

Erik Hovde
Marcus Båtstrand Monsvoll
Kristoffer Tvette Olsen

Ringmur for kunstgressbaner i glassfiber kompositt

Utvikling av ringmursystem for kunstgressbaner
ved bruk av glassfiber kompositt

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse

Veileder: Ragnar Holthe

Mai 2022

Erik Hovde
Marcus Båtstrand Monsvoll
Kristoffer Tvette Olsen

Ringmur for kunstgressbaner i glassfiber kompositt

Utvikling av ringmursystem for kunstgressbaner ved
bruk av glassfiber kompositt

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse
Veileder: Ragnar Holthe
Mai 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 20. mai 2022		
Ringmur for kunstgressbaner i glassfiber kompositt	Antall sider: 147		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Erik Hovde, Marcus Monsvoll og Kristoffer Olsen			
Veileder: Ragnar Holthe			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Kenneth Kalvåg Sotirios Grammatikos Subrata Chandra Das Chaman Srivastava			

Sammendrag:

Denne bacheloroppgaven har som hensikt å utvikle et ringmursystem rundt kunstgressbaner i Norge. Oppdraget er gitt av *Norwegian circular materials technology* (heretter: NCMT). Dette er en internasjonal næringsklynge som jobber for utvikling av innovative, markedsrettede og bærekraftige materialløsninger innen polymer og kompositt. Oppdraget ble først gitt til *Composite Subsea* (heretter: CSUB), før de sa seg villig til å gjøre oppdraget til et samarbeidsprosjekt med bachelorstudenter. CSUB designer, utvikler, og produserer produkter i glassfiberkompositt, med vakuuminjeksjon som hovedproduksjonsmetode.

Oppdraget ble utstedt på bakgrunn av et miljødirektiv fra regjeringen, 1. juli 2021. Denne gikk ut på at alle kunstgressbaner, som benytter seg av gummigranulat, skulle ved rehabilitering/reisning ha en sammenhengende mur rundt hele banen. På bakgrunn av forskriften, samt samtaler med oppdragsgiver og samarbeidspartner, er det blitt utviklet problemstillingen: «*Hvordan skal en ringmur, i kompositt, minimere svinn av gummigranulat på kunstgressbaner i Norge*». I tillegg er det formulert et sett med delproblemstillinger, da det var hensiktsmessig å evaluere og konkludere på flere av kravene.

Gjennom arbeidet er det benyttet en systematisk tilnærming til produktutvikling, med forankring i kravspesifikasjonen. Det er gjennomført markedsundersøkelse rundt eksisterende løsninger og alternative løsninger for å avdekke behov, i forhold til styrker og svakheter. I tillegg er det gjort forskning rundt kompositt og produksjonsmetoden som vil benyttes ved produksjonen av ferdigstilt produkt. Forskningen gir inntrykk for muligheter til produktet, samt hva som er gjennomførbart, og ikke. Dette har, sammen med bedriftsbesøk til samarbeidspartneren i Arendal, skapt grunnlaget for selve utviklingsprosessen av nye løsninger.

Utviklingsprosessen fokuserer på anvendt designmetodikk fra studieprogrammet for å løse problemstillingen. Prosessen går fra idémyndring, til videreutvikling av idéer, videre gjennom en konseptutvikling, og evalueringer, frem til et ferdigstilt konsept. Dette er videreutviklet for å svare på alle problemstillinger som har oppstått gjennom prosessen.

Det endelige resultatet består av ulike komponenter: standardmodul, festemekanisme, bakkefeste, hjørne, sitteplasser og inngangsparti. Disse utgjør ferdig produkt som presenteres for oppdragsgiver og samarbeidspartner.

CSUB ga tidlig inntrykk for et ønske om å forske på bruk av resirkulert materiale i produktet. Derfor er det gjennomført testing av produktets materiale i form av strekktest hos *SINTEF Manufacturing* på Raufoss. Testingen har dannet et sammenligningsgrunnlag for benyttelse av resirkulert materiale i produktet.

Gjennom den systematiske tilnærmingen til designmetodikken, kan man med utgangspunkt i arbeidet som er utført, konkludere med at den endelige løsningen oppfyller kravene gitt for oppgaven, samt kravspesifikasjonen som er utviklet.

Stikkord:

Kompositt
Ringmur
Kunstgress
Vakuuminjeksjon
Glassfiber
Produktutvikling



(sign. Erik Hovde)



(sign. Kristoffer Tvette Olsen)



(sign. Marcus Båtstrand Monsvoll)

Forord

Gjennom prosjektet har gruppen vært i kontakt med en rekke personer, som har fungert som informasjonskilder, veiledere, støttespillere, partnere, osv. Alle disse fortjener anerkjennelse for resultatet av vår oppgave, og vi vil starte med å takke vår samarbeidspartner, CSUB. Jon Inge Brattekås (teknologi- og markedsansvarlig) har vært vår kontaktperson i firmaet og kommet med masse gode innspill og tilbakemeldinger på det som er blitt gjort. Han har også hatt en sentralrolle til prosjektets forløp og planlegging.

Elvir Velagic (kompositt operatør) var vår veileder under bedriftsbesøket hos CSUB, og har senere i prosjektet vært vår kontaktperson for alle tekniske detaljer ved produksjon. Derfor vil vi også rette en ekstra stor takk til han, for all den hjelpen han har gitt oss.

Gjennom alle besøk til fotballbaner rundt om i Trondheim, Gjøvik og Fredrikstad, har vi også møtt på flere baneansvarlige/ledere, som har kommet med en rekke gode innspill. Alle har vært imøtekommende, og positivt innstilt til det som ble presentert for dem, vi vil derfor rette en takk til følgende personer: Arne Fredriksen (Ranheim IL), Frode Lenes (Hommelvik IL), Webjørn Berg (Stjørdals Blink) og Kjetil Gjerde (Vind IL).

Det rettes en takk til Ståle Leistad, prosjektleder for Hommelvik IL, som avtalte et «teamsmøte», for å komme med innspill vi måtte å tenke på under vårt prosjekt. Han hadde informasjon rundt hva som sørget for at ulike løsninger ble valgt av prosjektledere.

Vi vil også rette en stor takk til flere av NTNU sine ansatte, men spesielt vår veileder, Ragnar Holthe, og vår egen labansvarlig, Kenneth Kalvåg. Ragnar har kontinuerlig vist interesse for prosjektet og veiledet oss tett på alt som har skjedd, både praktisk og teoretisk. Kenneth har hjulpet oss med alt som skulle på plass for å arbeide i laben, samt tatt initiativ for innkjøp av nytt utstyr, som var nødvendig for oss.

På laben vi benyttet oss av (additive Manufacturing Lab), var det Sotirios Grammatikos som hadde det overordnede ansvaret, med sine PhD-kandidater som underordnet ansvar. Subrata Chandra Das og Chaman Srivastava var to av de kandidatene som hjalp oss med produksjonen av testlaminater. Derfor vil vi takke de for tett oppfølging og veiledning.

Til slutt vil vi takke SINTEF, spesielt Rune Almsbakken som tok oss godt imot og viste oss rundt på fasilitetene deres. Vi vil også takke Erik Fredrikstad som gjennomførte en strekktest på testlaminatene vi konstruerte.

Abstract

This bachelor thesis aims to develop a ring wall system for football pitches using artificial grass in Norway. The assignment is given by Norwegian circular material technology (hereinafter: NCMT). This is an international business cluster that works for the development of innovative, market-oriented, and sustainable material solutions within polymer and composite. The assignment was first given to Composite Subsea (hereinafter: CSUB) before they said they were willing to make the assignment a collaborative project with bachelor students. CSUB designs, develops, and manufactures products in fiberglass composite, with vacuum infusion as their main production method.

The assignment was issued based on an environmental directive from the government, 1 July 2021. This stipulated that all football pitches with artificial grass, which uses rubber granules, should have a continuous wall around the entire pitch during rehabilitation, or if a new pitch was built.

Through the work, a systematic approach to product development has been used, based on the developed requirements. A market study has been conducted on existing solutions and alternative solutions to identify needs, in relation to strengths and weaknesses. In addition, research has been done, regarding composite and the production method that will be used in the production of the finished product. The research gives an impression of opportunities for the product, as well as what is feasible and what is not. This, together with company visits to the partner in Arendal, has created the basis for the actual developing process of new solutions.

The developing process focuses on applied design methodology from the study program to solve the given problem. The process goes from brainstorming to further development of ideas, further through a concept development, and evaluations, to a completed concept. This is passed on to answer all issues that have received implementation of issues. The result consists of various components: standard module, fastening mechanism, ground bracket, corner, seating, and entrance area. These finished products are presented to the client and partner.

CSUB gave an early impression of a desire to research the use of recycled material in the product. Therefore, it has been performed testing of the product's material by tensile testing at SINTEF Manufacturing at Raufoss. The testing has formed a basis for comparison for the use of recycled material in the product

Figurliste	9
Tabelliste	12
Begrepsliste	13
1.0 Innledning	15
1.1 Oppdragsgiver og samarbeidspartner.....	15
1.2 Bakgrunn.....	15
1.2.1 Konsekvenser av plastforsøpling (mikroplast).....	16
1.3 Utforming av problemstilling.....	17
1.4 Problemstilling.....	17
1.5 Mål.....	18
1.5.1 Effektmål.....	18
1.5.2 Resultatmål.....	19
1.6 Rammebetingelser.....	19
1.6.1 Lovverk som treffer produktet.....	19
1.6.2 Gruppebetingelser.....	21
1.7 Samfunnsnytte og FN's bærekraftsmål.....	21
2.0 Teori	25
2.1 Kompositt.....	25
2.2 Fiber forsterket polymer.....	27
2.3 Termosettende harpikser.....	27
2.3.1 Umettet polyester.....	28
2.3.2 Epoksy.....	29
2.4 Fiber (forsterkning).....	29
2.4.1 Glassfiber.....	32
2.4.2 Karbonfiber.....	34
2.5 Komposittmaterialets struktur.....	34
2.6 Vakuuminjeksjon.....	36
2.7 CSUBs vakuuminjeksjon.....	36
2.8 Strekktest.....	39
3.0 CSUB	42
3.1 Bedriftsbesøk.....	42
3.2 Forprosjekt.....	48
4.0 Metoder og kartlegging	50
4.1 Markedsundersøkelse.....	50
4.1.1 Eksisterende løsninger.....	50
4.1.1.1 Flettverksgjerde med barriereduk.....	51

4.1.1.2 Trykkimpregnert terrassebord montert på gjerdet	52
4.1.1.3 Granittstein med/uten sittekant	52
4.1.1.4 Plass-støpt ringmur	53
4.1.1.5 Tiltak og kostnad	54
4.1.2 Snødeponi	55
4.1.3 Alternative løsninger	55
4.1.3.1 Saltex BioFlex	55
4.1.3.2 Saltex MTRX Ultra	56
4.1.4 Banebesøk og samtaler	57
4.2 Metoder og verktøy	63
4.2.1 Ideutviklingsmodellen	63
4.2.2 Utvelgelse av idéer	64
4.2.2.1 Markørmetoden	64
4.2.3 Analyseverktøy	64
4.2.3.1 SWOT-analyse	65
4.2.4 Digitale verktøy	66
4.3 Kravspesifikasjon	66
5.0 Utviklingsprosessen	70
5.1 Ideprosess	70
5.1.1 Standardmodul	72
5.1.2 Festemekanismer	73
5.1.2.1 Pins	74
5.1.2.2 Laminat mekanisme	75
5.1.2.3 Horisontale skinner	76
5.1.2.3 Eksenterlås	77
5.1.2.4 Vertikale skinner	78
5.1.2.5 Lego festemekanisme	79
5.1.2.6 Festebjelke	80
5.1.2.7 Evaluering	81
5.1.3 Bakkefester	82
5.1.3.1 «Anker»	82
5.1.3.2 Ekspensjonsbolt	83
5.1.3.2 «Spyd»	84
5.1.3.4 Spiral bardun	85
5.1.3.5 Evaluering	86
5.1.4 Hjørnemoduler	86
5.1.4.1 «Kloss»	87
5.1.4.2 90° hjørne med avrundet kant	88
5.1.4.3 45° hjørne	89
5.1.4.4 Bue	90
5.1.4.5 90° hjørne	91
5.1.4.6 Evaluering	92
5.1.5 Sitteplasser	92
5.1.5.1 Påmontert sittebenk	93
5.1.5.2 Separerte sitteplasser	94

5.1.5.3 Påmontert «rygg»	95
5.1.5.4 Gjenbruk av tribuneseter	96
5.1.5.5 Integreert «sofa».....	97
5.1.5.6 Evaluering	98
5.1.6 Inngangspartier	99
5.1.6.1 Buet rist	99
5.1.6.2 Flat rist.....	100
5.1.6.3 Nedfelt flate.....	101
5.1.6.4 Ekstern rampe.....	102
5.1.6.5 Evaluering	103
5.2 Konseptutvikling.....	104
5.2.1 Videreutvikling av idéer.....	104
5.2.2 Konsept 1	107
5.2.2.1 Montering	108
5.2.2.2 Datablad	110
5.2.2.3 SWOT-Analyse Konsept 1	113
5.2.3 Konsept 2	113
5.2.3.1 Montering	114
5.2.3.2 Datablad	116
5.2.3.3 SWOT-Analyse konsept 2	118
5.2.4 Konsept 3	119
5.2.4.1 Montering	120
5.2.4.2 Datablad	121
5.2.4.3 SWOT-Analyse konsept 3	123
5.3 Evaluering av konsepter.....	123
5.3.1 Evaluering av krav: funksjoner	124
5.3.2 Evaluering av krav: kvalitet	125
5.3.3 Evaluering av krav: materialvalg og produksjon	125
5.3.4 Evaluering av krav: ytre form, mål og vekt	125
5.4 Valg av komponenter til et endelig konsept.....	126
5.5 Testlaminater.....	127
5.5.1 Konstruksjon.....	127
5.5.2 Ferdige laminater	129
5.5.3 Problemer oppstått	131
6.0 Resultat	133
6.1 Videre utvikling av endelig konsept	133
6.1.1 Overlapp-modul	133
6.1.2 Hjørnemodul	136
6.1.3 Reklameplakater	137
6.1.4 Stablingsevne	138
6.2 Resultat av utviklingsprosess	139
6.2.1 Standardmodul	140
6.2.2 Festemekanisme.....	140
6.2.3 Bakkefeste.....	141
6.2.4 Hjørnemodul	141
6.2.5 Sitteplasser	142
6.2.6 Inngangsparti	143

6.2.7 Sammenstilling av komponenter.....	144
6.2.8 Produkt i miljø.....	146
6.3 Forsendelse og montering.....	148
6.4 Størrelse og dimensjoner.....	150
6.5 Testing av materiale.....	150
6.5.1 Testing av prøver.....	151
6.5.2 Sammenligning/analyse.....	152
7.0 Diskusjon.....	155
7.1 Pålitelighet.....	155
7.2 Upålitelighet.....	156
7.3 Hvorfor har det ikke blitt utført flere tester?.....	156
7.4 Prosjektets innovative side.....	157
7.5 De alternative løsningene.....	157
7.6 Brukerinvolvering.....	158
7.7 Alternative retninger.....	158
7.8 Kompetanseutvikling.....	159
8.0 Konklusjon.....	160
9.0 Forslag til videre arbeid.....	162
10.0 Kilder.....	163

Figurliste

Figur 1 - FN's bærekraftsmål nr. 9, 11 - 15 (Gi barna håp, 2022).	22
Figur 2 - Matriks i kompositter, underkategorier. (Tanzi, 2019)	26
Figur 3 - umettet polyester harpiks. (Admin, 2017)	28
Figur 4 - prissammenligning av fire forskjellige harpikser. (Resin library, 2020)	28
Figur 5 - Spesifikk styrke/spesifikk stivhetsdiagram med flere typer fiber og metaller. (Andersen og Stokke, 2004)	30
Figur 6 - tilfeldig orienterte diskontinuerlige fibre (CSM). (Modrea, 2014)	30
Figur 7 - vevde enveis karbon fibre. (Colan Australia, 2013)	31
Figur 8 - lagvis orientering av fibre. (ASM International, 2010)	32
Figur 9 - Fra venstre: Partikkel struktur, Fiberstruktur, Laminert struktur (Johansen, 2008)	35
Figur 10 - eksempel på kompromiss mellom fiber- og matriksmateriale. (Johansen, 2008)	35
Figur 11 - vakuum assistert overføring av harpikser støpning (engelsk: Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding, forkortelse: VARTM) illustrert (Hindersmann, 2019).	37
Figur 12 - (a) Spenning-tøyningsdiagram, (b) spenning-tøyningsdiagram som forskjellige avlastningskurver. (Johansen, 2010)	40
Figur 13 - EPC-figur. (FIECO LLC, 2022)	42
Figur 14 - Bilde med Jon Inge Brattekås ved CSUB. Selvtatt bilde.	43
Figur 15 - Sammensetting av bilder fra produksjonshallen til CSUB. Selvtatte bilder, med tillatelse fra Jon Inge Brattekås.	44
Figur 16 - Bilde med Elvir. Selvtatt bilde.	45
Figur 17 - Sammensetting av bilder fra vakuuminjeksjons prosessen. Selvtatte bilder, med tillatelse fra Jon Inge Brattekås.	46
Figur 18 - Sammensetting av bilder fra vakuuminjeksjons prosessen. Selvtatte bilder, med tillatelse fra Jon Inge Brattekås.	47
Figur 19 - Gjerde med reklameskilt. (NFF, u.å.)	51
Figur 20 - Flettverksgjerde med barrierereduk. (NFF, u.å.)	51
Figur 21 - Trykkimpregnert terrassebord montert på gjerdet. (NFF, u.å.)	52
Figur 22 - Granittstein med/uten sidekant. (NFF, u.å.)	52
Figur 23 - Plass-støpt ringmur. (NFF, u.å.)	53
Figur 24 - Bilde som illustrer oppsprutsforskjell mellom gummigranulat og BioFlex. (Unisport AB, Saltex BioFlex™, 2022)	56
Figur 25 - Matrix til Saltex MTRX Ultra kunstgressmatte. (Unisport AB, Kunstgress MTRX ULTRA, 2022)	57
Figur 26 - Bilde av kunstgressbanen i hallen til Vind. Selvtatt bilde, med tillatelse av daglig leder.	58
Figur 27 - Bilder av kunstgressbanen til Trosvik. Selvtatte bilder, med tillatelse fra trener på anlegget.	59
Figur 28 - Bilder av kunstgressbanen til Gresvik. Selvtatte bilder, med tillatelse fra trener på anlegget.	60
Figur 29 - Hommelvik IL sitt idrettsanlegg. Selvtatte bilder, med tillatelse fra baneansvarlig.	61
Figur 30 - Ranheim IL sitt idrettsanlegg. Selvtatte bilder, med tillatelse fra baneansvarlig.	62
Figur 31 - idéutviklingsmodellen (Lerdahl, 2007, s. 56)	63
Figur 32 - SWOT-analyse. (Vikøren, Pihl, 2022)	65
Figur 34 - Tankekart av idémyldringen.	71
Figur 35 - Bilde av standardmodul med overlapp, egenprodusert render	72
Figur 36 - Bilde av standardmodul uten overlapp, egenprodusert render	73

Figur 37 - Skisse og render av Pins. Egenprodusert skisse og render.	74
Figur 38 - Skisse og render av laminat mekanisme. Egenprodusert skisse og render.	75
Figur 39 - Skisse og render av horisontale skinner. Egenprodusert skisse og render.	76
Figur 40 - Skisse og render av eksenterlås. Egenprodusert skisse og render.	77
Figur 41 - Skisse og render av vertikale skinner. Egenprodusert skisse og render.	78
Figur 42 - Skisse og render av LEGO festemekanisme. Egenprodusert skisse og render.	79
Figur 43 - Skisse og render av festebjelke. Egenprodusert skisse og render.	80
Figur 44 - Skisse og render av "anker". Egenprodusert skisse og render.	82
Figur 45 - Skisse og render av ekspansjonsbolt. Egenprodusert skisse og render.	83
Figur 46 - Skisse og render av "spyd". Egenprodusert skisse og render.	84
Figur 47 - Skisse og render av spiral bardun. Egenprodusert skisse og render.	85
Figur 48 - Skisse og render av "kloss". Egenprodusert skisse og render.	87
Figur 49 - Skisse og render av 90° hjørne med avrundet kant. Egenprodusert skisse og render.	88
Figur 50 - Skisse og render av 45 hjørne. Egenprodusert skisse og render.	89
Figur 51 - Skisse og render av bue. Egenprodusert skisse og render.	90
Figur 52 - Skisse og render av 90 hjørne. Egenprodusert skisse og render.	91
Figur 53 - Skisse og render av påmontert sittebenk. Egenprodusert skisse og render.	93
Figur 54 - Skisse og render av separerte sitteplasser. Egenprodusert skisse og render.	94
Figur 55 - Skisse og render av påmontert "rygg". Egenprodusert skisse og render.	95
Figur 56 - Skisse og render av gjenbruk av tribuneseter. Egenprodusert skisse og render.	96
Figur 57 - Skisse og render av integrert "sofa". Egenprodusert skisse og render.	97
Figur 58 - Skisse og render av buet rist. Egenprodusert skisse og render.	99
Figur 59 - Skisse og render av rist. Egenprodusert skisse og render.	100
Figur 60 - Skisse og render av nedfelt flate. egenprodusert skisse og render.	101
Figur 61 - Skisse og render av ekstern rampe. Egenprodusert skisse og render.	102
Figur 62 – Aluminiumsrampe. (ramper.no, 2022).....	102
Figur 63 - Render av videreutviklet inngangsparti, "ekstern rampe". Egenprodusert render	105
Figur 64 - Render av videreutviklet inngangsparti, "buet rist". Egenprodusert render	106
Figur 65 - Render av konsept 1, forfra. Egenprodusert render	107
Figur 66 - Render av festemekanisme og sitteplasser ved konsept 1. Egenprodusert render	107
Figur 67 - Render av konsept 1, bakfra. Egenprodusert render	108
Figur 68 - Render av full montering, konsept 1. Egenprodusert render	108
Figur 69 - Render av montering for «pins», konsept 1. Egenprodusert render	109
Figur 70 - Render av montering for "spiral bardun", konsept 1. Egenprodusert render	109
Figur 71 - Render av montering for "buet rist", konsept 1. Egenprodusert render	110
Figur 72 - Render av konsept 2, forfra.. Egenprodusert render	114
Figur 73 - Render av konsept 2, "eksenterlås" og "ekspansjonsbolt". Egenprodusert render	114
Figur 74 - Render av montering, konsept 2. Egenprodusert render	115
Figur 75 - Render av montering for "eksenterlås" og "ekspansjonsbolt", konsept 2. Egenprodusert render	115
Figur 76 - Render av montering for "ekstern sittebenk", konsept 2. Egenproduserte render	116
Figur 77 - Render av konsept 3, forfra. Egenprodusert render	119
Figur 78 - Render av "anker", konsept 3. Egenprodusert render	119
Figur 79 - Render av konsept 3, under. Egenprodusert render	120
Figur 80 - Render av montering, konsept 3. Egenprodusert render	120
Figur 81 - Render av montering for "anker", konsept 3. Egenprodusert render	121
Figur 82 - Render av montering for "vertikale skinner", konsept 3. Egenprodusert render	121
Figur 83 - Bilder fra vakuuminjeksjon i lab. Selvtatte bilder	128
Figur 84 - Bilder fra vakuuminjeksjon i lab. Selvtatte bilder	128

Figur 85 - 2x2 glassfibermatter uten granulat. Selvtatte bilder	129
Figur 86 - 3x3 glassfibermatter uten granulat. Selvtatte bilder	129
Figur 87 - 2x2 glassfibermatter med granulat. Selvtatte bilder	130
Figur 88 - 3x3 glassfibermatter med granulat. Selvtatte bilder	130
Figur 89 - Bilder av kapping og problemer oppstått under vakuuminjeksjon. Selvtatte bilder	131
Figur 90 – Render av problem oppstått ved montering i hjørne. Egenprodusert render	134
Figur 91 – Bilde av gummiexpensjon og skrue. Hentet fra CSUB´s forprosjekt.....	134
Figur 92 – Skisse av utviklingsprosessen til overlapp-modul. Egenprodusert skisse.....	135
Figur 93 – Render av overlapp-modul. Egenprodusert render.	135
Figur 94 - Render av hjørnemodul. Egenprodusert render	137
Figur 95 - Render av reklameplakater montert på standardmodul, forfra. Egenprodusert render	138
Figur 96 - Render av reklameplakater montert på standardmodul, bakfra. Egenprodusert render	138
Figur 97 - Render av stablingsevnen til modulene. Egenprodusert render.....	139
Figur 98 - Render av ferdigstilt standardmodul. Egenprodusert render	140
Figur 99 - Render av ferdigstilt festemekanisme. Egenprodusert render	140
Figur 100 - Render av ferdigstilt bakkefeste. Egenprodusert render	141
Figur 101 - Render av ferdigstilt hjørnemodul. Egenprodusert render.....	141
Figur 102 - Render av ferdigstilte sitteplasser. Egenprodusert render.....	142
Figur 103 - Render av ferdigstilte sitteplasser. Egenprodusert render.....	142
Figur 104 - Render av ferdigstilte sitteplasser. Egenprodusert render.....	143
Figur 105 Render av ferdigstilt inngangsparti. Egenprodusert render.....	143
Figur 106 - Render av resultat, liten versjon. Egenprodusert render	144
Figur 107 - Render av resultat for bakkefeste, liten versjon. Egenprodusert render	144
Figur 108 - Render av resultat for overlapp-modul, liten versjon. Egenprodusert render.....	145
Figur 109 - Render av resultat for inngangsparti, liten versjon. Egenprodusert render.....	145
Figur 110 - Render av produkt i miljø. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)	146
Figur 111 - Render av produkt i miljø, hjørne. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)	146
Figur 112 - Render av produkt i miljø, sitteplasser. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)	147
Figur 113 - Render av produkt i miljø, hjørne. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)	147
Figur 114 - Render av stabling og forsendelse til modulene. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Ridder, 2017).....	148
Figur 115 - Prøvestykke for strekktest. Wikipedia, "Tensile testing" (2022).....	151
Figur 116 - Graf for testresultater. SINTEF Manufacturing AS (2022)	152

Tabelliste

Tabell 1 - Eksempler på typer glassfibre, deres kjemiske oppbygning (i prosent) og deres mekaniske egenskaper (Bunsell, 2005).....	33
Tabell 2 - Tabell over tiltak i forhold til kostnad. (NFF, u.å.)	54
Tabell 3 - Kravspesifikasjon - Funksjoner	67
Tabell 4 - Kravspesifikasjon - Kvalitet	67
Tabell 5 - Kravspesifikasjon - Materialvalg og produksjon	68
Tabell 6 - Kravspesifikasjon - Ytre mål, form og vekt	68
Tabell 7 - Evaluering av festemekanismer.....	81
Tabell 8 - Evaluering av bakkefester	86
Tabell 9 - Evaluering av hjørner.	92
Tabell 10 - Evaluering av sitteplasser.	98
Tabell 11 - Evaluering av inngangspartier.....	103
Tabell 12 - Datablad, konsept 1. Egenproduserte rendere	112
Tabell 13 - SWOT-Analyse, konsept 1. Egenprodusert tabell.....	113
Tabell 14 - Datablad for konsept 2. Egenproduserte rendere	118
Tabell 15 - SWOT-Analyse, konsept 2. Egenprodusert tabell.....	118
Tabell 16 - Datablad for konsept 3. Egenproduserte rendere	122
Tabell 17 - SWOT-Analyse av konsept 3. Egenprodusert tabell.....	123
Tabell 18 - Evaluering av krav: funksjoner. Egenprodusert tabell	124
Tabell 19 - Evaluering av krav: kvalitet. Egenprodusert tabell	125
Tabell 20 - Evaluering av krav: materialvalg og produksjon. Egenprodusert tabell	125
Tabell 21 - Evaluering av krav: ytre form, mål og vekt. Egenprodusert tabell	126
Tabell 22 - Oversikt over testlaminater. Bearbeidet tabell fra CSUB, Jon Inge Brattekås....	151
Tabell 23 - Oversikt over testresultater. SINTEF Manufacturing AS (2022).....	152

Begrepsliste

- **Produkt** – produktet er den ferdige avleveringen. Oppgavens resultat er en sammensetning av flere moduler og komponenter, som til sammen utgjør oppgavens produkt. I enkelte tilfeller er dette også omtalt som «endelig resultat», i teksten.
- **Komponent** – betegnet som en mindre del, brukt til å binde sammen modulene. Eksempel: anker, spiral bardun, pins, etc.
- **Modul** – i vår oppgave bruker vi ordet modul som et begrep for større deler av ringmuren. Eksempel: standardmodul, overlapp-modul, separerte sitteplasser, etc.
- **Spesifikk styrke** – en mekanisk egenskap til et materiale. Med spesifikk styrke menes forholdet mellom egenvekt og den mekaniske egenskapen styrke.
- **Spesifikk stivhet** – en mekanisk egenskap til et materiale. Med spesifikk stivhet menes forholdet mellom egenvekt og den mekaniske egenskapen stivhet.
- **Isotropisk/Anisotropisk** – «Isotrop er det samme som å være lik i alle retninger. Eksempel: Et isotropt stoff er et materiale som er likt i alle retninger, i motsetning til et anisotropt stoff. Glass er isotropt, mens krystaller ikke er isotrope» (Helseth, 2020)
- **Termisk utvidelseskoeffisient** – «Termisk utvidelseskoeffisient er en temperaturkoeffisient som angir forholdet mellom den relative dimensjonsøkningen (utvidelsen) til et legeme og temperaturstigningen» (Hofstad, 2021)
- **Snødeponi** – Et deponi/område med formål å oppbevare snø i vintersesongen. Underlaget må være tett, slik at granulat ikke forsvinner ned i bakken, og stor nokk til at oppbevaringen av snø ikke går på bekostning av omgivelsene, som f.eks. sikkerhetssonene.
- **Ringmur** – En sammenhengende mur som skal omfatte hele/deler av omkretsen til et bestemt område. I vårt tilfelle er område en fotballbane.
- **Herdeplast og termoplast** - «Herdeplast er en plast som ikke kan smeltes, men som har fått sin endelige form ved fremstillingen. Dette til forskjell fra termoplast, som kan formes på nytt ved smelting. Forskjellen skyldes at i en herdeplast henger alle polymerkjedene sammen i et nettverk, mens termoplast består av kjeder som ikke henger sammen.» (Ystenes, 2019)
- **CSM (Chopped strand mat)** – «består av korte fibere og bindemiddel slik at de danner en sammenhengende armering med fibrene i en vilkårlig orienteringsretning.» (Andersen og Stokke, 2004)
- **Dielektriske materialer/egenskaper** - Dielektriske materialer er elektrisk isolerende materialer som kan polariseres via et ytre elektrisk felt (Fjellvåg og Linder, 2018)

- **Render/rendering** - Fremstilling av bilde ut fra en digital generert modell (CAD).

1.0 Innledning

1.1 Oppdragsgiver og samarbeidspartner

Oppdragsgiver for dette prosjektet er NCMT (Norwegian circular materials technology). NCMT er en næringsklynge som samler polymer- og komposittindustrien i Norge. Visjonen deres er at de skal legge til rette for at den norske polymer- og komposittindustrien blir verdensledende innenfor bærekraft. Dette er noe de ønsker å oppnå gjennom og utvikle et innovasjonssystem som akselererer omstillingen til sirkulære verdikjeder gjennom å knytte sammen den beste kompetansen fra næringsliv, forskning, utdanning og offentlige organ, samtidig som de bryter ned barrierer, friksjon og sektortenkning som er til hinder for utvikling. I dag har de til sammen 87 medlemmer og samarbeidspartnere fordelt over hele landet (NCMT, 2022).

NCMT sin rolle i dette prosjektet er avgrenset til dialogstarter, koblingspunkt og nettverk. De kan også inngå som kompetansepårtner og koordinator på visse områder om prosjektet blir utvidet.

CSUB var først til å ta på seg oppdraget utlyst fra NCMT, og sa seg villig til å gjøre prosjektet i samarbeid med bachelor studenter. Med tanke på at de jobber med å utvikle samme produkt parallelt, er deres ansvarsområde å komme med krav til produktet, kvalitetssikre løsninger, inspirere og anskaffe tilstrekkelig med teori, samt eventuelle material og verktøy nødvendig for gjennomførelse av prosjektet. Mer informasjon rundt hvem CSUB er, og hva de driver med, tas opp under kapitlet «CSUB». Deres rolle i prosjektet, er kort fortalt, å fungere som en sparringspartner og bidragsyter.

1.2 Bakgrunn

I 2021 kom det et direktiv som sa at alle kunstgressbaner i Norge skulle ha fysisk avstengning som forhindrer avrenning av gummigranulat fra banene. Markedspotensialet for produktet er betydelig ettersom det i dag er 1169 elleverbaner, 61 nierbaner og 614 sjuerbaner som trenger avstenging for gummigranulat.

Sparebankstiftelsen i Sogn og Fjordane har sagt at mest sannsynlig vil baneiere kunne søke om at 1/3 av kostnadene blir dekket av spillemidler og at sparebankstiftelsen kan gå inn og ta en del i Sogn og Fjordane. Det er også blitt spekulert om at andre sparebankstiftelser vil gå

inn og støtte prosjektet for sine respektive områder. Med tanke på at miljøhensyn også er noe sparebankstiftelsene må vise støtte til, vil det trolig være mulig å få dekket mye av kostnadene ved å få materialet til kompositt.

Bacheloroppgaven tar utgangspunkt i en case fra NCMT, som ønsker at det skal ses på mulige løsninger for en ringmur av kompositt rundt fotballbaner. Hensikten med denne muren er at den skal holde gummigranulatet på banen, fremfor at den forsvinner ut i naturen. Regjeringen har gitt et krav om at alle nye kunstgressbaner i landet må ha en slik mur. Sammen med samarbeidspartner, CSUB, skal det utvikles en mur med flere ulike moduler i glassfiber-armert plast, produsert gjennom en vakuuminjeksjonsprosess. I dagens grønne skifte, har CSUB også uttrykt et ønske om å sette produktet i en gjenvinningscyklus. Produktet skal derfor, hvis mulig, også inneholde resirkulert materiale. Det er ønskelig at modulene skal være utformet slik at monteringen skal være så enkel som mulig. CSUB har også gjennomført et forprosjekt, som de ønsker at skal brukes som utgangspunkt for oppgaven (forklart i kapittel 3.0).

1.2.1 Konsekvenser av plastforsøpling (mikroplast)

Mikroplast finnes overalt i naturen og utslippet av mikroplast er en stor miljøutfordring. Mikroplast er en fellesbetegnelse for plastfragmenter på under 5 millimeter. I Norge ender cirka 19000 tonn mikroplast i naturen, og halvparten ender i havet. Mikroplast kan bli funnet i alt fra strender langs kysten til innefrosset i arktisk is. I Norge er mikroplast også påvist i både ferskvann, jord og avløpsslam. Den nest største årsaken for utslipp av mikroplast, kommer fra fotballbaner i kunstgress som er fylt med gummigranulat. Det er estimert at cirka 6000 tonn mikroplast havner i naturen fra gummigranulat, kunstgressbaner og annet fallunderlag hvert år. (Miljødirektoratet, 2021)

Når mikroplast havner i naturen, er det tilnærmet umulig å fjerne. Siden mikroplast er tungt nedbrytbart betyr det også at mikroplasten i naturen bare øker. Det er lite informasjon rundt hva langtidsvirkningene av dette vil være, men flere vitenskapelige publikasjoner antyder at utslippene vil føre til irreversible og langsiktige økologiske skader. Dyr og organismer kan forveksle mikroplasten med mat, noe som kan føre til indre skader, redusert matinntak, fordøyelsesproblemer og falsk metthetsfølelse. Mikroplast er for eksempel gjenfunnet i fisk som spiser dyreplankton. Mikroplasten kan også spre miljø- og helseskadelige stoffer (Miljødirektoratet, 2021)

1.3 Utforming av problemstilling

Ved utforming av problemstillingen, er det blitt stilt spørsmålene: hva, hvem, når, hvor, hvordan og hvorfor. Disse spørsmålene har hjulpet gruppen med å skape bedre forståelse for oppgaven, samt dannet de fundamentale rammene til problemstillingen. (Lerdahl, 2018, s. 70)

Hva?	Designe ringmur rundt kunstgressbaner
Hvem?	Oppdrag fra NCMT med samarbeidspartner CSUB
Når?	Vårsemester 2022
Hvor?	NTNU Gjøvik
Hvordan?	Innhente informasjon, dialog med veileder og samarbeidsparter, produktutvikling (ideutvikling, konseptutvikling, materialtesting, produksjonsmetode og markedsundersøkelse), Kartlegging av krav fra samarbeidspartner.
Hvorfor?	1. juli 2021 kom regjeringen med en forskrift som sier at kunstgressbaner i Norge må ha en sammenhengende, tett mur rundt banene. CSUB ønsket å lage et produkt som gjør mer enn bare følger kravene og har flere bruksområder.

1.4 Problemstilling

Problemstillingen er formulert på bakgrunn av ønskene til oppdragsgiver og samarbeidsparter, samt deres mål med prosjektet. Problemstillingen fastsettes slik:

- Hvordan skal en ringmur, i kompositt, minimere svinn av gummigranulat på kunstgressbaner i Norge?

Etter arbeid med prosjektet ble det tydelig at problemstillingen må konkretiseres med delproblemstillinger for å tydeliggjøre hva som skal svares på. Følgende delproblemstillinger ønskes å ses på:

- “Hvordan kan festemekanismen til ringmuren designes slik at monteringen er enkel?”
- “Hvordan kan resirkulert materiale benyttes under en vakuuminjeksjonsprosess?”
- “Hvordan kan produktet utformes for å dekke flere bruksområder?”

- «Hvordan skal produktet utformes slik at modulene kan produseres med vakuuminjeksjon?»»

1.5 Mål

For å sette mål til oppgaven er det en fordel å først analysere behovene som skal dekkes. Behov, som igjen har sitt opphav i et problem som må løses, blir ofte utlyst av en interessentgruppe. Denne gruppen med mennesker har som regel stor innflytelse på gjennomførelsen av prosjekter som skal dekke et behov, og ikke minst resultatet. Av den grunn er det viktig å konkretisere alt fra behov til ønsket resultat, samt skape en konsensus mellom interessentgruppen og prosjekteier.

I dette tilfellet har behovet kommet i form av en forskrift fra regjeringen, som er utlyst til alle baneiere i Norge. Behovet som skal dekkes er beskrevet i denne forskriften, og baneiere blir derfor nødt til å se etter løsninger til dette problemet. På bakgrunn av dette skal det forsøkes å utvikle et produkt som vil dekke dette behovet, samt være å foretrekke fremfor, eller kombinert med, andre løsninger.

Nå som behovet er avdekket, kan hvilke mål som skal settes, hvilken effekt og hvilket resultat som er ønskelig å oppnå, ses nærmere på.

1.5.1 Effektmål

«Effekten beskriver nytten eller de gevinstene som leveransene fra prosjektet skal skape.»
(Rolstadås, 2020, s. 68)

Det er vanskelig å treffe nøyaktig på hvilken nytte produktet vil ha. Dette er noe som vil bli sett nærmere på i en eventuell gevinstrealiseringsfase av prosjektet. Å sette mål for hvilken nytte produktet skal ha derimot, er ikke like vanskelig. NFF har selv estimert at man vil kunne redusere utslippene av gummigranulat fra banene med 95-98%, ved å gjøre tiltakene beskrevet i deres artikkel (NFF, u.å.). En gevinst av dette vil være at mengden utslipp av mikroplast i naturen vil reduseres betraktelig. Et annet aspekt ved redusert svinn vil også være økonomi. Behovet for å etterfylle kunstgressbaner med granulat vil minimeres, noe som minimerer kostanden av drift og vedlikehold. Her må fortjeneste av redusert mengde svinn ses opp imot kostnad av implementering av en ringmur.

Effektmålene til prosjektet blir derfor følgende:

- 1.) Produktet skal bidra til å redusere utslipp av mikroplast i naturen og maritime områder. Dette skal gjøres i henhold til forskriften som er utlyst av regjeringen.
- 2.) Produktet skal redusere kostanden av drift og vedlikehold for baneieier. Produktet må derfor i seg selv være av høy nokk kvalitet til at det ikke medfører noen ekstra kostnad å drive med vedlikehold.

1.5.2 Resultatmål

Resultatmålet går mer ut på hva som skal leveres, hvilke egenskaper produktet skal ha og hvordan det skal se ut.

Resultatmålene ble derfor følgende:

- 1.) Produktet skal oppfylle alle kravene beskrevet i forskriften, samt standarder knyttet til mekaniske egenskaper ved produktet. Byggeforskriften TEK 17 skal følges der det er nødvendig.
- 2.) Produktet skal kunne monteres med redskaper og maskiner som naturlig befinner seg på et idrettsanlegg. Det betyr at vekt og størrelse må være innenfor en gitt ramme. Monteringsløsningen skal være brukervennlig og intuitiv.
- 3.) Produktet skal være produsert gjennom en vakuuminjeksjonsprosess.

1.6 Rammebetingelser

I dette prosjektet er det en del ytre forhold som må tas hensyn til. Rammene til projektet må derfor defineres, før utredningen av produkts utforming, økonomi, fasiliteter, krav til produkts egenskaper og rapporten. Det skilles mellom lovverk som treffer produktet, og gruppebetingelser, som er rammer for gruppens gjennomførelse av prosjektet.

1.6.1 Lovverk som treffer produktet

Følgende lov, § 23A-4, hentet fra forskriften, har en direkte innvirkning på hvordan produktet skal utformes:

«a) en fysisk barriere rundt idrettsbanen som hindrer at plastholdig løst fyllmateriale spres utenfor banen. Minst 20 centimeter av barrierens høyde, målt fra bakken, skal være tett,

b) løsninger for håndtering av drensvann og overvann som sikrer oppsamling av løst plastholdig fyllmateriale slik at dette ikke spres utenfor banen, og

c) tiltak som hindrer at plastholdig løst fyllmateriale spres utenfor banen via brukere av banen eller via anleggsmaskiner og annet utstyr som brukes ved vedlikehold og snørydding av banen.»

(Forurensningsforskriften, 2021).

Snørydding og snødeponi har også vesentlige rammer som inntreffer produktet. NFF har skrevet i sin rapport at snødeponiene til banene skal ha en innhegning og loven om snødeponi, § 23A-6, gitt av regjeringen er:

«Den ansvarlige for idrettsbaner der plastholdig løst fyllmateriale brukes, skal sørge for at snø som ryddes av idrettsbanen, deponeres på eget område for snødeponering på eller utenfor banen. Den ansvarlige skal sørge for nødvendige tiltak for å sikre at plastholdig løst fyllmateriale forblir innenfor idrettsbanen eller snødeponiet frem til det håndteres i tråd med § 23A-7 annet ledd.»

(Forurensningsforskriften, 2021).

TEK 17 (byggteknisk forskrift) har også en forskrift som kan ha en innvirkning på prosjektet, § 12-16. Punktene som er relevant, er følgende:

(1) Rampe skal ha en bredde som er tilpasset forventet transport. Minimum bredde skal være 0,9 m.

(2) Rampe skal ha jevnt og sklisikkert dekke og stigning maksimum 1:15. For strekninger under 3,0 m kan stigningen være maksimum 1:12. For hver 1,0 m høydeforskjell skal det være et horisontalt hvileplan med lengde minimum 1,5 m.

1.6.2 Gruppebetingelser

Økonomi:

Det økonomiske aspektet, ved gjennomførelsen av prosjektet, vil avhenge sterkt av muligheten for støtte fra CSUB. CSUB er villig til å dekke utgifter dersom grunnen for støtte er definert og de er enig i forslaget.

Det økonomiske aspektet til selve produktet vil ikke forskes på ettersom at dette ikke er relevant for prosjektet, men heller relevant når CSUB faktisk skal lage og selge produktet.

Fasiliteter:

De nødvendige materialer og verktøy som trengs for å lage et fullverdig produkt er ikke tilgjengelig ved NTNU Gjøviks lab-fasiliteter, og heller ikke mulig å innhente, men det er kan lages mindre komponenter på en adekvat måte.

Rammer:

- Bachelor oppgaven skal være ferdig og leveres 20. Mai
- Produktet skal være i kompositt bestående av glassfiber og polyester harpikser
- Vakuuminjeksjon skal benyttes som produksjonsmetode

CSUB benytter seg hovedsakelig av vakuuminjeksjon, og har presisert tidlig i prosjektet at sluttproduktet vil benytte denne produksjonsmetoden. Derfor vil det ikke bli gjennomført dypere forskning på andre produksjonsmetoder i prosjektet, ettersom produksjonsmetoden er forutbestemt.

1.7 Samfunnsnytte og FN's bærekraftsmål

Hvilken samfunnsnytte har prosjektet?

- Bevare banenes kvalitet og levetid over en lengre periode.
- Idrettsanleggene vil ivareta et bedre visuelt inntrykk lengre.
- Baneieiers økonomi vil forbedres.
- Banens egenskaper, spillemessig, vil bevares lengre.
- Etterfylling av granulater vil reduseres.
- Mindre slitasje på brukere av anlegget.

Disse punktene er uavhengig av granulatets materiale, plast eller biologisk nedbrytbart.

Hvilket fokus har prosjektet på miljøet?

Ved å innføre disse tiltakene, som nevnt tidligere, anslår Miljødirektoratet at utslippene kan reduseres med opptil 95-98 prosent (Miljødirektoratet, 2021)

FN's bærekraftsmål som er relevant for prosjektet:



Figur 1 - FN's bærekraftsmål nr. 9, 11 - 15 (Gi barna håp, 2022).

- Mål 9: Industri, innovasjon og infrastruktur
 - o *Bygge solid infrastruktur og fremme inkluderende og bærekraftig industrialisering og innovasjon*
- Mål 11: Bærekraftige byer og lokalsamfunn
 - o *Gjøre byer og lokalsamfunn inkluderende, trygge, robuste og bærekraftige*
- Mål 12: Ansvarlig forbruk og produksjon
 - o *Sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre*
- Mål 13: Stoppe klimaendringene
 - o *Handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene av dem (Basert på en erkjennelse av FNs rammekonvensjon om klimaendring er det viktigste*

internasjonale og mellomstatlige forumet for forhandlinger om globale tiltak mot klimaendringer.)

- Mål 14: Livet i havet
 - *Bevare og bruke havet og de marine ressursene på en måte som fremmer bærekraftig utvikling*
- Mål 15: Livet på land
 - *Beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystemer, sikre bærekraftig skogforvaltning, bekjempe ørkenspredning, stanse og reversere landforringelse samt stanse tap av arts mangfold*

2.0 Teori

Dette kapittelet tar for seg all teori som har direkte tilknytning til oppgaven. Det vil si teori omhandlende material- og produksjonsteknologi, samt hvilken testmetode som er benyttet og hva som kjennetegner denne. Kort fortalt, beskrives teorien som er lagt til grunn for gjennomførelse og forståelse av prosjektet.

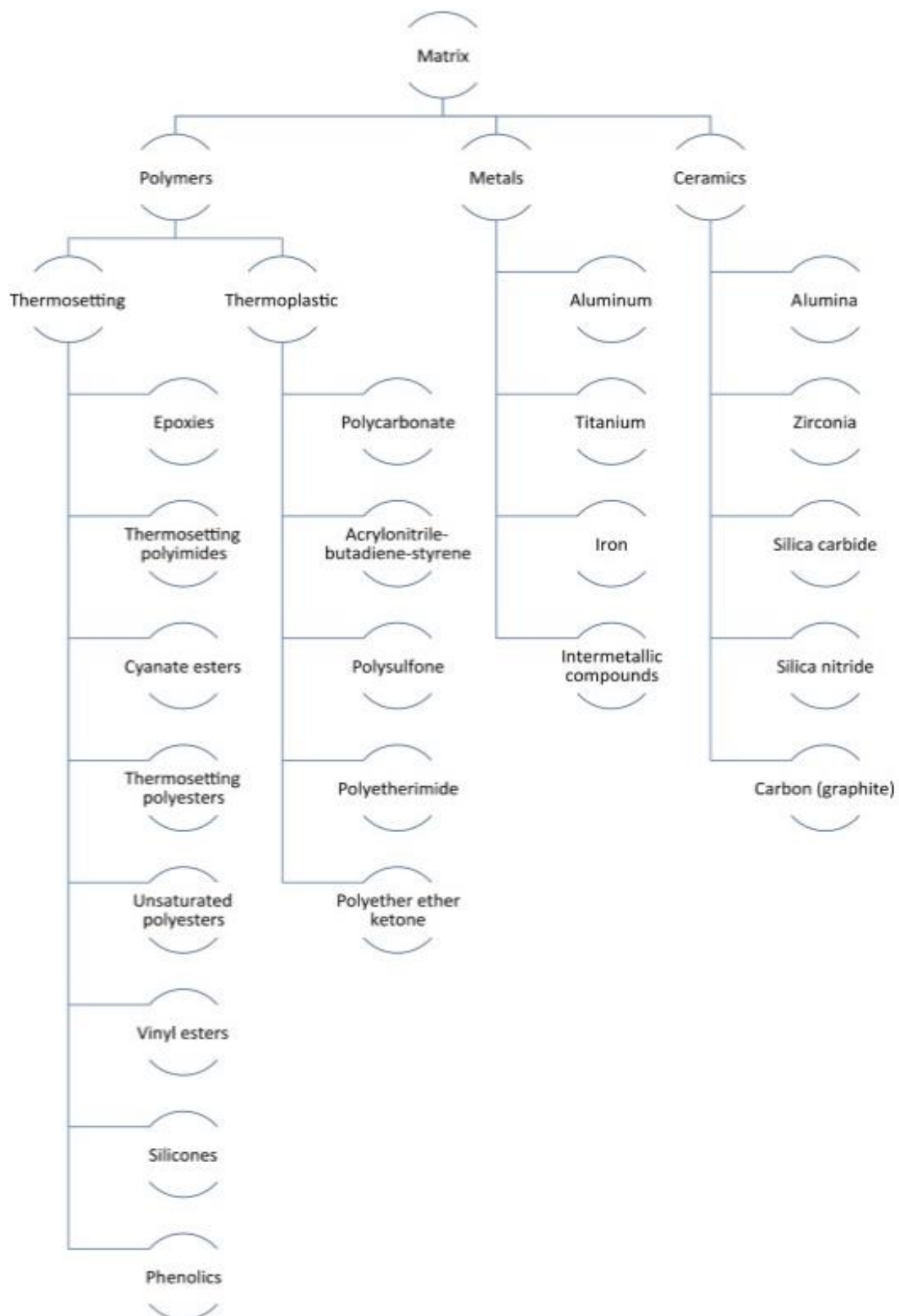
2.1 Kompositt

Definisjonen på kompositt, ifølge Store norske leksikon, er som følgende: «... *materialer som er sammensatt av to eller flere forskjellige materialer*» (Pedersen, 2021, *komposittmaterialer*). Ut ifra dette kan man datere de første komposittene helt tilbake til et sted mellom 3400-1500 f.v.t. da tidlige egyptere og mesopotamiske nybyggere brukte en blanding av gjørme og halm for å skape sterke og holdbare bygninger (Johnson, 2020) (Herakovich, 2012). Siden den gang har teknologien blitt en pålitelig kilde til alternative, og i enkelte tilfeller bedre, løsninger i nåtidens reisning av moderne byggverk. Metodene for å produsere frem disse materialene har avansert parallelt med utviklingen til materialet selv, siden valgt metode ofte også har en direkte innvirkning på materialets egenskaper i et sluttprodukt. Dette er noe som kan ses i utviklingen av vakuuminjeksjons metoder i nyere tid, en produksjonsmetode som er beskrevet senere i teksten.

