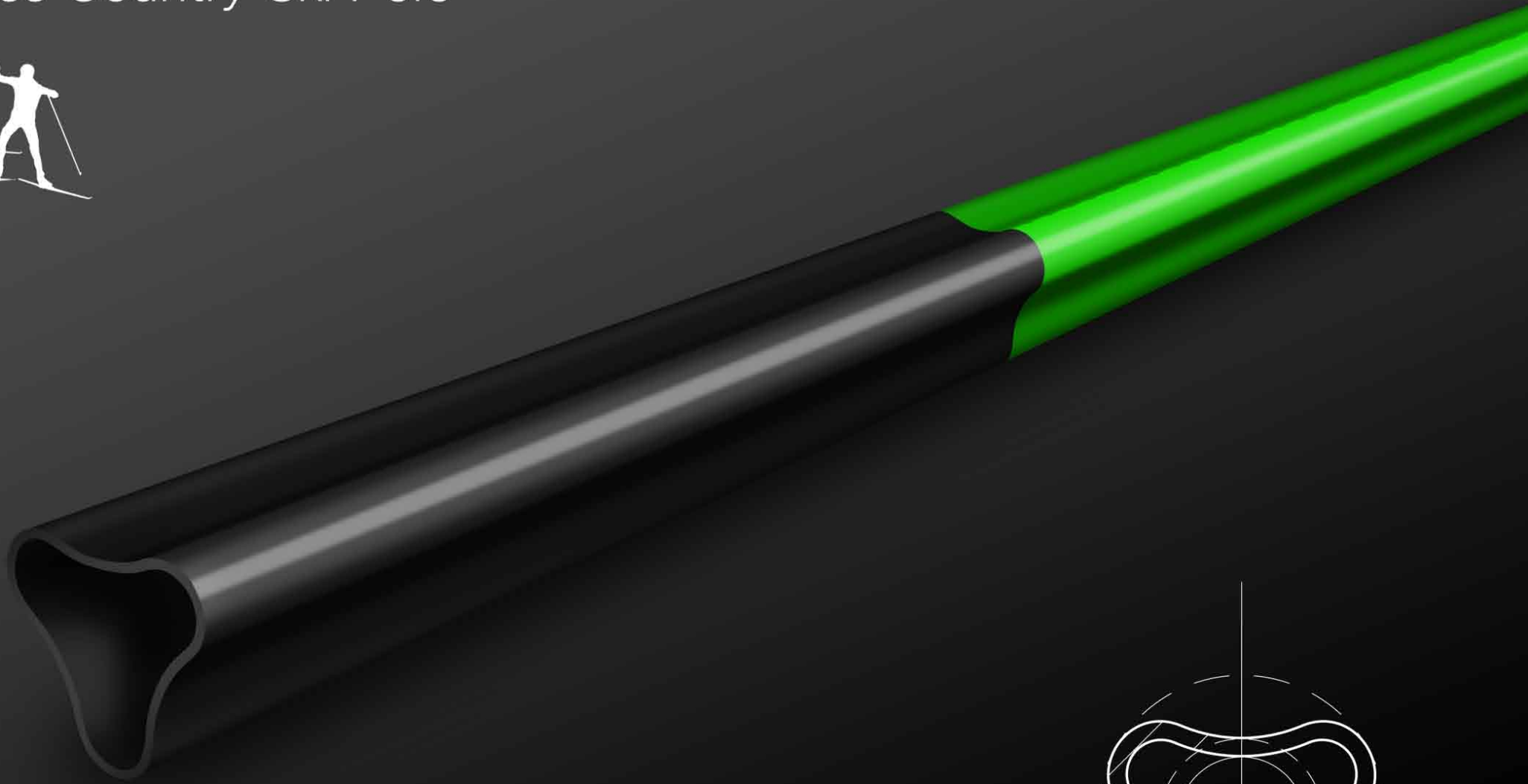
Jeg fikk tak i noen gamle aluminiumsstaver på jobben som jeg fjernet all lakk på. Disse kunne jeg da bruke til å forme til en annen profil enn rund som de var. Aluminium er som regel enkelt å jobbe med og har man rette utstyret til å presse, valse og forme aluminium så er aluminium et relativt mykt materiale. Ved å benytte meg av ferdige skistaver så kan jeg da sammenligne stavene i ettertid.

