



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Utvikling av grastransportløsning for landbruksroboten Thorvald

Development of a grass transportation tool for the
agricultural robot Thorvald

Hans Kristian Lunda
Maskin, prosess- og produktutvikling

Forord

Denne masteroppgaven skrives som et avsluttende arbeid på sivilingeniørstudiet i maskin, prosess-, og produktutvikling ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet.

Etter hvert som jeg har blitt eldre har interessen for landbruksteknikk økt, så da jeg fikk muligheten til å utvikle et redskap tilpasset landbruksroboten Thorvald, var dette midt i blinken. Det å utvikle et slikt redskap har vært utfordrende, men også svært lærerikt.

Jeg vil rette en stor takk til førsteamanuensis Lars Grimstad for å ha veiledet meg gjennom prosessen med å skrive en masteroppgave.

Jeg vil også rette en stor takk til min familie og til min kjære, for støtte og motivasjon gjennom denne prosessen.

Norges miljø- og biovitenskaplige universitet

Ås, 1.juni, 2021

Hans Kristian Lunda

Hans Kristian Lunda

Sammendrag

Denne mastergradsoppgaven tar for seg utviklingen av en helhetlig grastransportløsning til den autonome landbruksroboten Thorvald.

Thorvald er en modulær lettvektsrobot som er utviklet ved NMBU. Masteroppgaven skrives tilknyttet forskningsprosjektet GrassRobotics, som skal studere hvordan lett landbruksutstyr og mange høstinger påvirker jordpakking, rotutvikling og næringsopptak, samt utvikle og teste frøblandinger som er beregnet på flere innhøstinger per sesong.

Grastransportløsningen skulle ha mulighet til å utføre lessing, transport og lossing, samt at den skulle utvikles med tanke på autonomi.

For å komme fram til en prototype ble det brukt Pughs matrise og integrert produktutvikling, programvaren Solidworks til DAK, og programvaren Ansys Workbench til å utføre statiske styrkeberegninger.

Prototypen består av pickup, lessebånd, transportkasse og bunnkjeder, i tillegg til elektriske motorer og ultralydsensorer. Prototypen har en egenvekt på ca. 235 kg og en nyttelast på ca. 165 kg.

Prototypen ble utviklet slik at Thorvald kan losse seg selv, og det ble utviklet egne fester slik at Thorvald kan koble seg til redskapet autonomt.

Summary

This master's thesis deals with the development of a comprehensive grass transportation solution for the autonomous agricultural robot Thorvald.

Thorvald is a modular lightweight robot developed at NMBU. The master's thesis is written in connection with the GrassRobotics research project, which studies how lightweight agricultural equipment and several harvests affects soil compaction, root development and nutrient uptake, as well as development and testing of seed mixtures which are meant for several harvests per season.

The grass transportation solution should have the ability to carry out loading, transportation and unloading, as well as being developed with regards to autonomy.

To reach a prototype, Pughs' matrix and integrated product development was used, as well as the software Solidworks for CAD, and Ansys Workbench for conducting static strength computations.

The prototype consists of a pickup, a loading conveyorbelt, a transportation box, and floor chains, plus electric motors and ultrasonic sensors. The prototype has a weight of approximately 235 kg and has a payload of approximately 165 kg.

The prototype was developed such that Thorvald can unload itself, and it was developed mounting brackets so that Thorvald can connect to the equipment autonomously.

Innhold

Forord	i
Sammendrag.....	iii
Summary.....	v
Innhold	vii
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 GrassRobotics.....	1
1.3 Grovfôr og grovfôr kvalitet.....	2
1.4 Innhøstingsproblemer	4
1.5 Avlingsnivå	4
1.6 Hva er en pickup?.....	5
1.7 Grastømming	7
1.8 Landbruksroboten Thorvald	8
1.9 Dagens- og konkurrerende løsninger	10
1.10 Sensorer for volumestimering.....	11
1.10.1 Lasersensor	11
1.10.2 Ultralydsensor	11
1.10.3 Radarsensor	11
1.10.4 Kompresjons- og strekkceller	11
1.10.5 Bøycelle.....	11
1.10.6 Torsjonscelle.....	12
1.10.7 Kamera	12
1.11 Motorer.....	12
1.11.1 DC-motor med børster	12
1.11.2 Børsteløse DC-motorer	12
1.11.3 Lineær aktuator	12
1.11.4 Solenoid.....	13
1.12 Kravspesifikasjoner	13
1.12.1 Materialkrav	13
1.12.2 Krav til pickup	13
1.12.3 Krav til lesseløsning	13

1.12.4	Krav til transportløsning.....	13
1.12.5	Krav til losseløsning.....	14
2	Analyse av nåværende pickup-løsning.....	15
3	Prosjekt.....	17
3.1	Oppdragsbeskrivelse.....	17
3.2	Forutsetninger og begrensninger.....	17
4	Metode.....	19
4.1	Integrert produktutvikling.....	19
4.2	Pughs metode.....	19
4.3	Konseptvalg lesseløsning.....	20
4.4.1.	Mulige lesseløsninger.....	20
4.4.2.	Medbringere.....	21
4.4.3.	Utforming av lesseløsning.....	22
4.4	Konseptvalg transportløsning.....	23
4.4.1	Utforming av transportløsning.....	24
4.4.2	Utforming med tanke på Thorvald.....	24
4.4.3	Mulige konsepter for en transportkasse.....	24
4.4.4	Konsekvenser av konseptvalg.....	26
4.5	Konseptvalg losseløsning.....	27
4.6	Valg av måleteknologi for estimering av grasmengde.....	28
4.6.1	Vurdering av bruken av ulike sensorer.....	28
4.6.2	Plassering av sensorer.....	29
4.7	Festeanordning til Thorvald.....	30
4.7.1	Utvikling av fester.....	30
4.7.2	Sammenfestingsalternativer til Thorvald og redskapet.....	31
4.7.3	Konsekvens av sammenfestingsalternativ.....	32
4.8	Forutsatt grasmengde.....	32
4.9	Materialvalg og sammenføyning.....	32
4.10	Transportbånd og drift av transportbånd.....	33
4.10.1	Transportbånd og medbringere.....	33
4.10.2	Understøttelse av transportbånd.....	34
4.10.3	Drift av transportbånd.....	34

4.10.4	Utforming av valesystem.....	34
4.10.5	Valsestørrelser	35
4.10.6	Nedbøying av valser	36
4.10.7	Bunnkjeder	37
4.10.8	Oppstramming.....	39
4.11	Elektriske motorer	39
4.11.1	Innkapslingsgrad.....	39
4.11.2	Valg av motortype	39
4.11.3	Motor til lessing	40
4.11.4	Motor til lossing.....	42
4.11.5	Lineær aktuator	44
4.12	Beregninger i ANSYS Workbench.....	45
4.13	Programvare.....	46
4.14	CAD-Prototype og oppsummering av design.....	47
5	Resultater.....	49
5.1	Vektregnskap.....	49
5.2	FEM-analyse.....	49
6	Analyse av resultater.....	55
6.1	Analyse av vektregnskap	55
6.2	Analyse av last på transportkassen	55
6.3	Analyse av last på innfestinger	55
6.4	Analyse av last på lessebånd og støtter.....	56
6.5	Analyse av last på valser	56
6.6	Spenningskonsentrasjoner.....	56
6.7	Begrensninger av analysen	56
7	Diskusjon.....	57
7.1	Validitet av Pughs metode og IPD.....	57
7.2	Grasmengde og -tetthet	57
7.3	Valg av lesse- og lossemetode.....	57
7.4	Materialvalg.....	58
7.5	Vektregnskap og belastning.....	59
7.6	Gyldighet av simuleringer	59

7.7	Utforming av pickup	59
8	Konklusjon.....	61
8.1	Konklusjon.....	61
8.2	Videre arbeid	61
	Referanser	63
	Vedlegg	68

Liste over begrep og forkortelser brukt i denne oppgaven

Begrep/Forkortelse	Betydning
AC	Vekselstrøm (Eng.: Alternating current)
ATV	Firehjuling (Eng.: All-terrain vehicle)
CNC	Computer numerical control
DAK/CAD	Dataassistert konstruksjon (Eng.: Computer aided design)
DC	Likestrøm (Eng.: Direct current)
Dekar	Arealmål, 1 dekar = 1000m ²
FEM	Elementmetoden (Eng.: Finite element method)
Grovfôr	Gras som brukes til fôr hos storfe, småfe, hest etc.
HDPE	Polyetylen med høy tetthet (Eng.: High-density polyethylen)
Hektar	Arealmål, 10 dekar
IP	Innkapslingsgrad (Eng.: Ingras protection)
IPD	Integrert produktutvikling
Kraftfôr	Konsentrert næringsrikt fôr
PU	Polyuretan
PVC	Polyvinylklorid
SSB	Statistisk sentralbyrå
Surfôr	Ensilert grovfôr
TS	Tørrstoff

Liste over symboler med betydning og enhet som brukt i denne oppgaven

Symbol	Betydning	Enhet
E_s	Spenningskilde	V
F	Kraft	N
$F_{frikisjon}$	Friksjonskraft	N
F_g	Gravitasjonskraft	N
F_{glide}	Kraft som skal til for å gli	N
F_{normal}	Normalkraft	N
$F_{parallell}$	Kraft som virker parallelt	N
F_{total}	Sum av flere krefter	N
P	Effekt	Watt
P_{el}	Maksimal kontinuerlig effekt	Watt
$P_{korrigeret}$	Korrigeret effekt	Watt
$P_{tilført}$	Tilført effekt	Watt
$k_{1\%}$	Strekstyrke for 1% forlengelse etter slakking (per breddeenhet)	N/mm
m_{Tr}	Trommelmasse	kg
$m_{bånd}$	Masse til bånd	kg
m_{gras}	Masse til gras	kg
$m_{kjetting}$	Masse til kjetting	kg
$m_{medbringer}$	Massen til medbringer	kg
y	Nedbøying	mm
y_{Tr}	Trommelnedbøying	mm
$\mu_{bånd}$	Friksjonskoeffisient til bånd	-
μ_{gras}	Friksjonskoeffisient til gras	-
h	Høyde	mm
I	Strøm	A
J	Tregghetsmoment	mm ⁴
L	Lengde	mm
T	Torsjonsmoment	Nm
$T_{konstant}$	Konstant Torsjonsmoment	Nm
b	Bredde	mm
d	Diameter	mm
d_a	Ytre diameter	mm
d_i	Indre diameter	mm
g	Gravitasjonsakselerasjon	m/s ²
n	Omdreininger per minutt	RPM
r	Radius	mm
μ	Friksjonskoeffisient	-
σ	Stress	MPa
ω	Omløpshastighet	Rad/s
ϵ	Prosentvis forlengelse ved oppstramming	-

1 Introduksjon

Introduksjonskapittelet inneholder teori og bakgrunnsstoff som brukes som utgangspunkt i denne oppgaven. Kapittelet består av flere deler og omfatter informasjon om forskningsprosjektet GrassRobotics, landbruksroboten Thorvald og gras- og grovfôrteori. Det inneholder også informasjon om hva en pickup er og ulike sensorer som kan brukes til volumestimering, samt kravspesifikasjoner som brukes i oppgaven.

1.1 Bakgrunn

FN har estimert at det vil være ca. 10 milliarder mennesker på kloden vår i 2050 (FN, 2019). Denne befolkningsøkningen øker etterspørselen etter mat. Med et begrenset areal stiller dette krav til økt produktivitet på eksisterende areal. Ifølge SSB er det 3,5% av arealet i Norge som er jordbruksareal (SSB, 2020), og av dette kan ca. en tredjedel brukes til dyrking av matkorn (Landbruks- og matdepartementet, 2018). Dette indikerer at det i Norge er grasproduksjon som dominerer.

Klimaendringer kan også bidra til at man får en lengre og våtere vekstsesong. Dette kan gi mulighet for å dyrke andre grassorter, samtidig som det kan skape innhøstingsproblemer. Av innhøstingsproblemer er risikoen for jordpakking en fare, spesielt hvis jorda er våt, og med dagens stadig større og tyngre maskineri øker denne faren. For å unngå skader på jorda, og dermed tilhørende negative konsekvenser med tanke på produksjon og økonomi, kreves det at man driver jorda annerledes. En mulighet er å bruke lettere traktorer og utstyr, eller man kan ta steget lengre og bytte ut traktoren med en landbruksrobot og tilhørende utstyr.

Klimaendringer kan også gi mer ekstremvær, for eksempel som i 2017 da en våt sommer reduserte kvaliteten på avlingene og i flere steder av landet var det reduserte avlinger (Ring & Hjukse, 2018). Perioder med tørke kan også påvirke avlingsnivået, som i 2018, da tørke skapte et utfordrende år som gjorde at avlingene ble halverte (Bjørlo, 2019).

Et annet problem er tilgangen på kvalifisert arbeidskraft, og landbruket er intet unntak. Dette har blitt tydelig under covid-19-pandemien. Landbruket har de siste tiårene vært avhengig av utenlandske sesongarbeidere, men stengte grenser og lang karantene har satt en effektiv stopper for dette. Ved å ta i bruk robotisert arbeidskraft vil produksjonen bli mindre følsom for tilgangen på menneskelig arbeidskraft, samtidig som mennesker unngår en del repetitive arbeidsoppgaver.

1.2 GrassRobotics

Denne masteroppgaven er tilknyttet GrassRobotics-prosjektet som startet 1. april 2018 og har forventet sluttdato den 31. desember 2021. Ifølge prosjektbeskrivelsen har GrassRobotics som mål å utvikle «et bærekraftig produksjonssystem for fôrproduksjon



Figur 1: Orkel (2021). Dens-X kompaktor - for landbruk.

Tilgjengelig fra:

<https://www.orkel.no/produkter/kompaktorer/dens-x-compactor-nb-no/> (lest 14.04.2021).

ved bruk av en lettvekts robot med kutte-, oppsamlings-, og transportredskaper» (From, 2019). I tillegg til dette vil prosjektet også «teste frøblandinger tilpasset hyppige høstinger gjennom vekstsesongen for økt fôrverdi» og «studere miljøeffekter av lett utstyr og mange høstinger på jordpakking, rotutvikling og næringsopptak» (Forskningsrådet, 2018).

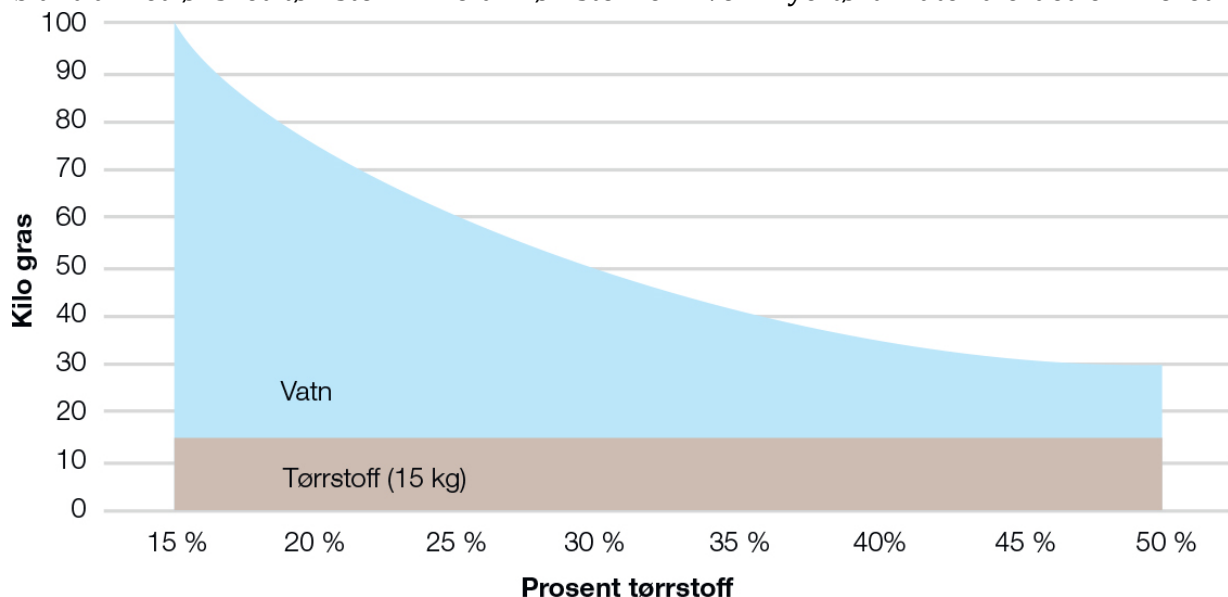
Selve prosessen går ut på at landbruksroboten først slår graset, deretter bruker roboten en pickup til å plukke opp graset, for så å transportere graset i en egnet beholder til kanten av jordet og losse det over i en kompaktor.

Prosjektet favner bredt, og er et samarbeid mellom partnerne NIBIO, Norsk landbruksrådgivning Agder, Vestland fylkeskommune, University of Lincoln, Felleskjøpet Agri, TINE, Saga Robotics, HMR Voss og Orkel. Til dette prosjektet vil det benyttes en prototype av en pickup fra HMR Voss og en dens-X kompaktor fra Orkel, som i figur 1, med et spesialtilpasset matebord.

1.3 Grovfôr og grovfôr kvalitet

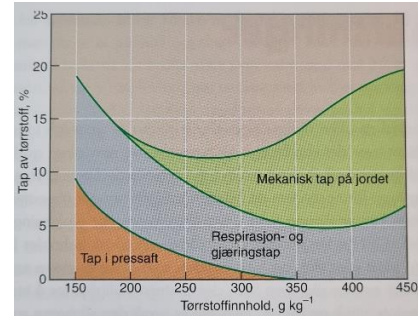
For at produksjonsdyr som storfe og småfe skal yte på ønsket nivå, trenges det mye energi som kommer fra grovfôr og/eller kraftfôr. I Norge er grovfôr hovedsakelig surfôr og beite, selv om grovfôr også kan være høy, halm, etc. Grovfôr har et lavere tørrstoffinnhold sammenligne med kraftfôr, som er et energirikt fôrmiddel som inneholder karbohydrater, fett, proteiner, vitaminer og mineraler. Kraftfôr kan lages av norske råvarer, eksempelvis korn, men også av importerte råvarer som soya. Sammenligner man grovfôr og kraftfôr er sistnevnte relativt dyrt, slik at godt grovfôr av riktig kvalitet kan bidra til at bonden kan oppnå økt lønnsomhet i produksjonen.

For å oppnå ønsket kvalitet er det viktig at grovfôret høstes til riktig tid, slik at man oppnår blant annet ønsket tørrstoffinnhold. Tørrstoff er hvor mye tørt materiale det er i fôret i



Figur 2: Heggset, S. (2017). Sammenhengen mellom kilo vatn og tørrstoffprosent (utgangspunkt parti gras på 100 kg med 15 prosent TS) Tilgjengelig fra: https://www.buskap.no/journal/2017/4/m-1674/Fort%C3%B8rking_av_gras (lest 16.02.2021).

forhold til mengden vann, og oppgis ofte som en prosentvissats. I figur 2 ser man sammenhengen mellom grasvekt og tørrstoff, og det kommer tydelig frem at fortørking fra 15 % til 30 % mer enn halverer vekta til graset, og dermed blir mindre vann transportert. Når mer gras og mindre vann transporteres, bidrar det til økt lønnsomhet for grovfôrproduzenten.

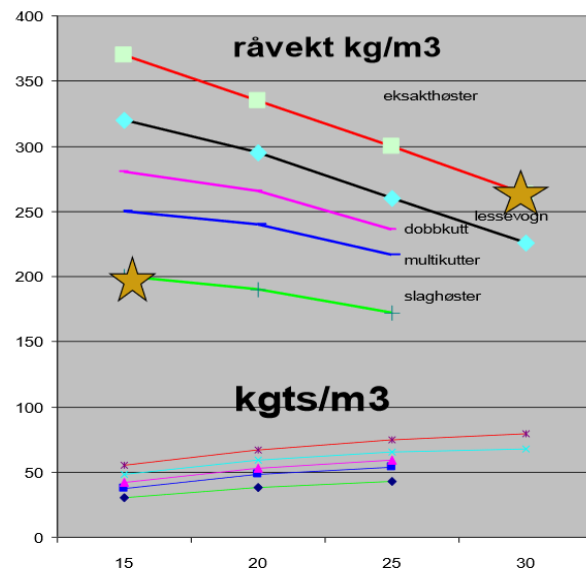


Figur 3: Mo, M. (2005). Ulike former for tørrstofftap i ensileringsprosessen ved ulike grader av fortørking. I Mo, M. Surfôrboka, s. 139. Oslo: Landbruksforlaget.

Ikke alt graset og tørrstoffet som blir høstet på jordet kommer drøvtyggerne til gode. Fra graset høstes til ferdig surfôr vil det være tørrstofftap. Mo skriver at «De viktigste tapspostene for tørrstoff og energi er: Tap under fortørking og høsting, Åndingstap i siloen, Tap ved fermentering, Tap gjennom pressafta, Tap ved mugning i utett silo, (og) Tap ved varmgang i siloen ved uttak av fôr» (Mo, 2005). I denne oppgaven vil tørrstofftap på grunn av fortørking og høsting være mest aktuelt. I figur 3 ser man prosentvis tørrstofftap for ulike tørrstoffprosenten til grovfôret, og med et tørrstoffinnhold på 30%, kan det anslås at det vil være rundt 5% tørrstofftap på jordet. Det ser også ut som at et tørrstoffinnhold på ca. 30 % er gunstig for å minimere de totale tørrstofftapene.

I figur 4 av Heggset (Heggset, 2021) ser man råvekten til gras i kg/m³ ved ulike høstemetoder. I dette prosjektet bruker landbruksroboten Thorvald en slåttebjelke, som ikke dekkes av figuren. Av innhøstingsmetodene i figuren vil slåttebjelken være mest lik slaghøster, men vil sannsynligvis gi lavere råvekt siden slåttebjelken i prinsippet kutter grasstrået en gang, i motsetning til slaghøsteren som kan slå av graset flere ganger ved ulike høyder. Figuren indikerer heller ikke råvekten til gras høstet med slaghøster ved 30% tørrstoff, men det antas at kurven er lineær med samme helning som mellom 20-25% tørrstoff. Basert på dette, og en antagelse om at råvekten er ca. 15% lavere, vil man få en tetthet på 130 kg/m³.

Det er ikke bare mengden grovfôr som det må å tas hensyn til, men også kvaliteten på grovfôret. Det er flere parametere som kan være av interesse når det gjelder grovfôr kvalitet, og en av dem er fordøyelighet. Ifølge McDonald et al. «kan (fordøyeligheten) være så høy som 0,85 i ungt vårbeitegras og så lavt som 0,45 i vinterfôr» (McDonald et al., 2011). Med andre ord vil drøvtyggere kunne nyttiggjøre seg 85 % av næringen i graset hvis det har høy kvalitet, og 45 % av næringen hvis graset har lav kvalitet.



Figur 4: Råvekt for gras høstet med ulike metoder.

Et annet parameter som kan påvirke kvaliteten til grovfôret er forurensing. Forurensing av fôret kan skje ved innblanding av jord når fôret høstes (Queiroz et al., 2018). Jorda inneholder bakterier som kan påvirke kuas helse og melkekvaliteten. Ved riktig innstilling av pickupen, minsker risikoen for innblanding av jord i fôret, som igjen kan påvirke kuas helse og økonomien til grovfôrprodusenten.

1.4 Innhøstingsproblemer

At vær og klima påvirker avlinger har vært kjent i lang tid, slik at klimaendringer også vil påvirke avlingsnivået. Klimaendringer vil ikke bare påvirke selve avlingen, men også hvordan man velger å drive jorda. Fra Iizumi og Ramankutty har man likning 1:

$$P = \sum_{i=1}^n A_i \times Y_i \quad (1)$$

«hvor P (tonn) er den årlige produksjonen av veksten av interesse for et gitt år, A er arealet (hektar), og Y (tonn per hektar per høsting)» (Iizumi & Ramankutty, 2015). Fra dette ser man at avlingsnivået kan holdes relativt konstant hvis det er mulig å høste arealet oftere, eller at man tar ut større avlinger per høsting. Da det er begrenset med dyrkbart areal, vil den største endringen i avlingsnivået komme fra endringer i hvor mye som kan høstes per hektar.

Klimaendringer kan gjøre det mer krevende å gjennomføre innhøstingen, noe som igjen fører til en større usikkerhet rundt avlingsnivået. Hvis det kommer mye nedbør kan årets siste slått utebli, eller bli gjennomført selv om graset får en dårligere fôrverdi. Ved hyppigere høsting av arealet kan dermed konsekvensen av en dårlig eller frafalt sisteslått bli mindre.

Klimaendringene påvirker ikke bare avlingsnivået til ulike vekster, men de kan også påvirke graden av jordpakking. Jordpakking fører til en tettere jordstruktur, som igjen påvirker avlingsnivået. I en artikkel av Hamza og Anderson hevdes det at «Jordpakking er estimert å være ansvarlig for jordforringelse av et areal på 33 millioner hektar i Europa» (Hamza & Anderson, 2005). Til sammenligning er arealet av Fastlands-Norge 323808 km² (SSB, 2021).

Trykket som jorden utsettes for kan beskrives av formelen F/A , hvor F er kraft og A er areal. Fra dette ser man at endringer i påført kraft og areal vil påvirke trykket og dermed ha innvirkning på jordpakking. Trenden med stadig større og tyngre traktorer øker risikoen for jordpakking, som medfører komprimering av jorda, og som igjen påvirker avlingene negativt (Keller et al., 2019). Større traktorer har ført til mer jordpakking, til tross for at dekkstørrelsen, og dermed dekkarealet, har økt. På enkelte dekk kan det innvendige dekktrykket senkes slik at man ved korrekt bruk får et større areal på dekket og dermed unngår man noe jordpakking (Arvidsson & Ristic, 1996). Landbruksroboten Thorvald har små dekk og lite dekkareal, men er også mye lettere enn tradisjonelle traktorer, slik at sjansen for og eventuell jordpakking er mindre.

1.5 Avlingsnivå

Hvert år stiller produsenter av gras, korn, og andre matvekster seg det samme spørsmålet: hvordan blir avlingene i år? Siden det er mange faktorer som påvirker avlinger og

avlingsnivået, har man ikke mulighet til å svare på dette spørsmålet før etter avlingene er høstet. Produsenten av disse vekstene kan kontrollere noen av faktorene, slik som jordbearbeiding, såmengde og gjødsling, mens andre faktorer, som temperatur og nedbør, får man ikke gjort noe med.

I tabell 1 fra SSB ser man avlingsnivået for flere typer gras som høstes til grovfôr. For oppgaven sin del er det kategoriene «Grønfôr- og silovekstar», «Ettårig raigras», og «Grønfôrblandinger og kornvekster» som er mest relevante. Som nevnt tidligere var årene 2017 og 2018 utfordrende med tanke på avlinger. Fra tabellen ser man at 2018 hadde et lavt avlingsnivå for de relevante kategoriene.

Tabell 1: Oversikt over avlinger i perioden 2017-2020 for utvalgte vekster. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jordbruksavling>. (lest:14.04.2021).

Avling av potet- og grovfôrvekstar								
	Avling i tonn				Kg per dekar			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Eng til slått regna som høy	2603200	2047000	3247000	3067700	621	466	727	689
Grønfôr- og silovekstar	179800	116500	173300	159100	1877	1054	1597	1691
Ettårig raigras	103200	59500	96300	85400	2529	1269	1934	1934
Grønfôrblandinger og kornvekster	67800	52500	71000	63600	1437	912	1352	1465
Fôrraps, fôrmargkål mv.	6700	2400	3800	7900	2685	1199	2008	2791
Potet	315500	326400	332200	361200	2690	2810	2843	3151

1.6 Hva er en pickup?

En pickup er et redskap som brukes til å plukke opp noe med lav vekt og som gjerne har et høyt lengde til breddeforhold. Selve pickupen består av tinder som er festet til en roterende aksling eller et belte. Akslingen eller beltet roterer motsatt vei av kjøreretningen, slik at tindene løfter produktet opp og fører det bakover.

En pickup brukes sjelden alene, men er satt inn i et større system. I landbrukssammenheng kan en pickup brukes til å plukke opp for eksempel gras eller høy fra bakken. En pickup som vist i figur 5 kan også brukes til å høste raps og hvete som er



Figur 5: John Deere (2021). BP15 Belt Pickup Platform. Tilgjengelig fra: <https://www.deere.com/en/harvesting/drapeer-platforms/bp15-belt-pickup-platform/>. (lest: 25.04.2021).

strenglagt. I figuren ser man at pickupen kan føre raps eller hvete bakover til en mateskrue, som igjen flytter plantematerialet videre.

I denne oppgaven er det opplukking av gras som er aktuelt å se på. Til opplukking av gras kan pickupen brukes i rundballepresser og lessevogner, og kan se ut som i figur 6. Disse kan også utstyres med pendling slik at de følger terrenget bedre. En lessevogn er en vogn som brukes til å plukke opp gras og transportere gras til en silo. Lessevognen er gjerne utstyrt med bunnkjeder og medbringere som brukes til å tømme vogna.



Figur 6: McHale (2021). McHale Fusion 3 Plus. Tilgjengelig fra: <https://www.mchale.net/norwegian/products/mchale-fusion-3-plus-2/> (lest 26.04.2021).

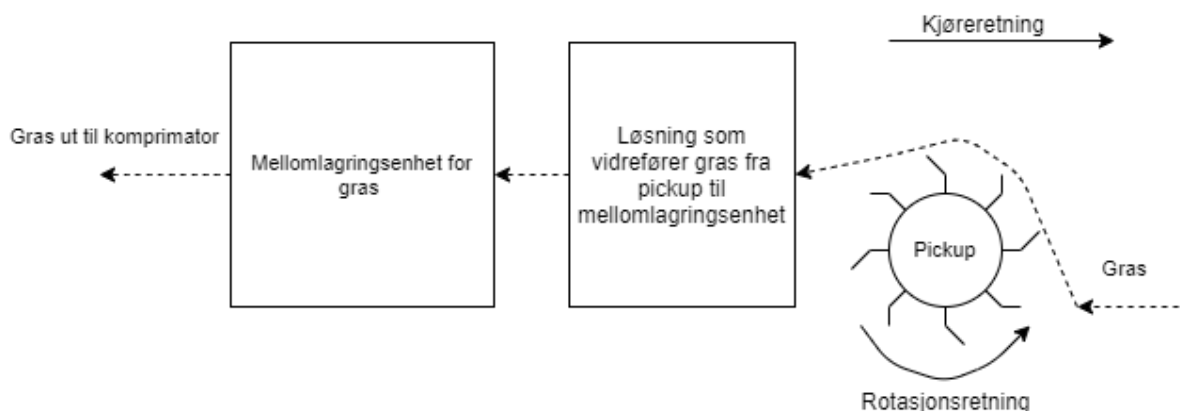
Pickupen kan også brukes som en del av en finsnitter, som ser nesten ut som en vanlig slagghøster, selv om virkemåten er forskjellig. I en slagfôrhøster blir graset slått av med et slagstål, og knust mot et motstål, før det kastes videre. I en finsnitter blir graset løftet av pickupen, og ført over kniver, før det kastes videre. Finsnittere kommer i slepte utgaver, men det er også mulig med selvgående finsnittere hvis man har behov for større høstekapasitet.

Når gras høstes med bruk av disse redskapene kan man kombinere det med kutting av graset, ved bruk av kniver som vist i figur 7. Graset føres over knivene ved hjelp av en trommel, deretter videre til et kammer, til en beholder eller ut av et rør. Kutting av graset øker grastettheten i rundballen eller i vogna, slik at det er mulig å transportere mer per tur. Knivene må kvesses etter hvert som de blir sløve, noe som kan gjøres ved at de demonteres og kvesses utenfor redskapet. På nyere maskiner er det mulig å få integrert sliping av knivene, slik at man kan bruke mindre tid på vedlikehold og mer tid på høsting når det står på som verst.

Pickupen kan også brukes ved strenglegging av gras når den plasseres foran et transportbånd. Når man slår graset til fortørking, kan graset enten breispreddes eller strenglegges. Ved breispredding blir graset spredt utover et større areal på jordet, ved strenglegging blir graset lagt direkte i en streng. Uavhengig av fortørkingsmetoden er det vanlig å samle graset til en større grasstreng før høsting, slik at det er mulig å kjøre mindre på jordet med tungt utstyr. Dette bidrar til å redusere jordpakkingen og øke effektiviteten til for eksempel en rundballpresse, finsnitter eller lessevogn. Figur 8 viser hvordan pickupen passer inn i innhøstingslinjen.



Figur 7: McHale (2021). McHale Fusion 3 Plus. Tilgjengelig fra: <https://www.mchale.net/norwegian/products/mchale-fusion-3-plus-2/> (lest 26.04.2021).



Figur 8: Prinsippskisse for pickup og grastransport.

1.7 Grastømming

For å få graset ut av transportløsningen kan det enten skli ut av beholderen, eller så må det gjøres et arbeid for å få ut graset. I begge tilfeller er statisk friksjon avgjørende for at graset skal begynne å skli.

Det er relativt få kilder som omhandler grasfriksjon og friksjonskoeffisienter, men i artikkelen «Physical and mechanical properties of selected forage materials» av Afzalnia og Roberge finner man at luserne har en friksjonskoeffisient på 0,14-0,26 for tørrstoffinnhold fra 88 % til 54,3 % målt mot stålunderlag (Afzalnia & Roberge, 2007). Dette er vesentlig tørrere enn 30 % tørrstoff som er aktuelt for innhøsting, samt at luserne per dags dato er lite utbredt i Norge. I standarden fra American Society of Agricultural and Biological Engineers, finner man derimot at friksjonskoeffisienten til gras er fra 0,65-0,68 når det måles mot polert galvanisert stål og polert rustfritt stål ved 27-29 % tørrstoff (American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2008).

Ved å bruke mekanikk og gjøre forenklingen ved å se på graset som en boks på et skrått plan, som vist i kraftdiagrammet i figur 9, kan man finne vinkelen som skal til for at graset begynner å gli:

$$F_{glide} = \sin(\theta) * F_g \quad (2)$$

Hvor F_{glide} er kraften som trengs for at graset skal begynne å gli, θ er vinkelen mellom horisontalen og underlaget, og F_g er gravitasjonskraften. Man må også finne friksjonskraften, $F_{friksjon}$, som er kraften som forhindrer graset fra å gli:

$$F_{friksjon} = \mu_{gras} * F_{normal} = \mu_{gras} * \cos(\theta) * F_g \quad (3)$$

Hvor μ_{gras} er den statiske friksjonskoeffisienten til gras, og F_{normal} er kraften som virker normalt på underlaget.

For at graset skal gli må $F_{glide} > F_{friksjon}$. Setter likning 2 lik likning 3:

$$F_{glide} > F_{friksjon} \quad (4)$$

$$\sin(\theta) * F_g > \mu_{gras} * \cos(\theta) * F_g \quad (5)$$

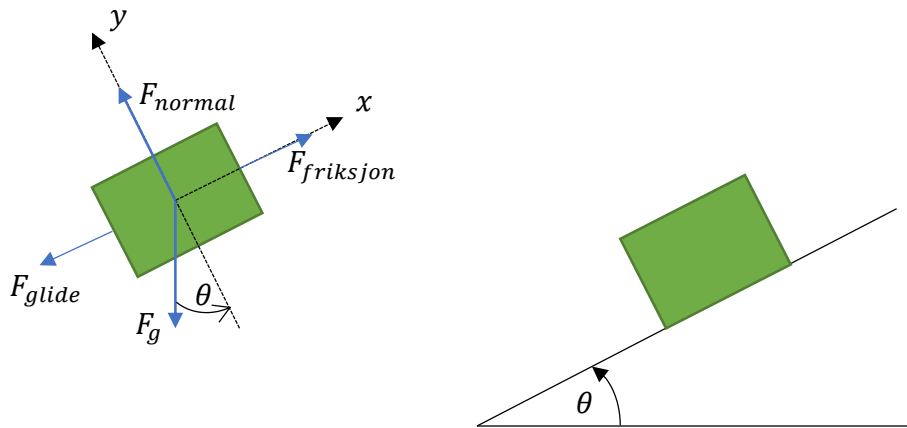
Forkorter bort F_g og deler på $\cos(\theta)$:

$$\tan(\theta) \geq \mu_{gras} \quad (6)$$

Løser med hensyn på θ :

$$\theta \geq 34,2^\circ \quad (7)$$

Basert på denne utregningen ser man at den minste teoretiske vinkelen før graset begynner å skli er på $34,2^\circ$.



Figur 9: Kraftdiagram for gras i transportboks.

1.8 Landbruksroboten Thorvald

Landbruksroboten Thorvald er en lett, ubemannet, modulær redskapsbærer. Den egner seg godt på bratte jorder, eller der jorda er bæresvak, slik at man unngår jordpakking og unødige skader på jorda. Den første utgaven av Thorvald ble utviklet ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU) i 2014 (Robotikkgruppen, 2020). Denne skulle utføre forskjellige oppgaver ute på jordet, og det ble utviklet tilhørende utstyr for blant annet såing og ugrasbekjempelse. 2014-utgaven av Thorvald hadde faste dimensjoner. Den andre utgaven kom i 2016, og ble designet for å være modulær. Dette ga økt fleksibilitet, slik at det i praksis er mulig å tilpasse både robot og utstyr til å utføre en bestemt arbeidsoppgave.

Kutteredskap til Thorvald er utviklet i masteroppgaven til Isaksen og Grelland (Isaksen & Grelland, 2018), og en transportbeholder i masteroppgaven til Larsen (Larsen, 2020). I denne oppgaven vil hovedfokus være på en helhetlig grastransportløsning som omfatter lessing, transport og lossing.

Figur 10 viser en rekke mulige konfigurasjoner for Thorvald og i tabell 2 er det angitt dimensjoner for en standard Thorvald robot.



Figur 10: Saga Robotics (2021) Flere mulige konfigurasjoner av Thorvald. Tilgjengelig fra: <https://sagarobotics.com/pages/thorvald-plattform>. (lest: 09.02. 2021).

Tabell 2: Tekniske mål for Thorvald. Tilgjengelig fra: <https://sagarobotics.com/pages/thorvald-plattform>. (lest: 09.02.2021).

Enhet	Verdi
Lengde	1500-1750 mm
Bredde	1000-3000 mm
Høyde	825 mm
Egenvekt	180 kg
Framdriftseffekt	2 kW
Batteripakke	70 Ah
Spenningskilde	48 V

Da det har gått noen år siden den andre utgaven av Thorvald så dagens lys, forutsettes det at det har blitt gjort forbedringer som blant annet øker lasteevnen. Det forutsettes også at det er mulig å øke lengde og bredde på Thorvald innenfor rimelighetens grenser, slik at det er mulig å kun benytte én Thorvald. I tabell 3 vises en konfigurasjon av Thorvald som er tenkt brukt i denne oppgaven.

Tabell 3: Forutsatte dimensjoner på Thorvald som brukes i denne oppgaven.

Enhet	Verdi
Lengde	2640 mm
Bredde	2384 mm
Høyde	825 mm
Egenvekt	180 kg
Framdriftseffekt	2 kW
Batteripakke	2*70 Ah
Spenningskilde	48 V

1.9 Dagens- og konkurrerende løsninger

Dagens pickup-løsninger kan hovedsakelig deles inn i traktormontert, selvkjørende eller montert på ATV.

Utstyr som skal brukes av en ATV er tilpasset et mindre kjøretøy, men vil kunne utføre de samme oppgavene som tilsvarende utstyr som er tilpasset traktor.

Den traktormonterte løsningen er ofte en slept pickup, eller en frontmontert i kombinasjon med sleping, selv om det også er mulig med butterfly-løsning. Disse pickupene er relativt store og kan kjøres ved høye hastigheter, slik at man har god kapasitet. I figur 11 ser man en slik front- og slepemontert løsning fra SIP. Et alternativ til en slik pickupløsning er en slept samlerive, noe som tar mer plass enn pickup-oppsettet.

Selvkjørende maskiner har ofte pickupen festet i front og har høy kapasitet. Et eksempel på en slik maskin er CM4240 fra Ploeger som er vist i figur 12. Disse vil typisk brukes på store jorder for å legge sammen flere grasstrenger. Sammenlignet med en traktor er disse smidigere, men har et mer begrenset bruksområde. Under norske forhold er det begrenset med jorder der det vil være hensiktsmessig å bruke en selvkjørende maskin med pickup, da det kreves store jorder for at en slik investering skal være lønnsom.

Dagens løsning for å transportere gras bort fra jordet er enten pakking i rundball eller at det lastes opp i vogn. Å pakke gras i rundball for så å transportere det bort fra jordet er en lite arbeidsintensiv metode. For å få gras opp i vogn kan det brukes fôrhøster eller en selvgående finsnitter, noe som krever mer utstyr og flere personer. Bruk av fôrhøster eller finsnitter er vanlig hvis man er flere og skal legge fôret i silo. Alternativet er å bruke en selvlessende vogn som er utstyrt med pickup og kniver. Større vogner er vanligvis utstyrt med trekk i bunn for lossing av gras.



Figur 11: SIP (2021). Front- og bakmontert pick-up festet til en traktor. Tilgjengelig fra: https://www.sip.si/en/product_category/pick-up-rakes-air/ (lest: 24.02.2021).



Figur 12: Ploeger (2021). Selvkjørende pick-up fra Ploeger. Tilgjengelig fra: <https://www.ploeger.com/products/cm4240/> (lest: 24.02.2021).

1.10 Sensorer for volumestimering

For at roboten Thorvald skal kunne operere autonomt på en effektiv måte må den ha tilgang til informasjon; for eksempel må Thorvald ha informasjon om grasmengden i beholderen slik at Thorvald vet når den skal tømmes. For å få slik informasjon må Thorvald ha tilgang til data som kan komme fra en eller flere kilder, som igjen kan virke på en eller flere ulike måter. Ved å prosessere data, og hente ut nyttig informasjon kan Thorvald ta beslutninger basert på dette.

I dette delkapittelet ser man kort på virkemåten til sensorer som kan brukes i denne oppgaven. Her ses det på virkemåten til tre ulike sensorer som baserer seg på avstandsbedømmelse, tre ulike sensorer som baserer seg på deformasjon for å beregne last og en kameraløsning som er basert på analyse av bilder.

1.10.1 Lasersensor

Lasersensorer kan brukes til flere ting, blant annet til å måle avstander. Ved å sende en konsentrert lysstråle, for deretter å beregne hvor lang tid det tar før lyset er blitt reflektert, kan man måle avstanden til et punkt. Dette kan brukes til oppmåling over lengre avstander, eksempelvis ved veibygging. Lasersensorer kan også inngå i et større system, hvor man ikke nødvendigvis er opptatt av avstand, men om det befinner seg noe mellom sensoren og et gitt punkt.

1.10.2 Ultralydsensor

Ultralydsensorer virker på samme måte som lasersensorer, men i stedet for en lysstråle blir det brukt høyfrekvente lydbølger, gjerne omtalt som ultralyd. I motsetning til lasersensoren, virker ultralydsensoren over ett større område, som følge av at lyd sprer seg utover.

1.10.3 Radarsensor

En radarsensor sender i likhet med ultralydsensoren ut en bølge, men bruker radarbølger i stedet for lydbølger. Radarbølgen treffer et objekt og blir reflektert tilbake. Man kan da beregne avstanden basert på hvor lang tid dette tar. Et eksempel på bruk av radarsensorer er i flyradarer.

1.10.4 Kompresjons- og strekkceller

En kompresjons- eller strekkcelle måler endringen i deformasjon som oppstår ved at noe komprimeres eller strekkes langs en akse. Når cellen komprimeres eller strekkes vil den måle en endring i elektrisk resistans, som igjen sender et elektrisk signal fra cellen. Basert på signalet som sendes ut er det mulig å tolke hvor mye cellen har blitt komprimert eller forlenget. Kompresjons- og strekkmålinger brukes på mange ulike områder, som for eksempel i en kjøkkenvekt eller til å måle lasten i en lastekran.

1.10.5 Bøycelle

En bøycelle virker på samme måte som en kompresjonscelle, men i stedet for kompresjon langs en akse, måler denne utbøying fra en akse. Bøyceller kan brukes som sikkerhet på for eksempel lastebilkraner for å måle nedbøying. Dette gjøres slik at man unngår å kjøre lasten for langt ut, som igjen kan føre til at lastebilen velter.

1.10.6 Torsjonscelle

En torsjonscelle måler deformasjon som oppstår ved at noe vrir seg, og har samme virkemåte som kompresjons- og bøyeceller. En torsjonscelle kan for eksempel brukes til å måle dreiemomentet til en motor.

1.10.7 Kamera

Et kamera måler verken avstanden til et punkt eller endringer i elektriske signaler, men baserer seg på et bilde og programvare. Dette krever at programvaren har en referanse og er i stand til å skille mellom ulike komponenter i bildet for å unngå feil. Programvaren som brukes kan være enkel eller avansert, alt etter ønske og behov. Med en enkel programvare vil det være mulig å gjenkjenne ulike former, mens en mer avansert programvare kan være i stand til å bedømme om noe passer inn i en bestemt kategori uten å ha sett det før. Kameraer og programvare kan bli brukt til gjenkjenning av enkeltobjekter.

1.11 Motorer

For at Thorvald skal kunne utføre ulike oppgaver må Thorvald kunne omgjøre energi til et nyttig arbeid ved hjelp av motorer. Det finnes flere typer av motorer, som gjerne har et navn knyttet til energikilden de bruker, som for eksempel bensin-, diesel-, og elektriskmotor. Siden Thorvald er utstyrt med batteripakker vil det være fornuftig å koble seg til disse, og dermed bruke forskjellige elektriske motorer. Elektriske motorer kan drives av AC eller DC, men siden Thorvald kan levere DC vil det være naturlig å bruke DC, framfor AC som også vil kreve en inverter for å virke når spenningskilden er et batteri.

1.11.1 DC-motor med børster

DC-motorer med børster har kull eller grafittbørster som leder strøm og kobler sammen stator og rotor. Slike børstemotorer er billige og kan lett kontrolleres ved å regulere spenningen. For å sette rotoren i bevegelse, brukes det et statisk magnetfelt som gjør at rotoren innretter seg i samme retning som feltet. Når rotoren er parallell med magnetfeltet vil den slutte å rotere, og man får ikke noe nytte av motoren. For å fortsette med rotasjon må det endres retning på magnetfeltet, noe som gjøres mekanisk ved bruk av børster. Ulempen med børstemotorer er at børstene blir utslitt etter hvert og derfor må skiftes, samt at de lager støv som fester seg på andre deler inne i motoren og kan skape problemer.

1.11.2 Børsteløse DC-motorer

Børsteløse DC-motorer har ikke børster, men styres av en motorkontroller som lager et roterende magnetfelt, noe som gir en mer presis kontroll av rotasjonsbevegelsen til rotoren. For å vite hvor magnetfeltet er trengs det sensorer, slik at det er mulig å kontrollere hastigheten på det roterende magnetfeltet. Børsteløse motorer krever mindre vedlikehold, men er også dyrere i innkjøp sammenlignet med en børstemotor.

1.11.3 Lineær aktuator

En lineær aktuator omformer en rotasjonsbevegelse til en lineær bevegelse, ved hjelp av en ledeskruer. Avhengig av hastigheten på bevegelsen og utformingen av skruen, er det mulig å få en selvåsende lineær aktuator. En selvåsende lineær aktuator vil ikke bevege seg, med mindre den er spenningsatt. Selvåsing kan være aktuelt hvis den lineære aktuatoren har en

lav arbeidssyklus, eller man ønsker å spare energi ved at systemet ikke er spenningsatt hele tiden.

1.11.4 Solenoid

En solenoid er en elektrisk-mekanisk mekanisme, som utfører en lineær eller roterende bevegelse når den blir spenningsatt. Til forskjell fra motorer og lineære aktuatorer brukes solenoider der det er snakk om små bevegelser eller lav belastning, som eksempelvis ved å endre retningen på en liten ventil eller for å flytte en bryter.

1.12 Kravspesifikasjoner

For å begrense antall valg og mulige kombinasjoner settes det krav til materialer, pickup, lesse-/losseutstyr og transportløsning. Kravene er både generelle og spesifikke, slik at det skal være mulig å komme med flere design, samtidig som det er visse egenskaper som bør/skal være oppfylt.

1.12.1 Materialkrav

For materialene som skal brukes stilles det følgende krav:

- Bør ha egenvekt under 3000 kg/m^3 for å unngå unødvendig jordpakking.
- Skal tåle å bli utsatt for plantesaft.
- Bør være beregnet for temperaturer fra -10°C til 70°C .
- Bør tåle direkte sollys, det vil si, være UV-bestandig.
- Skal kunne gjenvinnes ved endt levetid.
- Skal være lett tilgjengelige.
- Bør være konkurransedyktig på pris.
- Skal ikke forurense grovfôret.
- Komponentene som skal brukes bør være av standard dimensjoner, gjerne hylleware, eller være lett å tilvirke på et verksted.

1.12.2 Krav til pickup

- Høyden bør være regulerbar.
- Det bør være utskiftbare tinder.
- Tinder bør være lett å bytte.
- Motoren(e) bør ha regulerbart turtall.
- Det bør være mulig å måle eller estimere mengden gras som passerer over pickupen.
- Smørepunkter bør være lett tilgjengelig.
- Bør være lett å montere/demontere, dvs. i løpet av 30 minutter.

1.12.3 Krav til lesseløsning

- Motoren(e) bør ha regulerbart turtall.
- Eventuelle smørepunkter bør være lett tilgjengelig.
- Bør være lite vedlikehold eller lett å vedlikeholde.
- Bør være lett å montere/demontere, dvs. i løpet av 30 minutter.

1.12.4 Krav til transportløsning

- Skal romme minst 2 m^3 gras.

- Det skal være mulig å måle/estimere mengden gras i transportløsningen.

1.12.5 Krav til losseløsning

- Det bør være mulig å tømme transportløsningen i løpet av 2 minutter.
- Lossing skal skje autonomt av Thorvald.
- Losseutstyret skal være montert på redskapet, dvs. ikke ekstern lossing.

2 Analyse av nåværende pickup-løsning

Dette kapitlet tar for seg en analyse av en prototype som per dags dato er montert på Thorvald. Denne pickupen er avbildet i figur 13 og er utviklet av HMR Voss. Tekniske data for denne prototypen er vist i tabell 4.

Tabell 4: Teknisk data for pickup-prototype fra HMR Voss.

Enhet	Verdi
Høyde	300mm
Bredde	1000mm
Lengde	650mm
Vekt	60-70kg
Effekt	500W
Bredde tinder	750mm

Selve pickupen har et relativt smalt design. Den vil derfor ikke være like følsom for ujevnheter på jordet, som kan påvirke innblanding av jord og dermed sporer. Det smale designet gjør at pickupen vil være mest effektiv ved høsting av gras i streng og mindre aktuell for gras ved breispredning. Pickupen er montert med kjettinger, noe som sikrer at den henger solid, men gir en relativt grov høydejustering. En mulig forbedring vil derfor være å erstatte kjettingen med en mer fleksibel høydejustering, eventuelt tilpasse pickupen etter en standardisert innfestingsmekanisme til Thorvald.

Sammenlignet med selve Thorvald har pickupen en relativt høy vekt, slik at det bør vurderes om denne kan reduseres. En vektreduksjon vil redusere faren for jordpakking, og samtidig gi økt driftstid da effektbehovet reduseres.