Fordelen med kompositter, er at de har høy styrke i forhold til egenvekten. Dette forholdet gjør kompositter svært gunstige sett opp mot for eksempel metaller som aluminium og stål. Av de egenskapene man vanligvis etterlyser i materialer, er stort sett alle dekket av de fiberdominerende egenskapene til kompositter. Fibre er dominerende når det kommer til stivhet, strekkstyrke og kompresjonsstyrke i fiberretningene, i tillegg til stivhet og styrke i bøy. (Andersen og Stokke, 2004)

Kompositter kan deles opp i to deler, en matriks og et tilsetningsmateriale. Matriks er en komponent som danner grunnmassen og er som regel sammenhengende. Matriksen kommer hovedsakelig i form av metall, keramer og/eller plast (polymer). Kompositter fordeles naturlig inn i 3 undergrupper. Metal-matriks kompositter (MMC), keram-matriks kompositter (CMC) og plast-matriks kompositter (PMC). Det skal ikke fokuseres så mye på de to førstnevnte, da disse ikke er av særlig relevans for oppgaven. Mest avvendt og omtalt i daglig tale er sistnevnte, PMC. Underlagt denne gruppen kompositter finner man for eksempel GRP

(Glass-reinforced polymer), som oversettes til glassfiber-armert plast, et kompositt produkt som står sentralt for prosjektet. (Johansen, 2008)



Figur 2 - Matriks i kompositter, underkategorier. (Tanzi, 2019)

2.2 Fiber forsterket polymer

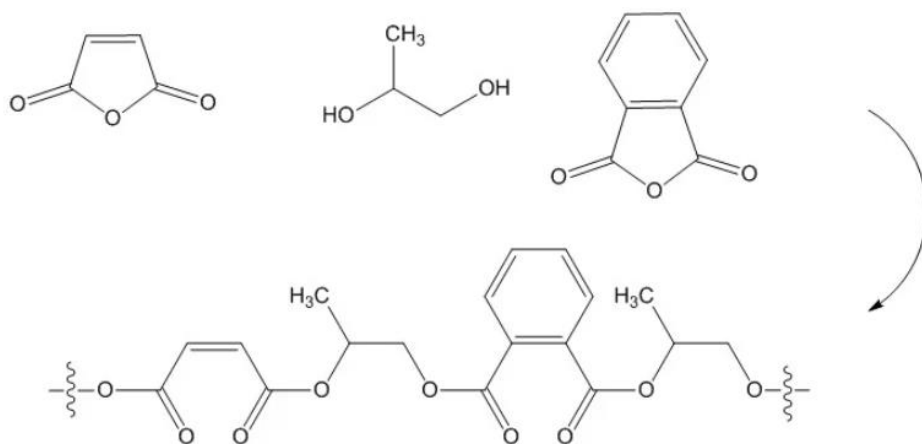
Fiber-armert polymer (engelsk: Fiber Reinforced Polymer/FRP) eller fiber-armert plast som det også heter, er en type kompositt mye anvendt i nyere tid. Begrepet omfatter kompositter som har en struktur bestående av fiber som tilsetningsmateriale og polymer som matriks. Glassfiber-armert plast (norsk GAP/engelsk GRP), et komposittmateriale som går igjen mye i rapporten, er et eksempel på en FRP. GRP består av glassfiber som tilsetningsmateriale, og har en matriks av polymer/plast, eksempelvis E-glass (en glassfibertype) og termosettende harpikser slik som polyester eller epoksy harpiks. For å sette komposittvarianten i en historisk kontekst, var FRP i begynnelsen, etterfulgt andre verdenskrig, stort sett brukt i mer spesialiserte domener, slik som luft- og romfartøy, grunnet den da høye prisen på materialene. I senere tid, når den kalde krigen begynte å avta, og investering i nasjonale forsvar rundt om i verden forminsket, ble et økende søkelys satt på å redusere kostnadene ved FRP produkter og materialer for å ivareta denne typen industri. Kombinert med en større etterspørsel etter høy-ytende materialer bidro dette til mer bruk og utvikling av komposittmaterialer. (Bakis, 2002)

2.3 Termosettende harpikser

Termosettende harpikser er et samlebegrep for en stor familie av produkter. Denne familien innbefatter produkter slik som epoksyer, polyestere, vinyl estere og polyamider for å nevne noen. Bakgrunnen for betegnelsen termosettende er at etter å ha gjennomgått en herdeprosess, kan ikke denne typen harpikser omsmeltes eller reformes. Herdeprosessen skjer gjerne ved at man tilsetter en «herder» (en katalysator/reaktor), et stoff som skaper en kjemisk reaksjon som krysskobler polymerkjedene. Krysskoblingen av polymerkjedene gjør at hele matrisen forbinder seg sammen til et tredimensjonalt nettverk, og harpiksen er dermed herdet, eller kurert som man også kaller det. Uten denne katalysatoren/reaktoren skjer det lite til ingen herding, så disse to komponentene kommer ofte sammen. (Wu og Eamon, 2017)

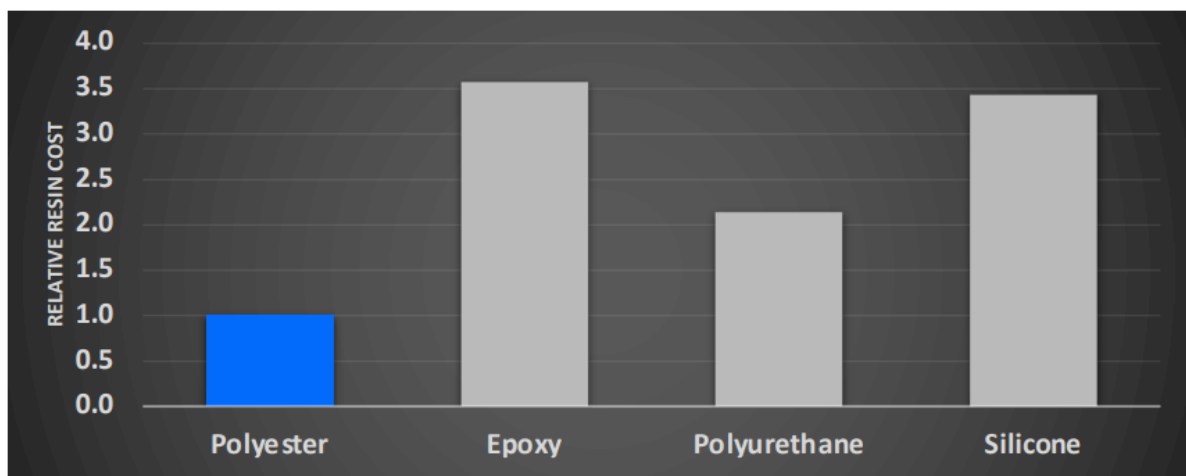
2.3.1 Umettet polyester

En av de mest vanlige harpiksene å bruke i plast-matriks kompositter, er polyester, eller mer presist, umettet polyester harpiks. Polyester harpiksen kan komme i både mettet og umettet form, men den sistnevnte har et større anvendelsesområde. Denne termosettende harpiksen er også avhengig av en kjemisk reaksjon for å herde, og det vil ikke være mulig å reformere eller omsmelte den etter herding, derav betegnelsen termosettende. Herding av denne viskøse væsken kan skje ved å for eksempel tilsette ingrediensen, styren eller katalysatoren MEKP (Metyletylketonperoksid). Begge disse kan være helseskadelig om ikke behandlet på riktig måte (Huff og Infante, 2011) (Shirazy og Fayed, 2015). (Resin library, 2020)



Figur 3 - umettet polyester harpiks. (Admin, 2017)

Hovedsakelig, blir umettet polyester harpiks brukt som matriks i glassfiber-armerte plaster, og har anvendelsesområder som strekker seg fra surfebrett til luftfartøykomponenter.



Figur 4 - prissammenligning av fire forskjellige harpikser. (Resin library, 2020)

Bakgrunnen for favoriseringen av akkurat denne typen harpiks er av flere årsaker. Harpiksen er lett å bruke, og er ofte et rimeligere alternativ til andre harpikser. De mekaniske egenskapene er allikevel, som regel, tilstrekkelig for de fleste bruksområder. En dyrere harpiks, slik som epoksy, vil også kunne brukes på mange av de samme områdene, men kan vise seg å være overdrevent. (Resin library, 2020)

2.3.2 Epoksy

I likhet med umettet polyester, tilhører denne gruppen harpikser til kategorien termosettende harpikser. Det vil si at ved bruk av denne typen harpiks, vil resultatet bli et ikke-reformbart/-smeltbart produkt. Det er også behov for et herdemiddel, for å starte herdingen av harpiksen. I kompositter hvor det er behov for eksepsjonelle mekaniske- og limeegenskaper, kan epoksy være å foretrekke som matriks. Sammen med fibre slik som karbonfiber kan man skape det som gjerne omtales som høytytende kompositter. Disse komposittene har veldig gode mekaniske egenskaper relativt til egenvekt. (SpecialChem, 2022)

Sett opp imot polyester er det fem hovedpunkter som skiller de to harpiksene, i favør epoksy:

- Bedre limeegenskaper (evnen til å binde seg til forsterkningen eller kjernen)
- Overlegne mekaniske egenskaper (spesielt styrke og stivhet)
- Forbedret motstand mot tretthet og mikrosprekking
- Redusert nedbrytning fra vanninntrengning
- Økt motstand mot osmose (overflateforringelse på grunn av vanngjennomtrengelighet)

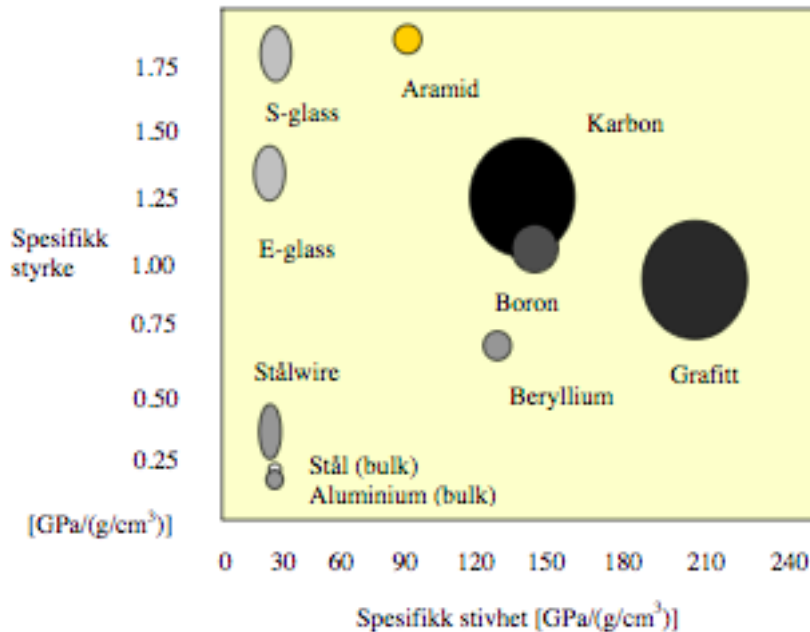
(SpecialChem, 2022)

Koenigseggs Regera er et moderne eksempel på bruk av epoksy for å utvikle høytytende produkter. Bilprodusenten har lenge vært kjent for bruk av karbonfiber kompositter i sine biler, og de har med sin Regera produsert frem en bil hvor hele utsiden er konstruert med karbonfiber-armert epoksy og et epoksybelegg ytterst. (THE DRIVE, 2013) (Tan, 2018)

2.4 Fiber (forsterkning)

Ved utviklingen av et produkt hvor forholdet mellom styrke og vekt er essensielt, er valg av materiale en viktig faktor. En fremstilling av materialer som svarer på denne problemstillingen er fiberarmerte kompositter. Fiberarmerte kompositter har flere ulike oppbygninger, som gir forskjellige egenskaper, og kan være laget av mange forskjellige typer

materiale. Noen eksempler på disse er, glass, karbon, boron, silica, tungsten, aramid eller metaller. For kompositter som er plastbaserte (polymer matriks) er det glass, karbon og aramid som er de vanligste fibrene å bruke. (Andersen og Stokke, 2004)



Figur 5 - Spesifikk styrke/spesifikk stivhetsdiagram med flere typer fiber og metaller. (Andersen og Stokke, 2004)

Det vanligste for fiberarmerte kompositter er at armeringen er vevd og sydd med orienterte, kontinuerlige fibre. Om kompositten derimot ikke skal brukes i en kritisk detalj benytter man ofte CSM (Chopped Strand Mat). (Andersen og Stokke, 2004)



Figur 6 - tilfeldig orienterte diskontinuerlige fibre (CSM). (Modrea, 2014)

Denne variasjonen, i fiberorienteringer, åpner for enda en måte å manipulere egenskapene til sluttproduktet, altså kompositten. Dette slik at man kan skreddersy kompositten til å passe anvendelsesområdet. De vevde og sydde fibrene kan også orienteres på forskjellige måter.

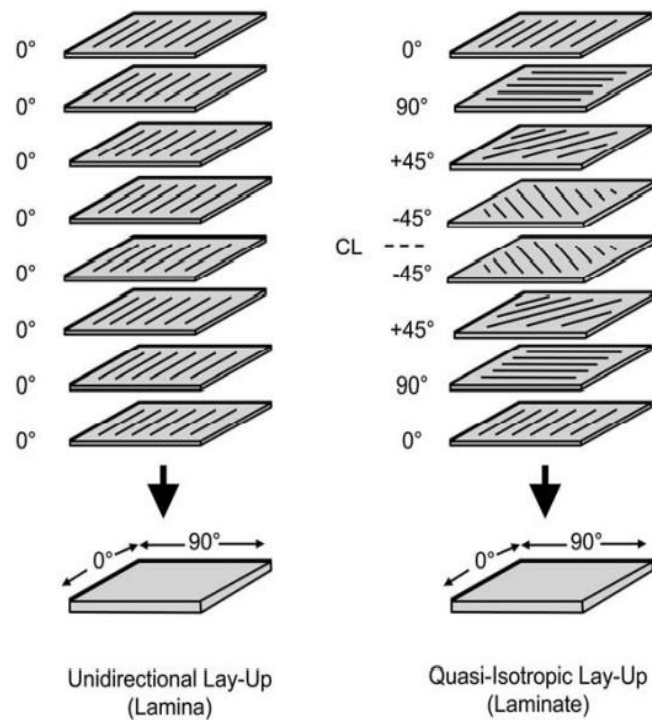
Om man bare behøver styrke i en bestemt retning, i en kompositt, kan man legge fiberne parallelt om hverandre, altså enveis (Chand og Fahim, 2021).

Andre måter å orientere fiberne på kan være toveis, eller flerveis. Disse variantene vil kunne gi styrke egenskaper i flere retninger. Disse typene kan også være vevd sammen for å forenkle håndtering av fiberne. (Chand og Fahim, 2021)

Når fiberne blir stablet oppå hverandre, dannes det som kalles for «lamina» eller «laminat». Hvilken betegnelse de stablede fiberne får, avhenger av hvilke retninger fiberne er lagt i. Om fiberne blir stablet med kun en retning, omtales dette som en lamina. Disse fiberne har eksepsjonelle mekaniske egenskaper i retning med fiberne, men har lave egenskaper vinkelrett på fiberretningen. Et laminat derimot, har fiberne stablet i flere retninger. Denne måten å stable fiberne på gir gode mekaniske egenskaper i flere retninger, men har ingen retninger med eksepsjonelle mekaniske egenskaper. Dette, naturligvis, fordi færre av fiberne er orientert for å forsterke én retning. (Campbell, 2010)



Figur 7 - vevde enveis karbon fibre. (Colan Australia, 2013)



Figur 8 - lagvis orientering av fibre. (ASM International, 2010)

2.4.1 Glassfiber

Glassfiber er et produkt som blir brukt på en rekke anvendelsesområder. Eksempler på bruksområder kan være som isolasjon eller som armering. I bruksområder hvor formålet til glassfiberen er å være til isolasjon, er det mest sannsynlig ikke i form av en kompositt. Fokusområdet her blir derfor mer på glassfiber brukt til armering i polymerbaserte kompositter.

Den vanligste formen for armering i polymerbaserte kompositter, er glassfiber. Dette på grunn av kombinasjonen lav pris, høy styrke og relativt lav tetthet. (Andersen og Stokke, 2004)

På grunn av produktets popularitet har det, siden det først ble oppfunnet på 1930-tallet av «Owens Corning Textile Products», utviklet seg til å kunne anvendes på et stort omfang av områder (Martynova, Cebulla, 2018). Eksempler på felt som bruker glassfiberarmerte polymer er: luftfart, bil, marine, sports- og fritidsvarer og bygg og anleggs felt (Shioya og Kikutani, 2015).

Hovedingrediensen i alle glassfibre, som blir brukt som armering i polymerbaserte kompositter, er silisiumoksid, som har den kjemiske formelen SiO_2 , selv om det også finnes andre typer glass (oksynitrid-, fosfat- og halideglass) (Park og Seo, 2011).

Underlagt gruppen glassfiber, finner vi flere varianter som er modifisert for å være bedre tilpasset bruksområdet. De ledende typene av glassfibre er E-glass, som har lav elektrisk ledningsevne, høy-styrke (HS)-glass og korrosjonsbestandig (CR)-glass. Den første til å se dagens lys var E-glass typen, som ble utviklet på 1930-tallet (som nevnt tidligere i teksten). (Zweben, 2005)

Andre typer glassfibre er: S-glass, som brukes til å lage kompositter med overlegne mekaniske egenskaper, C-glass, som er motstandsdyktig til miljøer med en høy syreverdi og D-glass som brukes for sine dielektriske egenskaper (Bunsell, 2005). R-glass, er i likhet med S-glass, hovedsakelig brukt for dens gode mekaniske egenskaper (Ukjent, 2022).

Glass type	E	S	R	C	D
SiO_2	54	65	60	65	74
Al_2O_3	15	25	25	4	
CaO	18		9	14	0.2
MgO	4	10	6	3	0.2
B_2O_3	8			5.5	23
F	0.3				
Fe_2O_3	0.3				
TiO_2					0.1
Na_2O				8	1.2
K_2O	0.4			0.5	1.3
Density	2.54	2.49	2.49	2.49	2.16
Strength (20 °C) GPa	3.5	4.65	4.65	2.8	2.45
Elastic modulus (20 °C) GPa	73.5	86.5	86.5	70	52.5
Failure strain (20 °C) %	4.5	5.3	5.3	4.0	4.5

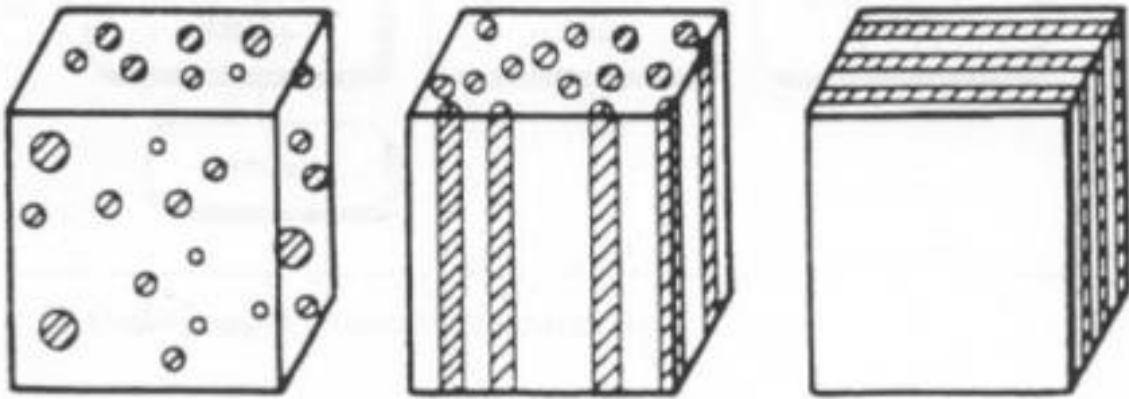
Tabell 1 - Eksempler på typer glassfibre, deres kjemiske oppbygning (i prosent) og deres mekaniske egenskaper (Bunsell, 2005)

2.4.2 Karbonfiber

Karbonfiber er en fiber preget av svært høy stivhet og lav tetthet. Karbonfiber brukes i en rekke avanserte bruksområder som f.eks. marine, romfart, bil og sport. Vist i figur 5, ser man at noen karbonfibre er opptil 10 ganger stivere enn glass og har halvparten av tettheten. Styrken er derimot ofte dårligere enn hos glass og aramid. På grunn av de mekaniske egenskapene, kan karbonfiber brukes i kritiske konstruksjonsdeler som utsettes for høye temperaturer, fordi fibrene er lite utsatt for korrosjon og oksidasjon ved høye temperatur. For eksempel i formel 1 biler. Ulempen med karbonfiber er den høye prisen. Prisen kan være 100 ganger prisen til E-glass, men den effektive prisforskjellen er ikke så stor siden tynnere laminaer av karbonfiber kan brukes. Karbonfiber er også anisotrope, i motsetning til glassfiber som er isotrope. Dette betyr at de er 10 ganger sterkere i lengderetningen enn i tverretningen. (Andersen og Stokke, 2004)

2.5 Komposittmaterialets struktur

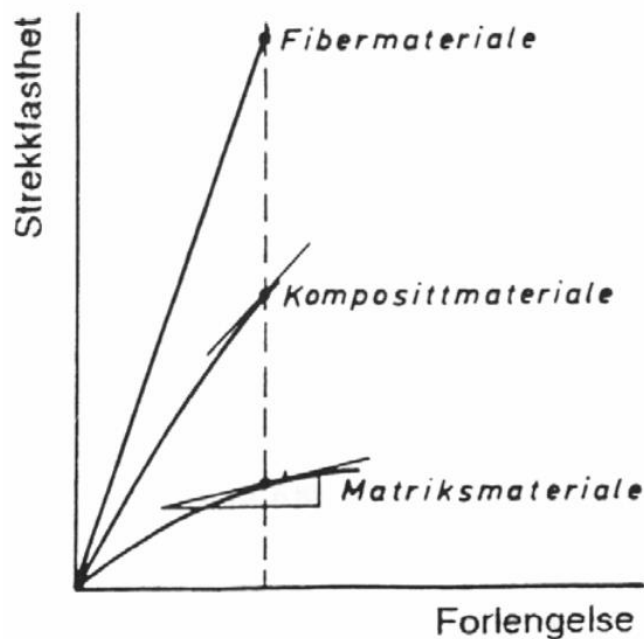
Strukturen til kompositten er bestemt av hvordan tilsetningsmaterialet er fordelt i matriksen. Fordelingen kan skje på tre forskjellige måter (se figur 9): partikler (store/findelte), fibre (gjennomgående/korte) eller laminert (sandwich). Stort sett alle kompositter har en slik fordeling, men det er ikke alle som er like egnet for forskjellige materialer. Eksempelvis kan en fordelingsmåte være bedre egnet for å oppnå retningsbestemt styrke, mens en annen vil gi bedre temperaturbestandighet. Hvilket tilsetningsmateriale som blir brukt, er igjen avhengig av hvilken matriks man velger å bruke. For eksempel, er karbonfiber og epoksy-harpikser to materialer som sammen komplementerer hverandre til å oppnå høytytende laminaer. Man kan derimot, selv innen denne gruppen kompositter, modifisere med forskjellig blandingsforhold, fordeling og produksjonsmetoder for å oppnå forskjellige verdier i et bredt spekter av egenskaper. (Johansen, 2008)



Figur 9 - Fra venstre: Partikkel struktur, Fiberstruktur, Laminert struktur (Johansen, 2008)

I bunn og grunn er oppbygningen til kompositter, kompromisser. Man søker et kompromiss mellom de gode og dårlige egenskapene til komposittet og resultatet er ofte et komposittmaterieelt med en middelværdi av egenskapene. Egenskapene det søkes et kompromiss mellom er kostnader, styrke, duktilitet, temperaturobestandighet og miljøbelastende faktorer. (Johansen, 2008)

Når man skal velge et kompromiss kan man ikke bare se på komponentene hver for seg. Noen av egenskapene forbedres når komponentene blir slått sammen. For eksempel er glass og epoksy nokså sprøtt, men glassfiber-armert epoksy har høy bruddseighet. (Johansen, 2008)



Figur 10 - eksempel på kompromiss mellom fiber- og matriksmateriale. (Johansen, 2008)

2.6 Vakuuminjeksjon

Injeksjonsmetoder er basert på prinsippet at det etableres en trykkforskjell mellom vakuumposen/hulrommet og harpiksforsyningen. I likhet med temperatur, er trykk en termodynamisk tilstandsvariabel. Det vil si at flyten alltid vil gå fra stor til liten.

«Overføring av varme skjer alltid fra et sted med høyere temperatur til et sted med lavere temperatur. Energien er konstant, men fordelingen av energi endres på en irreversibel måte.»

(Pedersen, 2022)

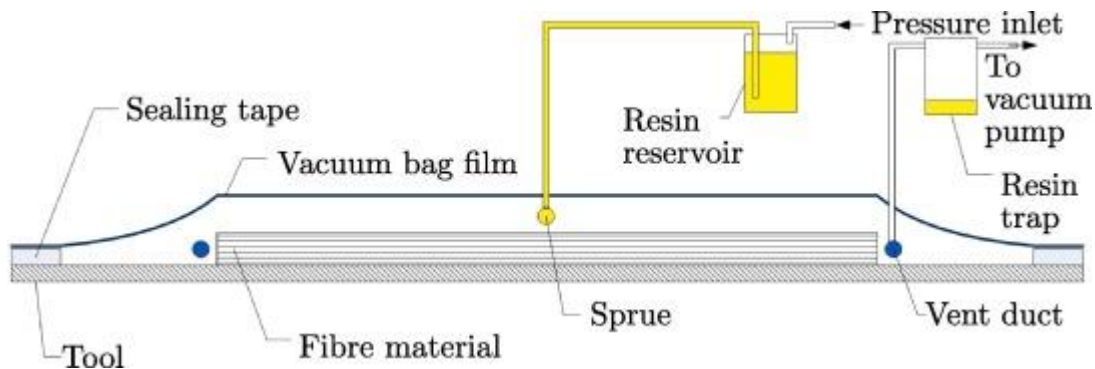
I prinsippet så har alle vakuuminjeksjonsmetoder en del fellestrekk. Fellestrekene gjelder for stort sett alle metoder hvor umettet fiber skal impregneres ved bruk av vakuum. Til å begynne med er det viktig å tildekke overflaten til verktøyet med et slippmiddel (mold release) eller en slippfilm, slik at den herdede delen kan separeres fra verktøyet. Uten dette vil delen herdes sammen med verktøyet. Deretter kan man legge fiber i formen, lagvis til man har nådd en tilfredsstillende tykkelse. Over fibreene igjen, legges det et materiale som kalles peel ply.

Dette materialet skal fungere som en slippfilm, og bidrar til at man kan skille injeksjonskanalene og vakuumposen fra delen etter herding. Peel ply-en kan tildekkes med noe som kalles for «flow media». Dette produktet ligner på fiskenetting og bidrar til å øke hastigheten på spredningen av harpiksen i verktøyet. Til slutt legges det kanaler/innløpsrør, som harpiksen kan flyte gjennom, og en vakuumforseglet pose på toppen. Vakuumposen kan dekke hele verktøyet eller den kan legges oppå å forsegles med butylteip. Når alt dette er på plass kan harpiks flyte inn å impregnere fibreene. (Hindersmann, 2019)

2.7 CSUBs vakuuminjeksjon



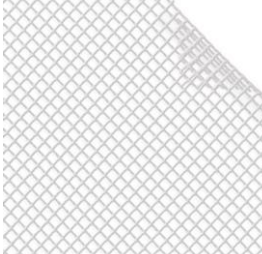



Vakuuminjeksjon er en generell betegnelse for et hav a forskjellige metoder. Underlagt betegnelsen finner man mange forskjellige varianter hvor vakuum/undertrykk fungerer som et hovedelement. Å kartlegge hvilken metode som blir brukt kan være en utfordring, siden flere av metodene har flere like elementer. For å gjenkjenne den bestemte metoden, må man være godt kjent med de prinsipielle elementene i metoden. Ved å gjøre dette er det mulig å komme frem til at betegnelsen for metoden til CSUB er vakuum assistert overføring av harpikser støpning (engelsk: Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding, forkortelse: VARTM). (Hindersmann, 2019)

Metoden følger prinsippene forklart ovenfor. Tørr glassfiber legges lagvis i verktøyet etter å ha behandlet overflaten med mold releaser. På flater som er vertikale kan man bruke spray lim slik at glassfiberen blir sittende fast. En duk laget av nylon (peel ply) legges deretter over glassfiberen. Deretter kommer en perforert slippfilm og en flow media. Både nylonen og slippfilmen er til for å forenkle separeringen etter herding. Slanger/innløpsrør er deretter nøy plassert, og fordelt med jevne mellomrom for å sikre optimalisert spredning av harpiks i formen. Etter vakuum er oppnådd i formen, begynner overføringen av harpiks fra reservoaret til formen. Vakuudet drar harpiksen gjennom formen og ut igjen til en harpiks fanger. Harpiks fangeren er til for å forhindre at harpiksen slipper inn til vakuumpumpen og påfører den skade. Når harpiksen er spredd utover hele formen og gjennom alle fibrene, kan den etterlates for å herde. Under herdingen beholder man vakuudet. (Hindersmann, 2019)



Figur 11 - vakuum assistert overføring av harpikser støpning (engelsk: Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding, forkortelse: VARTM) illustrert (Hindersmann, 2019).

<p>Steg 1.</p> <p>Slippmiddel/release agent (voks)</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>
<p>Steg 2.</p> <p>Biaxial glassfiber</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>

<p>Steg 3.</p> <p>Nylon peel ply</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>
<p>Steg 4.</p> <p>Perforert slippfilm</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>
<p>Steg 4.</p> <p>Flow media</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>
<p>Steg 5.</p> <p>Tuber/slanger/innløpsrør</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>
<p>Steg 6.</p> <p>Vakuumpose</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>
<p>Bruk: Forsegling av vakuumposen</p> <p>Butyl teip/tech teip</p>		<p>(Easy Composites Ltd, 2022)</p>

Bruk: liming av alle lagene fra steg 2-4 Spray lim		(Easy Composites Ltd, 2022)
---	---	-----------------------------

Tabell 2 - Produktliste av hvert produkt, benyttet ved vakuuminjeksjon. (Easy Composites Ltd, 2022)

2.8 Strekktest

For å tallfeste de mekaniske egenskapene til kompositter, blir det gjort materialprøving. Med mekaniske egenskaper menes, styrke, stivhet, formbarhet, hardhet, slagseighet og sigefasthet. En av de vanligste testene å kjøre når man skal tallfeste de mekaniske egenskapene til kompositter, er strekktest. (Husø, 2022)

Ved strekktesting kan følgende egenskaper måles:

Beskrivelse	Formel
Nominell eller konvensjonell spenning	$R = \frac{F}{S_0} [N/mm^2]$
Nominell tøyning	$e = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100 = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100[\%]$
Flytegrense	$R_e [N/mm^2]$
Konvensjonell flytegrense (0,2 % grense)	$R_{p_{0,2}} [N/mm^2]$
Strekkfasthet	$R_m [N/mm^2]$
Proporsjonalitetsgrense (liten betydning)	$R_a [N/mm^2]$
Elastisitetsgrense (liten betydning)	$R_b [N/mm^2]$
Bruddforlengelse	$A = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100[\%]$
Bruddkontraksjon	$Z = \frac{S - S_0}{S_0} \cdot 100 = \frac{\Delta S}{S_0} \cdot 100[\%]$
Elastisitetsmodul	$E [N/mm^2]$

(Johansen, 2010)

Hvor:

F = strekkraft [N]

S_0 = prøvestavens tverrsnittsareal før strekking [mm²]

S = prøvestavens tverrsnittsareal under / etter strekking [mm²]

L_0 = prøvestavens lengde før strekking [mm]

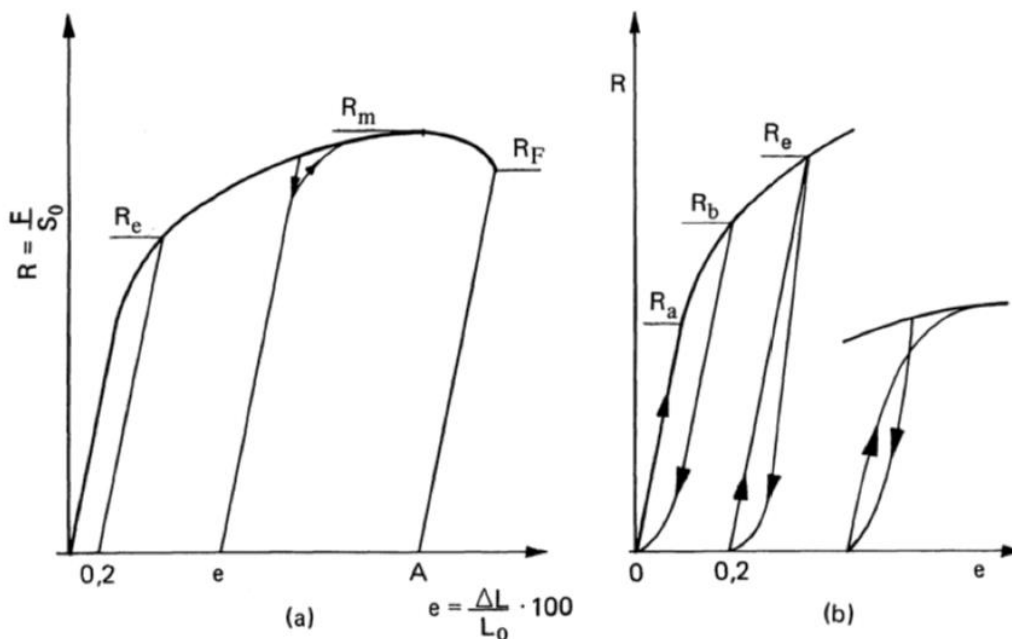
L = prøvestavens lengde under / etter strekking [mm]

ΔL = prøvestavens endring i lengde [ubenevnt]

ΔS = prøvestavens endring i tverrsnittsareal [ubenevnt]

Selve testen foregår slik: en prøvestav blir spent fast i strekkprøvemaskinen. Denne prøvestaven vil være lang i forhold til tverrsnittet. Det er viktig at det ikke er varierende størrelse på tverrsnittet, da bruddet sannsynligvis vil skje der. Størrelsen på tverrsnittet er også relevant, da et mindre tverrsnitt vil ta opp mindre spenning. Selve målingene kommer av at en stadig økende strekkraft blir tilført prøvestaven, i aksialretningen. Forlengelsen, samt kraften som påføres, blir målt kontinuerlig og spenningen og tøyningen blir regnet ut, og presenteres i et spenning-tøyningsdiagram. (Husø, 2022) (Sanden, 2019)

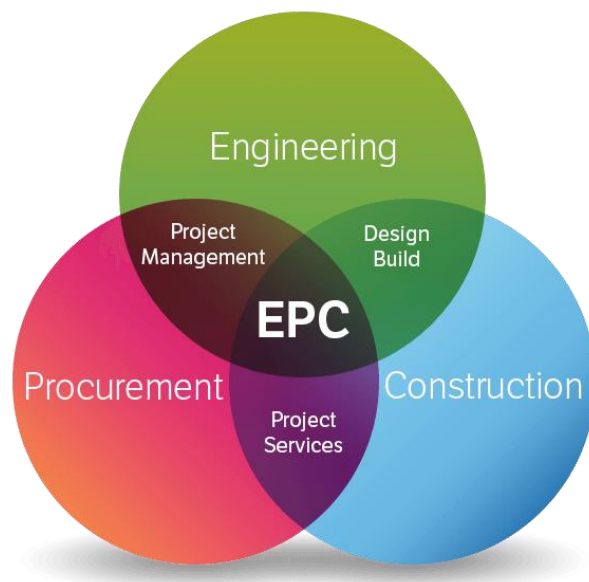
Ved testing av glassfiberarmert polymer må følgende ISO standarder følges: NS-EN ISO 527-1:2019 og NS-EN ISO 527-4:2021. NS-EN ISO 527-1:2019 er første av fem deler. Standarden tar for seg bestemmelse av strekkegenskaper, og del 1 omhandler generelle prinsipper. Del 4 av standarden omhandler prøvingsbetingelser for isotropiske og ortotropiske fiberforsterkede plastkompositter. (Standard.no, 2022) (Standard.no, 2019)



Figur 12 - (a) Spenning-tøyningsdiagram, (b) spenning-tøyningsdiagram som forskjellige avlastningskurver. (Johansen, 2010)

3.0 CSUB

CSUB er samarbeidspartner gjennom prosjektet. De er en ledende EPC-leverandør av komposittløsninger, og arbeider hovedsakelig med komposittløsninger til undervanns-, akvakultur-, sivil- og offshoreindustrien. CSUB har produksjonsanlegg i Bokn, Arendal og Litauen, med hovedkontor stasjonert i Arendal. (CSUB.com)



Figur 13 - EPC-figur. (FIECO LLC, 2022)

CSUB ble grunnlagt i 2003, og har siden den gang spesialisert seg på å lage komplekse, lastbærende komposittstrukturer i glassfiberarmert polymer. Med en lukket og kostnadseffektiv prosess, sikrer de forutsigbar og repeterbar kvalitet på sine produkter. (CSUB.com)

Etter bedriftsbesøket til CSUB i Arendal, har gruppen fått vite at de har startet med å ta på seg andre prosjekter utenom offshoreindustrien. Samarbeidsprosjekt er derfor et av de første de tar for seg, utenfor offshorekategorien.

3.1 Bedriftsbesøk

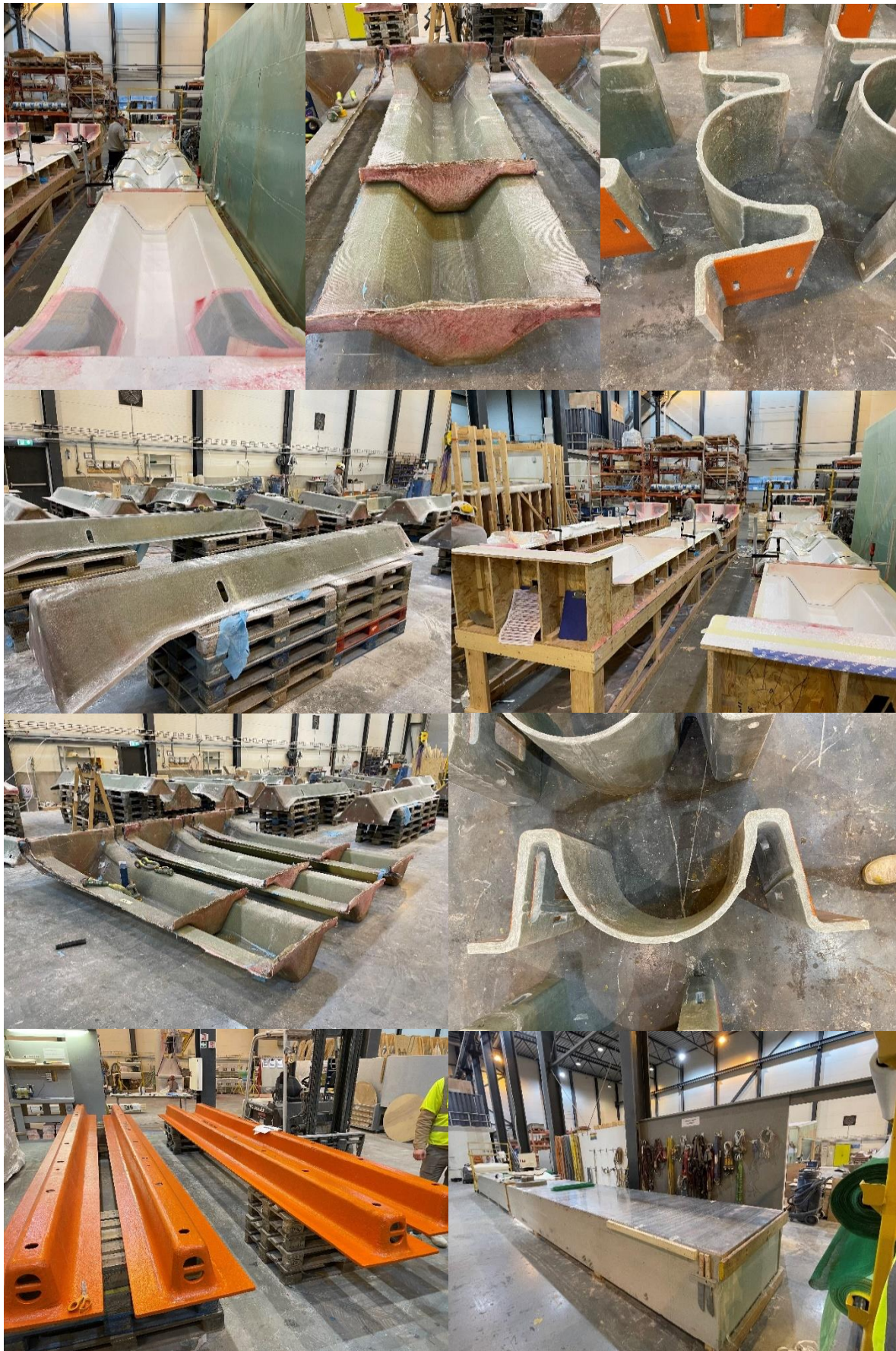
Torsdag 17. mars 2022 var gruppen på bedriftsbesøk til CSUB i Arendal. Hensikten med besøket var å:

- Møte samarbeidspartner fysisk.
- Få innblikk i hvordan CSUB arbeider og hvilke fasiliteter de har.
- Gjennomføre vakuuminjeksjon under oppsyn.
- Anskaffe utstyr og materiale for konstruksjon av testlaminater.

Da gruppen ankom ble medlemmene henvist til Jon Inge Brattekås, som er kontaktpersonen i prosjektet. Deretter ble sikkerhetsrutiner gjennomgått, samt en kjapp oppdatering på hva de arbeidet med akkurat da, og hvor langt de hadde kommet i utviklingen av produktet for prosjektet. Gruppen ble informert om at CSUB ikke hadde startet prosjektet for fullt, og at de var nysgjerrige på hva som hadde blitt funnet ut av så langt. Etter et kjapt møte ble gruppen kledd i sikkerhetsutstyr og tatt med på en rundtur i produksjonshallen. Nedenfor ser man noen av bildene som ble tatt i hallen.



Figur 14 - Bilde med Jon Inge Brattekås ved CSUB. Selvtatt bilde.



Figur 15 - Sammensetting av bilder fra produksjonshallen til CSUB. Selvtatte bilder, med tillatelse fra Jon Inge Brattekås..

Etter en kjapp omvisning ble gruppemedlemmene henvist til Elvir Velagic, en ansatt ved CSUB for å hjelpe til med utførelsen av vakuuminjeksjon. Selve prosessen ble gjennomført selvstendig, med oppsyn av Elvir, hvor han sikret kvalitet i arbeidet og utførelsen.



Figur 16 - Bilde med Elvir. Selvtatt bilde.



Figur 17 - Sammensetting av bilder fra vakuuminjeksjons prosessen. Selvtatte bilder, med tillatelse fra Jon Inge Brattekås..



Figur 18 - Sammensetting av bilder fra vakuuminjeksjons prosessen. Selvtatte bilder, med tillatelse fra Jon Inge Brattেকås.

Etter produksjonen av «platen», satt hele gruppen igjen med masse nyttig erfaring, som vil benyttes når det skal konstrueres testlaminater, i laben, på NTNU. Før avreise ble det supplert utstyr og materialer nødvendig for konstrueringen. Det som ble supplert var blant annet:

- Harpiks (Polyester)/(Polylite 480-622)
- Herder (CUROX CM-75R)/(Metyletylketonperoksid)
- Glassfibermatte (multiaxial fabrics). Type E-glass.
- Butylteip
- Perforert slippfilm (blå plast)
- Nylonduk (Peel ply)
- «Flow media» (grønn/sort matte for å fordele harpiksen)
- Ulike rør (spiralrør og injeksjonsrør)

3.2 Forprosjekt

Etter det første digitale møte med CSUB fikk gruppen tilsendt forstadiet til prosjektet i form av 3D-tegninger de hadde produsert (se vedlegg). Jon Inge mente det var viktig at begge parter hadde likt utgangspunkt i forhold til utseendet og størrelse på produktet. Dette fordi det ikke skulle bli utviklet noe som ikke kunne realiseres med deres fasiliteter, samt at alle hadde samme brukerperspektiv.

I forprosjektet ble det presentert en standardmodul som vil bli brukt som utgangspunkt for idéprosessen. Videre skal det utvikles flere modulkategorier som samsvarer med utgangspunktet, samt ivareta produktets funksjon og produksjonsmetode. I dokumentet som ble presentert, kom det tydelig frem hva CSUB så for seg som sluttprodukt og hva de ville levere til markedet. De ville ha følgende modulkategorier:

- Standardmodul
- Modul for sitteplasser
- Hjørnemodul
- Modul for inngangsparti
- Festemekanismer
- Bakkefester

4.0 Metoder og kartlegging

Kapittelet «Metoder og kartlegging» tar for seg flere punkter. Det viser til blant annet hvordan innhenting av informasjon har foregått, og hvorfor informasjonen er relevant for oppgaven. Det skal ses på eksisterende løsninger til problemstillingen, samt alternative løsninger. Det vil også bli gjennomført samtaler med flere klubber, for å høre hvordan deres nåværende løsninger fungerer, samt hva de tenker om en ringmur i kompositt. I tillegg vil kapittelet ta for seg metoder og verktøy som er benyttet i utviklingsprosessen til prosjektet.

4.1 Markedsundersøkelse

Besøk til kunstgressbaner i Trondheim, Fredrikstad og Gjøvik la fundamentet for videre markedsundersøkelse. Besøkene bidro til å skape en grunnforståelse av hvilke utfordringer idrettsanlegg møter ved tilfredsstillende av den nye forskriften. NFF har i tillegg publisert et dokument hvor de viser til flere kunstgressbaner med ulike tiltak, for å forhindre svinn av gummigranulat. Gjennom samtaler med baneansvarlige/ledere ved fotballklubber i nevnte byer, er det fastslått at det finnes nye og innovative alternativer til gummigranulat, som leveres av blant annet Unisport. Det har også blitt sett på andre typer kunstgress, som har med hensikt å minimere svinn av granulat. Samtalene har i tillegg gitt bekjentgjøring av ulike problemstillinger med gummigranulat.

4.1.1 Eksisterende løsninger

Forskriften har nå vært i kraft siden 1.juli 2021 og har allerede fremprovosert en rekke løsninger. Baneiere har hatt behov for å vende blikket utover for å finne løsninger på problemet, noen mer permanente enn andre. Løsningene er varierende, hvor hovedelementene som differensierer de, er kostnad og varighet. Dette er to elementer som gjerne også har en sterk korrelasjon til hverandre. En dyrere løsning vil som oftest medføre lengre varighet.

Et tredje element er kvalitet. Ikke alle løsningene tilfredsstiller forskriftenes krav til ringmur. Som eksempel er det blitt sett mye på reklameplakatvarianten. Et relativt enkelt tiltak som, ved riktig utførelse, vil være tett på sidene. Problemet kommer først når sidene møtes, og det oppstår et gap mellom veggene hvor granulat kan slippe igjennom. Allikevel er dette et veldig billig alternativ, som ofte er betalt av sponsorene. Dette er kanskje det tiltaket som

flest idrettsanlegg har tatt i bruk til nå, men det er lagt merke til at mange ikke har plakatene helt nedentil gresset, men dette er noe som enkelt kan fikses.



Figur 19 - Gjerde med reklameskilt. (NFF, u.å.)

4.1.1.1 Flettverksgjerde med barriereduk



Figur 20 - Flettverksgjerde med barriereduk. (NFF, u.å.)

Flettverksgjerder er allerede kraftig utbredt rundt kunstgressbaner, for å holde baller inne på banen. Dette tiltaket går ut på å feste en plastduk utenpå gjerdet, slik at gjerdet også fungerer som en barriere for gummigranulat.

4.1.1.2 Trykkimpregnert terrassebord montert på gjerdet



Figur 21 - Trykkimpregnert terrassebord montert på gjerdet. (NFF, u.å.)

Terrassebord eller lignende vil kunne monteres nederst på eksisterende, eller nyetablert gjerde. Høyden vil her kunne tilpasses etter behov.

4.1.1.3 Granittstein med/uten sittekant



Figur 22 - Granittstein med/uten sidekant. (NFF, u.å.)

Granittstein er en kostbar løsning for klubbene, men tilbyr andre bruksområder. Som man ser på figuren over, er det plassert benkeplater oppe på steinene, som tilskuere, og/eller andre brukere, kan sitte på. Granittstein har lang levetid, og vil kunne flyttes på i senere tid, ved

utvidelse av banens størrelse, eller snødeponi. Skal tiltaket fungere som sittebenker, må det påberegnes noe vedlikehold av treverket.

4.1.1.4 Plass-støpt ringmur



Figur 23 - Plass-støpt ringmur. (NFF, u.å.)