Det skulle likevel vise seg å bli en utfordring på å finne en løsning på å forme stavene i en gitt profil. Skistavene jeg fikk tak i var i tillegg valset runde og deretter sveiset, så da er risikoen der for at staven ”revner” i skjøten.

Etter å ha ringt rundt til flere forskjellige kontaktpersoner så fikk jeg ikke noe svar på om dette lot seg gjøre. Det ble sagt av flere at det ikke er mange som har kjenskap til denne type utforming av staver i Norge. Skistaver i aluminium er som regel runde, og derfor finnes det ikke mye produksjonsverktøy for denne operasjonen.

Jeg var nødt til å lage meg et eget verktøy for å få formet aluminiumsstavene mine!!

Cross Country Ski Pole



Tverrsnitt av profil.
(Basert på Triac staven)

6. Aluminiumsstav

Når nå termoplast- og herdeplast kompositt materiale på en måte var utelukket så kunne jeg nå forholde meg til et materiale, Aluminium.

Målet var å få laget en stav med profil tilnærmet lik staven på bildet fra forrige side. Jeg skal komme nærmere inn på hvorfor jeg valgte denne profilen.

Materialet jeg har brukt i denne prosessen er tidligere Swix staver i aluminium. I samtale med Svein Pedersen hos Swix, mente han at det hadde vært lurt å benytte uherdet aluminium. Swix stavene er nemlig herdet og når man begynner å deformere disse vil man knuse molekylstrukturen i materialet. Det vil si at materialet mister mye av egenskaper som stivhet og styrke.

Aluminiumskvaliteten er AW 6082.

6.2 Valg av profil

Når jeg har sittet å tegnet stavprofiler, så er det flere faktorer som jeg har forsøkt å følge. Som blant annet:

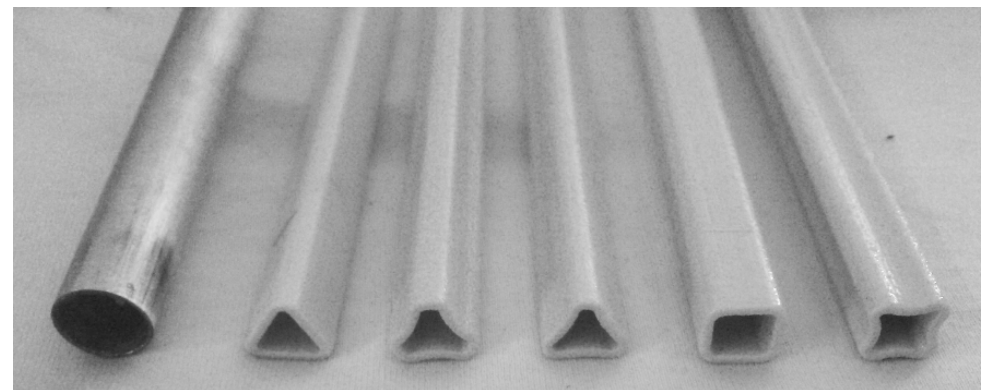
- Staven skal passe håndtak fra Swix
- Staven skal passe trinser fra Swix
- Staven skal kunne produseres med kjente produksjonsmetoder
- Profilen kan ikke ha for spisse radier (Karbon fibre kan knekke)
- Profilen skal ikke ha noen rette sider

Det er mulig jeg har låst meg for mye med disse kravene, men jeg har følt at de har vært nødvendige i min prosess. De har ligget der fra start og har på en måte vært en veiledning.