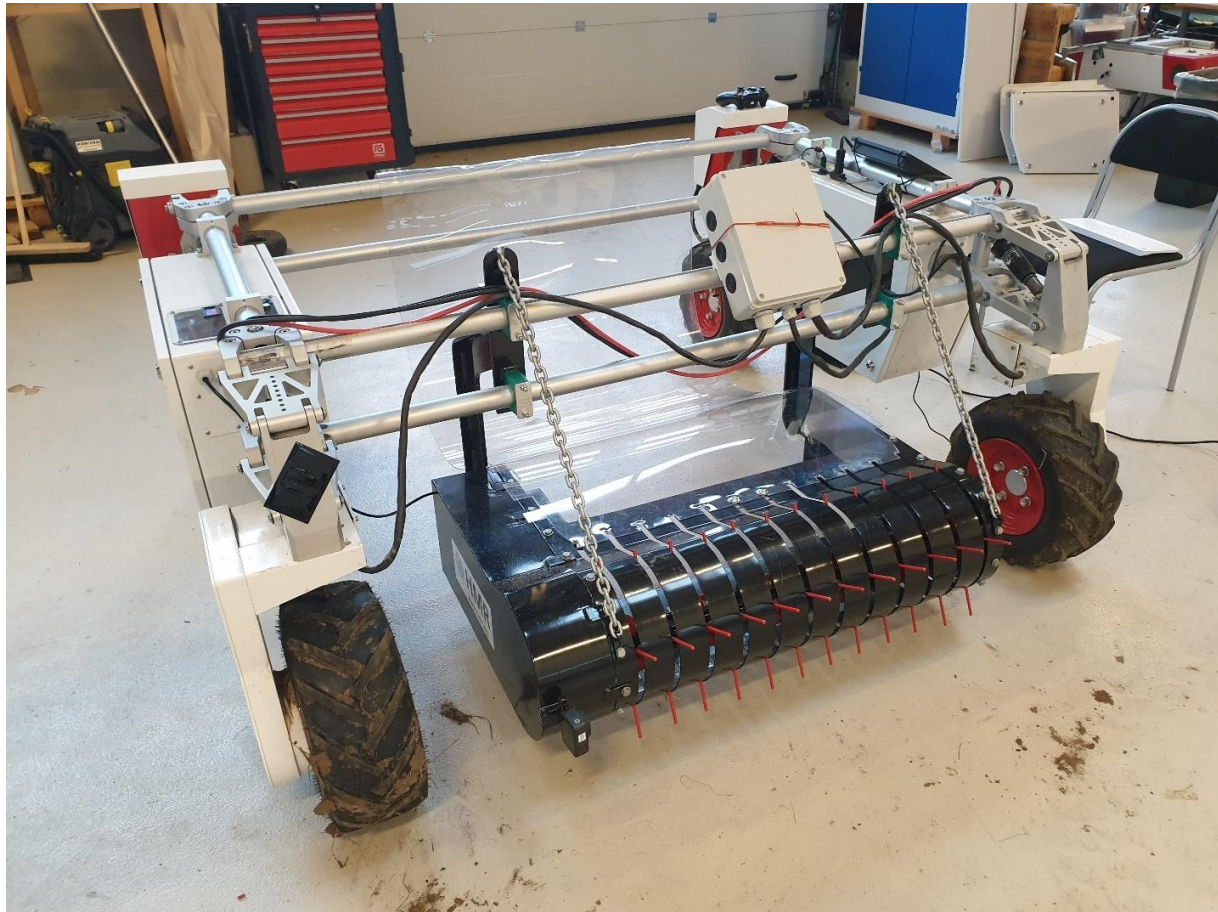
En mulig forbedring er å montere rivehjul på hver side i forkant av pickupen, slik at man får med hele grasstrengen selv om Thorvald ikke er rett over den. Siden ytterbredden til tindene er 750 mm, kreves det at man har en smal grasstreng som ligger stabilt. Siden vind kan blåse grasstrengen utover, kan rivehjul også minske eventuelle problemer knyttet til dette.

Pending kan også være et alternativ, men siden pickupen er relativt smal og Thorvald er kort, smal og kjører sakte er det ikke sikkert det er nødvendig.

Siden denne pickupen er designet for å løfte gras som skal videre til en transportløsning, kunne det ha vært aktuelt å installere en medbringer som flytter graset bakover som vist i figur 6 og figur 7. Dette sikrer at graset ikke blir liggende på toppen av pickupen og i veien for mer gras.

Med tanke på å bruke denne pickupen til strenglegging er pickupen for smal. Hvis man skal bruke Thorvald til strenglegging kan pickupen skaleres opp i bredden. Ved å montere et transportbånd og ledeplater bak pickupen, kunne dette vært en løsning som hadde passet bra for Thorvald. Denne løsningen ville hatt en del tyngde, og burde derfor henges på midten av Thorvald slik at vekten blir jevnere fordelt. Ulempen vil da være at man kjører over mer av grovføret og dermed øker faren for innblandingen av jord, bakterier og sporer.

I denne oppgaven vil pickupen fra HMR Voss brukes som en del av lesseløsningen. Dette er tidsbesparende med tanke på oppgaven, og siden denne pickup-prototypen er laget til prosjektet, vil det være naturlig å bruke denne i designet. Ved å bruke denne pickupen forutsettes det samtidig at produsenten gjør eventuelle tilpasninger som naturlig hører sammen med pickupen, for at denne skal kunne passe inn i grasinnhøstingslinjen.



Figur 13: Pickup fra HMR Voss montert på en utgave av Thorvald.

3 Prosjekt

Dette kapittelet gir kort informasjon om hovedmålet for oppgaven med tilhørende forutsetninger og begrensninger.

3.1 Oppdragsbeskrivelse

Hovedmålet med denne masteroppgaven er å utvikle en helhetlig prototype av et grastransportredskap til landbruksroboten Thorvald. Oppsamlingsredskapet skal ha mulighet til lessing, transport og lossing, og bør utvikles med tanke på en fremtidig autonom løsning.

3.2 Forutsetninger og begrensninger

I denne prosjektoppgaven gjøres følgende forutsetninger og begrensninger:

- Pickupen er utviklet for å passe til landbruksroboten Thorvald.
- I henhold til GrassRobotics-prosjektet vil graset plukkes opp på jordet, for så å transporteres til en kompaktor ved jordets ytterkant.
- Det forutsettes 5 slåtter per sesong.
- Den totale vekten av redskap og nyttelast settes til 400kg.
- Det forutsettes en tetthet på graset på 130 kg/m³.
- Løsningen er en prototype og vil derfor ikke optimaliseres med hensyn til vekt, pris eller materialforbruk.
- Det vil ikke bli foretatt en analyse for hvorvidt løsningen er økonomisk.
- På grunn av tidsbegrensninger vil det ikke bli foretatt patentsøk. Av samme grunn vil det ikke utvikles en bruksanvisning for produktet.
- Det vil ikke bli gjort en dynamisk analyse av hvordan lessing og lossing påvirker prototypen.
- Det vil ikke bli foretatt en vibrasjonsanalyse.
- Siden rampehøyden for matebordet på kompaktoren ikke er spesifisert, vil det antas at det er utformet slik at man ikke vil ha noen problemer med lossing uavhengig av valgt losseløsning.
- Det vil ikke bli montert kniver i forbindelse med pickupen, da dette vil føre til økt vekt og kraftbehov. Ved behov for kutting av graset før komprimering kan det installeres kniver på kompaktoren.
- Det forutsettes 8 timers drift per døgn.

I denne oppgaven forutsettes det i tillegg at Thorvald er utstyrt med sensorer for å ivareta sikkerheten, slik at man unngår person- og materiellskader som følge av at Thorvald kjører på noe(n). Siden oppsamlingsutstyret har en del roterende og bevegelige deler, vil det være fare for både slag- og klemskader.

4 Metode

Dette kapitlet tar for seg flere aspekter tilknyttet utviklingen av den helhetlige grastransportløsningen. Det ses først på produktutviklingsverktøy som brukes i denne oppgaven, deretter konseptvalg for lesseløsning, transportløsning og losseløsning. Det ses deretter på grasmengde og måleteknologi for estimering av grasmengde, samt festeanordning og materialvalg.

Basert på konseptvalgene og forutsetningene, utføres det dimensjonering av sentrale komponenter som inngår i prototypen, samt en beskrivelse av hvordan deler blir belastet i Ansys Workbench. På slutten av kapitlet er det en oppsummering av valgt prototypekonsept, samt CAD-modell av denne og pickup fra HMR Voss.

4.1 Integrrert produktutvikling

Integrrert produktutvikling (IPD) er en produktutviklingsmetode hvor det tas hensyn til flere faktorer i utviklingsprosessen (Duarte et al., 2020). Dette kan blant annet være tradisjonelle områder som HMS, økonomi, kundefokus og utviklingsarbeid. Innenfor IPD kan det også tas utgangspunkt i Magdeburg-modellen. «Den (Magdeburg-modellen) består av fire områder: Planlegging og organisering, metode, teknologi, og, dominerer de andre områdene, den menneskelige brukeren» (Krüger et al., 2010). Selv om dette rammeverket for integrert produktutvikling kan virke greit å følge er det ikke alltid slik i praksis. I en litteraturstudie utført av Hassannezhad og Clarkson fant man at elementer i IPD ble vektlagt ulikt (Hassannezhad & Clarkson, 2017). Siden IPD er dynamisk og favner bredt, og ikke har en klar vektlegging, vil det være åpent for tolkning. I denne prosjektoppgaven er integrert produktutvikling brukt for å ivareta aspekter knyttet til læring og kontinuerlig forbedring, samt at den helhetlige løsningen skal være trygg og gi brukeren økt verdi.

4.2 Pughs metode

Pughs metode er en seleksjonsmetode hvor flere alternative løsninger rangeres etter gitte kriterier, for å velge et design som man jobber videre med (Pugh, S., 1990). Her vil hver løsning rangeres fra 1 til 5 hvor 1 er dårligst og 5 er best. Tabell 5 viser hvordan ulike kriterier vektlegges og hvorfor det gjøres slik.

Tabell 5: Vurderingskriterier for Pughs metode.

Egenskap	Beskrivelse	Vekting	Begrunnelse
Vekt	Hva veier løsningen.	5	Et lettere design reduserer jordpakking, og man får med mer nyttelast.
Brukervennlighet	Hvor lett det er å demontere og montere redskapet, samt bruke og vedlikeholde redskapet.	4	Med opptil 5 slåtter per sesong bør det gå raskt å demontere og montere utstyret.
Funksjonalitet	Hvor godt egnet er den til oppgaven.	5	Må kunne utføre oppgaven effektivt.
Estetikk	Hvor pen/stilig løsningen er.	1	Estetikk er høyst subjektivt, og i tillegg vil løsningen brukes på et område der det er lite mennesker.
Menneskelig sikkerhet	Hvor sikkert det er for et menneske å bruke.	4	Produktet må være trygt å bruke for å unngå personskade.
Produserbarhet	Hvor lett det er å produsere.	3	Enklere konstruksjon gir lavere produksjonskostnader.

4.3 Konseptvalg lesseløsning

For å samle opp graset må det først løftes fra bakken ved hjelp pickupen. Etter at graset har blitt løftet opp av pickupen og ført bakover må det flyttes videre ved hjelp av en lesseløsning for å havne i transportløsningen.

4.4.1. Mulige lesseløsninger

Fra design av for eksempel rundballepresser og lessevogner ser man at det er mulig å bruke en løsning med roterende trommel og ofte også med kniver innkoblet eller ikke. For en løsning uten kniver vil effektbehovet for å flytte graset være avhengig av trommelvekt og størrelse, hvor mye gras som skal igjennom, og hvor mye grastrømmelen må dytte på graset for å hindre at det faller tilbake i trommelen igjen. Med kniver innkoblet må effekten økes for å kutte graset, og behovet for vedlikehold øker.

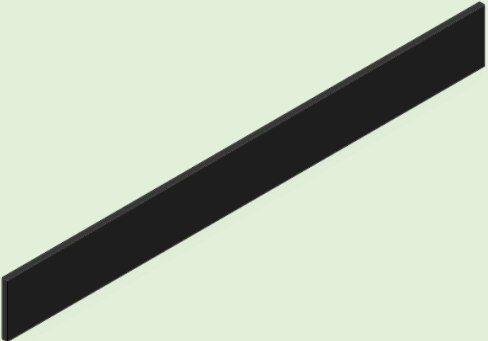
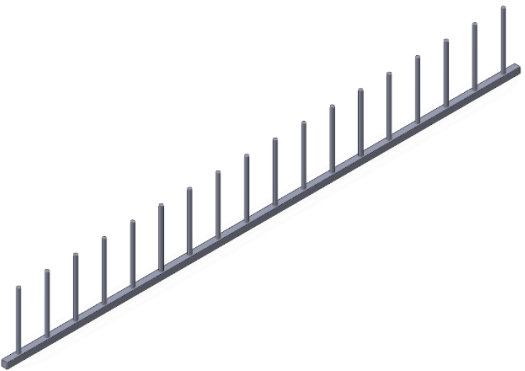
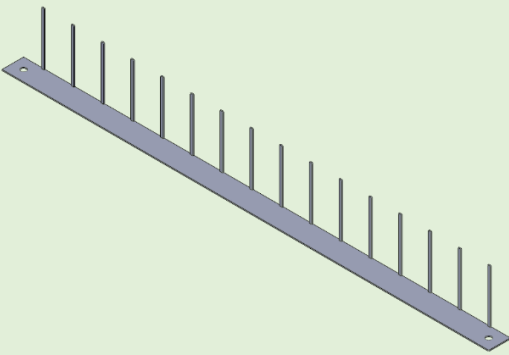
En annen mulighet er å bruke en kasteløsning som på finsnittere. En slik løsning krever at graset blir kuttet for at det skal være mulig å kaste det ut av røret og over i en beholder. Begge disse alternativene er aktuelle for dedikerte grashøstelinjer, men vil ha redusert fleksibilitet med tanke på andre bruksområder. En tredje, og mer fleksibel løsning, vil være å bruke noe som løfter eller skyver graset. Dette kan gjøres ved bruk av et transportbånd eller kjeder

utstyrt med medbringere, som får med seg graset. Med tanke på forsøk og fleksibilitet velges en slik løsning.

4.4.2. Medbringere

For at transportbåndet skal få med seg graset må det utstyres med medbringere. Tabell 6 viser utforminger på mulige medbringere med tilhørende kommentarer. Disse vil festes med jevne mellomrom slik at det vil være nok plass til at graset havner på transportbåndet, men samtidig unngår at det blir liggende unødvendig mye gras på det.

Tabell 6: Mulige utforminger for grastransport på samlebandet.

Konsept	Kommentar
 <p>1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Denne utformingen sikrer at man får med små bestanddeler i graset, som for eksempel små blader. - Større sjanse for at gras sklir av medbringeren. - Potensielt tyngre enn neste utforming. - Lett å produsere.
 <p>2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Er lettere for tinder å få med seg graset. - Fare for at smått plantemateriale ikke blir med. - Større sjanse for at mennesker skader seg på tindene. - Mer krevende å produsere.
 <p>3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tinder gjør det lett å få med graset. - Fare for at smått plantemateriale ikke blir med. - Mer krevende å produsere. - Lettere å feste. - Sikrere å montere da man kan holde større avstand til tinder.

Disse tre alternativene rangeres så i tabell 7.

Tabell 7: Rangering av konsept for grastransport.

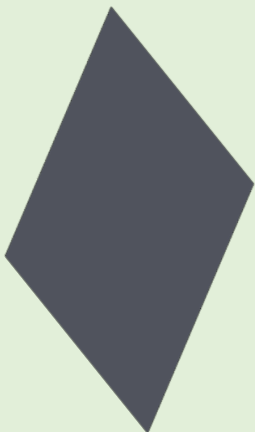
Egenskap	Vekting	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Vekt	5	3	5	4
Brukervennlighet	4	3	3	4
Funksjonalitet	5	4	5	5
Estetikk	1	4	5	4
Menneskelig sikkerhet	4	4	3	4
Produserbarhet	3	5	4	4
Sum		82	91	93

Basert på vurderingen over ser man at det er konsept 3 i tabell 6 som har flest poeng, og det er dermed konseptet som det velges å gå videre med.


4.4.3. Utforming av lesseløsning

For å lesse graset må det føres inn eller opp i transportløsningen på et vis. Denne lesseløsningen må være tett for å unngå at graset faller gjennom, og to alternativer er vist i tabell 8. For å unngå unødvendig vekt og energibruk kan ikke lesseløsningen være for bred eller lang, samtidig som den må ha en viss høyde for å få graset opp i beholderen. Bredden settes derfor til 10 centimeter bredere enn bredden på pickupen, og lengden vil avhenge av utformingen på transportløsningen. For å hindre at graset faller sideveis ved lasting, festes det et par tynne plater på hver side. Uavhengig av valgt løsning bør det være noe som graset kan skli på mellom selve pickupen og lesseløsningen, slik at lesseløsningen ikke trenger å stå helt oppi pickupen.

Tabell 8: Konsepter for lesseløsning.

Konsept	Kommentar
 <p>1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En hel plate. - Lett å produsere. - Lett å reparere/vedlikeholde. - Må ha en form for kjeder for å flytte medbringerne som er beskrevet over. - Medbringerne presses mot platen og graset løftes opp.

Tabell 8 forts.; Konsepter for lesseløsning.

Konsept	- Kommentar
 <p>2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Transportbånd. - Mer krevende å produsere, reparere og vedlikeholde. - Graset holdes på plass av utformingen som er presentert i forrige tabell. - Transportbåndet må støttes opp.

For å overføre effekt fra motoren til transportbåndet kan reimer eller kjeder brukes. For konsept 1 i tabell 8 vil kjede- eller kjetting drift være naturlig for å få medbringere til å gli over plata. For transportbåndet kan tannreimdrift være aktuelt ved at tannreimen sveises til beltet, eventuelt kan det velges et flatt transportbelte som drives av en valse. Uavhengig av valgt løsning, vil det være mulig å bruke en nav-nav-kopling for å koble sammen en motor direkte med akslingen som driver kjedet eller transportbåndet. De to foreslåtte lessekonseptene over rangeres mot hverandre i tabell 9.

Tabell 9: Rangering av konsept for lessing.

Egenskap	Vekting	Konsept 1	Konsept 2
Vekt	5	4	4
Brukervennlighet	4	4	3
Funksjonalitet	5	5	5
Estetikk	1	2	4
Menneskelig sikkerhet	4	3	4
Produserbarhet	3	3	4
Sum		84	85

Basert på rangeringene ser vi at konsept 2 har marginalt høyest poengsum og blir konseptet som det velges å gå videre med. For at selve redskapet ikke skal bli unødvendig langt vil transportbåndet ha en helning på 60°.

4.4 Konseptvalg transportløsning

Det er flere mulige utforminger på transportløsningen som skal brukes til å mellomlagre graset før det transporteres bort fra jorden, og utformingen av denne vil i stor grad påvirke

hvor mye som kan fraktes bort fra jorden hver gang. Foruten transport av selve graset, må det også monteres nødvendig losseutstyr på transportløsningen.

4.4.1 Utforming av transportløsning

Transportløsningen vil være den delen av utstyret som tar mest plass og må tilpasses størrelsen til Thorvald. En godt utformet transportløsning er også viktig slik at Thorvald skal kunne koble seg til på egenhånd. Det kan da være en fordel med en relativt rigid struktur. Det er ikke nødvendig at selve transportløsningen har en stiv struktur, men sammenkoblingen mellom Thorvald og redskapet bør ha det.

4.4.2 Utforming med tanke på Thorvald

Med en rammestruktur er det mulig å bruke en stor sekk til å samle gras i. Siden sekker vanligvis er myke og bøyelige, kan det skape utfordringer med lossing avhengig av valgt lossemetode. Bruk av sekker kan være en fordel ved prøvetaking, siden plantematerialet havner direkte i sekken som man kan ta med seg, slik at man slipper en ekstra arbeidsoperasjon i prøvetakingen.

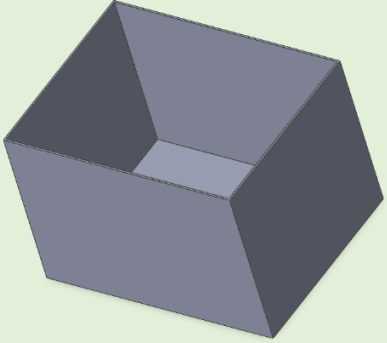
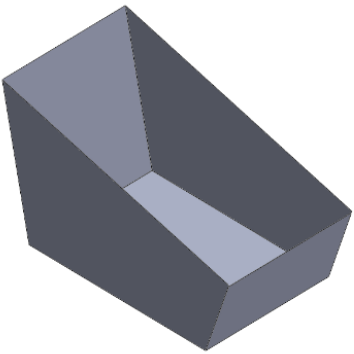
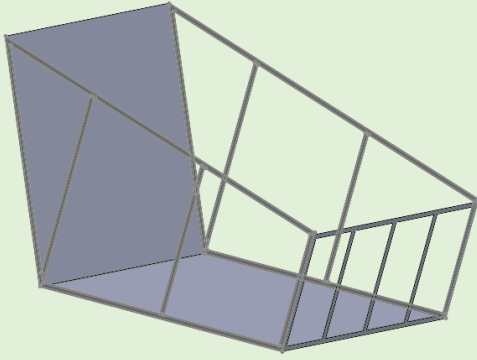
En stivere løsning, som ved bruk av en transportkasse, er også mulig. Denne vil sannsynligvis være lettere for Thorvald å losse. Siden det er Thorvald som er hovedbruker av transportløsningen, vil designet baserte seg på en mer rigid løsning med en transportkasse.

4.4.3 Mulige konsepter for en transportkasse

Selv om en løsning med en stivere struktur gir rom for flere ulike former, velges det å ta utgangspunkt i et tradisjonelt kassedesign. Et slikt design er relativt lett å produsere med tanke på både prototyping og serieproduksjon. Det er også praktisk med tanke på at graset ikke skal bli hengende fast inne i beholderen ved lossing. Siden transportkassen skal kunne holde 2 m³ med gras og plasseres på Thorvald, kan det være nødvendig å avstive transportkassen for å unngå deformering. Kravet til et volum på 2 m³ kan også indirekte påvirke tyngdepunktet til Thorvald gjennom utformingen av transportkassen.

I teoridelen fant man at den minste vinkelen som skulle til før graset begynte å skli var på 34,2°. Etersom friksjonskoeffisienten som ble brukt i utregningene ble målt mot et stålunderlag, og materialkravet sier at man ikke kan bruke materialer som har en egenvekt over 3000 kg/m³, vil ikke stål kunne brukes i konstruksjonen. Siden det er usikkerhet rundt graset friksjonskoeffisient mot ulike materialer, vil det være fornuftig å øke denne vinkelen. Vinkelen bør også økes av produksjonsmessige hensyn, da en vinkel på 34,2° vil være mer krevende å produsere enn for eksempel en vinkel på 45°. Til gitt lengde og bredde på Thorvald, vil det være behov for en nokså høy transportkasse hvis graset skal kunne skli ut av transportkassen. I tabell 10 ser vi noen mulige utforminger av selve transportkassen med vurderinger og kommentarer for det aktuelle designet.

Tabell 10: Konsepter for transportkasse.

Konsept	Kommentar
 <p>1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lett å produsere. - Flatt gulv trenger en form for bunntrekk eller vipping for tømning. - Tette vegger: søler ikke gras.
 <p>2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Skrått gulv som gjør tømning lettere. - Mer krevende å produsere. - Tette vegger: søler ikke gras. - Med samme bredde og lengde, må boksen være høyere for samme volum, noe som gir et høyere tyngdepunkt.
 <p>3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mer krevende å produsere - Rammekonstruksjonen fylles med netting, noe som muliggjør en lettere løsning. - Kan søle mer gras. - Skrått gulv bidrar til lettere lossing. - Bruker mindre materiale. - Sidene av beholderen tåler mindre.

Disse konseptene rangeres så i tabellen under.

Tabell 11: Rangering av transportboks-konsep-ter.

Egenskap	Vekting	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Vekt	5	4	4	5
Brukervennlighet	4	5	4	3
Funksjonalitet	5	5	4	4
Estetikk	1	2	3	3
Menneskelig sikkerhet	4	3	3	3
Produserbarhet	3	5	3	2
Sum		94	80	78

Basert på rangeringen av transportboks-konsep-terne i tabell 11, velges det å gå videre med konsept 1 fra tabell 10.

4.4.4 Konsekvenser av konseptvalg

Siden konsept 1 har flat bunn, kan ikke graset skli rett ut av transportkassen. Transportkassen må derfor ha ekstra utstyr som muliggjør lossing av transportkassen. Dette kan gjøres på flere måter ved at man for eksempel bruker sylindere eller en taljeløsning som hever transportkassen i fremkant, graset kan skyves bakover ved hjelp av bunnkjeder og medbringere, eller hele lasset kan flyttes med et transportbånd.

En løfting av transportkassen i fremkant kan komme i konflikt med lessebåndet, samt heve tyngdepunktet og gjøre Thorvald ustabil. En slik løfteløsning gir derimot færre roterende deler enn de to øvrige løsningene.

Bunnkjeder gir flere slitedeler, men man beholder sannsynligvis et lavere tyngdepunkt. Dette er en relativt enkel løsning som er lett å reparere for sluttbruker hvis noe går i stykker under slått. Ulempen er at denne løsningen er utsatt for forurensing fra jord og støv, samt at gras kan sette seg fast i drivhjul og kjede.

For å drive et transportbånd kreves det enten tannhjul eller valser. Disse kan være relativt dyre ved innkjøp og utskifting. Et transportbånd i hele transportkassen sin bredde vil gi en raskere tømning, og ikke være like utsatt for ytre forurensinger som kan påvirke driften. Ulempen med en slik løsning er at det vil være mer krevende å skifte transportbåndet. Avhengig av selve skaden på transportbåndet kan reparasjoner også være mer tidkrevende, men siden dette avhenger av reparatøren vil ikke det vektlegges her.

Basert på at løsningen med et transportbånd i bunnen av transportkassen ikke kommer i konflikt med lessebåndet, og har mulighet til å tømme kassen raskt, velges dette.

Siden et av kravene til transportkassen er at den skal kunne holde 2 m³ gras, vil det være flere kombinasjoner av høyde, lengde og bredde på kassen som tilfredsstillende dette kravet. Ved å sette lengde og bredde til 1,5 meter, og høyde til 1 meter, oppnår man et volum på 2,25 m³.

4.5 Konseptvalg losseløsning

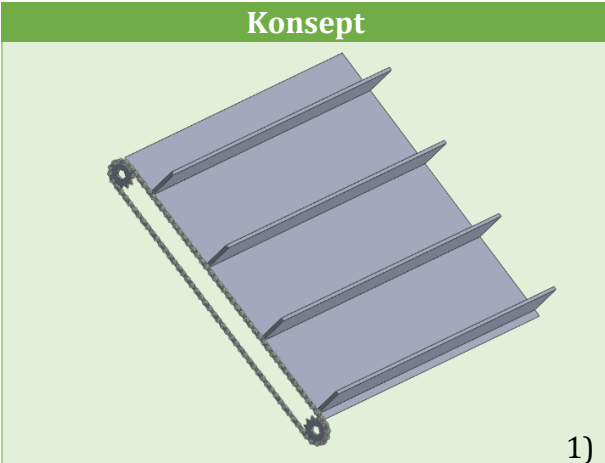
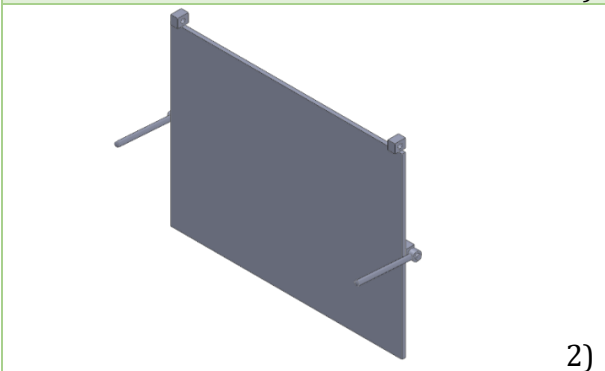
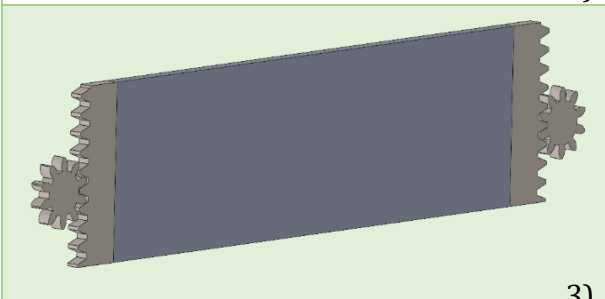
Når transportkassen er full må den tømmes, også omtalt som losses. For å losse graset ut av transportkassen og over til kompaktoren kan løsningene være:

- At man har en bakluke som kan åpnes.
- Eller det er mulig å losse graset med et samleband som ligner på det man laster med.

En tredje mulighet er en bunnluke, slik som ble utarbeidet av Larsen (Larsen, 2020), men på grunn av ulike forutsetninger, som eksempelvis at utstyret i denne oppgaven utvikles med tanke på autonom tilkobling, vil ikke en slik løsning vurderes i denne oppgaven.

De ulike konseptene med tilhørende vurdering er vist nedenfor i tabell 12.

Tabell 12: Konsepter for lossing.

Konsept	Kommentar
 <p>1)</p>	<ul style="list-style-type: none">- Samme utforming som transportbåndet som brukes til lessing, men i hele boksens bredde (virker som en avlesservogn).- Grovere tinder for å tåle økt belastning.- Energikrevende å løfte høyt.- Trenger også egnet motor for å drive lossebandet.- Ikke avhengig av lavt matebord.
 <p>2)</p>	<ul style="list-style-type: none">- Må ha en lineær motor eller sylinder til å svinge opp luka.- Må holde på plass graset så det ikke sklir ut av transportkasse.- Mindre sjanse for at gras kiler seg.- Må ha lavt matebord eller rampe for tømming.- Mindre energikrevende.
 <p>3)</p>	<ul style="list-style-type: none">- Tannhulløsning brukes til å heve/senke bakporten.- Fare for at det kiler seg gras mellom tannhjulet og skinnen.- Må ha lavt matebord eller rampe for tømming.- Hele luka må løftes ved tømming.

Disse tre konseptene rangeres så i tabell 13.

Tabell 13: Rangering av konsepter for lossing.

Egenskap	Vekting	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Vekt	5	3	3	3
Brukervennlighet	4	4	4	3
Funksjonalitet	5	5	5	2
Estetikk	1	4	3	2
Menneskelig sikkerhet	4	3	4	2
Produserbarhet	3	3	4	2
Sum		81	87	53

Fra tabellen over ser vi at det er konsept 2 som har høyest poengsum og er dermed det konseptet som man går videre med. Dette er et konsept som krever at bakluka dyttes opp, noe som kan gjøres ved bruk av en lineær aktuator eller en hydraulisk eller pneumatisk sylinder. Alternativet med hydrauliske eller pneumatiske sylindere vil føre til økt kompleksitet, da det enten må installeres hydraulikkpumpe, ventiler, slanger og tank eller så må man ha en kompressor og slanger. Siden bakluka vil ha lav vekt og det er elektrisitet lett tilgjengelig på Thorvald, vil det brukes en lineær aktuator.

4.6 Valg av måleteknologi for estimering av grasmengde

Det å finne ut hvor mye gras som befinner seg i transportkassen, kan løses på flere mer eller mindre fleksible måter. Ved å feste lastceller på Thorvald vil disse kunne brukes sammen med annet utstyr, slik at det ikke må integreres nye lastceller i fremtidig utstyr. Siden denne oppgaven hovedsakelig dreier seg om utviklingen av en prototype grastransportløsning, og ikke av Thorvald, vil det være naturlig at måleutstyret monteres på redskapet i stedet for på selve roboten. Ved å plassere en eller flere sensorer på transportkassen, kan oppsamlingen stoppe når man har nådd ønsket mengde.

4.6.1 Vurdering av bruken av ulike sensorer

En lasersensor er en enkel og billig løsning som kan brukes til å bestemme grasnivået i beholderen, men lasersensorer måler avstanden til ett lite punkt, noe som gjør en slik løsning meget følsom for hvordan graset legger seg i beholderen. Løsningen kan derfor være meget upresis med tanke på grasmåling.

Det er også mulig å bruke kamera til å ta bilde av graset, for deretter å beregne hvor mye gras det er i transportkassen. Til dette trengs eget kamera og egnet programvare. En slik programvare må være i stand til å utføre objektgjenkjenning av ulikt plantemateriale i sanntid. Siden det vanligvis er flere forskjellige sorter gras som dyrkes samtidig, må programvaren kunne gjenkjenne mange ulike typer av gras, blader og stilker for at dette skal være en robust løsning. Siden en slik programvare ikke er hyllevare må det utvikles egen programvare, noe som igjen øker utviklingstiden fram til en funksjonell prototype. I tillegg kan det komme støv på kameranlinse eller være lysforhold som kan påvirke resultatet.

En tredje løsning er å bruke ulike lastceller som kan plasseres på transportkassen slik at man får kontinuerlige målinger av grasvekten. Ulempen med lastceller er at de koster litt, og siden de fleste lastceller virker ved å måle endringer i deformasjon, kan vibrasjoner fra motorer og Thorvald påvirke målingene. Integrering av slike lastceller krever også at det tas større hensyn til plassering av disse i designfasen. Dette kan igjen gi en mindre fleksibel løsning, og i verste fall vil det ikke være mulig å bruke disse til å få ut tilfredsstillende målinger.



Figur 14: DFRobot (2021). Vanntett ultralydsensor. Tilgjengelig fra: <https://www.dfrobot.com/product-1935.html> (lest: 13.04.2021).

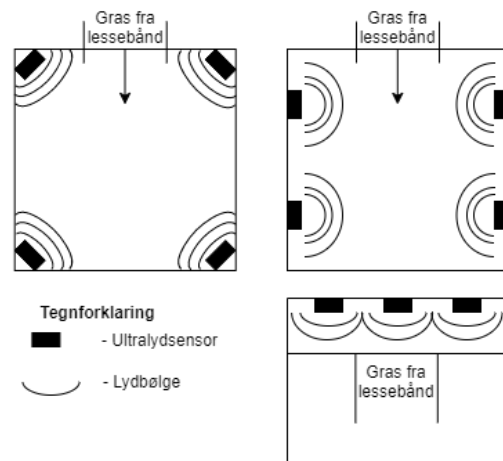
Et fjerde alternativ for å måle graset i beholderen er å bruke ultralydsensorer. Disse er relativt billige, og finnes i vanntette varianter, slik som i figur 14 fra DFRobot. En annen fordel med ultralydsensorene er at de kan brukes til både vekt- og avstandsberegning. I motsetning til lasermåling vil disse være mindre følsomme for graset plassering i beholderen, siden ultralydbølgene sprer seg over et større område.

En radarsensor kunne også vært brukt, men det må da tas høyde for at graset kan ha ulikt vanninnhold som igjen påvirker ledningsevnen til graset, og også målingene.

Basert på fordelene med ultralydsensorer velges det å gå videre med disse i oppgaven.

4.6.2 Plassering av sensorer

Ved å bruke et nettverk av sensorer kan avstanden til graset bedømmes, og lessingen stopper når man når et angitt nivå. Eventuelt kan avstandsmålinger omregnes til antall kilo gras. For å gjøre en omregning til antall kilo gras vil det kreve praktiske forsøk, slik at sensoren kan kalibreres mot virkelig grasmengde. Siden grassamlingen skjer på et jorde vil graset ristes i større eller mindre grad, slik at det synker sammen. Dette kan påvirke den estimerte grasvekten i transportkassen og være en kilde til feilmålinger. Det bør derfor legges inn en ekstra sikkerhet mot overfylling.



Figur 15: Mulige plasseringer av ultralydsensorer.

Siden graset forflytter seg i transportkassen, må det gjennomføres praktiske forsøk for å finne antall sensorer som trengs for å oppnå en god nok måling. Med tanke på at prinsippet for avstandsmåling med ultralyd bygger på avstanden til graset, vil plasseringen av sensorene i stor grad påvirke nøyaktigheten av målingene.

I figur 15 er det vist mulige plasseringer av ultralydsensorene, hvor de to øverste er sett ovenfra, og den nederste er sett fra front. Av disse vil løsningen øverst til høyre være lettest å installere, siden man bare behøver å bore to hull til innfestinger og eventuelt ett for å tre kabler igjennom. Plasseres sensorene i hjørnene, som vist i skissen øverst til venstre, må det lages ekstra festebraketter. Velger man å feste sensorene over transportkassen, som vist i den tredje skissen, må sensorene vinkles slik at de dekker hele beholderen, og det må lages en ekstra bøyle til innfesting.

Ved å bruke flere sensorer trengs det også program- og maskinvare for å koble disse sammen, noe som kan gjøres med ledninger og en mikrokontroller. Basert på målingene vil det også være mulig å kontrollere motoren som driver lossemekanismen. Dette er nyttig for å flytte graset lengre bak i transportkassen, slik at det er rom til å fylle mer gras i framkant. Ved å styre lossemekanismen på en slik måte kan man klare seg med et kortere lessebånd for å fylle transportkassen. Dette fører også til et lavere materialforbruk.

4.7 Festeanordning til Thorvald

Det finnes flere måter å designe en festemekanisme på, og utformingen vil avhenge av blant annet hvor ofte den skal brukes. I forutsetningene i delkapittel 3.2 ble det forutsatt fem slåtter per sesong, men det er ikke spesifisert om hvor mange skifter det er. Det er heller ikke sikkert at Thorvald vil høste samtlige skifter etter hverandre, eller at alt graset på et skifte har ønsket kvalitet, slik at det kan være andre oppgaver som skal utføres i mellomtiden. Med fem slåtter per sesong må utstyret minst monteres og demonteres fem ganger per sesong, men sannsynligvis er tallet høyere. Det bør derfor være lett å montere og demontere redskapet på Thorvald slik at man får frigjort tid til å gjøre andre oppgaver. Da det ikke er utviklet en egen kranløsning for å løfte på plass redskap på Thorvald, og det er lite sannsynlig at alle brukere av Thorvald har en kran tilgjengelig, tas det utgangspunkt i at den bakre delen av ramma fjernes. Thorvald kan da rygge seg på plass ved tilkobling av redskapet.

4.7.1 Utvikling av fester

For å feste lessebånd og transportkassen til Thorvald trengs det egnede fester. Da det ikke er utviklet standardiserte fester til Thorvald, vil det her bli foreslått en todelt løsning. Til de nederste rørene på Thorvald vil et bøyd firkantrør festes med u-bolter. Thorvald brukes til forskning og det er vanskelig å forutse hvilke innfestingsbehov forskere og forskningsteknikere vil ha. Derfor blir den øvre delen av innfestningen utformet som en festeskinne med hull. Det blir da enklere å posisjonere utstyret slik man ønsker å plassere det. Siden festene på redskapet skal skli gjennom festeskinnen, må skruene som skal feste skinna til Thorvald ha avrundet hodet, for å ikke komme i konflikt med festene på utstyret.

Thorvald skal kunne utføre skifting av redskaper autonomt, og derfor må Thorvald klare å posisjonere festene riktig. Dette kan være en utfordring på både flatt og ujevnt underlag. Siden Thorvald ikke har mulighet til høydejustering, må enten redskapet ha mulighet til å

justere høyde, eller så må festene på Thorvald lages slik at Thorvald klarer å rygge seg på plass og hekte på redskapet. Høydejustering av redskapet er mulig å få til ved at det festes regulerbare føtter på redskapet. Dette vil gi en tyngre løsning, men samtidig øker det fleksibiliteten ved at redskapet kan skiftes på ulike plasser. I tillegg må det installeres et batteri på redskapet for å drive disse føttene.

En annen mulighet er å lage en heve- og senkestasjon, slik at man unngår ekstra vekt og kompleksitet på selve redskapet. Dette gir en mindre fleksibel løsning da det ikke er mulig å sette fra seg redskapet hvor som helst ved behov.

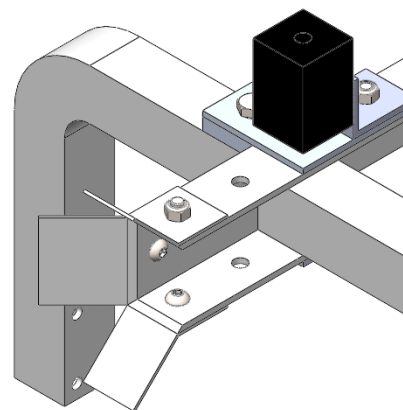
En tredje mulighet er å lage trakt på innfestingene som leder redskapsfestene på riktig vei. Dette er en enkel løsning, som i stor grad kan redusere påvirkningene av ujevnt underlag, og som også kan kombineres med de to forrige løsningene. En slik løsning er vist i figur 16.

4.7.2 Sammenfestingsalternativer til Thorvald og redskapet

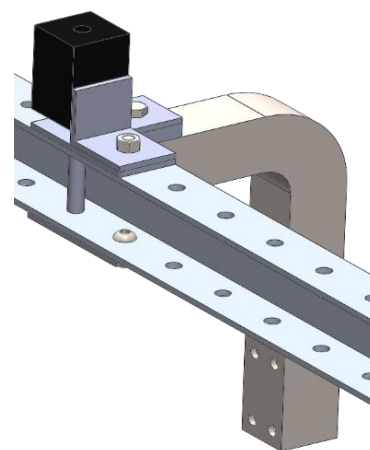
Selve sammenfestingen av Thorvald og redskapet kan gjøres med skruer og muttere, som er en velprøvd metode de fleste i landbruket har kjennskap til. Dette er også en billig løsning som er lett å skru for et menneske, men som er litt mer komplisert med tanke på autonomi for Thorvald.

En annen mulighet kan være fjærbelastede låser som er raske og enkle å betjene for et menneske. Disse kan også kombineres med flere lineære aktuatorer slik at Thorvald kan styre disse selv, og oppnå økt autonomi. En enklere metode sammenlignet med lineære aktuatorer er å bruke solenoider. Ved å sette spenning på solenoidene kan de brukes til å bevege boltene relativt hurtig til åpen eller lukket posisjon. En mulig utforming av dette oppsettet er vist i figur 17, hvor den sorte boksen representerer solenoiden. Et problem med solenoider er pris og slaglengde. Billige solenoider har kort slaglengde, ofte ikke mer enn 10-12 mm, slik at med litt tykkelse på innfestingen vil det kreves to solenoider per feste. Dyrere solenoider har lengre slaglengde, men er mange ganger dyrere, slik at ved eventuell produksjon vil det være uøkonomisk. Problemet med dyre solenoider kan omgås ved å designe en mekanisme, for eksempel en vippestang, som gir stort utslag selv ved bruk av en solenoid med kort slaglengde.

For å få en funksjonell prototype vil skruer og muttere brukes.



Figur 16: Ledeplater for lettere sammenkobling av redskap og Thorvald.



Figur 17: Festeløsning med solenoid (sort boks).

4.7.3 Konsekvens av sammenfestingsalternativ

En mulig utfordring med innfestingen over, er om vekten av redskapet med innhold kan vri ramma til Thorvald. For å forhindre vridning kan det brukes en avstivende struktur, som vist i figur 10, der støttestrukturen går over transportkassen og festes til hver av sidene på Thorvald. En slik struktur gir mulighet for oppheng av sensorer, kameraer eller annet utstyr som kan øke bruksområdet til Thorvald.

4.8 Forutsatt grasmengde

Som nevnt er det ikke utviklet noen form for grassamlingsredskap til Thorvald, men her antas det at graset som slås blir samlet i en grasstreng. Videre antas det at grassamlingsredskap er tre ganger så bredt som pickupen, altså 2,4 meter. Med utgangspunkt i tallene i tabell 1 og et dekar med målene 10 meter ganger 100 meter, kan kg per dekar regnes om til kg per meter grasstreng for de ulike årene, som vist i tabell 14.

Tabell 14: Avlingsnivå per dekar omgjort til kg per meter grasstreng for tenkt sammenslåing av 2,4 meter grasbredde.

Kg per meter for sammenslått grasstreng.				
Årstall	2017	2018	2019	2020
Grønfôr- og silovekstar	4,5048	2,5296	3,8328	4,0584
Ettårig raigras	6,0696	3,0456	4,6416	4,6416
Grønfôrblandinger og kornvekster	3,4488	2,1888	3,2448	3,516

Fra dette ser vi at den høyeste verdien er tilnærmet 6,1 kg per meter, og det er denne som vil brukes til dimensjonering av lessebåndet. Dette er en relativt beskjeden grasmengde, og derfor behøver ikke lessebåndet være så veldig sterkt.

4.9 Materialvalg og sammenføyning

Et av kravene som ble satt i kravspesifikasjonene var at materialet skulle ha egenvekt under 3000 kg/m³, for å unngå unødvendig jordpakking. Konstruksjonsmessig fører denne begrensningen til at stål er utelukket som konstruksjonsmateriale. Siden stål de facto er standard for konstruksjon av jordbruksutstyr, er det naturlig å sammenligne stål med valgt konstruksjonsmateriale.

Basert på kravspesifikasjonene vil aluminium være et mulig konstruksjonsmateriale, og vil derfor bli brukt til store deler av redskapet. Sammenligner man aluminium med stål har aluminium en tetthet som er cirka en tredjedel av stål. Prismessig er aluminium dyrere enn stål, men her anses den reduserte vekten som såpass viktig at dette utlignes. Sammenlignet med stål er aluminium mer varmfølsomt og krevende å sveise, i tillegg til at sveising også påvirker utmattingslevetiden negativt. Dette gjør at bolter og muttere kan være en bedre løsning med tanke på utmatting. Det er også lettere å bruke bolter og muttere som festemidler, siden man ikke er avhengig av et sveiseapparat. Nagler kunne ha vært et alternativ til festing, men vil gjøre reparasjoner mer tidkrevende. Løsningen ville også bli mindre fleksibel, og er derfor valgt bort.

Et av materialkravene var at komponenter gjerne kunne være hylleware, men ikke alle komponenter som brukes på utstyret er tilgjengelig med nåværende design. For eksempel er det vanskelig å skaffe lasker og vinkler i aluminium med korrekte mål, og løsningen blir da å lage disse selv. Av praktiske og økonomiske årsaker vil det likevel tillates at det brukes stål i enkelte komponenter. Det er mulig å skaffe skruer og låsemuttere i aluminium, men på grunn av pris og tilgjengelighet gjøres prototyping med bruk av stålbolter og låsemuttere. Det vil også tillates at forskjellige lagre utføres i stål på grunn av tilgjengelighet.

4.10 Transportbånd og drift av transportbånd

Med de valgte lesse- og losseløsningene må man ha transportbånd, medbringere og en måte for å drive transportbåndene når de kobles sammen med motorer.

4.10.1 Transportbånd og medbringere

Konseptet har to transportbånd som skal drives, hvor det vil være mest praktisk og plassbesparende med endedrift for begge. Med endedrift menes det at motoren står i en ende av transportbåndet, i motsetning til midjdrift der motoren står på midten. For lessebåndet ble det forutsatt en helning på 60°. Med en så høy vinkel må det brukes medbringere for at graset ikke skal skli av beltet. Produsenten Serigstad bruker 40 millimeter høye medbringere ved en stigning på opptil 35° (Serigstad, 2021a). Serigstad sier også at «Maksimal vinkelen (på transportbåndet) avhenger av tørrstoffnivået i fôret: Opp til 35% TS: 55 grader stigning» (Serigstad, 2021b). Siden det er forutsatt 30% tørrstoff, og en helning som overstiger maksimal stigning for 40 millimeter høye medbringere, må medbringerne i denne oppgaven være høyere. Uten testdata vil det være vanskelig å si hvor høye medbringerne må være, men de bør sannsynligvis ha en høyde i området 50-100 millimeter, og derfor forutsettes det en høyde på 100 millimeter. For å sikre fleksibel bruk av transportbåndet, velges det en løsning med utskiftbare medbringere, slik at det er mulig å justere høyden på medbringerne. I tillegg vil en løsning med utskiftbare medbringere gi muligheter for å bruke transportbåndet til andre ting enn gras. For å feste medbringerne må det brukes elevatorbolter. Disse har et tynt, konkavt hode, og skal derfor ikke komme i kontakt med valser og eventuelt underlag når de skrues fast i transportbåndet.

Flere produsenter har mange forskjellige transportbånd, med ulike bruksområder og egenskaper. Siden transportbåndene skal brukes til transport av gras, behøver de ikke å være så veldig sterke. Et lett PVC-transportbånd fra Habasit, med en egenvekt på 3,2 kg/m², kan brukes (Habasit, 2020), eller et lett PVC-transportbånd fra Forbo med en egenvekt på 3,5 kg/m² (Forbo Siegling, 2020). Utvalgte data for transportbåndet som brukes i denne oppgaven er vist i tabell 15. Siden PVC er en polymer, vil transportbåndet påvirkes av sollys. Fra programvaren Granta Edupack finner man at PVC er klassifisert til å ha rimelig god motstand mot UV-stråling fra sola, slik at PVC kan brukes.

Tabell 15: Utvalgte data fra transportbånd fra Forbo Siegling.

E 8/2 U0/V18 TRI blue FDA	
Transportside materiale	Polyvinylklorid (PVC)
Driftside materiale	PU impregnering
Antall lag	2
Tykkelse	3,5 mm
Beltevekt	3,5 kg/m ²
Strekstyrke for 1% forlengelse etter slakking per breddeenheter (k1% relaxed)	5 N/mm
Min. operativ temperatur (kontinuerlig)	-10 °C
Max. operativ temperatur (kontinuerlig)	70 °C
Anbefalt initiell forlengelse	0,3 %

4.10.2 Understøttelse av transportbånd

Siden transportbåndene har litt lengde, må de understøttes for at det ikke skal bli unødvendig høy spenning i båndene. Høy spenning vil redusere levetiden til transportbåndene, samt at de oftere må etterstrammes. Understøtting av bånd kan gjøres ved å bruke transportruller eller en plate til å skli på. For at transportrullene skal rotere må de enten utstyres med innvendige lagre eller opplagres i roterende lagre, noe som øker både vekt og kostnad sammenlignet med en plate til å skli på. Fordelen med transportruller er at det vanligvis vil være mindre friksjon enn ved bruk av en glideplate, slik at en mindre motor kan brukes. Fordelen med å bruke en plate, er at det er en relativt enkel konstruksjon som er lett å lage, slik at produksjonskostnadene vil være lavere enn ved å bruke transportruller. En plate trenger også understøtting for å unngå deformasjon som kan påvirke transportbåndet, men vil være lettere å gjenbruke ved en senere anledning hvis det er ønskelig å sammenligne lessing med transportbånd og lessing med kjededrift eller lignende. Basert på dette velges det å bruke en plate som transportbåndene skal skli på.

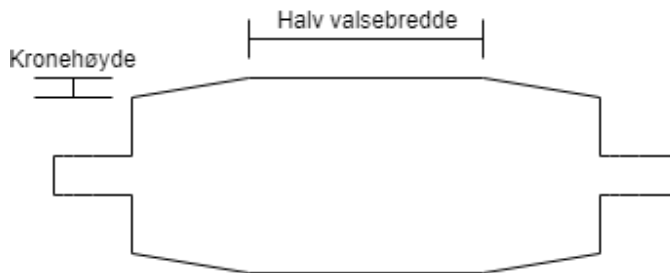
4.10.3 Drift av transportbånd

For å flytte graset på transportbåndene, må effekten fra motoren overføres til en aksel som utstyres med noe som kan drive transportbåndet. Denne akselen blir typisk utstyrt med tannhjul eller valser. Ved tannhjulsdrift sveises det fast tannhjulsinngrep på undersiden av transportbåndet. Siden det er valgt at det skal brukes glideplate, må det derfor lages spor i denne plata, slik at det er plass til tannhjulsinngrepene. Dette gjør utformingen av selve platene og understøttingen til platene mer kompliserte, samt at det krever at man skifter ut hele glideplata hvis det skal gjøres forsøk med kjededrift av medbringerne. Ved bruk av valser trenger man ikke å sveise på noe ekstra for å drive transportbåndet, og derfor kan man beholde løsningen med en glideplate slik at man fortsatt sikrer fleksibilitet. Basert på dette velges det å gå videre med en valseløsning.

4.10.4 Utforming av valesystem

Med en valseløsning trenger man en drivvalse og en vendevalse, der drivvalsen er koblet sammen med motoren på et vis, og vendevalsen sørger for å snu transportbåndet. I

prinsippet vil en løsning med bruk av transportbånd og valser kunne ses på som drift med en flatreim. I likhet med flatreim vil også transportbåndet dra seg i retningen hvor det er lavest spenning, og det er viktig at valsene installeres riktig, det vil si at valsene ikke står skjevt i forhold til hverandre. Hvis ikke valsene er parallelle øker sjansen for at transportbåndet kan trekke seg av.