En støpt ringmur i betong er en kostbar løsning, som vil fungere som et permanent tiltak. Dette vil si at hvis banen og/eller snødeponi skal utvides, er det ikke mulig å flytte ringmuren. Denne må da ødelegges, før en ny kan støpes. Muren vil imidlertid ha god holdbarhet, og være god å spille baller mot.

4.1.1.5 Tiltak og kostnad

NFF opplyser om at prisene, nevnt i tabellen under, er basert på en 11er bane, med spilleflate på 64m x 100m. De nevner også at prisene er veiledende, og basert på forespørsler hos leverandører, samt utførte tiltak ved idrettsanlegg. Prisene vil variere, avhengig av størrelse og leverandør. (NFF, u.å.)

Tiltak	Enhetspris	Mengde	Pris 11er bane (kr)
Flettverksgjerde -Ferdig montert med overligger (h = 120 cm)	750 kr / m	364 m	273 000
Tildekking av gjerde med reklameskilt - materialkostnad - installasjonskostnad	0 kr 300 kr	364 m 36 timer	0 10 800 = 10 800
Tildekking av gjerde med trykkimpregnerte terrassebord (h = 2 stk. 28 mm x 120 mm) - materialkost inkl. transport - installasjonskostnad (dugnad)	50 kr / m 300 kr	364 m 73 timer	18 200 21 900 = 40 100
Tildekking med stålplater av eksisterende gjerde (h = min 20 cm) - materialkost inkl. transport - installasjonskostnad (dugnad)	150 kr / m 300 kr	364 m 36 timer	54 600 10 800 = 65 400
Granitt mur (30 x 30 x 100 cm) - eksklusiv transport og installasjon	600 kr / m	364 m	218 400
Granitt mur (40 x 40 x 100 cm) - eksklusiv transport og installasjon	1000 kr / m	364 m	364 000
Granitt mur (40 x 40 x 100 cm) - inkludert transport, og installasjon av entreprenør	1 875 kr / m	364 m	682 500
Granitt mur (40 x 40 x 100 cm) med sittebenk - inkludert transport, og installasjon av entreprenør	2 500kr / m	364 m	910 000
Plass-støpt betongkant/ringmur (h=20-30 cm) - inkludert forskaling, graving og fundament av pukk. Utført av entreprenør	2 500 til 3 750 kr / m	364 m	910 000 til 1 365 000

Tabell 3 - Tabell over tiltak i forhold til kostnad. (NFF, u.å.)

4.1.2 Snødeponi

Andre utfordringer, hvor tiltak er sett på, er snødeponering. Spesielt for baner i Norge, vil dette være noe alle må ta hensyn til. Også her er det krav om at deponiet er omfattet av en ringmur, samt at underlaget er av et materiale hvor granulatet ikke forsvinner ned i bakken. NFF har lagt ut flere løsninger på underlag til snødeponiareal. Løsningene er følgende: asfalt, kunstgress, vinterbane med redusert banestørrelse, tilliggende arealer med fast underlag og fiberduk. Et eksempel på en klubb som bruker et av disse tiltakene er Ranheim IL. Ranheim IL har ved sitt anlegg valgt å bruke en fiberduk om vinteren, på utsiden av sikkerhetssonene, som snødeponi. Dette er i henhold til lovene §23A-6 og §23A-7. Utfordringene med denne løsningen kan være å ivareta en sammenhengende duk, uten at det oppstår hull. Dette vil kreve mye vedlikehold, og eventuelt resurser ved eksponering for slitasje. Fiberduken er synlig i vedlagt bilde i figur 30, på de to bildene på venstre siden. Duken var, på øyeblikket bildet ble tatt, under snøen.

Av de andre klubbene som ble snakket med, var det ingen andre som hadde en bedre løsning, enn fiberduken til Ranheim. Stjørdalsblink valgte å benytte seg av kunstgressbane nr. 2 til snødeponi, og Hommelvik hadde bare lagt snøen i en skråning inntil hovedveien. Tiltak som Hommelvik hadde gjort for snødeponi, viste seg senere å være en gjenganger hos flere klubber. Trosvik og Gresvik i Fredrikstad, måker bare snøen inntil gjerdet, noe som kan gi store brøytekanter, høyere enn gjerdet i seg selv.

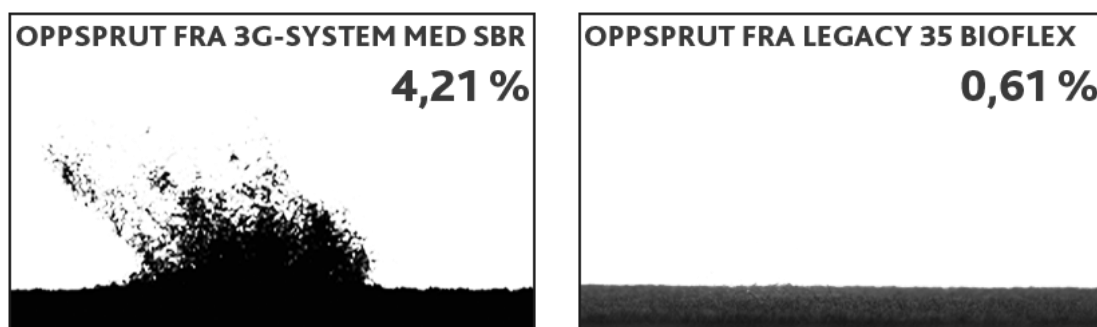
4.1.3 Alternative løsninger

Alternativer til ringmur er å fjerne gummigranulat helt fra banene. Det finnes i dag noen få baner som har et substitutt for gummigranulat, og/eller annerledes gresstype. Disse banene er relativt nye og har blitt brukt lite, og hvorvidt de yter av samme kvalitet som baner med gummigranulatet, har delte meninger. Allikevel vil dette være relevant for markedsundersøkelsen, ettersom det potensielt kan sørge for at en ringmur ikke er nødvendig, skulle det skje endringer i lovverket.

4.1.3.1 Saltex BioFlex

BioFlex er et innfyllsmateriale utviklet av Unisport for å redusere «sprut» av granulat fra kunstgressbaner. Dette materialet har høy egenvekt og består av 98% naturprodukt. Med høy

egenvekt sikrer den at innfyllet ligger stabilt i kunstgresset, og ifølge unisport, vil den ha 85% mindre oppsprut enn vanlig gummigranulat. (Unisport (BioFlex), 2022)



Figur 24 - Bilde som illustrer oppsprutsforskjell mellom gummigranulat og BioFlex. (Unisport AB, Saltex BioFlex™, 2022)

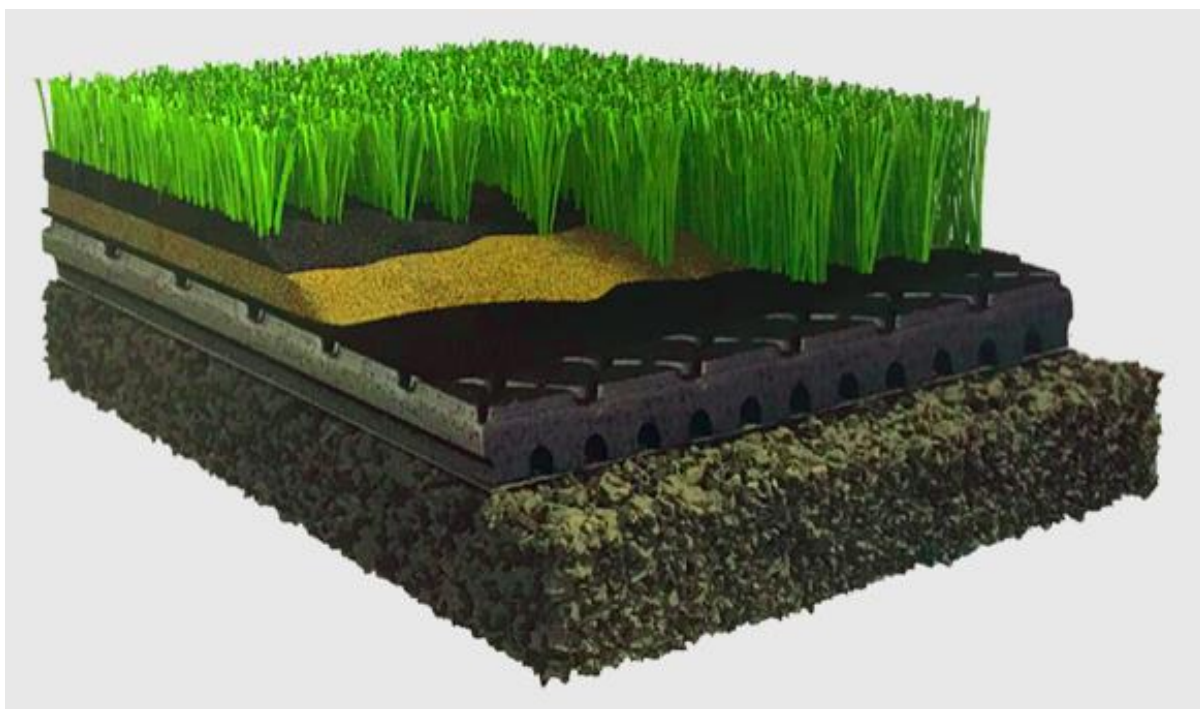
Hvorvidt «BioFlex» oppfyller kravene til de nye forskriftene, er vanskelig å bedømme i senere tid, men pr. dags dato, gjør de ikke det. Per Ulseth i Unisport ble kontaktet via e-post for å høre mer rundt dette, og følgende respons ble gitt:

«BioFlex er omfattet av de nye forskriftene hvor det kreves 20cm barriere rundt banen. BioFlex inneholder 0,9% polymer og 99,1% sand. Forskriften krever 0% polymer (plast), selv om BioFlex er et tungt innfyll som ikke migrer ut av banen så lett. EU/ECHA har imidlertid forslag ute til høring hvor de definert produkter som har mindre enn 1% polymer til ikke å være mikroplast. Det gjenstår imidlertid om Norge tilslutter seg dette (noe de veldig ofte gjør med EU-direktiver).»

- Per Ulseth, Business Unit Manager – Unisport

4.1.3.2 Saltex MTRX Ultra

Saltex MTRX Ultra er en annerledes type kunstgress bygget opp av to ulike fibre (Saltex Polar og Saltex Drop). Denne kombinasjonen gir kunstgresset fibre som går i alle retninger, som ekte gress, og at det står mer oppreist og holder seg der. Med MTRX mener unisport at gresset vil «legge seg» sjeldnere, og vil da kreve mindre hyppig børsting. Som en følge av dette, vil gresset minimere «sprut» av granulat, og heller bli liggende i gresset. Denne kunstgresstypen benytter seg av «BioFill», som er et biologisk innfyllsmateriale på samme måte som «BioFlex». (unisport, «MTRX Ultra», 2022) (unisport, «BioFill», 2022)



Figur 25 - Matrix til Saltex MTRX Ultra kunstgressmatte. (Unisport AB, Kunstgress MTRX ULTRA, 2022)

4.1.4 Banebesøk og samtaler

Det har blitt gjennomført samtaler og/eller besøk på kunstgressbaner hos klubbene: Vind IL (Gjøvik), Trosvik IF (Fredrikstad), Gresvik IF (Fredrikstad), Hommelvik IL (Trondheim), Ranheim IL (Trondheim) og Stjørdals Blink (Trondheim). Banene til disse seks klubbene hadde veldig forskjellige fasiliteter og tilgjengelighet innenfor plass, utstyr og budsjett. På Vind, møtte gruppen daglig leder, Ketil Gjerde, som informerte om at klubben nylig hadde fått satt opp en hall på anlegget, slik at fotball kunne spilles innendørs om vinteren. Dette tiltaket gjorde at brøyting av baner om vinteren ble unødvendig, og snødeponi var derfor ingen faktor for dem. Ettersom kunstgressbanen er innendørs, er tiltak for å forhindre svinn av gummigranulat irrelevant. På sommerstid derimot stilles det fortsatt krav til banen utendørs. Daglig leder var veldig positiv til en løsning i form av ringmur, ettersom at de benytter seg av granulat på denne banen.



Figur 26 - Bilde av kunstgressbanen i hallen til Vind. Selvtatt bilde, med tillatelse av daglig leder.

På Trosvik og Gresvik var det ikke mulig med et møte med noen ansvarlige, men basert på nettsidene til klubbene er det funnet nok informasjon til å analysere disse banene.

Trosvik IF benytter fremdeles gummigranulat på banen, og som man kan se på bildene nedenfor, har de store utfordringer med å holde granulatet inne på banen.



Figur 27 - Bilder av kunstgressbanen til Trosvik. Selvtatte bilder, med tillatelse fra trener på anlegget.



Figur 28 - Bilder av kunstgressbanen til Gresvik. Selvtatte bilder, med tillatelse fra trener på anlegget.

Gressvik IF har nylig byttet til sand, og har dermed minsket problemet med svinn av mikroplast i naturen. På bakgrunn av dette er det derfor irrelevant å analysere denne banen sett opp imot problemstillingen. Hvorvidt sand påvirker spillegenskapene er ikke blitt dokumentert på denne banen, men skal ifølge «Safeplay» (en leverandør av denne type kunstgress), ha gode spillegenskaper for blant annet fotball, håndball, volleyball og

basketball. Det bemerkes allikevel en tendens til at klubber heller bytter innfyll, fremfor å finne en ny løsning. (Safeplay, u.å.)



Figur 29 - Hommelvik IL sitt idrettsanlegg. Selvtatte bilder, med tillatelse fra baneansvarlig.



Figur 30 - Ranheim IL sitt idrettsanlegg. Selvtatte bilder, med tillatelse fra baneansvarlig.

På Ranheim, var det et litt spesielt tilfelle, da treningsbanen (som har bruk for ringmur), ligger 11 meter fra kommunal vei. Arne Fredriksen (Daglig leder), ga uttrykk for bekymring da selve ringmur-konseptet ble tatt opp. Han nevnte tydelig flere ganger at, for dem, var det allerede lite bruksareal og økonomiske midler, man kunne ta av. Fredriksen oppsummerte med at de var veldig interessert i en løsning, som verken var kostnads- eller arealskrevende.

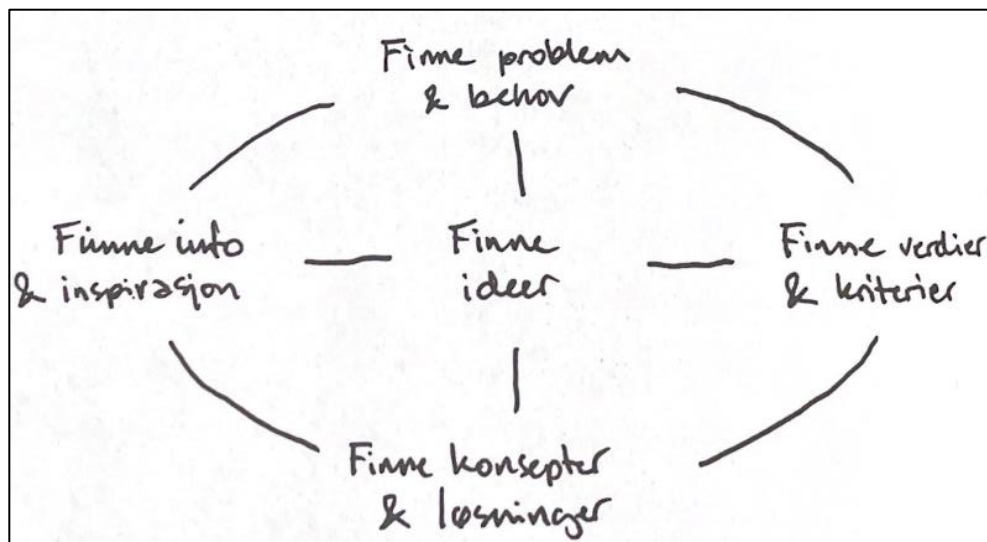
Samtlige av de som ble snakket med, viste ganske stor bekymring for annonsering. Ettersom idrett, for både unge og eldre, skal forgå så økonomisk gunstig som mulig, er de aller fleste klubber/foreninger, avhengig av sponsoravtaler. Ofte innebærer en slik avtale annonsering for bedriften i form av reklameplakater rundt om på idrettsanlegget. Med tanke på at ringmuren må plasseres foran reklameskiltene, er en løsning, som klubber og foreninger kan benytte seg av, nødvendig. Dette blir derfor noe som må forskes på senere.

4.2 Metoder og verktøy

4.2.1 Ideutviklingsmodellen

Ideutviklingsmodellen til Erik Lerdahl er en metode benyttet for utviklingsprosessen.

Modellen tydeliggjør at idéutvikling ikke kun handler om å ha en kreativ prosess, men også en prosess for å avdekke utfordringer og behov, innhente seg inspirasjon og informasjon, og utvikle rammer for prosjektet. (Lerdahl, 2007, s. 56)



Figur 31 - idéutviklingsmodellen (Lerdahl, 2007, s. 56)

Lerdahl tydeliggjør at i en idéutviklingsprosess, er man nødt til å berøre og utforske alle disse punktene. Å finne idéer står i senter av prosessen, som vist ovenfor. Senere i prosessen vil det å finne konsepter og løsninger være i hovedfokus. Dette gjenspeiles gjennom hele utviklingsprosessen i prosjektet. (Lerdahl, 2007, s. 56)

4.2.2 Utvelgelse av idéer

Etter idéutviklingsprosessen står man ovenfor et valg, hvor man er nødt til å bestemme seg for hvilke idéer som skal tas videre, forkastes og/eller benyttes som inspirasjon. Denne prosessen kan være krevende, men ved å ta i bruk Lerdahls metoder, vil man enklere få forståelse rundt hvilke idéer som er gode, hvilke som trenger bearbeiding, og hvilke som ikke kan realiseres. (Lerdahl, 2007, s. 231)

Utvelgelsen av idéer har foregått med evalueringer og samtaler med CSUB, men også metoder innenfor designmetodikk, som «markørmetoden».

4.2.2.1 Markørmetoden

Markørmetoden går ut på at hvert grupped medlem kan sette ulike markører ved hver enkelt idé. En slik metode bygger på tanken om at grupped medlemmene kan se ulikt potensial og utfordringer ved idéene. Etter at alle idéene har fått markører, vil gruppen diskutere rundt hver idé, og alle subjektive meninger vil komme frem. Markørene representerer følgende:

- + Ideer som er likt, og som har spennende potensial
- ? Ideer som muligens kan holde mål, og bli interessante
- ! Ideer som er interessante som inspirasjon, men ikke som endelig løsning
- Ideer som gjerne kan forkastes

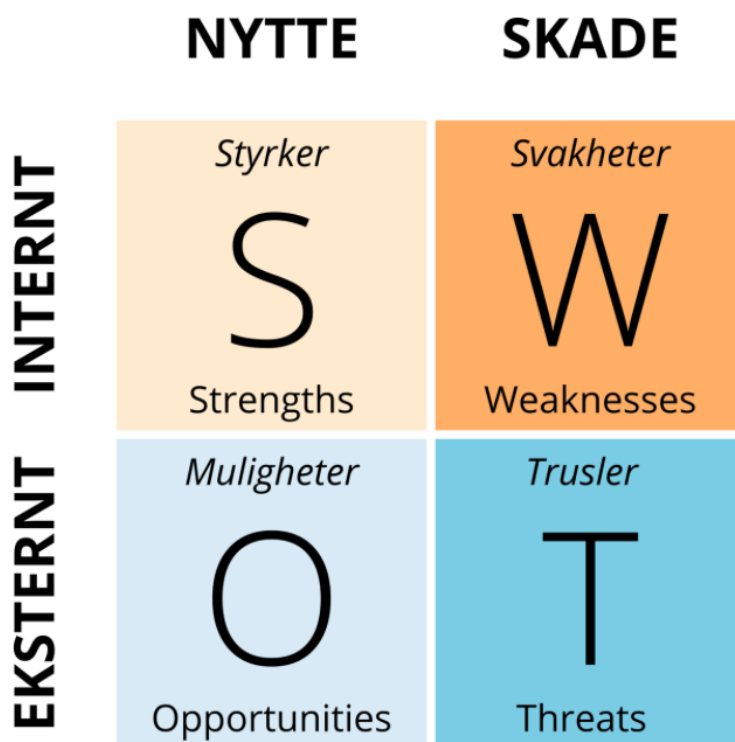
(Lerdahl, 2007, s. 234)

4.2.3 Analyseverktøy

Det vil i alle innovative prosesser være en viss risiko. Risiko i form av økonomiske midler brukt, tid brukt, og arbeidskraft. Hvordan man forholder seg til disse varierer fra hvilken prosess man er i og hvor langt man har kommet i utviklingen. Risikoen kan finne sted både på makro nivå, og mikro nivå, altså på et organisasjonsnivå samt et utviklernivå. For å kunne minimere risikoen knyttet til disse prosessene kan det være lurt å bruke forskjellige verktøy for analyse. På denne måten kan man redusere midler investert på feil område, og sikre avkastning på investert tid og midler. Denne typen tankegang tilhører LEAN idéen, om eliminere svinn og optimalisere produksjonen.

4.2.3.1 SWOT-analyse

SWOT-analyse er en metode som kan brukes for å forbedre produkter. Produktet analyseres etter styrker, svakheter, muligheter og trusler som er det SWOT står for. Analysen kan også brukes til å analysere eksisterende produkter på markedet, for å vurdere konkurrenter og utvikle produkter som treffer nisjer som ikke allerede er truffet. Innenfor de forskjellige punktene i analysen stiller man spørsmål for å vurdere produktet. Punktene styrker, og svakheter ser i hovedsak på fordeler og ulemper ved produktet. Muligheter tar for seg hvilke muligheter produktet har og/eller tilbyr. Det siste punktet, trusler, tar for seg trusler til produktet. For eksempel, nye konkurrenter på markedet eller om det er noen spesielle trusler til produktet. En slik analyse kan gi god føring i idéutviklingen. De produktene som ligger der styrker og muligheter kombineres er mest gunstig fordi da tar man utgangspunkt i styrkene og satser på områder der man har muligheter. De produktene som ligger der svakheter og trusler kombineres er minst gunstig, men kan være en god pekepinn på hvilke utfordringer produktet har og hva som må forbedres. (Lerdahl, 2018, s. 75)



Figur 32 - SWOT-analyse. (Vikøren, Pihl, 2022)

4.2.4 Digitale verktøy

Gjennom prosjektet er det tatt i bruk flere digitale verktøy. Disse verktøyene har hovedsakelig vært en metode for å fremstille realistiske bilder av idéer, konsept og resultat. SolidWorks er et 3D-tegneprogram, og det som er blitt benyttet mest. I dette programmet er det konstruert modeller for å tydeliggjøre hvordan hver idé ville sett ut hvis de skulle realiseres. I tillegg er alle bildene for konseptutvikling og resultat, rendret i dette programmet.

4.3 Kravspesifikasjon

«Produktspesifikasjonen er den mest konkrete rammen man kan bruke i en idéprosess. (...) Her handler det særlig om målbare og håndfaste krav til løsningen.»

(Lerdahl, 2018. s. 108).

Kravspesifikasjonen spesifiser løsningen, med tanke på funksjonalitet, produksjon, materialvalg osv. Derfor er det viktig at kravene ikke blir for detaljerte tidlig i prosjektet, da dette kan svekke kreativiteten i idéutviklingsprosessen. Altså, ha en prinsipiell spesifikasjon i startfasen, før det senere lages en mer detaljert spesifikasjon. Kravene utforskes og tydeliggjør hva som vil gjøre løsningen sterk. (Lerdahl, 2018, s 108)

CSUB har utformet noen krav tiltenkt produktet, og forskriften fra regjeringen har satt noen krav som er nødvendig å følge. Kravene stilt av forskriften er beskrevet i rammebetingelsene. Kravene gitt av CSUB er i henhold til hvordan de produserer produkter, samt materialet de bruker.

Kravene gitt av CSUB, som er nødvendig, er følgende:

- Produksjonsmetoden skal være vakuuminjeksjon, dermed må produktets form følge forutsetningen av valgt metode.
- Montering av produktet skal være enkel, og fungere som et «legosett».
- Materialet skal være et kompositt.
- Effektiv transport, mulighet for å stable modulene.

Kravene gitt av CSUB, som er ønskelig, er følgende:

- Ønskelig at det kan brukes resirkulert materialet i produktet.
- Ønskelig at produktet har flere bruksområder.
- Ønskelig at produktet er fleksibelt. Heller flere moduler, enn få multifunksjonelle.

Gjennom dialog med samarbeidspartner (CSUB), samt ekstern oppdragsgiver (NCMT), er det blitt dannet grunnlag for å utforme en kravspesifikasjon til produktet.

Funksjoner	Nødvendig	Ønskelig
1. Brukervennlig, enkel og intuitiv montering	x	
2. Følge regjeringens krav om størrelse og funksjon	x	
3. Lav vekt	x	
4. Transport effektiv/moduler kan stables	x	
5. Enkel demontering	x	
6. Mulighet for tilkobling av reklameskilt	x	
7. Ergonomiske sitteplasser		x
8. Skal kunne anvendes på flere måter		x
9. Skal være robust og stabil	x	
10. Skal være intuitiv i bruk, formålet skal være synlig	x	
11. Behjelpelig for flere brukergrupper (universelt utformet)		x
12. Modul for sitteplasser		x
13. Modul for hjørner	x	
14. Modul for inngangsparti	x	
15. Må kunne samle og oppbevare granulat	x	
16. Produktet må ha fleksible løsninger		x

Tabell 4 - Kravspesifikasjon - Funksjoner

Kvalitet	Nødvendig	Ønskelig
17. Lang levetid på produktet (minimum banens levetid, 10 år)	x	
18. Materialvalg og produksjonsmetode skal ikke ha negativ innvirkning på estetiske og funksjonelle krav	x	
19. Belastningsdyktig	x	

Tabell 5 - Kravspesifikasjon - Kvalitet

Materialvalg og produksjon	Nødvendig	Ønskelig
20. Må kunne produseres med vakuuminjeksjon	x	
21. Lang holdbarhet	x	
22. Overflaten må ha god taktil funksjon		x
23. Miljøvennlig - minimalt utslipp	x	
24. Må kunne gjenvinnes		x
25. Bruker resirkulert materialet i produktet		x

Tabell 6 - Kravspesifikasjon - Materialvalg og produksjon

Ytre mål, form og vekt	Nødvendig	Ønskelig
26. Avrundede kanter	x	
27. Håndterbar modul- og komponentstørrelse	x	
28. Ingen skadelige deler	x	
29. Form skal følge gitt standardmodul av CSUB	x	
30. Samsvarer med produktets funksjon	x	

Tabell 7 - Kravspesifikasjon - Ytre mål, form og vekt

Pris	Nødvendig	Ønskelig
31. Lav kostnad på produksjon		x
32. Effektivt materialbruk under produksjon	x	
33. Minimalt med svinn under produksjon	x	
34. Alle nødvendige brukere må ha tilstrekkelige midler for å kjøpe produktet	x	

Tabell 5 - Kravspesifikasjon - Pris

Det tas forbehold mot at enkelte krav i kravspesifikasjonen ikke nødvendigvis gjelder prosjektgruppen, men er gjeldende for samarbeidspartner, CSUB.

5.0 Utviklingsprosessen

I dette kapitlet vil utviklingen av produktet bli presentert. Det vil bli forklart hvordan idéene ble utviklet og hver ide vil bli presentert og evaluert. Evalueringen vil fastslå hvilke ideer som blir tatt med til konseptutviklingen. Før konseptene konstrueres og presenteres, vil ideene videreutvikles, i henhold til ulemper de hadde. Etter dette vil tre konsepter presenteres og analyseres med SWOT-analyser, før de evalueres opp imot kravspesifikasjonen. Svarene funnet under evalueringen er bakgrunnen for konstruksjonen av det endelige konseptet, som tas til resultat.

5.1 Ideprosess

I startfasen, ved utviklingen av designet til produktet, ble det tatt i bruk et par forskjellige metoder for innhenting av inspirasjon. En markedsundersøkelse og samtaler med klubber ble gjennomført for å få et innsyn i markedet, samt hente inspirasjon fra eksisterende løsninger. I tillegg ble forprosjektet til CSUB sett på. Selve idéutviklingsprosessen begynte med en brainstormingsfase, hvor det ble diskutert åpent, og man fritt kunne komme med innspill. Det var viktig at denne fasen forble ukritisk, slik at det ble opparbeidet en god flyt av idéer. Å evaluere idéene som ble formidlet var ennå ikke nødvendig, og var heller noe som skulle komme senere i prosessen. Hele idéutviklingsfasen har blitt gjort i henhold til idéutviklingsmodellen til Lerdahl.

Ideer som ble diskutert var blant annet hvor mange komponenter det skulle være, og diverse funksjonaliteter¹. Formålet med disse spørsmålene var ikke å beslutte noe med en gang, men å kartlegge et bredt spekter av forskjellige løsninger. Dokumenteringen av en slik fase ble gjort i form av tankekart, notater og hurtig-skisser.

Evaluering av idéene har blitt gjort av gruppen, blant annet ved at det ble stilt ja/nei spørsmål. Spørsmålene som er lagt til grunn for evalueringen er utviklet av gruppen. De ble konstruert med tanke på kravspesifikasjonen, samt gruppens egne tanker. I tillegg er idéene blitt presentert for CSUB. Deres innspill har også hatt innvirkning på hvilke idéer som skulle forkastes (eller benyttes som inspirasjon senere), og hvilke som skulle tas videre til konseptutviklingen. I tillegg har Lerdahls «markørmetode» blitt benyttet. Evalueringen ble

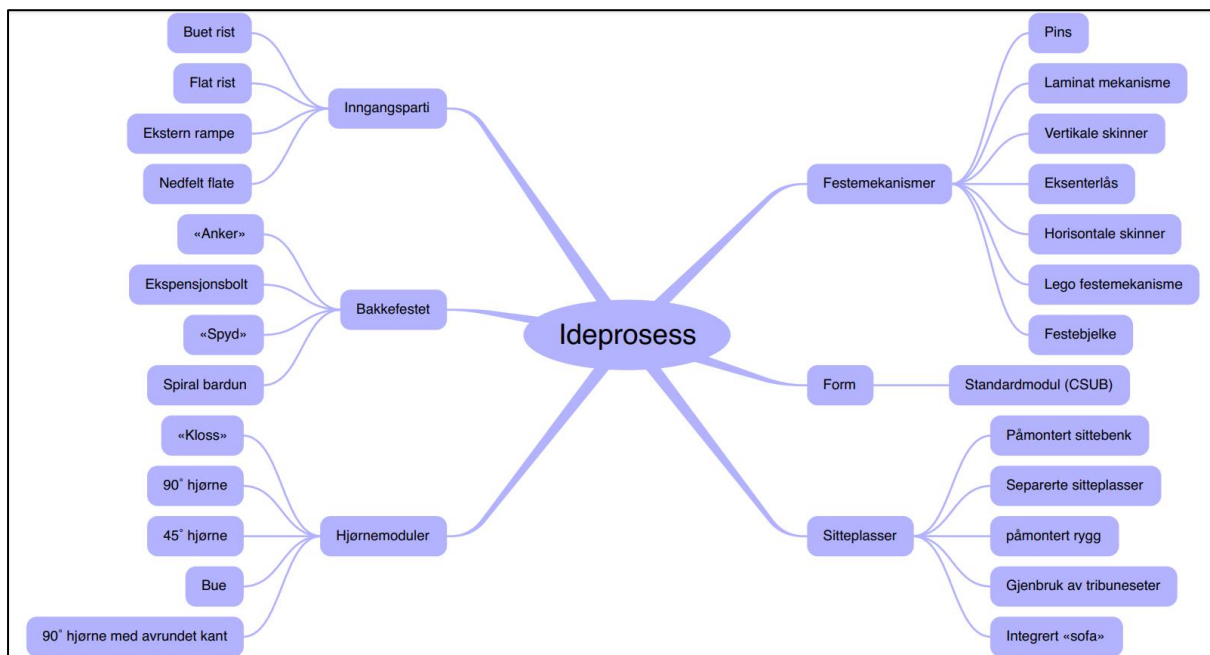
¹ Med funksjonaliteter menes festemekanismer (både til bakken og hverandre), montering, transport og kvalitet (material egenskaper).

gjort på slutten av hver idékategori, Hvilke idéer som blir tatt med videre til konseptutviklingen, vil i hovedsak være basert på poengsummen fått i evalueringen. Poengsummen er vektlagt høyest, men markørmetoden vil bli brukt til å vippe eventuelle idéer som har fått lik poengsum. I tillegg vil markørmetoden være med på å definere hvilke idéer som kan være gode inspirasjonskilder til senere utvikling.

Kronologisk tankeforløp ble slik at standardmodulen først ble tatt for seg, og deretter festemekanismer, bakkefester, osv. Dette fordi valg av festemekanisme var sterkt knyttet opp imot standardmodulen. På denne måten ble det sørget for et bedre overblikk av den bestemte problemstillingen, som skulle oppstå i en eventuell beslutning av festemekanismevariant. Etter evalueringen vil tre idéer, fra hver idékategori, bli tatt med videre til konseptutviklingen.

Produktet er delt inn i 6 ulike kategorier:

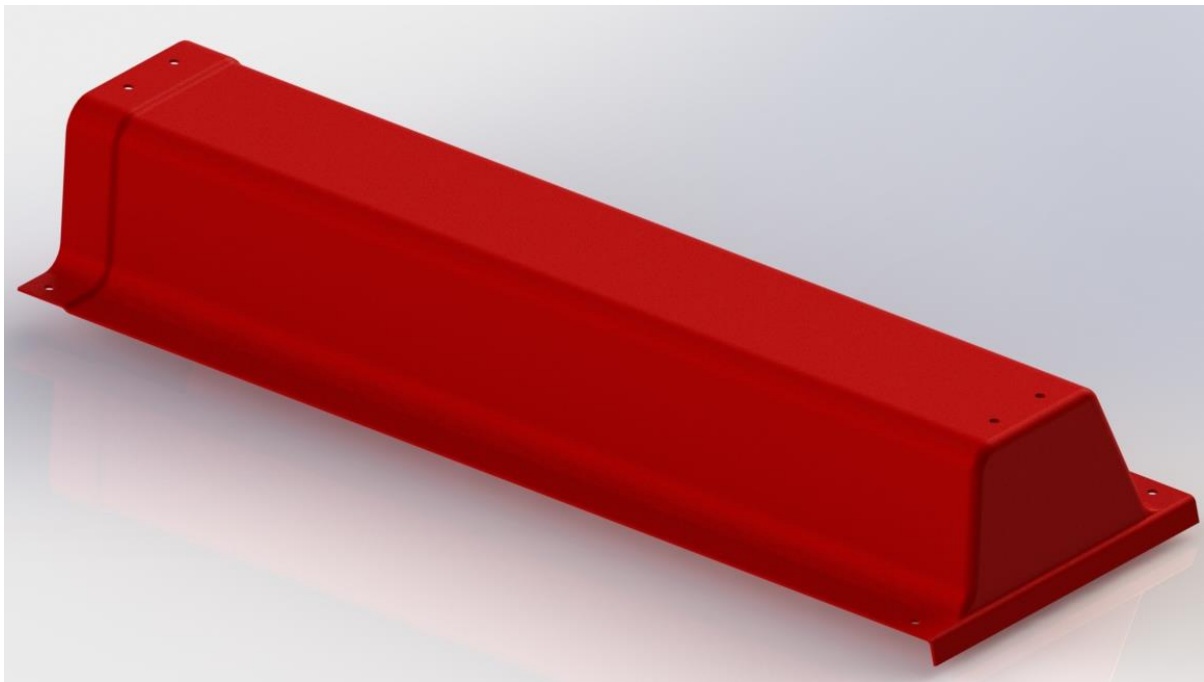
- Standardmodul/form
- Festemekanismer
- Bakkefester
- Hjørnemodul
- Sitteplasser
- Inngangspartier



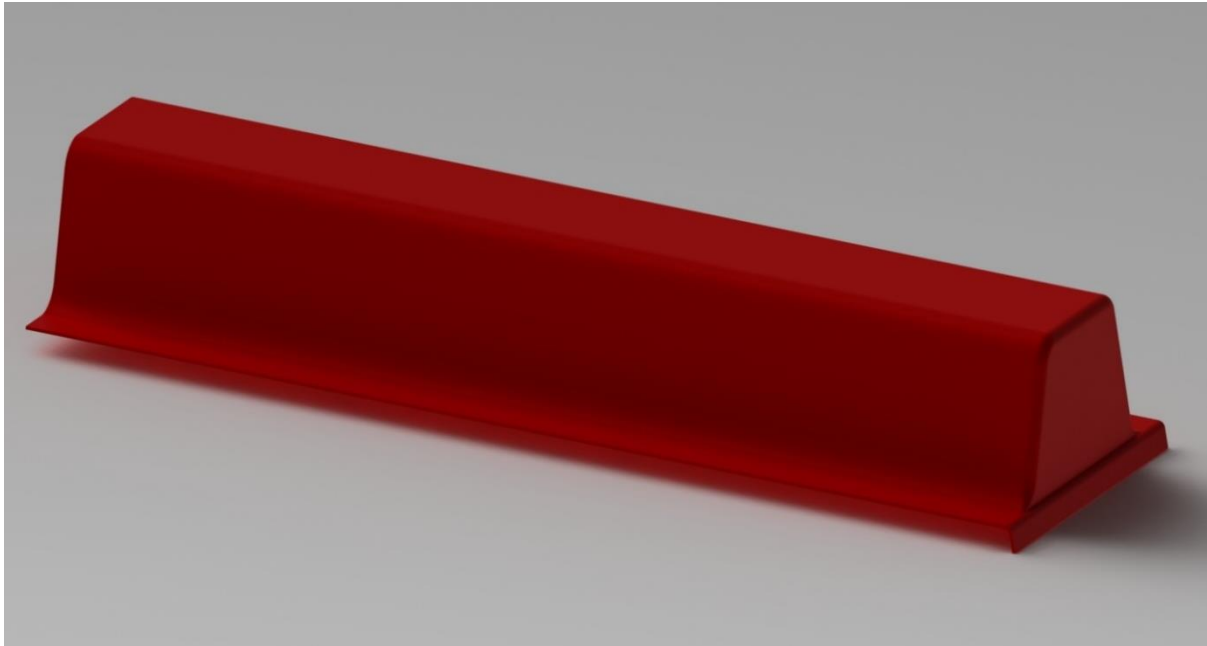
Figur 33 - Tankekart av idémyldringen.

5.1.1 Standardmodul

Hvordan formen til produktet skulle være, var essensielt med tanke på at alle de forskjellige modulene, ville ha denne formen som utgangspunkt. Formen er dessuten viktig for produksjonsmetode, materiale og transport, ettersom modulene må kunne stables. Alt dette er allerede tatt i betraktning fra CSUB sin side, da de presenterte standardmodulen i startfasen. Ettersom det skal gjøres forskning rundt festemekanismer og bakkefester, er det besluttet at løsningene skal testes rundt en standardmodul, både med og uten «overlapp». De egenproduserte standardmodulene ble da som vist på figur 35 og 36.



Figur 34 – Bilde av standardmodul med overlapp, egenprodusert render



Figur 35 - Bilde av standardmodul uten overlapp, egenprodusert render

Disse standardmodulene er litt annerledes fra CSUB sin (se vedlegg). Dette er fordi det oppstod noen små problemer rundt selve monteringen av flere moduler i startfasen. Det ble lagt merke til at med CSUB sitt design, ville det for eksempel, bli et lite hulrom mellom modulene. Dette ble løst med å korte ned «utstikkeren» på høyre side (se bilder over). Selve «overlapp-funksjonen» på venstre side (se bilder over) har blitt fjernet. Det er disse modulene som er tatt som utgangspunkt ved utvikling av de andre komponentene.

5.1.2 Festemekanismer

Etter ønske fra CSUB, skal monteringen av produktet fungere som et legosystem. Det vil si at monteringen av modulene skal foregå på en simpel måte, uten å stille krav til ekstra kunnskap og erfaring. For å spesifisere kategorien, festemekanismer, vil det si den delen av produktet som holder modulene sammen. Denne kategorien må ikke forveksles med «bakkefester», som skal sørge for at produktet står stødig nedentil bakken.

5.1.2.1 Pins



Figur 36 - Skisse og render av Pins. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Pinsene vil fungere som en kobling mellom de to modulene. De vil bli trykket opp i hull i modulen, før «overlappen» på neste modul legges oppå, og et «lokk» presses på for å holde de to modulene sammen.

Mulige fordeler

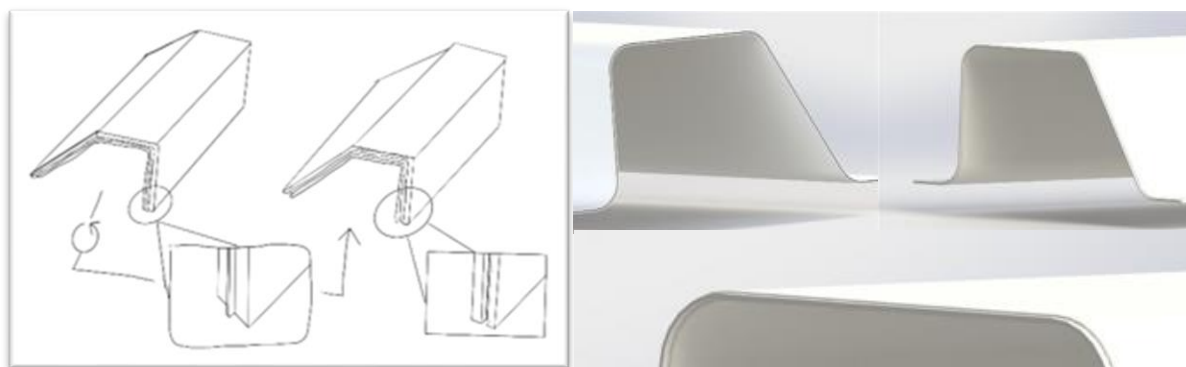
Prinsippet «Pins» vil kunne sørge for en relativt enkel montering og håndtering av modulene. Pins vil skape stabilitet, og en rigid sammensetning av modulene. I transporten av produktet vil en slik løsning ta liten plass. Pins er en løsning som kan utkontrakteres og/eller produseres ved CSUB sine fasiliteter.

Mulige ulemper

Ringmuren kan kreve en ekstern komponent, dermed kan ekstra påkostninger oppstå. Problemer kan oppstå ved montering av flere moduler i de to øverste hullene, ettersom det er risiko for at pinsene vil falle ut før «lokket» settes på.

Markør: + + !

5.1.2.2 Laminat mekanisme



Figur 37 - Skisse og render av laminat mekanisme. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Modulene vil festes sammen på samme måte som et laminatgulv, hvor den ene siden har et spor og den andre har en utstikker. Hver modul vil da kunne skli rett inn i hverandre og skape et feste rundt hele kanten til produktet.

Mulige fordeler

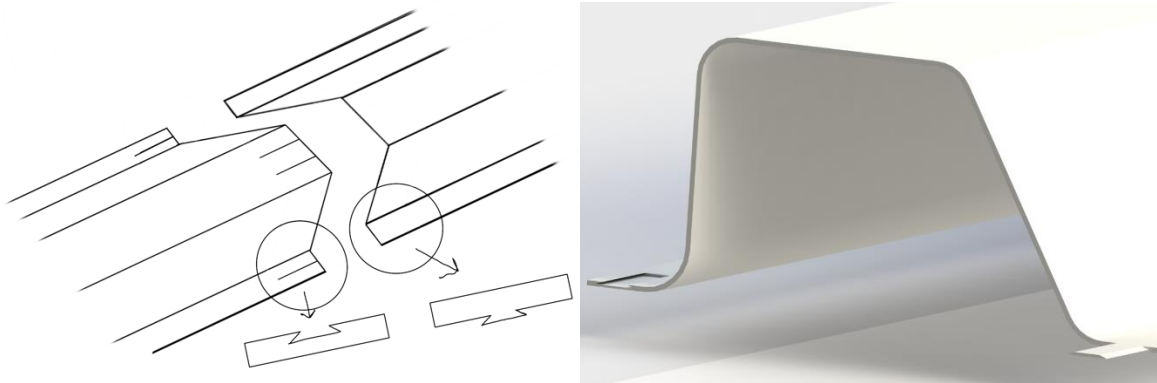
Ringmuren krever ingen ekstern komponent for feste, og transport vil bli mer effektivt. Det vil være enkelt å montere og ingen redskaper er nødvendig.

Mulige ulemper

Med vakuuminjeksjon som metode for produksjon av modulen, kan tykkelsen rundt på produktet variere, noe som vil gå på bekostning av funksjonen. Verktøyet/formen den vil bli laget med vil måtte demonteres etter hver gang, for å kunne separere produktet fra formen. Modulene vil ha dårlige festeegenskaper i retningen med modulen, altså x-retning.

Markør: - ? -

5.1.2.3 Horisontale skinner



Figur 38 - Skisse og render av horisontale skinner. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Modulene dyttes sammen i sporene og holdes der ved hjelp av de påfølgende bakkefestene. I retning oppover/z-akse vil sporene holde modulene på plass.

Mulige fordeler

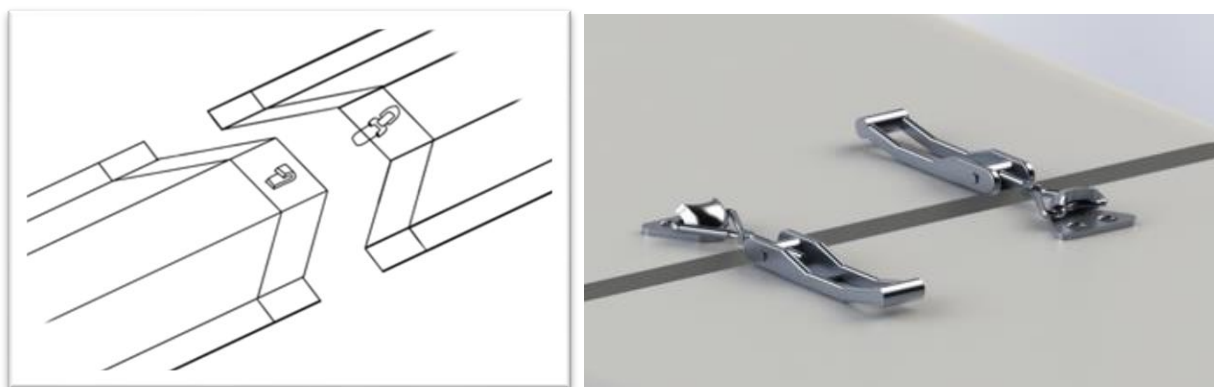
Enkelt å montere, samt demontere. Krever ingen eksterne redskaper ved montering.

Mulige ulemper

Med denne løsningen alene, er det mulighet for at modulene sklir fra hverandre etter montering. Den utstikkende delen kan også være eksponert for brudd/bøy skader. Problemer vil også oppstå under produksjonen av modulene. Siden festemekanismen er en integrert løsning vil den være nødt til å lages i samme støpeform som resten av modulen. Dette kan anses som problematisk fordi vakuuminjeksjon ikke tillater å lage slike former.

Markør: - ? ?

5.1.2.3 Eksenterlås



Figur 39 - Skisse og render av eksenterlås. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Modulene festes ved hjelp av en eksenterlås. Eksenterlåsen blir festet til modulene ved hjelp av skruer. De vil fungere slik at den ene modulen dyttes inntil en annen, før man hekter på kroken stramme de to modulene sammen.

Mulige fordeler

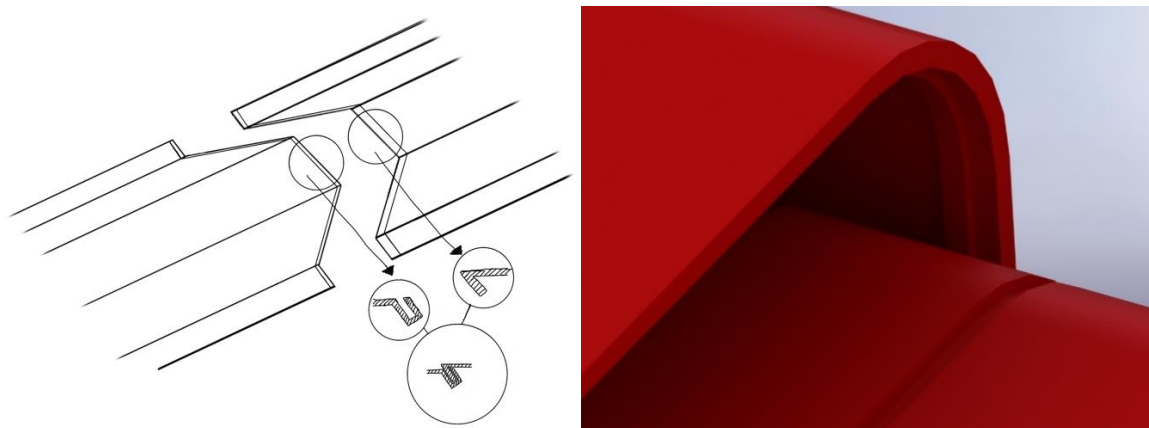
Enkelt å montere, samt demontere. Gir godt og stabilt feste.

Mulige ulemper

Komponenten stikker ut av modulen, og vil derfor være mer eksponert for kontakt med omgivelsene. Dette kan medføre skader på klær eller annet utstyr for brukere, og ikke minst personskader. Denne komponenten vil mest sannsynlig være nødt til å utkontrakteres, samt monteres separat på modulene ved sammensetting av ringmuren.

Markør: ! + +

5.1.2.4 Vertikale skinner



Figur 40 - Skisse og render av vertikale skinner. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Modulene løftes på hverandre og festes med «vertikale skinner». Den ene modulen har en «utstikker» og den andre har et spor som passer til utstikkeren. De vertikale skinnene vil være integrert i modulene.