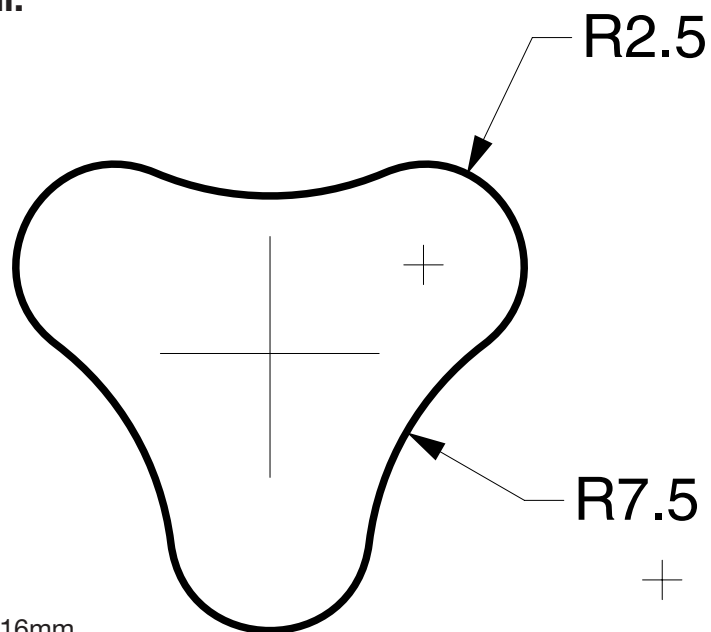
Profilen jeg har valgt å gå videre med en profil som er basert, eller inspirert av Triac staven til Swix, hvor jeg har eliminert de rette sidene på profilen. Spørsmålet er da om hvor stor betydning dette har for stivhet og styrken i staven? Jeg har kontakt med Swix om dette, men har dessverre ikke fått tilbake melding fra de om det enda. Når man går innover i staven vil også staven få et mindre arealmoment, dette gjør staven mindre svak, men dette kan det hende at kompenseres av karbonfiberen.

Profilen jeg har valgt mener jeg er den profilen som egner seg best og som møter de kravene jeg har satt.

Brukte 3D-print som et hjelpemiddel for å få noe i hånden med de forskjellige profilene. (Se bilde)



Valgt profil:



Ytterdiameter: 16mm

Valget er gjort på grunnlag av en teori jeg har om at hvis man eliminerer rette sider i en profil så vil det gi en økt styrke og stivhet. Denne profilen har både konkave og konvekse former som jeg mener vil kunne ta opp større påkjenninger i profilen.

Jeg er blitt lovet tilbakemelding fra Swix hvorvidt min teori stemmer og eventuelt hvor stort betydning det har. Forhåpentligvis får jeg tilbakemelding før presentasjonen.

6.3 Valseverktøy

Etter å ha stått fast lenge med hvordan jeg skulle få formet aluminiumsstavene mine så kom jeg heldigvis i prat med Arild Tyrihjell i klassen. Jeg fortalte han om problemstillingen min og hvordan stavene skulle se ut. Arild kom med en genial ide og vi tegnet en arbeidstegning (se fig. 4), når jeg ble presentert ideen av Arild så kunne jeg nesten ikke forstå at jeg ikke hadde tenkt i samme baner selv. Jeg hadde låst meg på å presse inn staven langs med lengderetningen, og jeg hadde sett meg helt blind på andre løsninger. Så all ære og takk til Arild!

Ut ifra konseptskissen jeg hadde, tok jeg en prat med Kurt på verkstedet (Veileder). Selve fundamentet til verktøyet ble da endret fra en massiv form til å bruke firkantrør. Deretter gikk jeg i gang med å konstruere verktøyet i Rhino 4 (3D tegningsprogram), se bilder på neste side.

Det gikk med en del tid til å ferdigstille verktøyet, men når jeg først tok det i bruke fungerte det over all forventning.