Figur 18: Trapeskroning av valse.

For å redusere faren for at transportbåndet drar seg av, kan også valsen krones. Det vil si at overflaten på valsen gjøres konveks, noe som gjøres for at transportbåndet skal bli selvsentrerende (Kobayashi & Toya, 2007). Dette kan gjøres radielt, slik at valsen er konveks i hele sin lengde. Alternativt kan trapeskroning gjøres der hvor den midterste halvparten av valsen er flat, og sidene skråner slik som i figur 18. Med tanke på prototyping vil trapeskroning sannsynligvis være lettere å utføre i en manuell dreiebenk sammenlignet med radiellkroning. Har man tilgang til en CNC-dreiebenk vil ikke kroningen av valsene være noe problem, og man kan gjøre forsøk med ulik kroning av valsene. Siden CNC-dreiebenker må programmeres og ikke er standard verkstedutstyr, vil det i denne oppgaven brukes trapeskronede valser.

Da det er begrenset med vitenskapelig litteratur angående kroning og kronehøyde, vil det bli brukt veiledninger fra produsentene Habasit og Forbo. Med en medbringerhøyde på 100 mm, velges det en valsediameter som er litt større, men fortsatt en del av standardsortimentet. Med en valsediameter på 100 mm anbefaler Habasit at kronehøyden for et to-lags transportbånd er i området 0,35-0,5 mm, og med en valsediameter på 150 mm er området fra 0,45-0,7 mm (Habasit, 2012). Forbo anbefaler en kronehøyde på 0,7 mm for valser mindre enn 200 mm (Forbo Siegling, 2018).

4.10.5 Valsestørrelser

Basert på høyden på medbringerne settes den ytre diameteren til valsene til 110 mm. Siden det meste av valser i denne dimensjonen er beregnet for industriell bruk blir de laget i stål, noe som gjør det vanskelig å finne aluminiumvalser, og derfor må også disse lages selv. For å spare vekt velges det å bruke et hult design. Som materialkrav ble det satt at man skulle bruke standardkomponenter der det var mulig, og fra leverandøren Stena stål finner man at de leverer aluminiumrør med ytre diameter på 110 mm og tykkelser på 5 mm og 10 mm. Disse rørene kan brukes ved konstruksjon av valsene til henholdsvis lesse- og lossebåndet. Bredden på valsene settes til 10 cm bredere enn transportbåndene, for å unngå at de sklir av valsen hvis de begynner å trekke seg sideveis. Ytterrøret festes så til et 20x2 mm rør, som blir brukt som aksling, ved hjelp av tre 10 mm tykke skiver.

4.10.6 Nedbøying av valser

For å kunne bruke transportbåndet må dette oppspennes på valsene, noe som utsetter disse for nedbøying. Produsentene Habasit og Forbo Siegling har ulike krav til nedbøying, og nedbøyingsskravet er ulikt basert på om valsen er kronet eller ikke. Ser man på kronede valser, finner man fra Habasit at maksimal tillatt nedbøying kan beregnes fra følgende formel (Habasit, 2012):

$$y = (0,001 * d) + 0,07 \text{ mm} \quad (8)$$

Setter så inn for valsediameteren for å finne maksimal tillatt nedbøying:

$$y = (0,001 * 110 \text{ mm}) + 0,07 \text{ mm} = 0,18 \text{ mm} \quad (9)$$

Forbo Siegling har en enklere regel hvor maksimal tillatt nedbøying er halve kronehøyden (Forbo Siegling, 2018).

For beregninger følges kalkulasjoner fra Forbo hvor man først finner den resulterende linjelasten, F_R , og deretter nedbøying av valsetrommelen, y_{Tr} (Forbo Siegling, 2018). For linjelasten brukes likning 10, hvor ϵ er prosentvis forlengelse ved oppstramming, $k_{1\%}$ er strekkstyrke ved 1 % forlengelse ved oppstramming, b_0 er bredden av transportbåndet, og m_{tr} er massen til valsetrommelen.

$$F_R = \sqrt{(2 * \epsilon * k_{1\%} * b_0)^2 + (9,81 * m_{Tr})^2} \quad (10)$$

Fra likning 11 finner man nedbøying, hvor l er avstanden mellom opplagringene, E er elastisitetmodulen, d_a er ytre valsediameter, og d_i er indre valsediameter

$$y_{Tr} = \frac{80 * F_R * l^3}{E * 96 * \pi * (d_a^4 - d_i^4)} \quad (11)$$

Begynner med å se på valsene til lessebåndet, med en senteravstand på 1080 mm mellom kulelagrene og 5 mm tykkelse. Beregner først resulterende linjelast:

$$F_R = \sqrt{\left(2 * 0,3 * 5 \frac{N}{mm} * 900 \text{ mm}\right)^2 + (9,81 * 5,4 \text{ kg})^2} = 2700 \text{ N} \quad (12)$$

Beregner deretter nedbøying:

$$y_{Tr} = \frac{80 * 2700 \text{ N} * (1080 \text{ mm})^3}{69000 \frac{N}{mm^2} * 96 * \pi * ((110 \text{ mm})^4 - (100 \text{ mm})^4)} = 0,282 \text{ mm} \quad (13)$$

Fra denne utregningen ser man at man er innenfor kravet hos Forbo, men ikke hos Habasit. Siden transportbåndet som er brukt i utregningene er fra Forbo, ses det bort fra kravet til Habasit, og valsene er innenfor kravet med tanke på nedbøying.

Gjør så tilsvarende beregninger for valsene som skal brukes til lossing med en senteravstand til kulelagrene på 1650 mm, og bruker en tykkelse på 10 mm:

$$F_R = \sqrt{\left(2 * 0,3 * 5 \frac{N}{mm} * 1500 \text{ mm}\right)^2 + (9,81 * 7,85 \text{ kg})^2} = 4500 \text{ N} \quad (14)$$

$$y_{Tr} = \frac{80 * 4500 \text{ N} * (1650 \text{ mm})^3}{69000 \frac{N}{mm^2} * 96 * \pi * ((110 \text{ mm})^4 - (90 \text{ mm})^4)} = 0,962 \text{ mm} \quad (15)$$

Fra denne beregningen ser man at man er utenfor kravet med tanke på nedbøying. Det utføres tilsvarende nedbøyingberegninger for standarddimensjoner levert av produsentene Stena stål og Norsk stål, og man finner at den første standarddimensjonen som oppfyller kravet til nedbøying ved bruk av dette transportbåndet har en ytre diameter på 200 mm og en tykkelse på 5 mm.

En så stor diameter kan gi utfordringer med tanke på den totale utformingen av redskapet. Siden transportbåndet skal strammes opp på valsene, og brukes i bunnen av transportkassen for å tømme denne, bør det være en viss klaring til bakken for å unngå at det tar nedi, noe som igjen kan redusere levetiden til transportbåndet. Heves transportbåndet og -kassen slik at man unngår dette, vil også tyngdepunktet heves, noe som igjen kan påvirke stabiliteten. I tillegg må lessebåndet være lengre for å fylle transportkassen, noe som gir økt materialforbruk. Transportkassen må også flyttes lengre bakover på Thorvald for å ikke komme i konflikt med transportbåndet. En valse diameter på 200 mm med en tykkelse på 5 mm, gir også en valsevekt på ca. 14,5 kg per valse, noe som er høyt med tanke på den totale vekten.

Basert på dette vurderes det at bruken av transportbånd til lossing ikke er hensiktsmessig i denne oppgaven, og løsningen forkastes. I stedet vil losseløsningen basere seg på prinsippet med bunnkjeder, som er en velprøvd løsning som også brukes i lessevogner.

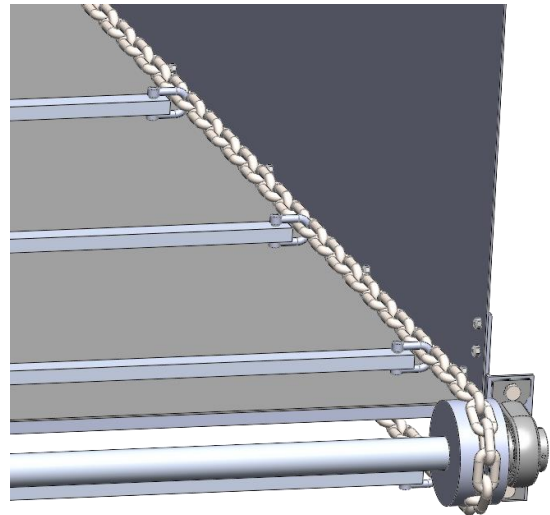
4.10.7 Bunnkjeder

Lossing med bruk av bunnkjeder gjøres ved å feste medbringere til kjettinger eller kjeder. Både kjeder og kjettinger kan brukes, men kjetting er en enklere konstruksjon som slipper å smøres, og vil derfor brukes i denne oppgaven. Kjettingen drives av kjedehjul med tenner, og kan snu på kjedehjul uten tenner. Kjedehjulene kan festes til en aksel, som igjen kobles til motoren ved hjelp av et effektoverføringssystem. Kjedehjul finnes i både åpne og lukkede utgaver, og en åpen utgave er vist i figur 19. Bruken av åpen eller lukket utgave vil påvirke utformingen av fester til medbringerne. Det velges her å bruke et åpent kjedehjul siden det da vil være lettere å feste medbringerne.



Figur 19: Kramp (2021). Åpent kjedehjul for drift av kjetting. Tilgjengelig fra: <https://www.kramp.com/shop-no/no/p/kjedehjul-st%C3%B8pejern-8-x-31-mm-5n-40r-16--NW83156?categoryId=web5-4090612> (lest:10.05.2021).

Kjedehjul brukes til bunndrift av lessevogner og tørrgjødselvogner, som vist i figur 20. Begge har en kapasitet som er større enn Thorvald, og er derfor dimensjonert med hensyn til dette. Kjedehjul lages ofte av støpejern og er beregnet for tyngre oppgaver, noe som gjør det vanskelig å finne kjedehjul i aluminium. Støpejern har ifølge Grant EduPack en egenvekt i området rundt 7000 kg/m³. I utgangspunktet er dette for tungt med tanke på materialkravet, slik at man har valgt mellom å bruke tyngre kjedehjul og grovere dimensjoner, eller så kan disse utvikles selv i aluminium. For en prototype vil det være raskere å kjøpe ferdig hylleware enn å starte utvikling av egne kjedehjul laget av aluminium.



Figur 20: Medbringere og bunnkjeder i transportkassen.

For prototypen i denne oppgaven er det snakk om til sammen fire kjedehjul, slik at utvikling av støpeformer til disse fort ville blitt kostbart. Alternativet er å bruke CNC-maskiner til å maskinere kjedehjulene fra en aluminiumblokk, noe som også kan bli relativt kostbart for en serie på fire kjedehjul. Basert på dette velges det å bruke hylleware, selv om disse er laget av støpejern. Med en grovere dimensjon vil kjedehjulene også kunne gjenbrukes ved prototyping av større utstyr på fremtidige prosjekter.

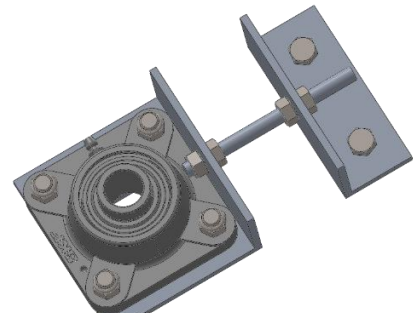
Det tas utgangspunkt i kjedehjulet som er vist i figur 19 og utvalgte data for dette er presentert i tabell 16. Fra dette ser man at man trenger en 35 mm aksel, og 8 mm tykk kjetting med kjededeling på 31mm, altså må lengden av det innvendige hullet i kjettingen være 31 mm. Fra forhandleren Industriehof finner man at en slik kjetting har en vekt på 1,26 kg per meter (Industriehof, 2021). Disse kjedehjulene festes så på en 35 mm hul aksling som har en tykkelse på 2 mm.

Tabell 16: Utvalgte data for kjedehjul.

NW83156 Kjedehjul støpejern 8 x 31 mm 5N 40R-16	
Antall tenner	5
Utvendig diameter	110 mm
Bredde	53 mm
Hulldiameter	35 mm
Vekt	1,95 kg
Kjededeling	31 mm
Utvendig kjedebredde	8 mm

4.10.8 Oppstramming

Transportbånd må strammes etter hvert som fibrene tøyes. Oppstramming kan gjøres ved bruk av et stramme- eller hengelager. Disse fås ferdigkjøpt, der lagerhuset vanligvis er laget av stål eller plast. Disse fås også kjøpt med innfesting, men det er vanskelig å finne innfesting i aluminium. Løsningen blir da å bruke ett vanlig flenslager, som festes på en plate, og som igjen kan strammes ved bruk av muttere, gjengestang og en vinkelinnfesting som vist i figur 21.



Figur 21: Oppstrammingsmekanisme.

4.11 Elektriske motorer

Thorvald har batteripakke(r) slik at det er mulig å bruke Thorvald som strømkilde for elektriske motorer. Dette sparer vekt på selve redskapet og man behøver ikke å beregne plass til batterier. I tillegg til motoren på pickupen, vil det brukes tre motorer i dette konseptet. Lessebåndet og bunnkjedene vil ha hver sin motor, og bakluka vil ha en lineær aktuator. Med en spenning på 48V DC, to 70 Ah batterier og en forutsetning på 8 timers oppetid, blir den maksimale kontinuerlige effekten, P_{el} :

$$P_{el} = E_s * I = 48 V * \left(\frac{2 * 70 Ah}{8 h} \right) = 840 W \quad (16)$$

For å feste motorer til Thorvald kan det brukes motorbraketter som monteres på tilhørende plater.

4.11.1 Innkapslingsgrad

Siden motorene skal operere utendørs i ett støvfylt miljø, og det ikke kan utelukkes at de blir utsatt for regn, bør de ha en høy IP-klassifisering. Her defineres høy IP-klassifisering som 55, slik at motoren er støvbeskyttet, og kan spyles fra alle kanter. Med tanke på prototyping kan motorer med lavere IP-klassifisering benyttes, da det antas at personen som bruker redskapet har kunnskap om IP-systemet, og at den første prototypen ikke utsettes for svært tøffe påkjenninger. På den andre siden vil en høyere IP-klassifisering gi en mer robust løsning, og brukeren trenger ikke å bekymre seg for støv og regn, men kan heller fokusere på arbeidet som skal utføres. Et alternativ til høy IP-klassifisering vil være å bygge inn motorene der det lar seg gjøre, noe som også gir ekstra beskyttelse mot for eksempel støtskader.

4.11.2 Valg av motortype

I designet er det mulig å bruke både børste- og børsteløse motorer. Siden børstemotoren krever mer vedlikehold, og den børsteløse motoren gir mulighet for mer fleksibel kontroll, velges det å bruke børsteløse motorer. Siden børsteløse motorer må ha motorkontroller for å kunne brukes, gir dette mulighet til å kontrollere hastigheten til både lessebåndet og bunnkjedene slik at man har mulighet til en jevnere fylling av transportkassen. Siden graset skal flyttes bakover i transportkassen etter hvert som det blir for høyt i framkant, vil det være mulig å bruke data fra ultralydsensorene til å styre lossemotoren.

Basert på lasten som motoren vil utsettes for, vil det sannsynligvis være behov for et høyere moment enn det som en vanlig børsteløs DC-motor kan yte i en størrelsesklasse som er egnet for Thorvald. Det er da mulig å bruke å finne en tilhørende girboks, eller så kan det brukes en motor med gir.

4.11.3 Motor til lessing

For lessebåndet ses det kun på situasjonen der båndet er i drift, det vil si at man ser bort fra momentet som trengs for å akselerere båndet fra stillestand til ønsket hastighet. Dette gjøres basert på antagelsen om at lessebåndet er tomt ved oppstart, slik at det uansett vil være nok tilgjengelig dreiemoment til å akselerere transportbåndet. For å finne kraftbehovet blir det gjort ytterligere antagelser. Det antas at lessebåndet er 1,5 meter langt og skal løfte graset 1,32 meter. Det antas at medbringerne veier litt over 4,5 kg, og at motorene har en effektivitet på 80%. Selv om gras egentlig er et bulkprodukt, blir det gjort en forenkling og behandles som om det skulle vært bokser.

Som nevnt tidligere kan motorer og aksler kobles sammen på flere måter. Hvis det velges en nav-nav-kopling må motoren plasseres på høyde med akselen til drivvalse, siden det er forutsatt endedrift av lessebåndet. Dette er mulig, men en slik løsning vil kreve at man holder motor og drivaksel tilnærmet sentrert hele tiden, noe som krever at man har en stiv struktur som også følger akselen til drivvalse. En annen mulighet er å bruke et system med reimhjul og reimer. Ved å bruke et reimhjul kan motoren plasseres lavere, og systemet vil ikke være like følsomt for feilstilling. Ved å bruke en slik løsning må det også tas hensyn til at diameteren på reimhjulene kan påvirke utvekslingsforholdet mellom motor og aksel. Basert på dette velges en reimoverføringsløsning. Ved å bruke et slikt reimsystem vil det være effektoverføringstap som følge av slipp og er ifølge Dahlvig og Christensen mellom «3 og 6 %» (Dahlvig & Christensen, 1984). Her antas det at slippet er på 5 %.

Siden det er flere forhold som påvirker effektiviteten til et transportbånd, slik som tapt effekt i kulelagere, friksjonsvarme, slipp, og bøyetap, og det er vanskelig å finne konkrete tall, antas det at båndsystemene kan ses på som flatreimer, og har en effektivitet på 90 %.

For å finne belte hastigheten, tas det utgangspunkt i pickupen fra John Deere som er vist i Figur 5. Denne har en belte hastighet på 3-150 meter i minuttet, noe som tilsvarer 0,05-2,5 meter per sekund. Siden dette hastighetsområdet er for en stor, kommersiell maskin, noe Thorvald ikke er, vil det antas at øvre hastighet på transportbåndet er 0,4 meter per sekund.

Finner først den totale kraften, F_{total} , som består av kreftene $F_{parallel}$ som er kraften som må til for å flytte graset og lessebåndet, og $F_{friksjon}$, som er friksjonskraften som virker i motsatt retning av driftsretningen (se figur 22):

$$F_{total} = (F_{parallel} + F_{friksjon}) = F_{parallel} + \mu_{bånd} * F_{normal} \quad (17)$$

Hvor $\mu_{bånd}$ er friksjonskoeffisienten mellom lessebåndet og glideplata. Den parallelle kraften, $F_{parallel}$, og F_{normal} kan uttrykkes som:

$$F_{parallel} = g * (m_{gras} + m_{bånd} + m_{medbringere}) * \sin(\theta) \quad (18)$$

$$F_{normal} = g * (m_{gras} + m_{bånd} + m_{medbringere}) * \cos(\theta) \quad (19)$$

hvor θ er vinkelen mellom horisontalen og lessebåndet, og m_{gras} , $m_{bånd}$ og $m_{medbringere}$ er massen til henholdsvis graset på båndet, massen til båndet og massen til medbringerne. Setter likning 18 og 19 inn i likning 17, med tilhørende verdier:

$$F_{total} = 9,81 \frac{kg * m}{s^2} * \left(6,1 \frac{kg}{s} * \frac{1,5 m}{0,4 \frac{m}{s}} + 9,45 kg + 4,54 kg \right) * (\sin(60^\circ) + 0,4 * \cos(60^\circ)) = 385,5 N \quad (20)$$

Regner så effektbehovet, P , ved en hastighet, v , lik 0,4 m/s:

$$P = F_{total} * v = 385,5 N * 0,4 \frac{m}{s} = 154,2 W \quad (21)$$

Finner så den korrigerede effektiviteten, $P_{korrigeret}$:

$$P_{korrigeret} = \frac{P}{\eta_{bånd-valse} * \eta_{overføringssystem}} = \frac{154,2 W}{0,90 * 0,95} = 180,3 W \quad (22)$$

Bruker forutsatt beltefastighet og rullediameter til å finne omløpshastighet, ω :

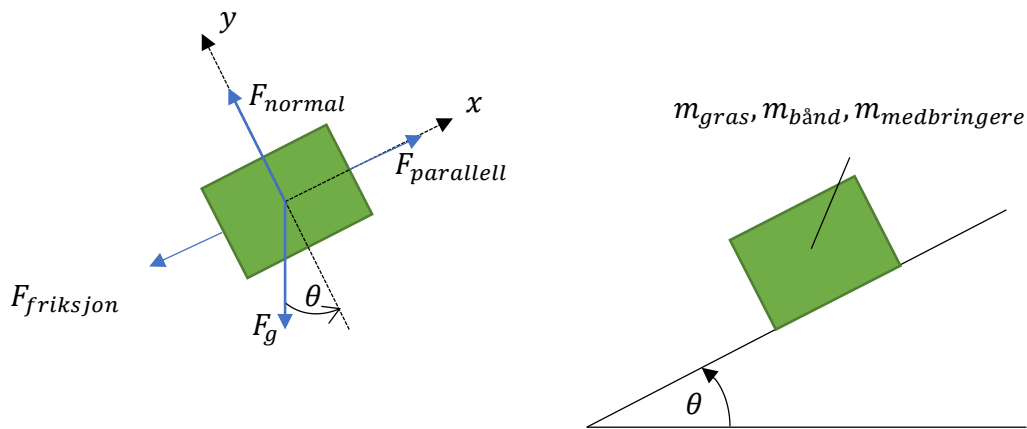
$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{0,4 \frac{m}{s}}{\frac{0,110 m}{2}} = 7,3 \frac{rad}{s} \quad (23)$$

Finner så antall RPM, n , torsjonsmomentet, T og effekt tilført motoren, $P_{tilført}$,

$$\omega = \frac{2\pi * n}{60} \Leftrightarrow n = \frac{60 * \omega}{2\pi} = \frac{60 * 7,3 \frac{rad}{s}}{2\pi} = 69,4 RPM \quad (24)$$

$$T = \frac{P_{korrigeret}}{\omega} = \frac{60 * 180,3 W}{2\pi * 69,4 RPM} = 24,8 Nm \quad (25)$$

$$P_{tilført} = \frac{P_{korrigeret}}{\eta_{motor}} = \frac{180,3 W}{0,8} = 225,4 W \quad (26)$$



Figur 22: Beregningssituasjon for lessing av gras.

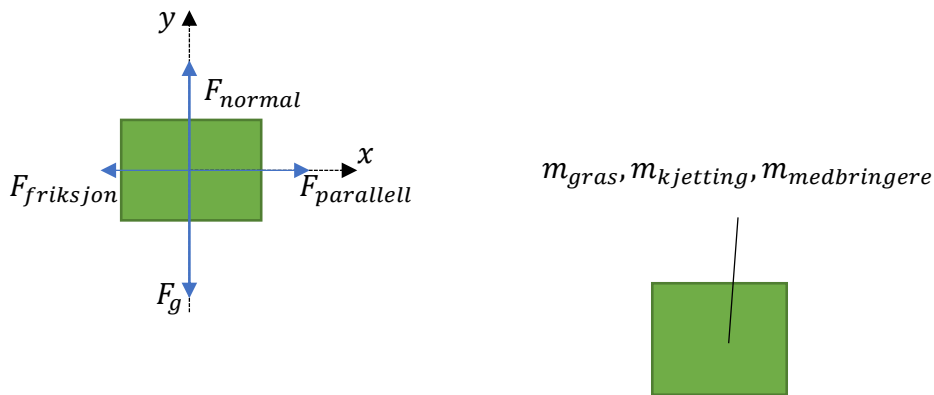
Ved lavere hastigheter enn dette vil mer gras akkumuleres på transportbåndet, slik at det vil være behov for et høyere dreiemoment for å drive båndet. Foretas samme utregninger med en hastighet på for eksempel 0,1 m/s og 0,8 m/s, vil dreiemomentet som behøves endres til henholdsvis ca. 71 Nm og 17,1 Nm, og det korrigerte effektbehovet være på henholdsvis 161,3 W og 311 W.

Siden utregningen er basert på en gjennomsnittlig historisk grasmengde, og det er vanskelig forutse hvilken hastighet lessebåndet må kjøres med for å unngå opphopning, velges det en motoreffekt på 300 W.

Fra leverandøren ATO finner man en 300 Watt børsteløs motor med gearing 50:1 som gir et merketurtall på 60 RPM og merkemoment på 44,9 Nm (ATO, 2021a). Denne motoren fås kjøpt med motorkontroller og kommer med innkapslingsgrad IP54.

4.11.4 Motor til lossing

Ved lossing av graslasten må systemet akselereres, i tillegg til at man har et konstant dreiemoment når man har oppnådd ønsket hastighet. For å overføre effekt fra motoren til akselen som driver bunnkjedene brukes et reimsystem, for å ikke komme i konflikt med tilkobling av redskapet til Thorvald. Dette gjør at man også trenger reimskiver som også må akselereres. For å finne dreiemomentet som kreves for å akselerere bunnkjedesystemet og lasten, må man finne treghetsmomentet til de ulike komponentene. Det må da tas hensyn til kjettingene, akslene, kjettinghjulene, reimhjulene, medbringerne og lasten. Teknisk sett bør treghetsmomentet til motoren også tas med, men uten en konkret motor blir dette vanskelig, og det vil uansett være meget lite sammenlignet med de andre treghetsmomentene. Siden kjedehjulene har en liten radius, og man kan bruke lav hastighet og flere sekunder på akselerasjon av systemet, vil det ikke utføres beregninger for dreiemomentet som trengs for å akselerere systemet. Beregningssituasjonen for lossing er visualisert i figur 23.



Figur 23: Skisse for lossing av gras.

Det antas en 95 % effektiv overføring, at det fylles 280kg gras i transportkassen før den losses og at man har en hastighet på 0,1 m/s. Den statiske friksjonskoeffisienten for gras, μ_{gras} , antas å være 0,8. Dette er høyere enn for stål og gjøres siden det er vanskelig å finne konkrete tall for friksjon mellom aluminium og gras. Finner så det konstante dreiemomentet som behøves:

$$T_{konstant} = \frac{F_{friksjon} * r}{1000 \frac{mm}{m} * \eta} \quad (27)$$

Hvor $F_{friksjon}$ er friksjonskraften som må overkommes, og r er radiusen til kjedehjulet. $F_{friksjon}$ kan uttrykkes som:

$$F_{friksjon} = (m_{gras} + m_{kjettinger} + m_{medbringere}) * g * \mu_{gras} \quad (28)$$

Ved å sette inn i verdier beregnes $F_{friksjon}$ til:

$$F_{friksjon} = \left(280 \text{ kg} + 2 * 1,5 \text{ m} * 2 * 1,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 8 * 0,55 \text{ kg} \right) * 9,81 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}} * 0,8 \quad (29)$$

$$F_{friksjon} = 2291,3 \text{ N} \quad (30)$$

Setter inn verdier for friksjonskraft, effektivitet og radius, og finner dreiemoment:

$$T_{konstant} = \frac{2291,3 \text{ N} * \frac{110 \text{ mm}}{2}}{1000 \frac{mm}{m} * 0,95} \quad (31)$$

$$T_{konstant} = 132,7 \text{ Nm} \quad (32)$$

Setter dreiemomentet til 130 Nm, da de fleste elmotorer kan levere ett høyere moment enn merkemomentet i en kort periode. Finner så effektbehovet, P:

$$P = F_{frikisjon} * v = 2291,3 \text{ N} * 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (33)$$

$$P = 230 \text{ W} \quad (34)$$

Antall omdreininger per minutt, n, beregnes å være;

$$n = \frac{60 \frac{\text{s}}{\text{min}} * \omega}{2\pi} = \frac{60 \frac{\text{s}}{\text{min}} * \frac{v}{r}}{2\pi} \quad (35)$$

$$n = \frac{60 \frac{\text{s}}{\text{min}} * 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\pi * 0,055 \text{ m}} = 17,4 \text{ RPM} \quad (36)$$

Til lossing kan man bruke en 400 Watt motor, som har et merketurtall på 2000 omdreininger i minuttet, og et merkemoment på 1,3 Nm fra leverandøren ATO (ATO, 2021b). Denne har beskyttelsesklasse IP54 og kan fås kjøpt med motorkontroller, samt giring på 100:1, og er dermed aktuell som lossemotor.

4.11.5 Lineær aktuator

Til heving og senking av bakluka på transportkassen vil det brukes en lineær aktuator. Avhengig av lasten de utsettes for, vil lineære aktuatorer vanligvis ha en begrenset arbeidssyklus, slik at de ikke kan brukes kontinuerlig. Med tanke på bakluka kan dette skape en utfordring når denne skal holdes i lukket posisjon. Dette kan løses ved å bruke en lineær aktuator som har ledeskrue og høy friksjon, slik at denne vil være selvlåsende ved lav spindelhastighet. Den lineære aktuatoren bør monteres horisontalt i forhold til bakluka når bakluka er i lukket posisjon, slik at mest mulig av kraften i aktuatoren kan brukes til å holde på plass luka. For at bakluka ikke skal vri seg når den åpnes og lukkes, vil utslagsenden på aktuatoren festes til en stang som igjen festes til en liten sylinder på motsatt side av transportkassen.

Beregner kraften som aktuator må holde igjen med en graslast på 280 kg, og antar at Thorvald ikke kjører i brattere terreng enn 45°:

$$F = 280 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}^2} * \sin(45^\circ) = 1942,3 \text{ N} \quad (37)$$

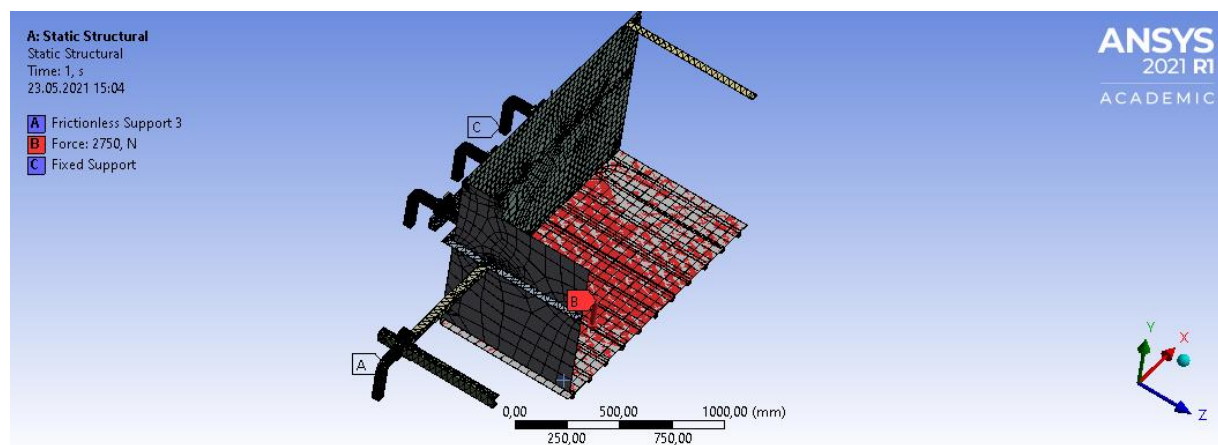
Til dette kan det for eksempel brukes en LA30 lineær aktuator fra Linak. Denne fås utstyrt med og uten brems, og kan ha selvlåsing opp til 3000N (Linak, 2020), noe som gir en ekstra sikkerhet hvis Thorvald skal brukes i brattere terreng. Denne kan fås med IP66 beskyttelse og kan operere i omgivelser opp til 40°C. Denne aktuatoren vil ha rikelig med kraft til å åpne bakluka og det utføres derfor ikke en beregning for dette.

4.12 Beregninger i ANSYS Workbench

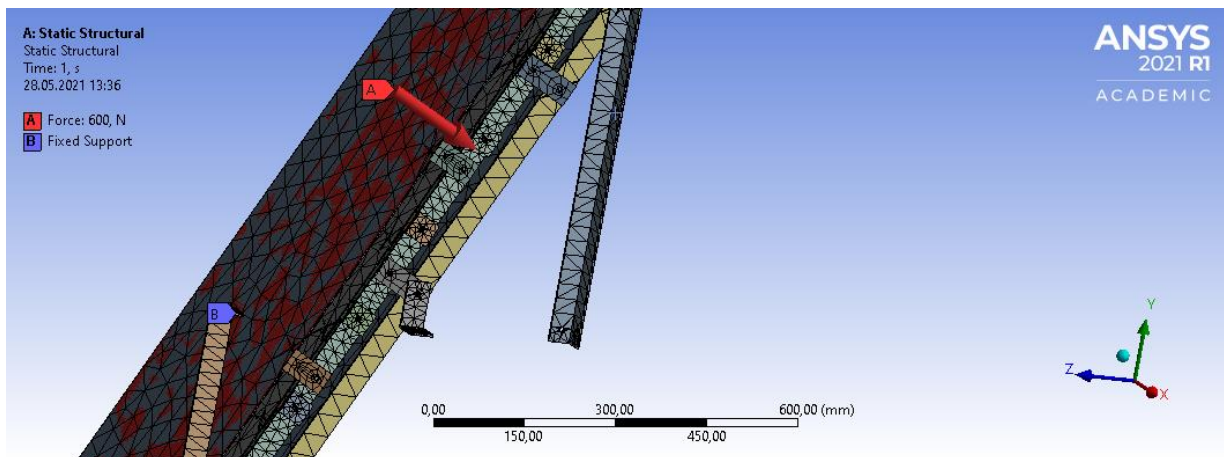
Det er flere forskjellige ting som kan være interessant å ha beregninger for. Blant annet påkjenningen av graslasten på beholdergulvet, og påkjenningen på støttene til lessebåndet og selve lessebåndet. Påkjenningen hos innfestingen mellom transportkassen og Thorvald er også av interesse, samt nedbøying av valsene for å se om det stemmer med håndberegningene. For disse vil det sees på von Mises-spenning og deformasjon ved hjelp av ANSYS Workbench.

I ANSYS Workbench blir det utført en forenklet analyse, siden studentversjonen har et relativt begrenset antall elementer sett i forhold til størrelsen på modellen. Dette innebærer at man ser bort fra en del komponenter, som for eksempel kulelager, medbringere, skruer, muttere og selve transportbåndet som overfører krefter til underlaget.

Siden transportkassen med innfestinger er tilnærmet symmetrisk (med unntak av motorer, motorbraketter, reimer, reimhjul og et par lengre aksler) antas det at man kan benytte symmetriegenskaper i simuleringen. Det brukes standard innstillinger for aluminium (aluminium alloy), PVC (PVC rigid) og stål (structural steel). For transportkassen settes graslasten på 2750 N vinkelrett på transportkassebunnen. Det velges fast opplagring innvendig i hullene på innfestingen som er montert på Thorvald og friksjonsløse opplagringer der hvor innfestingene er i kontakt med de øvre rørene på ramma til Thorvald, som vist i figur 24.



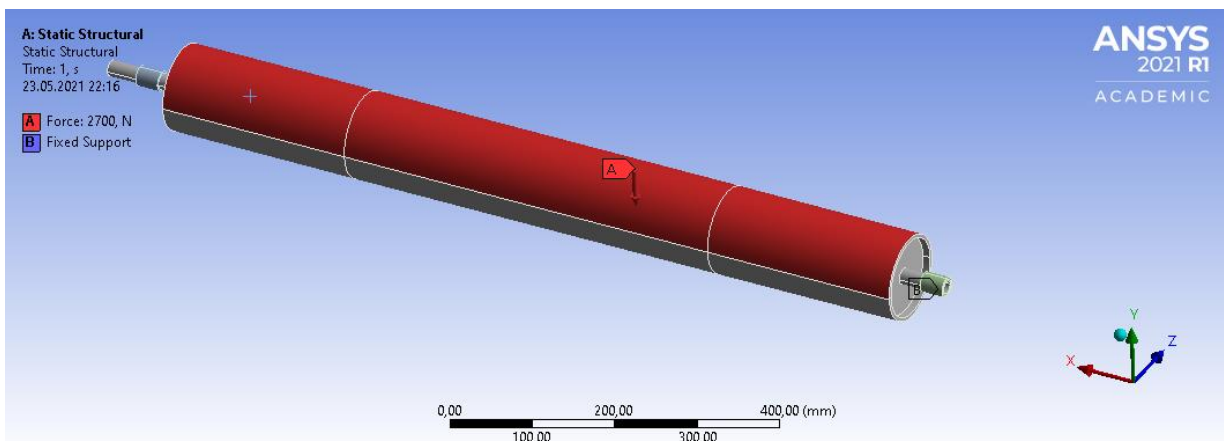
Figur 24: Opplagring av transportkasse og kraft på bunnen av transportkassen.



Figur 25: Opplagring av lessebånd og kraft på lessebåndet.

For glideplata og støttene til lessebåndet settes det på en kraft på 600 N vinkelrett på lessebåndet, og det blir valgt fast opplagring på innsiden av hullene og på kontaktflatene mellom støttene og tilhørende fester som vist i figur 25.

For valsene ses det bare på nedbøyningen og von Mises-spenning av en valse, siden valsene har samme avstand til opplagringene. Det settes på en kraft på 2700 N, vinkelrett på valsens flate, som i dette tilfellet vil være halve diameteren til valsen. Til opplagring av valsen brukes det en forenklet modell av kulelagrene, men med tilsvarende bredde og diameter. På de innvendige flatene til disse modellene brukes fast opplagring som vist i figur 26.



Figur 26: Opplagring og kraft på kronet valse.

4.13 Programvare

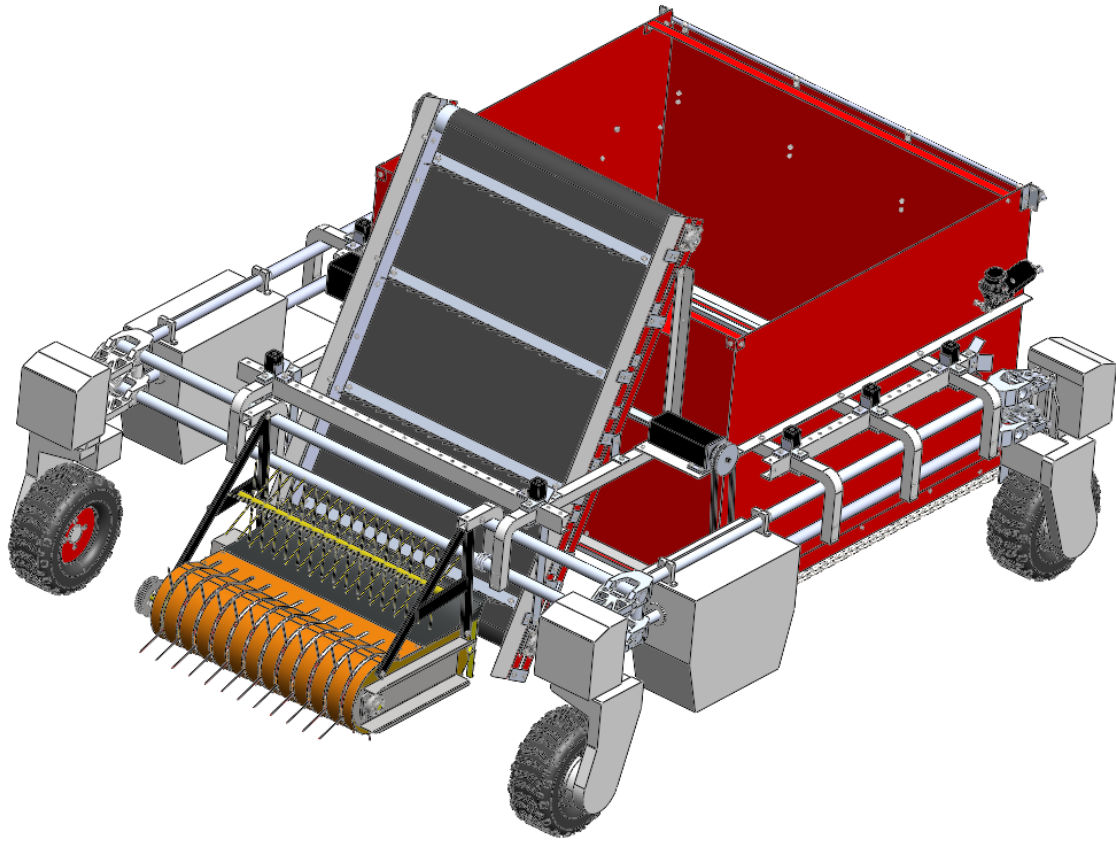
I denne oppgaven er programvaren SolidWorks 2019 brukt til DAK. Granta Edupack 2020 versjon 20.1.0 ble brukt for materialdata. Ansys Workbench 2021 R1 med studentlisens ble brukt for å utføre FEM-analyse. Enkle tegninger er laget med Draw.io. Utrengninger ble utført i Microsoft Excel.

4.14 CAD-Prototype og oppsummering av design

Etter vurderingene som er gjort tidligere i kapittelet er en CAD-tegning av prototypen, samt pickuper fra HMR Voss, vist på Thorvald i figur 27. Denne prototypen består av en pickup fra HMR Voss som løfter opp graset fra bakken og flytter det videre til lessebåndet. På lessebåndet er det montert 100 mm høye utskiftbare medbringere, som tar tak i graset og løfter det videre opp i transportkassen. Lessebåndet er oppspent på to kronede valser, hvor den ene kan strammes opp, og den andre valsen, drives av en børsteløs DC-motor. På transportkassen som rommer litt over 2 m³, er det montert ultralydsensorer. Disse beregner avstanden til graset fra ulike vinkler og brukes til å estimere grasmengden.

Transportkassen og festeskinnene til lessebåndet er koblet sammen med en stiv ramme med festemuligheter, som gjør det lettere for Thorvald å koble på redskapet. Disse festeskinnene er utstyrt med ledeplater, slik at det skal være lettere å koble på redskapet selv om det er ujevnt underlag. For å få til autonom tilkobling av redskapet er det her foreslått en løsning med solenoider, som kan heve og senke en bolt for å låse sammen redskapet og Thorvald.

Etter hvert som transportkassen fylles med gras i forkant gis det signal til en børsteløs DC-motor, som driver bunnkjedene med medbringere og flytter gras bakover i boksen. Når transportkassen er estimert til å være full, kjører Thorvald til matebordet og åpner bakluka ved hjelp av en lineær aktuator. Bunnkjedene aktiveres igjen og transportkassen tømmes, slik at Thorvald er klar til å samle mer gras.



Figur 27: CAD-prototype av helhetlig grastransportsystem med pickup fra HMR Voss.

5 Resultater

I dette kapittelet er det ført et forenklet vektregnskap for prototypen, og det er vist resultater av FEM-analysen gjort i Ansys Workbench.

5.1 Vektregnskap

Basert på designvalgene som har blitt gjort er det mulig å føre vektregnskap for prototypen. I tabell 17 er det ført opp vekter basert på data fra Solidworks og produsentdata.

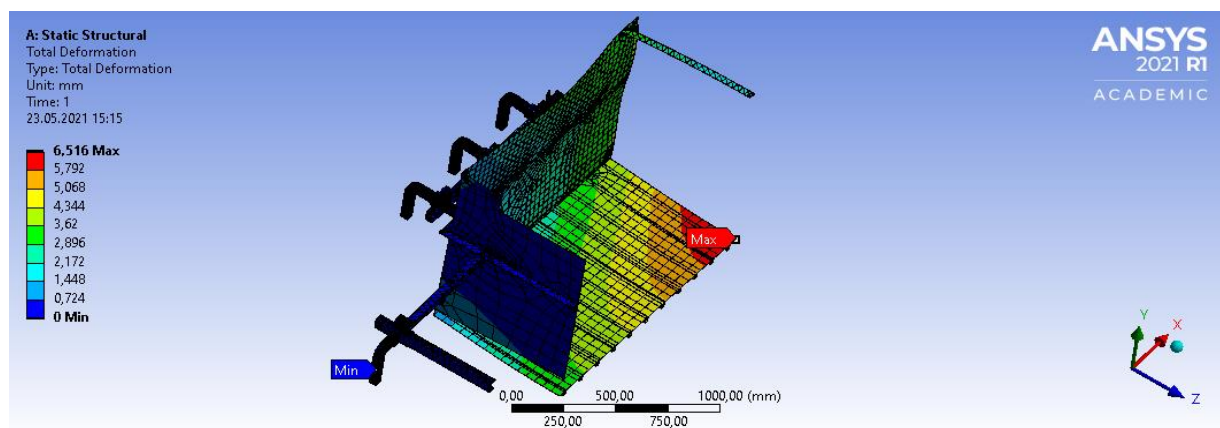
Tabell 17: Vektregnskap for prototypen.

Del	Antall	Total vekt i kg
Lessemekanisme eks. bånd	1	44,6
Lessebånd	1	9,8
Kjedehjul	4	7,8
Kjetting	2	8,5
Transportkasse inkl. innfestinger	1	83,4
- eks. innfestinger		74,4
Lineær aktuator	1	1,5*
Ultralydsensorer	4	0,5
Lessemotor	1	6**
Lossemotor	1	2,4**
Motorbraketter og motorfesteplater	2	1,5
Reimhjul	4	5,5
Pickup fra HMR Voss	1	60-70
Totalt (inkl. fester)		231,5-241,5

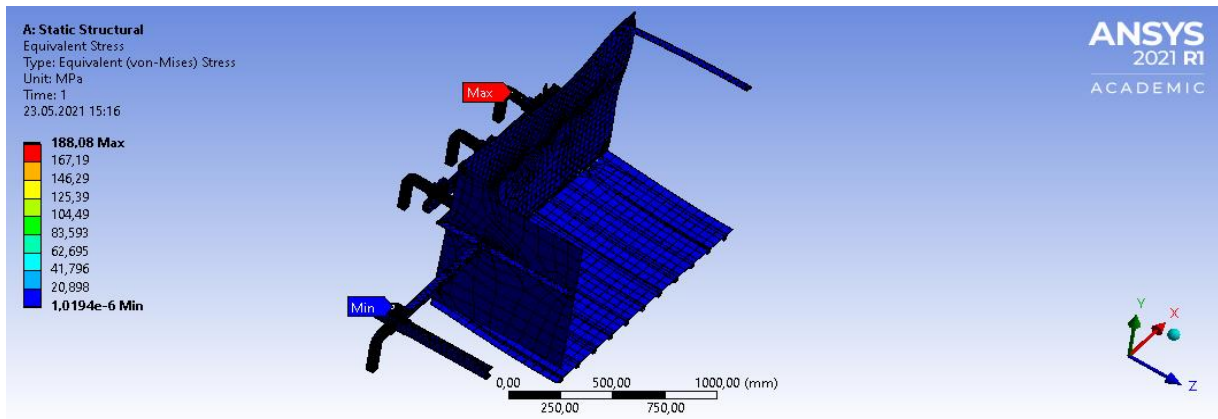
* Antatt, verdi ikke tilgjengelig i datablad
** Verdi angitt i datablad uten gir

5.2 FEM-analyse

Ved å utføre FEM-analysen av transportkassen når den utsettes for en kraft på 2750N får man deformasjonen som vist i figur 28 og von Mises-spenningen som vist i figur 29.

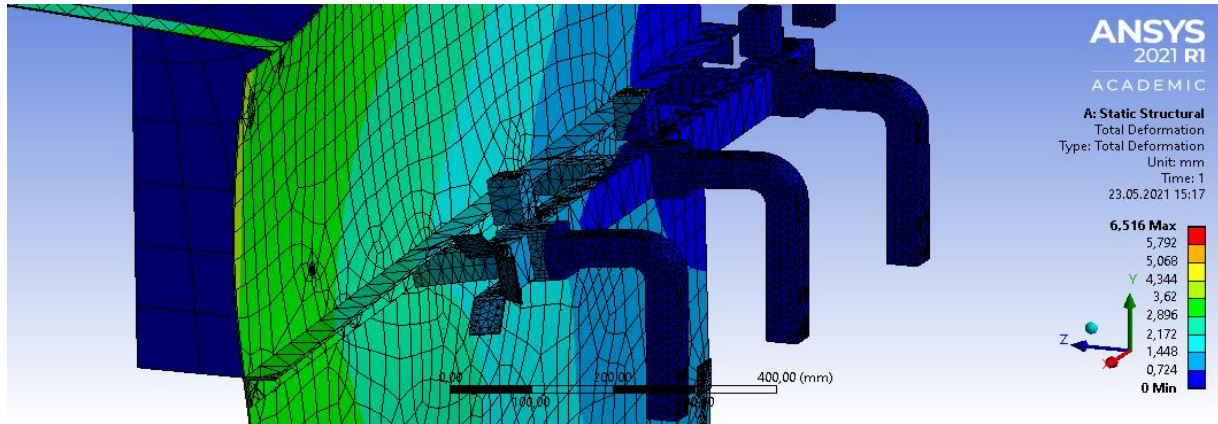


Figur 28: Deformasjon av transportkasse.

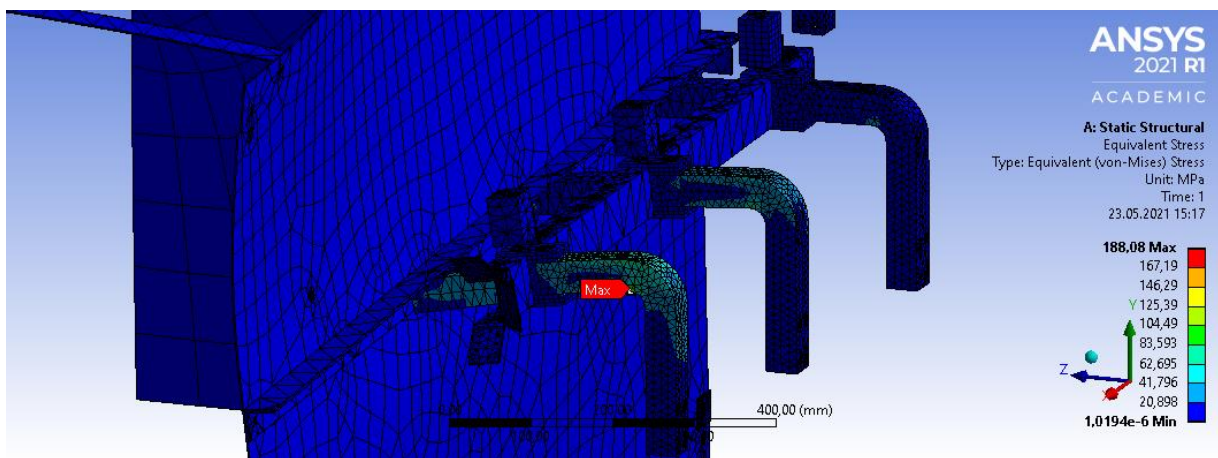


Figur 29: Von Mises-spenning på transportkasse.

Tilsvarende for innfestingene, der figur 30 viser deformasjon og figur 31 viser von Mises-spenning.

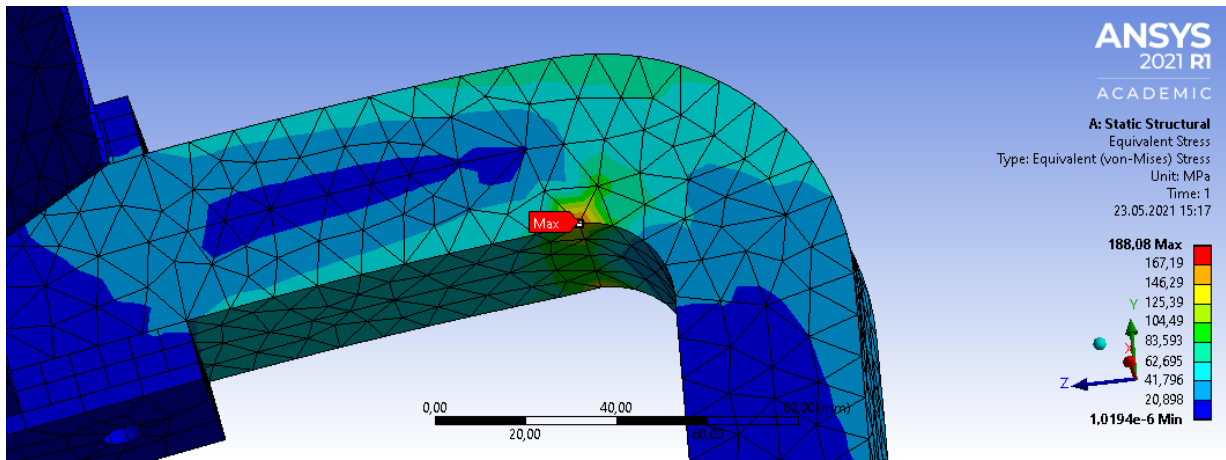


Figur 30: Deformasjon av innfestinger.