Mulige fordeler

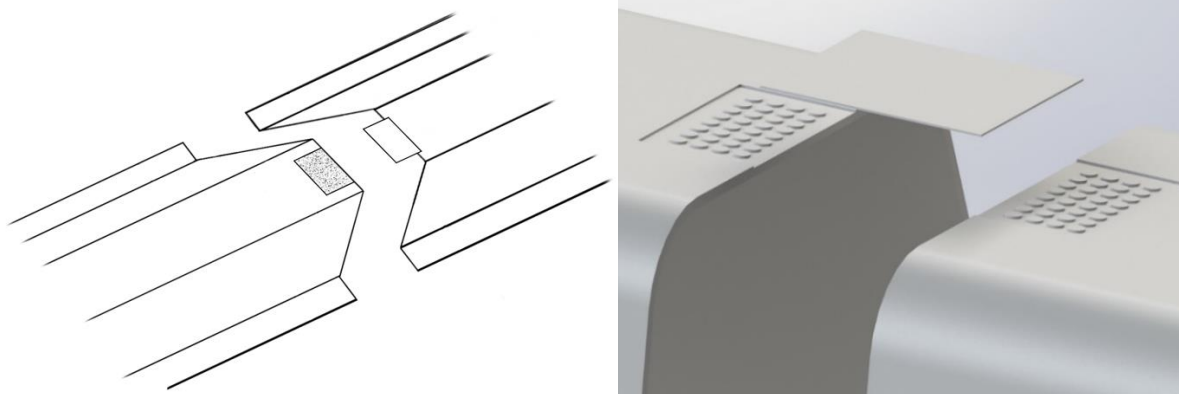
Festemekanismen tilbyr enkel montering, samt godt feste. Det er ikke nødvendig med millimeter presisjon i produksjon, ettersom funksjonen ikke krever et tett feste mellom delene.

Mulige ulemper

Med denne festemekanismen alene, vil ikke modulene holdes fast til hverandre, og er avhengig av andre former for fester ved montering.

Markør: + + +

5.1.2.5 Lego festemekanisme



Figur 41 - Skisse og render av LEGO festemekanisme. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

På samme måte som «LEGO», vil modulene festes sammen med en plate med hull som vil legges ned i gropen med «knappene». Platen presses deretter ned på «knappene», og fester modulene sammen

Mulige fordeler

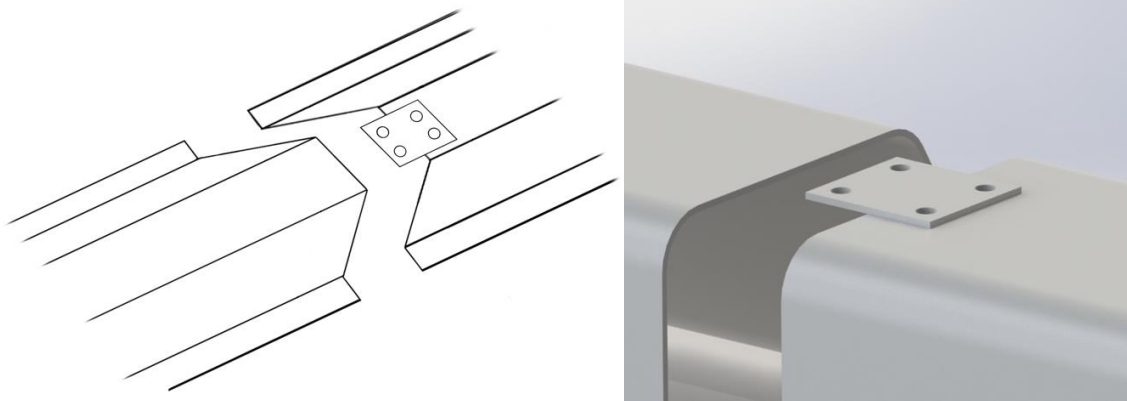
Festet vil være usynlig utenfra og ha jevn overflate. Montering av modulene med denne festemekanismen vil være enkel.

Mulige ulemper

Vanskelig demontering, ettersom det ikke er noen måte å løfte opp «platen». Groppen med «knapper» må freses inn i modulene og det vil ødelegge egenskapene til kompositten.

Markør: - - ?

5.1.2.6 Festebjelke



Figur 42 - Skisse og render av festebjelke. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

En festebjelke vil legges oppå standardmodulene som skal festes sammen. Hullene på festebjelken vil lede skruer ned i modulene og dermed holde de på plass.

Mulige fordeler

Enkelt å montere.

Mulige ulemper

Festebjelken vil bare være på toppen av modulen, og siden tykkelsen til modulene ikke nødvendigvis er helt like, kan sidene ikke ligge helt rett på hverandre. Siden festet bare har et punkt, på toppen, kan festet være dårlig.

Markør: - !!

5.1.2.7 Evaluering

1. Ideen inneholder ikke utkontrakterte deler. **Ja/Nei**
2. Valgt utforming går ikke på bekostning av valgt produksjonsmetode. **Ja/Nei**
3. Valgt idé vil ikke gå på bekostning av materialet (utseende og egenskaper). **Ja/Nei**
4. Er komponenten motstanddyktig for omgivelsene? **Ja/Nei**
5. Gir komponenten modulene godt feste? **Ja/Nei**
6. Vil komponenten utgjøre lav/ingen risiko for brukere? **Ja/Nei**

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Resultat
Pins							5/6
Laminat mekanisme							3/6
Horisontale skinner							3/6
Eksenterlås							4/6
Vertikale skinner							6/6
Lego festemekanisme							2/6
Festebjelke							3/6

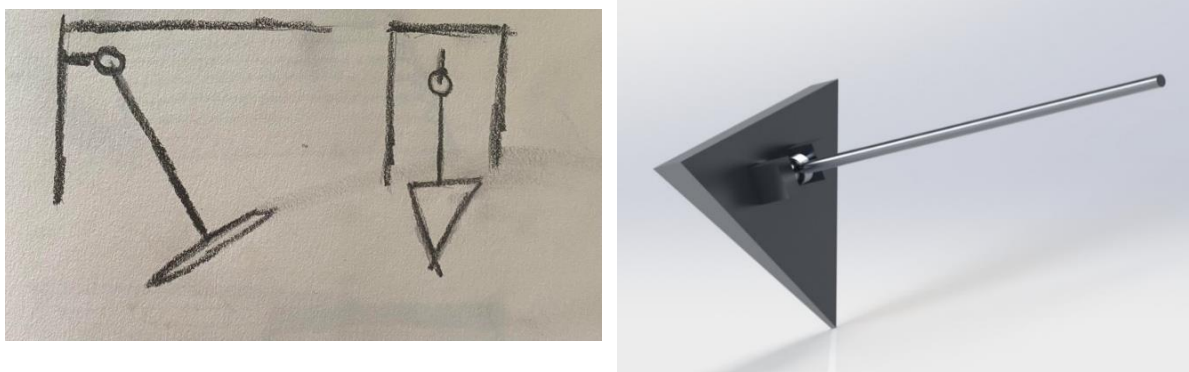
Tabell 8 - Evaluering av festemekanismer.

Ideene som er valgt å ta videre til konsept er pins, eksenterlås og vertikale skinner. Disse idéene er valgt fordi de fikk høyest poengsum i tabellen, og er de gruppen mener har mest potensialet, som vist med markørmetoden.

5.1.3 Bakkefester

Modulene er nødt til å ha et feste i bakken slik at muren blir stående der den er tenkt, og ikke flytter på seg ved bruk av idrettsanlegget. Bakkefestene er ment til å komplimentere modulenes festemekanisme.

5.1.3.1 «Anker»



Figur 43 - Skisse og render av "anker". Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

«Ankeret» vil ha samme funksjon som et tradisjonelt anker. Det vil bli festet i bakken og så drar man modulen med en vaier (eller tau) slik at ankeret blir satt i spenn. Når ankeret har gravd seg ned i jorden og vaieren er i spenn vil modulene være festet til bakken.

Mulige fordeler

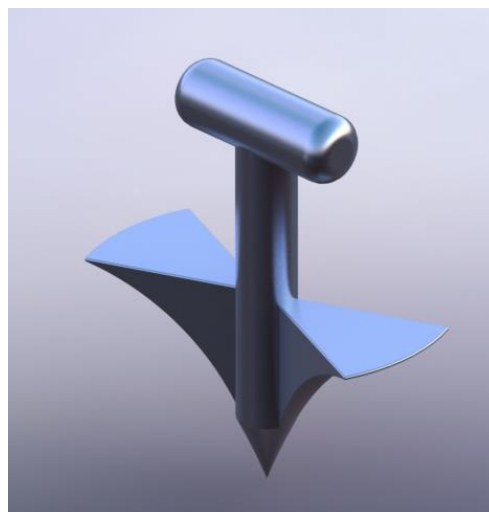
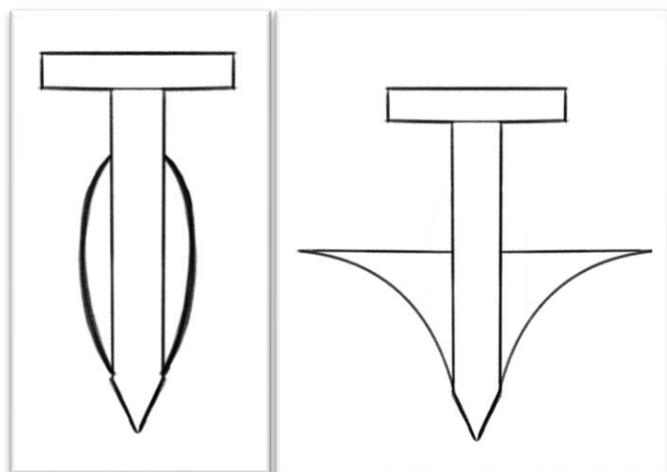
Enkelt å montere og krever ingen eksterne redskaper for montering. Vil være gjemt under produktet og ikke synlig. Gjør montering av festemekanismene enklere.

Mulige ulemper

Komponenten er tar mye plass, og må utkontrakteres.

Markør: + + +

5.1.3.2 Ekspansjonsbolt



Figur 44 - Skisse og render av ekspansjonsbolt. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Ekspansjonsbolten kan benyttes ved at man fører komponenten, gjennom hull, nederst på modulene. Monteringen skjer ved at man hamrer ekspansjonsbolten gjennom hullene og ned i bakken. Etter at ekspansjonsbolteten er hamret ned i bakken vil «vingene» slås ut, skulle det forsøkes å dra den opp.

Mulige fordeler

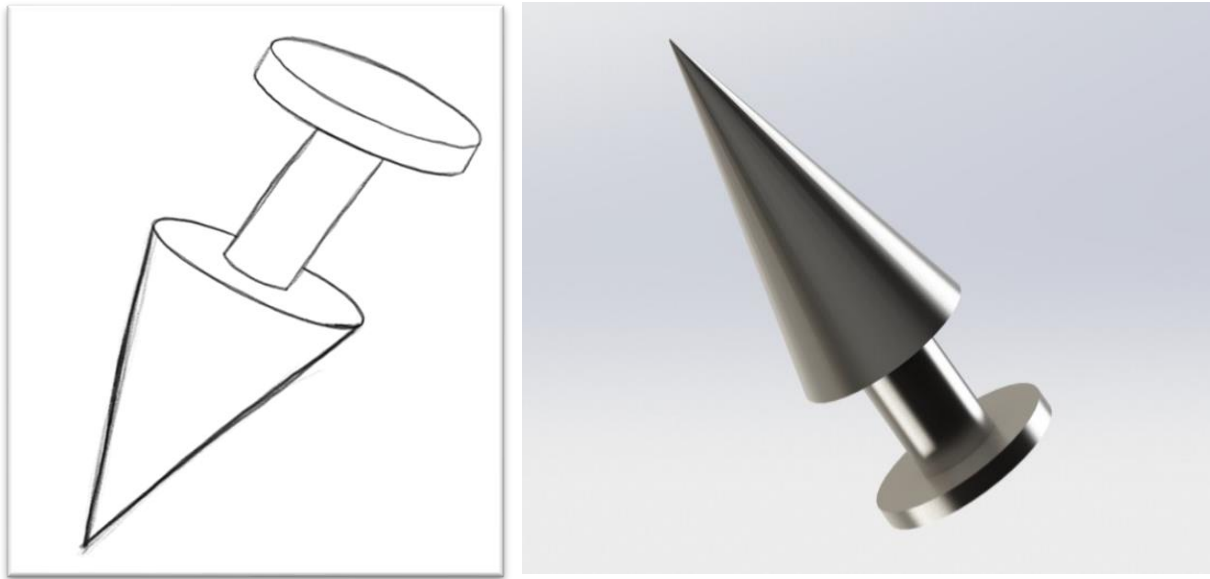
Enkelt å montere, samt gir godt feste i bakken.

Mulige ulemper

Komponenten må utkontrakteres. Det er mulighet for at funksjonen til komponenten ikke vil fungere hvis bakken er for hard, for eksempel på grunn av frost.

Markør: ! + +

5.1.3.2 «Spyd»



Figur 45 - Skisse og render av "spyd". Egenprodusert skisse og render

Funksjonalitet

«Spyd» kan, i likhet med ekspansjonsbolten, benyttes ved at man fører komponenten gjennom hull nederst på modulen. Monteringen skjer slik at man hamrer spydet gjennom hullene og ned i bakken.

Mulige fordeler

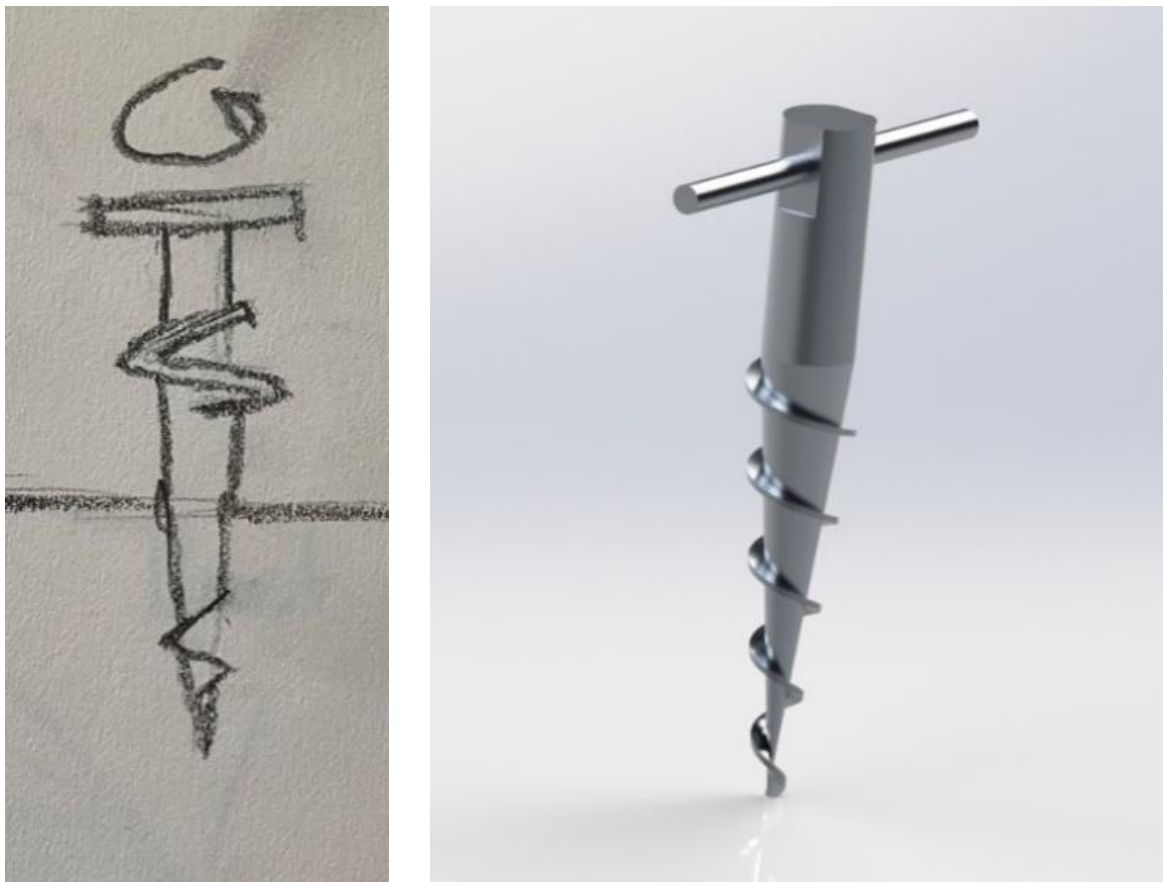
Enkelt å montere.

Mulige ulemper

Komponenten må utkontrakteres, og hvor godt feste «spyd» vil gi, er uvisst.

Markør: - - !

5.1.3.4 Spiral bardun



Figur 46 - Skisse og render av spiral bardun. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Spiral bardun fester modulene i bakken ved at man vrir på håndtaket. Denne løsningen benyttes ved at man fører komponenten gjennom hull nederst på modulene.

Mulige fordeler

Spiral bardunen er enkel å montere/demontere.

Mulige ulemper

Komponenten må utkontrakteres. Kan være mer utsatt for hærverk og vandalisering på baner med mindre overvåking og regulering av brukere.

Markør: + ! +

5.1.3.5 Evaluering

1. Komponenten har ingen utstikker på overflaten til modulen. **Ja/Nei**
2. Gir komponentene godt feste i bakken? **Ja/Nei**
3. Komponenten bidrar til godt, sikkert feste over lengre tid. **Ja/Nei**
4. Komponenten vil ikke gjøre modulen utsatt for hærverk. **Ja/Nei**
5. Komponenten gir modulen god stabilitet ved påkjenning over lengre tid. **Ja/Nei**
6. Komponenten bidrar til enkel montering av flere moduler. **Ja/Nei**

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Resultat
Anker	Green	Green	Green	Green	Green	Green	6/6
Ekspansjonsbolt	Red	Green	Green	Green	Green	Green	5/6
Spyd	Red	Red	Red	Green	Red	Green	2/6
Spiral bardun	Red	Green	Green	Red	Green	Green	4/6

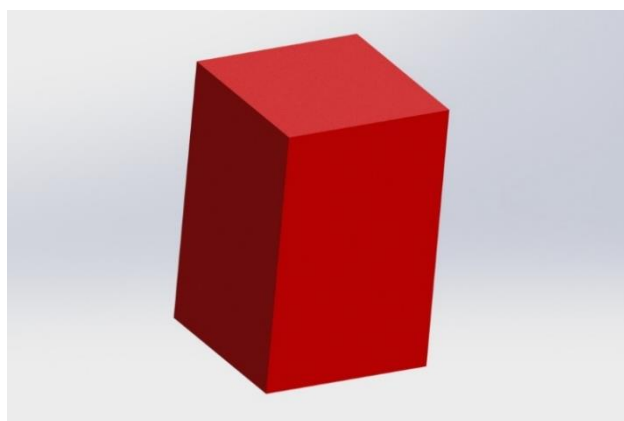
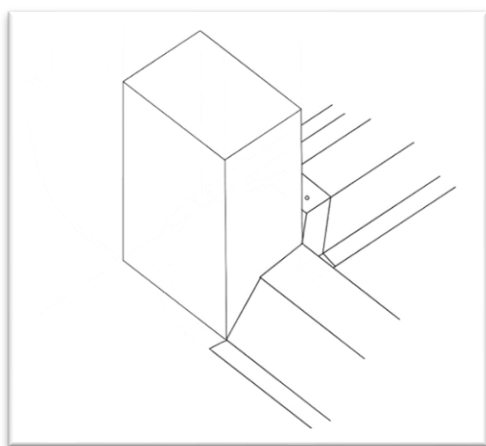
Tabell 9 - Evaluering av bakkefester

Ideene som er valgt å ta videre til konsept er spiral bardun, «anker» og ekspansjonsbolt. Disse idéene er valgt fordi de fikk høyest poengsum i tabellen, og er de gruppen mener har mest potensialet, som vist med markørmetoden.

5.1.4 Hjørnemoduler

Hjørnene skal helst være så små som mulig, og lett å transportere. Det er ønskelig at hjørnene kan kobles sammen med de andre modulene, uten at det trengs noen ekstra deler. Funksjonen til alle hjørnene, utenom «kloss», vil være lik, altså å koble sammen to moduler, som står vinkelrett på hverandre. Funksjonalitet er derfor ikke inkludert under de resterende idéene. Flere av hjørnene er illustrert med hull, for å fremvise et eksempel på hvordan en gitt festemekanisme kunne fungert på hjørnene.

5.1.4.1 «Kloss»



Figur 47 - Skisse og render av "kloss". Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Klossen skal illustrere en «gjenstand», og kan være av hvilket som helst materiale, da modulens eneste funksjon er å fylle et tomrom.

Mulige fordeler

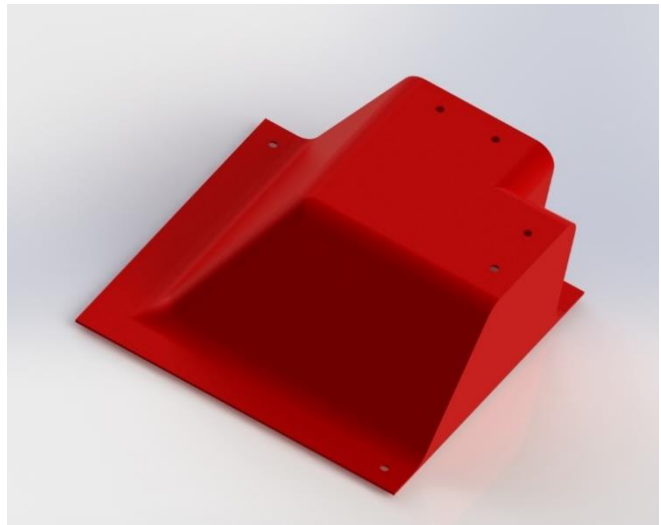
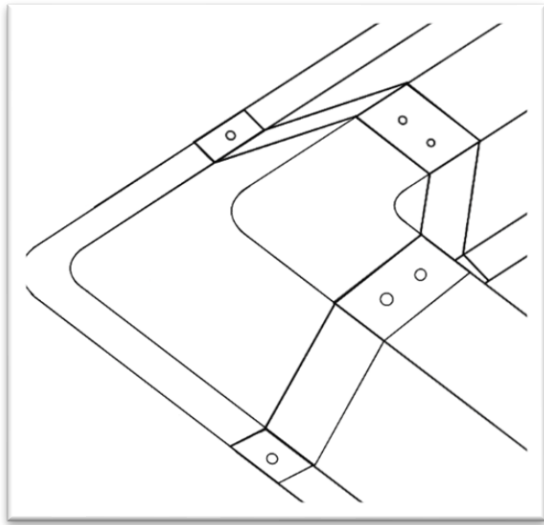
Krever lite håndtering under montering og er en enkel form å produsere. Denne modulen trenger ikke nødvendigvis å være av kompositt, med tanke på funksjonen, og skal ikke tilføre noen mekaniske egenskaper, eller festeegenskaper til ringmuren.

Mulige ulemper

Denne modulen har en minimalistisk utforming, og tilfører ikke noe estetisk uttrykk til ringmuren. Modulen vil også skille seg ut fra resten av ringmuren, og kan ikke festes til de andre modulene. Som nevnt i mulige fordeler, kan det være fordelaktig at den er såpass enkel å bruke. På en annen side derimot, om funksjon er verdsatt mer enn simplisitet, kan dette være å anse som en ulempe. De skarpe kantene på klossen kan, i tillegg, vise seg å være farlig for brukere av anlegget.

Markør: • • •

5.1.4.2 90° hjørne med avrundet kant



Figur 48 - Skisse og render av 90° hjørne med avrundet kant. Egenprodusert skisse og render.

Mulige fordeler

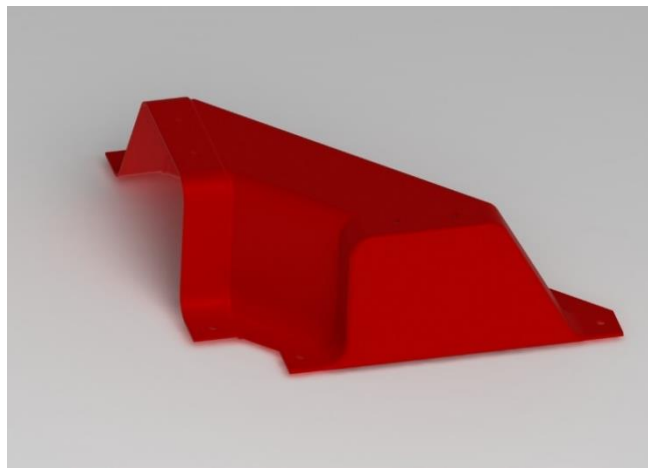
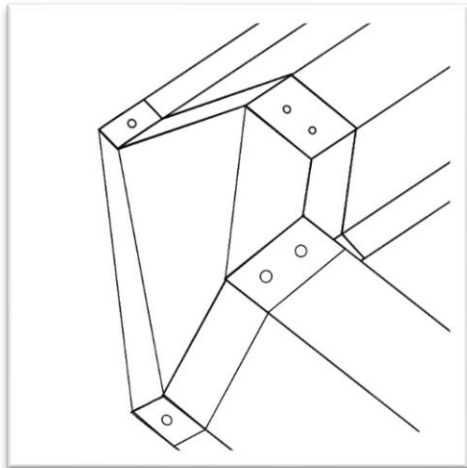
Modulen kan produseres med vakuuminjeksjon som metode, fordi alle sidene enten er 90° eller mer. Dette gjør at de blir mulig å ta ut den herdede modulen av verktøyet/formen. Modulen står også til stil med standardmodulen, og vil derfor bevare det estetiske uttrykket. En annen fordel er at kantene er avrundet, og vil redusere risikoen for brukere av anlegget.

Mulige ulemper

Til tross for at modulen har avrundete kanter, er det ikke tilstrekkelig med avrunding slik at all risiko forsvinner.

Markør: + + !

5.1.4.3 45° hjørne



Figur 49 - Skisse og render av 45° hjørne. Egenprodusert skisse og render.

Mulige fordeler

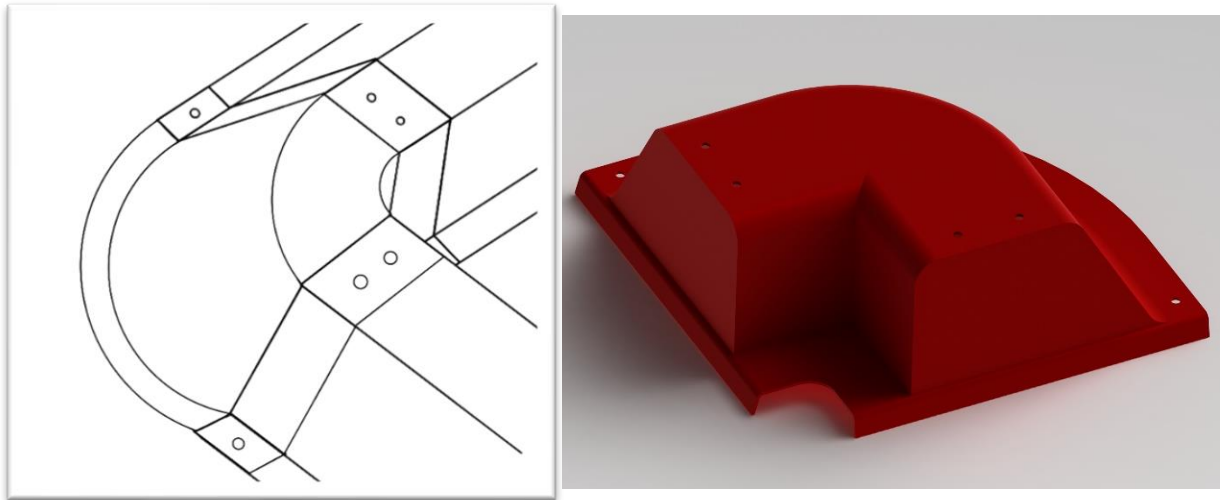
Modulen står i stil med standardmodulen, grunnet dens like utformingen, og bevarer derfor det estetiske uttrykket.

Mulige ulemper

Transport av en slik modul kan by på utfordringer i forbindelse med plass. Modulen har utsatte kanter, som kan utsette brukere for fare.

Markør: - + !

5.1.4.4 Bue



Figur 50 - Skisse og render av bue. Egenprodusert skisse og render.

Mulige fordeler

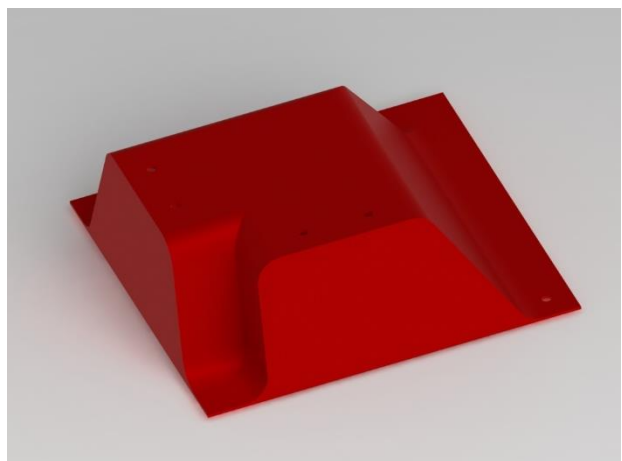
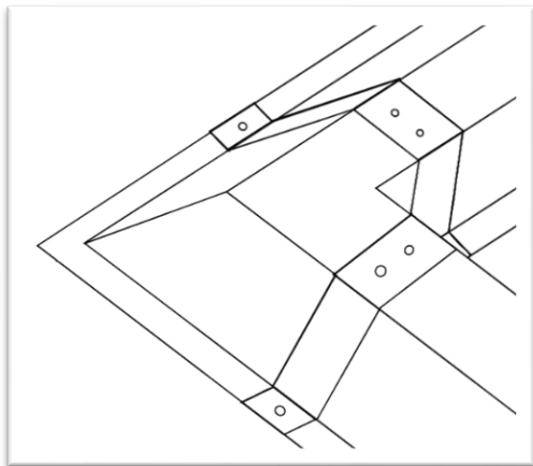
Formen vil enkelt kunne stables oppå hverandre, og den bueformede utsiden bidrar til økt sikkerhet ved «trafikk» rundt den.

Mulige ulemper

I transport vil den oppta relativt mye plass, som vil hindre effektiv transport.

Markør: + + +

5.1.4.5 90° hjørne



Figur 51 - Skisse og render av 90 hjørne. Egenprodusert skisse og render.

Mulige fordeler

Med tanke på sitt kvadratiske design, sørger en slik løsning for systematisk plassering og enkel stabling under transport. Produksjonsmessig er dette også en enkel form å produsere.

Mulige ulemper

Den skarpe kanten til hjørnet vil medføre større risiko for brukerne. Selv om den er på motsatt side av hvor mesteparten av aktiviteter vil foregå, er dette noe som må tas i betraktning, da det kommer til å være «trafikk» på begge sider av muren.

Markør: • + •

5.1.4.6 Evaluering

1. Modulen er mulig å feste til resten av produktet. **Ja/Nei**
2. Modulen er mulig å stable slik at transport kan skje effektivt. **Ja/Nei**
3. Modulen har avrundede kanter og byr ikke på risiko for brukere. **Ja/Nei**
4. Modulen kan benytte seg av valgt festemekanisme og bakkefestet. **Ja/Nei**
5. Modulen bidrar til produktets estetikk. **Ja/Nei**
6. Modulen vil ha lav forflytningsevne på underlaget. **Ja/Nei**

Ideer:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Resultat
Kloss							0/6
90° med avrundet hjørne							6/6
45°							5/6
Bue							5/6
90°							5/6

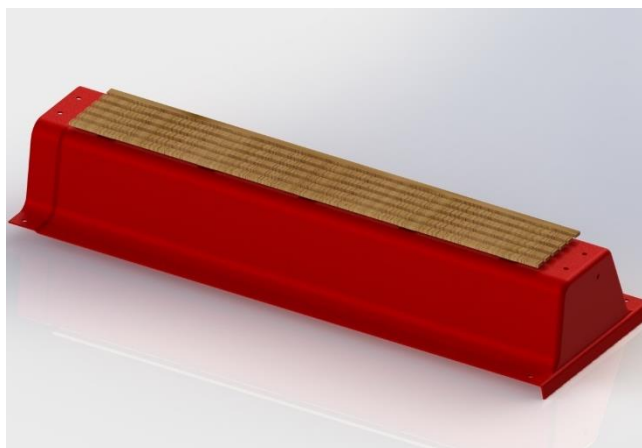
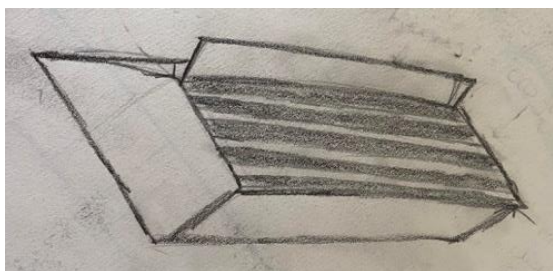
Tabell 10 - Evaluering av hjørner.

Ideene som er valgt til å ta videre til konseptutvikling er bue, 90° hjørne med avrundet kant og 45° hjørne. Disse idéene er valgt fordi de fikk høyest poengsum i tabellen, og er de gruppen mener har mest potensialet, som vist med markørmetoden.

5.1.5 Sitteplasser

Det skal være en modul som inneholder sitteplasser. Denne modulen skal kunne festes til de andre modulene uten noen ekstra komponent. Modulen med sitteplasser er ikke en som er nødvendig for funksjonen til produktet, derfor er det viktig at den ikke hindrer, men tilfører produktet noe ekstra. Disse modulene er også illustrert med hull, for å fremvise et eksempel på hvordan en gitt festemekanisme kunne fungert på sitteplassene.

5.1.5.1 Påmontert sittebenk



Figur 52 - Skisse og render av påmontert sittebenk. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Denne løsningen vil ta i bruk standardmodulen som utgangspunkt. En sittebenk (planker) vil bli skrudd på toppen av modulen og fungere som en sitteplass.

Mulige fordeler

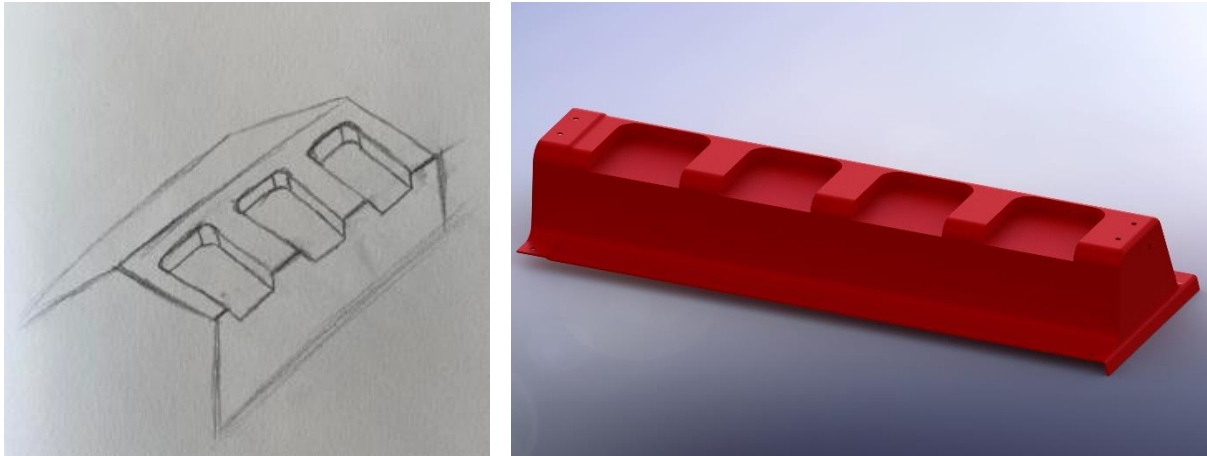
Denne løsningen sørger for at færre moduler må produseres, da det ikke produseres en egen modul for sitteplasser. Beslutningen for plassering av sitteplassene, vil kunne tas etter montering av ringmuren. På grunn av avstander mellom hver planke, vil det ikke oppsamles større vannmasser på overflaten.

Mulige ulemper

Løsningen krever etterarbeid for idrettsforeningene/klubbene, og slike plater av god kvalitet er ofte dyre å anskaffe seg.

Markør: + + +

5.1.5.2 Separerte sitteplasser



Figur 53 - Skisse og render av separerte sitteplasser. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Senkede sitteflater i modulen som gir 5-10cm rygg og støtte fra sidene.

Mulige fordeler

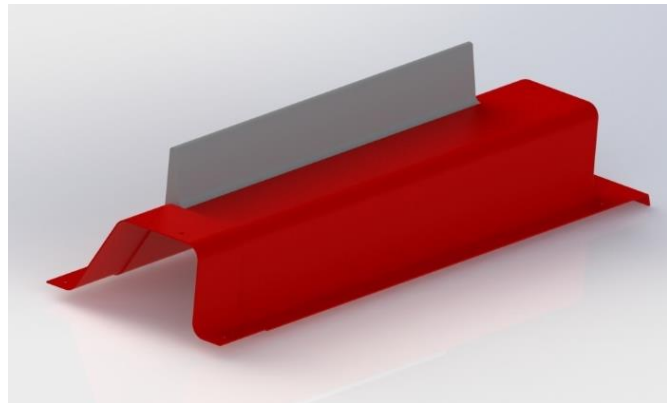
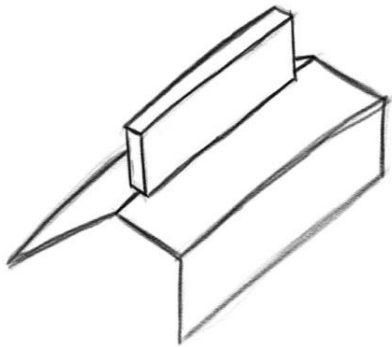
Denne utformingen krever ikke noe etterarbeid, etter montering. Krever også ingen eksterne komponenter for å få et fullverdig produkt.

Mulige ulemper

Sitteplassene sørger for at det stilles større krav til verktøyet/formen under produksjon. Kantene rundt setet er rette og skarpe, som kan medføre brukerskader.

Markør: + ! +

5.1.5.3 Påmontert «rygg»



Figur 54 - Skisse og render av påmontert "rygg". Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

En ekstern «vegg» skrues til produktet, bakerst på toppen. Veggen vil fungere som en ryggstøtte for brukere.

Mulige fordeler

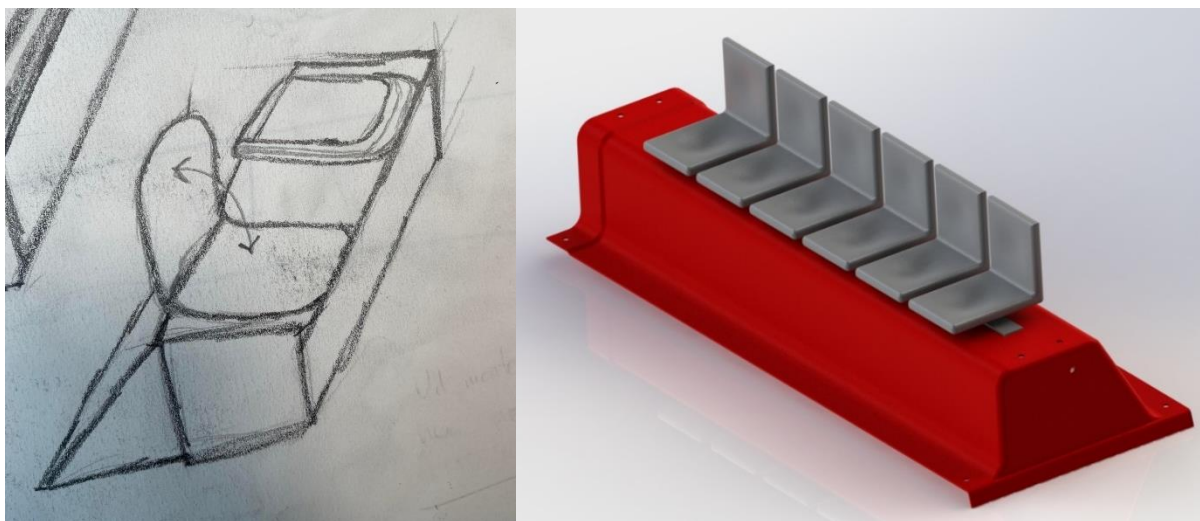
«Veggen» vil gi brukerne mer støtte for ryggen ved bruk av modulen. Modulen som veggen festes i er standardmodulen, og begge komponenter vil leveres av leverandør.

Mulige ulemper

Selve ryggen blir en ekstra komponent til modulen, noe som gjør at enda en del må vakuumpåføres. Modulen krever dessuten ekstra montering ettersom den består av to komponenter. Modulen vil kreve ekstra påkostninger i form av materialbruk.

Markør: - - ?

5.1.5.4 Gjenbruk av tribuneseter



Figur 55 - Skisse og render av gjenbruk av tribuneseter. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Idrettsforeninger/klubber vil kunne ta i bruk gamle seter og/eller nye som blir kjøpt inn. Setene vil enkelt kunne festes i modulen ved bruk av skruer/bolter.

Mulige fordeler

Gjenbruk av tribuneseter sørger for bærekraftighet, og fleksible løsninger. Det sørger også for at kjøper slipper ekstra påkostninger ved bestilling av andre moduler med integrerte sitteplasser. Setene vil gi støtte i ryggen ved bruk, og kan være en god løsning der det spilles en del kamper med et få titalls tilskuere.

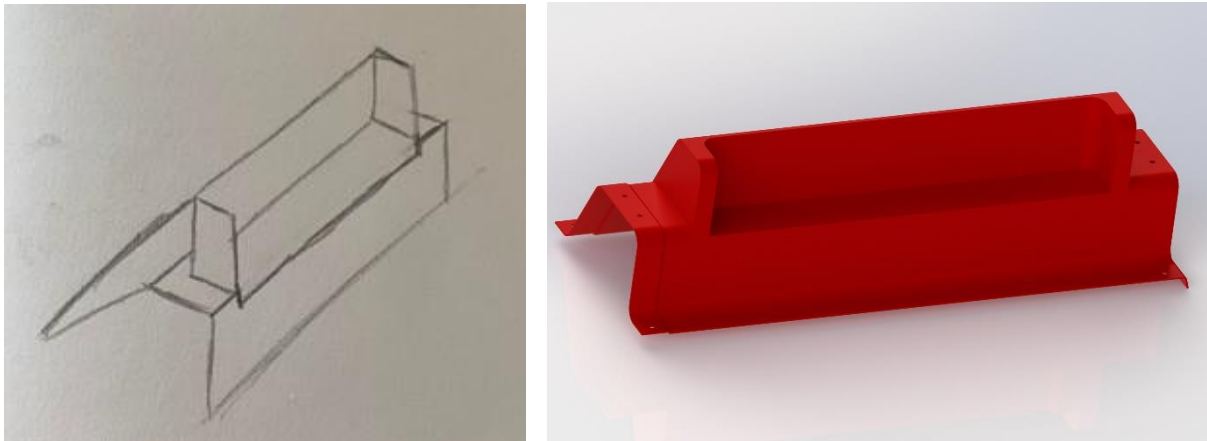
Mulige ulemper

Kan være mer utsatt for hærverk og vandalisering på baner med mindre overvåking og regulering av brukere. Tribunesetene er som oftest laget i termoplast med varierende spesifikk styrke og stivhet.

På enkelte seter kan drenering være en utfordring. De fleste variantene har noen form for drenerende løsning, men selv disse kan være av forskjellig kvalitet. Ulempen her er at baneiere mest sannsynlig må finne produktet de vil ha selv, i stedet for å kun forholde seg til en leverandør.

Markør: + + +

5.1.5.5 Integrert «sofa»



Figur 56 - Skisse og render av integrert "sofa". Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Standardmodulen vil produseres med integrert rygg- og sidestøtte.

Mulige fordeler

Med en slik modul vil det ikke kreve noe bearbeiding etter produksjon. Verktøyet/formen vil dessuten ha forholdsvis enkle begrensninger hvor toleransene er store.

Mulige ulemper

En ryggstøtte som er integrert i selve modulen, vil skape problemer for transporten av varen, fordi modulens stablingsevne er lav. En større modul med flere varierende formuttrykk vil kreve en mer kompleks form/verktøy, og produksjonstiden vil bli høyere. En slik løsning krever dessuten vesentlig mer materiale for å realisere ønsket funksjon, som kan føre til at produktet er dyrere for kunden.

Markør: + - ?

5.1.5.6 Evaluering

1. Modulen krever ikke eget verktøy/form for produksjon **Ja/Nei**
2. Modulen vil ikke kreve ekstra påkostninger for å oppnå ønsket funksjonalitet. **Ja/Nei**
3. Modulen hindrer ikke montering med andre moduler. **Ja/Nei**
4. Modulen kan stables under transport. **Ja/Nei**
5. Modulen krever ikke flere komponenter fra produsent for å ferdigstille modul. **Ja/Nei**
6. Modulen har ingen rette kanter, som kan skade brukere. **Ja/Nei**

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Resultat
Påmontert sittebenk	Green	Red	Green	Green	Green	Green	5/6
Separerte sitteplasser	Red	Green	Green	Green	Green	Red	4/6
Påmontert «rygg»	Red	Red	Green	Green	Red	Red	2/6
Gjenbruk av tribuneseter	Green	Red	Green	Green	Green	Green	5/6
Integrert «sofa»	Red	Green	Green	Red	Green	Red	3/6

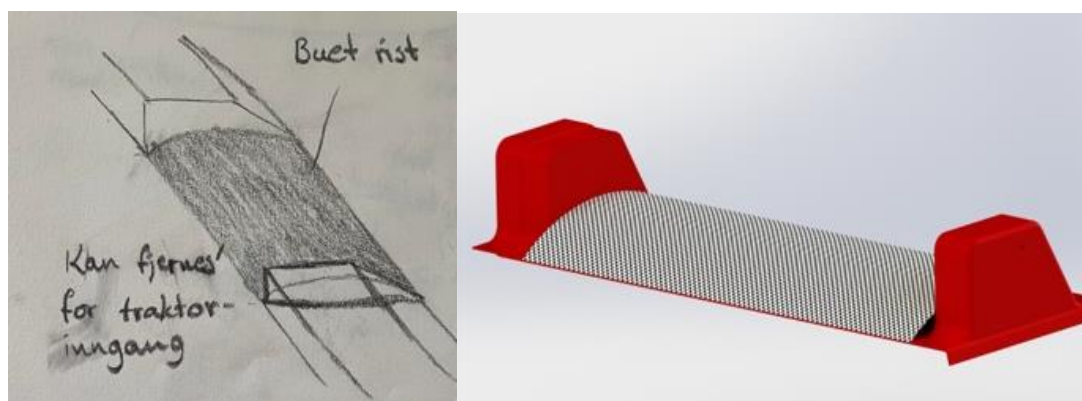
Tabell 11 - Evaluering av sitteplasser.

Sitteplasser skiller seg litt ut fra de andre kategoriene ettersom noen av de regnes som eksterne, og andre har integrerte komponenter i produksjonsmetoden. Det er derfor fattet en beslutning om at det er kun de modulene som ikke har eksterne komponenter som skal tas videre til enkelte konsepter (utenom påmontert «rygg»). Ettersom det kun er presentert tre moduler som ikke har eksterne komponenter, vil integrert «sofa» og separerte sitteplasser bli to av konseptene. Det siste konseptet vil ha en felles modul hvor begge de modulene med eksterne komponenter er representert.

5.1.6 Inngangspartier

Ettersom forskriften sier at ringmuren må være sammenhengende og tett, med minst 200mm høyde, trengs det en egen modul for inngangsparti. Byggeforskriften TEK 17 er ønskelig å følge, men ikke nødvendig. Det er derimot nødvendig at brukere kan gå over, samt for traktorer o.l. å kjøre over. Gjeldende de inngangspartiene med rist, vil alle være i glassfiber-kompositt. Disse modulene er også illustrert med hull, for å fremvise et eksempel på hvordan en gitt festemekanisme kunne fungert på inngangspartiene.

5.1.6.1 Buet rist



Figur 57 - Skisse og render av buet rist. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Det er tenkt at selve rampen skal være en løs del man enkelt kan sette på plass og tas opp mellom festeblokkene til modulen. En ting som ikke kommer så godt frem på renderen er at rampen skal være en fullstendig rist. Granulatet som blir dratt med fra banen, vil falle gjennom risten.

Mulige fordeler

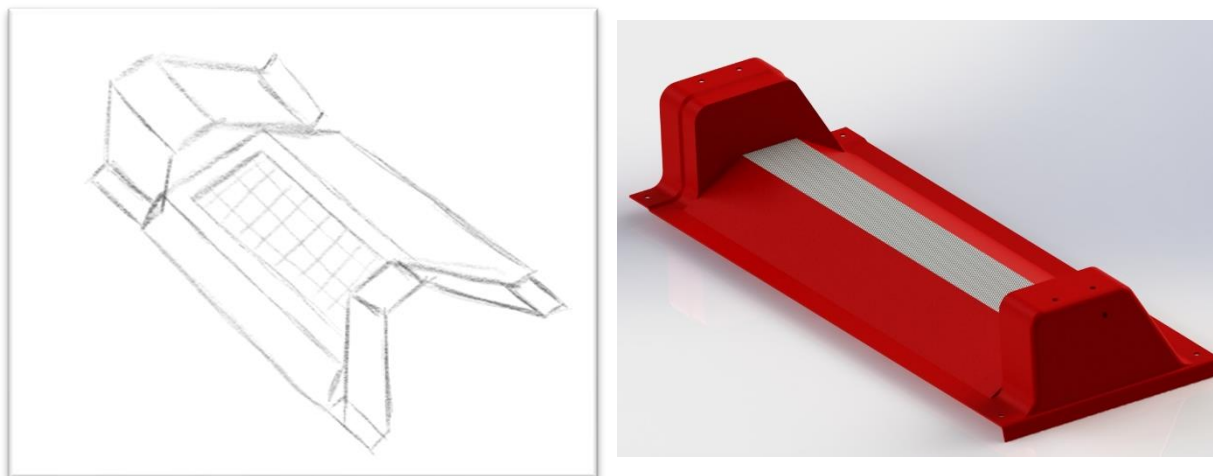
Ved at rampen kan fjernes vil man enkelt kunne samle opp granulatet og bruke det på nytt.

Mulige ulemper

Oppfyller ikke kravene til TEK 17 for stigning på rampe for rullestolbrukere. Granulatet har risiko for å migrere ut av risten. En slik rist vil også by på utfordringer på vinterstid, da den kan bli glatt. Den har heller ikke en 200mm høy sammenhengende, tett, vegg og forskriften er dermed ikke oppfylt.

Markør: ! ! !