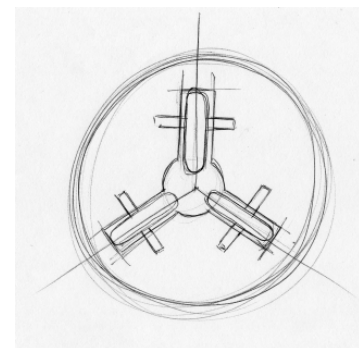
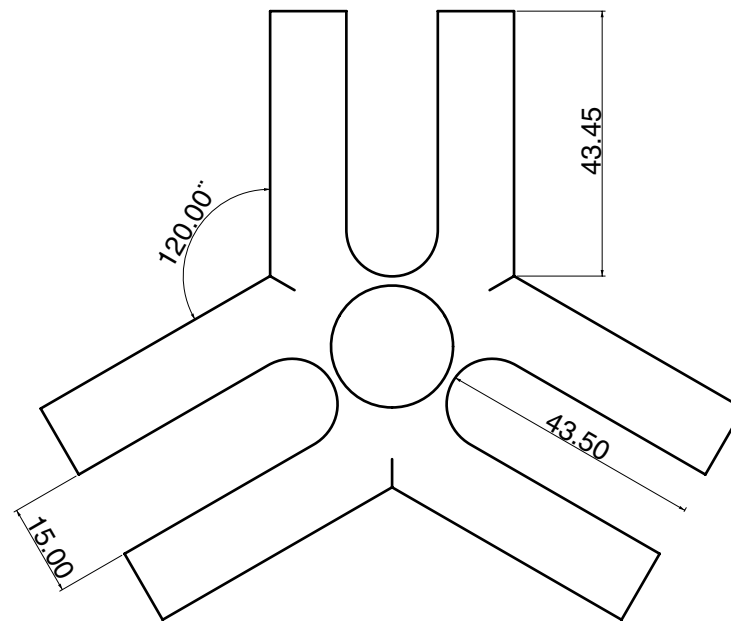
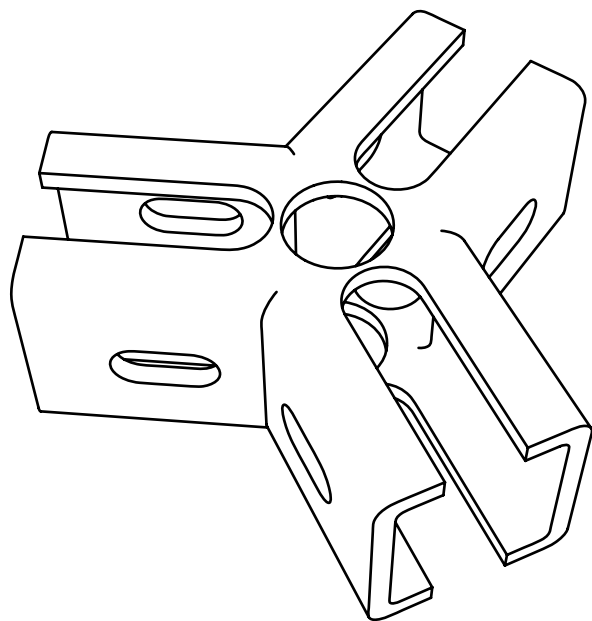
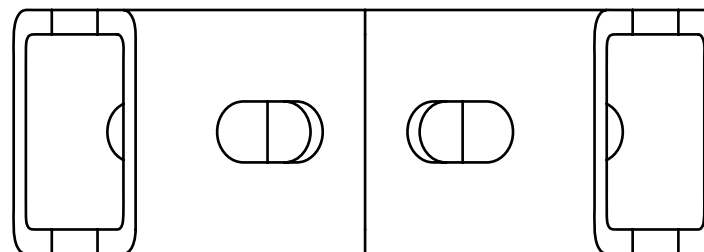
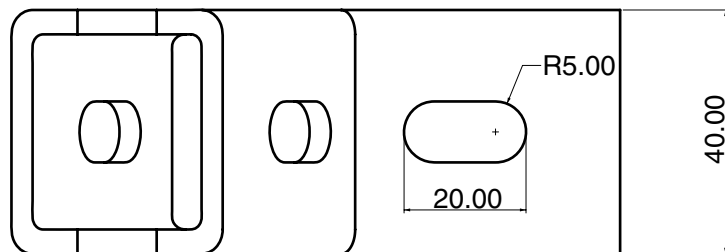