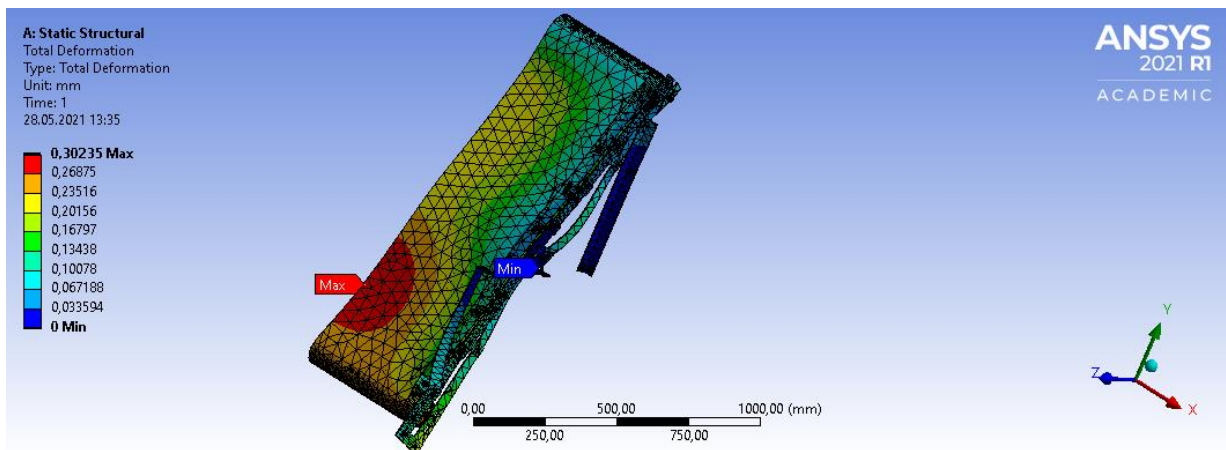
Figur 31: Von Mises-spenning på innfestinger.

I figur 32 er det vist et nærbilde av von Mises-spenningen til det mest belastede festet.

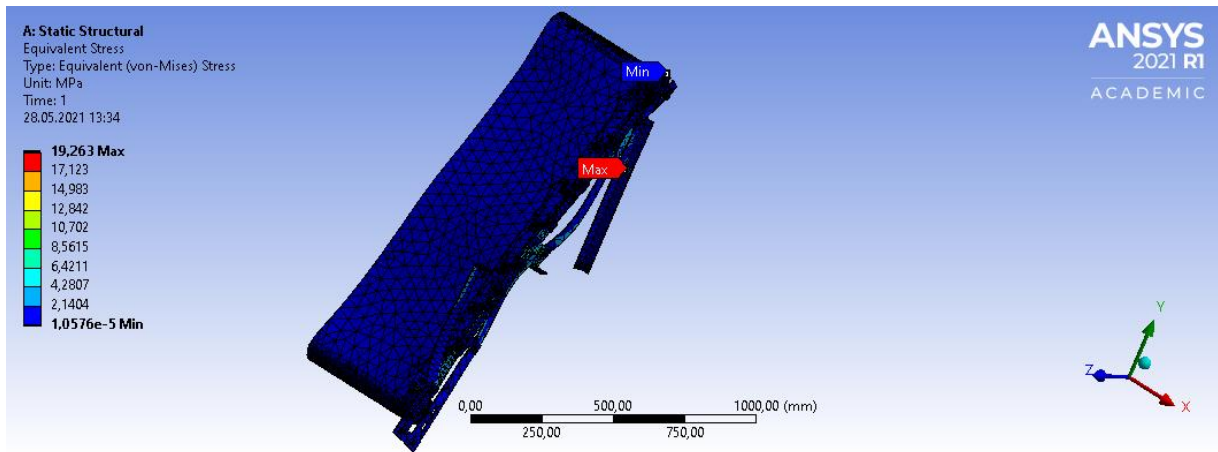


Figur 32: Nærbilde av von Mises-spenning til det mest belastede festet.

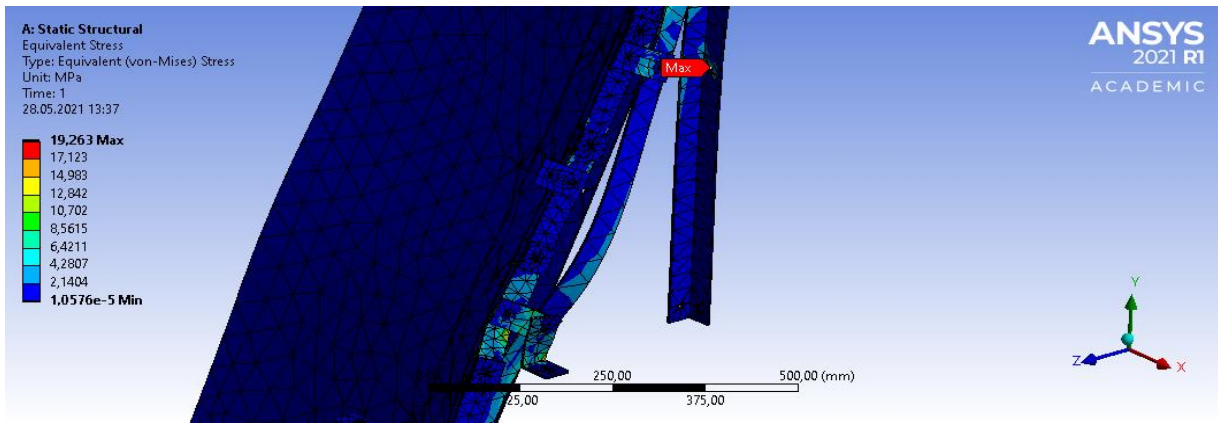
For deformasjon av lessebåndet og støttene til lessebåndet ses deformasjonene i figur 33 og von Mises-spenning i figur 34. I figur 35 ser man et nærbilde av von Mises-spenning i støttene til lessebåndet.



Figur 33: Deformasjon av lessebånd og støtter til lessebåndet.

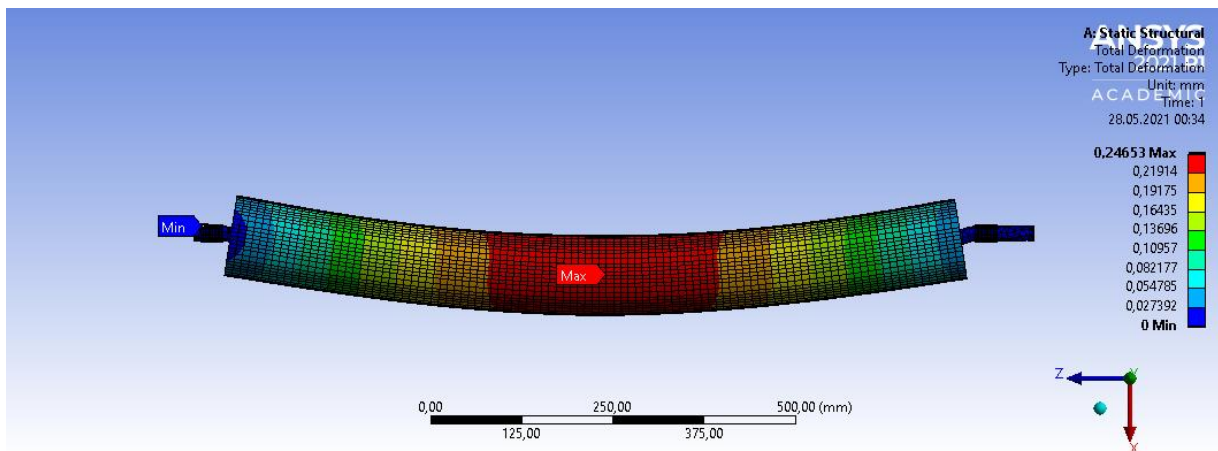


Figur 34: Von Mises-spenning i lessebåndet og støttene til lessebåndet.

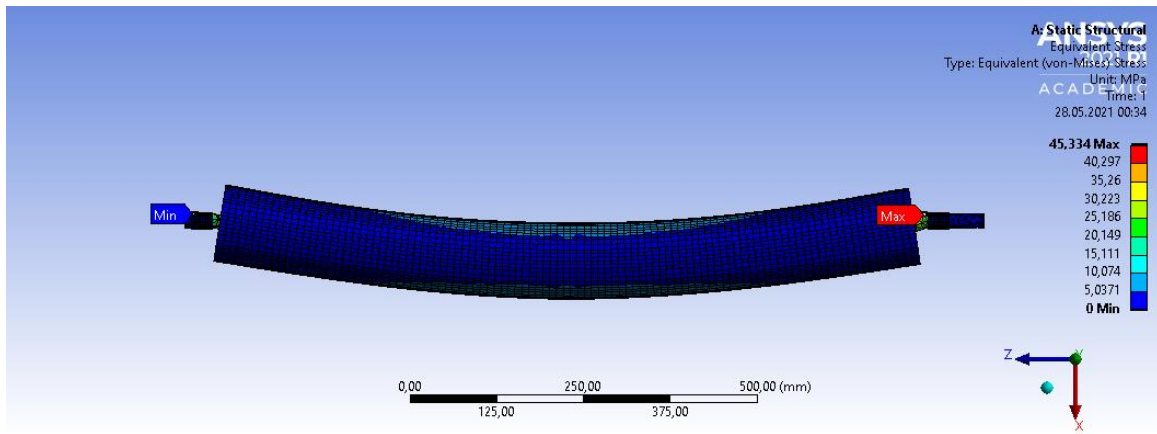


Figur 35: Nærbilde av støtter til lessebånd.

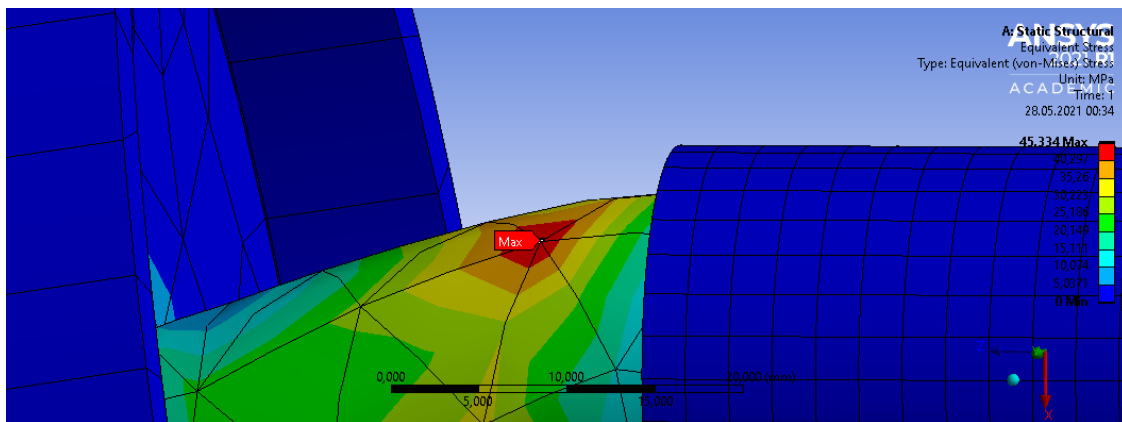
I figur 36 ser man deformasjonen av valsene og i figur 37 ser man tilsvarende von Mises-spenning i valsene når det settes på en kraft på 2700 N. I figur 38 ser man et nærbilde av maksimal von Mises-spenning på valse.



Figur 36: Nedbøying av valse.



Figur 37: Von Mises-spenning i valse.



Figur 38: Spenningskonsentrasjon på aksling.

6 Analyse av resultater

Dette kapittelet analyserer vektregnskapet og de ulike belastningssituasjonene som har blitt simulert ved bruk av Ansys Workbench.

6.1 Analyse av vektregnskap

Vekten av redskapet legger føringer for hvor mye gras som kan fraktes per tur. Fra tabell 17 finner man at den totale vekten av det helhetlige grastransportredskapet er i området fra 231,5-241,5 kg. Fra forutsetningene var det satt at den totale vekten av redskapet og nyttelasten skulle være 400 kg, noe som gjør at det kan fraktes ca. 165 kg med den foreslåtte prototypeløsningen. Fra tabellen ser man at lesseløsningen veier 44,6 kg, transportkassen uten fester veier 70,6 kg og pickupen fra HMR Voss veier 60-70 kg. Dette er de tre største delene av redskapet, og er som forventet også de tyngste delene. Fra tabellen ser man at innfestinger er inkludert i vekten, og utgjør 9 kg. Siden det ikke er utviklet standardisert innfesting for Thorvald er innfestingene tatt med i vektregnskapet.

Med en nyttelast på 165 kg og en grastetthet på 130 kg/m^3 , vil mengden gras som kan transporteres være:

$$\frac{165 \text{ kg}}{130 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1,27 \text{ m}^3 \quad (38)$$

6.2 Analyse av last på transportkassen

Fra figur 28 ser man deformasjonen av transportkassen når det settes på en graslast på 2750 N. Figuren viser en største deformasjon på ca. 6,5 mm, noe som indikerer at transportkassen og innfestingene har en stiv struktur. Fra samme figur ser man også at det er området i bakre ende av transportkassen som har størst nedbøying. Dette gir mening, siden kraften i simuleringen ble satt vinkelrett på plata i bunnen av transportkassen, og området bak i transportkassen befinner seg lengst fra opplagringene.

Fra figur 29 ser man at von Mises-spenningen i transportkassen er lav for selve transportkassen, og det vil ikke være fare for materialsvikt som følge av den statiske belastningen.

6.3 Analyse av last på innfestinger

Fra figur 30 ser man deformasjonen av innfestingene som kobler sammen Thorvald og redskapet. Figuren indikerer at det er svært lite nedbøying av innfestingene når de blir utsatt for den samme lasten som bunnen i transportkassen. I figur 31 ser man von Mises-spenningen på innfestingene, og man ser her at spenningen er høyere på det bakerste festet enn det fremste. Dette er logisk siden det bakerste festet må ta en større del av lasten i simuleringen. Fra figur 32 ser man at den høyeste spenningen ligger på kanten av innfestingen, og er vesentlig høyere enn for tilstøtende elementer.

På den ene siden indikerer dette at det er muligheter for å redusere materialforbruken, men siden en av begrensningene i oppgaven var at det ikke ble optimalisert med tanke på

materialbruk, vil det ses bort fra dette. På den andre siden vil et design med lavere materialspenninger gjøre at levetiden til utstyret øker.

6.4 Analyse av last på lessebånd og støtter

Fra figur 33 ser man deformasjonen til lessebåndet og figuren viser at den største beregnede deformasjonen er ca. 0,3 mm. Fra figur 34 ser man von Mises-spenningen i lessebåndet som følge av at kraften som settes på båndet er lav. Deformasjonen av lessebåndet og glideplaten som ligger under, bør være lav for å unngå at lessebåndet strekkes unødvendig mye, som igjen vil påvirke levetiden til lessebåndet. I tillegg vil en større variasjon i spenningen tøye fibre i lessebåndet mer, slik at dette må etterstrammes oftere. Fra disse figurene og figur 35 ser man også at deformasjon og spenning er lav for støttene til lessebåndet, slik at de vil holde lessebåndet ved en statisk belastning.

6.5 Analyse av last på valser

Fra figur 36 ser man at nedbøyingen er beregnet til å være ca. 0,25 mm, noe som stemmer bra med håndberegningene som ga et resultat på 0,28 mm. Fra figur 37 ser man von Mises-spenningen ved simulert nedbøyning av valse, og man ser at den høyeste spenningen er ca. 45,3 MPa og inntreffer ved ett av opplagrene. Plasseringen er som forventet, da det brukes en aksel med en diameter som er mye mindre enn valsediameteren, og man har valgt fast opplagring. Ved bruk av en større aksel kunne man oppnådd en stivere valse og nedbøyingen kunne blitt redusert.

6.6 Spenningskonsentrasjoner

For samtlige spenningsbilder er det indikert at man har en høy spenningsverdi på enkelte steder. Dette kan skyldes at det enten er en kjerv eller så er det på grunn av hvordan Ansys beregner spenninger i noder. Dette kommer fram av figur 32, figur 35 og figur 38, hvor man har ett nodepunkt hvor flere elementer møtes, og hvor man får en høy spenning i dette punktet. Slike spenningskonsentrasjoner kan påvirke resultatet av simuleringer, og det bør derfor kjøres flere simuleringer med ulike elementer og elementstørrelser for å se om resultatet konvergerer.

6.7 Begrensninger av analysen

Siden studentversjonen av Ansys har begrensninger i antall elementer som kan brukes, ble deler av prototypen utelatt fra modellen under simuleringene. Ved å inkludere disse delene, hadde man fått en tyngre modell, både numerisk og fysisk, noe som kunne gitt et riktigere bilde av belastningssituasjonen, og også et riktigere resultat. For å gjøre en statisk analyse som i denne oppgaven, vil det fortsatt være overkommelig selv med flere deler, gitt at man også velger elementstørrelser som passer til de enkelte komponentene.

7 Diskusjon

I dette kapittelet diskuteres validitet av metode, forutsetninger, løsninger og materialer.

7.1 Validitet av Pughs metode og IPD

Pughs metode er en produktutviklingsmetode som er lett å følge, men som også kan ha sine svakheter. Selv om Pughs metode er utformet slik at seleksjonen av konsepter skal bli mindre subjektiv, vil det i en individuell masteroppgave være en viss fare for at egne holdninger påvirker valgene. For IPD vil det også være rom for individuell tolkning som kan påvirke resultatet. Sjansen for at man lar subjektive meninger påvirke designet vil reduseres med flere deltakere, slik at et team eller en gruppe utviklere kanskje hadde valgt å gå videre med et annet konsept.

7.2 Grasmengde og -tetthet

For dimensjonerende grasmengde ble det omregnet fra kg gras per dekar, via en tenkt samling av gras til grasstreng, før man så gjorde om dette til antall kilo gras per meter. Grasmengde per dekar vil naturlig nok variere fra år til år basert på forskjellige faktorer som man ikke har kontroll over. Denne grasmengden er likevel basert på en annen grasfrøblanding enn det som utvikles i GrassRobotics-prosjektet. Ved å basere seg på slike historiske data, er det ikke sikkert man er så langt unna avlingsmengden per dekar, men det kan være en viss forskjell fra frøblandingene som er under utvikling. Siden GrassRobotics-prosjektet også utvikler grasfrøblandinger som skal tåle hyppigere høsting enn de tradisjonelle grasfrøblandingene, kan det være en lavere grasvekt som høstes per meter grasstreng.

Tallene som er gjengitt i tabell 1 fra SSB uttrykker heller ikke noe om tørrstoffprosenten på graset som høstes, men sier bare at det er et gitt antall kilo gras per dekar. Som nevnt vil tørrstoffprosenten påvirke grasvekta, noe som igjen kan endre forutsetningene for dimensjonering av redskapet.

I oppgaven ble det forutsatt en tetthet på 130 kg/m^3 , men siden det skal utføres hyppigere slåtter enn tidligere, er det mulig at graset er kortere ved høstetidspunktet. Med en kortere graslengde kan graset pakkes tettere, og det vil da være mulig å enten redusere størrelsen på transportkassen eller frakte mer gras med nåværende transportkasse. Etter hvert som det blir utviklet grasfrøblandinger og graset blir høstet, bør det gjøres dokumentasjon av graslengde og -mengde, samt hvilken grastetthet det er i transportkassen.

Det ble også forutsatt at graset har 30% tørrstoff, noe som kan være tilfellet, men som ikke nødvendigvis er tilfellet. Ved sterkere fortørking vil man få et lavere vanninnhold i graset, som igjen påvirker vekten og volumet.

7.3 Valg av lesse- og lossemetode

Som lessemetode ble det valgt transportbånd, selv om det for lessevogner og rundballepresser er vanlig med pickup og kniver. I denne oppgaven kunne det vært valgt en lignende løsning, men det ble valgt bort av flere ulike årsaker. For å få ønsket kutting av grovfôret kreves det et relativt høyt antall kniver, samt en rotor som presser graset over disse

knivene. Dette krever mer energi sammenlignet med et transportbånd, samt at knivene må kvesses for at løsningen skal fungere best mulig. Dette kan likevel være et alternativ som enkelte grovfôrprodusenter ønsker, da kuttelengden på graset påvirker fôropptaket hos drøvtyggere. Med tanke på at GrassRobotics-prosjektet har som mål å transportere gras fra jordet til kanten av jordet, vil ikke en slik løsning bidra direkte til at dette målet nås. Til gjengjeld ville en slik løsning bidratt til at størrelsen på transportkassen kunne reduseres noe, som følge av at graset kunne pakkes med en høyere tetthet. En slik løsning kunne også eliminert behovet for lessebåndet slik at man får et mer kompakt design av Thorvald.

For tømning av transportkassen ble det valgt en løsning med bunnkjeder fremfor alternativet med tippsylindere i fremkant. Ved bruk av sylindere kunne selve transportkassen tippes, og dermed tømmes relativt hurtig. En slik løsning ville hatt færre bevegelige deler, men det er mulig at lesseløsningen måtte endres for å unngå konflikt mellom lessebåndet og transportkassen.

For transportbåndet som brukes til lessing kan det være aktuelt med en drivtrommel med innebygd motor, noe som kan gi en jevnere vektfordeling på Thorvald og jevnere belastning på støttene. Ulempen med en slik løsning er at det blir en mer krevende reparasjon hvis motoren skulle havarere, da man må ta den av transportbåndet. Med den valgte løsningen kan motorer skiftes relativt raskt ved motorhavari, eller hvis det er ønskelig å sammenligne ulike motorer.

7.4 Materialvalg

For selve transportkassen kunne for eksempel UV-bestendig polykarbonat eller polyetylen med høy tetthet vært et alternativ. Dette er lettere enn aluminium, men vil etter hvert bli sprøtt og har derfor ikke like lang levetid. Velger man et design med bruk av polykarbonat eller polyetylen, må det sannsynligvis designes en slags gitterstruktur for å holde platene på plass når de utsettes for belastning. Ved en eventuell kommersialisering av denne transportløsningen bør det gjøres en grundigere gjennomgang av materialer med tanke på tilvirkning, levetid og pris. Komponentene i denne oppgaven ble i størst mulig grad valgt ut ifra standard tilgjengelige dimensjoner fra leverandører. Ved en kommersialisering bør det undersøkes om det er noen enklere måter å tilvirke delene på.

Siden aluminium er lite brukt hittil i transportkasser og som underlag til transportbånd, er det vanskelig å finne statiske friksjonskoeffisienter mellom aluminium og transportbånd. Det er også vanskelig å finne friksjonskoeffisienter for gras mot ulike materialer. Tradisjonelt har traktorer blitt brukt i landbruket, og det har vært rikelig tilgang til effekt og dreiemoment, slik at friksjon ved lessing og lossing ikke har vært noe problem. Med tanke på fremtidige løsninger bør det gjøres forsøk som kan gi mer materialdata for friksjon av gras mot ulike lettvektsmaterialer som kan være aktuelle å bruke i redskaper til Thorvald.

Innledningsvis ble det forutsatt at egenvekten til materialene som skulle brukes skulle være under 3000 kg/m^3 . Kravet ble satt for å holde vekten til redskapet nede. Underveis ble dette kravet fraveket for blant annet festematriell og kulelagre med hus, der det ble valgt å bruke

stål i stedet. Selv om det er mulig å oppdrive både kulelagre med innfesting og festemateriell i aluminium, er varianter av dette lettere tilgjengelig i stål.

Det ble også brukt elmotorer som med stor sannsynlighet inneholder materialer som stål og kobber. Begge materialene har en egenvekt som er høyere enn materialkravet. Basert på dette kunne kravet som omhandler egenvekten til materialer ha vært omformulert, slik at det hadde vært mer presist. Materialkravet har likevel bidratt til å holde den totale vekten av grastransportutstyret nede selv om det ble gjort unntak.

7.5 Vektregnskap og belastning

En av forutsetningene som ble gitt var at den totale vekten av redskapet og nyttelasten ikke skulle overstige 400 kg. Fra vektregnskapet så man at selve redskapet veide i området 231,5-241,5 kg, slik at nyttelasten var på ca. 165 kg. For en kommersiell utgave burde man sett på om det hadde vært mulig å redusere materialforbruket, og dermed vekten på redskapet, slik at man kunne fraktet mer gras per tur. Siden redskapet som er utviklet i denne oppgaven er ment å brukes til forskning, og ikke til kommersiell innhøsting, er ikke lavere nyttelast nødvendigvis et problem. For en kommersiell utgave ville det også vært andre forutsetninger og begrensninger som hadde blitt lagt til grunn med tanke på utvikling av en prototype.

Selv om nyttelasten er beregnet til å være ca. 165 kg, ble simuleringen av transportkassen gjort med en kraft på 2750 N, noe som tilsvarer ca. 280 kg. Selv om denne lasten er høyere enn den beregnede nyttelasten, gir dette en ekstra sikkerhet hvis Thorvald skulle være uheldig å fylle mer gras i transportkassen.

Siden GrassRobotics-prosjektet har som mål å blant annet studere hvilke effekter lett utstyr og mange høstinger har på jordpakking, rotutvikling og næringsopptak, kan det tenkes at muligheten til å øke grasmengden i beholderen er ønskelig. Fra resultatene ser man at med en nyttelast på 165 kg var det mulig å transportere nesten 1,3 m³ med gras, selv om beholderen har et volum som er nærmere 2 m³. Denne ekstra kapasiteten gir økt fleksibilitet, selv om det resulterer i en prototype som er litt tyngre.

7.6 Gyldighet av simuleringer

I simuleringen av transportkassen ble kraften satt vinkelrett på plata i bunnen av transportkassen, slik at kraften fordeler seg jevnt utover plata. Siden graset sannsynligvis ikke fordeler seg helt jevnt kan det være områder hvor man får en større kraftkonsentrasjon, og dermed større nedbøying enn det som er angitt.

For lessebåndet har man en tilsvarende belastningssituasjon, hvor det også antas at graset fordeler seg jevnt utover transportbåndet. Dette er ikke nødvendigvis tilfellet, hvis det plukkes opp en smal eller ujevn grasstreng, noe som også kan gi større spenninger og deformasjoner enn det som kommer fram av resultatene.

7.7 Utforming av pickup

I analysen av pickuper ble det forutsatt at produsenten av pickuper skulle gjøre eventuelle tilpasninger for at den skulle passe inn bedre i høstelinjen. Med den foreslåtte løsningen vil dette innebære å utstyre pickuper med en toppmedbringer som kan føre graset bakover,

samt lage en ledeplate mellom selve pickupen og lessebåndet. Siden pickupen ikke er utviklet med tanke på autonom tilkobling, er dette noe som bør gjøres på fremtidige pickuper.

8 Konklusjon

Dette kapittelet inneholder konklusjon vedrørende designet av prototypen, og forslag til videre arbeid som kan gjøres.

8.1 Konklusjon

Målet for denne oppgaven var å utvikle et helhetlig grastransportredskap som skulle brukes av landbruksroboten Thorvald. Dette grastransportredskapet skulle ha mulighet til lessing, transport og lossing, og det skulle utformes med tanke på autonomi. Ved bruk av Pughs metode og integrert produktvikling ble ulike løsninger vurdert, og man kom fram til en prototype. Hoveddelene til prototypen var pickup, lessebånd, transportkasse og lossemetode bestående av bunnkjeder og bakport. I tillegg ble det utviklet en innfestingsmekanisme med tanke på autonom påkobling av redskapet. Det ble også utført statiske beregninger for transportkasse, valser, lessebånd og støtter til lessebånd, og disse ble funnet å ha tilstrekkelig styrke for angitt last.

Av resultater fant man at pickuper som ble brukt i prototypen passer godt til størrelsen på Thorvald, men at det må gjøres tilpasninger av pickuper for at den skal kunne brukes sammen med de resterende delene av prototypen. Pickuper må også tilpasses autonom påkobling.

Til lessebåndet må det lages egne aluminiumvalser og medbringere, siden dette ikke er hyllevare.

Den totale vekten til redskapet var i området 231,5-241,5 kg, slik at nyttelasten er ca. 165 kg. Transportkassen tåler denne vekten og har rom til mer, slik at man har økt fleksibilitet med tanke på GrassRobotics-prosjektet.

Innfestingsmekanismen har blitt utstyrt med solenoider og ledeplater, slik at Thorvald selv skal kunne koble seg på redskapet. Prototypen er også utstyrt slik at Thorvald kan losse transportkassen selv.

Det konkluderes med at grastransportredskapet som er utviklet i denne oppgaven fyller kravene til lessing, transport og lossing av gras, men at det trengs små tilpasninger for at pickuper skal passe inn i høstelinjen. Det er også tilrettelagt for autonom tilkobling av grastransportredskapet til Thorvald, men det må gjøres tilpasninger av pickuper med tanke på autonom tilkobling.

8.2 Videre arbeid

Under følger en liste med flere ting som det kan jobbes med og som kan være inspirasjon til videre arbeid:

- Det kan gjøres en analyse for å se på optimalisering av materialbruken med tanke på vekt.
- Foreta en analyse av nåværende energibruk, og se på mulige forbedringer som naturlig hører inn under dette.

- Evaluere innfestingsmekanisme og gjøre nødvendige tilpasninger for at løsningen skal kunne benyttes av flere mulige redskaper.
- Utføre friksjonstester for gras på ulike underlag, slik som aluminium, polykarbon etc., slik at man har mer relevant data for å ta bedre beslutninger i utviklingsarbeidet. Dette graset kan være høstet med ulike høstemetoder, men minst en av metodene bør være med et høsteredskap som Thorvald skal bruke.
- Det kan gjøres en analyse av hvordan ulike redskaper skal kunne skiftes av Thorvald og lages et tilhørende redskapsskiftesystem.
- Gjøre praktiske forsøk for volumestimering av gras med sensorer for å finne optimalt antall og plassering av sensorer.
- Bygge en prototype.

Referanser

- Afzalina, S. & Roberge, M. (2007). Physical and mechanical properties of selected forage materials. *Canadian biosystems engineering*, 49.
- American Society of Agricultural and Biological Engineers. (2008). *Friction Coefficients of Chopped Forages*. Tilgjengelig fra: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwialNXGnP7uAhUCHHcKHccEBVkJFjAlegQICBAD&url=https%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.214.642%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf&usq=AOvVaw117e8bN3GgdAuhvJcGg-b3> (lest 22.02.2021).
- Arvidsson, J. & Ristic, S. (1996). Soil stress and compaction effects for four tractor tyres. *Journal of Terramechanics*, 33 (5): 223-232. doi: 10.1016/S0022-4898(97)00006-2.
- ATO. (2021a). *300W BLDC Motor Kit, 24V/48V, 0.96Nm, 3000rpm*. Tilgjengelig fra: <https://www.ato.com/300w-bldc-motor> (lest 14.05.2021).
- ATO. (2021b). *400W Brushless DC Motor, 24V/48V, 1.3Nm, 3000rpm*. Tilgjengelig fra: <https://www.ato.com/12-hp-400w-24v-brushless-dc-motor> (lest 13.05.2021).
- Bjørlo, B. (2019). *Halverte kornavlinger etter tørkesommer*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/halverte-kornavlinger-etter-torkesommer> (lest 23.04.2021).
- Dahlvig, G. & Christensen, S. (1984). *Konstruksjonselementer*. 1. utg. Oslo: Yrkesopplæring
- Duarte, P. C., Nakao, F. & Ortenzi, A. (2020). Integrated product development and lifecycle management in building production – A case study for logistic of mortar distribution in building sites. *Journal of Building Engineerin*, 32. doi: 10.1016/j.job.2020.101802.
- FN. (2019). *World Population Prospects 2019*. Tilgjengelig fra: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_DataBooklet.pdf (lest 02.02.2021).
- Forbo Siegling. (2018). *Recommendations for machine design*. Tilgjengelig fra: https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7380/305-fms_recommendation_machine_design_en.pdf (lest 02.05.2021).
- Forbo Siegling. (2020). *E 8/2 U0/V18 TRI blue FDA*. Tilgjengelig fra: http://www.brex.forbo.com/files/pdf/906612_en.pdf (lest 09.05.2021).
- Forskningsrådet. (2018). *A novel adaptation strategy for forage production under wet growing conditions - robotization and high quality forages*. Tilgjengelig fra: <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/281221> (lest 20.04.2021).
- From, P. J. (2019). *GrassRobotics - A novel adaptation strategy for forage production under wet growing conditions - robotization and high quality forages*. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/en/projects/node/34459>.
- Habasit. (2012). *Engineering Guide Fabric Conveyor Belts*. Tilgjengelig fra: <https://www2.habasit.com/nl/1208.htm?DocId=7913&language=2&ACWeb=54> (lest 02.05.2021).
- Habasit. (2020). *Light Conveyor Belts NAB-12EEAV*. Tilgjengelig fra: <https://tdm.habasit.com/PDS/en-us/Light%20Conveyor%20Belts/NAB-12EEAV> (lest 15.04.2021).
- Hamza, M. A. & Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, 82 (2): 121-145. doi: 10.1016/j.still.2004.08.009.
- Hassannezhad, M. & Clarkson, P. J. (2017). Internal and External Involvements in Integrated Product Development: A Two-Step Clustering Approach. *Procedia CIRP*, 60: 253-260. doi: 10.1016/j.procir.2017.02.030.
- Heggset, S. (2021). *Høstelinjer-Gras* (E-post 03.03.2021).

- Iizumi, T. & Ramankutty, N. (2015). How do weather and climate influence cropping area and intensity? *Global Food Security*, 4: 46-50. doi: 10.1016/j.gfs.2014.11.003.
- Industriehof. (2021). *Scraper floor chain - 8x31 - D5*. Tilgjengelig fra: <https://www.industriehof.com/en/catalogue/c10/c65/a69-1-103/> (lest 11.05.2021).
- Isaksen, A. X. & Grelland, N. S. F. (2018). *Utredning av energieffektive metoder for å kutte gras med den autonome landbruksroboten Thorvald* Masteroppgave: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (lest 18.01.2021).
- Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R. & Or, D. (2019). Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research*, 194. doi: 10.1016/j.still.2019.104293.
- Kobayashi, Y. & Toya, K. (2007). Effect of belt transport speed and other factors on belt mistracking. *Microsystem Technologies* 13: 1325-1330. doi: 10.1007/s00542-006-0357-y.
- Krüger, A., Witte, K., Specht, E. v., Vajna, S. & Nusser, J. E. (2010). Verification of the effectiveness of the Integrated Product Development paradigm for the development of sports equipment — A case study. *Procedia Engineering*, 2 (2): 2575-2580. doi: 10.1016/j.proeng.2010.04.034.
- Landbruks- og matdepartementet. (2018). *Jordvern*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/landbrukseiendommer/innsikt/jordvern/jordvern/id2009556/> (lest 30.05.2021).
- Larsen, M. H. (2020). *Utvikling av høstebeholder til den autonome landbruksroboten Thorvald* Masteroppgave: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://hdl.handle.net/11250/2683022> (lest 18.01.2021).
- Linak. (2020). *Actuator LA30*. Tilgjengelig fra: <https://ipaper.ipapercms.dk/Linak/ENGLISH/DATASHEET/LinearActuatorLA30DataSheetEng/> (lest 11.05.2021).
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalg, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*. 7. utg. Harlow, England: Pearson Education Limited.
- Mo, M. (2005). *Surfôrboka*. 1. utg. Oslo: Landbruksforlaget.
- Queiroz, O. C. M., Ogunade, I. M., Weinberg, Z. & Adesogan, A. T. (2018). Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101 (5): 4132-4142. doi: 10.3168/jds.2017-13901.
- Ring, P. H. & Hjukse, O. (2018). *Melding om årsveksten 2017 - Normalårsavlinger og registrerte avlinger*. NIBIO Rapport. Tilgjengelig fra: https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2502062/NIBIO_RAPPORT_2018_4_84.pdf?sequence=1&isAllowed=y (lest 23.04.2021).
- Robotikkgruppen. (2020). *Landbruksroboten Thorvald*. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/realtek/forskning/forskergrupper/robotikk/prosjekter/thorvald> (lest 06.02.2021).
- Serigstad. (2021a). *Bandtransportør*. Tilgjengelig fra: <https://www.serigstad.no/no/produkter/kjedetransport%C3%B8r-2-1#Specifications> (lest 26.04.2021).
- Serigstad. (2021b). *Kjedetransportør*. Tilgjengelig fra: <https://www.serigstad.no/no/produkter/kjedetransport%C3%B8r-2> (lest 26.04.2021).
- SSB. (2020). *Arealbruk og arealressurser*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/arealstat> (lest 02.02.2021).
- SSB. (2021). *Norges areal*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/faktaside/landskap-i-norge> (lest 25.04.2021).
- Pugh, S. (1990). *Total design: Integrated methods for successful product engineering*. 1 utg.: Addison-Wesley Publishing Company.

Figurliste

Figur 1: Orkel (2021). Dens-X kompaktor - for landbruk. Tilgjengelig fra: https://www.orkel.no/produkter/kompaktorer/dens-x-compactor-nb-no/ (lest 14.04.2021).....	1
Figur 2: Heggset, S. (2017). Sammenhengen mellom kilo vatn og tørrstoffprosent (utgangspunkt parti gras på 100 kg med 15 prosent TS) Tilgjengelig fra: https://www.buskap.no/journal/2017/4/m-1674/fort%C3%B8rking_av_gras (lest 16.02.2021).....	2
Figur 3: Mo, M. (2005). Ulike former for tørrstofftap i ensileringsprosessen ved ulike grader av fortørking. I Mo, M. Surfôrboka, s. 139. Oslo: Landbruksforlaget.....	3
Figur 4: Råvekt for gras høstet med ulike metoder.	3
Figur 5: John Deere (2021). BP15 Belt Pickup Platform. Tilgjengelig fra: https://www.deere.com/en/harvesting/draper-platforms/bp15-belt-pickup-platform/ . (lest: 25.04.2021).....	5
Figur 6: McHale (2021). McHale Fusion 3 Plus. Tilgjengelig fra: https://www.mchale.net/norwegian/products/mchale-fusion-3-plus-2/ (lest 26.04.2021).	6
Figur 7: McHale (2021). McHale Fusion 3 Plus. Tilgjengelig fra: https://www.mchale.net/norwegian/products/mchale-fusion-3-plus-2/ (lest 26.04.2021).	6
Figur 8: Prinsippskisse for pickup og grastransport.....	7
Figur 9: Kraftdiagram for gras i transportboks.....	8
Figur 10: Saga Robotics(2021) Flere mulige konfigurasjoner av Thorvald. Tilgjengelig fra: https://sagarobotics.com/pages/thorvald-platform . (lest: 09.02. 2021).....	9
Figur 11: SIP (2021). Front- og bakmontert pick-up festet til en traktor. Tilgjengelig fra: https://www.sip.si/en/product_category/pick-up-rakes-air/ (lest: 24.02.2021).....	10
Figur 12: Ploeger (2021). Selvkjørende pick-up fra Ploeger. Tilgjengelig fra: https://www.ploeger.com/products/cm4240/ (lest: 24.02.2021).....	10
Figur 13: Pickup fra HMR Voss montert på en utgave av Thorvald.....	16
Figur 14: DFRobot (2021). Vanntett ultralydsensor. Tilgjengelig fra: https://www.dfrobot.com/product-1935.html (lest: 13.04.2021).....	29
Figur 15: Mulige plasseringer av ultralydsensorer.....	29
Figur 16: Ledeplater for lettere sammenkobling av redskap og Thorvald.....	31
Figur 17: Festeløsning med solenoid (sort boks).....	31
Figur 18: Trapeuskroning av valse.....	35
Figur 19: Kramp (2021). Åpent kjedehjul for drift av kjetting. Tilgjengelig fra: https://www.kramp.com/shop-no/no/p/kjedehjul-st%C3%B8pejern-8-x-31-mm-5n-40r-16--NW83156?categoryId=web5-4090612 (lest:10.05.2021).	37
Figur 20: Medbringere og bunnkjeder i transportkassen.	38
Figur 21: Oppstrammingsmekanisme.....	39
Figur 22: Beregningsituasjon for lessing av gras.....	42

Figur 23: Skisse for lossing av gras.....	43
Figur 24: Opplagring av transportkasse og kraft på bunnen av transportkassen.	45
Figur 25: Opplagring av lessebånd og kraft på lessebåndet.	46
Figur 26: Opplagring og kraft på kronet valse.	46
Figur 27: CAD-prototype av helhetlig grastransportsystem med pickup fra HMR Voss.....	48
Figur 28: Deformasjon av transportkasse.	49
Figur 29: Von Mises-spenning på transportkasse.	50
Figur 30: Deformasjon av innfestinger.	50
Figur 31: Von Mises-spenning på innfestinger,	50
Figur 32: Nærbilde av von Mises-spenning til det mest belastede festet.....	51
Figur 33: Deformasjon av lessebånd og støtter til lessebåndet.....	51
Figur 34: Von Mises-spenning i lessebåndet og støttene til lessebåndet.	52
Figur 35: Nærbilde av støtter til lessebånd.	52
Figur 36: Nedbøying av valse.....	52
Figur 37: Von Mises-spenning i valse.	53
Figur 38: Spenningskonsentrasjon på aksling.	53

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over avlinger i perioden 2017-2020 for utvalgte vekster. Tilgjengelig fra: https://www.ssb.no/jordbruksavling . (lest:14.04.2021).....	5
Tabell 2: Tekniske mål for Thorvald. Tilgjengelig fra: https://sagarobotics.com/pages/thorvald-platform . (lest: 09.02.2021).	9
Tabell 3: Forutsatte dimensjoner på Thorvald som brukes i denne oppgaven.....	9
Tabell 4: Teknisk data for pickup-prototype fra HMR Voss.	15
Tabell 5: Vurderingskriterier for Pughs metode.....	20
Tabell 6: Mulige utforminger for grastransport på samlebandet.....	21
Tabell 7: Rangering av konsept for grastransport.....	22
Tabell 8: Konsepter for lesseløsning.....	22
Tabell 8 forts,: Konsepter for lesseløsning.	23
Tabell 9: Rangering av konsept for lessing.....	23
Tabell 10: Konsepter for transportkasse.	25
Tabell 11: Rangering av transportbokskonsepter.....	26
Tabell 12: Konsepter for lossing.....	27
Tabell 13: Rangering av konsepter for lossing.....	28
Tabell 14: Avlingsnivå per dekar omgjort til kg per meter grasstreng for tenkt sammenslåing av 2,4 meter grasbredde.....	32
Tabell 15: Utvalgte data fra transportbånd fra Forbo Siegling.....	34
Tabell 16: Utvalgte data for kjedehjul.	38
Tabell 17: Vektregnskap for prototypen.	49

Vedlegg

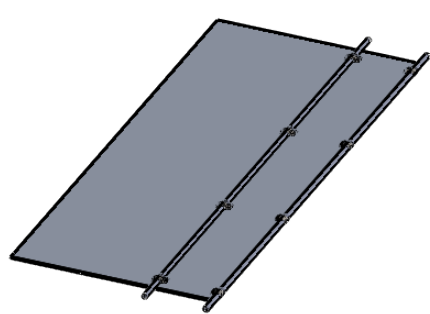
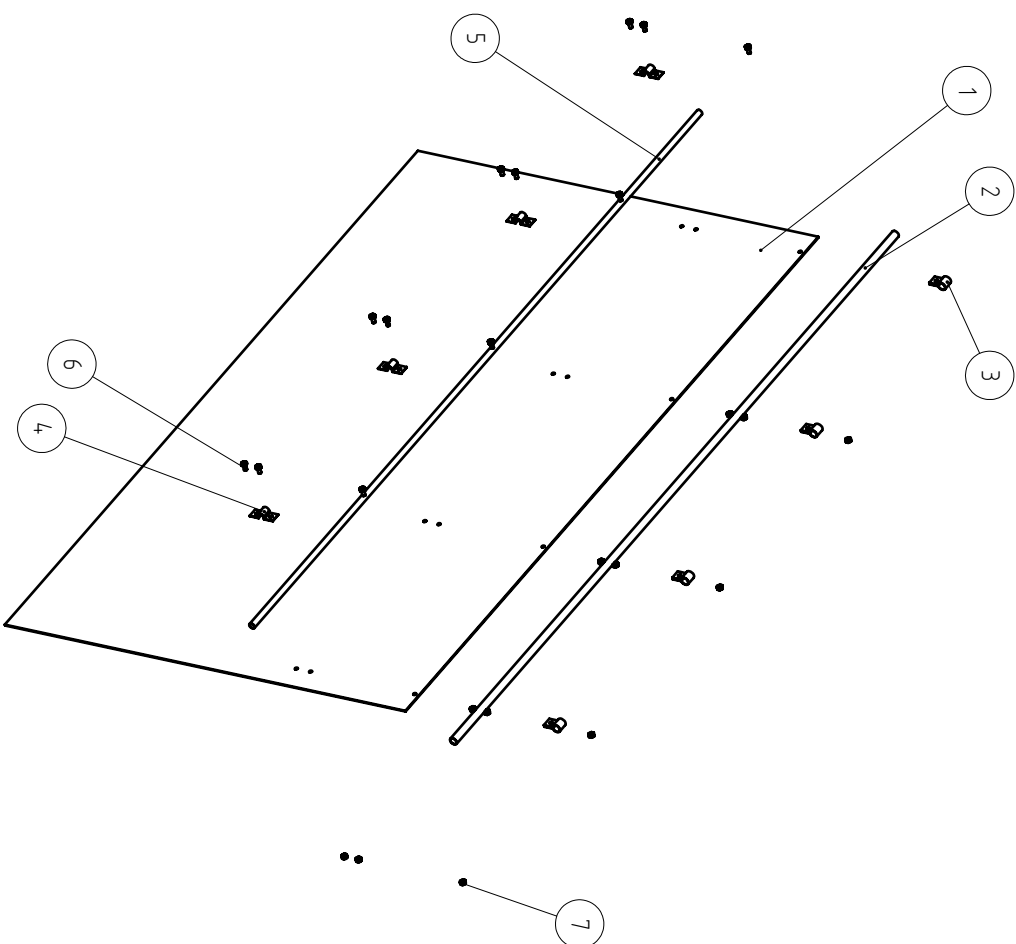
Sammenstillingstegninger

1. Bakluke_assem
2. Bunn_assembly
3. Drivvalse-assem
4. Festeskinne-1
5. Festeskinne-2
6. Frontfester
7. Kasse-front
8. Kasse-side 1
9. Kasse-side 2
10. Lessebånd-m-tinder
11. Lessemekanisme
12. Lesse-og-kasse
13. Sidedefeste-assem-1
14. Sidedefeste-assem-2
15. Transportkasse
16. Vendevalse-assem

Detaljtegninger

17. 4KT-skive-Ø10
18. Baklukerør-bunn
19. Baklukerør-topp
20. Bred-ledeplate
21. Dekklist
22. Festeskinne-Bunn
23. Festeskinne-Topp
24. Festeskinne-Front
25. Festeskinne-Side
26. Frontfeste
27. Frontrør-4KT
28. Glideplate
29. J-feste-front
30. J-feste-lang
31. Karm
32. Kort støtte
33. Kulelagerfeste-1
34. Kulelagerfeste-2
35. Kulelagerfeste-3
36. Kulelagerfeste-4
37. Lang støtte-1
38. Lang støtte-2

39. Lask-40x80x2-Ø6
40. Lask-40x80x2-Ø8
41. Lask-100x40x4-Ø8
42. L-lask
43. Losseaksel – Bak
44. Losseaksel – Front
45. Medbringer
46. Oppstrammning-1
47. Oppstrammning-2
48. Oppstrammning-3
49. Sidfeste-1
50. Sidfeste-2
51. Siderør-4KT
52. Smal-ledeplate
53. Støtte-front
54. Støtte-glideplate
55. Tinder
56. Transportkasse-1
57. Transportkasse-2
58. Transportkasse-3
59. Transportkasse-4
60. Transportkasse-5
61. Transportkasse-6
62. Transportkasse-7
63. Transportkasse-8
64. Transportkasse-9
65. U-støtte
66. Valse-aksel-driv
67. Valse-aksel-vende
68. Valse-rør
69. Valse-skive
70. Vinkel-40x40x2-Ø8
71. Vinkel-44x44x4-Ø8
72. Vinkel-bunnplate



STYKKLISTE

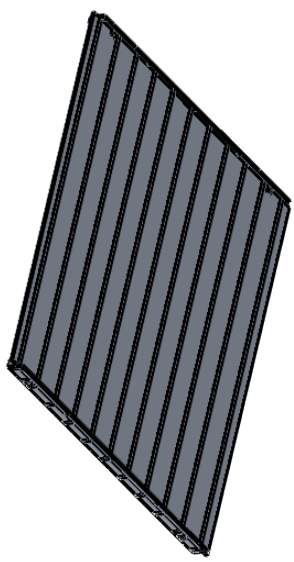
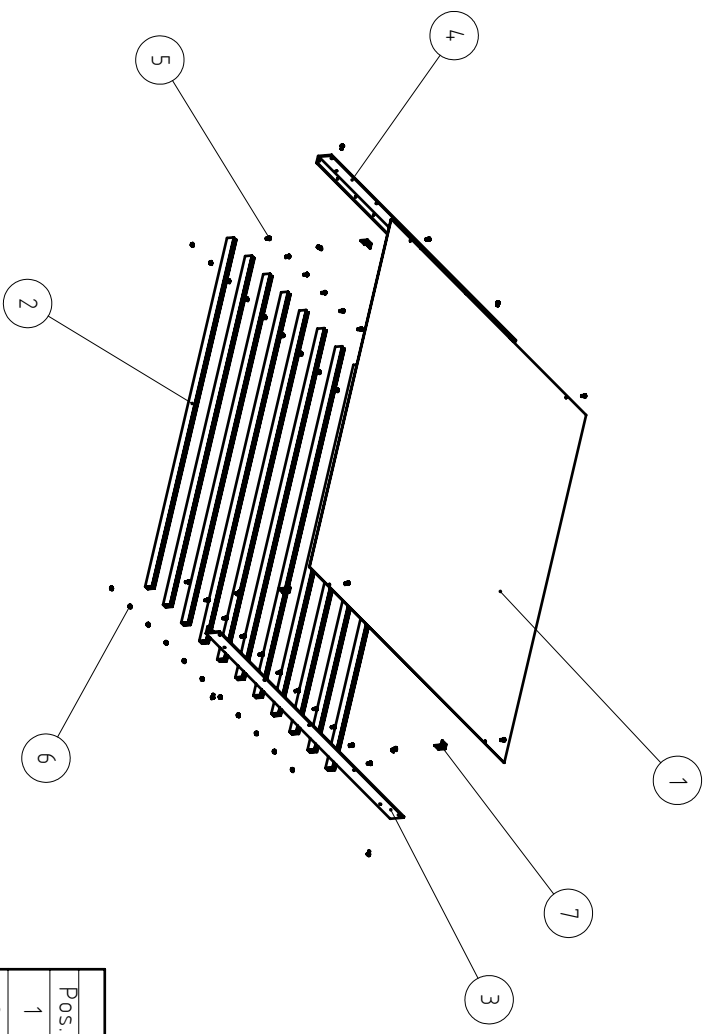
Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-4	1	1050-H14		
2	Baklucker-Ør - topp	1	6063-T6		
3	RØr-klemme - 15mm	4			
4	RØr-klemme - 12mm	4			
5	Baklucker-Ør - bunn	1	6063-T6		
6	ISO 4017 - M6 x 12-N	12			
7	Hexagon Nut ISO 4032 - M6 - W - N	12			

01	Første utgave	HKL			29.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		BAKLUKE					
Sammenstilling		Sammenstilling					
1:10 (A3)							
Godkjent av:		Produisert av: Hans Kristian Lunda					
Henviising:		Kontrollert av:					
Dokumenttype:		Sammens tillingstegning					
Ark:		1/1					
Revisjon		01					

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

Tegningsnummer: **BAKLUKE_ASSEM**



STYKKLISTE

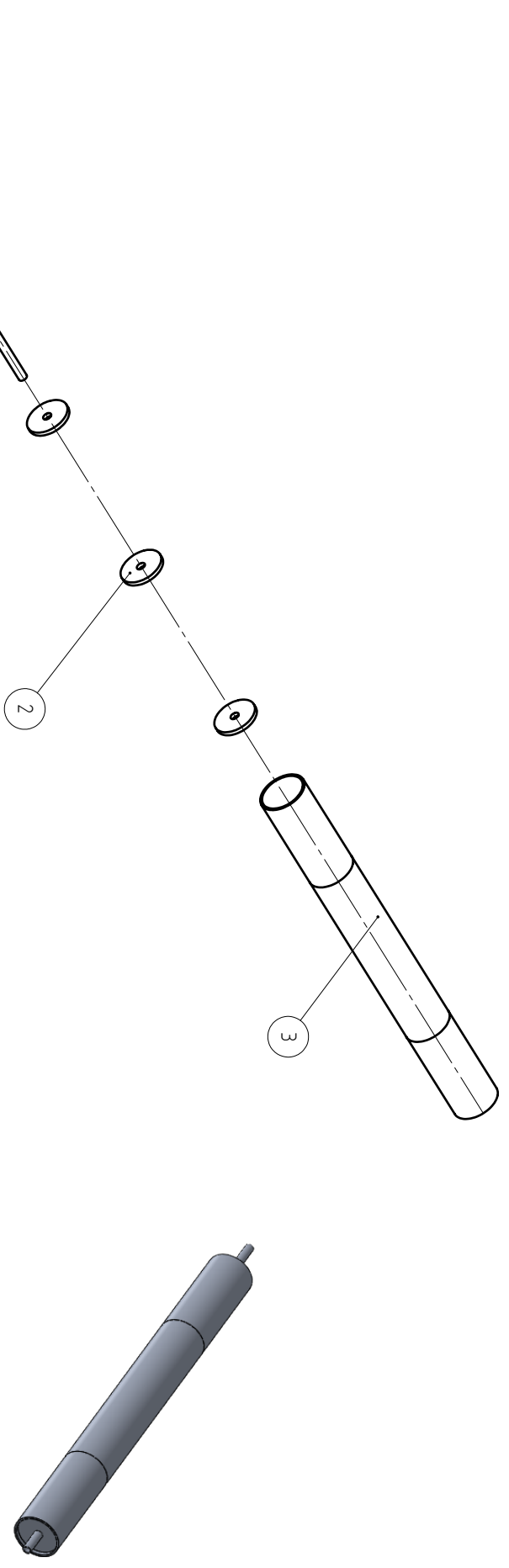
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-2	1	1060-H14		
2	Transportkasse-9	11	6063-T6		
3	Transportkasse-6	1	6063-T6		
4	Transportkasse-7	1	6063-T6		
5	ISO 4017 - M6 x 12-N	30			
6	Hexagon Nut ISO 4032 - M6 - W - N	30			
7	Vinkel-bunnplate	4	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			28.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Hans Kristian Lunda	
BUNNPLATE MED STØTTER		Kontrollert av:			
Til transportkasse		Godkjent av:			
1:20 (A3)		Henvisning:			


Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.