5.1.6.2 Flat rist



Figur 58 - Skisse og render av rist. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Denne modulen vil ha ramper opp til en flate, med rist. Når brukere går over, vil granulat bli fanget opp av risten og falle ned i en innhegning.

Mulige fordeler

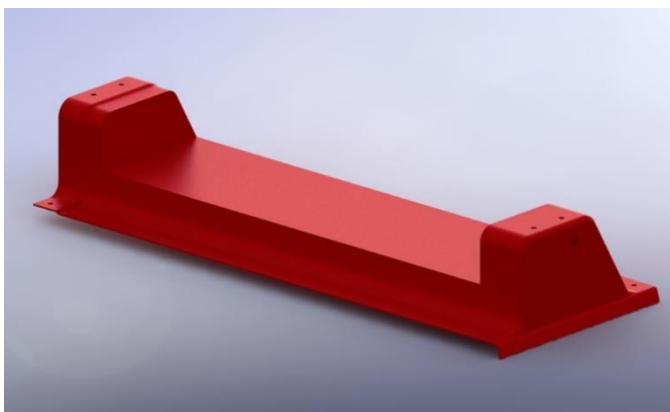
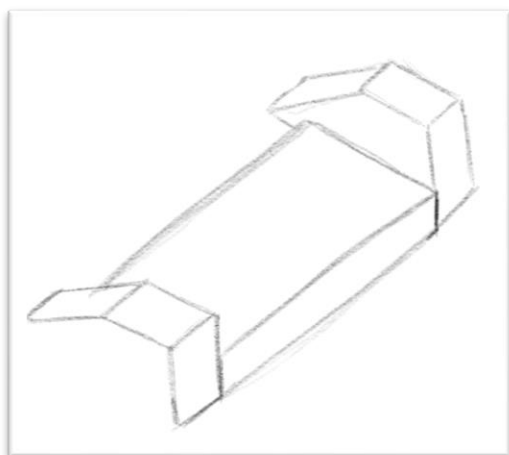
Risten kan tas av, og det oppsamlede granulatet kan strøs utover banen igjen. Traktorer skal dessuten klare å kjøre over denne uten problemer.

Mulige ulemper

Stigningen på rampen er for bratt og oppfyller derfor ikke kravet til TEK 17. Vanskelig å tømme granulatet som samles opp i modulen på grunn av utformingen.

Markør: ! + +

5.1.6.3 Nedfelt flate



Figur 59 - Skisse og render av nedfelt flate. egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Denne modulen vil fungere likt som standardmodulen, med eneste forskjell at den er senket slik at det skal være lettere å gå over.

Mulige fordeler

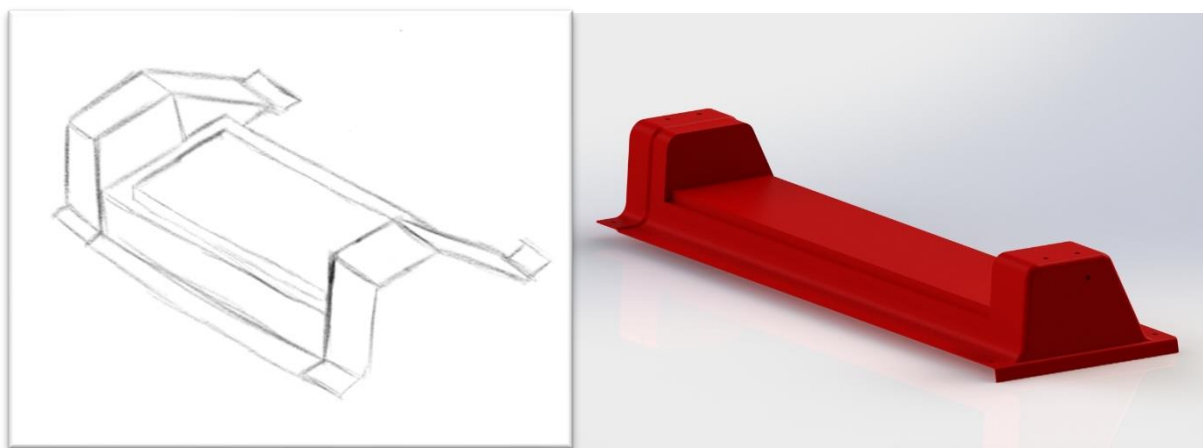
Krever ingen eksterne/ekstra komponenter.

Mulige ulemper

Ingen rist som kan samle opp granulater når brukere går over. Ingen mulighet for traktorer o.l. til å kjøre over. Modulen vil også være glatt der brukere går over, spesielt når det er nedbør.

Markør: ! ! !

5.1.6.4 Ekstern rampe



Figur 60 - Skisse og render av ekstern rampe. Egenprodusert skisse og render.

Funksjonalitet

Modulen med ekstern rampe vil kreve at idrettsanlegget har en rampe lignende som på bildet til høyre. En slik rampe vil enkelt kunne plasseres oppe på hyllen til inngangsmodulem og fjernes etter bruk.



Figur 61 – Aluminiumsrampe. (ramper.no, 2022)

Mulige fordeler

Ved å ha eksterne ramper som plasseres vil man kunne garantere at stigningen opp og fallet ned fra modulem oppfyller kravene til TEK 17. i tillegg vil rampene være enkel å håndtere på grunn av lav vekt.

Mulige ulemper

Løsningen krever at idrettsanleggene har slike ramper tilgjengelig, samt at det til enhver tid er noen på anlegget som kan håndtere disse rampene for traktorer, rullestolbruker ol. Ingen rist eller område til å samle opp granulat. Flaten på toppen vil være glatt, spesielt ved nedbør.

Markør: + !!

5.1.6.5 Evaluering

1. Forhøyningen i modulen er på minst 200mm. **Ja/Nei**
2. Modulen har en løsning for oppsamling av granulater ved passering av brukere. **Ja/Nei**
3. Modulen har rette kanter som sikrer minimalt svinn av oppsamlet granulater. **Ja/Nei**
4. Modulen har mulighet for ramper som gjør gjennomgang enklere. **Ja/Nei**
5. Modulen gjør uthenting av oppsamlet granulater enkel. **Ja/Nei**
6. Modulen har stigning etter kravene til TEK 17. **Ja/Nei**

	1	2	3	4	5	6	Resultat
Buet rist	Red	Green	Red	Red	Green	Red	2/6
Flat rist	Green	Green	Green	Red	Red	Red	3/6
Nedfelt flate	Green	Red	Red	Red	Red	Red	1/6
Ekstern rampe	Green	Red	Green	Green	Red	Green	4/6

Tabell 12 - Evaluering av inngangspartier.

Ideene som er valgt til å ta videre til konsept er buet rist, ekstern rampe og rist. Disse idéene er valgt fordi de fikk høyest poengsum i tabellen, og er de gruppen mener har mest potensialet, som vist med markørmetoden.

5.2 Konseptutvikling

Etter idéfasen til prosjektet, ble det gjennomført en konseptutvikling. Før de utvalgte idéene fra idéevalueringen ble satt sammen til konsepter, ble enkelte bearbeidet først. De endringene som ble gjort innenfor hver kategori, er spesifisert i neste delkapittel. Neste steg var å lage konsepter, og dette ble gjort ved at de valgte idéene tilfeldig ble satt sammen.. Det ble gjort på denne måten fordi uansett sammensetting, ville konseptet fungere og fordi gruppen ikke skulle kunne sette sammen favoritt idéene i samme konsept.

Hvert konsept vil bli presentert, og monteringen, samt hvor mange av hver komponent som trengs, vil bli forklart. Etter dette vil hvert konsept gjennomgå en SWOT-analyse for å se på styrker og svakheter, samt eventuelle muligheter og trusler. Konseptene vil så bli evaluert opp mot kravspesifikasjonen, før en avgjørelse på hvilke komponenter som skal benyttes i et endelig konsept blir tas. Denne avgjørelsen vil bli gjort ved at komponentene blir vurdert mot hverandre, på bakgrunn av evalueringen og SWOT-analysene. Når det endelige konseptet er avklart vil det videreutvikles til et resultat.

I konseptene er det valgt å kun bruke en av hver modul for å enklere visualisere hvordan de vil bli festet til hverandre og bakken.

5.2.1 Videreutvikling av idéer

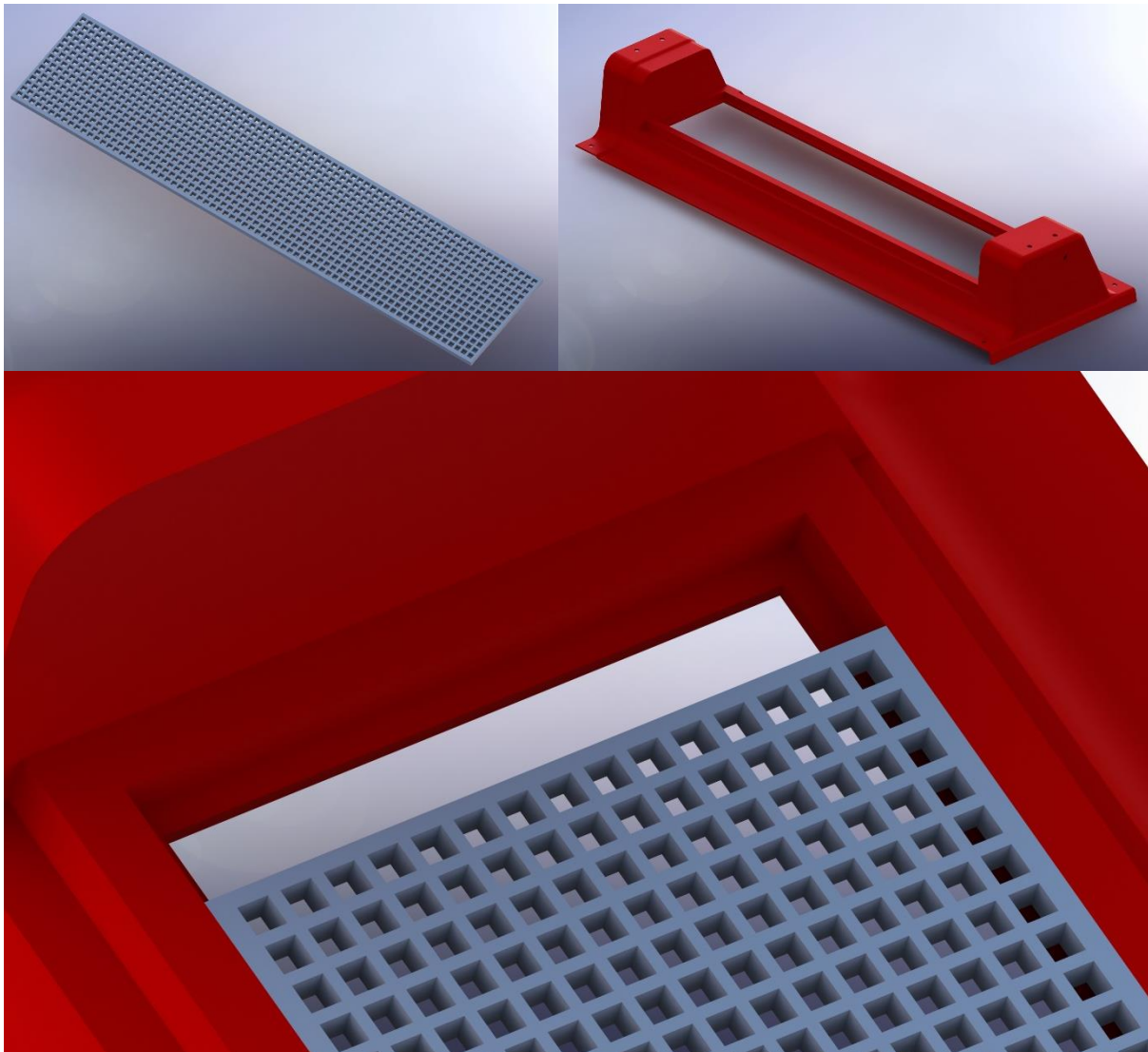
Videre fra idéprosessen, er det gjort endringer på modulene: separerte sitteplasser, integrert «sofa», buet hjørne og ekstern rampe. Disse modulene var de det var tydelig at kunne forbedres, etter evalueringen av idéene.

Under evalueringen ble det lagt merke til at setene for «separerte sitteplasser» og integrert «sofa» hadde rette kanter rundt sittearealet. Det ble stilt spørsmål rundt dette med sikkerhet for brukere, og for å minske risikoen for brukerskader, ble modulenes kanter avrundet før konseptene ble satt sammen. De videreutviklede sitteplassene av disse er presentert under konsept 1 og 3.

Tilbakemeldingene fra evaluering av hjørnemoduler var at både «45° hjørnet» og «buet hjørne», ville være vanskelig å håndtere under en eventuell transport. En god løsning for «45° hjørne» kom ikke frem før konseptutviklingen, og en eventuell løsning, er derfor ikke presentert i konseptet. Hvis dette hjørnet skulle blitt tatt med videre etter evaluering av konseptene, er en løsning i forhold til størrelse, noe som måtte blitt sett mer på før det

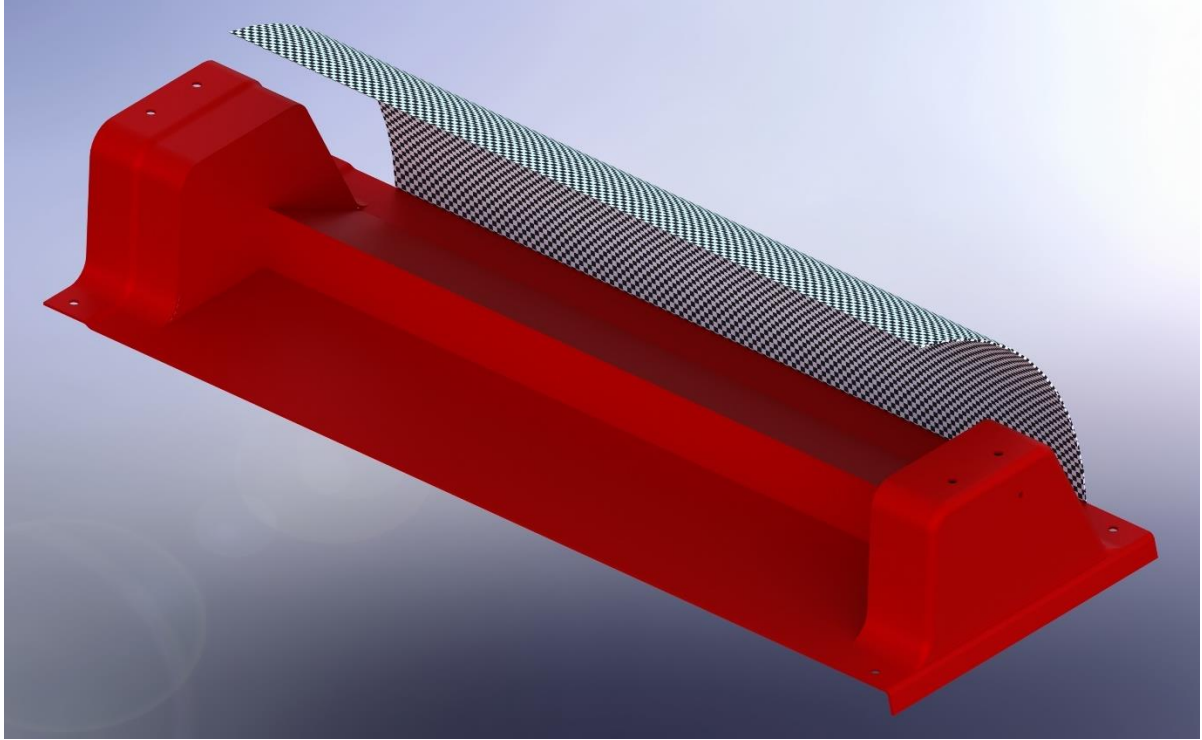
eventuelle resultatet hadde blitt presentert. Samme problem oppstod med «buet hjørne». Det buede hjørnet fikk da kortere sider, for å gjøre den mer effektiv under eventuell produksjon og transport.

I starten av utviklingsfasen var det usikkert om den eksterne rampen ville kreve en rist for «opsamling» av granulat, ettersom den hadde en kant, og minnet mye om «nedfelt flate». Etter videre forskning rundt denne modulen, er det tatt en beslutning om at modulen er nødt til å ha rist. Derfor er det blitt kuttet et hull i inngangspartiet, og utviklet en rist. Risten vil være mulig å ta av modulen, slik at granulat som samles, kan spres utover banen igjen.



Figur 62 - Render av videreutviklet inngangsparti, "ekstern rampe". Egenprodusert render

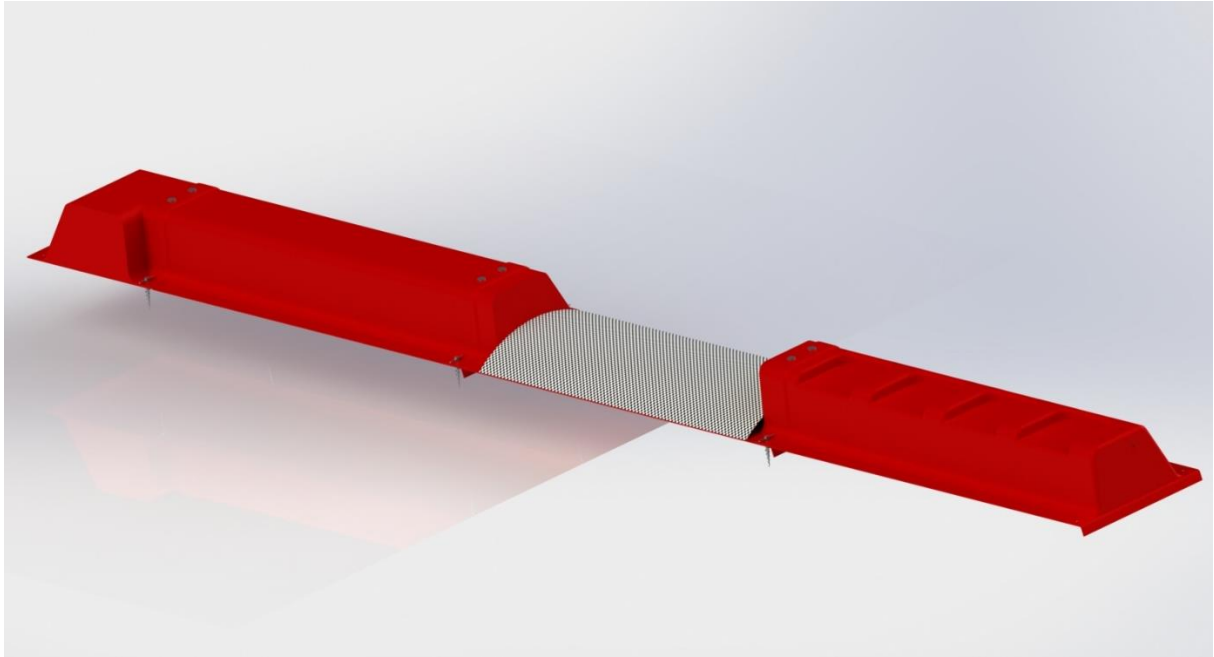
Ettersom inngangspartiet med den buede risten ikke oppfylte kravet om en tett vegg, minst 200mm høy, fikk inngangspartiet et skille på midten av modulen. Denne veggen oppfyller kravet, og selve området som skal fange opp granulat, vil ligge inntil fotballbanen.



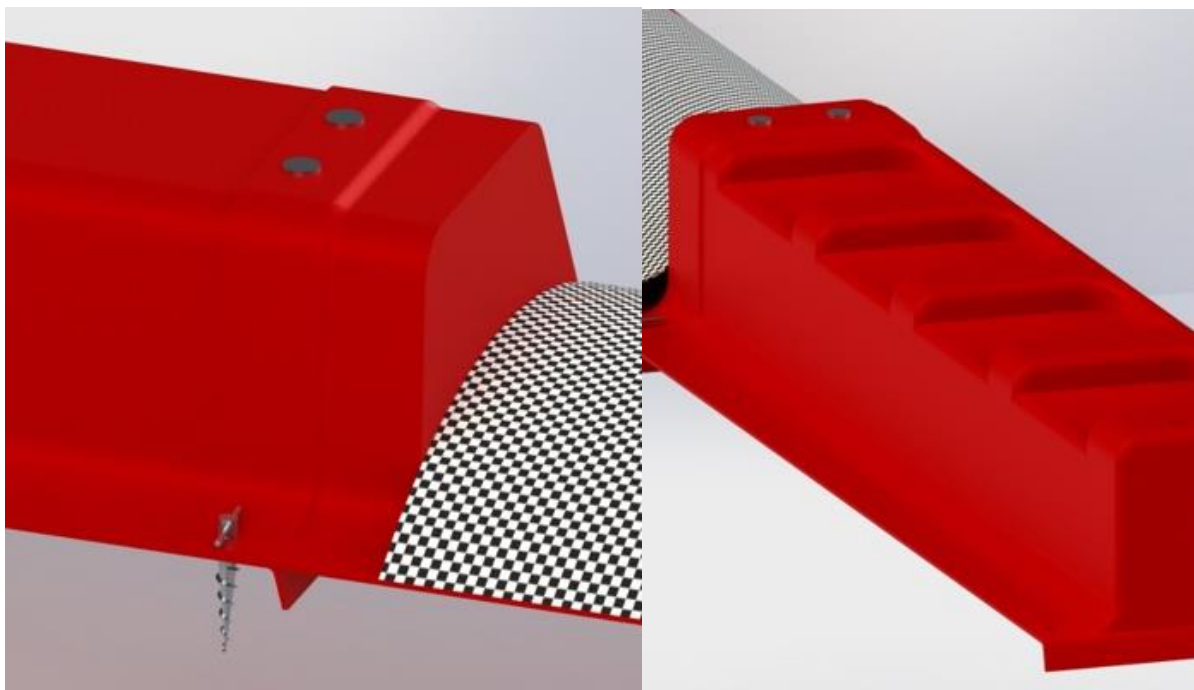
Figur 63 - Render av videreutviklet inngangsparti, "buet rist". Egenprodusert render

5.2.2 Konsept 1

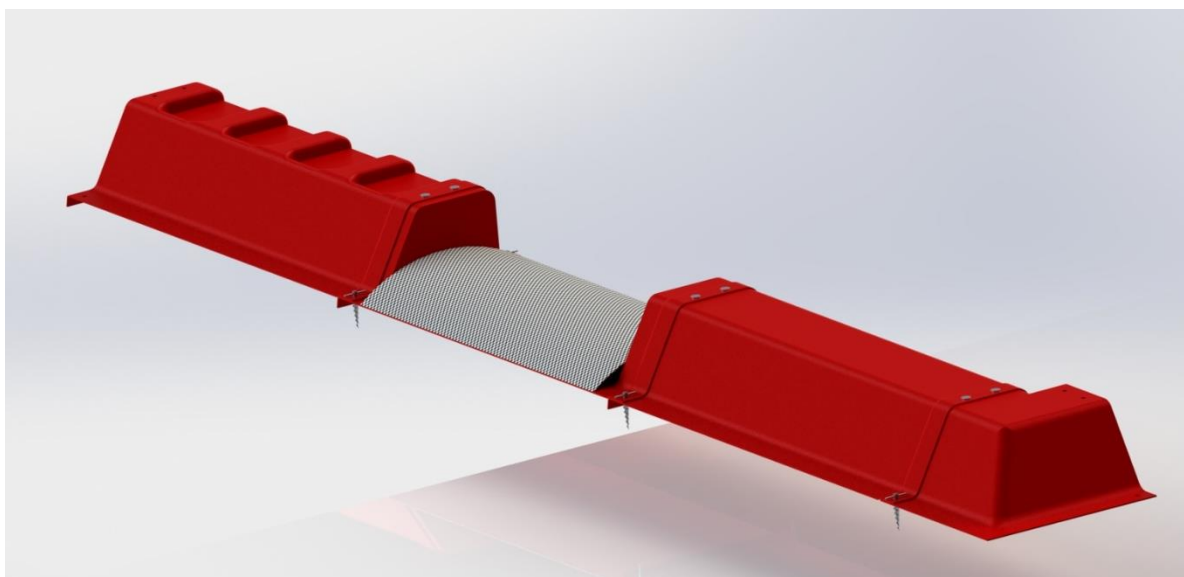
Det første konseptet har brukt idéene, standardmodul, pins, spiral bardun, 90° avrundet hjørne, separate seter og buet rist. Sammensettingen av disse er vist under.



Figur 64 - Render av konsept 1, forfra. Egenprodusert render



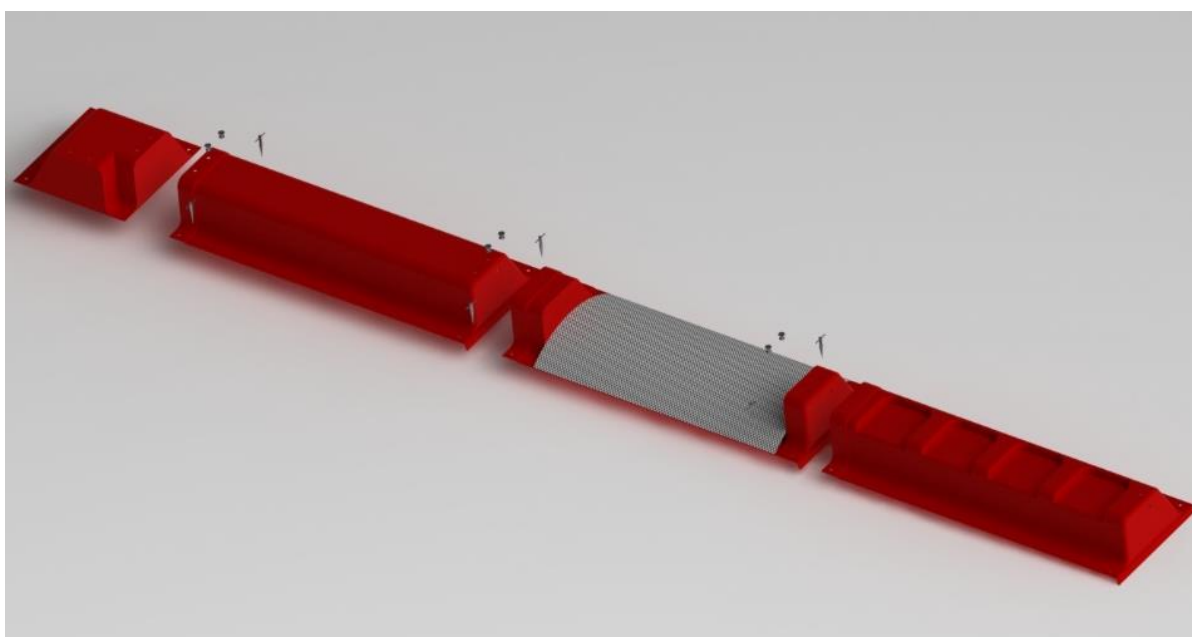
Figur 65 - Render av festemekanisme og sitteplasser ved konsept 1. Egenprodusert render



Figur 66 - Render av konsept 1, bakfra. Egenprodusert render

5.2.2.1 Montering

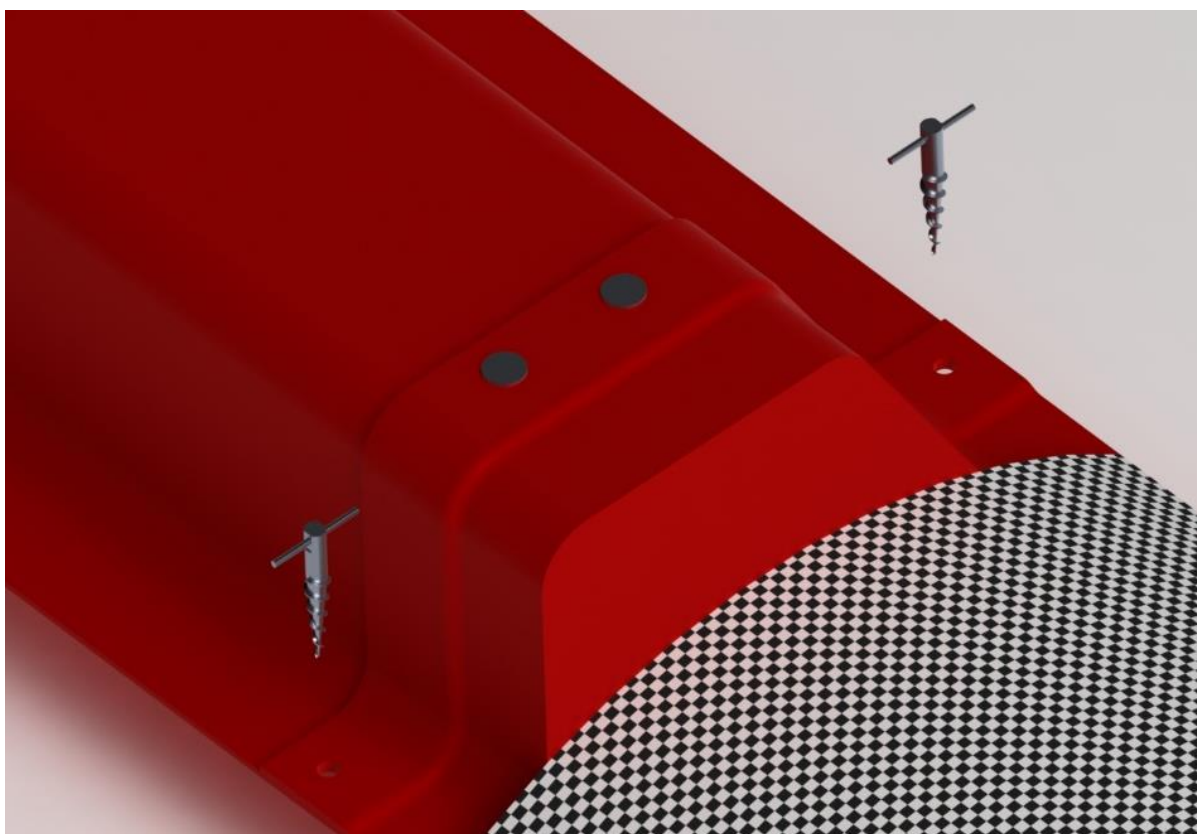
Modulene plasseres utover banen i den rekkefølgen de skal monteres i. Rekkefølgen vil være opp til hver enkelt bruker. Montering vil starte i et hjørne, og modulene settes sammen rundt hele banen. Forløpet vil være slik at man først monterer pins på toppen av modulene, slik at de sitter sammen, før spiral bardunene deretter skrues med klokken, ned i bakken. Til slutt plasseres risten på inngangspartiet.



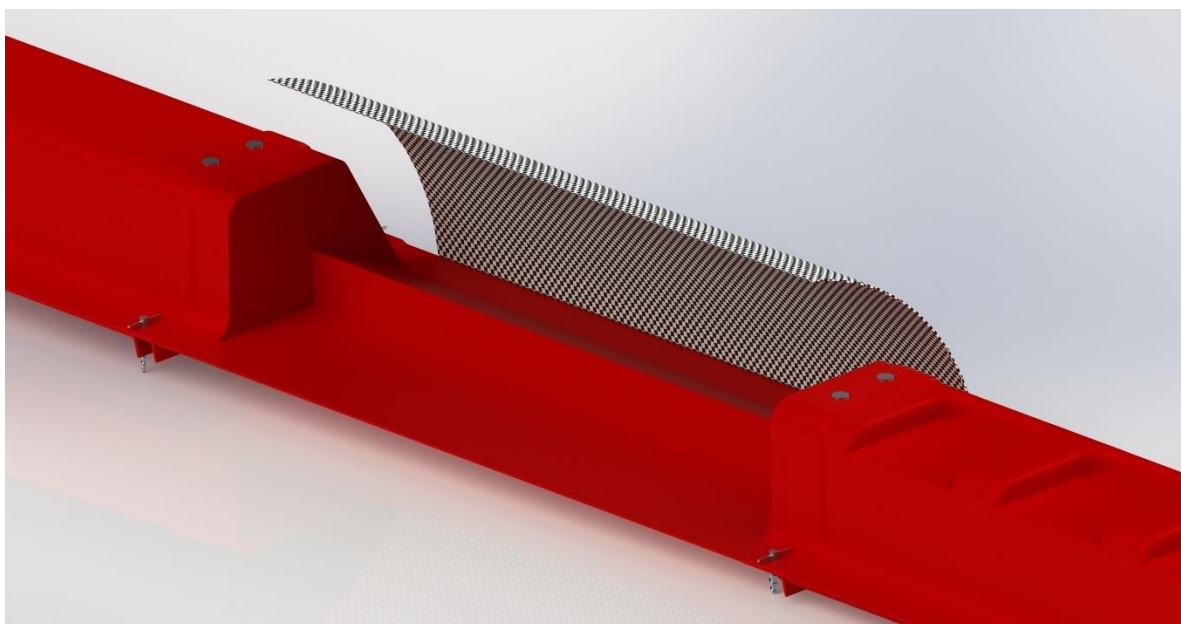
Figur 67 - Render av full montering, konsept 1. Egenprodusert render



Figur 68 - Render av montering for «pins», konsept 1. Egenprodusert render

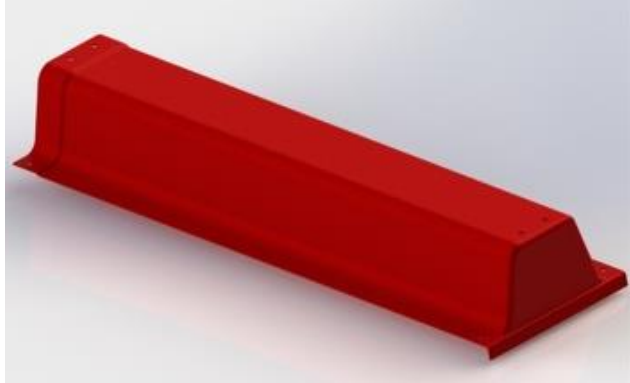




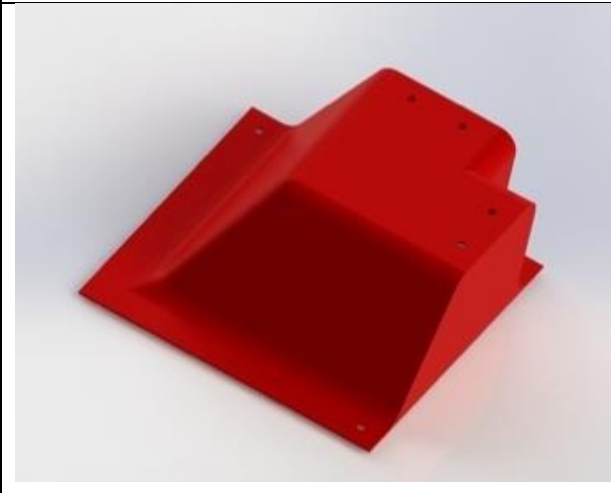
Figur 69 - Render av montering for "spiral bardun", konsept 1. Egenprodusert render

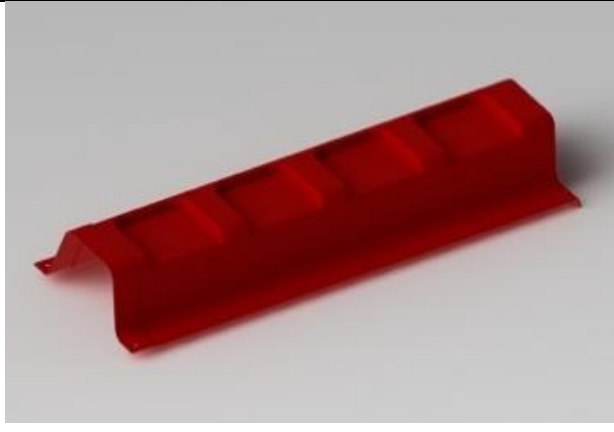
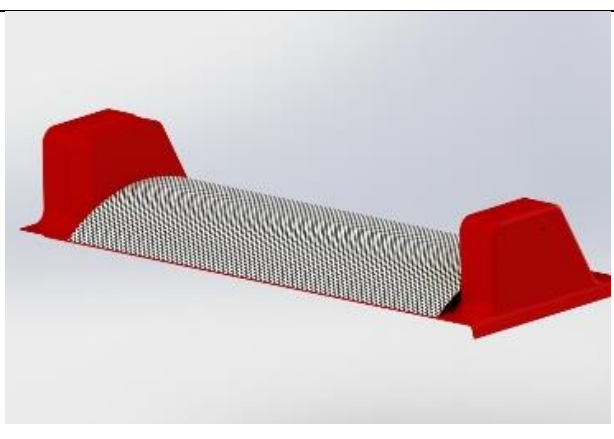


Figur 70 - Render av montering for "buet rist", konsept 1. Egenprodusert render

5.2.2.2 Datablad

Bilde	Navn	Antall
	Standardmodul	Valgfritt i forhold til andre moduler

		Pins	4 pr. modul
		Spiral bardun	4 pr. modul
		90 avrundet hjørne	4

	<p>Separerte seter</p>	<p>Valgfritt for kjøper</p>
	<p>Buet rist</p>	<p>Valgfritt for kjøper</p>

Tabell 13 - Datablad, konsept 1. Egenproduserte rendere

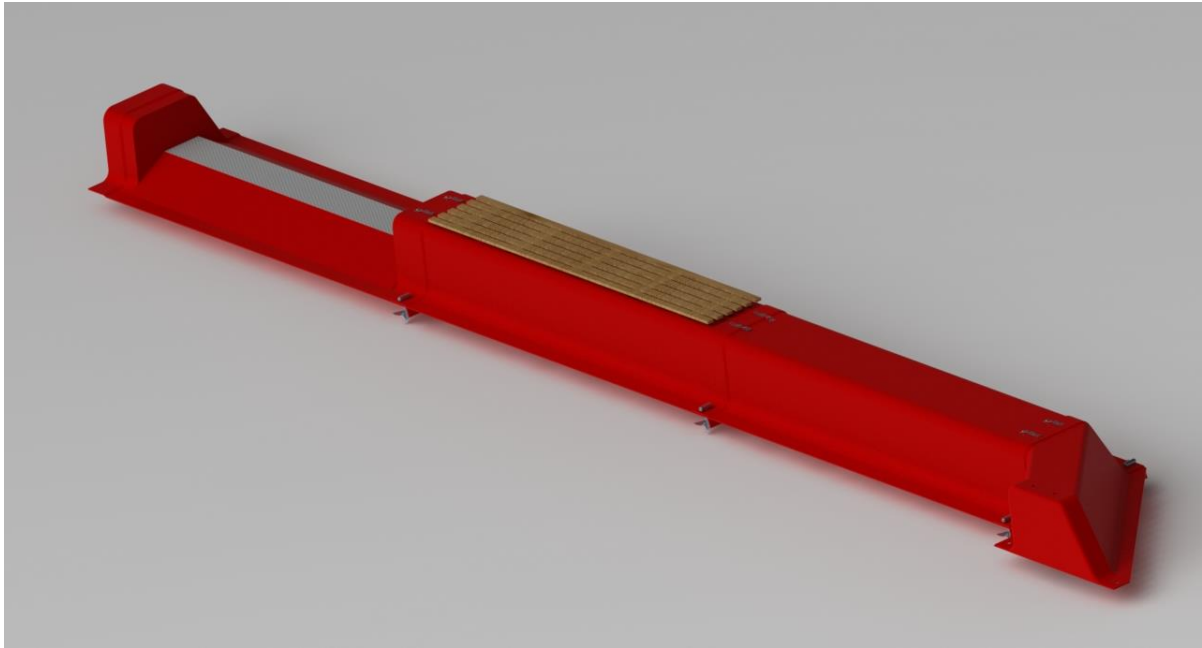
5.2.2.3 SWOT-Analyse Konsept 1

Positive faktorer	Negative faktorer	
<p>Styrker:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enkel montering. - Inngangspartiet har rist som kan tas av og på. Å transportere vedlikeholdende utsyr inn på banen vil derfor være enklere. 	<p>Svakheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inngangspartiet har dårlig oppbevaringsevne av granulat, da det ikke er noe oppbevaringsrom under risten. - Usikkert hvor sterkt bakkefestet er, når hele produktet er montert. - Inngangsparti følger ikke forskrift for stigningsprosent på rampe (TEK 17). - Pinsene kan falle ut ved montering. 	Internt
<p>Muligheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mulig å kombinere spiral bardun med andre bakkefester for bedre feste til bakken. 	<p>Trusler:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bakkefestet er enkelt å ta opp. - Sklifare på rist. 	Ekstern

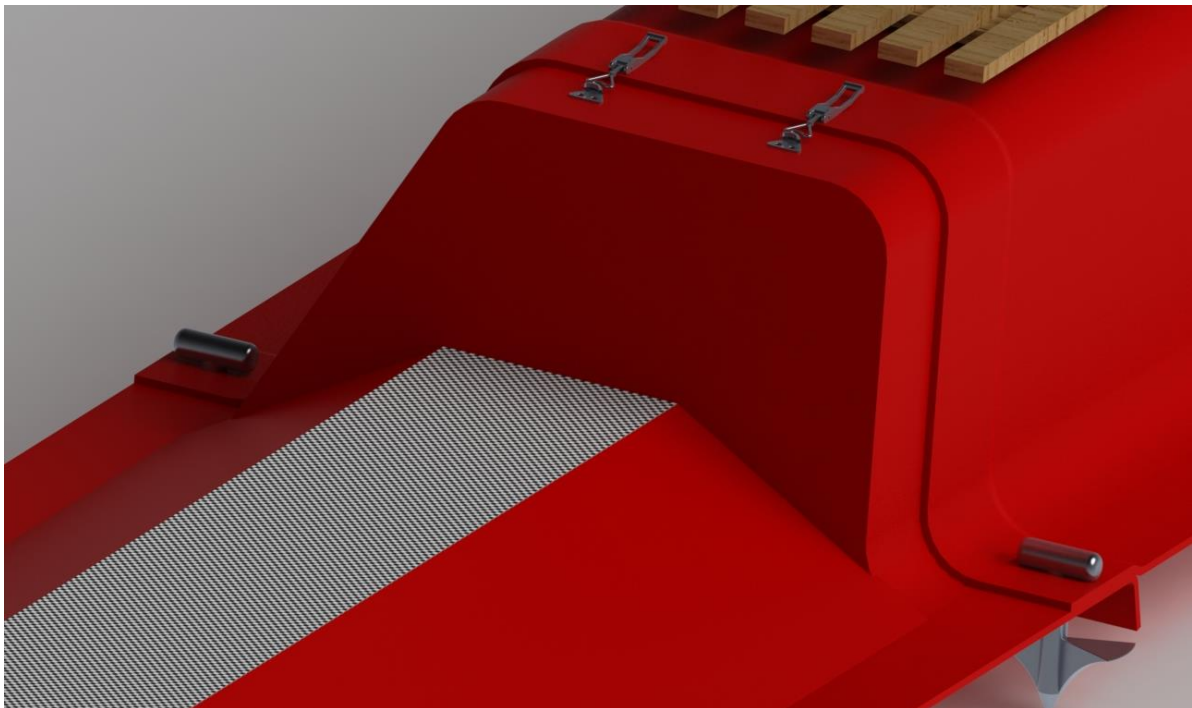
Tabell 14 - SWOT-Analyse, konsept 1. Egenprodusert tabell

5.2.3 Konsept 2

Det andre konseptet har brukt idéene, standardmodul, eksenterlås, ekspansjonsbolt, 45 hjørne, sitteplass med ekstern komponent og flat rist. Sammensettingen av disse er vist under. Det er med hensikt, ikke tatt med «tribuneseter» på dette konseptet. Ettersom modulene for sitteplasser, består av eksterne komponenter, ble det tatt en avgjørelse på å korte ned antall moduler i fremstillingen av konseptet. Dette var for å tydeliggjøre de andre komponentene, og ikke la de bli «gjemt» bort, ved siden av mange moduler.



Figur 71 - Render av konsept 2, forfra.. Egenprodusert render

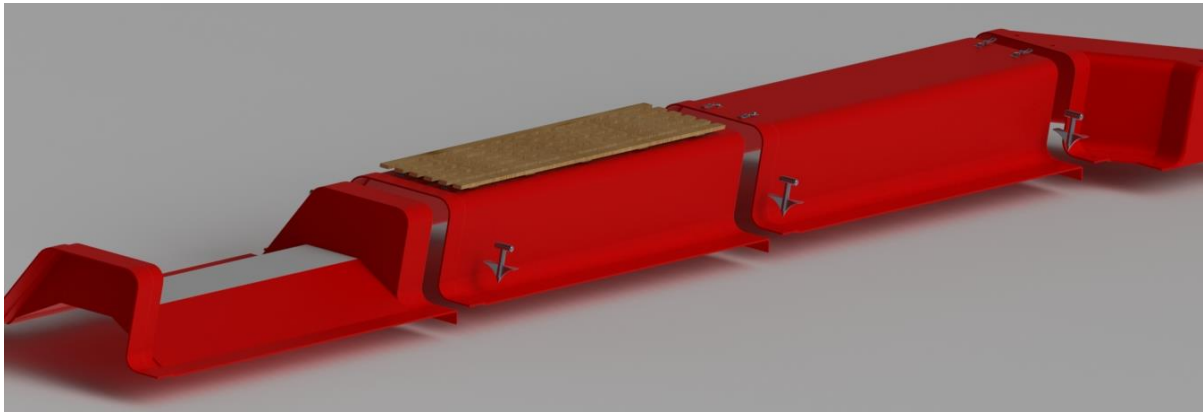


Figur 72 - Render av konsept 2, "eksenterlås" og "ekspansjonsbolt". Egenprodusert render

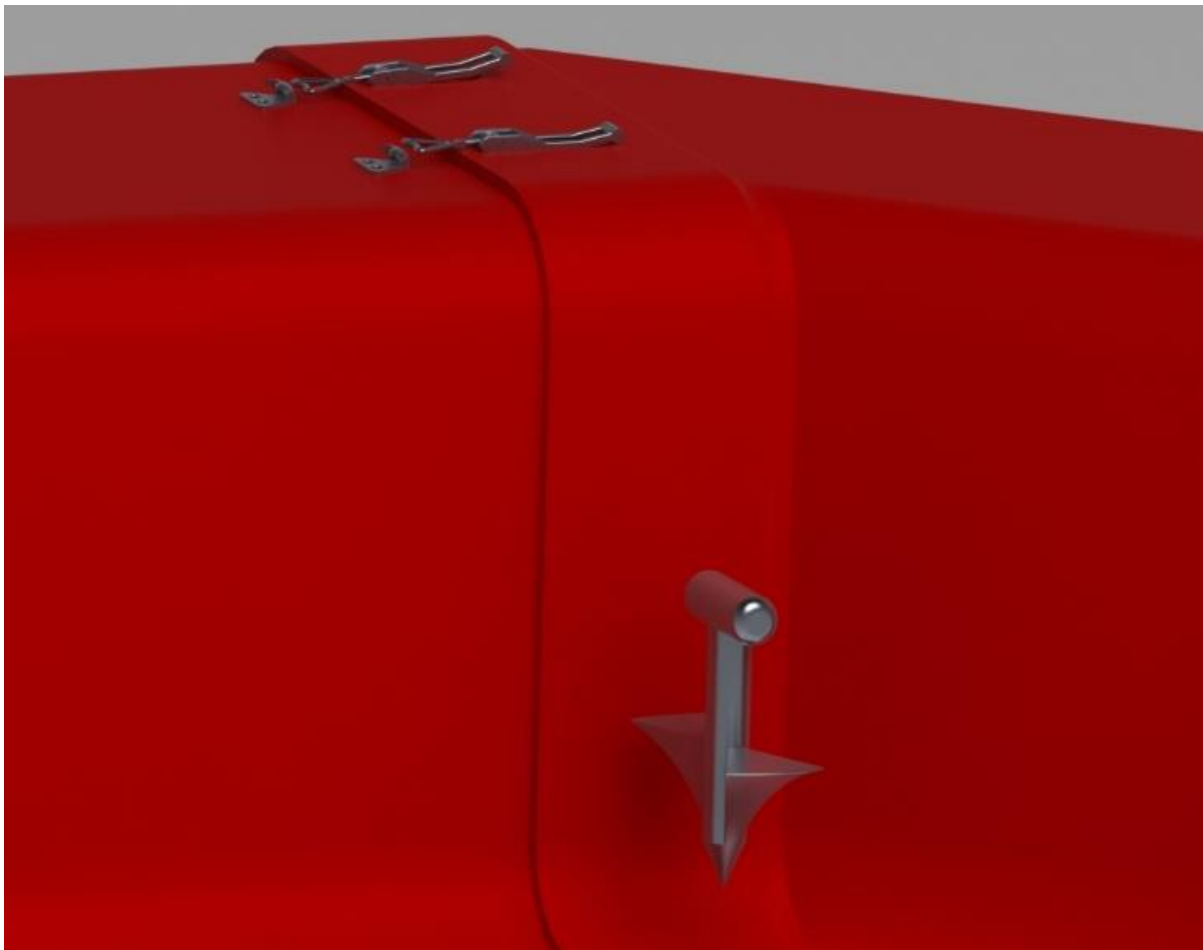
5.2.3.1 Montering

På samme måte som konsept 1, vil modulene først plasseres i ønsket rekkefølge. Også her vil man starte i et hjørne, og montere de resterende modulene ut ifra dette. Modulenes overlapp vil dyttes inn på tidligere plassert modul, før eksenterlåsene skrues på, og spenner fast

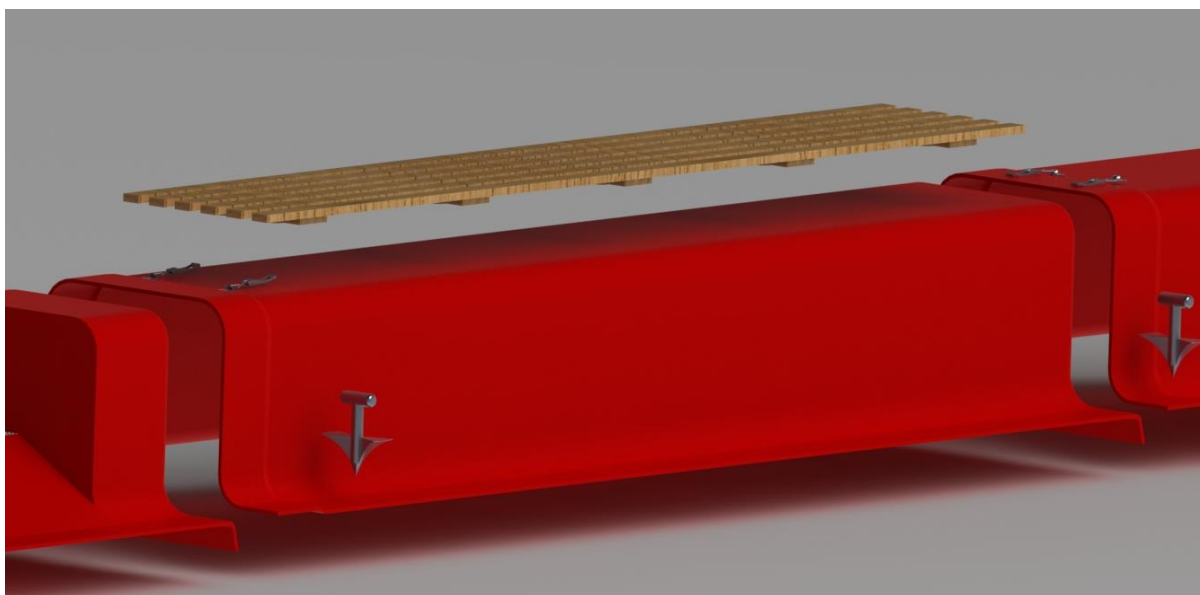
modulene. Deretter vil ekspansjonsbolten slås ned i bakken gjennom hull, før den ekspanderer. Til slutt settes risten ned på inngangspartiet, og sitteplassene blir montert på standardmodulen. I dette konseptets tilfelle, vil en benkeplate skrus fast på toppen av modulene.