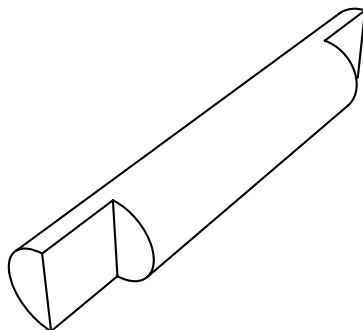
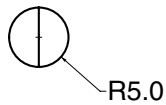
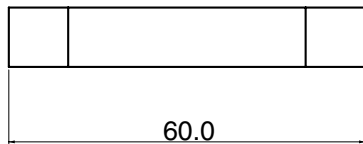
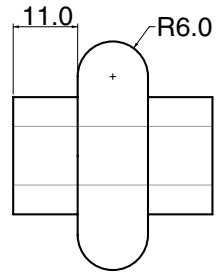
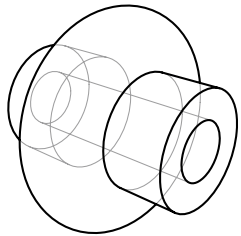
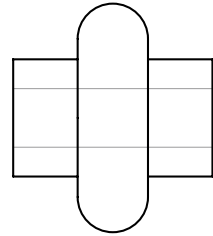
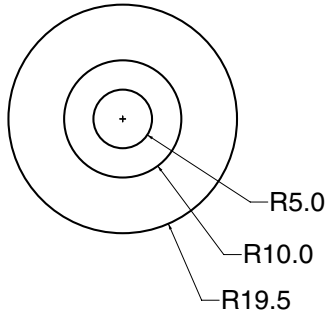
Fig. 4. Rekonstruksjon av første arbeidstegning av Arild Tyrihjell

Arbeidstegninger

Verktøyhus (3 deler sveiset sammen)



Valsehjul og Akslinger*



Her dreier jeg hjulene til valseverktøyet. Håndholdt fil i dreibenken er fy fy, hvis man ikke er stødig på hånda da. (foto: Marie Hansen)



Valseverktøyet ferdig og sammensatt.



*Akslingene avviker fra denne tegningen

6.4 Materialutprøvnings

”Med et skikkelig verktøy for hånden går alt så mye enklere.”

Første valseprøve gikk ikke, pga. skjøten i staven og at denne ble plassert midt i radien ble det for mye påkjenning for skjøten så den sprakk.



En stavlengde sprakk også opp, jeg bommet på første vals slik at skjøten traff midt på minste radie på profilen.



Første test på full lengde gikk veldig fint. Valsehjulene ble flyttet 0.5mm inn for hver gang. Totalt måtte jeg dra staven 6 ganger igjennom, og tilsvarende flytte hjulene 6 ganger.





- Til venstre er det avbildet noen utprøvningsprøver på å vise prinsippet med at kurvet flate er stivere en rett flate.