Dokumenttype: Sammens tillingstegning
 Tegningsnummer: BUINN_ASSEMBLY
 Ark: 1/1
 Revisjon: 01




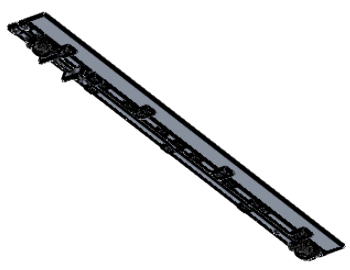
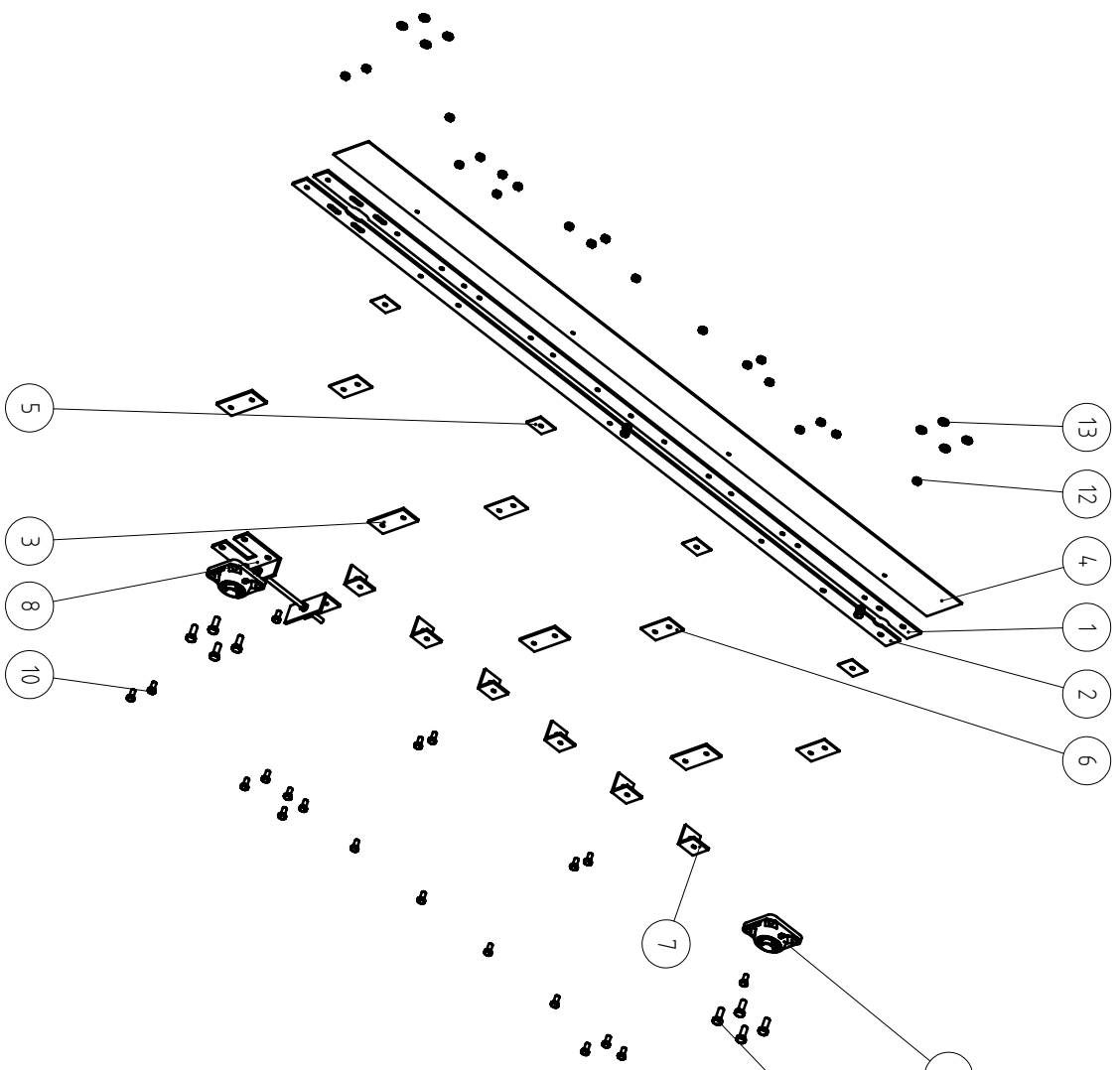
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Valse-aksel-driv	1	6063-T6		
2	Valse-skive	3	6063-T6		
3	Valse-rør	1	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			28.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder	Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato

Tittel: DRIVVULSE		 	Produsert av: Hans Kristian Lunda	28.05.2021
Sammenstilling			Kontrollert av:	
1:10 (A3)		Hensivning:	Godkjent av:	

 Norges miljø- og biovitenskapelige universitet		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-Middels der ikke annet er oppgitt.	Dokumenttype: Sammenstillingsteegning	Tegningsnummer: DRIVVULSE-ASSEM	Ark: 1/1
					Revisjon 01

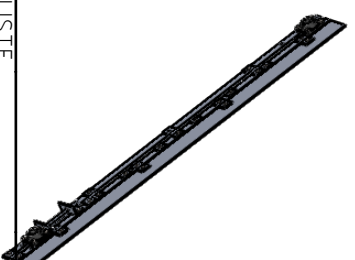
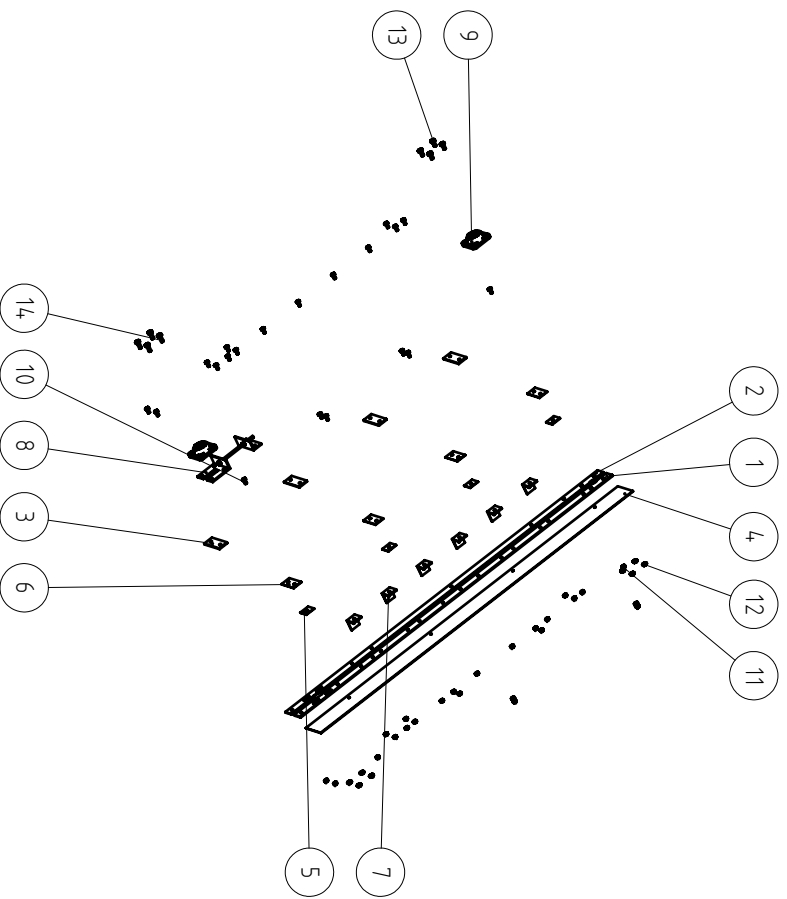


STYKKELISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Festeskinne - Topp	1	6063-T6		
2	Festeskinne - Bunn	1	6063-T6		
3	Lask-100x40x4-Ø8	4	6063-T6		
4	Karm	1	1050-H14		
5	4KT-skive-40x40x2-Ø8-senterhull	4			
6	Lask-40x80x2-Ø8	4	6063-T6		
7	Vinkel-44,x44x4-Ø8	6	6063-T6		
8	Strammemekanisme	1			
9	SKF_FY_20_TF	2			
10	ISO 4017 - M8 x 16-N	22			
11	ISO 4017 - M10 x 25-N	8			
12	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	22			
13	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M10 - N	8			

01	Første utgave	HKL			29.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder					
Tittel: FESTESKINNE -1 Til lessemekanisme			Produisert av: Hans Kristian Lunda	Godkjent av:	29.05.2021
1:10 (A3)			Godkjent av:		
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-1/Middels der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype: Sammensettingstegning	Tegningsnummer: FESTESKINNE-1	Ark: 1/1	Revisjon: 01





STYKKELISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Festeskinnne - Topp	1	6063-T6		
2	Festeskinnne - Bunn	1	6063-T6		
3	Lask-100x40x4-Ø8	7	6063-T6		
4	Karm	1	1050-H14		
5	4KT-skive-40x40x2-Ø8-senterhull	7			
6	Lask-40x80x2-Ø8	7	6063-T6		
7	Vinkel-44x44x4-Ø8	11	6063-T6		
8	Strammemekanisme	1			
9	SKF_FY_20_TF	2			
10	ISO 4017 - M8 x 16-N	38			
11	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	38			
12	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M10 - N	8			
13	ISO 4017 - M10 x 20-N	4			
14	ISO 4017 - M10 x 25-N	4			

01 Første utgave

Revisjon Revisjonen gjelder

Tittel:
FESTESKINNNE-2
Til lesssemekanisme



1:20 (A3)

Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.

Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.

Produsert av: Hans Kristian Lunda

Kontrollert av:

Godkjent av:

Henvising:

Dokumenttype:
Sammens tiltingstegning

Tegningsnummer:
FESTESKINNNE-2

29.05.2021

HKL

Tegnet

Kontroll

Godkjent

Dato

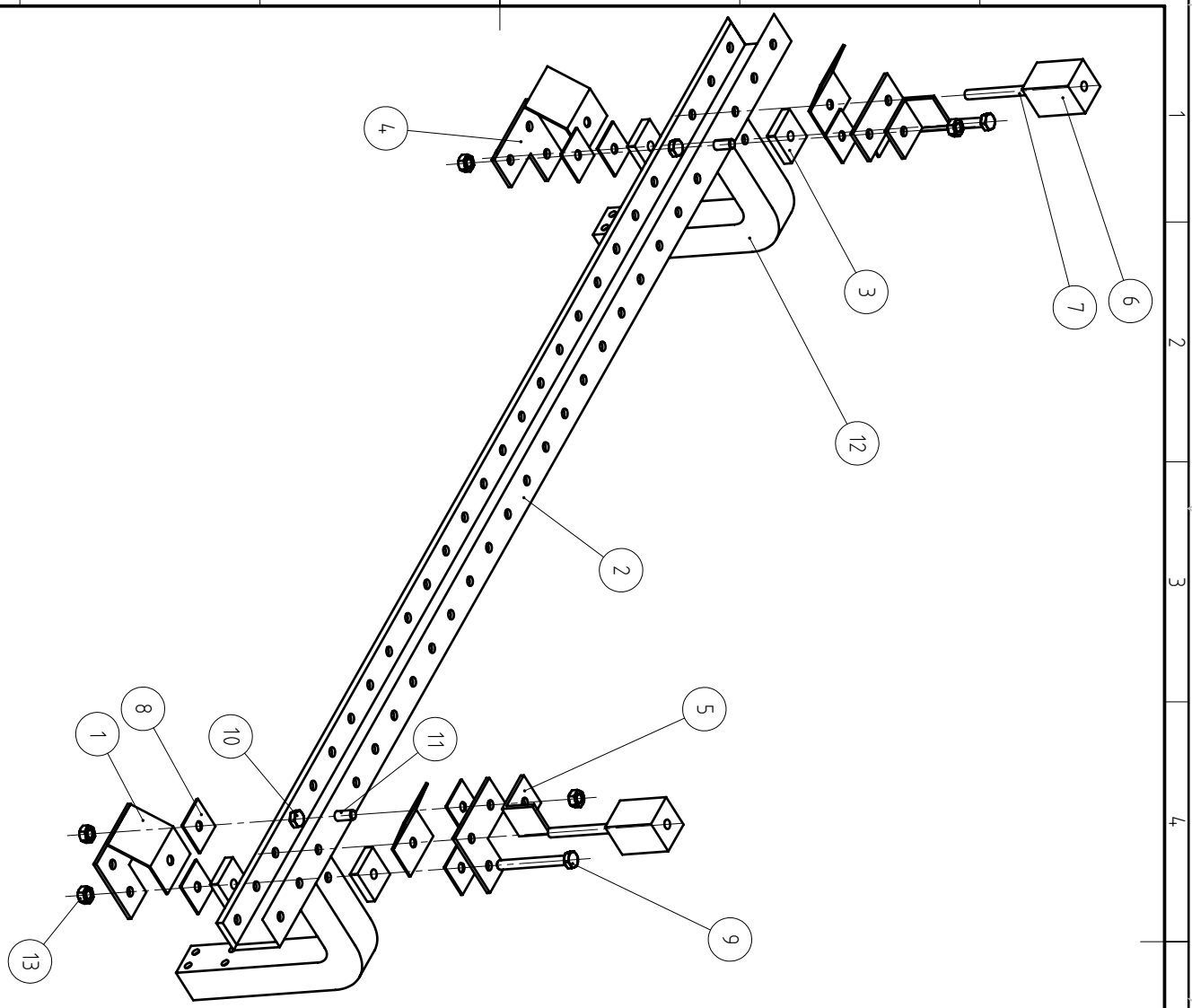
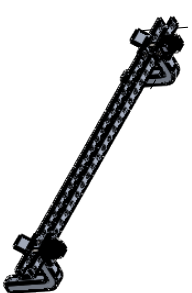
29.05.2021

1/1

Revisjon

01





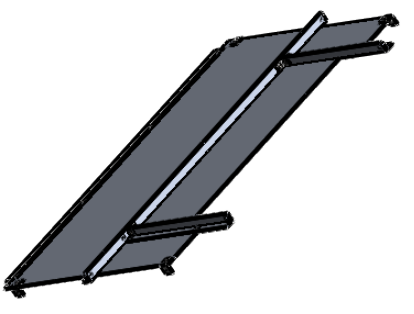
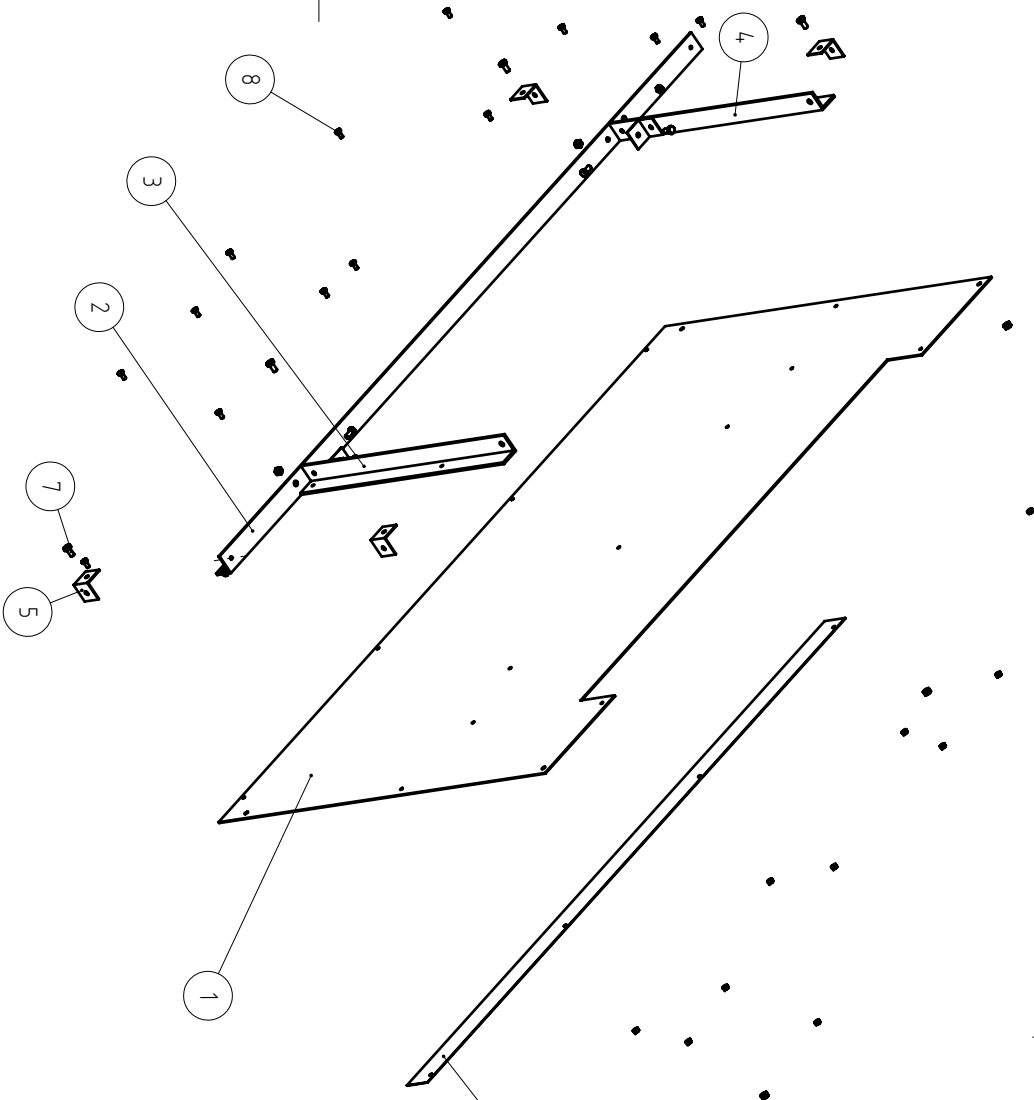
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Bred-ledeplate	4	1050-H14		
2	Festeskinne-Front	1	6063-T6		
3	4KT-skive-Ø10	4	6063-T6		
4	L-lask	4	1050-H14		
5	Solenoidfeste	2			
6	Solenoid v.2	2			
7	Bolt 10mm	2			
8	4KT-skive 40x40x2 - senterhull	8			
9	ISO 4017 - M10 x 90-N	2			
10	ISO 4017 - M10 x 20-N	2			
11	ISO 4017 - M10 x 25-N	2			
12	J-feste-front	2	6063-T6		
13	Hexagon Nut ISO 4032 - M10 - W - N	6			

01	Første utgave	HKL	29.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder			
Tittel: FRONTFESTER		Produsert av: Hans Kristian Lunda	Dato: 29.05.2021
Sammenstilling		Kontrollert av:	
		Godkjent av:	
		Henvising:	
		Dokumenttype: Sammenstillingstegning	Ark: 1/1
		Tegningsnummer: FRONTFESTER-ASSEM	Revisjon: 01


Norges miljø- og biovitenskapelige universitet


 Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 7168-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

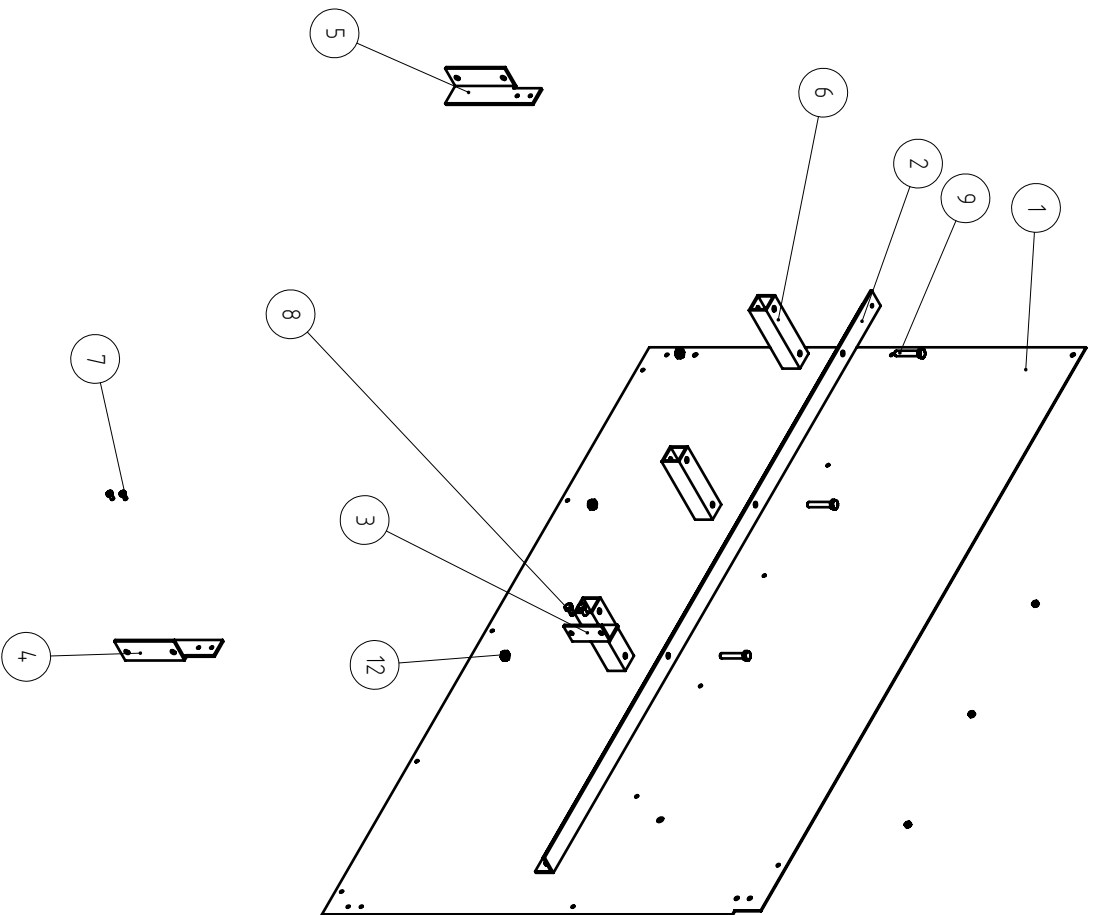


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-3	1	1050-H14		
2	Frontfeste	1	6063-T6		
3	Lang støtte-1	1	6063-T6		
4	Lang støtte-2	1	6063-T6		
5	Vinkel - 40x40x2 - Ø8	6	6063-T6		
6	Dekklister	1	PVC		
7	ISO 4017 - M8 x 16-N	8			
8	ISO 4017 - M6 x 12-N	13			
9	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	8			
10	Hexagon Nut ISO 4032 - M6 - W - N	13			

01	Første utgave	HKL			29.05.2021	
Revisjon		Revisjonen gjelder	Teignet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		Produisert av:		Hans Kristian Lunda		29.05.2021
TRANSPORTKASSE-FRONT		Kontrollert av:				
Sammenstilling		Godkjent av:				
1:10 (A3)		Henvisning:				
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-Midals der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype:		Ark:		1/1
		Sammenstillingstegning		Tegningsnummer:		Revisjon
				KASSE-FRONT		01





STYKLISTE

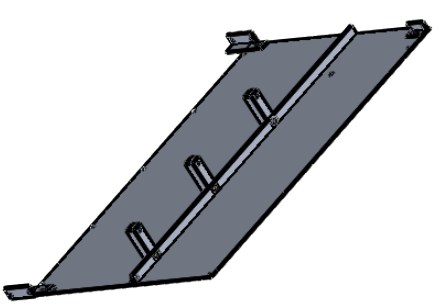
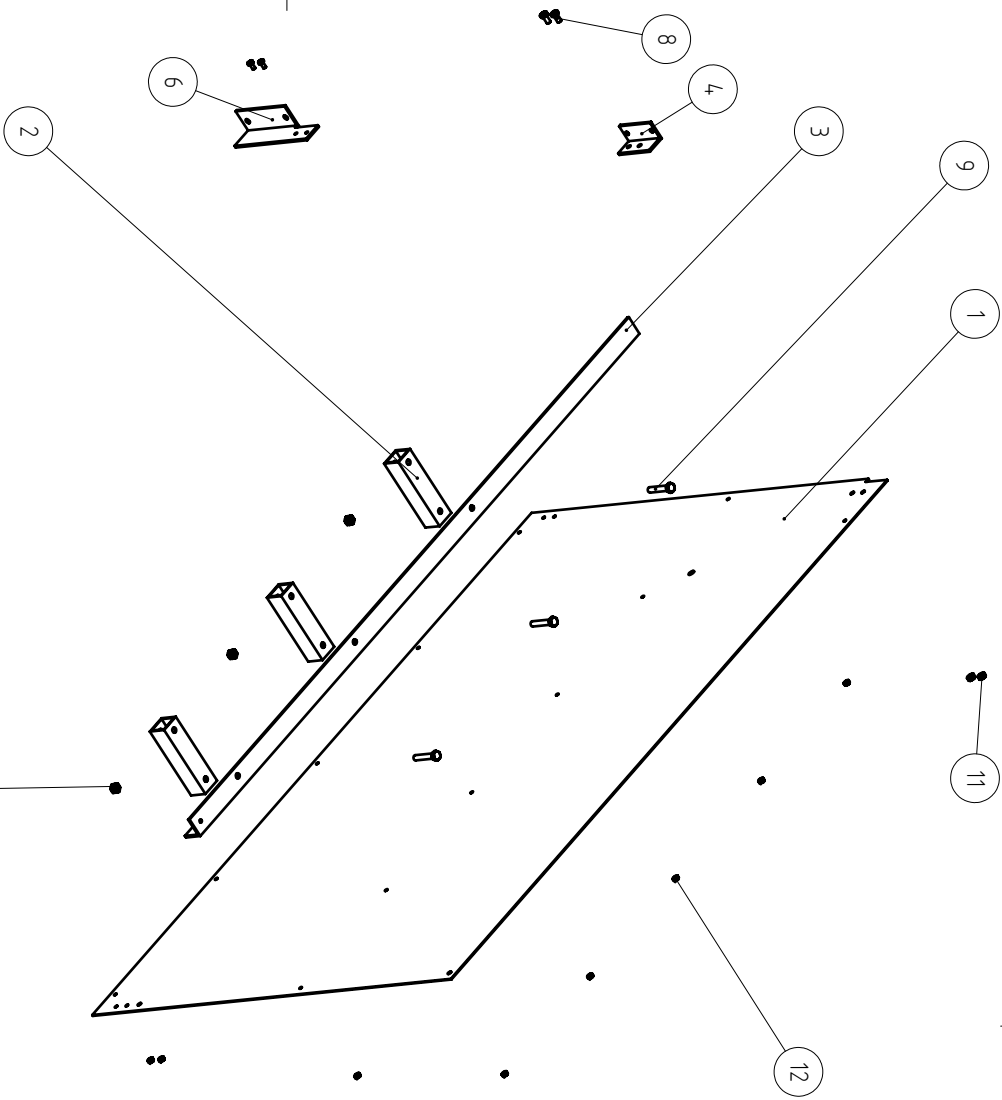
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-1	1	1050-H14		
2	Sidefeste-1	1	6063-T6		
3	Kulelagerfeste-2	1	6063-T6		
4	Kulelagerfeste-4	1	6063-T6		
5	Kulelagerfeste-3	1	6063-T6		
6	Siderør-4KT	3	6063-T6		
7	ISO 4017 - M6 x 12-N	10			
8	ISO 4017 - M8 x 16-N	2			
9	ISO 4017 - M10 x 55-N	3			
10	Hexagon Nut ISO 4032 - M6 - W - N	10			
11	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	2			
12	Hexagon Nut ISO 4032 - M10 - W - N	3			

01	Første utgave	HKL	28.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder			
Tittel: TRANSPORTKASSE-SIDE Side 1		Produisert av: Hans Kristian Lunda	Dato: 28.05.2021
1:10 (A3)		Kontrollert av:	
Hensvisning:		Godkjent av:	
Dokumenttype: Sammensettingstegeting		Tegnet	Kontroll
Tegningsnummer: KASSE-SIDE-1		Godkjent	Dato

**Norges miljø- og
biotekniske universitet**

Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

Ark:
1/1
Revisjon
01

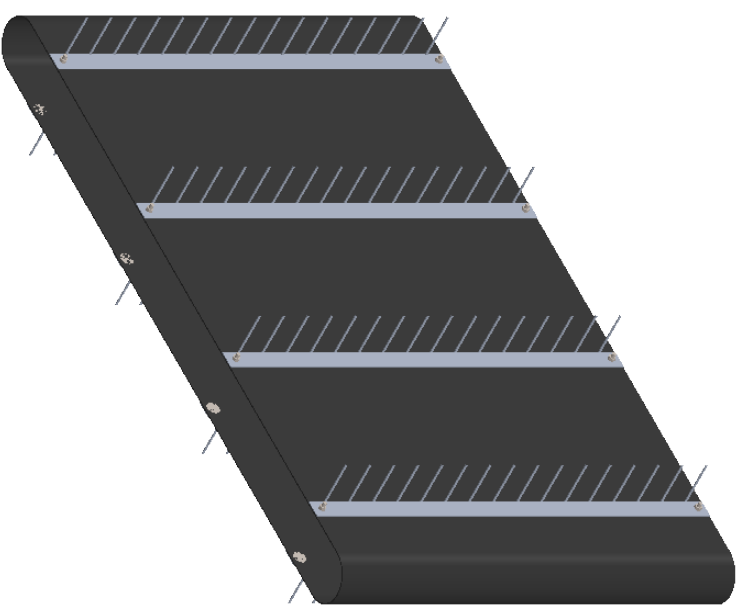
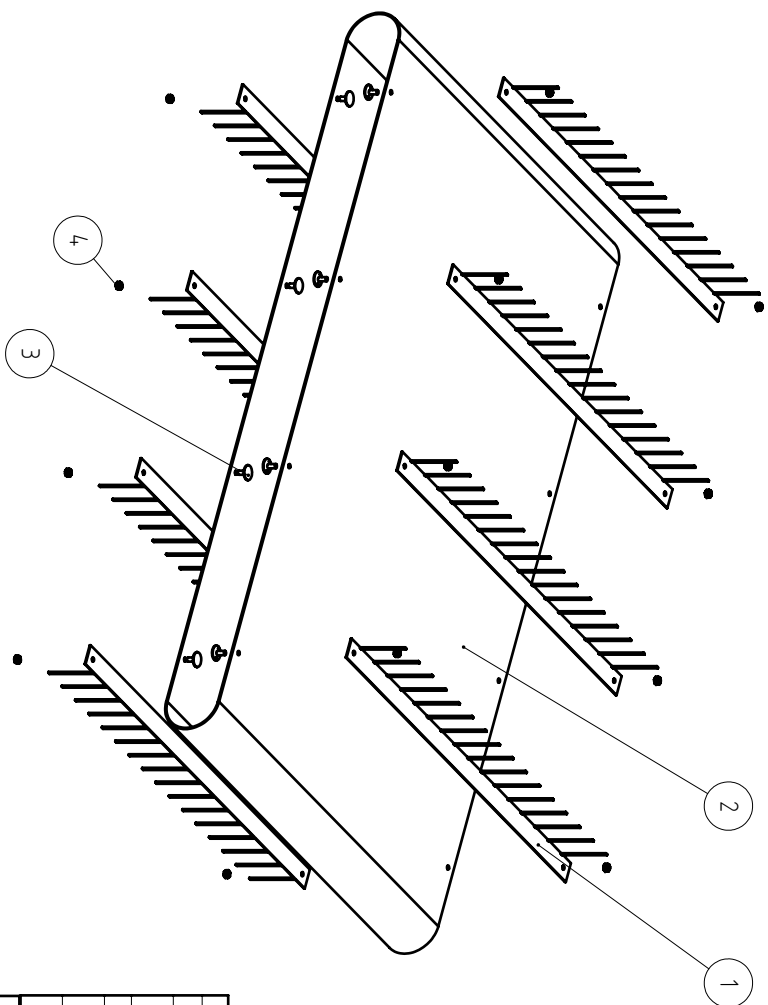


STYKKELISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transpor tkasse-1	1	1050-H14		
2	Siderør-4KT	3	6063-T6		
3	Sidefeste-2	1	6063-T6		
4	Kulelagerfeste-1	1	6063-T6		
5	Kulelagerfeste-4	1	6063-T6		
6	Kulelagerfeste-3	1	6063-T6		
7	ISO 4017 - M6 x 12-N	10			
8	ISO 4017 - M8 x 16-N	2			
9	ISO 4017 - M10 x 55-N	3			
10	Hexagon Nut ISO 4032 - M10 - W - N	3			
11	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	2			
12	Hexagon Nut ISO 4032 - M6 - W - N	10			

01	Første utgave	HKL			28.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
TRANSPORTKASSE SIDE		Hans Kristian Lunda		28.05.2021	
Side 2		Kontrollert av:		Dato	
1:10 (A3)		Godkjent av:			
Hensvisning:		Hensvisning:			
Alle mål i millimeter		Dokumenttype:		Ark:	
der ikke annet er		Sammens tiltingstegning		1/1	
oppgitt:		Tegningsnummer:		Revisjon	
Toleranser iht. NS-		KASSE-SIDE-2		01	
ISO 2768-1 Midtals					
der ikke annet er					
oppgitt:					



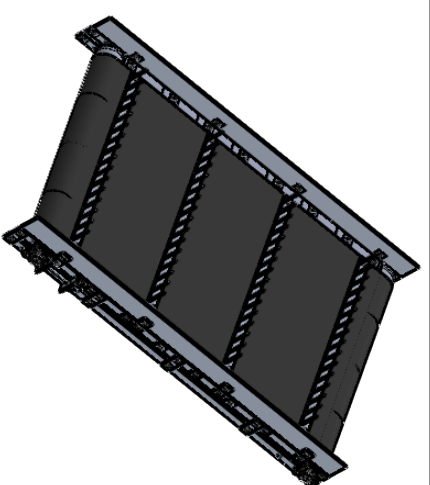
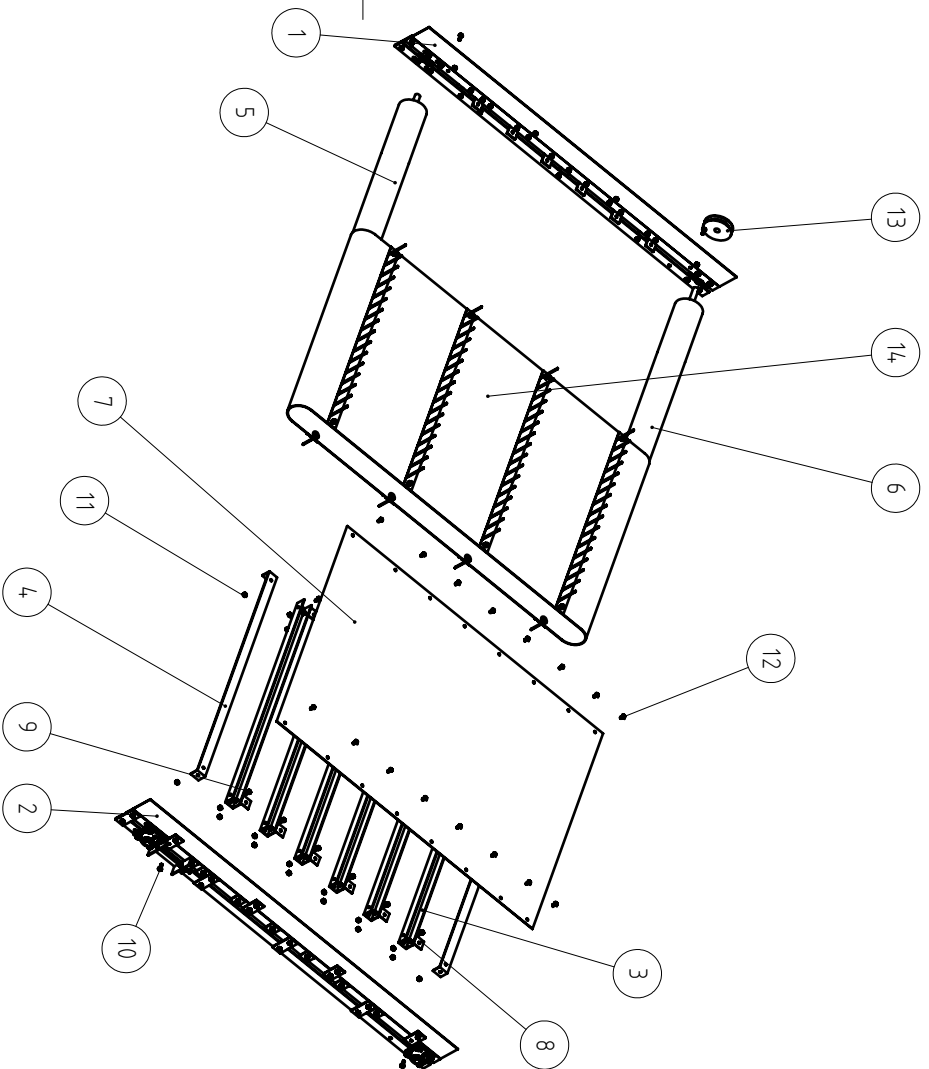


Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Tinder	8	6063-T6		
2	Lessebånd	1	PVC		
3	Euro bolt M8	16			
4	M8 Låsemutter	16			

STYKKLISTE

01	Første utgave	HKL			19.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel: LESSEBÅND MED TINDER		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		19.05.2021
Sammenstilling		Kontrollert av:			
1:10 (A3)		Godkjent av:			
		Henviising:			

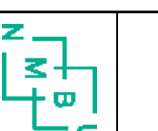
 <p>Norges miljø- og biovitenskapelige universitet</p>	 <p>1:10 (A3)</p>	<p>Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.</p>	Tegningsnummer	Revisjon
			LESSEBÅND-M-TINDER	01

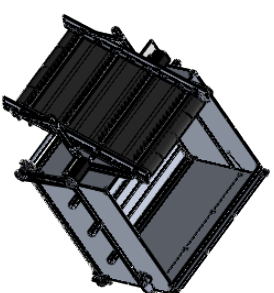
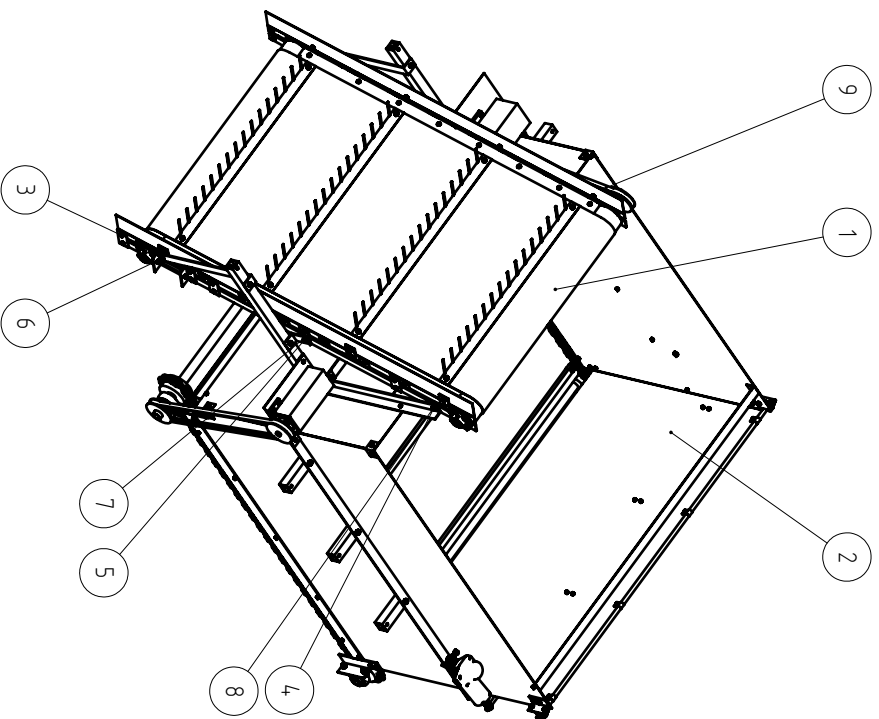


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Festeskinne-2	1			
2	Festeskinne-1	1			
3	U-støtte-glideplate	6	6063-T6		
4	Støtte-glideplate	2	6063-T6		
5	Vendevalse-assem	1			
6	Drivvalse-assem	1			
7	Glideplate	1	1050-H14		
8	Vinkel - 40x40x2 - Ø8	12	6063-T6		
9	ISO 4017 - M8 x 16-N	24			
10	ISO 4017 - M8 x 20-N	4			
11	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	44			
12	BS EN ISO 7380 - M8 x 16 - 16N	16			
13	Kilerimhjul-20 mm hull	1			
14	Lessebånd-m-tinder	1			

01	Første utgave	HKL			29.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		LESSEMEKANISME		Godkjent av:	Hans Kristian Lunda
Sammenstilling		1:20 (A3)		Godkjent av:	
		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.		Produisert av:	
		Toleranser iht. NS- ISO 2768-Midals der ikke annet er oppgitt.		Tegningstype:	
		Hensvisning:		Sammensettingstegning	
		Tegningsnummer:		LESSEMEKANISME	
		Ark:		1/1	
		Revisjon		01	


Norges miljø- og biovitenskapelige universitet



STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Lessemekanisme	1			
2	Transportkasse	1			
3	4KT-skive 40x40x4-Ø8	2	6063-T6		
4	ISO 4017 - M10 x 20-N	2			
5	ISO 4017 - M8 x 20-N	2			
6	ISO 4017 - M8 x 25-N	2			
7	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	4			
8	Hexagon Nut ISO 4032 - M10 - W - N	2			
9	Kilerelm til lessemotor	1			

01	Første utgave	HKL			29.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Teignet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		LESSEDEL OG KASSE		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		29.05.2021
Sammenstilling		1:20 (A3)		Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
				Henviising:			

Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

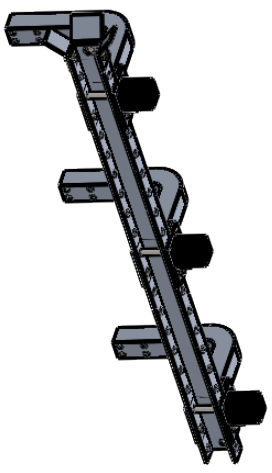
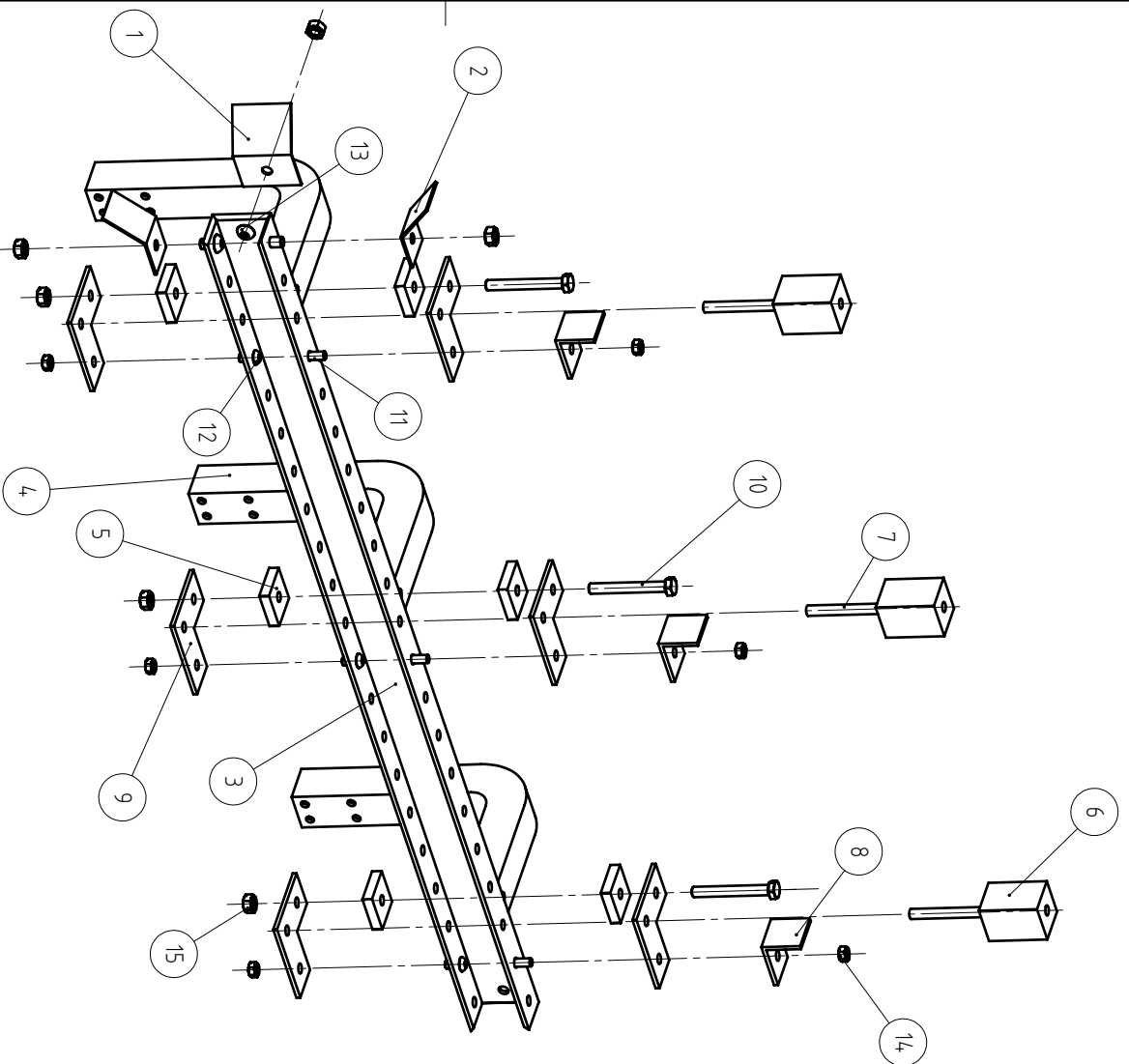
**Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet**

Tegningstype:
Sammenstillingstegning

Tegningsnummer:
LESSE-OG-KASSE

Ark:
1/1

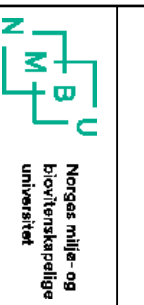
Revisjon
01



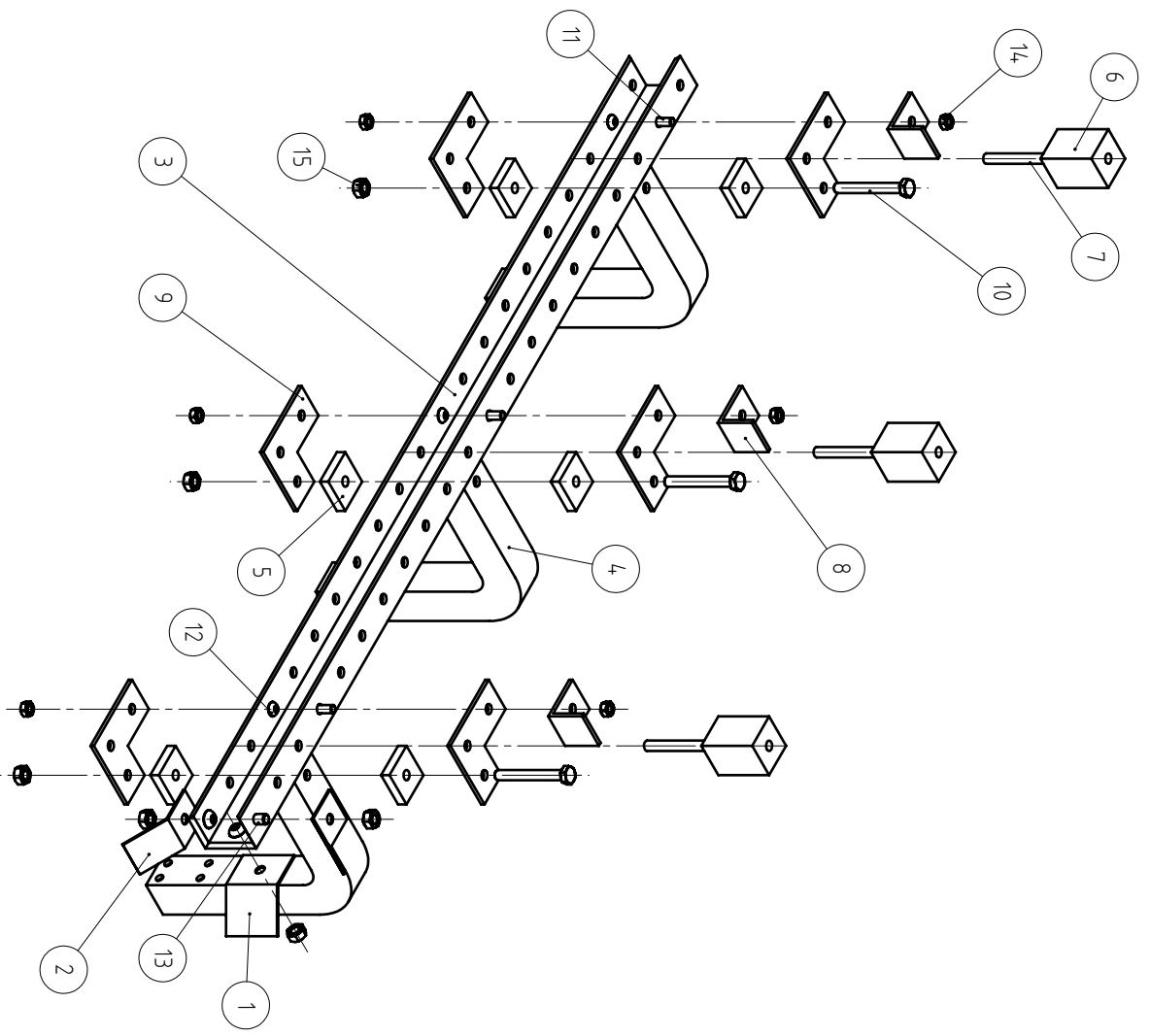
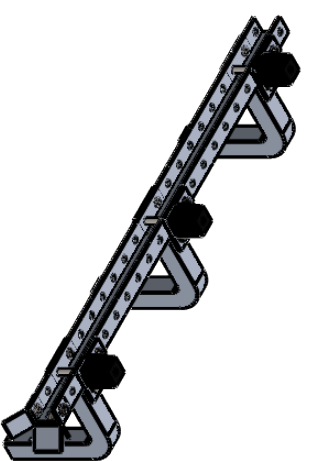
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Bred-ledeplate	1	1050-H14		
2	Smal-ledeplate	2	1050-H14		
3	Fasteskinne-Side	1	6063-T6		
4	J-feste-lang	3	6063-T6		
5	4KT-skive-Ø10	6	6063-T6		
6	Solenoid v.2	3			
7	Bolt 10mm	3			
8	Solenoidfeste	3			
9	L-lask	6	1050-H14		
10	ISO 4017 - M10 x 80-N	3			
11	BS EN ISO 7380 - M8 x 20 - 20N	3			
12	BS EN ISO 7380 - M8 x 16 - 16N	3			
13	BS EN ISO 7380 - M10 x 16 - 16N	3			
14	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	6			
15	Hexagon Nut ISO 4032 - M10 - W - N	6			

01	Første utgave	HKL			29.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		SIDEFESTE		Produisert av:	Hans Kristian Lunda
Sammenstilling		1:5 (A3)		Kontrollert av:	
				Godkjent av:	
				Henvising:	
				Dokumenttype:	Ark:
				Sammenstillingstegning	1/1
				Tegningsnummer:	Revisjon
				SIDEFESTE-ASSEM-1	01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtels
der ikke annet er
oppgitt.