Figur 73 - Render av montering, konsept 2. Egenprodusert render



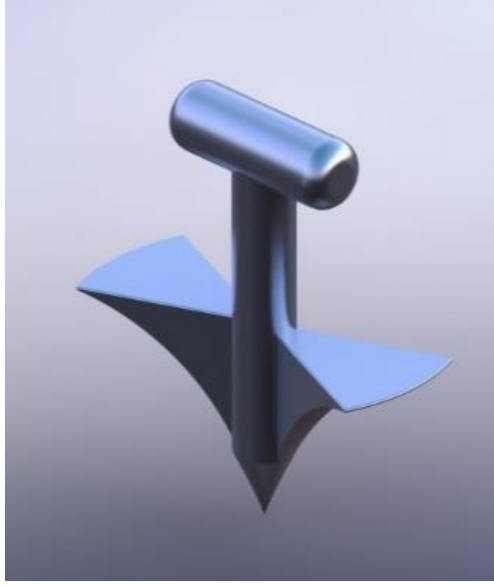
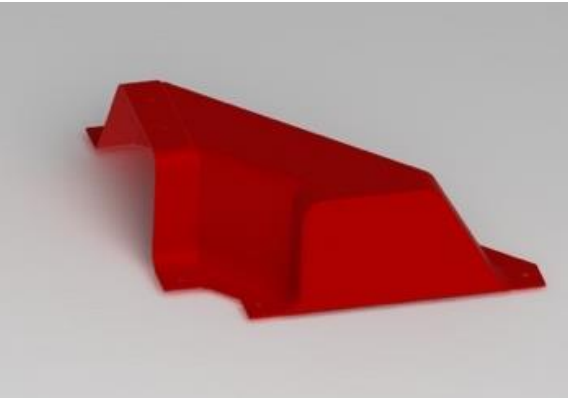
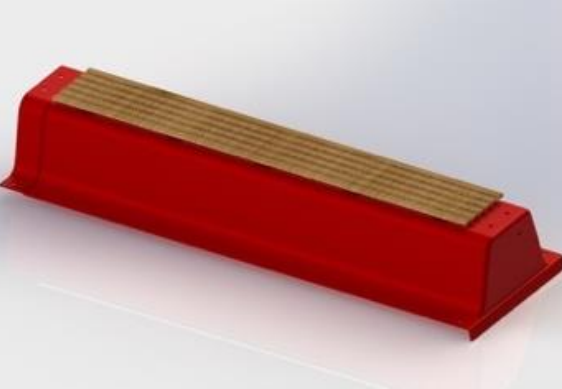
Figur 74 - Render av montering for "eksenterlås" og "ekspansjonsbolt", konsept 2. Egenprodusert render

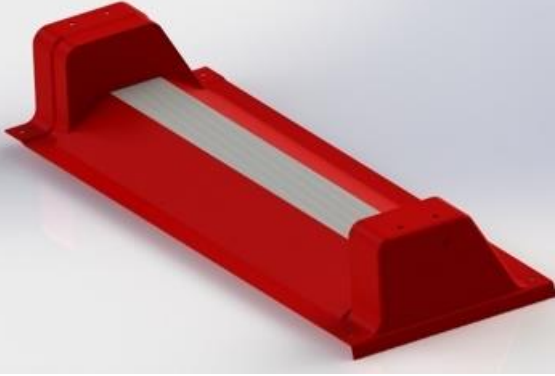


Figur 75 - Render av montering for "ekstern sittebenk", konsept 2. Egenproduserte render

5.2.3.2 Datablad

Bilde	Navn	Antall
	Standardmodul	Valgfritt i forhold til andre moduler
	eksenterlås	2 per modul

	ekspansjonsbolt	2 per modul
	45 hjørne	4
	Ingen/eksterne	Valgfritt for kjøper

	Rist	Valgfritt for kjøper
---	------	----------------------

Tabell 15 - Datablad for konsept 2. Egenproduserte rendere

5.2.3.3 SWOT-Analyse konsept 2

Positive faktorer

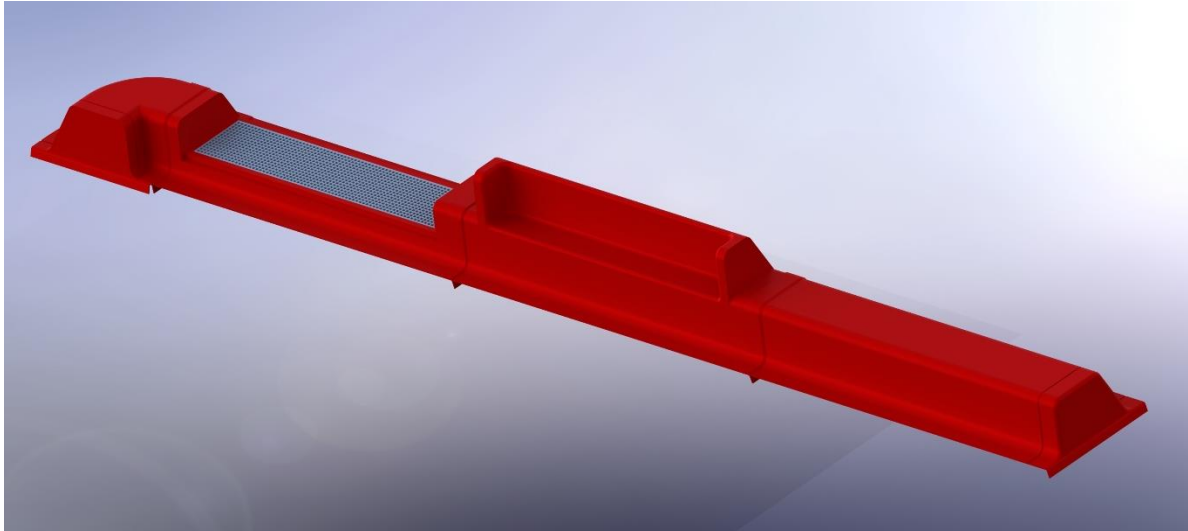
Negative faktorer

<p>Styrker:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enkel montering. - Inngangsparti har god oppsamlingsevne av granulater. - Rist kan tas av slik at oppsamlet granulater kan spres utover banen igjen. - Krever færre verktøy/former under produksjon grunnet løsningen for sitteplasser. 	<p>Svakheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inngangsparti følger ikke loven for stigningsprosent på rampe (TEK 17). - Krever flere utkontrakterte/eksterne deler for ønsket funksjon. 	Internt
<p>Muligheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mulighet for å ikke ha sitteplasser, eller montere eksterne komponenter på standardmodul som sitteplass. - Ekspansjonsbolt kan benyttes sammen med andre bakkefester for bedre feste i bakken. 	<p>Trusler:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Festemekanismen vil kunne løsnes enkelt av brukere. - Bratt stigning på inngangsparti, kan sette for stort press på materialet når tungt maskineri skal inn på banen. 	Eksternt

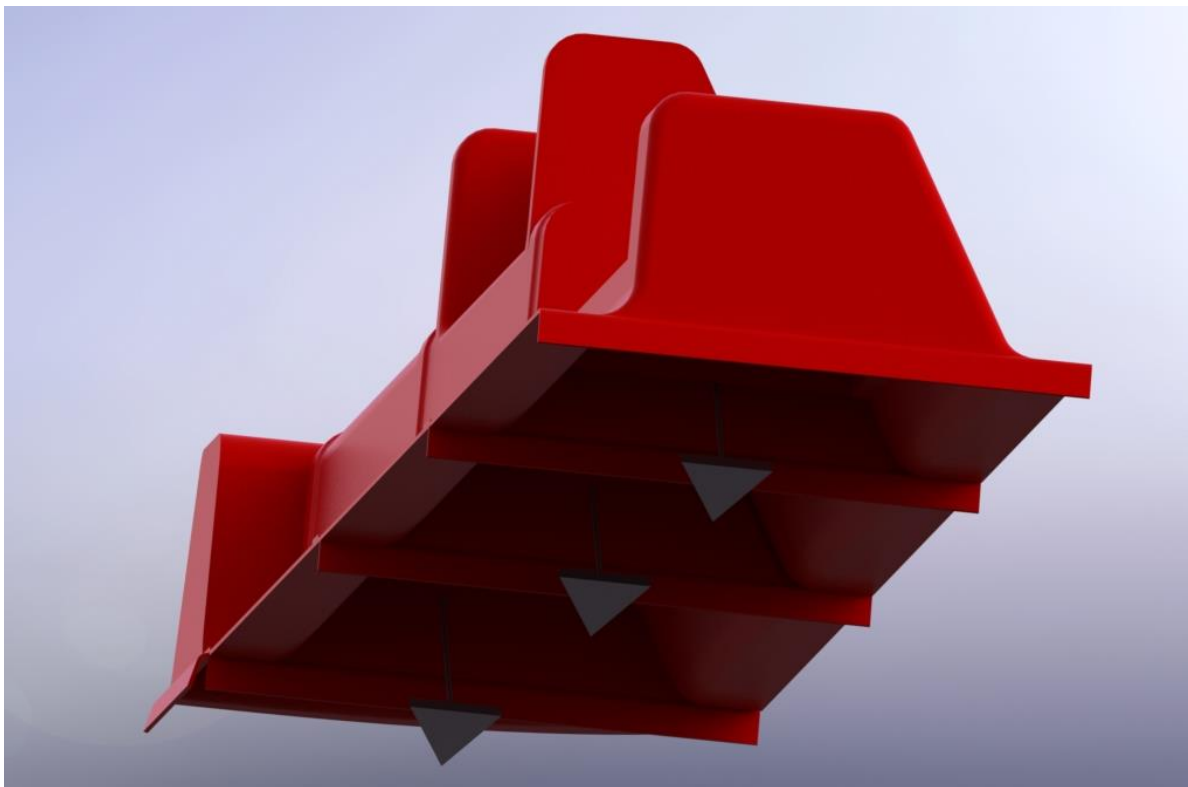
Tabell 16 - SWOT-Analyse, konsept 2. Egenprodusert tabell

5.2.4 Konsept 3

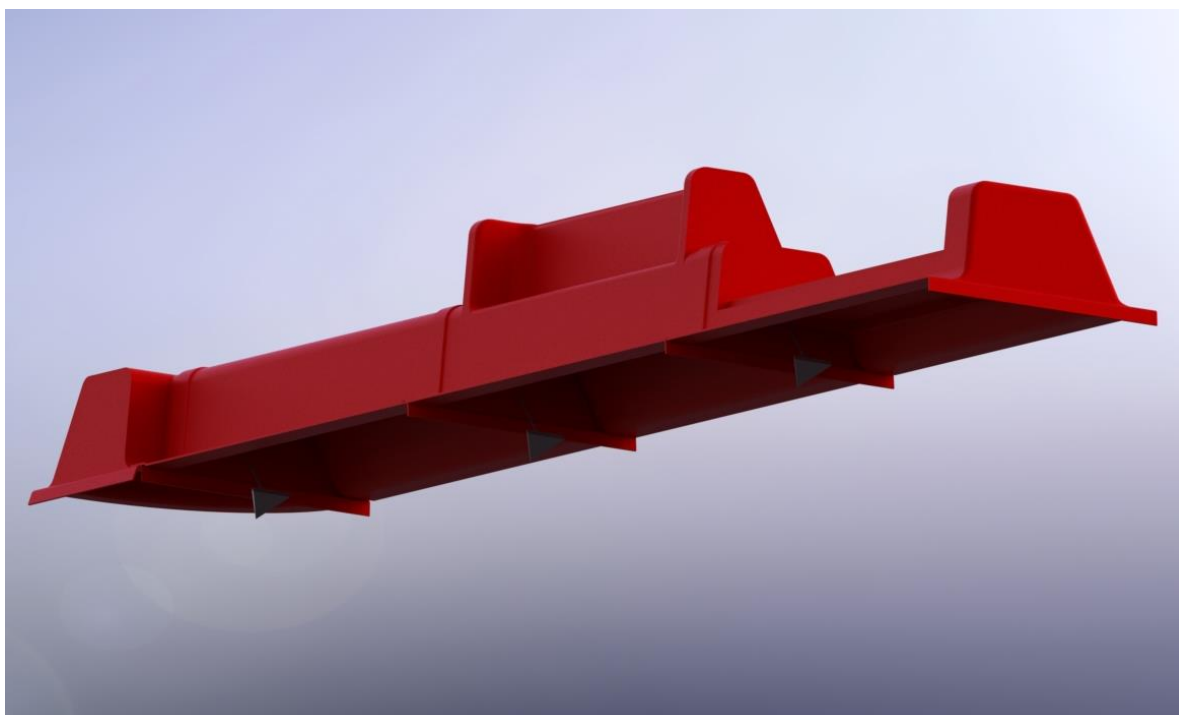
Det tredje konseptet har brukt idéene, standardmodul, vertikale skinner, anker, bue, integrert «sofa» og ekstern rampe. Sammensettingen av disse er vist under.



Figur 76 - Render av konsept 3, forfra. Egenprodusert render



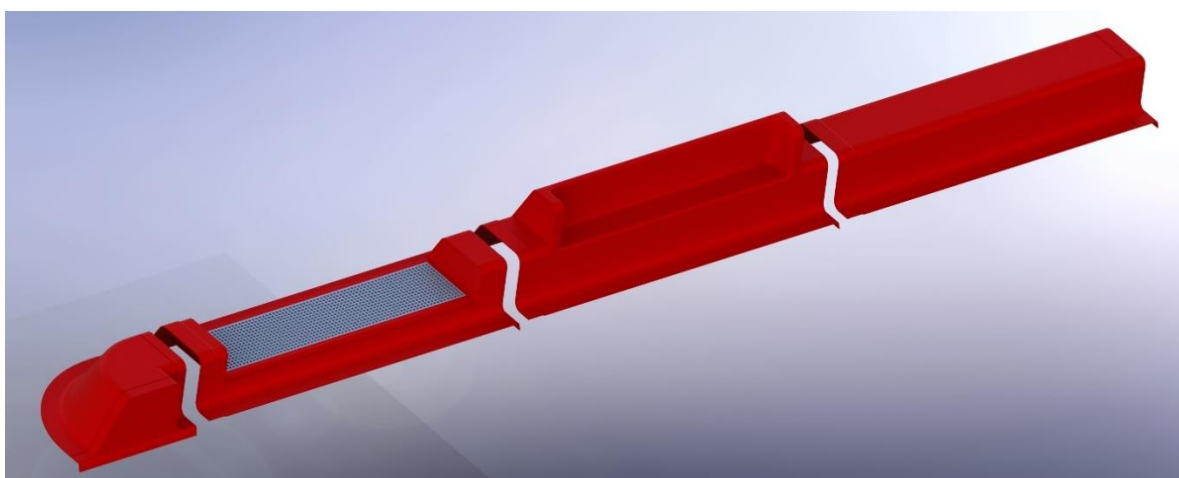
Figur 77 - Render av "anker", konsept 3. Egenprodusert render



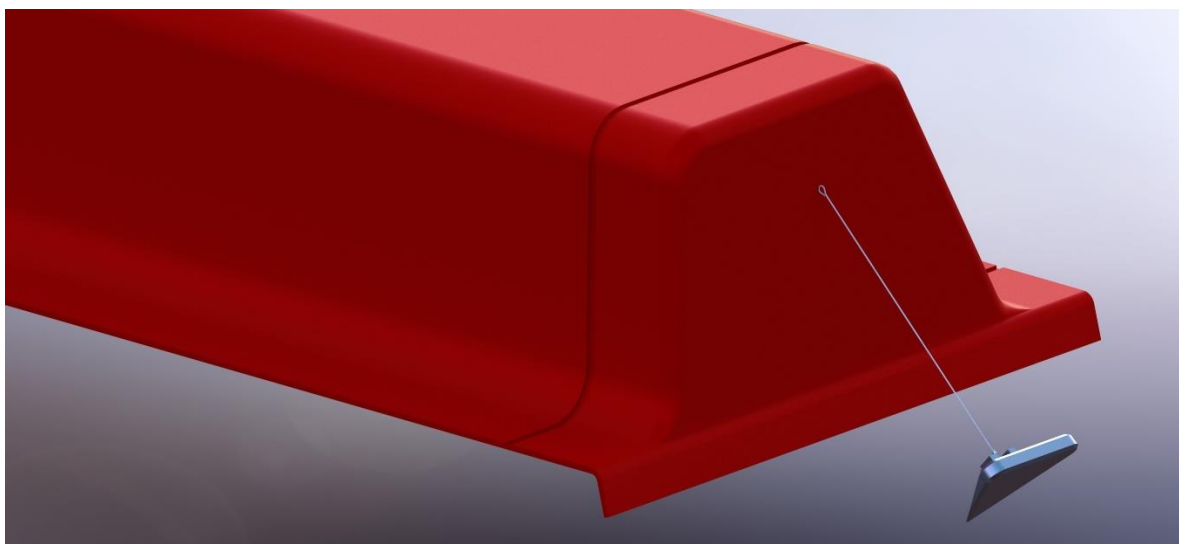
Figur 78 - Render av konsept 3, under. Egenprodusert render

5.2.4.1 Montering

På dette konseptet starter også monteringen med å plassere ut modulene i valgt rekkefølge. Også her starter monteringen i hjørnet. Modulen som skal festes blir løftet opp, slik at utstikkeren som er under overlappen, treffer sporet på hjørnet. Deretter blir ankeret festet til modulen, satt i spenn og hamret ned i bakken. Prosessen er lik uavhengig av modul som skal festes. Til slutt legges risten på inngangspartiet.



Figur 79 - Render av montering, konsept 3. Egenprodusert render

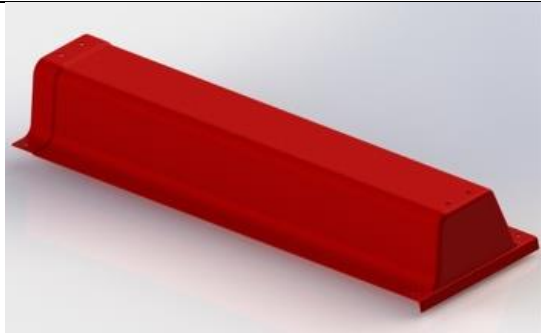



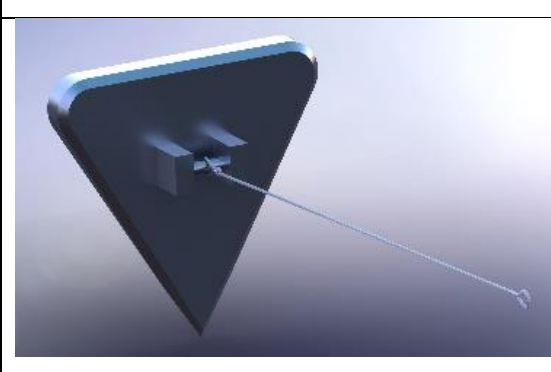
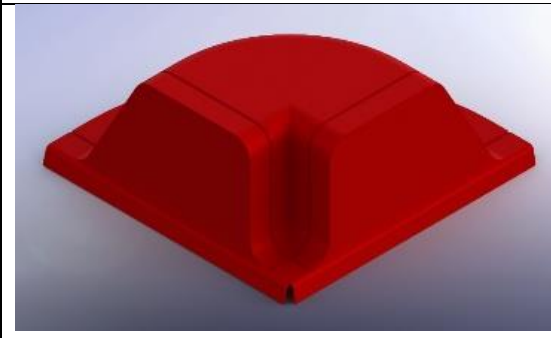
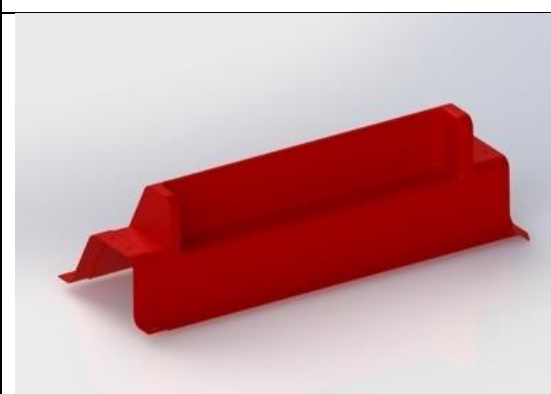
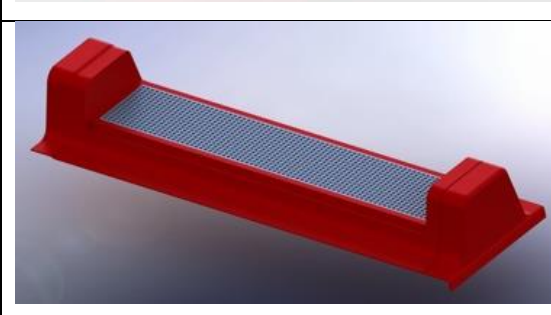
Figur 80 - Render av montering for "anker", konsept 3. Egenprodusert render



Figur 81 - Render av montering for "vertikale skinner", konsept 3. Egenprodusert render

5.2.4.2 Datablad

Bilde	Navn	Antall
	Standardmodul	Valgfritt i forhold til de andre modulene

	<p>Vertikale skinner</p>	<p>1 utstikker per modul. 1 spor per modul</p>
	<p>Anker</p>	<p>1 per modul</p>
	<p>Bue</p>	<p>4</p>
	<p>Integrert «sofa»</p>	<p>Valgfritt for kjøper</p>
	<p>Ekstern rampe</p>	<p>Valgfritt for kjøper</p>

Tabell 17 - Datablad for konsept 3. Egenproduserte rendere

5.2.4.3 SWOT-Analyse konsept 3

Positive faktorer	Negative faktorer	
<p>Styrker:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enkel montering - Festemekanismen fører til mindre utkontrakterte deler. - Bakkefestet er gjemt under produktet, som hindrer muligheten for hærverk - Inngangsparti har god oppsamlingsevne av granulat - Rist kan tas av slik at oppsamlet granulat kan spres utover banen igjen 	<p>Svakheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sitteplassen har lav stablingsevne. - Sitteplassen vil kreve mer avansert form og mer materialet for å produseres - Festemekanismen fører til vanskeligere demontering. 	Internt
<p>Muligheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bakkefestet kan kombineres med andre bakkefester, for å skape bedre feste til bakken. 	<p>Trusler:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Festemekanismen vil ikke direkte feste, modulene sammen, og vil være enkelt å ta opp uten ekstra sammenføring 	Ekstern

Tabell 18 - SWOT-Analyse av konsept 3. Egenprodusert tabell

5.3 Evaluering av konsepter

Evalueringen av konseptene blir gjort i henhold til kravspesifikasjonen. Denne evalueringen vil vise til om konseptene følger kravene. De kravene som ikke følges, må redegjøres for, og det må deretter utvikles en løsning som svarer på problemet. Siden målet med evalueringen er å bedømme hvor godt konseptene følger kravspesifikasjonen, er det valgt å kun ta med de nødvendige kravene, ettersom at resultatet er nødt til å følge disse. Om konseptene oppfyller kravene eller ikke blir vist slik: oppfyller kravet (grønn), uvisst hvilken grad kravet blir oppfylt(gul), oppfyller ikke kravet (rød).

5.3.1 Evaluering av krav: funksjoner

Funksjoner:	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Brukervennlig, enkel og intuitiv montering	Grøn	Grøn	Grøn
Følge regjeringens krav om størrelse og funksjon	Grøn	Grøn	Grøn
Lav vekt	Grøn	Grøn	Grøn
Transport effektiv/moduler kan stables	Rød	Rød	Rød
Enkel demontering	Grøn	Rød	Rød
Mulighet for tilkobling av reklameskilt	Grøn	Grøn	Grøn
Skal være robust og stabil	Gul	Grøn	Grøn
Skal være intuitiv i bruk, formålet skal være synlig	Grøn	Grøn	Grøn
Modul for hjørner	Grøn	Grøn	Grøn
Modul for inngangsparti	Grøn	Grøn	Grøn
Må kunne samle og oppbevare granulat	Gul	Grøn	Grøn

Tabell 19 - Evaluering av krav: funksjoner. Egenprodusert tabell

Kravet, «transport effektiv/moduler kan stables», er ikke fulgt av noen av konseptene. Grunnen til dette er, blant annet, at de to modulene 45° hjørne og integrert «sofa» ikke er transportvennlig. 45° hjørne tar mye plass på grunn av utformingen, og det er ikke mulig å minske modulen uten å ødelegge egenskapene. For integrert «sofa» gjør utformingen stabling utfordrende. Dette er også et problem som ikke kan løses, uten at det går på bekostning av funksjonen. De andre modulene antas å ha god stablingsevne, og kan transporteres effektivt, bortsett fra inngangspartiene. Inngangspartiene i alle konseptene er ikke mulig å stable oppe på hverandre, derfor er en løsning rundt akkurat dette, noe som er nødt til å ses på videre, uavhengig av hva som blir tatt til endelig konsept.

Kravet, «enkel demontering», er ikke fulgt av hverken konsept 2 eller 3. Kravet er at konseptene skal ha enkel demontering, selv om konsept 2 og 3 ikke har det, er ikke demonteringen umulig. Demonteringen er bare litt utfordrende og siden muren, med mindre noe uforutsett skjer, ikke skal demonteres før etter cirka 10 år, ses ikke dette på som en veldig stor svakhet hos konseptene.

Konsept 1 følger ikke kravet: «Må kunne samle og oppbevare granulat». Grunnen til at kravet er uvisst hvor godt følges, er på grunn av inngangspartiet til konseptet. Buet rist vil ha

dårlig oppbevaringsevne av granulat, ettersom at kun halve modulen vil ha en «vegg» som stopper granulatet å forsvinne ut. I tillegg vil denne «veggen» føre til at halve risten samler opp granulat på feil side, i forhold til banen.

Kravet, «skal være robust og stabil», er uvisst om følges av konsept 1, ettersom at det er uvisst hvor godt feste i bakken, bakkefestet gir. For de to andre konseptene antas det at bakkefestet er godt.

5.3.2 Evaluering av krav: kvalitet

Kvalitet:	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Lang levetid på produktet (minimum banens levetid, 10 år)			
Materialvalg og produksjonsmetode skal ikke ha negativ innvirkning på estetiske og funksjonelle krav			
Belastningsdyktig			

Tabell 20 - Evaluering av krav: kvalitet. Egenprodusert tabell

5.3.3 Evaluering av krav: materialvalg og produksjon

Materialvalg og produksjon:	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Må kunne produseres med vakuuminjeksjon			
Lang holdbarhet			
Miljøvennlig - minimalt utslipp			

Tabell 21 - Evaluering av krav: materialvalg og produksjon. Egenprodusert tabell

5.3.4 Evaluering av krav: ytre form, mål og vekt

Ytre form, mål og vekt:	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Avrundede kanter			
Håndterbar modul- og komponentstørrelse			
Ingen skadelige deler			
Form skal følge gitt standardmodul av CSUB			
Samsvarer med produktets funksjon			

Kravet, «*Ingen skadelige deler*», er et krav som er vanskelig å begrunne om det følges av konseptene eller ikke. Det er valgt å sette opp konsept 1 og 2 som uvisst i hvor stor grad de er i stand til å følge kravet. Grunnen til dette er de utstikkende festemekanismene og bakkefestene. Hvor stor risiko disse delene gir er uvisst, men det antas å være høyere enn hos konsept 3, som ikke har noen deler som stikker ut fra modulenes jevne overflate.

5.4 Valg av komponenter til et endelig konsept

For å utvelge de forskjellige komponentene, har de blitt vurdert mot hverandre, med kunnskapen fra evalueringen og SWOT-analysene. For festemekanismer har pins og eksenterlås flere styrker, men svakhetene overgår de. Som forklart tidligere kan pins få problemer under montering, og begge kan utgjøre en risiko for brukere, da de stikker ut av modulene. De vertikale skinnene har også en svakhet, nemlig at den fører til vanskeligere demontering. Dette er ikke noe som er blitt sett på som et essensielt krav, ettersom muren skal stå i minst 10 år før den eventuelt må demonteres. Derfor er vertikale skinner valgt som den festemekanismen det endelige konseptet skal ha.

Bakkefestene har litt annerledes vurdering enn festemekanismen. Dette er fordi det er mulig å bruke flere samtidig. Av denne grunn er det valgt en som hovedkomponent, men med mulighet for bruk av flere. Komponentene sett opp mot hverandre, viser til at ankeret er best. Grunnen til dette er at spiral bardunen og ekspansjonsbolten vil gi modulene utstikkere som kan være en risiko for brukere. I tillegg er det usikkert hvor godt feste spiral bardunen gir som eneste bakkefeste. Både ankeret og ekspansjonsbolten gjør også demontering vanskeligere, men som definert tidligere blir ikke dette sett på som et essensielt krav, som er nødt til å følges. Bakkefeste som er valgt for det endelige konseptet er derfor, anker.

Valget av sitteplass var relativt enkelt, ettersom komponenten integrert «sofa» ikke kunne stables. Derfor ble separerte sitteplasser valgt som konsept, men også eksterne sitteplasser blir tatt med videre. Grunnen til at separerte sitteplasser blir valgt er fordi det er en konkret komponent, mens eksterne sitteplasser kan være akkurat det kunden ønsker å bruke. I tillegg vil separerte sitteplasser komme som en ferdig komponent, i motsetning til eksterne

sitteplasser som kun vil være en vanlig standardmodul, frem til brukeren monterer på løsningen for sitteplass.

Både buet hjørne og 90° avrundede hjørnet følger alle kravene gitt i kravspesifikasjonen. 45° hjørnet derimot er en relativt stor komponent, som gjør transport mindre effektiv. Det var ingen enkel løsning på dette problemet, derfor er ikke denne komponenten tatt med videre. Både det buede og 90° avrundede hjørnet kan velges som hjørnekomponenten, men siden det buede hjørnet er en litt mindre komponent, som vil gjøre håndtering enklere og transport litt mer effektiv, er den valgt å tas med i det endelige konseptet.

Den siste komponenten som må velges til det endelige konseptet er inngangspartiet. Dette er på samme måte som sitteplassene, et relativt enkelt valg. Buet rist løsningen medfører en risiko for at brukere kan skli på den om vinteren, følger ikke kravene i TEK 17 og har dårlig oppbevaringsevne av oppsamlet granulat. Flat rist følger heller ikke kravene i TEK 17 og har et lite område med rist hvor granulat kan oppsamles. Valget av inngangsparti er derfor ekstern rampe. Dette fordi den har mulighet for tilføyning av ramper slik at stigningen følger kravene i TEK 17, risten er stor og oppbevaringsevnen av granulat er god.

For å oppsummere, er de komponentene som vil være med i det endelige konseptet: Standardmodul, vertikale skinner, anker (eventuelt andre), separerte sitteplasser (sitteplasser med eksterne komponenter), buet hjørne og ekstern rampe.

5.5 Testlaminater

Ettersom CSUB, kontinuerlig gjennom prosjektet, har uttrykt ønske om å benytte resirkulert glassfiber-granulat i produktet, ble det konstruert testlaminater i laben ved NTNU.

Laminatene ble kuttet i prøver, som senere ble sendt til SINTEF Manufacturing for testing.

5.5.1 Konstruksjon

Alle komponentene som trengtes for å lage glassfiberkompositt ble supplert av CSUB, etter bedriftsbesøket. Ecofiber (et avfallsmottak for glassfiber og komposittmaterialer) var kontaktet for å få resirkulert glassfiber-granulat, men det ble benyttet gummigranulat istedenfor. Testlaminatene ble laget med glassfibermatter og polyester harpikser, hvor to av

laminatene var med gummigranulat, og to var uten. Etter at testlaminatene var herdet, ble de kuttet opp i testprøver. (se bilder nedenfor for prosess)



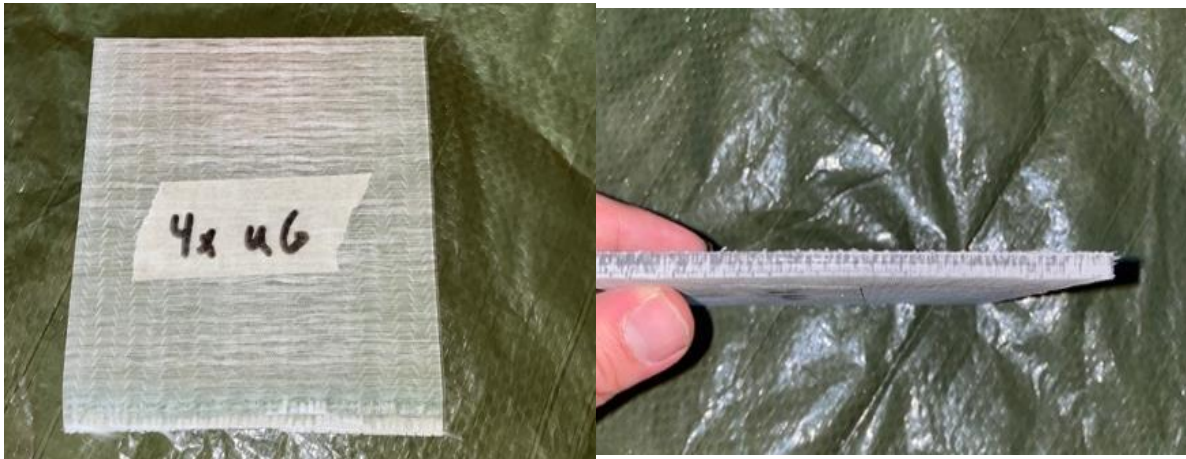
Figur 82 - Bilder fra vakuuminjeksjon i lab. Selvtatte bilder



Figur 83 - Bilder fra vakuuminjeksjon i lab. Selvtatte bilder

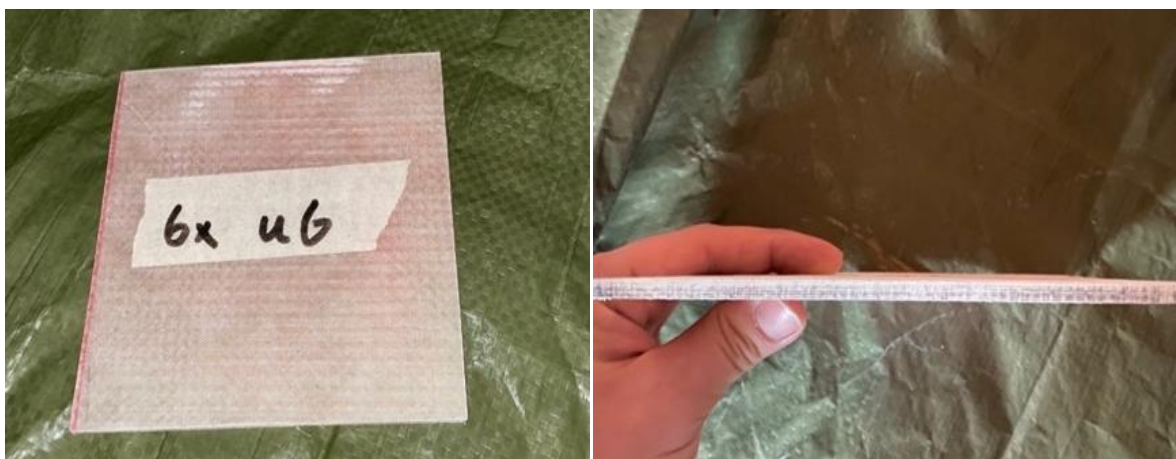
5.5.2 Ferdige laminater

2x2 glassfibermatter uten granulat



Figur 84 - 2x2 glassfibermatter uten granulat. Selvtatte bilder

3x3 glassfibermatter uten granulat



Figur 85 - 3x3 glassfibermatter uten granulat. Selvtatte bilder

2x2 glassfibermatter med granulat



Figur 86 - 2x2 glassfibermatter med granulat. Selvtatte bilder

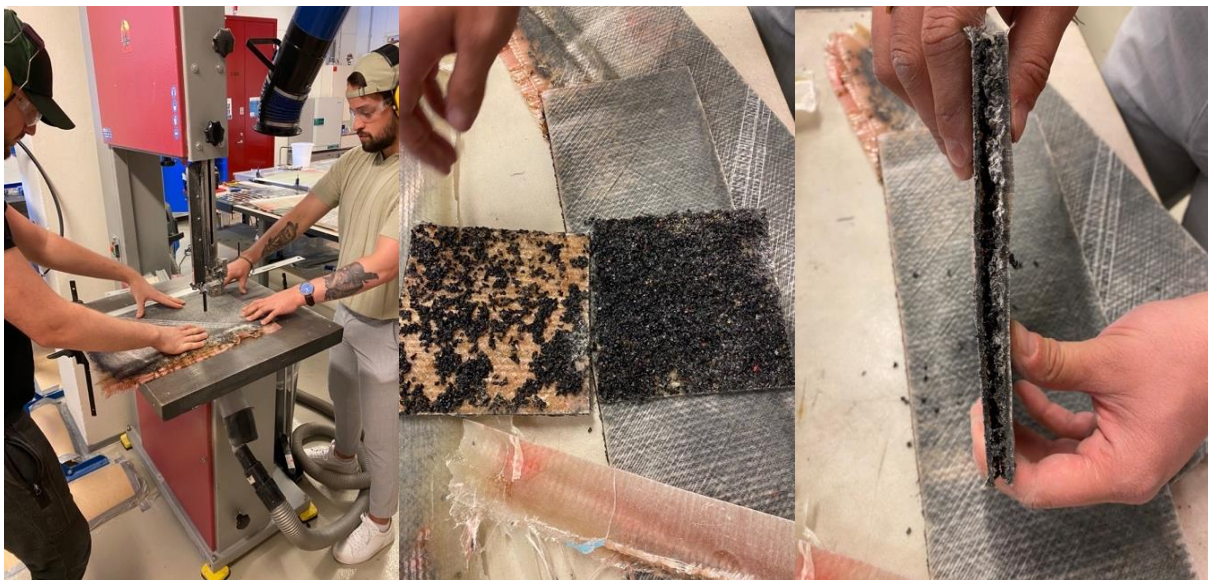
3x3 glassfibermatter med granulat



Figur 87 - 3x3 glassfibermatter med granulat. Selvtatte bilder

5.5.3 Problemer oppstått

Testlaminatene uten granulat ble som ønsket, og produksjonen gikk sømløst. Testlaminatene med granulat derimot, bydde på et par problemer. Granulatet var ikke mulig å fordele jevnt på laminatet og tykkelsen ble derfor litt forskjellig. På testlaminatet, 2x2 glassfibermatter med granulat, ble det lagt på for mye granulat, noe som førte til at harpiksen ikke fikk festet alle delene av mattene sammen.



Figur 88 - Bilder av kapping og problemer oppstått under vakuuminjeksjon. Selvtatte bilder

6.0 Resultat

6.1 Videre utvikling av endelig konsept

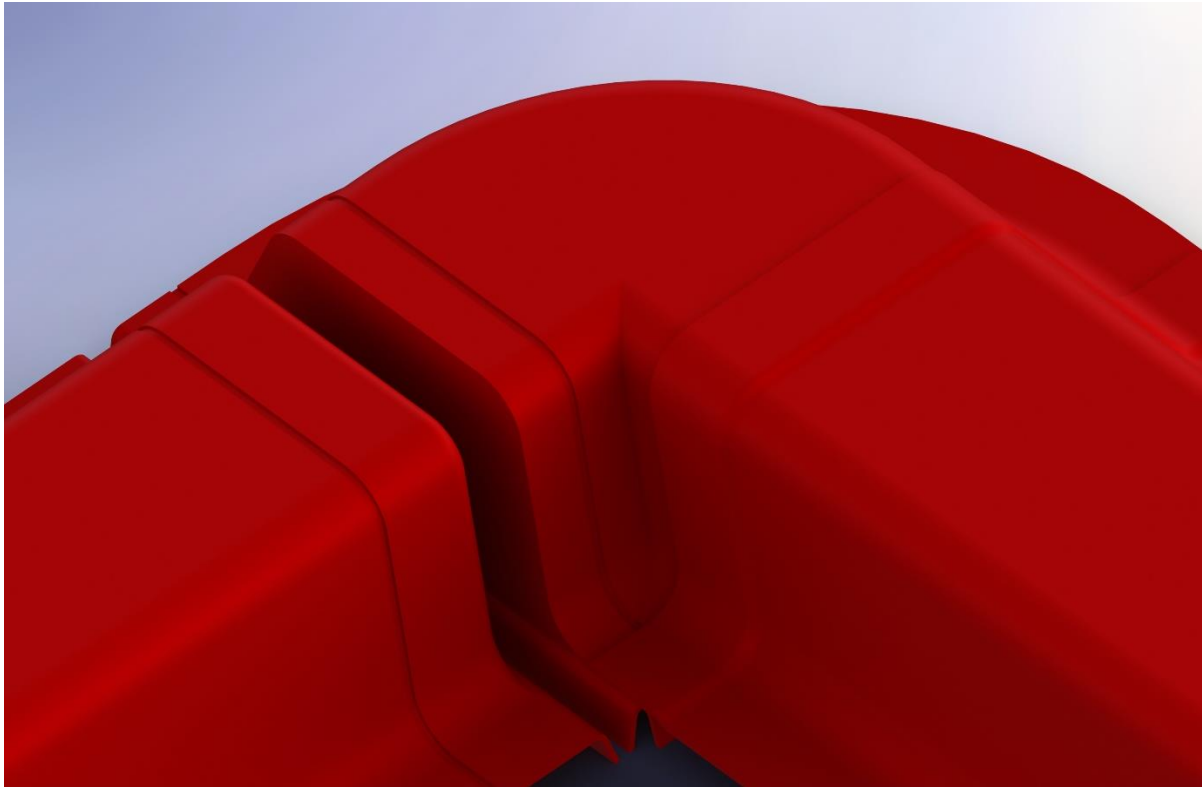
Det endelige konseptet ble konstruert på bakgrunn av evalueringen av konseptene. Selv om hver del i det endelige konseptet fungerer, bydde sammensettingen, av produktet rundt en hel fotballbane, på problemer. Problemene som oppsto, var:

- Festemekanismen vil ikke fungere på begge sider av hjørnene, på grunn av utformingen, eller hvis standardmodulen må kuttes for å passe banens størrelse.
- Hvordan kan reklameplakater integreres på produktet slik at de er synlige, men ikke påvirker funksjonen?
- Hvordan skal produktet transporteres?

Løsninger til disse problemene ble forsket på, og løsningene som ble konstruert er forklart i de tre neste delkapitlene.

6.1.1 Overlapp-modul

Som forklart tidligere vil ikke festemekanismen fungere på begge sider av hjørnene, eller hvis standardmodulen må kuttes. Dette er fordi modulene har en utstikker på ene siden, og et spor på den andre. Når modulen festes til hjørnet, vil standardmodulen og hjørnet på andre siden ha spor mot spor, altså ikke være mulig å feste (vist på figuren under). Hvis standardmodulen kuttes, vil det samme problemet oppstå. Forskjellen er at her, vil en avkuttet standardmodul møte sporet på hjørnet.

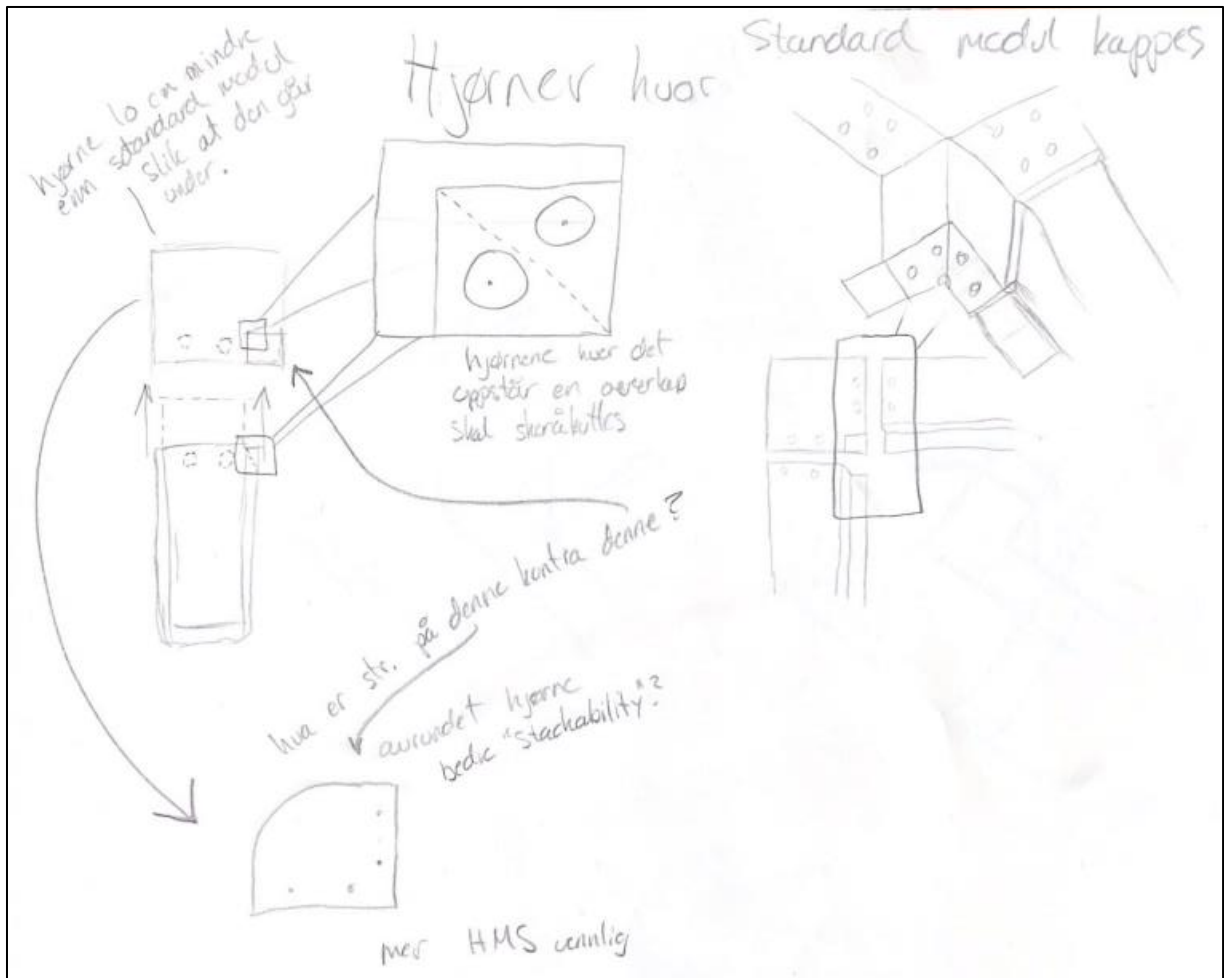


Figur 89 – Render av problem oppstått ved montering i hjørne. Egenprodusert render

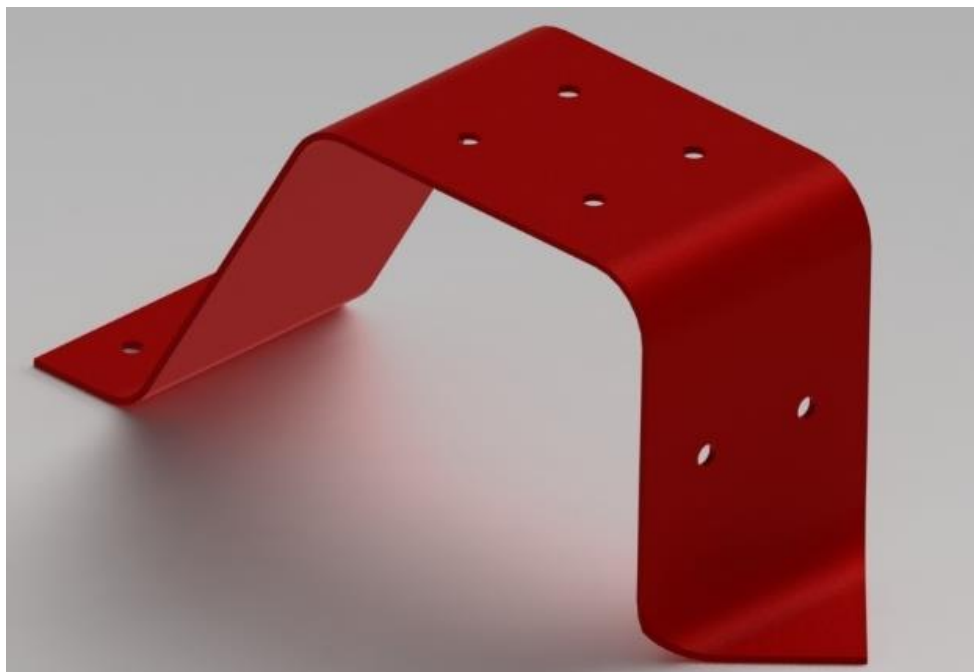
For å løse dette problemet ble det derfor utviklet en overlapp funksjon. Overlappen vil fungere som en egen modul, som legges over standardmodulen og hjørnet, der festemekanismen ikke fungerer. Den vil også kunne benyttes når standardmodulen kuttet, slik at produktet passer alle baners størrelse. Overlapp-modulen vil ha hull, og for å feste standardmodulen og hjørnet sammen, er det tenkt at en gummiexpansjon og skrue skal benyttes (denne løsningen er presentert i CSUB's forprosjekt, se vedlegg). Da må det borres hull i standardmodulen og hjørnet som linjer opp konsentrisk med hullene på overlapp-modul. Det er også mulig å benytte vanlige skruer for å feste overlappen, men dette vil trolig ikke gi like godt feste. Hvordan overlappen ble utviklet til en endelig modul, er vist på figurene under.