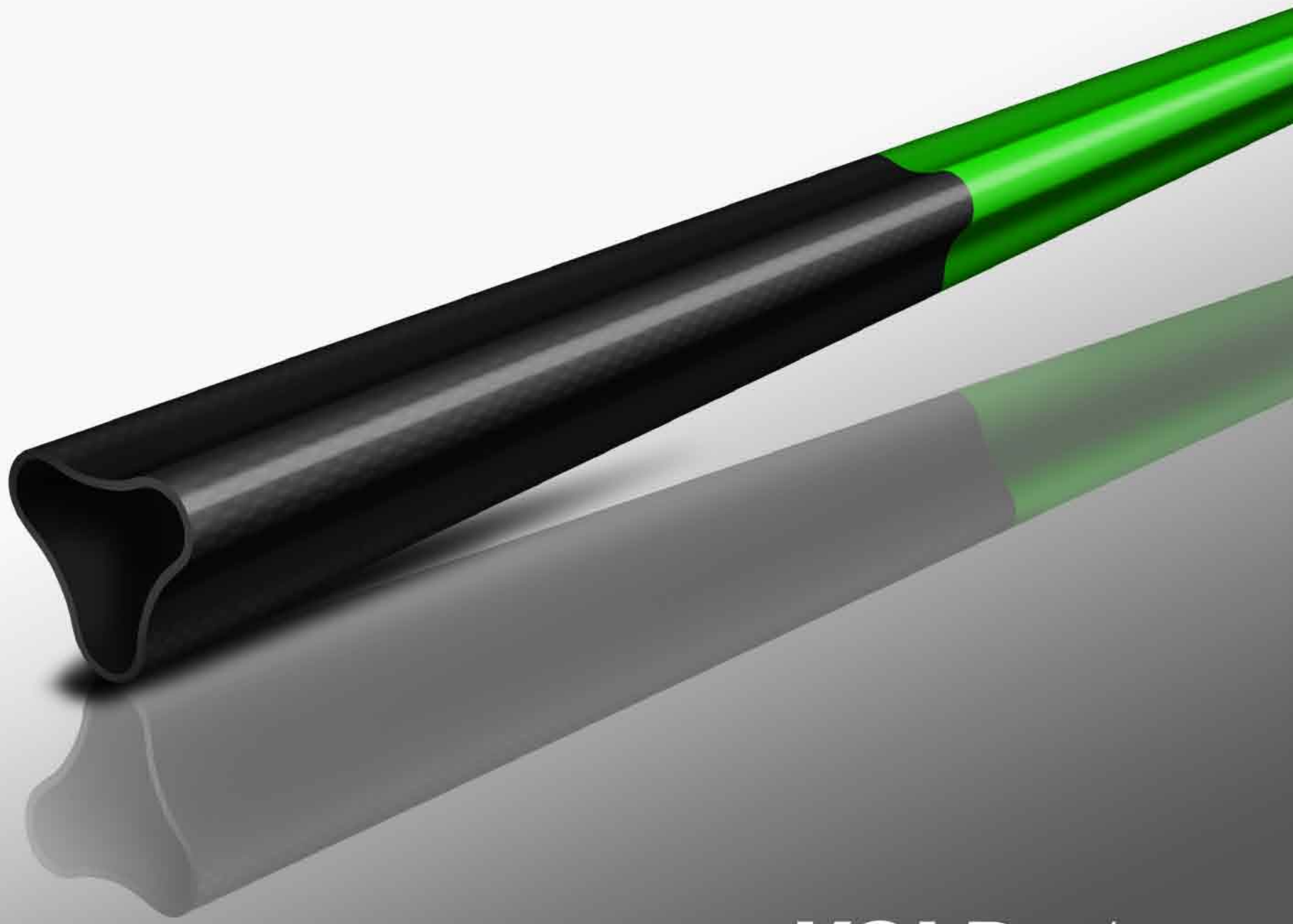
Kompositt

Ved en tilfeldighet har jeg støpt en stavprøve som er veldig stiv. Nå er det riktignok en kort prøve, men dette er noe jeg skal se nærmere på. Jeg har brukt en av mine profiler av 3D-print som kjerne i kompositt støp med karbonfiber. Jeg var heldig å komme over karbonfiber som er vevd som en strømpe. Dette passet veldig bra til mine prøver, planen var å skylle ut kjernen med vann da 3D print som ikke er satt inn med epoksy løses opp i vann. Men på grunn av at epoksyen som er påført karbonfiberstrømpe har trukket igjennom og herdet kjernen også så har jeg fått en utrolig stiv materialprøve.

Prøven er 21,8 cm lang og veier 26g. Regner man om det til 150cm lengde får man en vekt på 178.9g.