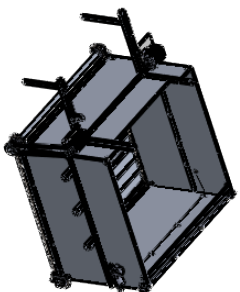
STYKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Bred-ledeplate	1	1050-H14		
2	Smal-ledeplate	2	1050-H14		
3	Fasteskinne-Side	1	6063-T6		
4	J-feste-lang	3	6063-T6		
5	4KT-skive-Ø10	6	6063-T6		
6	Solenoid v.2	3			
7	Bolt 10mm	3			
8	Solenoidfeste	3			
9	L-lask	6	1050-H14		
10	ISO 4017 - M10 x 80-N	3			
11	BS EN ISO 7380 - M8 x 20 - 20N	3			
12	BS EN ISO 7380 - M8 x 16 - 16N	3			
13	BS EN ISO 7380 - M10 x 16 - 16N	3			
14	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	6			
15	Hexagon Nut ISO 4032 - M10 - W - N	6			

01	Første utgave	HKL			29.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
SIDEFFESTE TO		Hans Kristian Lunda		Dato	
Sammenstilling		Kontrollert av:		29.05.2021	
		Godkjent av:			
		Henviing:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Sammenstillingstegning		1/1	

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
 Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

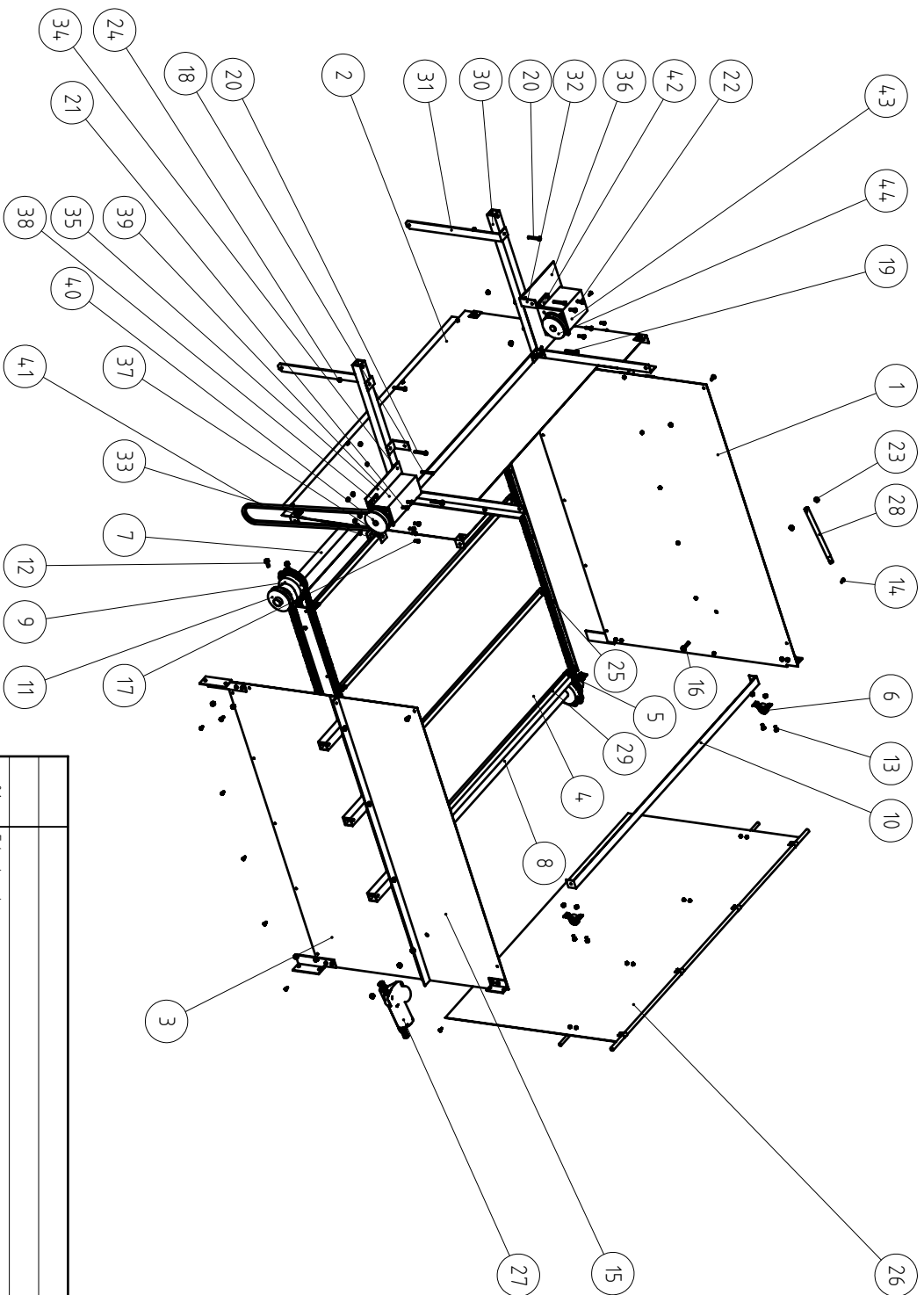
Tegningsnummer: **SIDEFFESTE-ASSEM-2**
 Revisjon: **01**



Pos.	Titel/benevning/dim.	STYKKLISTE Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Kasse-side-2	1			
2	Kasse-front	1			
3	Kasse-side-1	1			
4	Bunn_assembly	1			
5	SKE_P_35_TR	4			
6	SKE_P_15_TF	2			
7	Losseaksel - Front	1	6063-T6		
8	Losseaksel - Bak	1	6063-T6		
9	Kjederhjul	4			
10	Transportkasse-5	1	6063-T6		
11	Kilerimhjul-35 mm hull	1			
12	ISO 4017 - M10 x 25-N	8			
13	ISO 4017 - M8 x 16-N	8			
14	ISO 4017 - M6 x 12-N	12			
15	ISO 4017 - M10 x 70-N	1			
16	ISO 4017 - M10 x 40-N	1			
17	ISO 4017 - M6 x 16-N	4			
18	ISO 4017 - M6 x 55-N	1			
19	ISO 4017 - M10 x 55-N	2			
20	ISO 4017 - M8 x 55-N	4			
21	ISO 4017 - M8 x 20-N	4			
22	ISO 4017 - M8 x 25-N	4			

Pos.	Titel/benevning/dim.	STYKKLISTE Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
23	Hexagon Nut ISO 4032 - M10 - W - N	15			
24	Hexagon Nut ISO 4032 - M8 - W - N	20			
25	Hexagon Nut ISO 4032 - M6 - W - N	17			
26	Bakluke_assem	1			
27	LA30_forlengt	1			
28	Bakluke - avstiver_assem	1			
29	Bunnjedetrek	1			
30	Frontør-4KT	2	6063-T6		
31	Støtte-front	2	6063-T6		
32	Kort støtte	2	6063-T6		
33	4KT-skive-40x40x2	2	1050-H14		
34	M6 - 4KT-skive 40x40x4 - senterhull	1			
35	Plate-lossemotor	1	1050-H14		
36	Plate-lessemotor	1	1050-H14		
37	Lask-40x80x2-Ø6	2	6063-T6		
38	Brakett-lossemotor	1			
39	Lossemotor	1			
40	Kilerimhjul-19 mm hull	1			
41	Kilerim til lossemotor	1			
42	Brakett-lessemotor	1			
43	Lessemotor	1			
44	Kilerimhjul-24,5 mm hull	1			

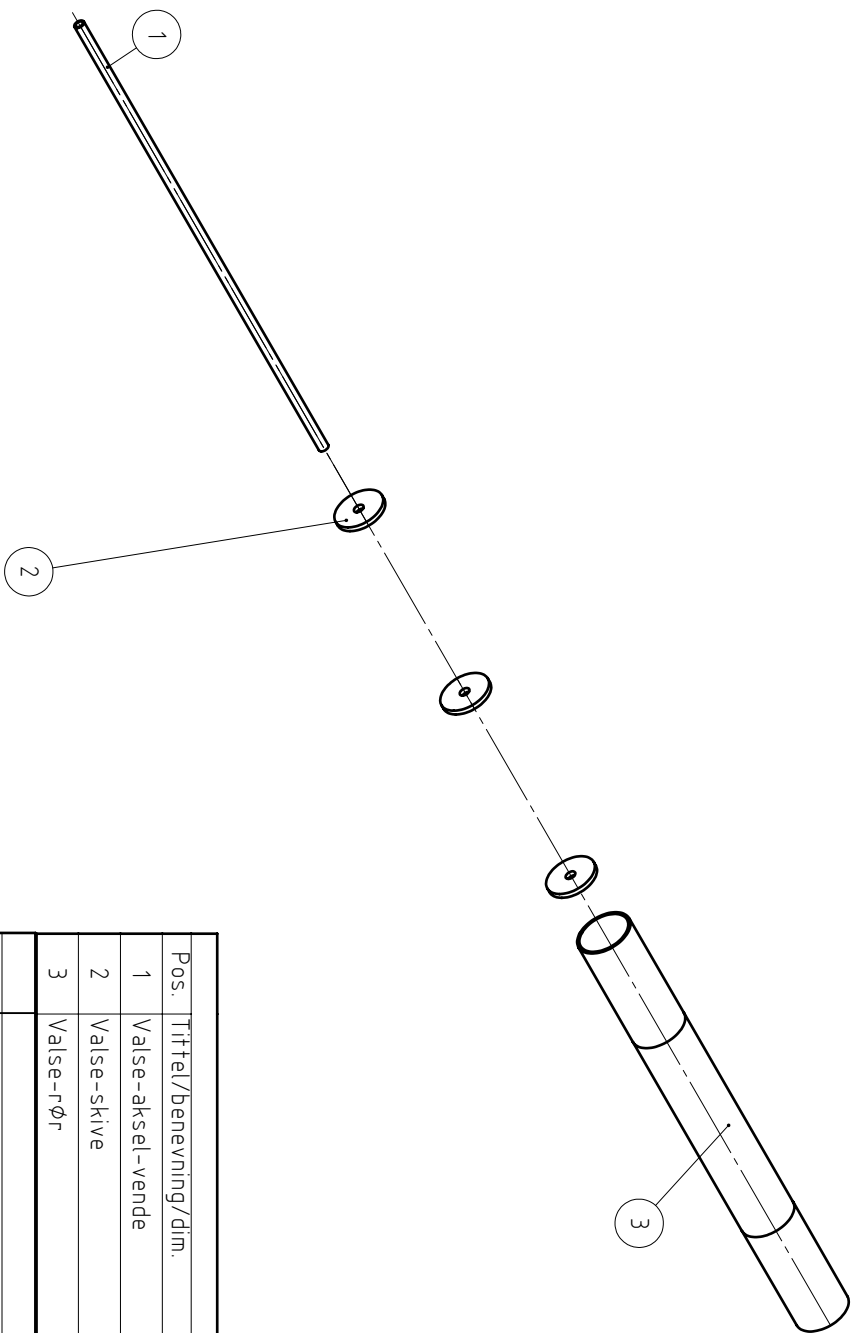
01	Første utgave	HKL			29.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder			
Titel:		TRANSPORTKASSE		29.05.2021	
Sammenstilling					
 1.50 (A3)		Produkt av: Hans Kristian Lunda Godkjent av:		Arkiv: 1/2 Revisjon: 01	
 Norges miljø- og helsevitenskapelige universitet		Dokumenttype: Sammenstillingstegning		Tegningsnummer: TRANSPORTKASSE	



01	Første utgave	HKL		29.05.2021	
Revisjon	Revisjonen gjelder	Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel: TRANSPORTKASSE Eksplosjonstegning		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		29.05.2021
		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henvising:			
		Dokumenttype:	Sammensettingstegning		Arkiv: 2/2
		Tegningsnummer:	TRANSPORTKASSE		Revisjon: 01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.



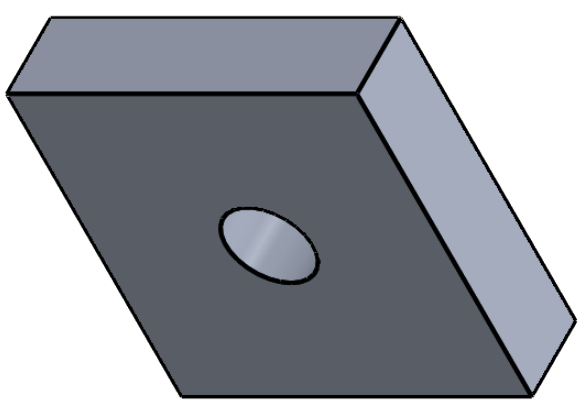
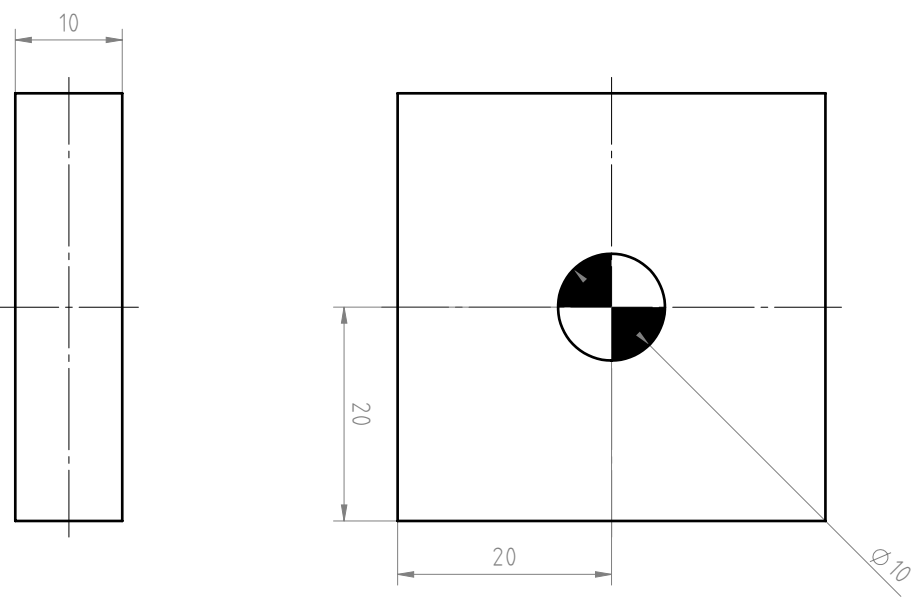
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Valse-aksel-vende	1	6063-T6		
2	Valse-skive	3	6063-T6		
3	Valse-rør	1	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			28.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll

Tittel:		VENDEVALSE		28.05.2021	
Sammenstilling		Sammenstillingstegning		Dato	
Tegningsskala:		1:10 (A3)		Ark:	
Godkjent av:		Hans Kristian Lunda		1/1	

<p>Norges miljø- og biovitenskapelige universitet</p>		<p>Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.</p>		<p>Tegningsnummer: VENDEVALSE-ASSEM</p>	
				<p>Revisjon: 01</p>	



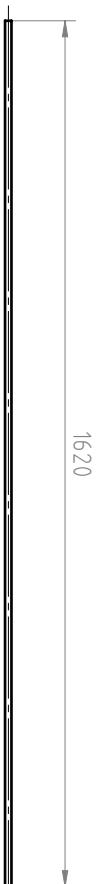
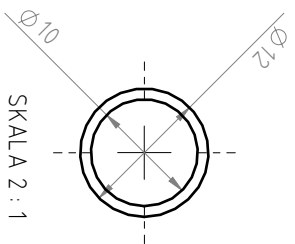
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	4KT-skive-Ø10	1	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			25.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		4KT-SKIVE Ø10 SENTERHULL		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
Avstandsklasse		2:1 (A3)		Kontrollert av:			
		Hensvisning:					
		Godkjent av:					
		Hensvisning:					
		Dokumenttype:		Detailtegning		Ark:	
		Tegningsnummer:		4KT-SKIVE-Ø10		Revisjon	
						01	

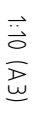


Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



STYKKELISTE

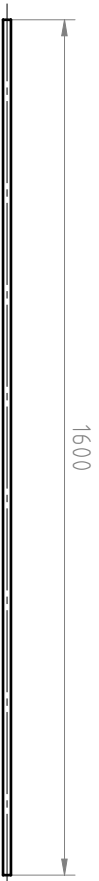
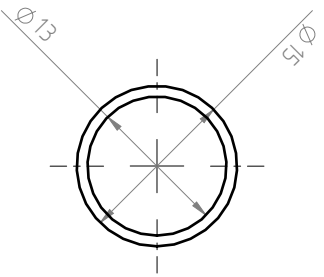
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Bakluckerør-bunn	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder			Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: BAKLUKERØR Bunn			Produisert av: Hans Kristian Lunda		25.05.2021
			Kontrollert av:		
			Godkjent av:		
			Henvi sning:		
			Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1
			Tegningsnummer: BAKLUKERØR-BUNN		Revisjon 01



1:10 (A3)



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

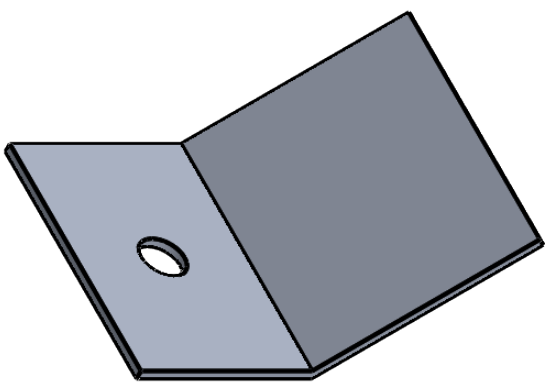
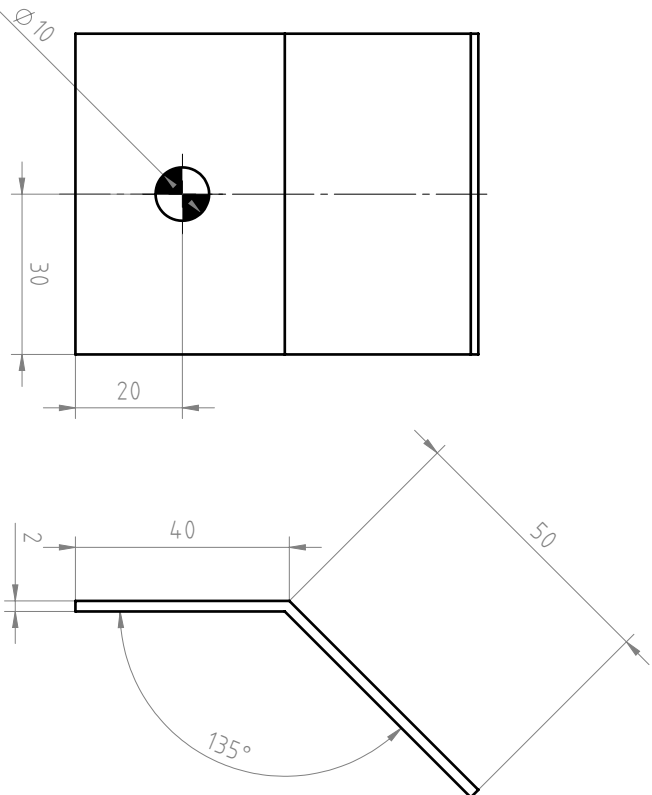


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Bakluckerør-topp	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: BAKLUKERØR Topp			Produisert av: Hans Kristian Lunda		25.05.2021
			Kontrollert av:		
			Godkjent av:		
			Henvi sning:		
			Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1
			Tegningsnummer: BAKLUKERØR-TOPP		Revisjon 01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



STYKKELISTE

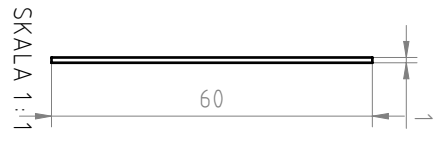
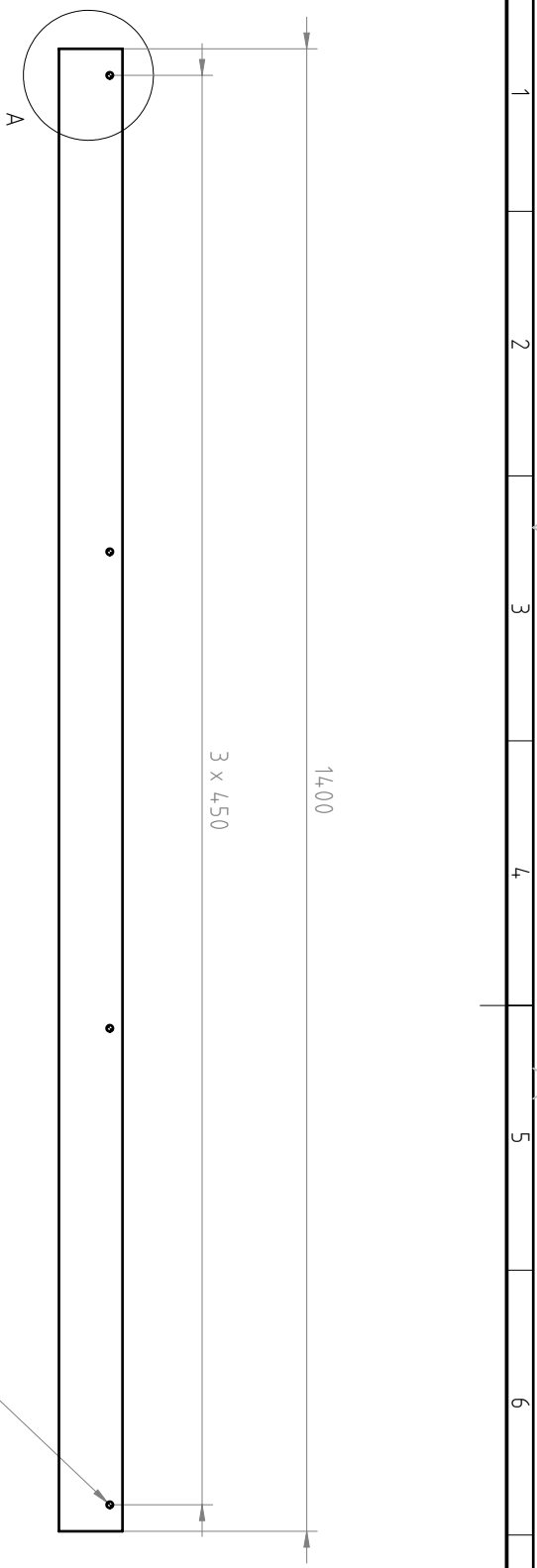
Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Bred-legeplate	1	1050-H14		

01	Første utgave		HKL		27.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		LEDEPLATE		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		27.05.2021
Bred		1:1 (A3)		Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
				Hensivning:			
				Dokumenttype:	Detaljtegning		Ark:
				Tegningsnummer:	BRED-LEDEPLATE		Revisjon
							01


Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

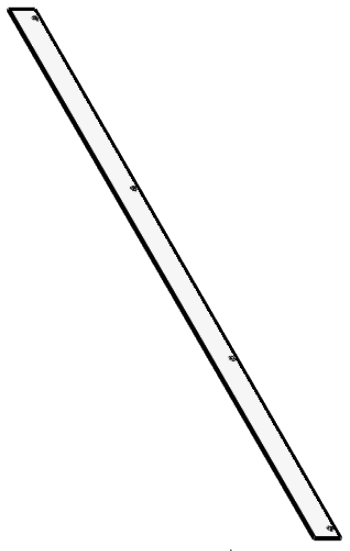

 1:1 (A3)

Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtels der ikke annet er oppgitt.



SKALA 1:1

4 x Ø 6

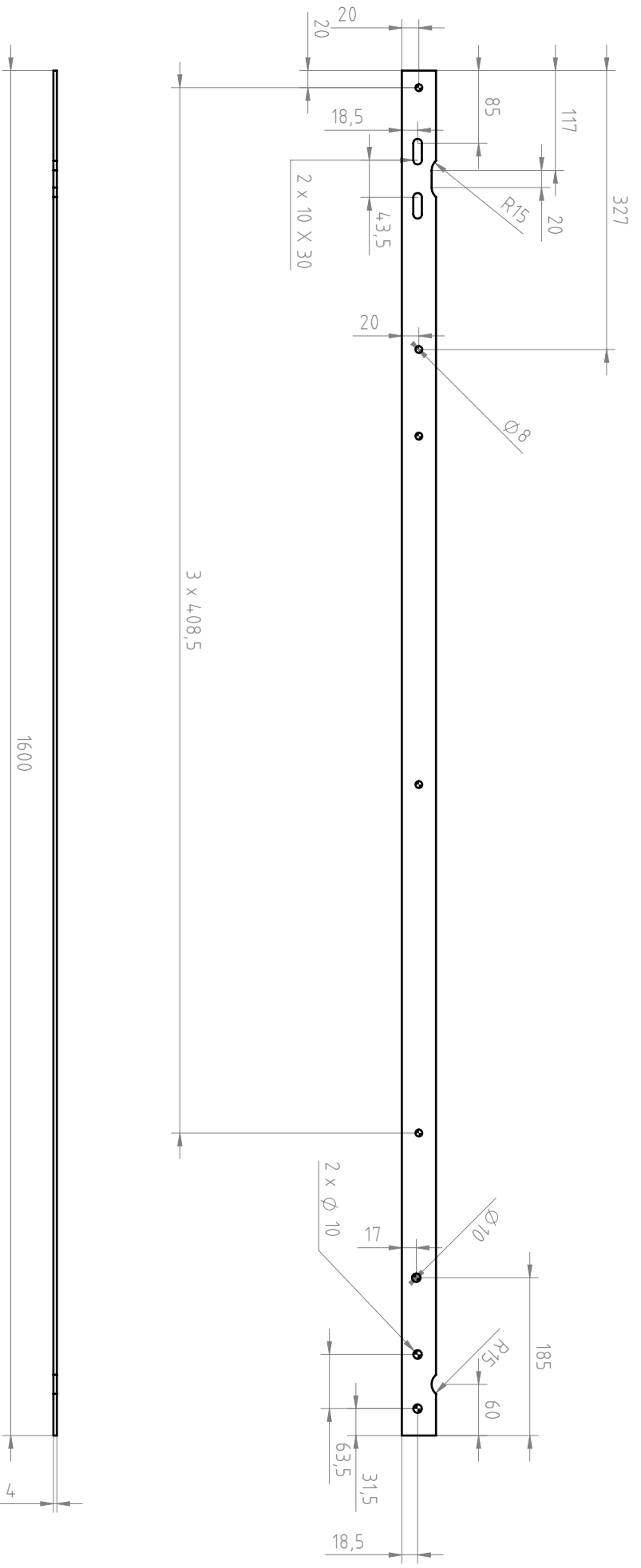


DETALJA
SKALA 1:2

STYKKELISTE					
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Dekklist	1	PVC		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder			Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: DEKKLIST		Produisert av: Hans Kristian Lunda		25.05.2021	
Til transportkasse		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henvising:			
		Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1	
		Tegningsnummer: DEKKLIST		Revisjon: 01	



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Middels
der ikke annet er
oppgitt.

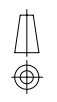


3 x 408,5

1600

STYKKLISTE

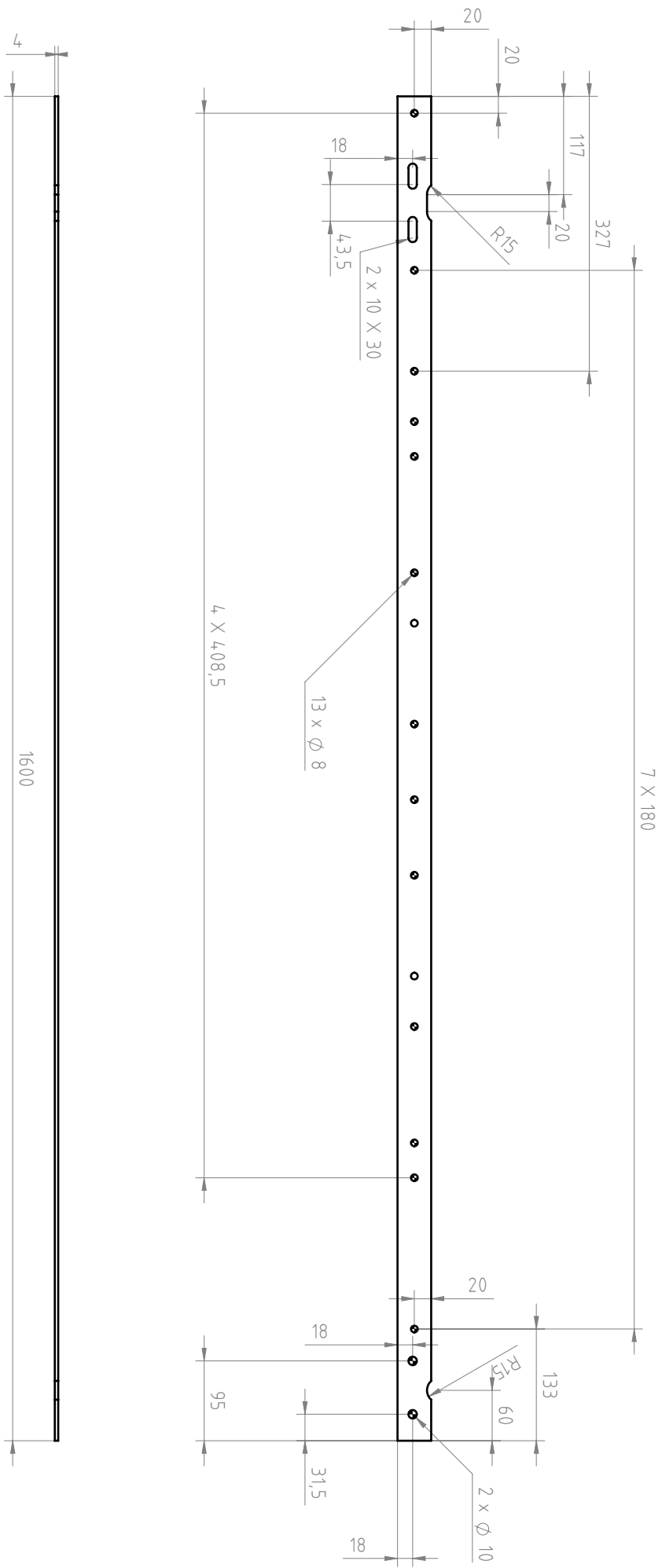
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Festeskinne - Bunn	1	6063-T6		
01	Første utkast		HKL		27.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
FESTESKINNE		Hans Kristian Lunda		27.05.2021	
Bunn		Kontrollert av:		Date	
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Tegningstype:		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		FESTESKINNE - BUNN		01	



1:5 (A3)

Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.





4 X 408,5

1600

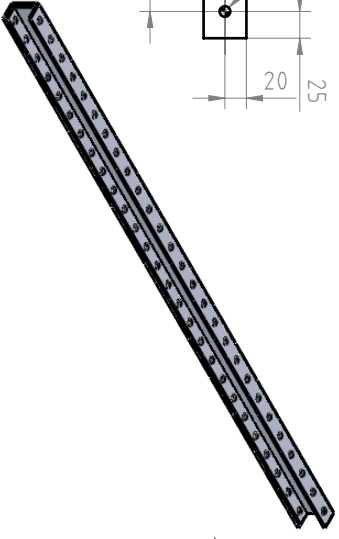
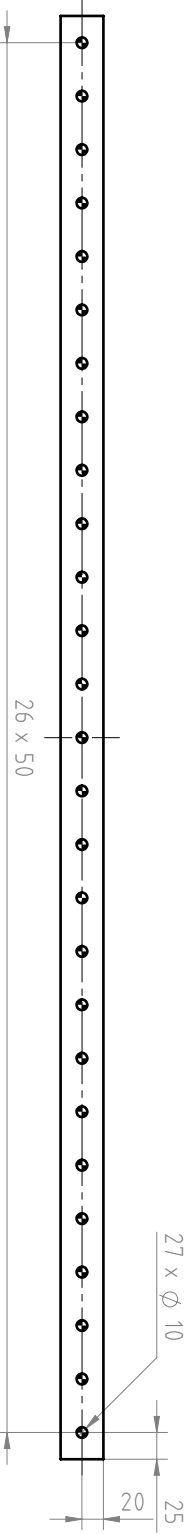
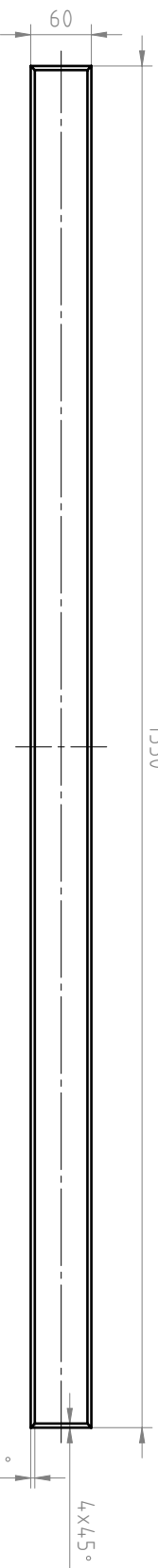
STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Festeskinne - Topp	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
FESTESKINNE		Hans Kristian Lunda		Dato	
Topp		Kontrollert av:		27.05.2021	
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Tegningsnummer:		1/1	
		Revisjon:		01	



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.

Tegningsnummer:
FESTESKINNE - TOPP

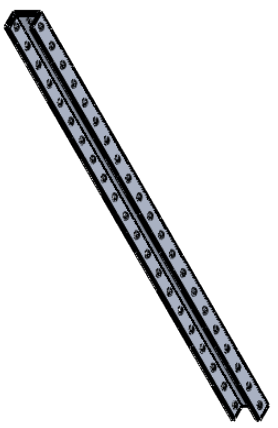
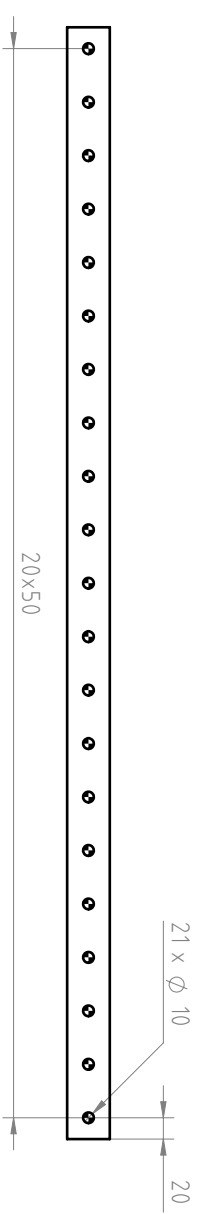
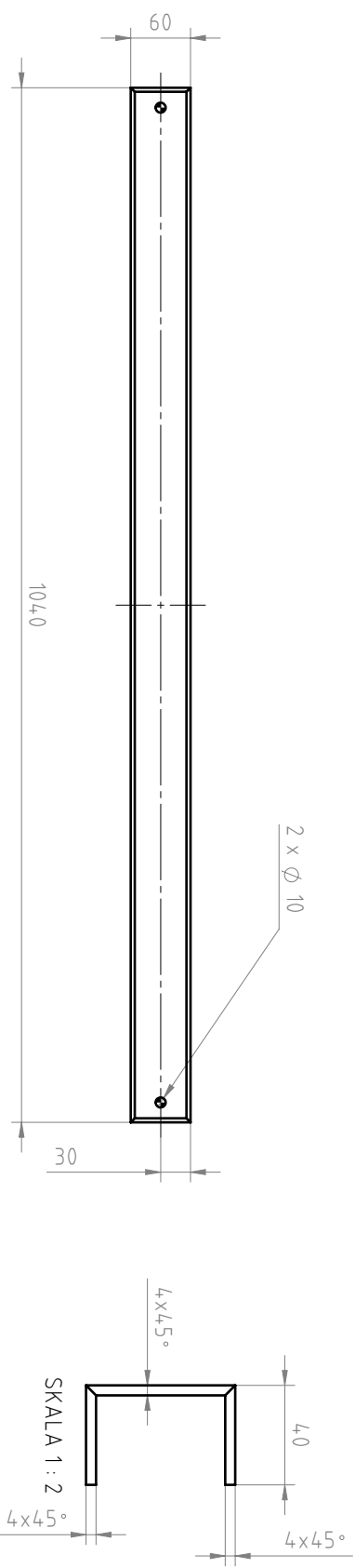


STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Festeskinne-Front	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		FESTESKINNE		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
Front		1:5 (A3)		Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
		Alle mål i millimeter		Henvising:			
		der ikke annet er		Dokumenttype:			
		oppgitt:		Detaljtegning			
		Toleranser iht. NS-		Tegningsnummer:			
		ISO 2768-1 Midtals		FESTESKINNE-FRONT			
		der ikke annet er		Ark:			
		oppgitt:		1/1			
				Revisjon			
				01			





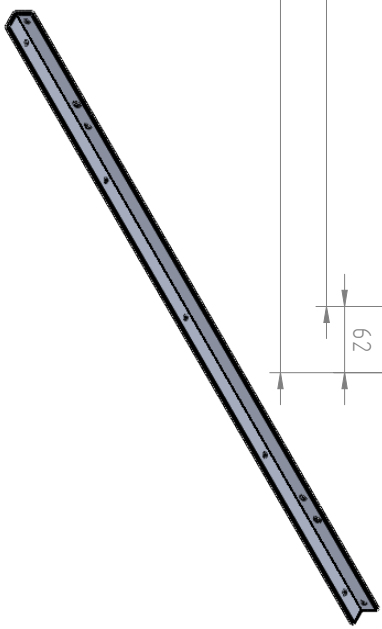
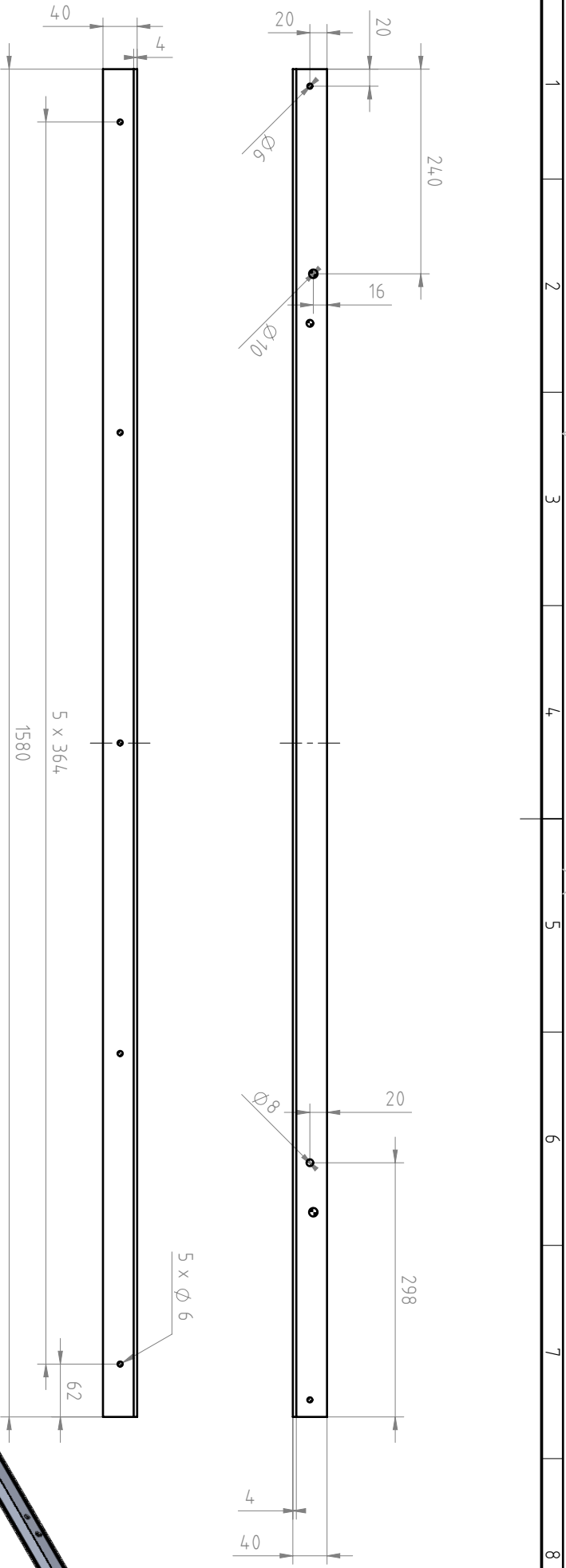
STYKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Festeskinne-Side	1	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder	Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel: FESTESKINNE Side		Produisert av: Hans Kristian Lunda			25.05.2021
		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henvi sning:			
		Dokumenttype: Detaljtegning			
		Tegningsnummer: FESTESKINNE-SIDE			



Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Ark: 1/1
Revisjon		01




STYKLISTE

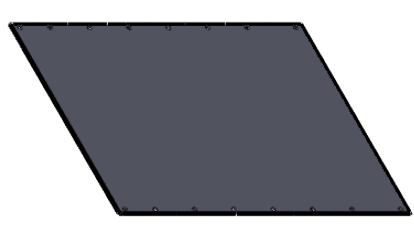
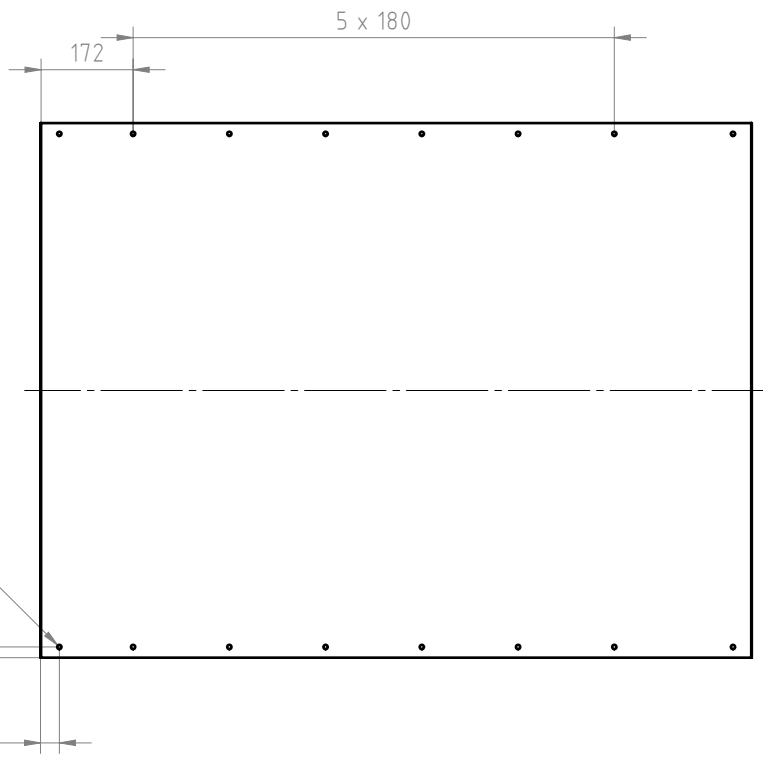
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Frontfeste	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
					Dato

Tittel:		Produisert av:		25.05.2021	
FRONTFESTE		Hans Kristian Lunda			
Til transportkasse		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Detaljtegning		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		FRONTFESTE		01	


Norgas miljø- og biovitenskapelige universitet

Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.



STYKKELISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Glideplate	1	1050-H14		

01	Første utgave		HKL		27.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		GLIDEPLATE		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		27.05.2021
Understøtte til lessebånd		1:10 (A3)		Kontrollert av:			
		Hensivning:					
		Dokumenttype:		Detailtegning		Ark:	
		Tegningsnummer:		GLIDEPLATE		Revisjon	
						01	

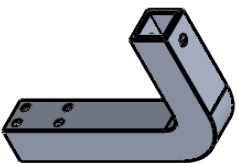
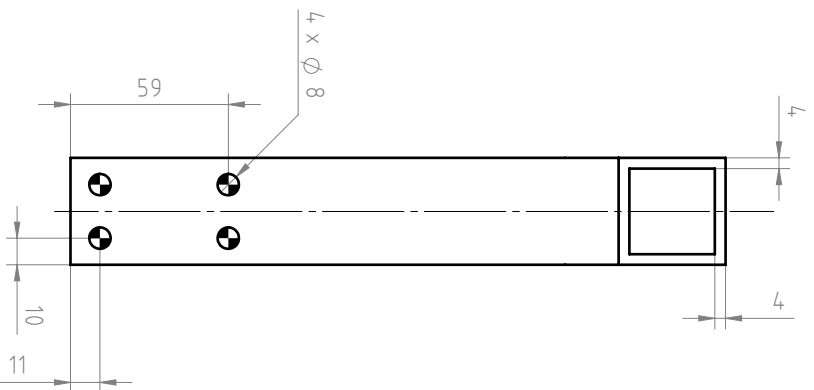
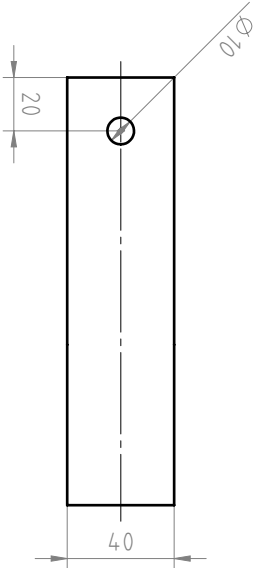
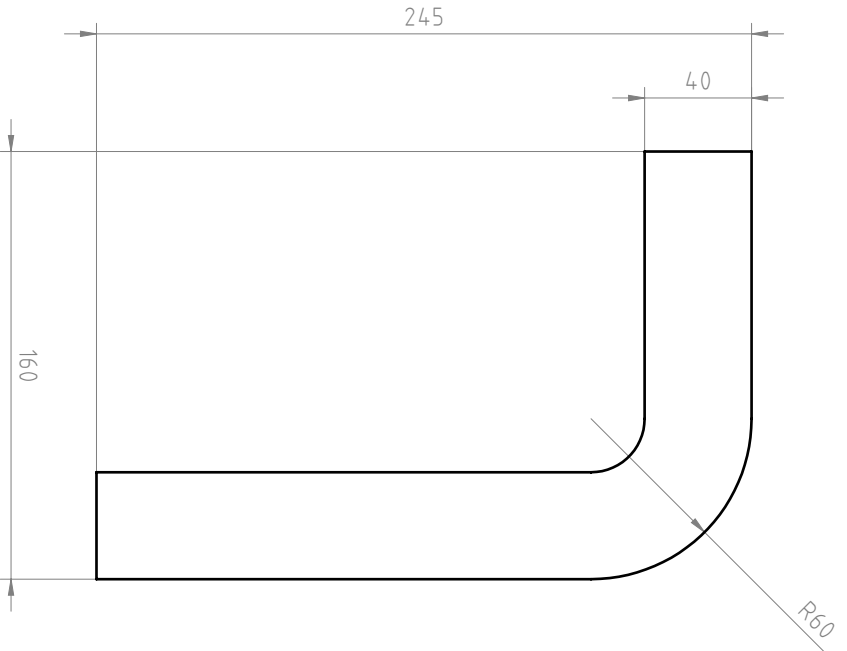
DETALJ A
SKALA 2 : 1



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

Tegningsnummer:
GLIDEPLATE

Ark:
1/1
Revisjon
01



STYKKELISTE

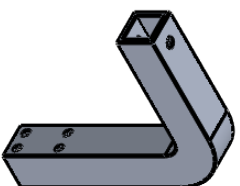
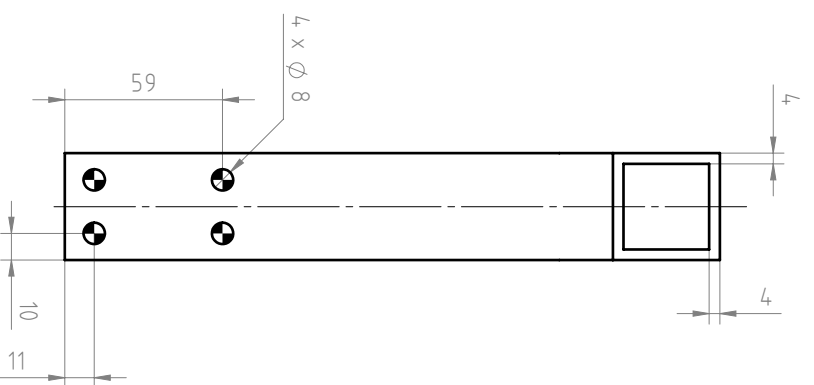
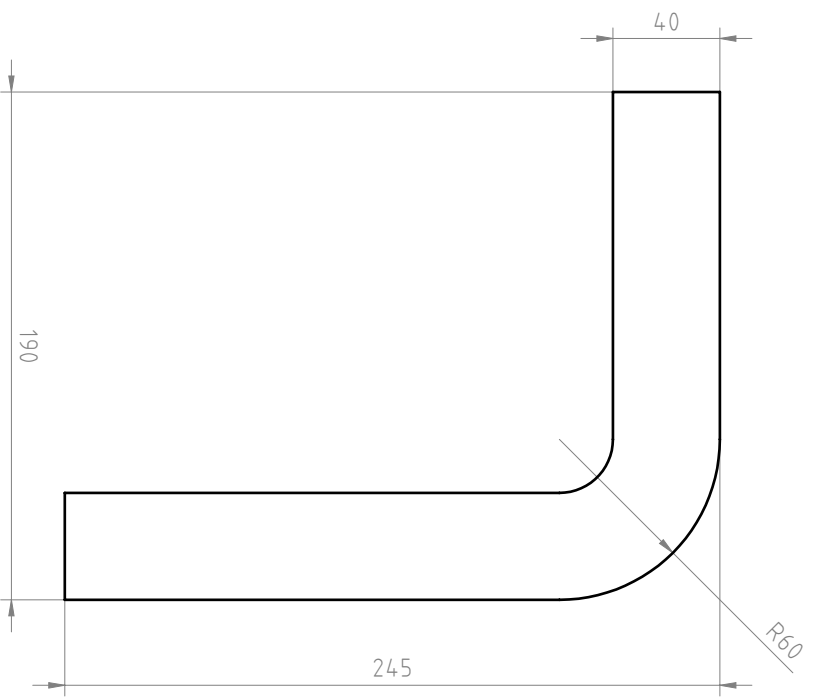
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	J-feste-front	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder					
Tittel: J-FESTE Front		Produisert av: Hans Kristian Lunda		Dato: 27.05.2021	
1:2 (A3)		Kontrollert av:		Ark: 1/1	
Godkjent av:		Tegnet		Revisjon	
Henvi sning:		Kontroll		01	
Godkjent av:		Godkjent			
Henvi sning:		Dato			



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.