Figur 90 – Bilde av gummiexpansjon og skrue. Hentet fra CSUB's forprosjekt



Figur 91 – Skisse av utviklingsprosessen til overlapp-modul. Egenprodusert skisse



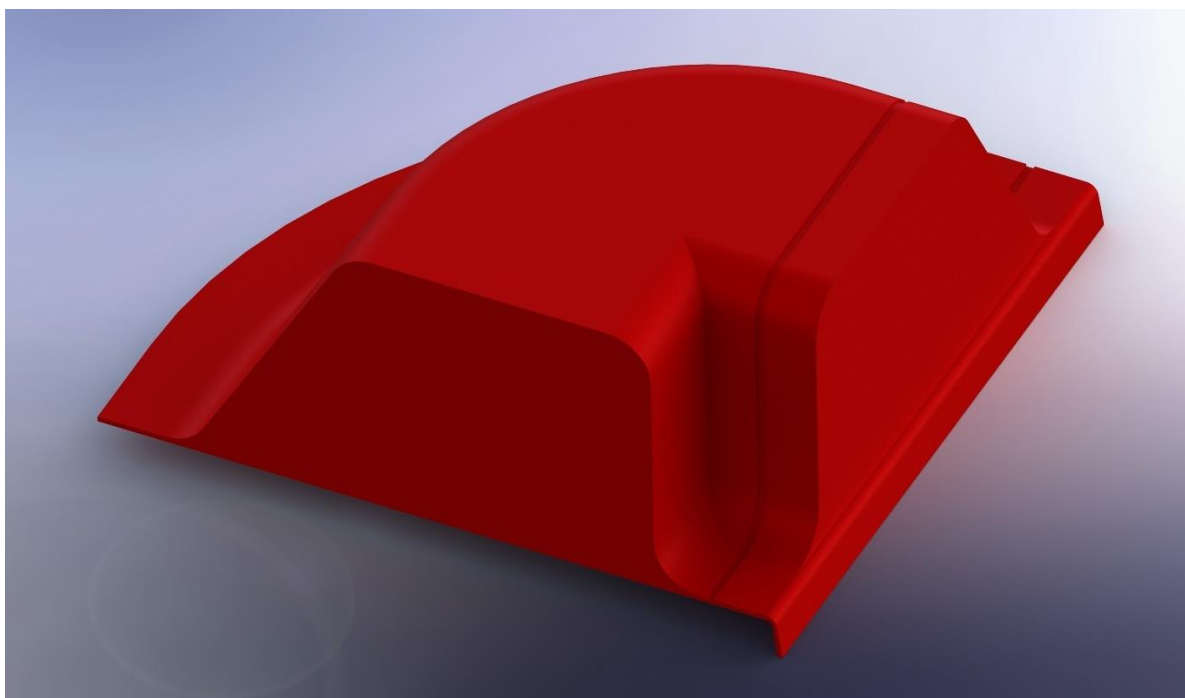
Figur 92 – Render av overlapp-modul. Egenprodusert render.

6.1.2 Hjørnemodul

Etter utviklingen av overlapp-modulen, presenterte et nytt problem seg. Dette problemet var følgende: Hvis det ikke var ønskelig å kappe modulene som monteres til hjørnet, ville ikke den nye overlapp-løsningen fungere i hjørnene. Problemet ser man når to nedstikkere møtes. Ved at modulene kolliderer tidlig, vil det oppstå et relativt stort sprik mellom dem, og overlapp-modulen vil miste sin funksjon.



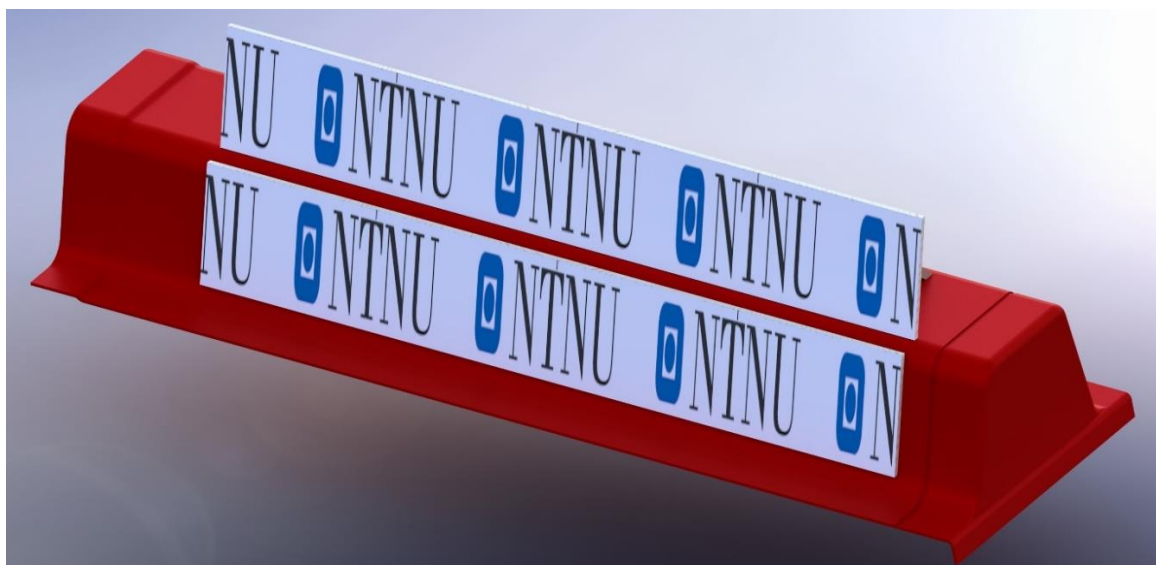
Dette ble løst ved å fjerne den ene nedstikkeren på hjørnet («sporet» til festemekanismen ble også fjernet, ettersom dette viste seg å være en unødvendig funksjon). Løsningen sørget for et mindre sprik mellom hjørnet og modulen. Resultatet for hjørnet er vist nedenfor.



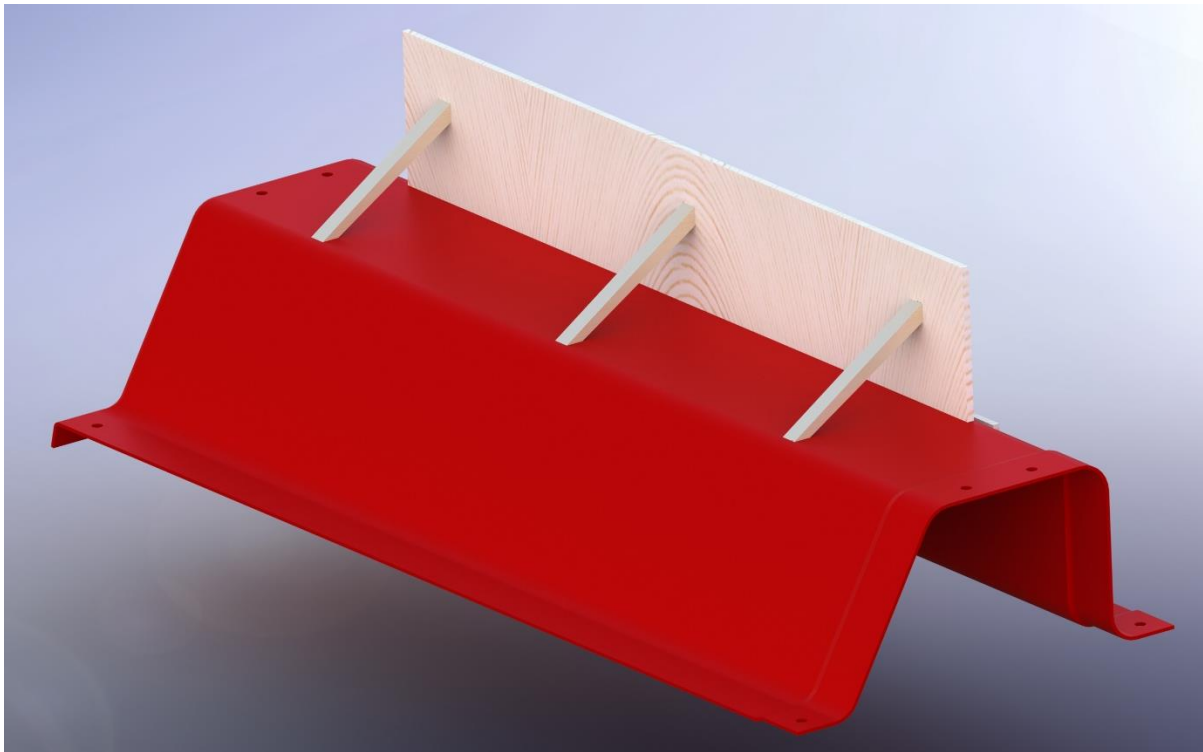
Figur 93 - Render av hjørnemodul. Egenprodusert render

6.1.3 Reklameplakater

Etter samtaler med flere fotballklubber var det usikkerhet rundt hvordan sponsorene skulle reklameres etter etablering av ringmuren. Dette var noe som måtte utforskes ettersom at sponsorer er en av de største inntektskildene til de fleste klubber. Det som ble sett på var, som forklart tidligere, hvordan reklameplakater kunne festes til produktet, slik at de ikke hindret funksjonen, men fortsatt var synlige. Løsningene som ble utviklet er vist på figurene under. Reklameplakatene kan enten skrues fast til den vertikale siden av produktet, eller på toppen, ved hjelp av en bjelke.



Figur 94 - Render av reklameplakater montert på standardmodul, forfra. Egenprodusert render



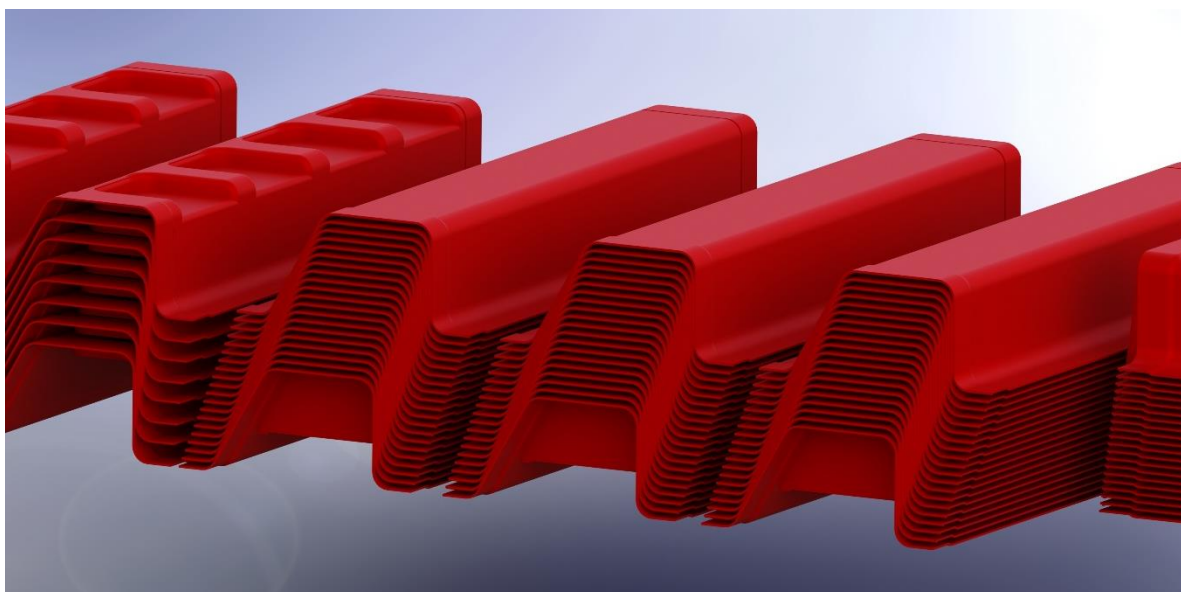
Figur 95 - Render av reklameplakater montert på standardmodul, bakfra. Egenprodusert render

6.1.4 Stablingsevne

Etter digitale sammenstillinger med stabling av modulene valgt til endelig konsept, er det funnet ut at de separerte sitteplassene vil kreve mer hulrom mellom hvert lag i stabelen. Standardmodulene og det buede hjørnet, hadde ingen problemer ved stabling. På bildet nedenfor legger man merke til at desto høyere stabelen er, desto mer vil den øverste modulen ha forflyttet seg i forhold til den nederste. Dette er fordi tykkelsen på veggene er 10mm.

Som vist på bildet, har ingen moduler noe problem innenfor stablingsevne. Det ble nevnt under konseptevalueringen at uavhengig av hvilket inngangsparti som skulle tas videre, var det nødt til å løse problemet rundt stabling. Dette er løst ved å plassere inngangspartiene som nederste lag i hver stabel med standardmoduler. Eksempelet på bildet viser 3 stabler av standardmoduler med inngangspartier i bunn.

Hvor mange moduler som kan stables varierer. Eksempelvis vil «separerte sitteplasser» kun ha mulighet til å stable 8 moduler for å oppnå samme høyde som 20 standardmoduler.



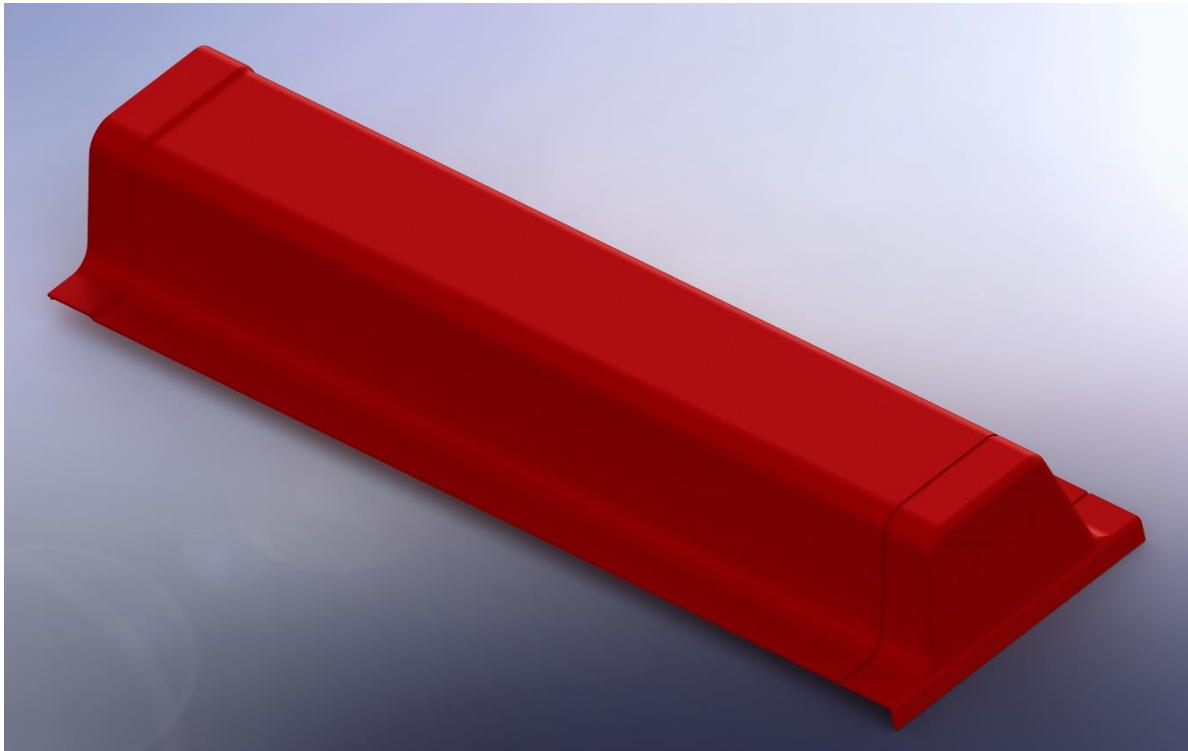
Figur 96 - Render av stablingsvevnen til modulene. Egenprodusert render

6.2 Resultat av utviklingsprosess

Resultatet er presentert på bakgrunn av alle steg som har blitt gjort under utviklingsprosessen. Fra brainstorming og tankekart, til et endelig resultat, har det vært mange steg på veien for å skape et resultat som, ikke bare svarer på problemstillingen, men også overholder kravene som er satt. Utvalgte idéer er tatt videre til konsepter, og et endelig konsept ble presentert før en videreutviklingsfase sørget for et velbegrunnet resultat.

Minst én komponent fra hver kategori har gått fra en enkel skisse til en gjennomførlig løsning, presentert som render. Alle komponentene utgjør, til sammen, sluttproduktet for oppgaven, og derfor også svaret på oppgaven og problemstillingen. Komponentene og sammenstillingen som utgjør resultatet, er vist på figurene under.

6.2.1 Standardmodul



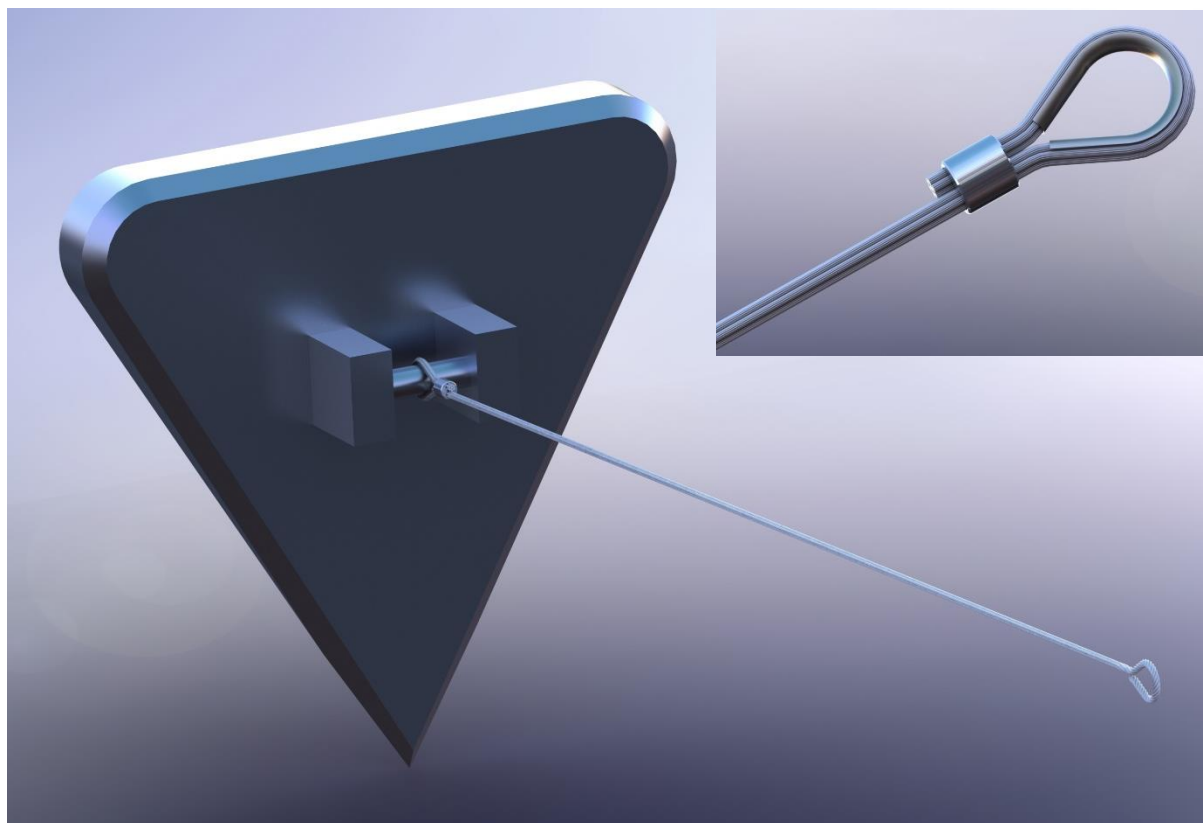
Figur 97 - Render av ferdigstilt standardmodul. Egenprodusert render

6.2.2 Festemekanisme



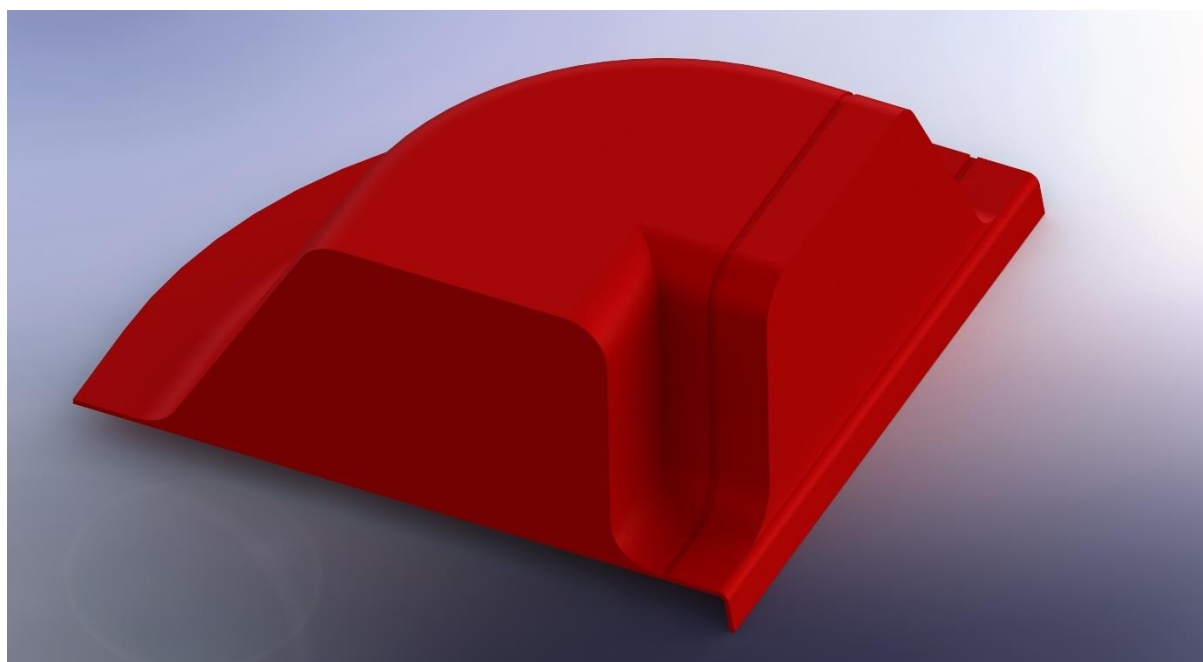
Figur 98 - Render av ferdigstilt festemekanisme. Egenprodusert render

6.2.3 Bakkefeste



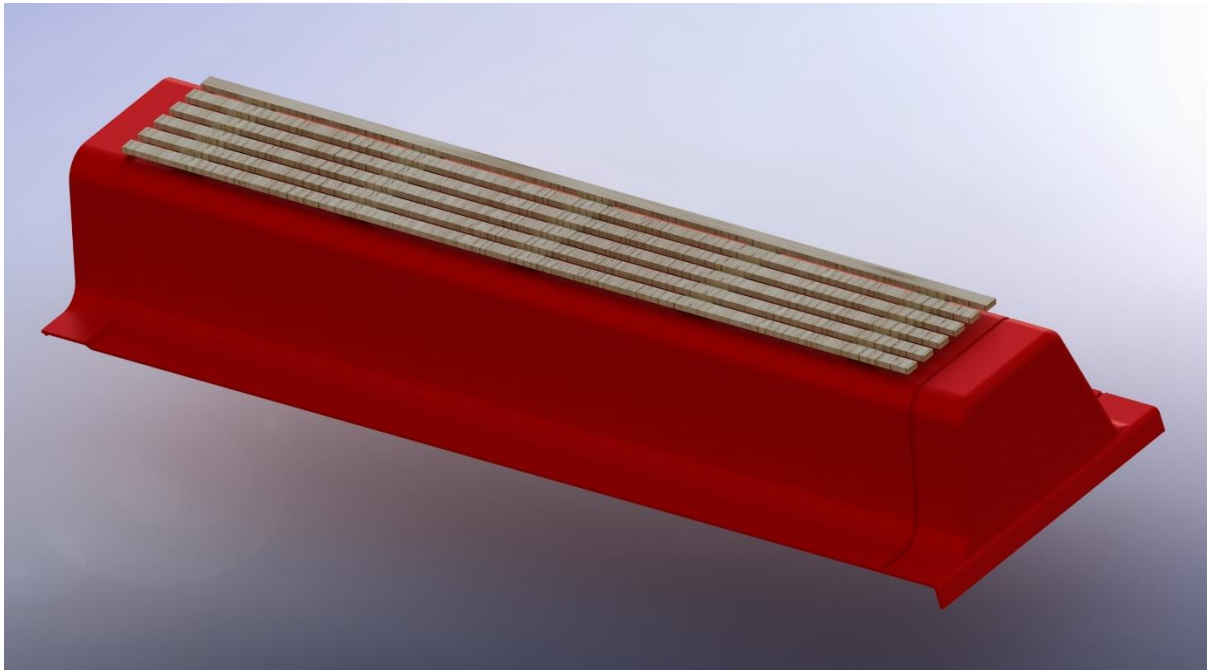
Figur 99 - Render av ferdigstilt bakkefeste. Egenprodusert render

6.2.4 Hjørnemodul

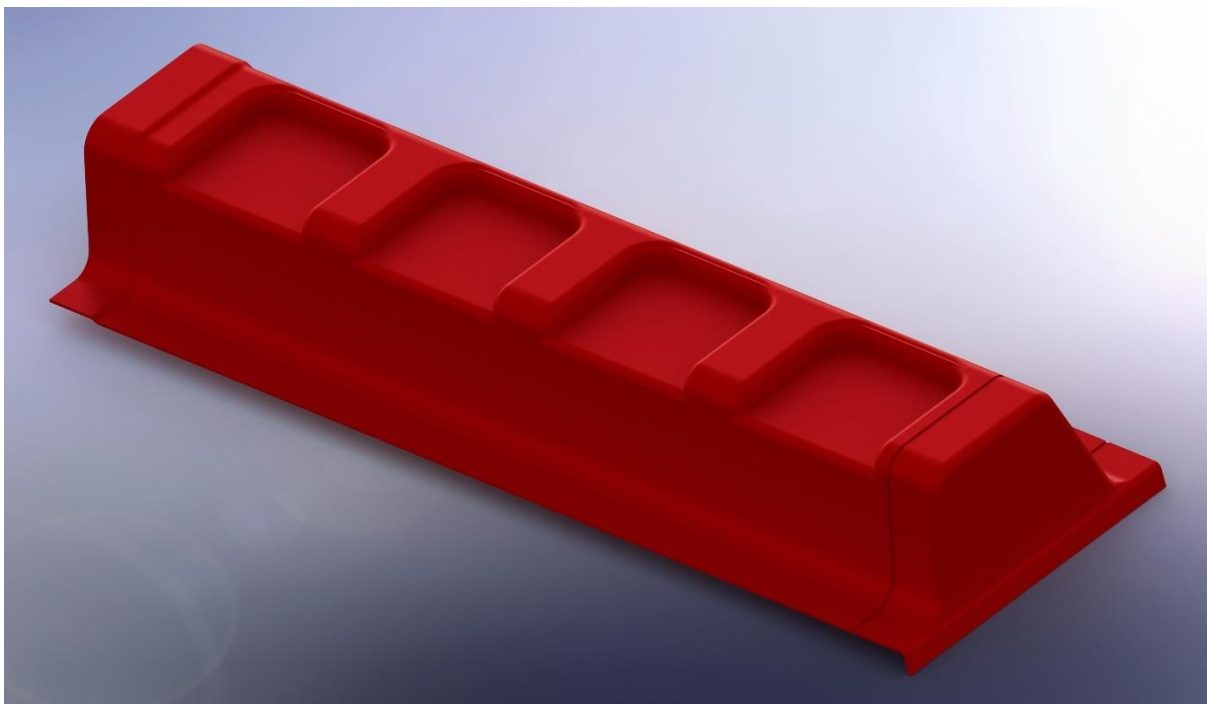


Figur 100 - Render av ferdigstilt hjørnemodul. Egenprodusert render

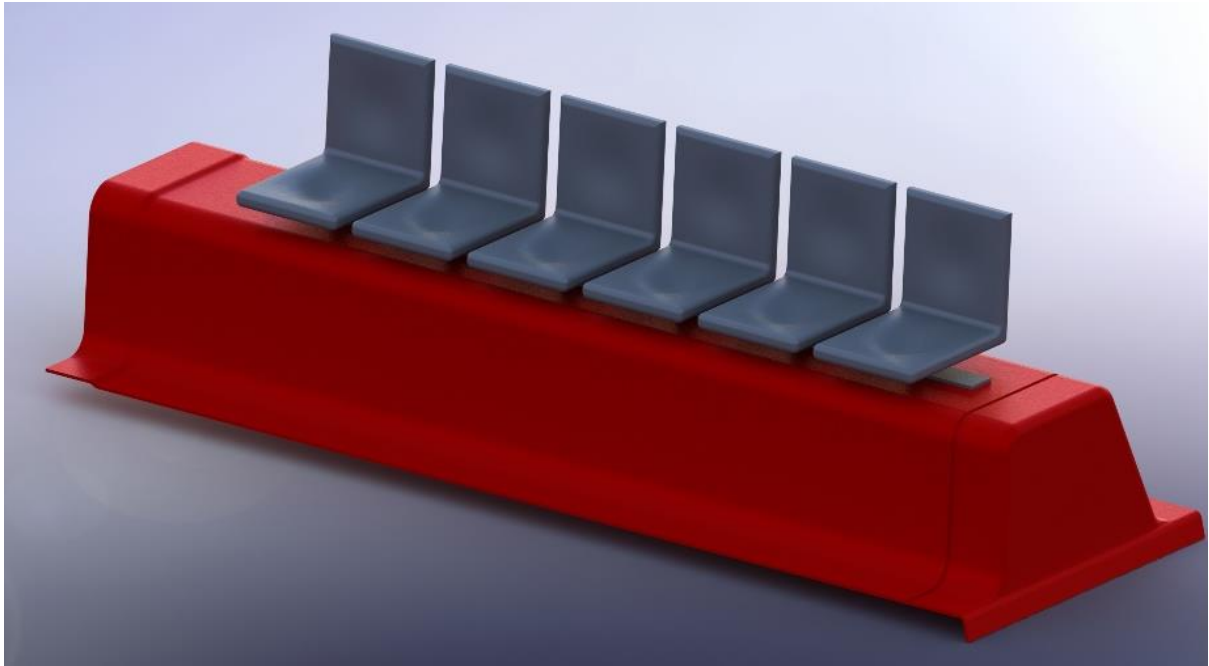
6.2.5 Sitteplasser



Figur 101 - Render av ferdigstilte sitteplasser. Egenprodusert render

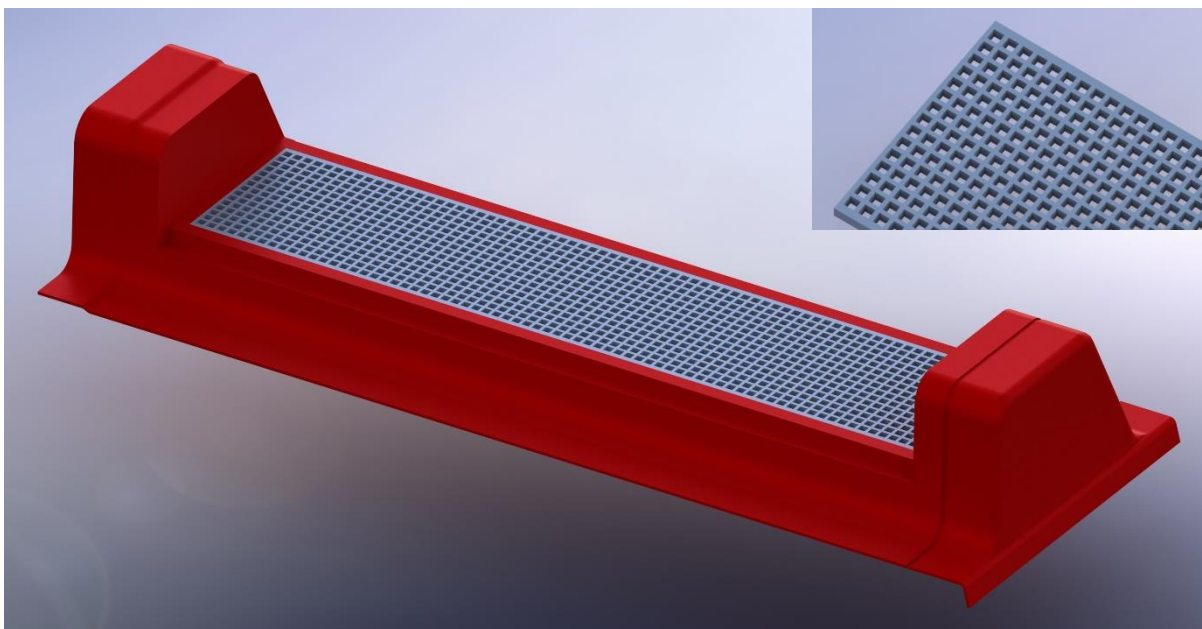


Figur 102 - Render av ferdigstilte sitteplasser. Egenprodusert render



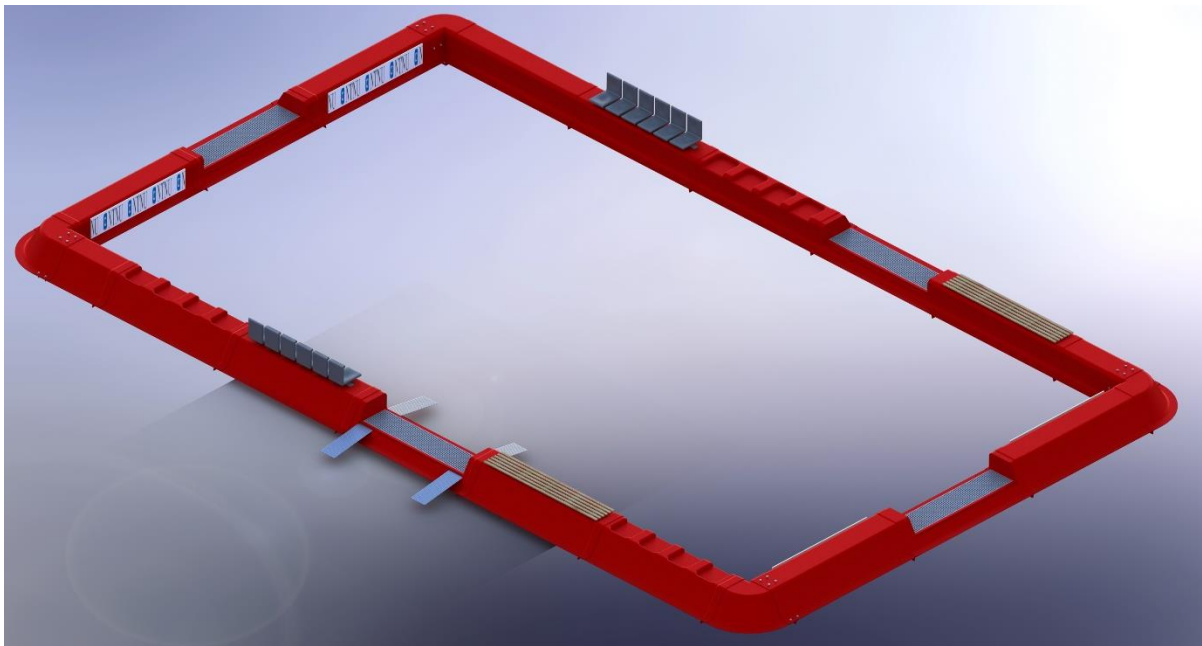
Figur 103 - Render av ferdigstilte sitteplasser. Egenprodusert render

6.2.6 Inngangsparti

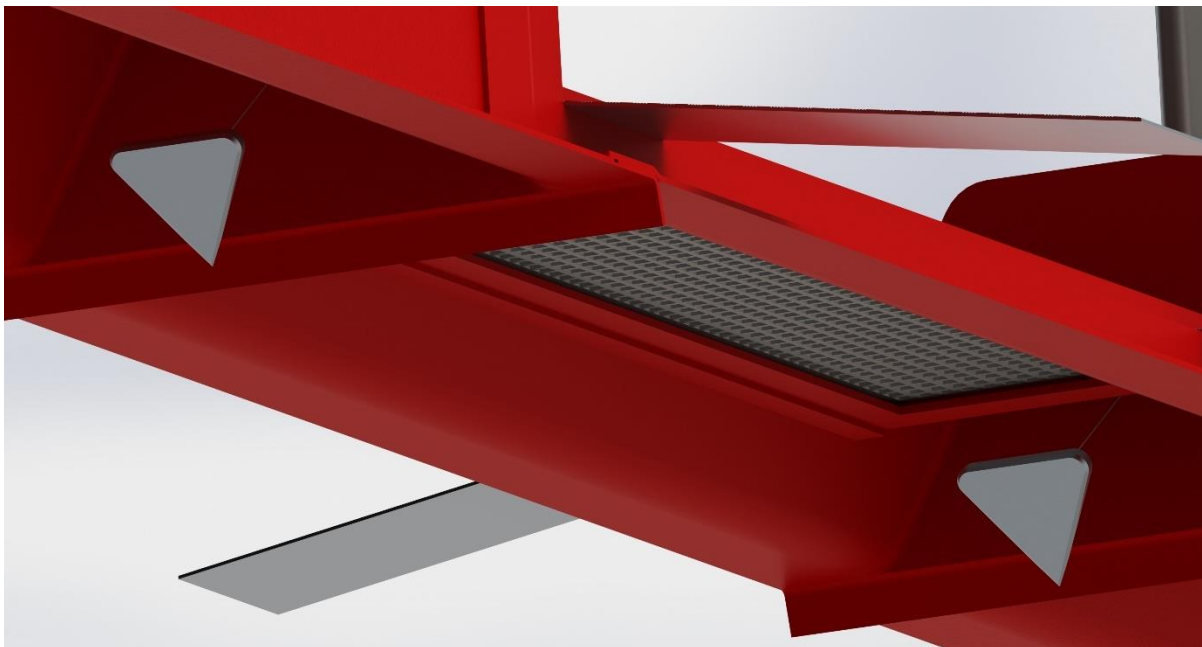


Figur 104 Render av ferdigstilt inngangsparti. Egenprodusert render

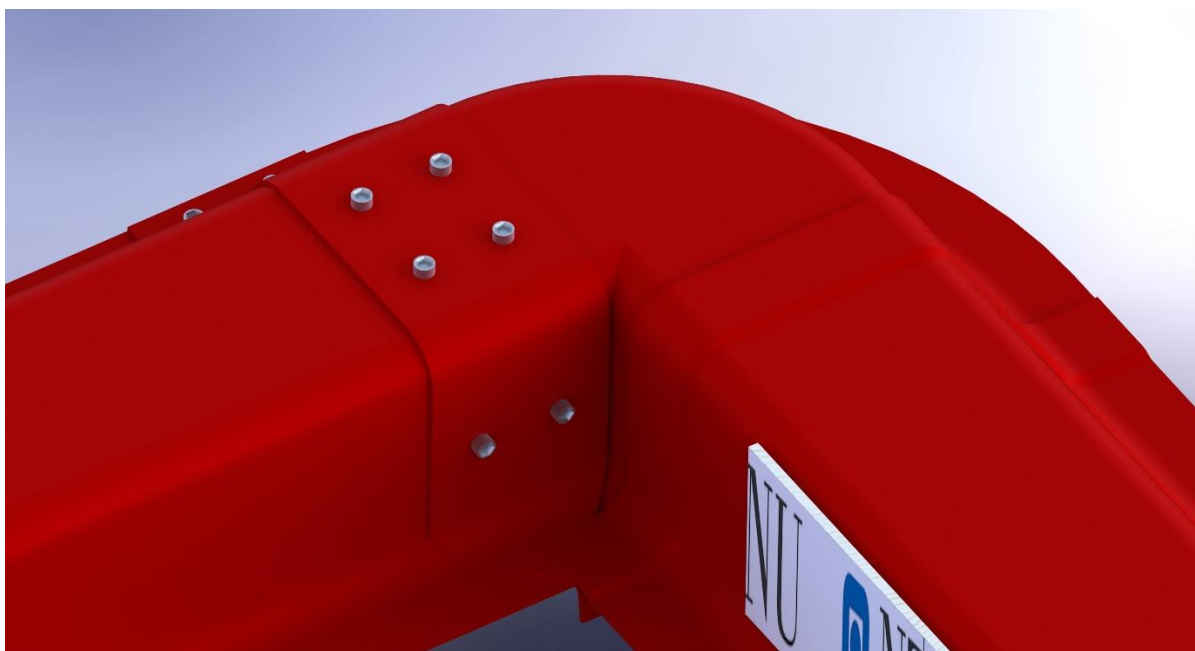
6.2.7 Sammenstilling av komponenter



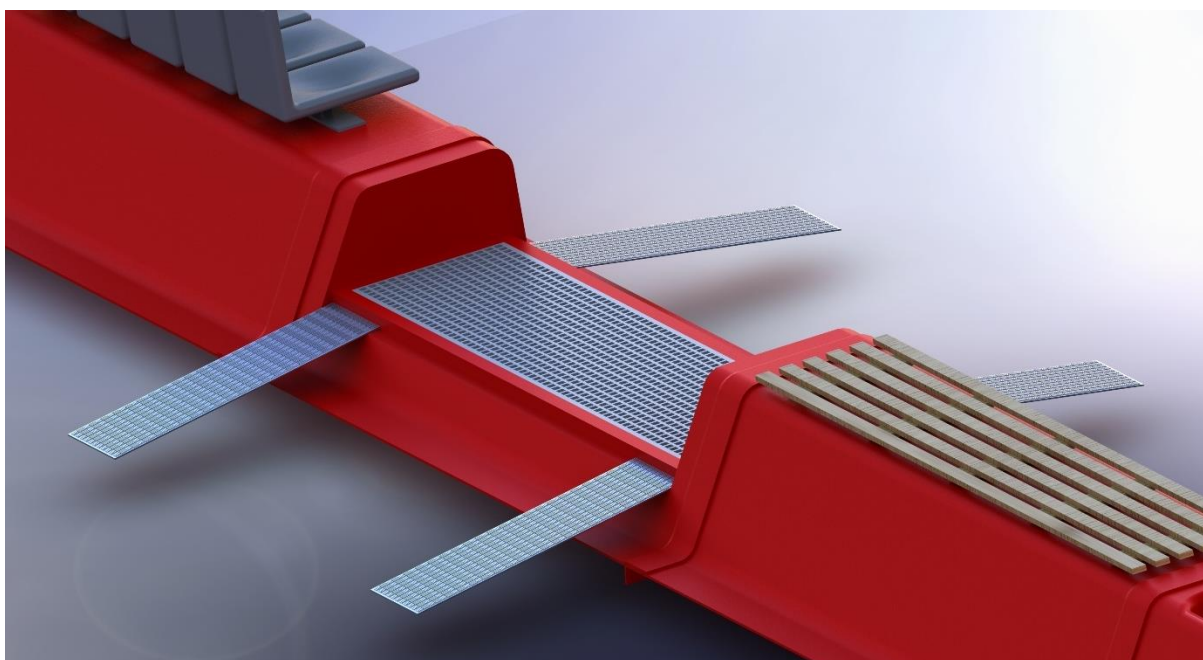
Figur 105 - Render av resultat, liten versjon. Egenprodusert render



Figur 106 - Render av resultat for bakkefeste, liten versjon. Egenprodusert render

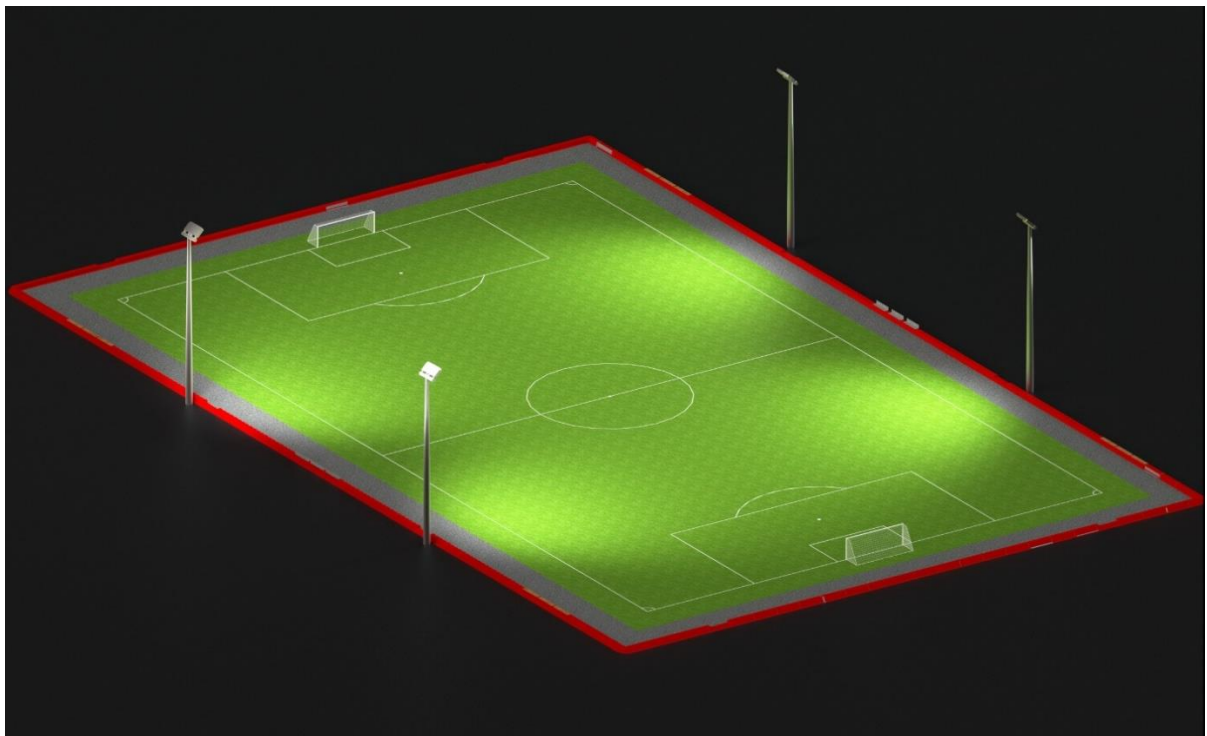


Figur 107 - Render av resultat for overlapp-modul, liten versjon. Egenprodusert render

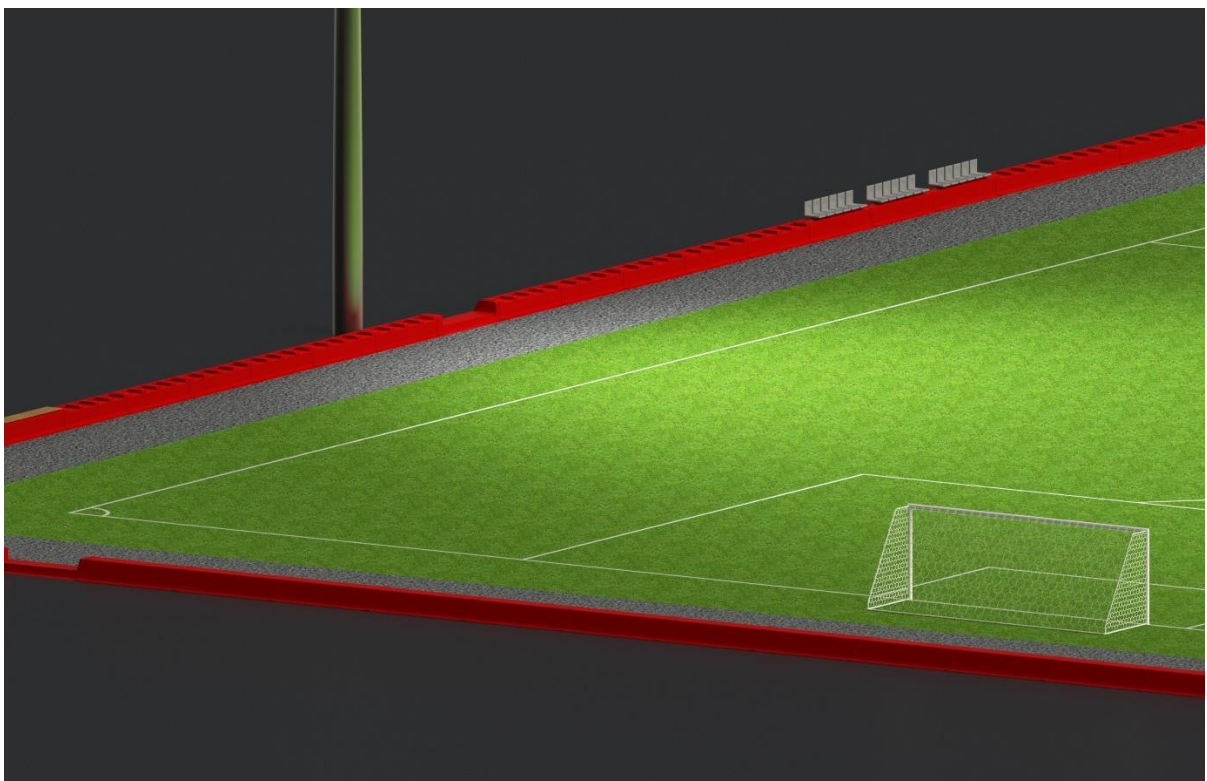


Figur 108 - Render av resultat for inngangsparti, liten versjon. Egenprodusert render