Legger jeg til trinse og håndtak med stropp på totalt 136g ender jeg på 314.9g. Min Swix CT3 Stav (1 stav) veier nøyaktig 200g, så da overskrider det det som er gunstig. *Mulig det er andre områder dette materialet kan brukes?*





VOLDesign

7. Konklusjon

Tiltross for at det et spørsmål som står ubesvart, så må jeg si meg fornøyd med prosjektet. Selvfølgelig skulle jeg gjerne hatt mer materialprøver, men på et punkt i prosessen var jeg usikker på om jeg hadde hodet over vann. Det viste seg å bli en del vanskeligere enn jeg hadde forestilt meg, og det ser jeg nå hvorfor det ble. Jeg har fått lært meg mer om staver, jeg jobber med å selge staver også, dessuten har jeg fått mye kunnskap om kompositt materialer. Jeg har også lært at man må purre på folk som man kontakter og være mer på. Jeg føler det blir feil, men jeg ser etter denne prosjektperioden at jeg skulle ha purret mer på kontaktene mine. Jeg skulle nok også vært litt mer strukturert, selv om jeg gikk inn i prosjektperioden uten å vite helt hva jeg skulle gjøre. Jeg skulle nok hatt alle kontakter på plass før prosjektet startet og en plan på hvor jeg skulle hen, da tror jeg utfallet ville blitt enda bedre.

Jeg har en tendens til å tenke for tidlig på sluttmodell og hvordan ting skal se ut. Det er en uvane jeg må legge av meg, for det kan hindre meg i å oppdage uforutsette resultater. I tillegg kan det fort låse en til en løsning slik at man ikke ser andre løsninger som kanskje er enten rimeligere, enklere eller bare bedre for den gitte oppgaven man holder på med. Det fikk jeg erfare i denne prosessen, heldigvis var det bare én samtale med en annen med andre tanker og ideer. Fire øyne ser bedre enn to pleier jeg å si, det er bra for prosessen at en annen kommer med tilbakemeldinger.

De tilbakemeldingene bør helst være konstruktive, jeg opplevde i starten av denne prosessen destruktiv tilbakemelding. For å nevne en ting, to veiledere på skolen sa til meg at oppgaven min var altfor vanskelig og nærmest umulig å gjennomføre, den ene spurte meg også om hvorfor jeg ikke lagde en krakk i stedet. Slike tilbakemeldinger kan man hode seg for god til å komme med. Spesielt når man står der og ikke ser noen muligheter i det hele tatt. Derfor er det ekstra godt å motbevise disse ”nei”- menneskene.

En annen ting jeg må nevne er at aluminiumstaven jeg har valset føles ut som har mer motstand enn den runde aluminiumsstaven. Likevel når jeg fikk på håndtak og trinse var ikke den følelsen like tydelig. Jeg stod med min stav og en rund aluminiumsstav og kjente på motstanden i de. Da kunne Arild Tyrihjell konstantere det at min stav ikke bøyd ut like mye. Dette har jeg ikke fått gjort noen tester på, det skulle jeg ønske jeg fikk gjort. Sintef skulle ha 200.000,- kr for å gjøre en styrketest med etter-simuleringer.

Alt i alt kan jeg nesten si meg godt fornøyd, jeg er spesielt fornøyd med at verktøyet jeg har laget fungerte som jeg hadde forestilt meg.

8. Litteraturliste

Materiallære

Ørnulf Grøndalen, Fagbokforlaget 2002

Mekanikk for teknisk fagskole

1. utgave, 6. opplag, Øistein Vollen, NKI Forlaget 2003

Konstruksjonselementer

2. utgave, 4. opplag, Dahlvig- Christensen- Strømnes, Gyldendal Norsk Forlag 2000

Verkstedhåndboka, mekaniske fag

4. utgave, 3. opplag, Hartvigsen- Lorentsen- Michelsen- Seljevoll

Yrkesopplæringen ANS 2000

Swix Produktkatalog, Hardgoods, 2011/2012

9. Kilder

Svein Pedersen, Produktansvarlig, Swix Sport AS

Terje Smedvold, Swix Sport AS

Pål Christian Fediuk, HPCComposites

Pelle Nymoen, Pelle Nymoen AS

Anders Omsted, Strømmen Dreieverksted

Internett:

www.google.com

www.swix.no

www.hpcomposites.no

Jeg må få rette en stor takk til:

Svein Pedersen

Pelle Nymoen

Pål Christien Fediuk

Arild Tyrihjell

VOLD*esign*