Dokumenttype:
Detailtegning

Tegningsnummer:
J-FESTE-FRONT

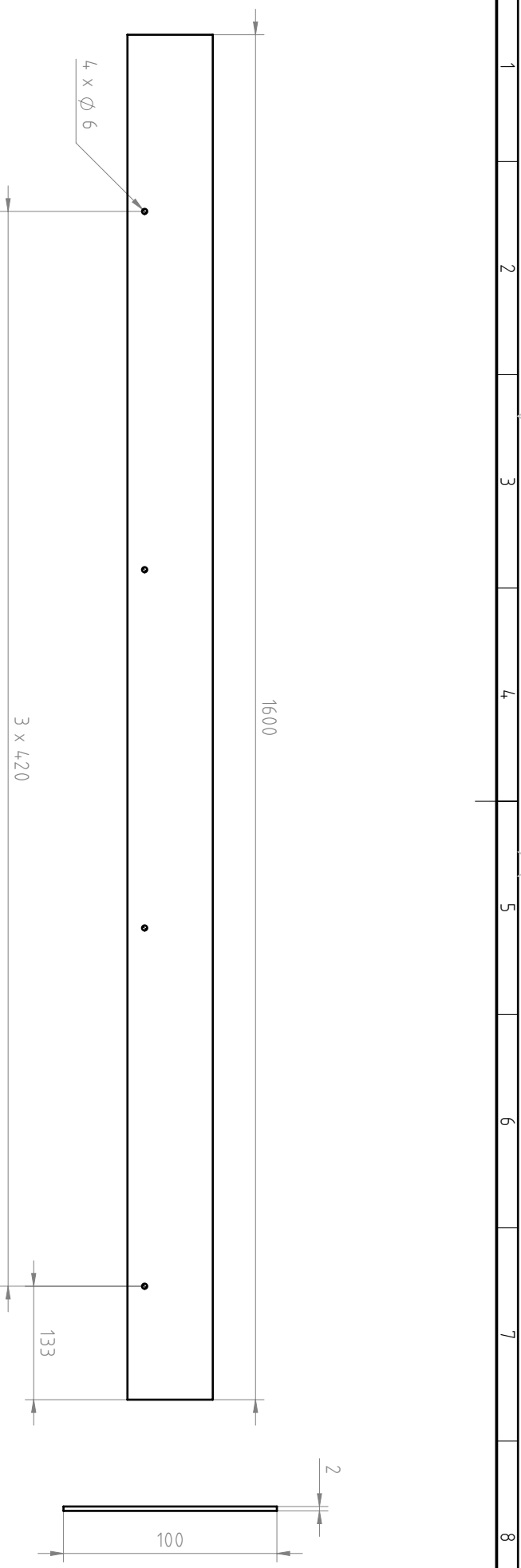


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	J-feste-lang	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder					
Tittel: J-FESTE Langt		Produisert av: Hans Kristian Lunda		25.05.2021	
1:2 (A3)		Kontrollert av:			
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Henviising:		Ark: 1/1	
Dokumenttype: Detaljtegning		Tegningsnummer: J-FESTE-LANG		Revisjon 01	



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet



STYKKELISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Karm	1	1050-H14		

01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		KARM		Godkjent av:	Godkjent
KARM				Dokumenttype:	Dato
				Produisert av:	Hans Kristian Lunda
				Kontrollert av:	
				Godkjent av:	
				Henviising:	
				1:5 (A3)	

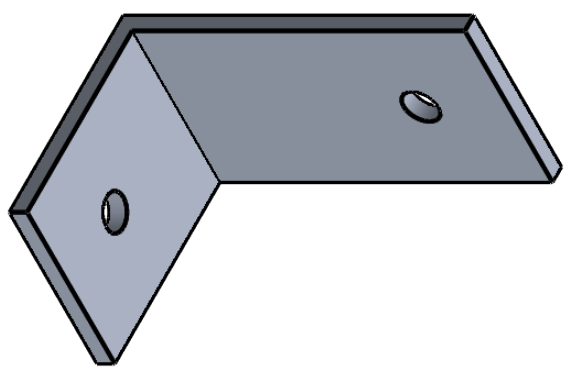
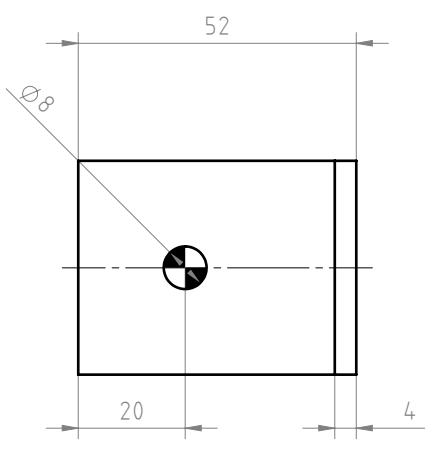
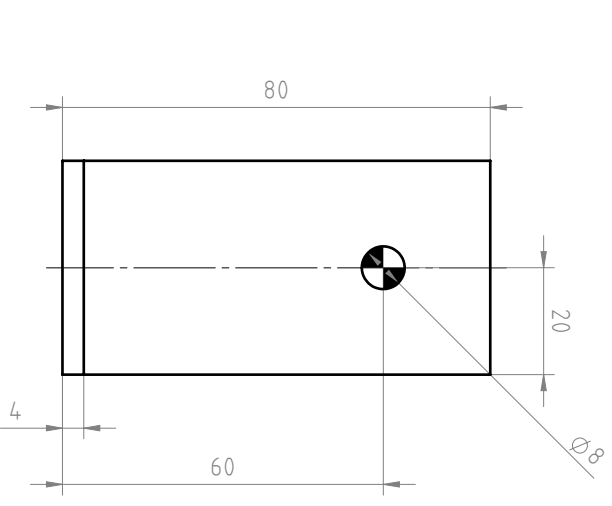
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Tegningsnummer: KARM

Ark: 1/1

Revisjon: 01





STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Kort støtte	1	6063-T6		

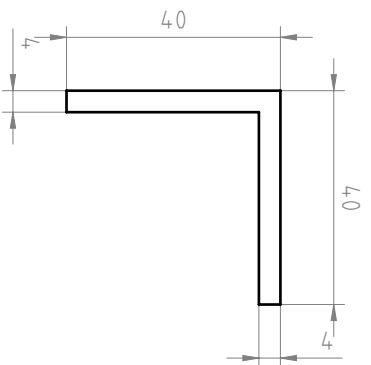
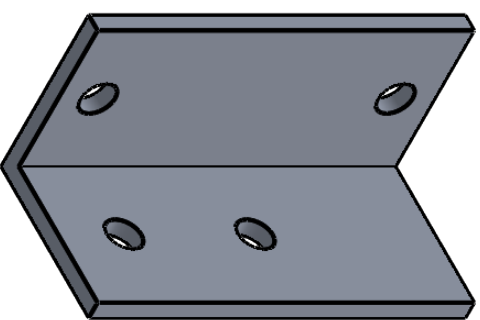
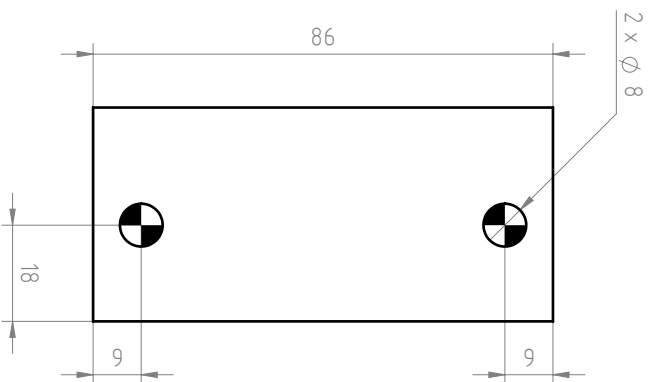
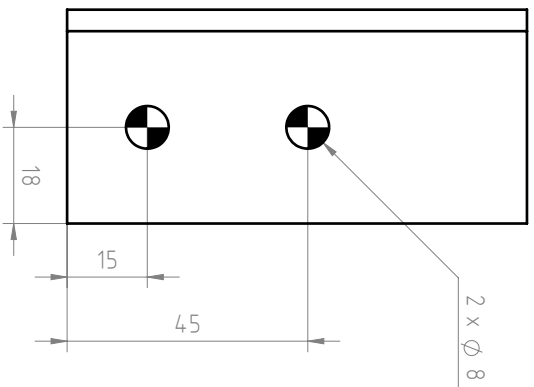
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder			Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel:		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
KORT STØTTE		Kontrollert av:			
Støtte til lessebånd		Godkjent av:			
		Hensivning:			
		Dokumenttype:	Detailtegning		
		Tegningsnummer:	KORT STØTTE		
		Ark:	1/1		
		Revisjon	01		

Tittel:		KORT STØTTE		25.05.2021	
Støtte til lessebånd		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Hensivning:			
		Dokumenttype:		Detailtegning	
		Tegningsnummer:		KORT STØTTE	
		Ark:		1/1	
		Revisjon		01	


Norges miljø- og biovitenskapelige universitet


 1:1 (A3)

Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtels der ikke annet er oppgitt.

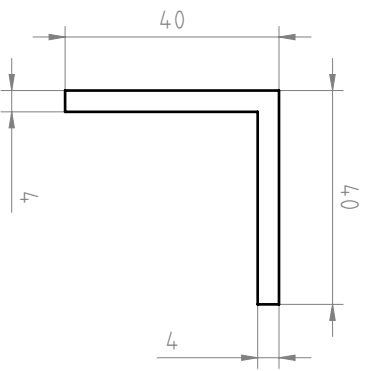
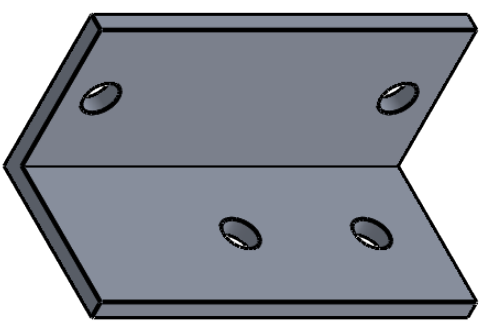
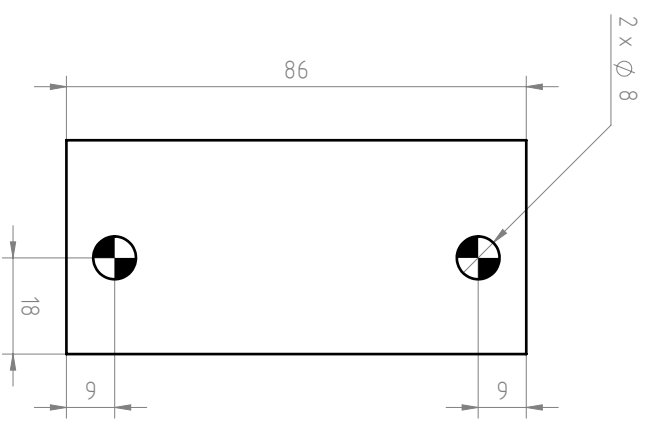
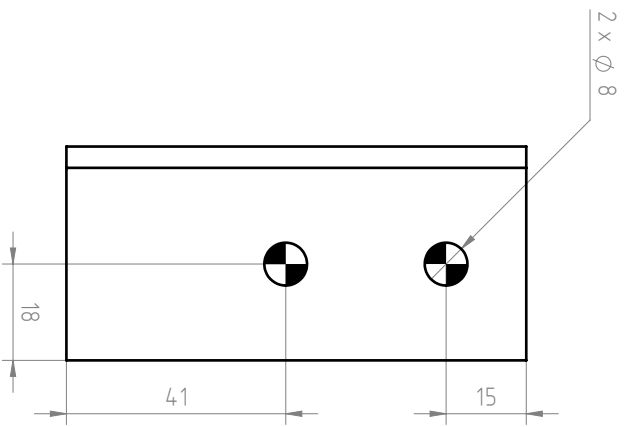


STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Kulelagerfeste-1	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		Produisert av:		Hans Kristian Lunda		25.05.2021	
FESTE TIL KULELAGER		Kontrollert av:					
Topp 1		Godkjent av:					
		Hensvisning:					
		Dokumenttype:		Detailtegning		Ark:	
		Tegningsnummer:		KULELAGERFESTE-1		Revisjon	
		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.				1/1	
		Toleranser iht. NS-ISO 2768-Midals der ikke annet er oppgitt.				01	







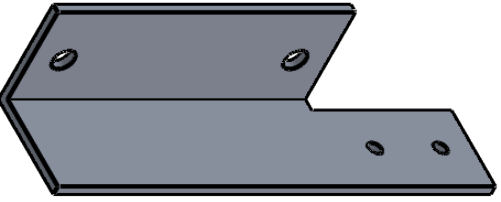
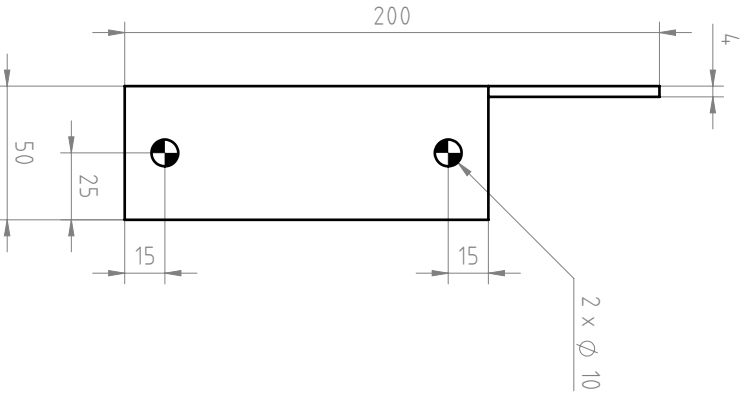
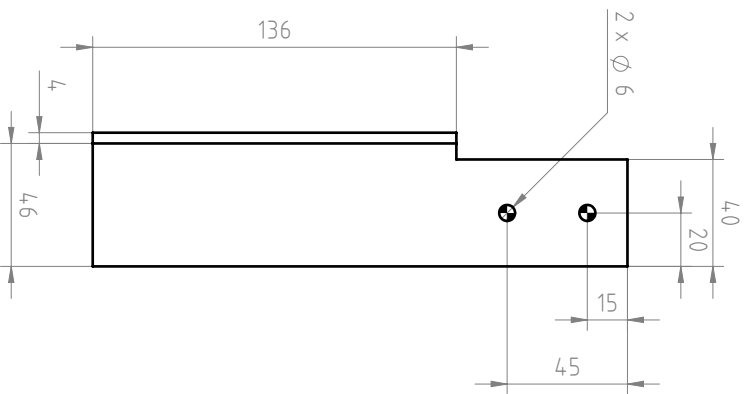
STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Kulelagerfeste-2	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
					Dato

Tittel: KULELAGERFESTE Topp 2				Produisert av: Hans Kristian Lunda	25.05.2021
1:1 (A3)				Kontrollert av:	
		Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Godkjent av:	
		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.		Hensvisning:	
		Tegningsnummer: KULELAGERFESTE-2		Dokumenttype: Detaljtegning	Ark: 1/1
		Tegningsnummer: KULELAGERFESTE-2		Revisjon	01

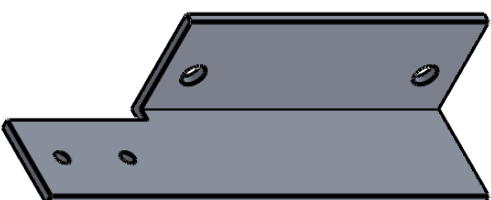
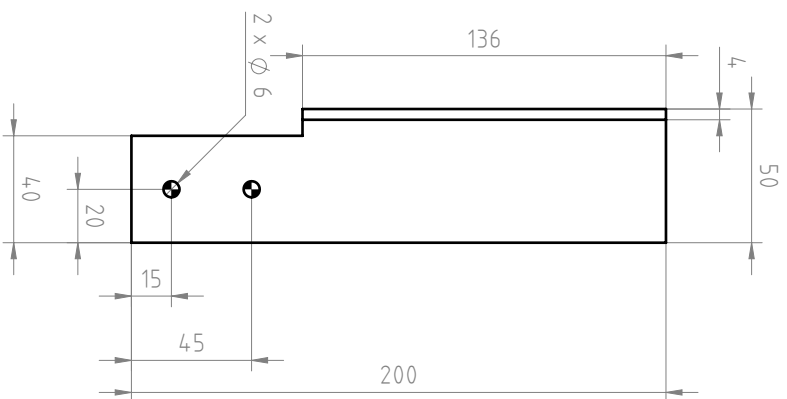
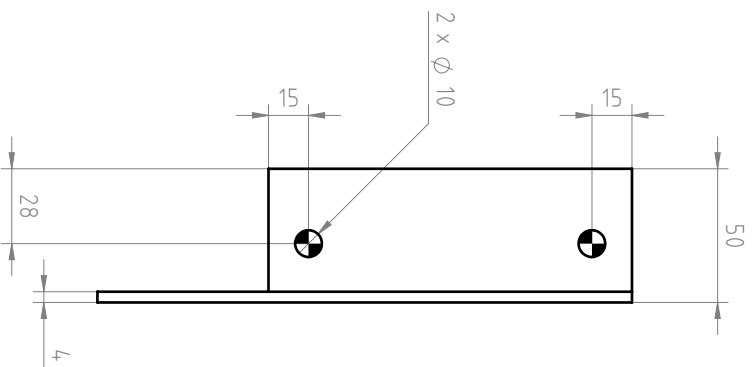




STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Kulelagerfeste-3	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
KULELAGERFESTE		Hans Kristian Lunda		25.05.2021	
Bunn 1		Godkjent av:		Hensvisning:	
1:2 (A3)		Kontrollert av:		Dokumenttype:	
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.		Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Detailtegning	
Tegningsnummer:		Ark:		Revisjon	
KULELAGERFESTE-3		1/1		01	




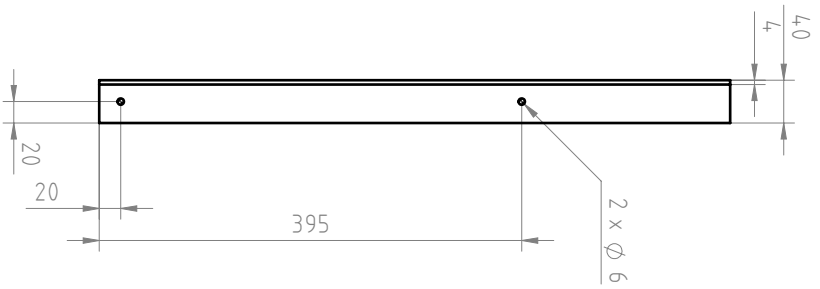
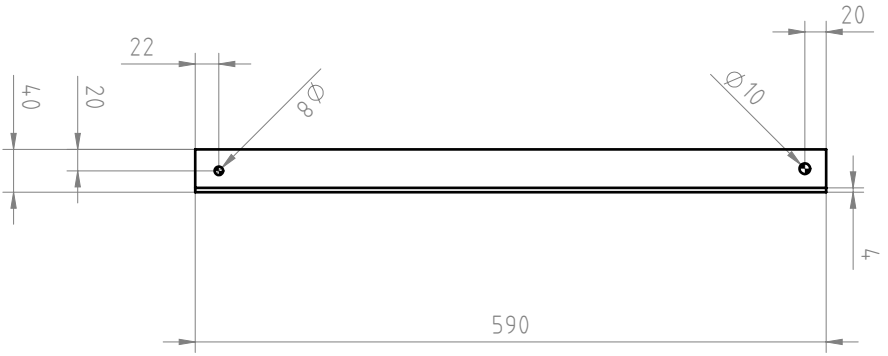


STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Kulelagerfeste-4	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		KULELAGERDESTE		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
Bunn 2		1:2 (A3)		Kontrollert av:			
		Hensvisning:					

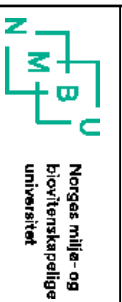
 <p>Norges miljø- og biovitenskapelige universitet</p>		<p>Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.</p>		<p>Tegningsnummer: KULELAGERFESTE-4</p>		<p>Ark: 1/1</p>	
						<p>Revisjon 01</p>	



STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Lang støtte-1	1	6063-T6		

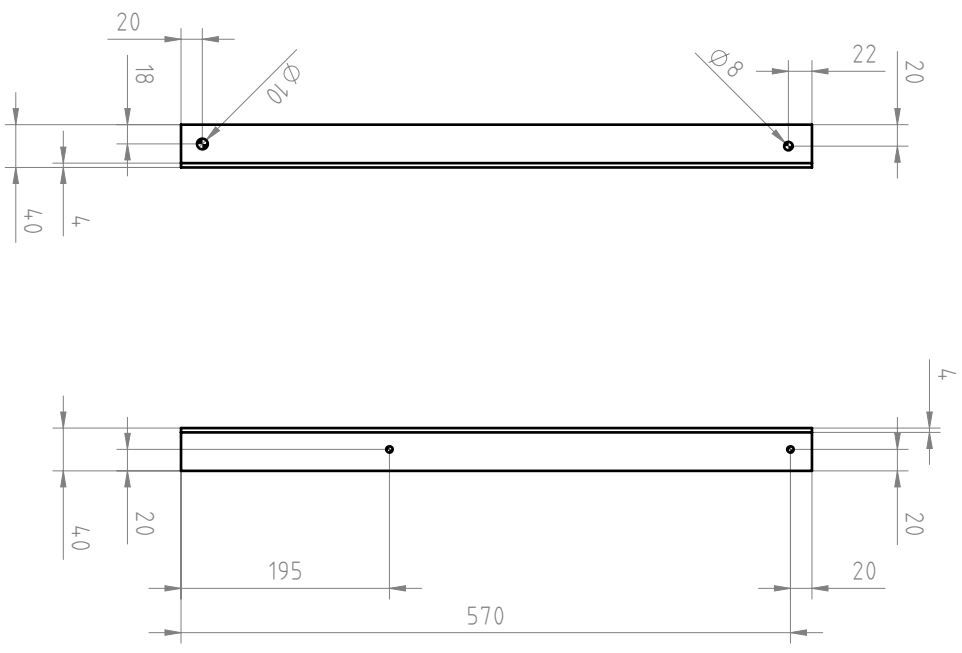
01	Første utgave	HKL			25.05.2021
Revisjon		Tegnet		Kontroll	Godkjent
Revisjonen gjelder		Tegnet		Kontroll	Godkjent
Tittel:		Produisert av:		Hans Kristian Lunda	
LANG STØTTE-1		Kontrollert av:			
Til støtte av lessebånd		Godkjent av:			
		Henvising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Tegningstype:		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		LANG STØTTE-1		01	



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

Tegningsnummer:
LANG STØTTE-1

Revisjon
01



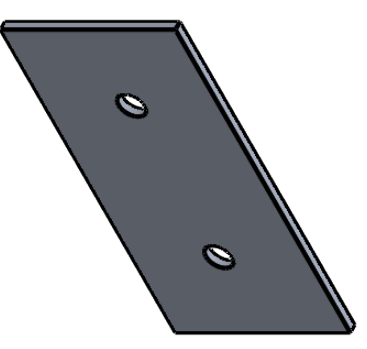
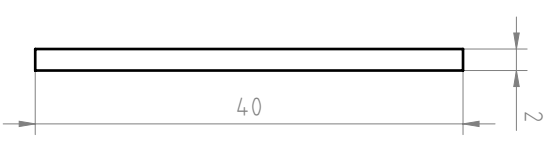
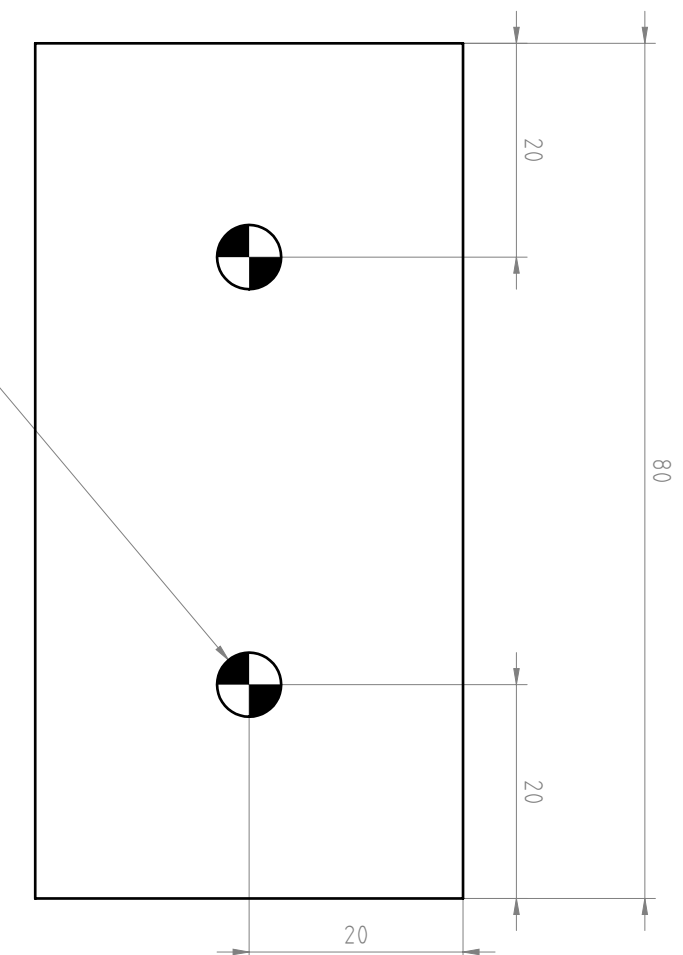
STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Lang støtte-2	1	6063-T6		


01	Første utgave				25.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
LANG STØTTE-2		Hans Kristian Lunda		25.05.2021	
Til støtte av lessebånd		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Detaljtegning		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		LANG STØTTE-2		01	

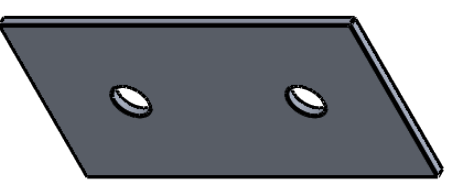
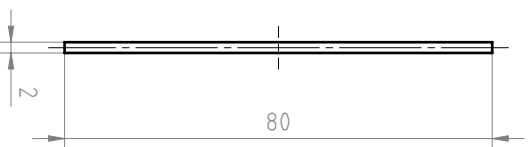
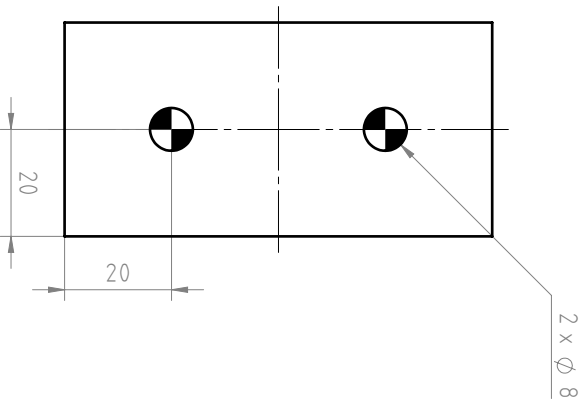
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Lask-40X80X2-Ø6	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: LASK		Produisert av: Hans Kristian Lunda		Dato: 25.05.2021	
2:1 (A3)		Kontrollert av:		Ark: 1/1	
Godkjent av:		Henviising:		Revisjon: 01	
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1	
 Norges miljø- og biovitenskapelige universitet		Tegningsnummer: LASK-40X80X2-Ø6		Revisjon: 01	

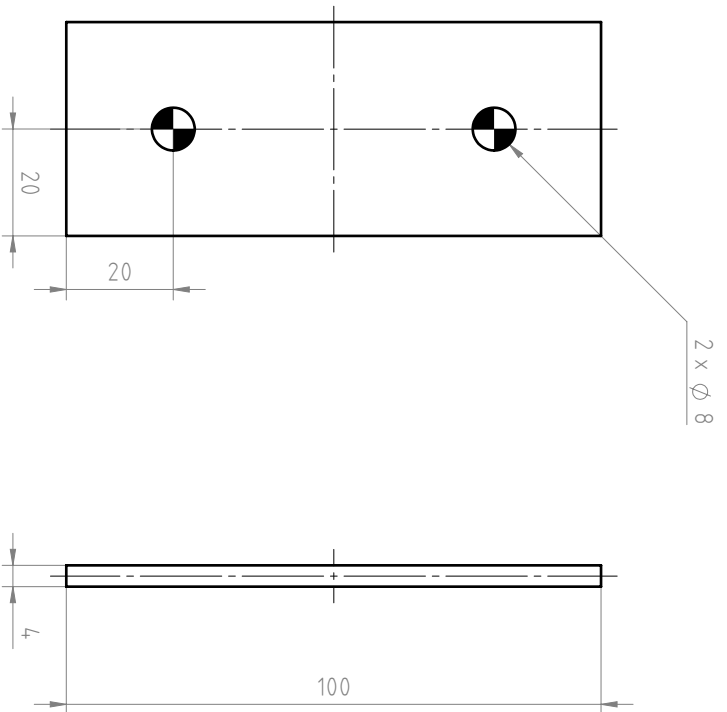


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Lask-40x80x2-Ø8	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
LASK		Hans Kristian Lunda		Dato	
40x80x2-Ø8		Godkjent av:		27.05.2021	
		Hensvisning:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Detaljtegning		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		LASK-40X80X2-Ø8		01	



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



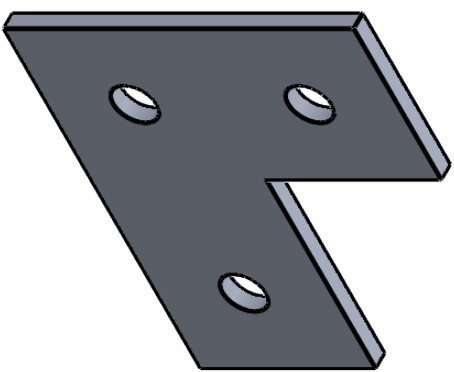
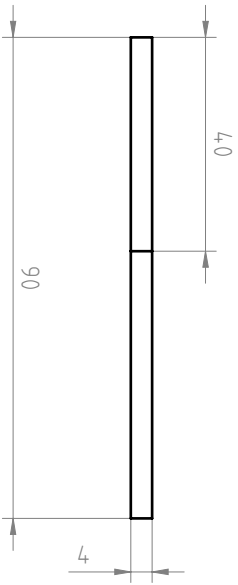
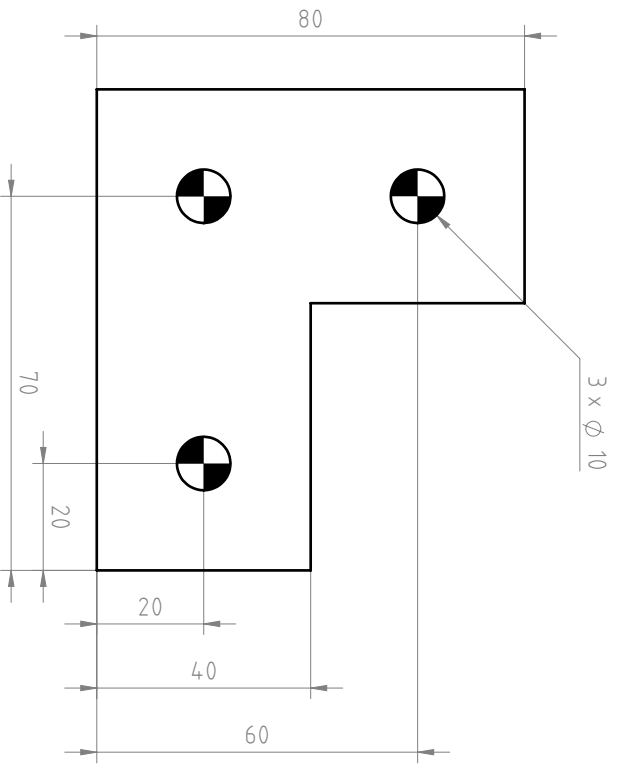
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Lask-100x40x4-Ø8	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder			Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: LASK 100x40x4-Ø8			Produisert av: Hans Kristian Lunda		27.05.2021
			Kontrollert av:		
			Godkjent av:		
			Henvi sning:		
			Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1
			Tegningsnummer: LASK-100X40X4-Ø8		Revisjon 01



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.



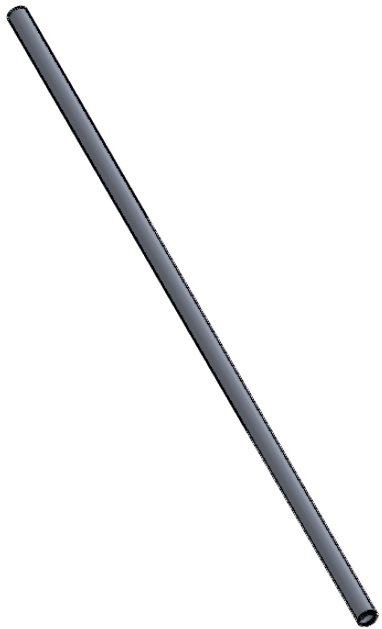
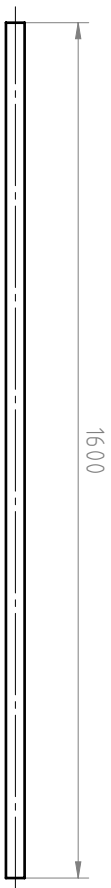
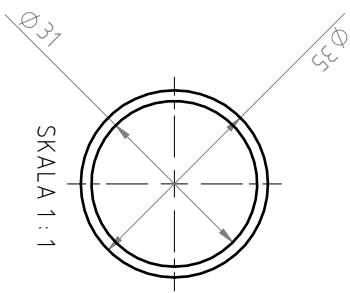
STYKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	L-lask	1	1060-H14		

01	Første utgave				25.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder					
Tittel:		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
LASK		Kontrollert av:			
Til festeskinner		Godkjent av:			
		Hensvisning:			
		Dokumenttype:	Detaljtegning		Ark: 1/1
		Tegningsnummer:	L-LASK		Revisjon 01

Tilfestskinner				Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.	
----------------	--	--	--	--	--





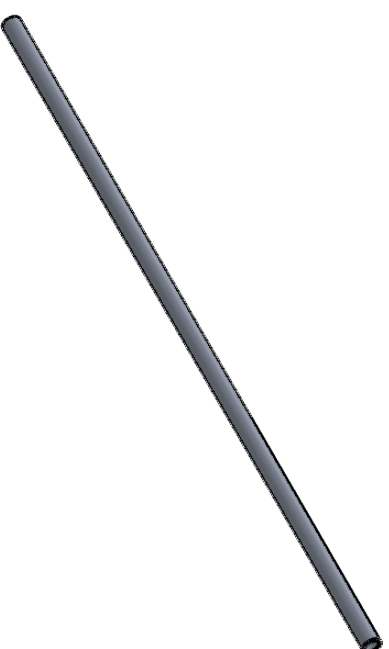
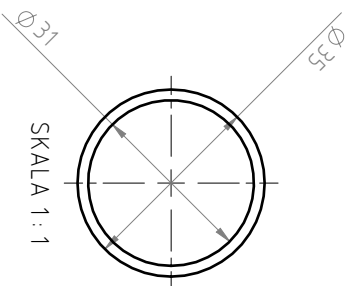
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Losseaksel - Bak	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		LOSSEAKSEL		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
Bak				Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
				Henvi sning:			
				Dokumenttype:	Detaljtegning		Ark:
				Tegningsnummer:	LOSSEAKSEL - BAK		Revisjon
							01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Losseaksel - Front	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		LOSSEAKSEL		Produisert av:		Hans Kristian Lunda	
Front				Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
				Henviising:			
				Dokumenttype:		Ark:	
				Tegningsnummer:		1/1	

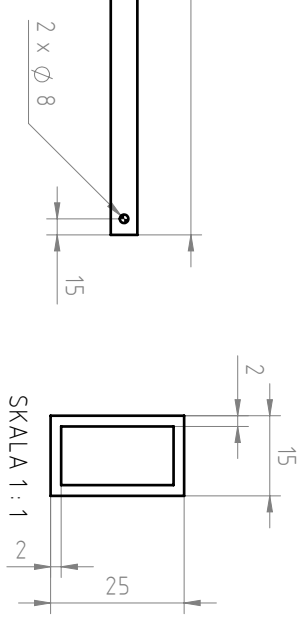
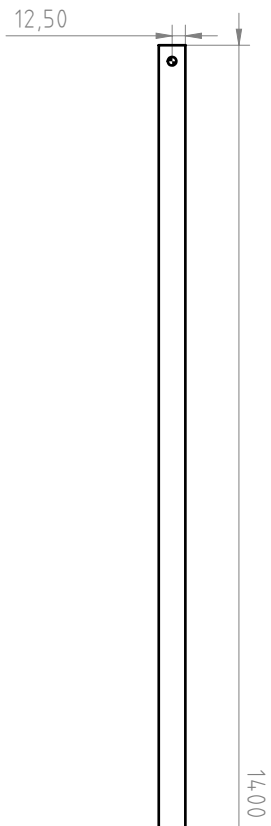
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

1:10 (A3)

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Tegningsnummer: **LOSSEAKSEL - FRONT**

Revisjon: **01**



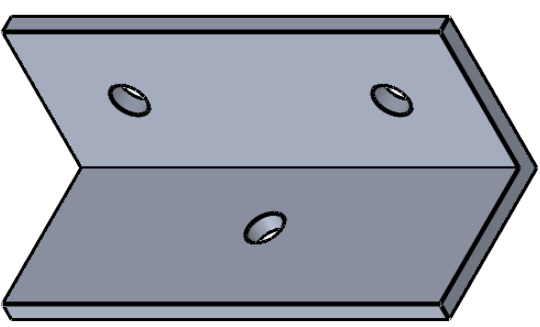
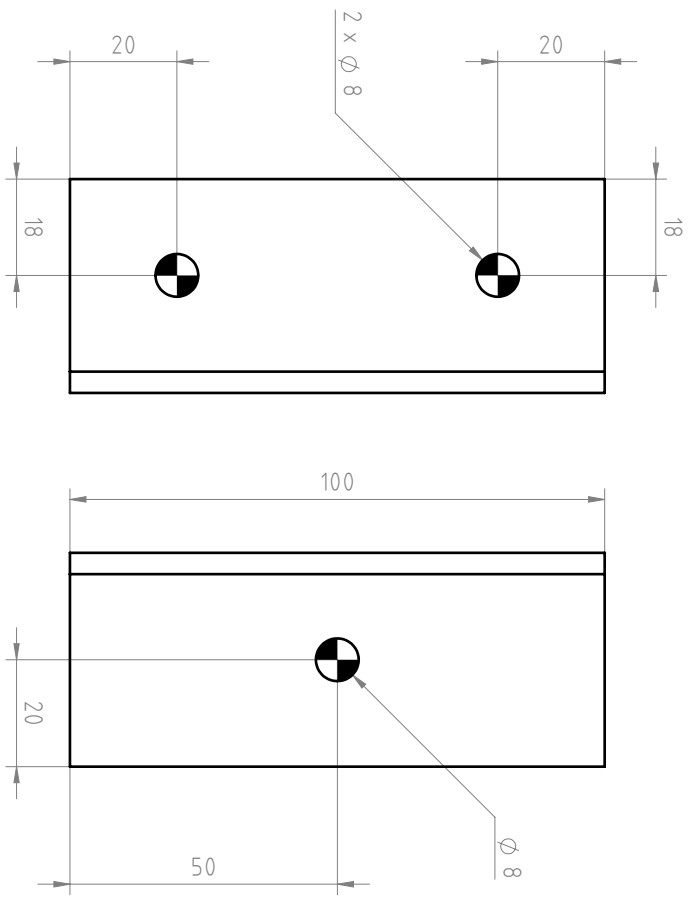
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Medbringer	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
					Dato

Tittel: MEDBRINGER Til lossing		 1,5 (A3)		Produsert av: Hans Kristian Lunda Kontrollert av:	25.05.2021
Revisjon		Henvisning:		Ark:	
		Dokumenttype: Detaljtegning		1/1	



Tegningsnummer: MEDBRINGER		Revisjon: 01
-------------------------------	--	-----------------




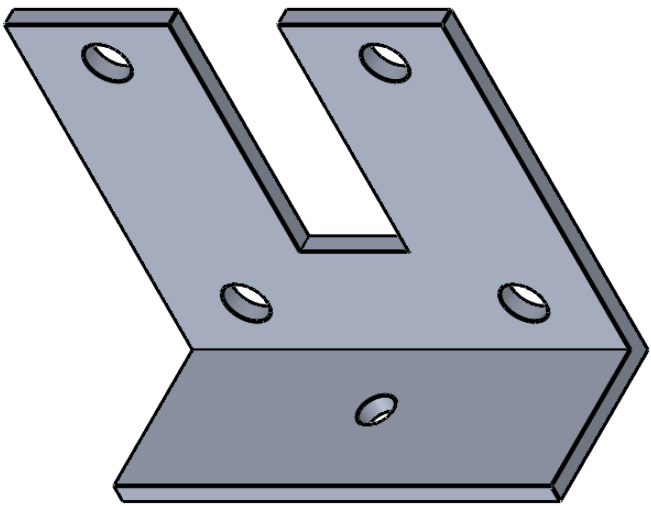
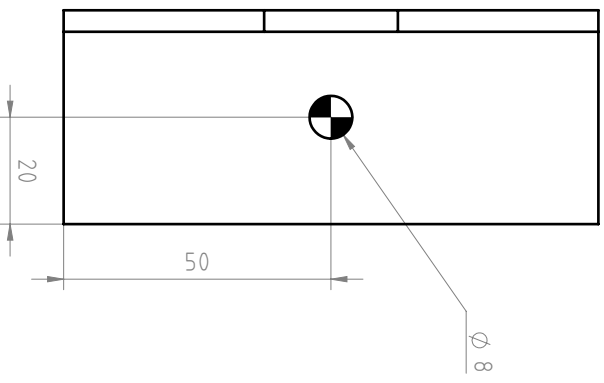
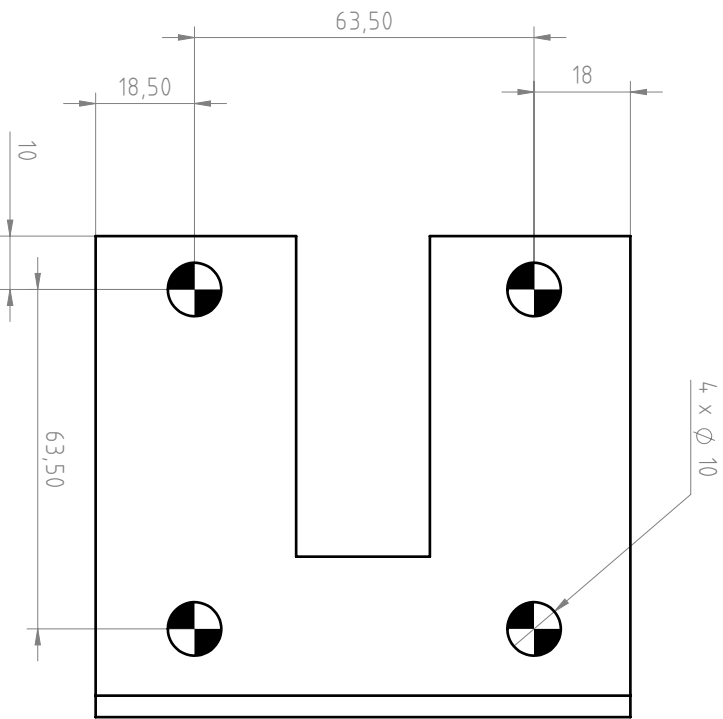
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Oppstramming-1	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		18.5.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato

Tittel:		Oppstrammingselement		Produisert av:		Hans Kristian Lunda		18.05.2021	
L-vinkel med senterhull		1:1 (A3)		Kontrollert av:					
		Hensvisning:		Godkjent av:					

 <p>Norges miljø- og helsevitenskapelige universitet</p>		<p>Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.</p>		<p>Dokumenttype: Detaljtegning</p>		<p>Tegningsnummer: OPPSTRAMMING-1</p>		<p>Ark: 1/1</p>	
--	--	---	--	--	--	---	--	---------------------	--



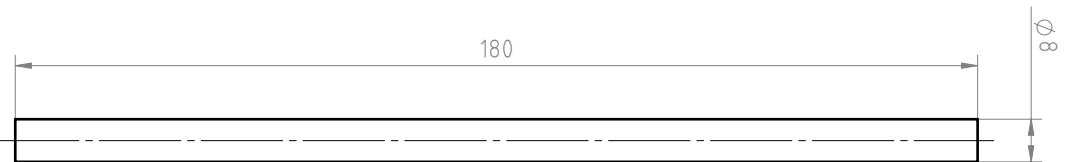
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Oppstramming-2	1	1050-H14		


01	Første utgave				18.05.2021
Revisjon Revisjonen gjelder					
Tittel: OPPSTRAMMINGSMEKANISME		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		18.05.2021
Skyveplate		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henvising:			
		Dokumenttype:	Detailtegning		Ark: 1/1
		Tegningsnummer:	OPPSTRAMMING-2		Revisjon: 01

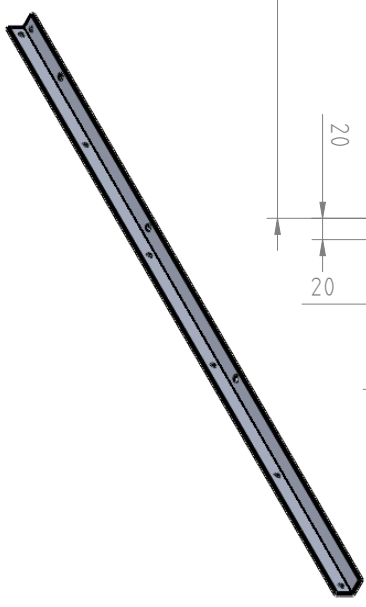
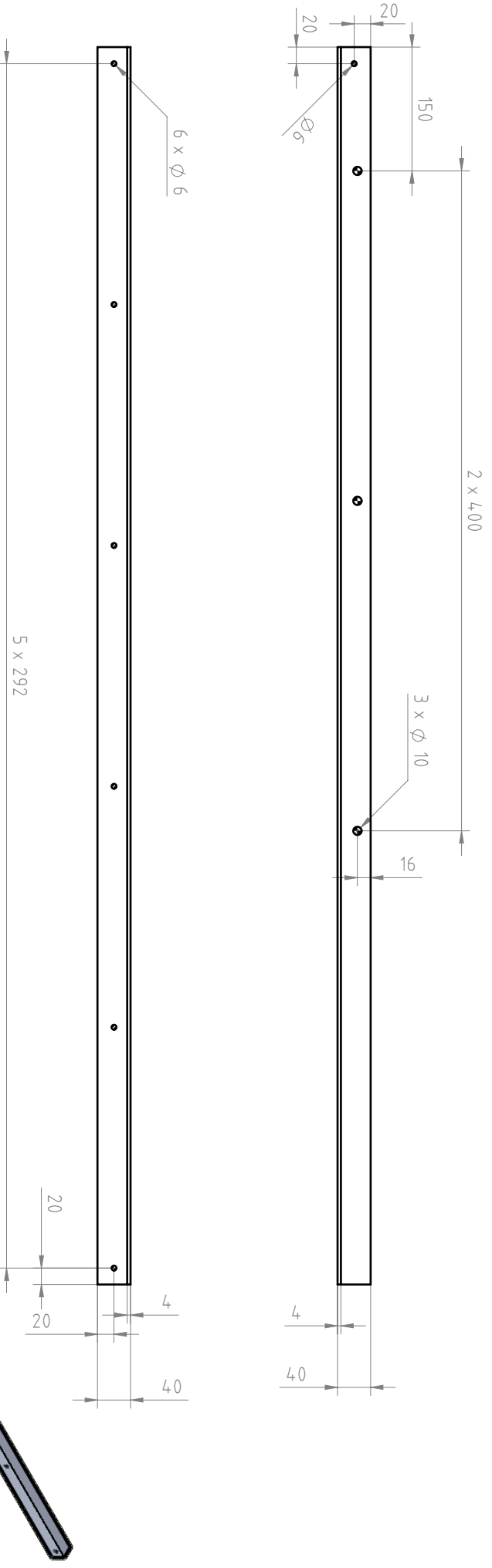
Tittel: OPPSTRAMMINGSMEKANISME			Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-1 Midtels der ikke annet er oppgitt.		
Skyveplate			1:1 (A3)		





STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Oppstramming-3	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		18.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: OPPS TRAMMINGSMEKANISME M8-bolt		Produisert av: Hans Kristian Lunda		18.05.2021	
1:1 (A3)		Kontrollert av:			
Hensvisning:		Godkjent av:			
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1	
 Norges miljø- og biovitenskapelige universitet		Tegningsnummer: OPPS TRAMMING-3		Revisjon 01	

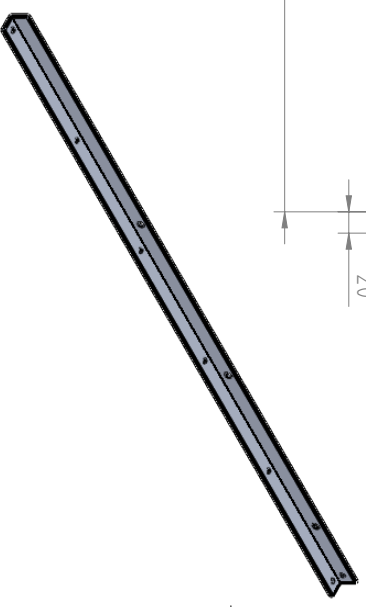
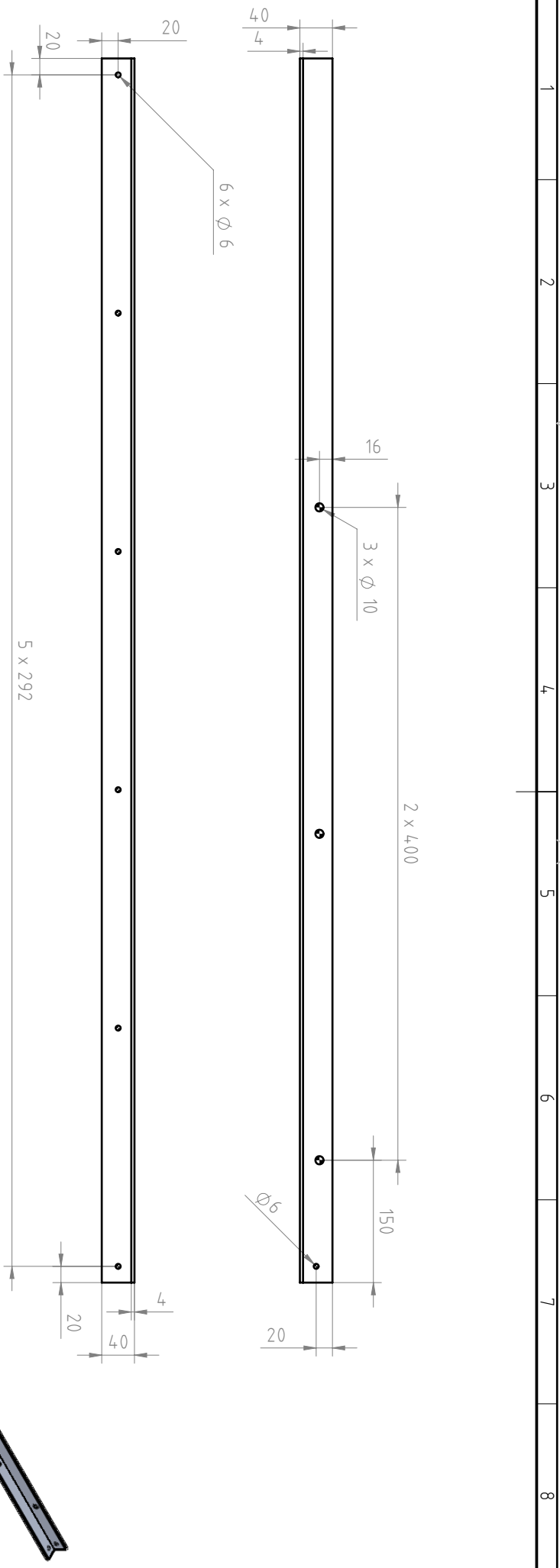


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Sidefeste-1	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder	Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel: SIDEFESTE Til transportkasse		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:	Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1
		Tegningsnummer:	SIDEFESTE-1		Revisjon 01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



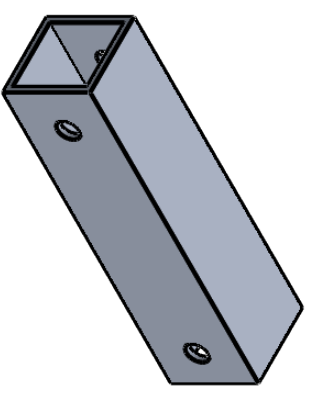
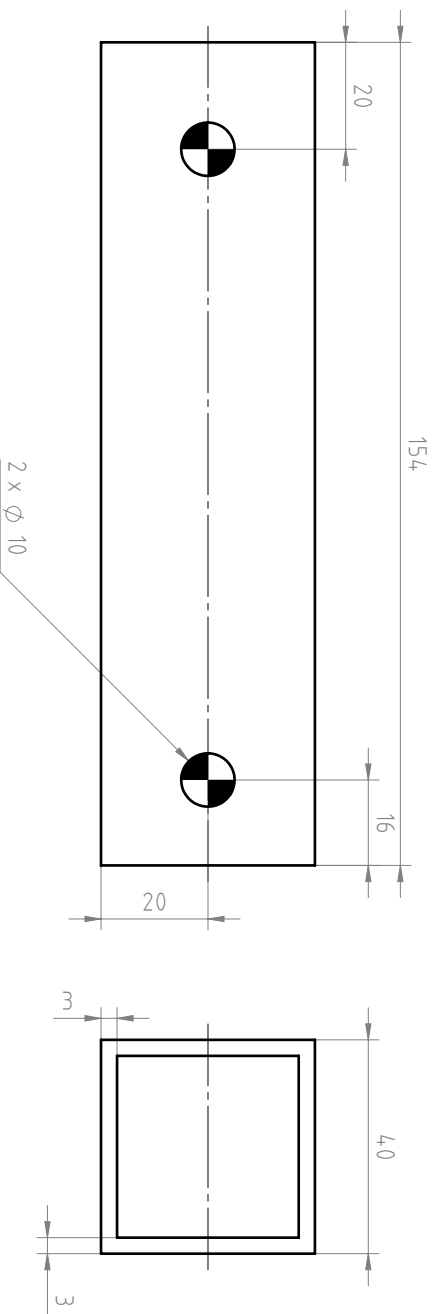
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	SIDEFESTE-2	1	6063-T6		

01	Første utgave				25.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder			Dato
Tittel:		Produisert av:		25.05.2021	
SIDEFESTE 2		Hans Kristian Lunda			
Til transportkasse		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Detailtegning		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		SIDEFESTE-2		01	



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.