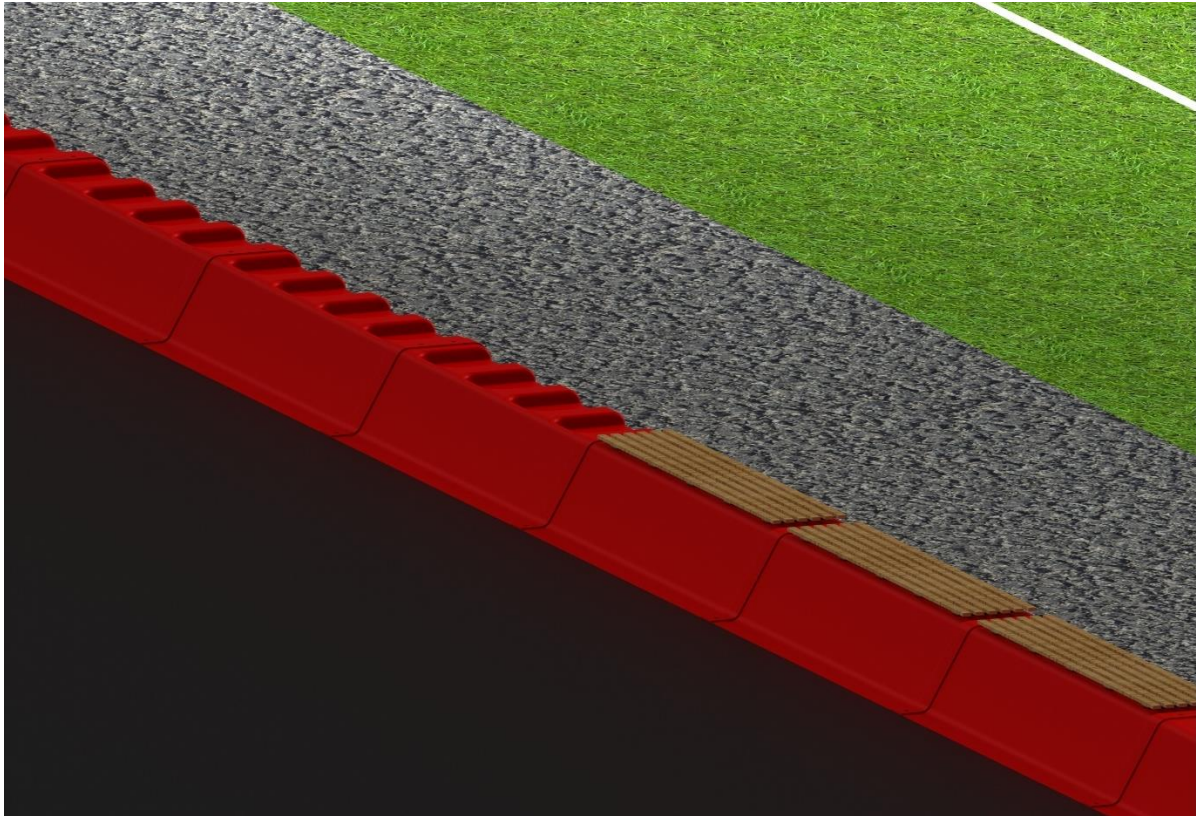
6.2.8 Produkt i miljø



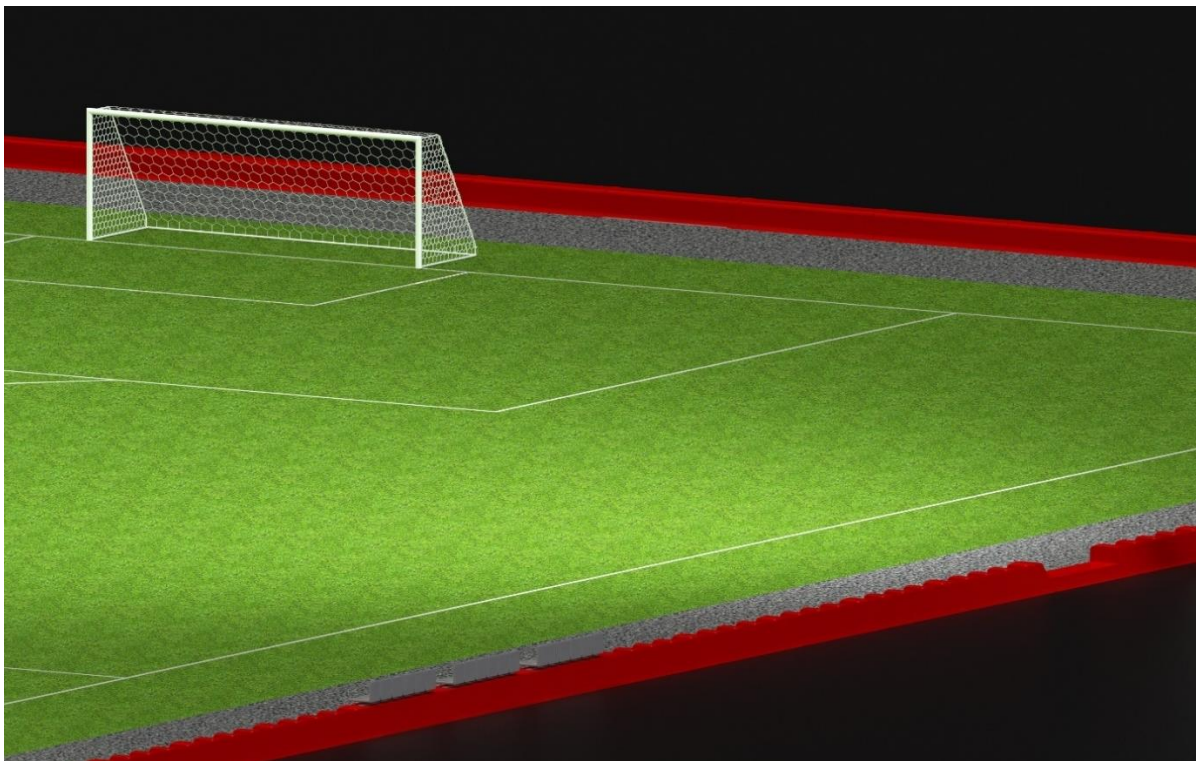
Figur 109 - Render av produkt i miljø. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)



Figur 110 - Render av produkt i miljø, hjørne. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)



Figur 111 - Render av produkt i miljø, sitteplasser. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)

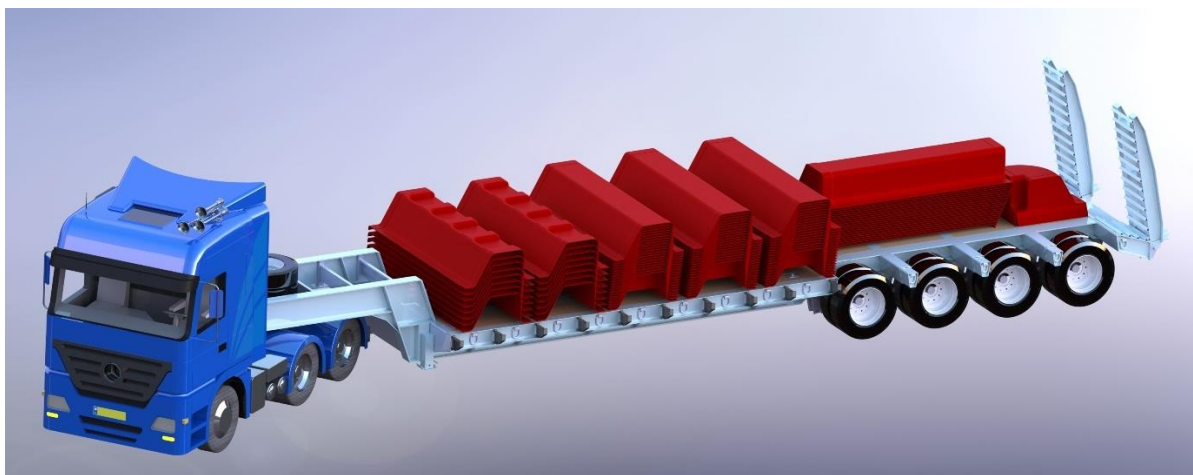


Figur 112 - Render av produkt i miljø, hjørne. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Aldubaisi, 2011)

6.3 Forsendelse og montering

Proessen fra bestilling til ferdig oppsatt mur, blir slik:

- Kunden legger inn bestilling.
 - o Akkurat hvordan bestilling foregår, overlates til CSUB, men ettersom modulene vil produseres enkeltvis, kan man tenke seg til at kunden selv vil kunne bestemme hvor mange moduler av hver komponent, som skal bestilles. En slik løsning vil øke fleksibiliteten til produktet.
- Modulene (og eventuelt andre komponenter) lastes opp på lastebil (se bilde).
 - o Gjennom forskning rundt stablingsevne, er det kommet frem til at modulene enkelt kan stables oppe på hverandre. Nøyaktig hvor mange moduler som kan stables i hver rad, er uvisst, ettersom dette ikke har vært mulig å teste. Med tanke på det som er nevnt tidligere, angående forflytning på modulene ved stabling, er det gjort et estimat på at omtrent 20 standardmoduler kan stables, uten risiko. Antallet moduler som kan stables vil variere ut ifra hvilke moduler som stables.



Figur 113 - Render av stabling og forsendelse til modulene. Egenprodusert render og ekstern CAD fil. (Ridder, 2017)

- Modulene løftes av lastebilen.
 - o Når lastebilen ankommer fotballbanen, må modulene løftes av. Modulene vil kunne løftes av for hånd, ettersom vekten til hver modul er forholdsvis lav. Allikevel er dette tidkrevende, og det vil være naturlig å benytte seg av en form for kran til å løfte modulene av.

- Modulene spres utover banen, og plasseres i riktig rekkefølge.
 - Plassering av modulene kan også gjøres for hånd, men her også vil det være tidssparende, og mindre fysisk krevende, ved at en truck, traktor eller lignende tas i bruk. Ettersom de fleste fotballbaner har traktor for måking av snø på vinterstid, er det dette som blir presentert som løsning.
- Modulene kappes i hjørnene for å passe til banen.
 - Ved å plassere modulene inntil hverandre vil man se hvor modulen som festes til hjørnet skal kappes. Kapping er frivillig, og er ikke noe som er nødvendig for å oppnå produktets funksjon. Dette er kun for at ringmuren skal kunne plassere helt inntil sikkerhetssonen om ønskelig. Uavhengig av om modulene skal kappes, eller ikke, er man nødt til å skråkutte den nederste flaten, for at overlapp-modulen skal passe. Dette beskrives nøyere i senere punkter.
- Modulene festes sammen.
 - Monteringsrekkefølgen vil foregå slik at man først fester én hjørnemodul i bakken ved bruk av ankeret på én side, deretter vil neste modul monteres ut ifra denne. Alle modulene har en utstikkende del på én side, på undersiden av overlappen. Denne utstikkende delen vil festes nedi et spor, som befinner seg i motsatt ende av modulen, før ankeret setter modulen i spenn. Dette gjøres videre rundt hele banen. Ved hvert hjørne vil man måtte benytte seg av overlapp-modulen. Uavhengig om man velger å kappe modulen, eller ikke, må man benytte overlapp-modulen for de sidene av modulene, hvor sporene til festemekanismen, møter hjørnet. (se bilde)
- Overlapp-modulene settes fast
 - Overlapp-modulene vil festes med gummiexpansjon og skrue. Dette skjer ved at man først legger overlapp-modulen der koblingen skal være, og deretter borer gjennom de hullene som allerede er på overlapp-modulen. Deretter skrues skruen med en drill eller lignende. Dette gjør at gummiexpansjonen rundt bolten ekspanderer og setter koblingspunktet i spenn.
- Modulene skrues fast
 - Som ekstra sikkerhet, og for at modulene ikke lett skal kunne tas av, vil enkelte skruer kunne skrues ned i modulene ved hvert møtepunkt.

6.4 Størrelse og dimensjoner

Ettersom det ikke ble konstruert en prototype, er det ikke forsket rundt hva som er de optimale målene for komponentene. For å konstruere konsepter, resultater, og andre sammenstillinger, har det allikevel vært viktig at det var en bestemt størrelse på komponentene. Gjennom denne oppgaven, er det blitt tatt utgangspunkt i at standardmodulen har følgende mål:

- Lengde 3000mm
- Høyde 500mm
- Total bredde 1200mm
- Vinkel på skråflaten 60°
- Avrundede kanter med 80mm i radius
- Tykkelse 10mm

6.5 Testing av materiale

For å kunne ta en velinformert avgjørelse av hvilket materiale produktet skal være satt sammen av, er det lurt å gjennomføre tester først. Testene gjøres hovedsakelig for å sjekke om materialene tilstrekkelig tilfredsstillende kravene stilt av omgivelsene. På et idrettsanlegg vil det naturligvis være en del omgivelser å ta hensyn til, slik som slakdyktighet mot ballspill og andre påkjenninger påført av brukere av anlegget. Oppå dette igjen, vil miljø og klima også være faktorer som må tas hensyn til, derav resistansen mot UV-lys og værforhold. Et ønskelig mål med oppgaven, har i tillegg vært å forsøke å implementere resirkulert materiale som en kjerne i kompositten. For å avgjøre om dette kan påføre betydelige reduksjon i produktets mekaniske egenskaper, må testing utføres innledningsvis. Til testingen ble det konstruert fire laminater med forskjellig struktur. To laminater med innfyll, og to uten, hvor hver av de har et forskjellig antall lag med glassfibre.

6.5.1 Testing av prøver

For testingen ble det produsert følgende laminater (se tabell nedenfor).

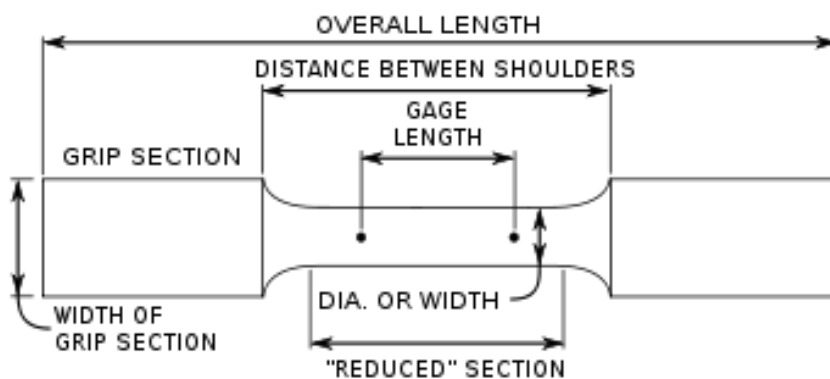
Testlaminater

Laminat kode	Tykkelse nedre lag	Med/Uten granulat	Fragmenttykkelse
4XMG	4 mm	Med	Ca. 5mm
6XUG	6 mm	Uten	N/A
6XMG	4 mm	Med	Ca. 5mm
4XUG	6 mm	Uten	N/A

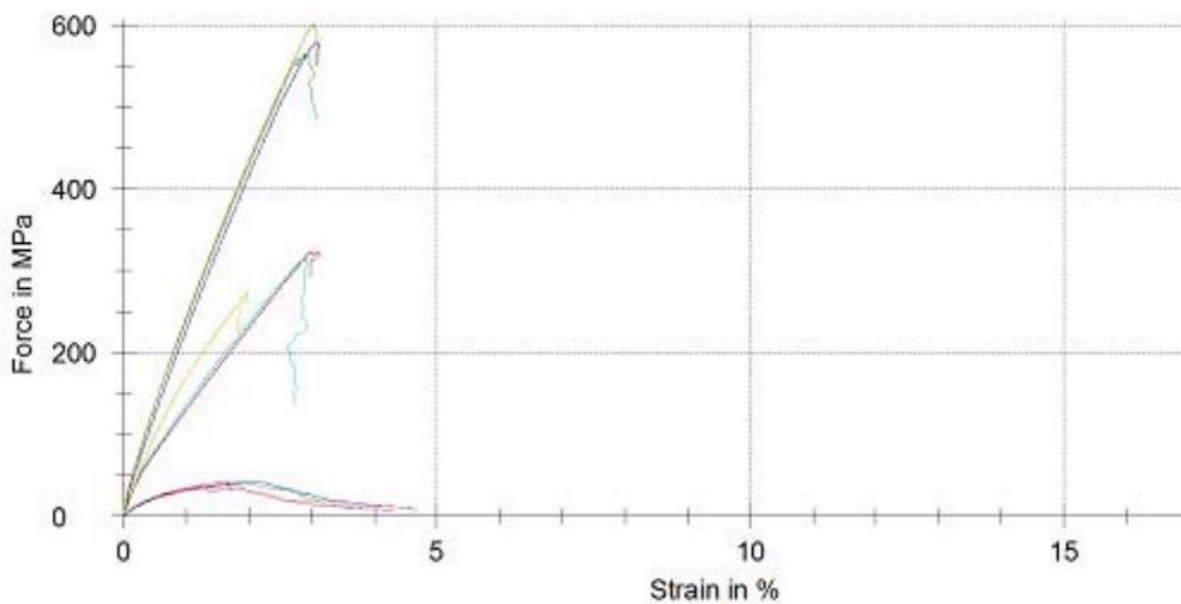
Tabell 23 - Oversikt over testlaminater. Bearbeidet tabell fra CSUB, Jon Inge Brattekås

Disse laminatene ble deretter sendt til SINTEF for å gjennomføre en strekktest. En test beskrevet under teori kapittelet, men som veldig kortfattet går ut på å dra i to punkter på et hundebensformet teststykke, i motsatt retning av hverandre, til et brudd oppstår. Under denne strekkingen observerer man forskjellige faser som materialet går gjennom før bruddet oppstår. Av sendte laminater ble 3 av de tatt videre til testing, ettersom tilstanden på laminat 4XMG gjorde at den ikke var testbar. Til å utføre testingen ble ISO-standard EN ISO 527-1 brukt som utgangspunkt. Testinstrumentet som utførte selve testingen, var Zwick z100.

Resultattabellen nedenfor viser de ulike mekaniske egenskapene til hvert teststykke. Resultatene, som vist, er teststykker med en opprinnelig målelengde (gauge length) på 50 mm (L_0). Totalt er det utført tester på 5 prøvestykker med gummigranulat, og 3+3 prøvestykker uten granulat. Bakgrunnen for den store mengden med prøvestykker med granulat, var for å ta hensyn til eventuelle ujevnheter i fordelingen av granulatet i kjernen. Flere tester ville derfor gi et mer realistisk bilde av laminatets mekaniske egenskaper.



Figur 114 - Prøvestykke for strekktest. Wikipedia, "Tensile testing" (2022)



Figur 115 - Graf for testresultater. SINTEF Manufacturing AS (2022)

Legends	Nr	ID	A ₀ mm ²	L ₀ mm	E _t MPa	σ _M MPa	σ _B MPa	ε _M %	ε _B %
	1	6XMG	95,76	50	5000	42,4	30,5	1,7	1,7
	2	6XMG	95,76	50	5540	39,7	7,93	1,8	3,9
	3	6XMG	98,28	50	4870	41,3	8,21	1,9	4,7
	4	6XMG	98,28	50	5040	37,9	7,56	1,8	4,7
	5	6XMG	98,28	50	5130	35,5	7,03	1,3	4,3
	6	4XUG	64,70	50	18500	315	135	2,9	2,7
	7	4XUG	66,67	50	22200	273	222	2,0	1,8
	8	4XUG	65,33	50	16600	324	292	3,0	3,0
	9	6XUG	53,61	50	27100	565	483	2,9	3,1
	10	6XUG	53,31	50	24700	579	550	3,1	3,1
	11	6XUG	53,54	50	27700	601	551	3,0	3,1

Tabell 24 - Oversikt over testresultater. SINTEF Manufacturing AS (2022)

6.5.2 Sammenligning/analyse

Tabellen viser flere mekaniske egenskaper. I de to kolonnene til høyre ser man tøyningstallet til hvert stykke i prosent. Tøyningstallet er vist fra punkt ved plastisk deformering (nest til høyre), og ved brudd (helt til høyre) i prosent. Som poengtert tidligere, ser vi her et eksempel på et prøvestykke som gir et litt unormalt resultat, sett opp imot de andre resultatene av samme prøvestykke. Prøvestykke nr.1 har et likt tøyningstall ved plastisk deformering, som tøyningstallet ved brudd. Dette resultatet skiller seg ut fra resten av resultatene ved prøvestykkene nr. 2-5, hvor differansen mellom plastisk deformering og brudd ligger på 2,5-3,0 %. Bruddet hos disse oppstår derfor etter en lengre forlengelse, enn hos prøvestykkene

uten granulat. For disse, ser man at det nesten ikke er noen plastisk deformering før bruddet oppstår. Dette er mer karakteristisk for kompositter og keramer, som har sprøe egenskaper. Prøvestykkene med granulat, kan også i likhet med de uten granulat, kategoriseres som et sprøtt materiale (materialer hvor brudd oppstår tidligere, gjerne før 5% tøyning), selv om den er noe mer duktil (evne til plastisk deformering før brudd). Den største forskjellen mellom prøvestykkene med granulat, og de uten, er kraften som kreves for å skape et brudd. Til de uten granulat, ser man en mye høyere elastisitetsmodul, altså hvor stivt et materiale er, enn til de med granulat. Fordelen med slike materialer, altså glassfiber armert polyester, er deres høye motstandsdyktighet. Dette ser vi på grafen som område av elastisk deformering. Egenskaper slik som disse kan for eksempel være passelige for bru konstruksjoner, hvor man vil ha et stivt materiale, med en høy styrke, og som har høy motstandsdyktighet.

7.0 Diskusjon

I dette kapittelet, vil det bli tatt for seg i hvilken grad oppgaven er reliabel. Altså om resultatet fremstår som valid, og kan fungere som en pålitelig kilde til fremtidig bruk, eventuelt videreutvikling. I samarbeid med CSUB er det forsøkt å opprettholde en god, kontinuerlig dialog for å sikre at gruppen er klar over hvilke forventinger som er satt, og at samarbeidspartner ser at disse blir møtt. Et ønske gjennom hele oppgaven har vært å produsere frem et godt bidrag til et prosjekt, som mest sannsynlig vil jobbes videre med av CSUB. Et hovedelement i oppgaven har derfor vært å sikre at bidraget er av høy pålitelighet. Dette skal henholdsvis diskuteres videre.

7.1 Pålitelighet

Gruppemedlemmene har i utgangspunktet av oppgaven en begrenset innledende etos. Det vil si at gruppen ikke har noen automatisk opparbeidet troverdighet som følge av stilling eller posisjon. Medlemmene går inn i oppgaven, og dens omfang, kun som studenter, noe som betyr at troverdigheten må hentes fra andre områder. Et større søkelys har derfor blitt satt på dette området. I tillegg har det vært kritisk å ha en nøytral tilnærming til problemstillingen som ble formulert innledningsvis i oppgaven. Dette fordi eventuelle utslipp av meninger og partiske avgjørelse vil svekke tillitten til gruppen, og dermed også oppgavens pålitelighet.

En motgift til upålitelighet og svekket tillitt har dermed vært å forsøke å låne andres etos/autoritet. Eksempler på områder hvor dette ble gjort har vært i bedriftsbesøket, markedsundersøkelsen, utviklingsprosessen og testingen av materialer. Bedriftsbesøket har vært med på å øke troverdigheten til gjennomføringen av en vakuuminjeksjonsprosess senere i teksten, fordi gruppen fikk tilegnet ny kunnskap og kompetanse rundt utførelsen. I tillegg til dette har gruppen vært under oppsyn av Ph.d. kandidatene Subrata og Chaman på labben, hvor begge av de har mye erfaring med, og kunnskap rundt, kompositter.

I markedsundersøkelsen ble samtaler avholdt med ekspertbrukere for å avgjøre idéenes validitet, samtidig som eventuelle innspill vil kunne peke gruppen i riktig retning for videre utvikling av disse idéene. Jon Inge, kontaktperson i CSUB, har også bidratt til oppgaves troverdighet ved å bevare en visjon om hva som er gjennomførbart og hva som er mindre realistisk. Til selve testingen av laminatene ble det tatt en avgjørelse om å bruke SINTEF

framfor instrumentene ved NTNUs fasiliteter. Denne avgjørelsen ble tatt på bakgrunn av at instrumentene for å utføre strekktesting, enten manglet kalibrering eller ikke hadde tilstrekkelig med spesifikasjoner. Under prosjektets gjennomføring har det blitt bestilt opp og levert et nytt instrument for å utføre strekktesting. Denne har derimot ikke gruppe fått dratt nytte av fordi montering og kalibrering ikke var fullført. den eldre modellen var heller ikke kalibrert. En beslutning basert på alle disse faktorene ble derfor tatt, og beslutningen ble å sende laminatene til SINTEF.

7.2 Upålitelighet

På den andre siden er det også en del aspekter som har bidratt negativt til oppgavens troverdighet. Det kan settes spørsmål ved hvorvidt resultatene i testingen ved SINTEF har produsert et pålitelig resultat. Undersøker man nærmere laminatenes tilstand og opphav kan man tilegne seg en kritisk tilnærming til testresultatene. Grunnet en feilforsendelse fra EcoFiber, som mest sannsynlig skyldes miskommunikasjon, har ikke riktig innfyll blitt brukt i laminatene. Den opprinnelige visjonen var at innfyllet skulle være av resirkulert materiale, type glassfiber kompositt, med forskjellig fragment størrelse, slik at det kunne bli utført testing av kompositter med varierende fragmentstørrelse på innfyllet. Resultatene med disse skulle igjen ses opp imot glassfiberarmert plast uten resirkulert materiale, slik at det kunne dannes et bilde av hvilken innvirkning det har på produktet. Det som heller ble oppdaget, ved å bruke gummigranulat, var at dette førte til laminater med lav styrke, høyere duktilitet, i tillegg til at limeegenskapene mellom øvre og nedre lag ble betydelig svekket.

7.3 Hvorfor har det ikke blitt utført flere tester?

I begynnelsen av oppgaven ble det lagt en slagplan for gjennomførelsen av oppgaven. Denne inkluderte, etter å ha hatt flere møter med CSUB, alt fra idéutvikling til testing av materialet. For testingen ble gruppen tilsendt en testplan (se vedlegg) mot slutten av mars. Denne planen inkluderte størrelse på bunken prøver som skulle testes, og hvilke variasjoner som skulle inkluderes. Etter denne var mottatt kunne planleggingen av fremgangsmåte igangsettes. I planleggingen ble det oppdaget flere hindringer. Det var usikkerhet rundt når forsendelsen fra EcoFiber, med oppmalt granulat, skulle ankomme. Spesifikasjonene på vakuumpumpen ved NTNUs fasiliteter ble tidlig besluttet at ikke tilfredsstilte kravene til et laminat av den størrelsen som var planlagt. Gruppen henvendte seg til Kenneth, og en ny pumpe ble bestilt.

Både pumpe og granulatet fra EcoFiber ankom mot sluttet av april, noe som begrenset rom for feil betraktelig, med tanke på innleveringsfristen. Strekktest ble også prioritert som testmetode, mens de andre ble bortprioritert.

Det ble også diskutert hvorvidt tester kunne utføres simulert ved bruk av SolidWorks, men å skape et sammenligningsgrunnlag ville da bli umulig, noe som var formålet med testingen til å begynne med. Å legge inn glassfiberkompositt, og deretter kjøre tester på dette materialet skulle ha vært mulig uten problemer, men å gjøre dette på glassfiberkompositt med en kjerne av resirkulert materiale ville ikke være mulig pga. at egenskapene er ukjent. Å simulere testene forutsatte at man kan hente de mekaniske egenskapene først, noe som ikke var mulig i dette tilfellet.

7.4 Prosjektets innovative side

Prosjektet har hatt et innovativt utgangspunkt helt fra starten av. Hele formålet var å utvikle et produkt som skulle svare bedre på kravene til forskriften. For at dette skal kunne gjennomføres må det skapes noe innovativt, noe nytt, som er å foretrekke fremfor andre løsninger. Ved å bruke Lerdahl sin bok, «slagkraft», er det muliggjort noen teknikker for å forsøke å fremprovosere innovasjon.

Gjennom iherdig arbeid, og mye frem og tilbake, har det blitt understreket viktigheten av å gjøre alt som en sammenhengende prosess, i en bestemt rekkefølge. idéutvikling er et omfattende fagfelt som krever mye erfaring for at teknikkene skal flyte mer automatisk, noe gruppen har tatt mye lærdom av.

7.5 De alternative løsningene

Tidligere i rapporten ble det kartlagt en rekke «alternative» løsninger. Disse er ikke ennå direkte konkurrenter til dette produktet, da de alternative løsningene også er omfattet av forskriften. Skulle det derimot skje en endring i forskriften, kan det spekuleres i om slike løsninger, som for eksempel BioFlex-en, vil være å foretrekke fremfor en ringmur.

Akkurat dette temaet viser seg å være et omdiskutert tema i fotballsektoren, hvor individer stiller seg kritisk til spillegenskapene ved en slik løsning, og om det i det hele tatt er en rimeligere løsning. Ved enkelte idrettsanlegg har man besluttet å avvente med rehabilitering av anleggene, for å se om noe bedre kommer på markedet. BioFlex-en er et dyrt produkt,

sammenlignet med gummigranulatet, men slipper å etterfylle granulat like ofte, siden det oppstår mindre oppsprut.

Flere forskjellige innfyll av granulat er forsøkt på forskjellige baner, og blir over en periode testet og evaluert for å bestemme om kvaliteten ved anleggene blir bevart eller om det går på bekostning av spillegenskapene. Norge er et land med mye forskjellig klima gjennom et år, og det blir derfor viktig å forsøke å bevare spillegenskapene gjennom alle sesonger, med de forskjellige temperaturene.

7.6 Brukerinvolvering

Igjen, som en måte å gi oppgaven mer troverdighet, har det blitt forsøkt å oppsøke ekspertbrukere, for å ha en tett dialog på hvilke krav brukere vil stille til et eventuelt produkt. Sett i retrospekt, hadde det her vært mulig og utført kvantitative analyser, og sendt disse ut til forskjellige anlegg rundt om i Norge. Etablering av snødeponi, er et eksempel på et område hvor spørreskjemaer kunne ha tilført verdi til oppgaven.

Det var ikke muligheter for å utvikle en funksjonell prototype, og det har derfor ikke vært mulig å gjennomføre brukertesting for produktet. En brukertest kunne gitt mer informasjon rundt blant annet værbestandighet, og påkjenninger over tid i gitt miljø. Dette er informasjon som er ekstremt viktig under utviklingen av et produkt, og spesielt et produkt som presentert i oppgaven.

7.7 Alternative retninger

Ettersom gruppen ble introdusert for CSUB før prosjektet startet, ble det tidlig avklart hvilket materiale produktet skulle ha, samt hvilken produksjonsmetode som skulle benyttes under produksjonen av produktet. Ut ifra dette har alle avgjørelse innenfor design, utvikling og resultat, blitt knyttet opp imot disse begrensningene. Det er derfor uvisst hvordan produktet, i sin helhet, ville blitt påvirket med bruk av andre materialer. I tillegg ville en annen produksjonsmetode hatt andre muligheter, men også andre restriksjoner.

Ønske om utvikling av prototyper var stort fra starten, men ettersom modulene skulle være relativt store, var det liten mulighet for å få realisert dette. Det var derimot muligheter for å

3D-printe en miniatyrmodell, for å vise blant annet stablingssevne og montering. Problemet med dette var at modulene var for komplekse til å få til en stabil print, med riktig utseende.

7.8 Kompetanseutvikling

Til tider har det vært knyttet usikkerhet opp imot de ingeniørmessig aspektene ved oppgaven. Ettersom pensum og emner ved studiet, Teknologidesign og Ledelse, ikke dekker alle områdene hvor kunnskap har vært nødvendig. Spesielt kunnskap omhandlende kompositt og vakuuminjeksjon, har vært noe som gruppen måtte tilegne seg mer kunnskap, enn pensum presentert for studieretningen. Heldigvis har alle prosjektdeltakerne funnet gode metoder for å tilegne seg nødvendig kompetanse, slik at gjennomførelse av planlagte oppgaver fra startfasen, var mulig.

8.0 Konklusjon

Denne bacheloroppgaven har som hensikt å utvikle et ringmursystem rundt kunstgressbaner i Norge. Resultatet som er presentert bygger på et forprosjekt fra CSUB. For å fremstille resultatet, har gruppen anvendt relevant kunnskap innhentet gjennom studieprogrammet.

Problemstillingen ble utledet med en hovedproblemstilling, og flere delproblemstillinger som gruppe-medlemmene ønsket å finne svar på. Hovedproblemstillingen som ble utledet spurte om, hvordan en ringmur skal, i kompositt, minimere svinn av gummigranulat på kunstgressbaner i Norge? Med utgangspunkt i arbeidet som har blitt gjort, kan man konkludere med at løsningene presentert i resultatet svarer på problemstillingen. Dette fordi løsningen/produktet oppfyller forskriftens krav om en tett sammenhengende mur på minimum 200mm høy. Et tiltak som antok å redusere svinn av gummigranulat med ca. 95%. Å komme frem til en løsning som kun svarte på denne problemstillingen ville ikke ha vært en så stor utfordring. Det ble derfor viktig å inkludere delproblemstillinger. Etter arbeid med prosjektet ble det tydelig at problemstillingen måtte konkretiseres med delproblemstillinger, for å tydeliggjøre hva som skal svares på. Følgende delproblemstillinger ble da sett på:

- “Hvordan kan festemekanismen til ringmuren designes slik at monteringen er enkel?”
- “Hvordan kan resirkulert materiale benyttes under en vakuuminjeksjonsprosess?”
- “Hvordan kan produktet utformes for å dekke flere bruksområder?”
- «Hvordan skal produktet utformes slik at delene kan produseres med vakuuminjeksjon?»

For å skape en enkel montering av ringmurens festemekanismer, ble metodikken rundt ideutvikling viktig for å komme frem til en god løsning. En metodikk som gikk ut på å undersøke markedet, komme opp med ideer, samt evaluere disse ideene, og gjøre videre utviklede konsepter ut av disse. I undersøkningen av markedet ble det avholdt samtaler med ekspertbrukere, som kartla for oss hvilke kriterier som var viktig for dem, i et produkt, skulle de tatt en beslutning. I tillegg bidro metodikken til å etablere teknikker for å fremprovosere ideer, samt evaluering av disse. Helt til slutt, i konseptutviklingen, ble metodikk slik som SWOT-analyse brukt til å fremstille den opparbeidede enkle monteringen av festemekanismer for ringmuren.

Når det kommer til hvorvidt resirkulert materiale kunne integreres i produktet, under vakuuminjeksjonsprosessen, kan det diskuteres om dette er tilstrekkelig besvart. Forskningen gjort så langt tyder på at det finnes rom for å gjøre dette mulig. Konstruksjonen av laminatene viste forskjeller i fordelingen av harpiks mellom gummigranulatet. Her kan det tenkes at mer jevn fordeling vil kunne oppnås med et høyere vakuum. Eller om kvalitetssikring av systemet, altså vakuumpumpen, kammeret, tuber etc., ville ha gitt et mer positivt utslag på test resultatene. I tillegg så man en tendens til mer duktilitet i testresultatene. Noe som mest sannsynlig var et resultat som følge av gummigranulatets egenskaper, og at ved bruk av oppmalt resirkulert glassfiber kompositt, kunne føre til bedre mekaniske egenskaper. Dessverre, for oppgaven, forblir dette spekulasjoner, og skulle oppgavens rammebetingelser vært annerledes, er dette definitivt faktorer som ville ha blitt endret på. Hadde oppgaven hatt en lengre tidsperiode kunne gruppen ha fått tilsendt riktig resirkulert materiale, og utført flere tester, med flere forskjellige testinstrumenter. Hvor beste utfallet hadde vært en fullstendig utfyllelse av den tilsendte testplanen fra CSUB.

Om prosjektet besvarer problemstillingen “Hvordan kan produktet utformes for å dekke flere bruksområder?”, er i utgangspunktet et spørsmål om i hvilken grad løsningen er fleksibel. I tett dialog med CSUB, ble det tidlig bestemt at det skulle prioriteres økt fleksibilitet, altså et bredere utvalg av produkter for kunden, fremfor multi-funksjonelle moduler, som reduserte omfanget/antallet i produktkatalogen. Dette har vært til betydelig innflytelse av valgene tatt gjennom hele forløpet av oppgaven, hvor hvis et veiskille skulle oppstå, skulle man gå for løsningen som økte kundens fleksibilitet i utvalget av moduler i produktet.

De to andre problemstillingene, som henholdsvis går ut på “Hvordan kan produktet utformes for å dekke flere bruksområder?” og «Hvordan skal produktet utformes slik at delene kan produseres med vakuuminjeksjon?» er begge besvart gjennom ideutviklingsfasen. Ingen moduler som ikke kan produseres gjennom en vakuuminjeksjonprosess er her gått videre med, og et formålstjenlig aspekt ved ideutviklingen var å produsere frem flere moduler som dekket flere bruksområder.

9.0 Forslag til videre arbeid

Det gjenstår fortsatt noe arbeid før løsningen er klar for produksjon. Det som må gjøres på det endelige resultatet er å se på drenering, forske videre på bruken av resirkulert materialet som kjerne, og utvikle prototyper. Drenering er ikke tatt med i betraktningen når produktet har blitt utviklet så langt, og eventuelle negative sider produktet kan ha, i forhold til drenering, må forskes på. Hvis drenering viser seg å være et problem, må utformingen til modulene forandres.

Siden testene av laminater med resirkulert materiale ikke ga fullstendige svar, kan man ikke vite om det er en mulighet hos produktet eller ikke. Nye prøver må lages, helst med glassfiber granulat, og testes på nytt for å forske dypere på de mekaniske egenskapene materialet med resirkulert granulat som kjerne.

Videre vil konstruksjon av prototyper i full skala, i riktig materialet, produsert med vakuuminjeksjon, gi svar på blant annet, produksjonskostnad, eventuelle feil som kan oppstå ved produksjon, osv. Ved å konstruere prototyper vil det også være mulig å teste produktet i miljø, samt se på montering av flere moduler.

10.0 Kilder

Bilder

Admin (2017) *Difference Between Polyester Resin And Epoxy Resin* Hentet 26. april 2022 fra: <https://www.differencebetween.com/difference-between-polyester-resin-and-vs-epoxy-resin/>

ASM International (2010) *Introduction to Composite Materials* Hentet 12. Mai 2022 fra: 01Structural_Ch01.indd (asminternational.org)

Colan Australia (2013) *AC236UD100 - CARBON WOVEN FABRIC UNIDIRECTIONAL 200G/M2 1000MM*. Hentet 10. mai 2022 fra: <http://www.colan.com.au/compositereinforcement/woven-fabrics/carbon-fibre/carbon-woven-fabric-plain-200g-m2-500mm.html>

Easy Composites Ltd (2022) *The Very Best in Composites Materials, Equipment and Training*. Hentet 26. April 2022 fra: [Materials, equipment and training for advanced composites with next-day shipping and expert technical advice. - Easy Composites](#) (relaterer også til bildene I tabell 2)

Gi Barna Håp (2022) *FNs Bærekraftsmål*. Hentet 15. februar 2022 fra: [FNs Bærekraftsmål - Gi Barna Håp](#) (gibarnaahaap.no)

Modrea, A. m.fl. (2014) *Tensile tests on four layers CSM600 glass fibers-reinforced PolyLite 440-M888 polyester resin* Hentet 3. Mai 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017315000420>

Ramper.no (2022) *PermaRamp Adjust Superwide* Hentet 21. April 2022 fra: https://www.ramper.no/products/permaramp-adjust-superwide?_pos=16&_sid=39b3cf292&_ss=r

Tanzi, M. m.fl. (2019) *Organization, Structure, and Properties of Materials* Hentet 3. Mai 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/thermoplastics>

ukjent forfatter. (2022) *Tensile Testing* hentet 3. mai 2022 fra: [Tensile testing - Wikipedia](#)

Unisport AB (2022) *Kunstgress MTRX ULTRA* Hentet 18. april 2022 fra: <https://www.unisport.com/nb/kunstgress-mtrx-ultra>

Unisport AB (2022) *Saltex BioFlex™* Hentet 18. april 2022 fra: <https://www.unisport.com/nb/saltex-bioflextm>

Vikøren, B. og Pihl, R. (2022) *SWOT-analyse* Hentet 13. april 2022 fra: <https://snl.no/SWOT-analyse>

CAD-filer

Aldubaisi, A. (2011) *Football (Soccer) Goal*. Hentet 27. April 2022 fra: <https://grabcad.com/library/football-soccer-goal> (opphavsrett forblir hos *GrabCAD, a STRATASYS solution*)

Ridder, H.(2017) *Low truck bed*. Hentet 16. Mai 2022 fra: <https://grabcad.com/library/low-bed-trailer-2> (opphavsrett forblir hos *GrabCAD, a STRATASYS solution*)

Lovverk

Direktoratet for byggkvalitet (2017) § 12-16. *Rampe*. Hentet 3. Mars 2022 fra: https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/12/iii/12-16/?_t_q=ramper

Direktoratet for byggkvalitet (2017) *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Hentet 3. Mars 2022 fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>

Klima- og miljødepartementet (2021) *Vedtar reglar som vil redusere plastforureininga frå kunstgrasbanar*. Hentet 2. Februar 2022 fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/aktuelt-regjeringen-solberg/kld/nyheter/2021/vedtar-reglar-som-vil-redusere-plastforureininga-fra-kunstgrasbanar2/id2843169/>

Markedsundersøkelse

Gresvik idrettsforening (2022) Hentet 19. April 2022 fra: <https://gresvikif.no/>

NFF (u.å.) «*UTFORMING AV MILJØVENNLIGE KUNSTGRESSBANER*» Hentet 3. Februar 2022 fra: https://www.fotball.no/globalassets/klubb-og-leder/anlegg/utforming-av-miljovennlige-kunstgressbaner_web.pdf

Safeplay (U.å.) *Sandfylt*. Hentet 19. April 2022 fra: <https://www.safeplay.no/kategorier/sandfylt>

Trosvik idrettsforening (2022) Hentet 19. April 2022 fra: <https://trosvik-if.spoortz.no/portal/arego/club/391>

Unisport AB (2022) *Saltex BioFill*. Hentet 18. April 2022 fra: <https://www.unisport.com/nb/saltex-biofill>

Unisport AB (2022) *Saltex BioFlex™*. Hentet 18. April 2022 fra: <https://www.unisport.com/nb/saltex-bioflextm>

Unisport AB (2022) *Saltex MTRX Ultra*. Hentet 18. April 2022 fra: <https://www.unisport.com/nb/saltex-mtrx-ultra>

Oppdragsgiver og samarbeidspartner

CSUB AS (2021) “A Leading EPC contractor of Composite Solutions” Hentet 17. Mars 2022 fra: <https://www.csub.com/>

NCMT (2022) Hentet 17. Mars 2022 fra: <https://ncmt.no>

Praktisk arbeid

Lerdahl, E. (2018). «Slagkraft – Håndbok i idéutvikling» Gyldendal Norsk Forlag AS.

Rolstadås, Johansen, Olsson, Langlo (2020) *Praktisk prosjektledelse* Fagbokforlaget.

Teori og generell informasjonsinnhenting

Andersen, A. og Stokke, R. (2004) *Kompositt-/sandwichmaterialer forbruk i fiskeflåten*. Hentet 22. Mars 2022 fra: <https://komposittforbundet.no/media/1069/kompositt-sandwichmaterialer-for-bruk-i-fiskeflaaten.pdf>

Bakis, C.E. m.fl. (2002) *Fiber-Reinforced Polymer Composites for Construction—State-of-the-Art Review*. Hentet 13. mai 2022 fra: [Fiber-Reinforced Polymer Composites for Construction—State-of-the-Art Review \(ascelibrary.org\)](https://www.ascelibrary.org/fiber-reinforced-polymer-composites-for-construction-state-of-the-art-review)

Bunsell, A.R (2005) *High-performance Fibers*. Hentet 13.mai 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/e-glass>

Campbell, F.C.(2010) *Introduction to Composite Materials*. Hentet 26. April 2022 fra: [01Structural_Ch01.indd \(asminternational.org\)](https://www.asminternational.org/01Structural_Ch01.indd)

Chand, N. og Fahim, M.(2021) *Introduction to tribology of polymer composites*. Hentet 3 mai 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fibre-reinforcement>

CSUB AS (2021) *A Leading EPC contractor of Composite Solutions*. Hentet 17. Mars 2022 fra: <https://www.csub.com/>

FIECO.LLC (2022) *Implementation Of EPC Projects*. Hentet 17. Mars 2022 fra: <https://fiecollc.com/web/page/implementation-of-epc-projects>

Fjellvåg, H. og Linder, J. (2018) *dielektriske materialer*. Hentet 16. mai 2022 fra: https://snl.no/dielektriske_materialer

Helseth, L. (2020) *isotrop*. Hentet 13. April 2022 fra: <https://snl.no/isotrop>

Helseth, L. (2021) *viskositet*. Hentet 11. mai 2022 fra: <https://snl.no/viskositet>

Helseth, L. (2022) *mikroplast*. Hentet 13. April 2022 fra: <https://snl.no/mikroplast>

- Herakovich, C. (2012) *Mechanics of composites: A historical review*. Hentet 2. mai 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093641312000080> (Mechanics Research Communications, Volume 41, 2012, Pages 1-20,)
- Hindersmann, A. (2019) *Confusion about infusion: An overview of infusion processes*. Hentet 18. april fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359835X1930332X#b0100> (Bilde også hentet herfra)
- Hofstad, K. (2021) *termisk utvidelseskoeffisient*. Hentet 13. April 2022 fra: https://snl.no/termisk_utvidelseskoeffisient
- Huff, J. og Infante, P. (2011) *Styrene exposure and risk of cancer*. Hentet 18. april 2022 fra: <https://academic.oup.com/mutage/article/26/5/583/1034286>
- Husø, Ø. (2022) *materialprøving*. Hentet 27. april 2022 fra: <https://snl.no/materialprøving>
- Johansen, H. (2008) *Komposittmaterialer*. Hentet 13. april 2022 fra: [Microsoft Word - Materiallaere-kompositter-kompendium.doc \(ntnu.no\)](#)
- Johansen, H. (2010) *Mekaniske egenskaper og testing av dem* Hentet 27. april 2022 fra: [http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallaere/arbeidsplan/9.%20mekaniske%20egenskaper%20og%20testing/Materiallaere-TDL-9-Mekaniske%20egenskaper%20og%20testing%20\(IM+TDL\)-10.pdf](http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallaere/arbeidsplan/9.%20mekaniske%20egenskaper%20og%20testing/Materiallaere-TDL-9-Mekaniske%20egenskaper%20og%20testing%20(IM+TDL)-10.pdf)
- Johnson, T. (2020). *History of Composites*. Hentet 1. mai 2022 fra: <https://www.thoughtco.com/history-of-composites-820404>
- Martynova, E. og Cebulla, H. (2018) *Glass Fibres*. Hentet 13. april 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/glass-fibre>
- Miljødirektoratet (2021) *Gummigranulat fra kunstgressbaner*. Hentet 15. Februar 2022 fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/avfallstyper/gummigranulat-fra-kunstgressbaner/>
- Miljødirektoratet (2021) *Miljøstatus*. Hentet 15. Februar 2022 fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/mikroplast>
- Ore, S. (2018) *harpiks*. Hentet 13. April 2022 fra: <https://snl.no/harpiks>
- Park, S. Og Seo, M (2011) *Interface Science and Composites*. Hentet 18. april 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/e-glass>
- Pedersen, B. (2021) *katalysator* Hentet 23. april 2022 fra: <https://snl.no/katalysator>
- Pedersen, B. (2021) *komposittmaterialer*. Hentet 13. April 2022 fra: <https://snl.no/komposittmaterialer>
- Pedersen, B. (2022) *termodynamikk*. Hentet 7. April 2022 fra: <https://snl.no/termodynamikk>

Resin library (2020) *Polyester resin* Hentet 23. April 2022 fra: <https://www.resinlibrary.com/wp-content/uploads/2020/12/Polyester-resin-for-laminating.pdf> (er også brukt til bilder)

Sanden, T. (2019) *Testing av fiberarmert kompositt som byggemateriale*. Hentet 3. mai 2022 fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2610493/no.ntnu:inspera:2332003.pdf?sequence=1>

Shioya, M. Og Kikutani, T. (2015) *Synthetic Textile Fibres*. Hentet 5. mai 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/glass-fibre>

Shirazy, M. og Fayed, A. (2015) *A Survivor of Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKP) Toxicity*. Hentet 24. April 2022 fra: <https://www.longdom.org/open-access/a-survivor-of-methyl-ethyl-ketone-peroxidemekp-toxicity-2161-0495-1000257.pdf>

SpecialChem (2022) *Epoxy Resins: A to Z Technical Review of Thermosetting Polymer*. Hentet 24. april 2022 fra: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/epoxy-resins-a-to-z-technical-review-of-thermosetting-polymer>

Standard.no (2022) *NS-EN ISO 527-4:202*. Hentet 10. mai 2022 fra: <https://standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1399678>

Standard.no (2019) *NS-EN ISO 527-1:2019*. Hentet 10. mai 2022 fra: <https://standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1105160>

Tan, W. (2018) *Koenigsegg Builds a Fully Carbon-Fiber Hypercar*. Hentet 3. mai 2022 fra: <https://www.carmudi.com.ph/journal/koenigsegg-builds-a-fully-carbon-fiber-hypercar/>

THE DRIVE (2013) *Carbon Fiber Construction - /INSIDE KOENIGSEGG*. Hentet 3. mai 2022 fra: https://www.youtube.com/watch?v=504I_hJDFck

Ukjent forfatter (2022) *Glass fiber*. Hentet 24. april 2022 fra: https://en.wikipedia.org/wiki/Glass_fiber

Universitetet i Bergen (2017) *Hvorfor forske på kunstgress?* Hentet 14. Februar 2022 fra: <https://www.miljolare.no/aktiviteter/kunstgress/hvorfor>

Wu, H. Og Eamon, C. (2017) *Provisions for installation, quality control, and maintenance*. Hentet 27. april 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/thermosetting-resin>

Zweben, C.H (2005) *Composites: Overview*. Hentet 13. april 2022 fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/e-glass>

Vakuuminjeksjonsprosess

Easy Composites Ltd (2010) *How To Do Perfect Vacuum Resin Infusion of a Carbon Fibre (Fiber) Part - Basic Tutorial*. Hentet 3. mai. 2022 fra: <https://www.youtube.com/watch?v=VodfQcrXpxc&t=639s>

Ystenes, M. (2019) *herdeplast* Hentet 14. april 2022 fra: <https://snl.no/herdeplast>

Vedlegg

Innhold

Vedlegg 1: Lover og forskrifter

Vedlegg 2: CSUB forprosjekt

Vedlegg 3: Testprogram gitt av CSUB