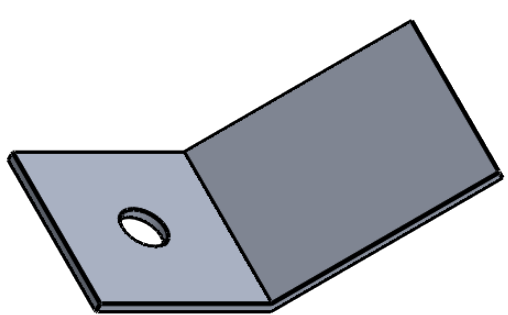
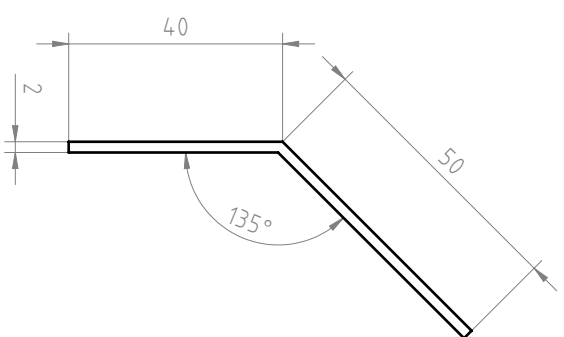
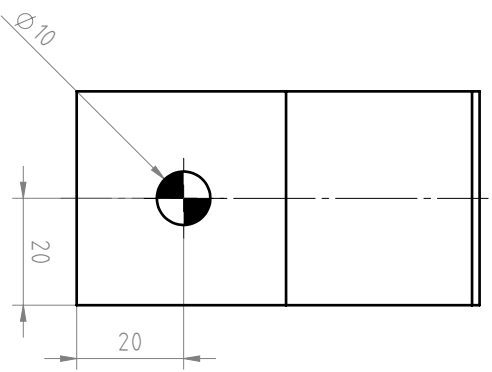
STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	SIDERØR-4KT	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		SIDERØR-4KT		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
Til transportkasse		1:1 (A3)		Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
		1:1 (A3)		Henviing:			
				Dokumenttype:	Detailtegning		Ark:
				Tegningsnummer:	SIDERØR-4KT		Revisjon
							01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.



STYKKELISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Smal-ledeplate	1	1050-H14		

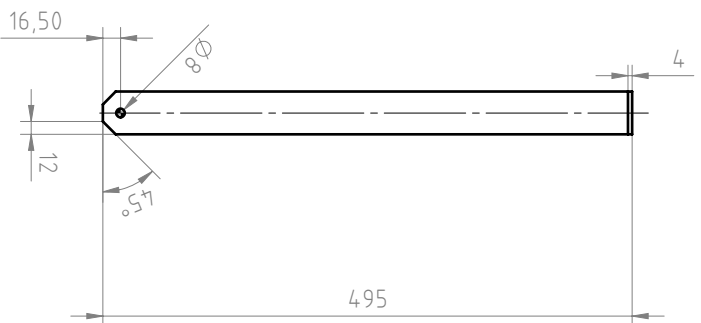
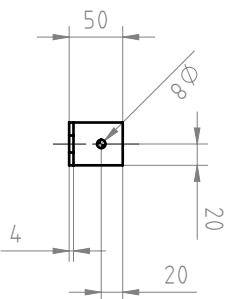
01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
LEDEPLATE		Hans Kristian Lunda		Dato	
Smal				27.05.2021	

Tittel:		Produkttype:		Ark:	
LEDEPLATE		Smal		1/1	
Smal		Godkjent av:		Revisjon	
1:1 (A3)		Hensvisning:		01	



Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

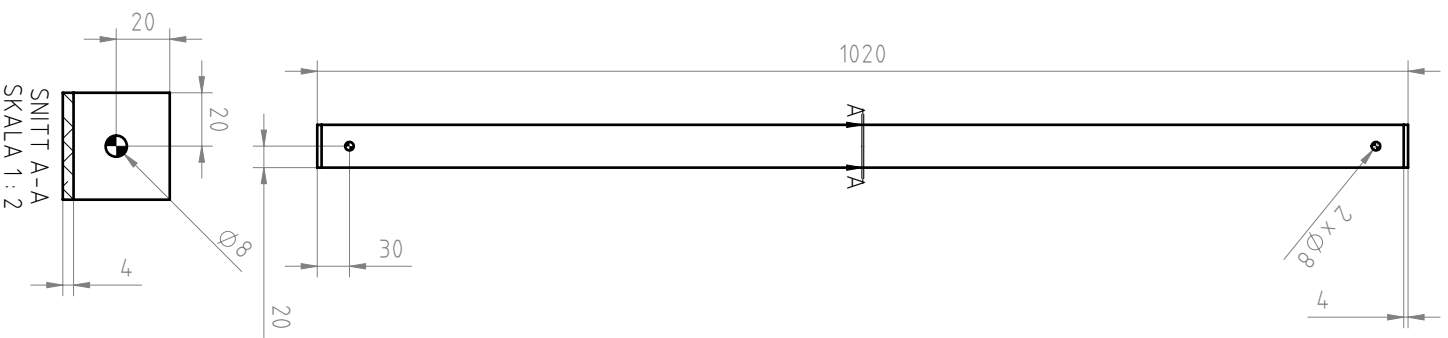
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Tegningsnummer:
SMAL-LEDEPLATE



STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Støtte-front	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		28.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
			Hans Kristian Lunda		28.05.2021
Tittel: STØTTE Front		 1:5 (A3)		Produsert av: Hans Kristian Lunda Kontrollert av: Godkjent av: Henviising:	
 Norges miljø- og biovitenskapelige universitet		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype: Detaljtegning Tegningsnummer: STØTTE-FRONT	
				Ark: 1/1 Revisjon 01	



STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
------	-----------------------	------	-----------	------	---------------

1	Støtte-glideplate	1	6063-T6		
---	-------------------	---	---------	--	--

01	Første utgave		HKL		27.05.2021
----	---------------	--	-----	--	------------

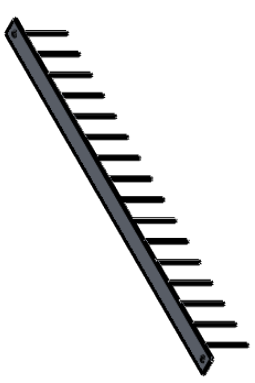
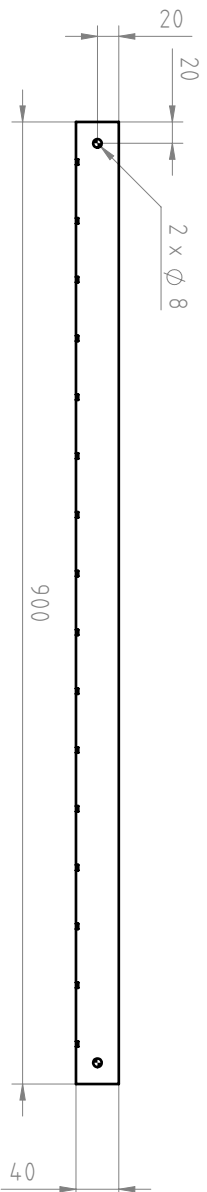
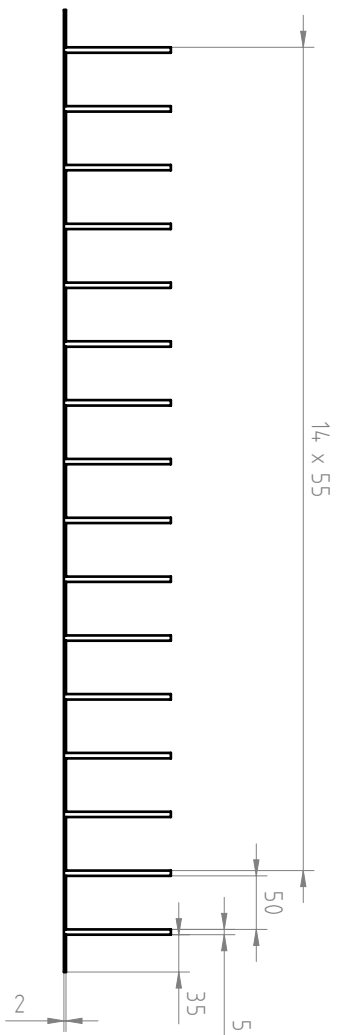
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
----------	--------------------	--	--------	----------	----------	------

Tittel:	STØTTE Til glideplate				
1:5 (A3)		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		27.05.2021
Godkjent av:		Kontrollert av:			
Henvi sning:					

Dokumenttype:	Detailtegning				
Ark:	1/1				

Tegningsnummer:	STØTTE-GLIDEPLATE				
Revisjon	01				







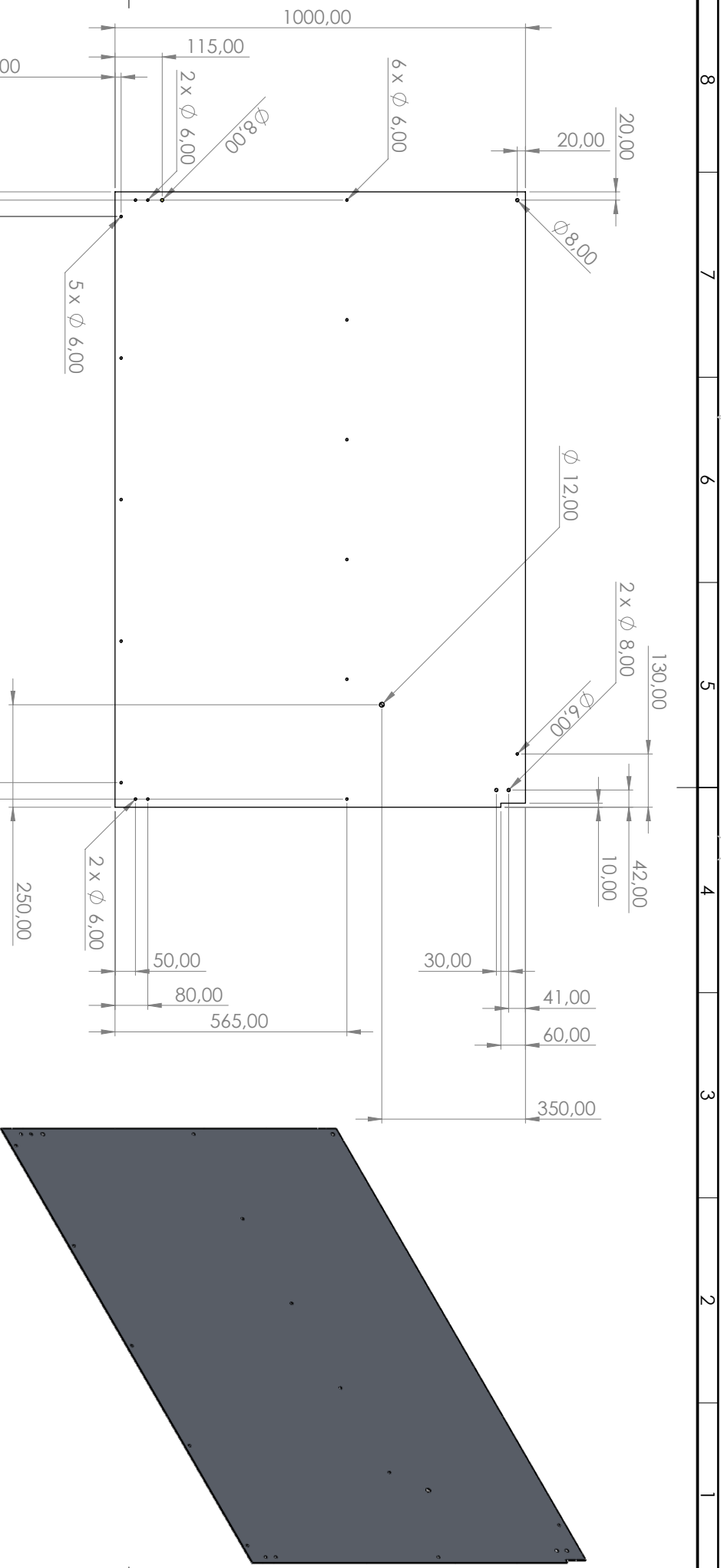
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Tinder	1	6063-T6		

01	Første utgave				27.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
					Dato

Tittel: MEDBRINGER TINDER Til lessebånd			Produisert av: Hans Kristian Lunda	27.05.2022
		1,5 (A3)	Kontrollert av:	
			Godkjent av:	
			Henvising:	

 <p>Norges miljø- og biovitenskapelige universitet</p>	Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.	Tegningsnummer: TINDER	Ark: 1/1
	Revisjon		



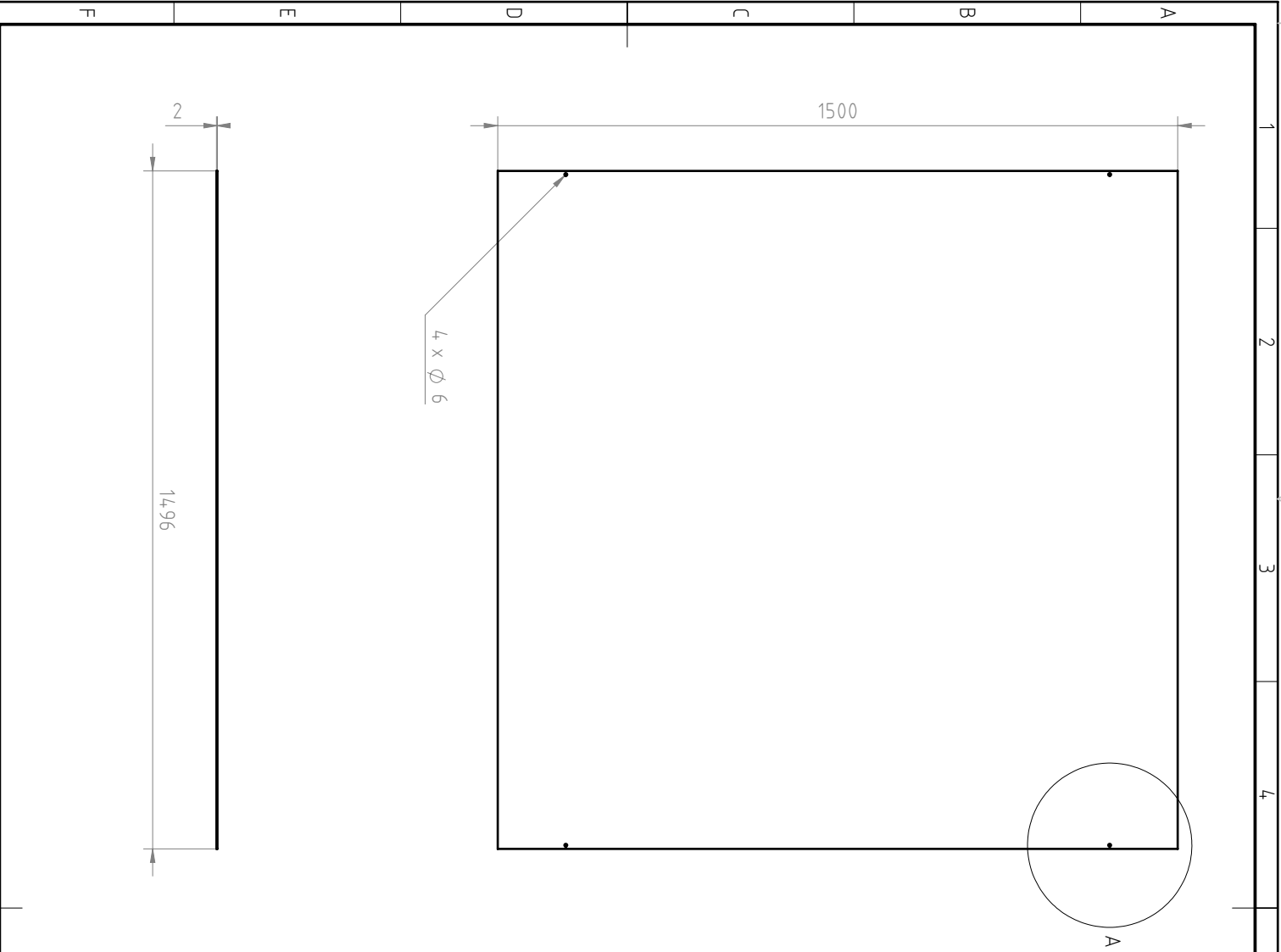
STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-1	1	1050-H14		

01	Første utgave				18.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		TRANSPORTBOKS		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		
Side		1:1 (A3)		Kontrollert av:			
		Hensvisning:		Godkjent av:			
		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype:	Dette tegning		
		Toleranser iht. NS-ISO 2768-Midals der ikke annet er oppgitt.		Tegningsnummer:	TRANSPORTKASSE-1		
		1:1 (A3)		Ark:	1/1		
		1500,00		Revisjon	01		



Tegningsnummer:
TRANSPORTKASSE-1

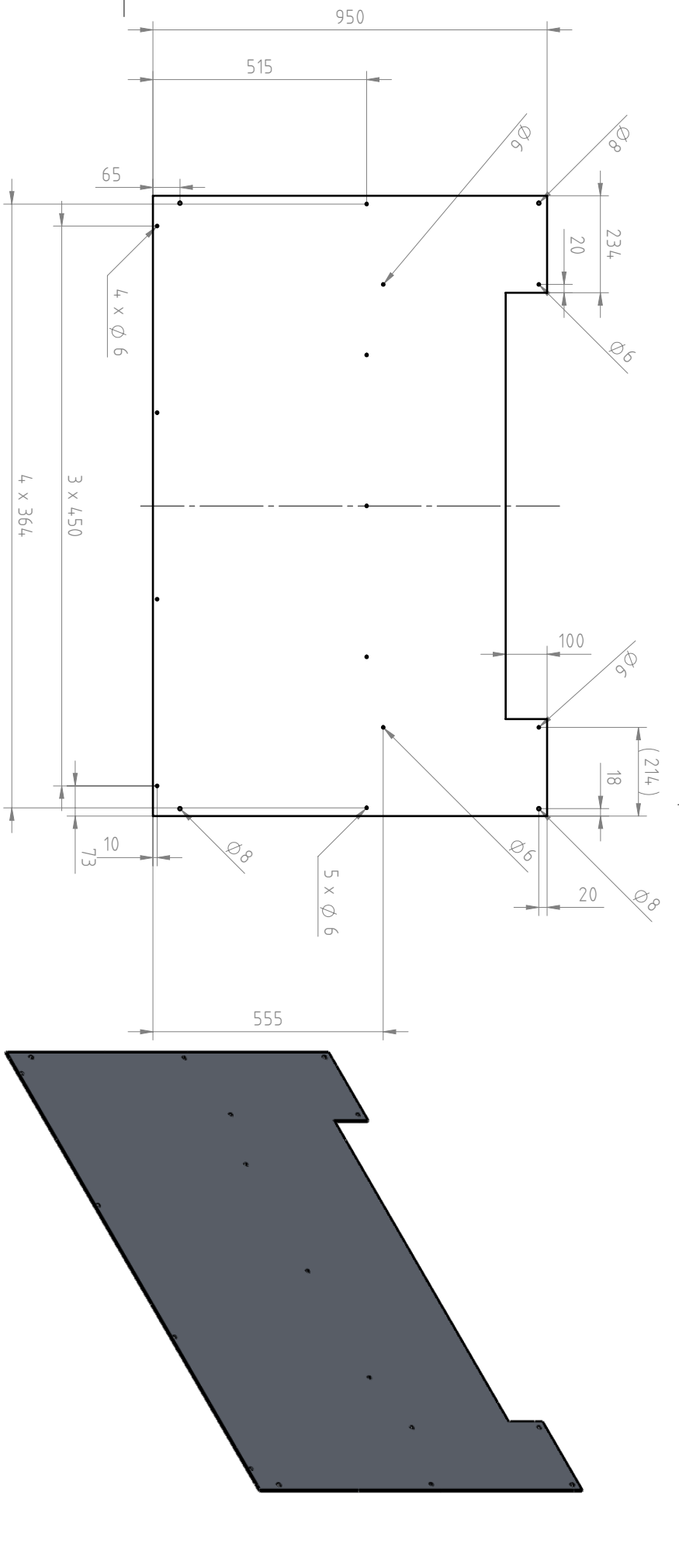


DETALJ A
SKALA 1 : 5

STYKKELISTE					
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-2	1	1050-H14		
01	Første utgave		HKL		24.05.2024
Revisjon Revisjonen gjelder			Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: TRANSPORTKASSE Bunnplate			Produisert av: Hans Kristian Lunda		Dato 24.05.2024
			Godkjent av:		
			Henvi sning:		
			Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1
			Tegningsnummer: TRANSPORTKASSE-2		Revisjon 01



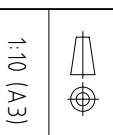
Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-3	1	1050-H14		

01	Første utgave	HKL			24.05.2024
Revisjon Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel: TRANSPORTKASSE Front		Produsert av: Hans Kristian Lunda			24.05.2024
		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Hensvisning:			
		Dokumenttype: Detaljtegning			
		Tegningsnummer: TRANSPORTKASSE-3			

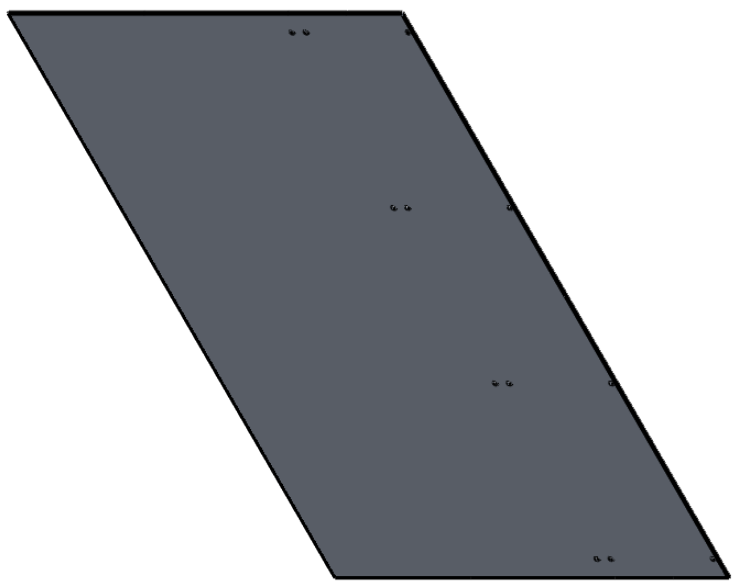
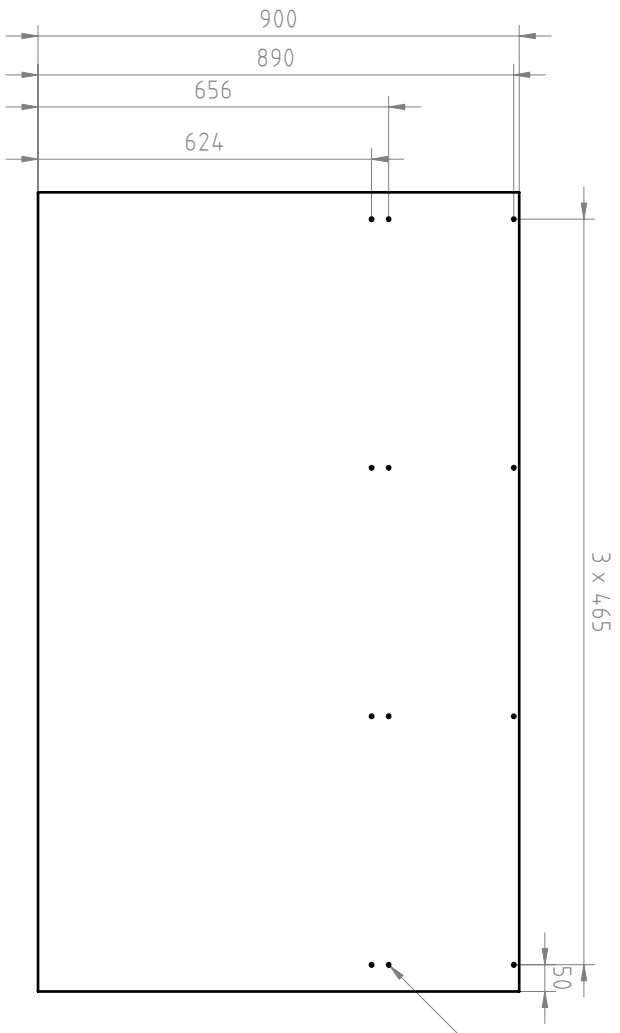


1:10 (A3)



Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

Ark: 1/1
Revisjon: 01



STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-4	1	1050-H14		

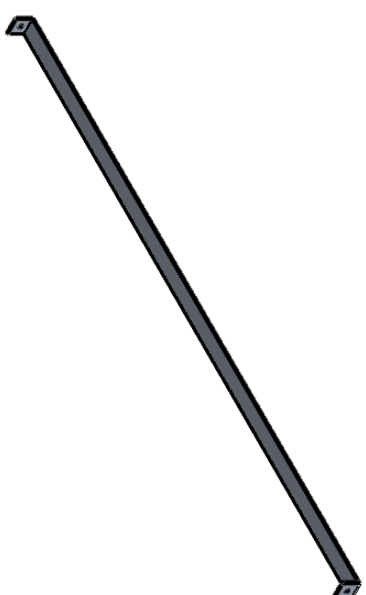
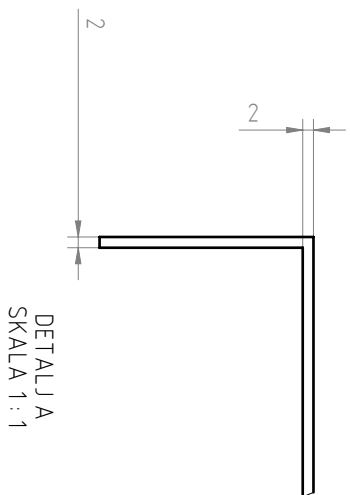
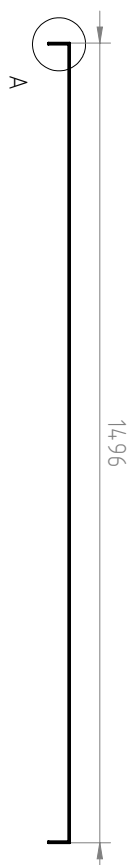
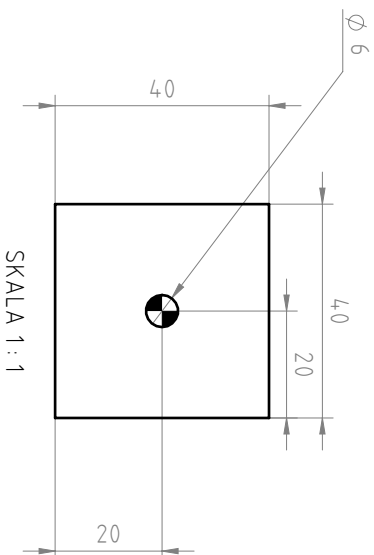
01	Første utgave		HKL		24.05.2024		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		TRANSPORTKASSE		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		24.05.2024
Bakluke		1:10 (A3)		Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
		Henvi sning:					
		Dokumenttype:		Tegningstype:		Ark:	
		Detaljtegning		Tegningsnummer:		1/1	



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

Tegningsnummer:
TRANSPORTKASSE-4

Revisjon
01



STYKKELISTE

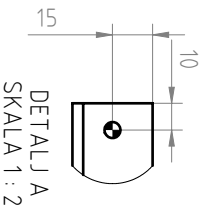
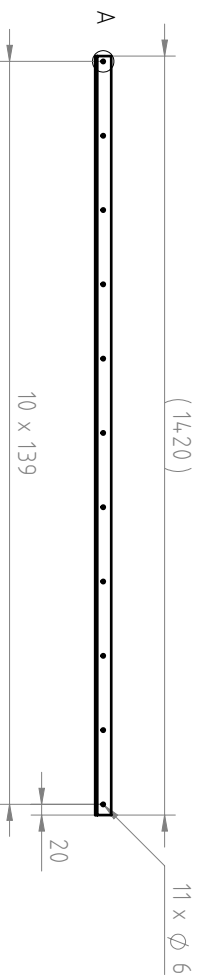
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-5	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Hans Kristian Lunda	
TRANSPORTKASSE		Kontrollert av:			
Støttebøyle		Godkjent av:			
		Hensvisning:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Tegningsnummer:		1/1	
		Revisjon:		01	

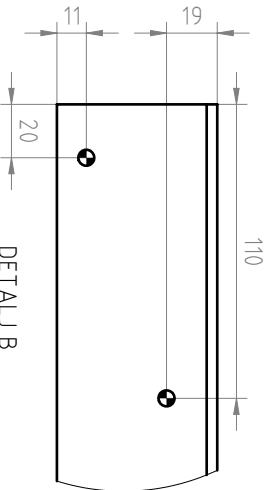
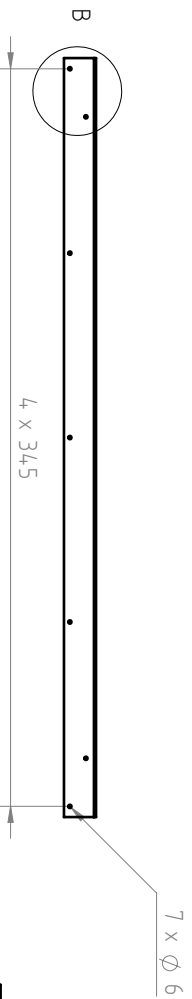
Tittel:		Produisert av:		Hans Kristian Lunda	
TRANSPORTKASSE		Kontrollert av:			
Støttebøyle		Godkjent av:			
		Hensvisning:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Tegningsnummer:		1/1	
		Revisjon:		01	



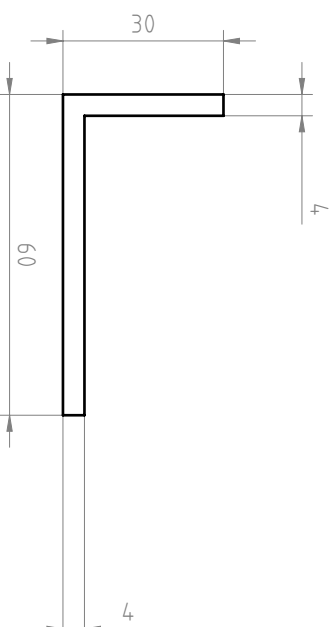
Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.



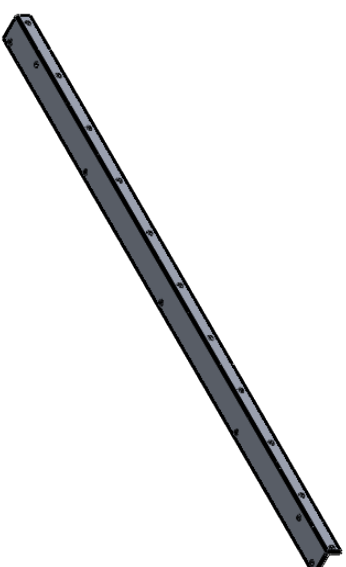
DETALJ A
SKALA 1 : 2



DETALJ B
SKALA 1 : 2



SKALA 1 : 1



STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-6	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021
----	---------------	--	-----	--	------------

Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
----------	--------------------	--	--------	----------	----------	------

Tittel:	L-VINKELSKINNE	1	Produisert av:	Hans Kristian Lunda	25.05.2021
1			Kontrollert av:		
			Godkjent av:		
			Hensvisning:		

1:10 (A3)



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.

Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midels
der ikke annet er
oppgitt.

Dokumenttype:
Detaljtegning

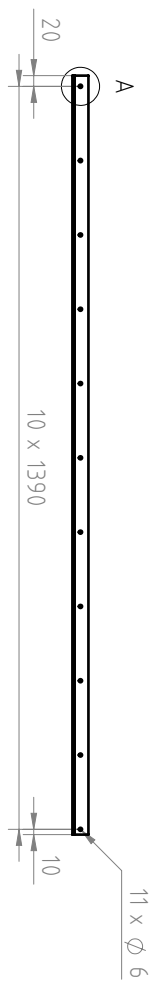
Tegningsnummer:
TRANSPORTKASSE-6

Ark:
1/1

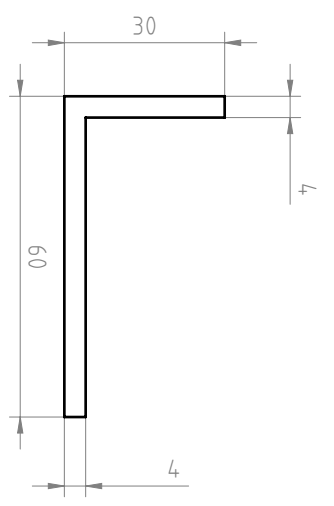
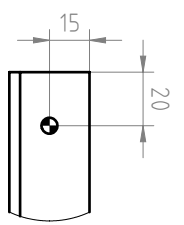
Revisjon
01



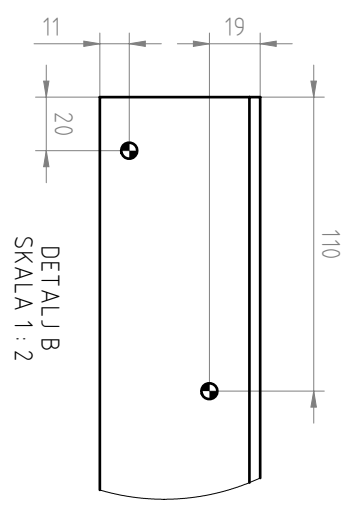
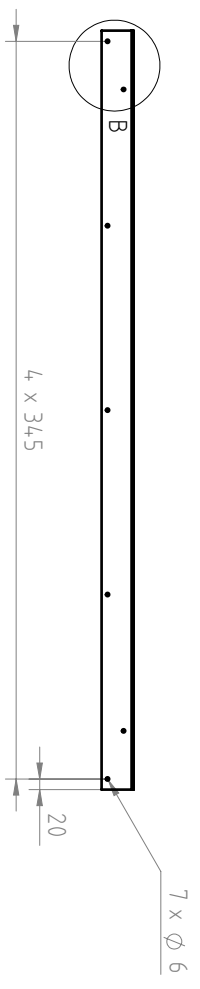
1 2 3 4 5 6 7 8



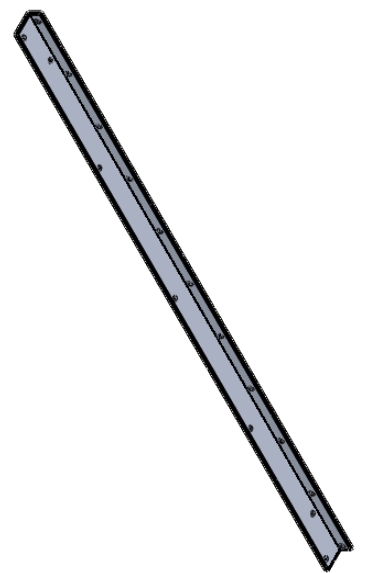
DETALJ A
SKALA 1 : 2



SKALA 1 : 1



DETALJ B
SKALA 1 : 2



STYKKELISTE

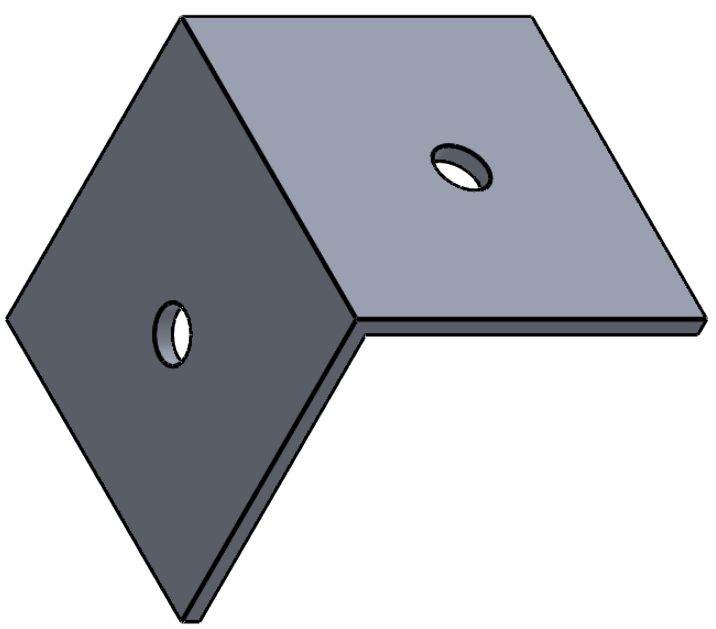
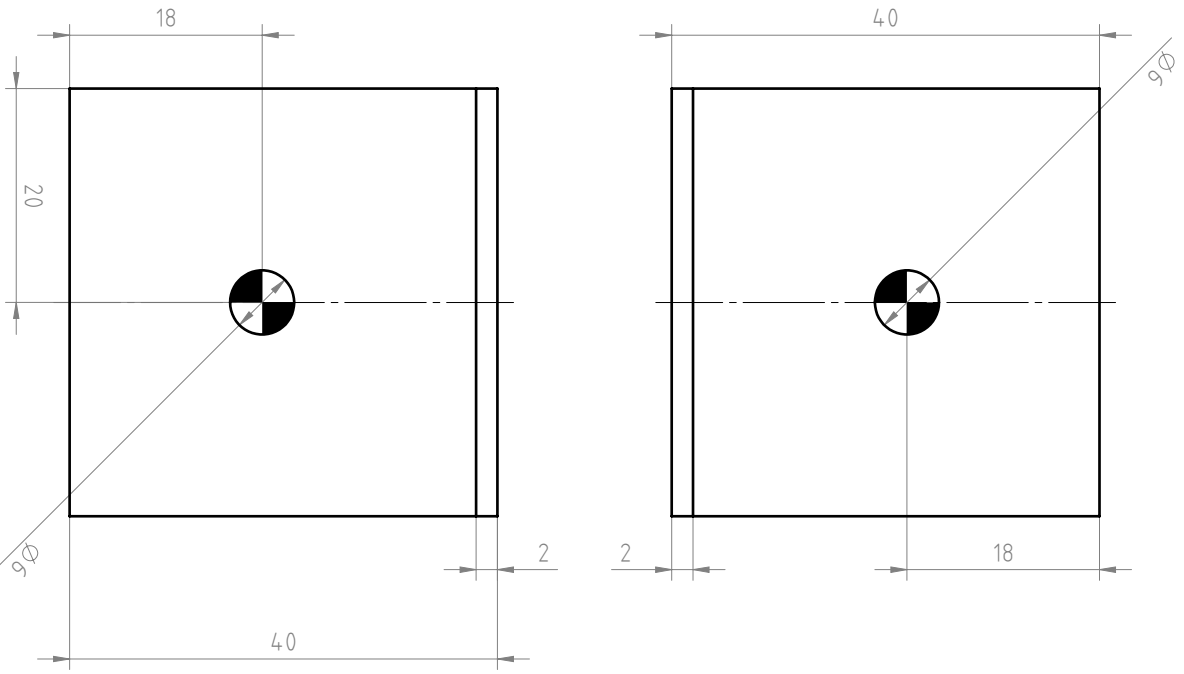
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-7	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		L-VINKELSKINNE		Godkjent	Dato
2		1:10 (A3)			25.05.2021
Tegningstype:		Dokumenttype:		Ark:	
Detailtegning		Hensvisning:		1/1	
Produisert av:		Hans Kristian Lunda		Revisjon	
Kontrollert av:				01	
Godkjent av:					
Hensvisning:					



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Midals
der ikke annet er
oppgitt.

Tegningsnummer:
TRANSPORTKASSE-7



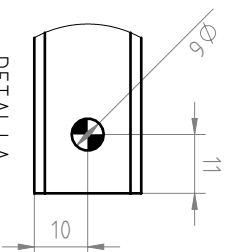
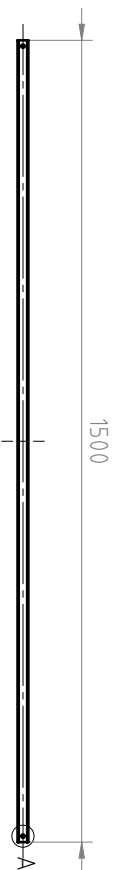
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-8	1	6063-T6		

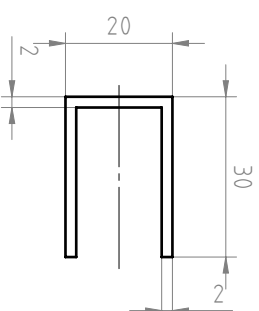
01	Første utgave				25.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder				
Tittel: TRANSPORTKASSE		Produisert av:	Hans Kristian Lunda		25.05.2021
Vinkel		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henvising:			
		Dokumenttype:	Detaljtegning		Ark: 1/1
		Tegningsnummer:	TRANSPORTKASSE-8		Revisjon 01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Middels
der ikke annet er
oppgitt.



DETALJ A
SKALA 1 : 1



SKALA 1 : 1

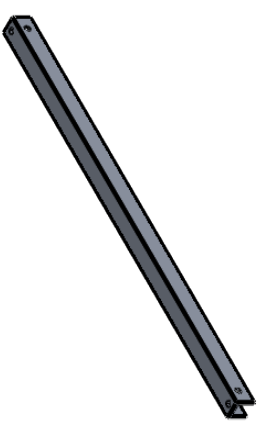
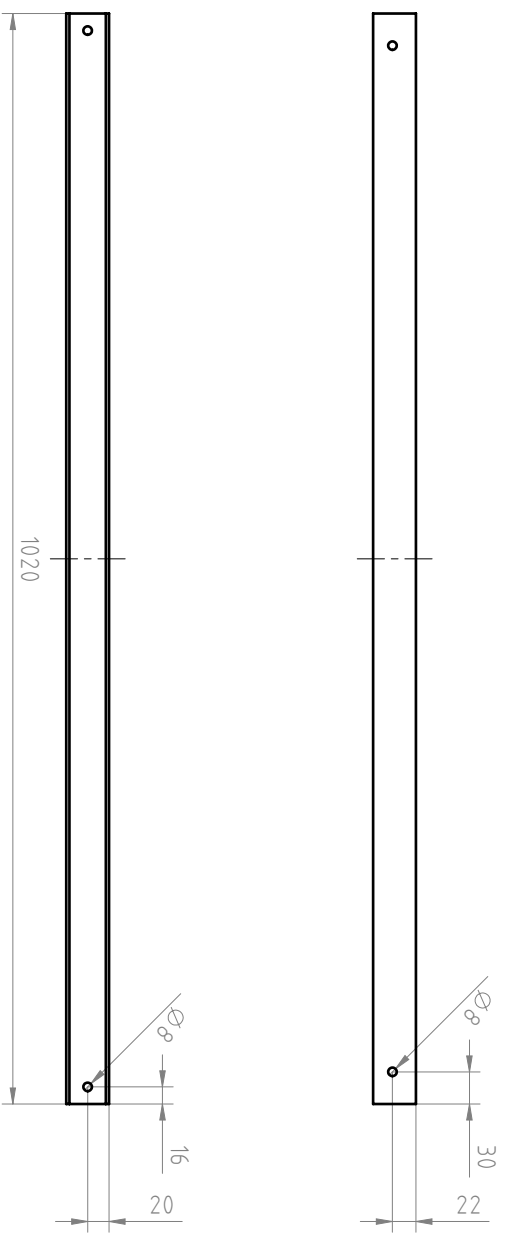


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Transportkasse-9	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		25.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder			
Tittel:		U-VINKEL			
Støtte til transportkassébunn		1:10 (A3)			
Toleranser iht. NS-ISO 2768-Middels der ikke annet er oppgitt.		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.			
Produisert av:		Hans Kristian Lunda		25.05.2021	
Kontrollert av:					
Godkjent av:					
Henviising:					
Dokumenttype:		Tegningstype:			
Detailtegning		Tegningsnummer:			
		TRANSPORTKASSE-9			
Ark:		1/1			
Revisjon		01			





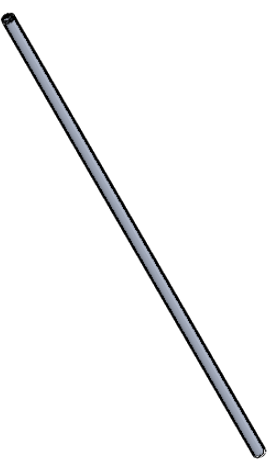
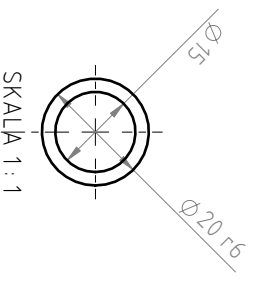
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	U-støtte	1	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			30.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		U-STØTTE		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		30.05.2021
Til støtte av glideplate		1:5 (A3)		Kontrollert av:			
				Godkjent av:			
				Henvising:			
				Dokumenttype:	Detaljtegning		Ark:
				Tegningsnummer:	U-STØTTE		Revisjon
							01



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



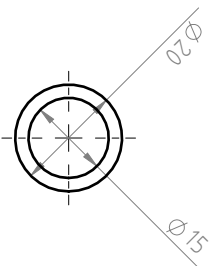
STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Valse-aksel-driv	1	6063-T6		

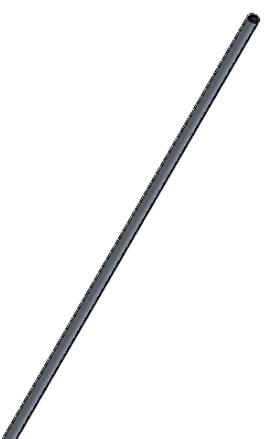
01	Første utgave		HKL		27.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		AKSEL		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		27.05.2021
Drivvalse		1:5 (A3)		Kontrollert av:			
		1:5 (A3)		Godkjent av:			
		Hensvisning:					
		Dokumenttype:		Detailtegning			Ark:
		Tegningsnummer:		VALSE-AKSEL-DRIV			1/1
		Revisjon		01			







Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

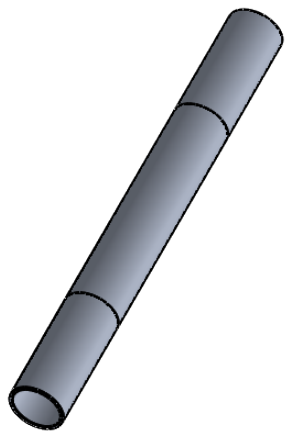
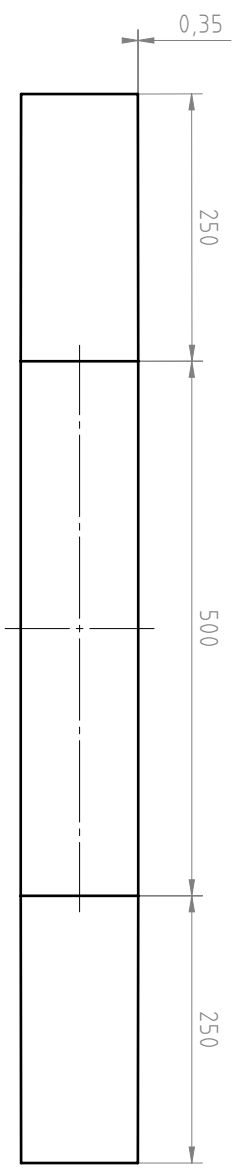
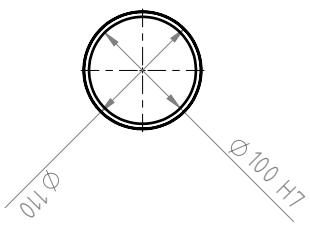


SKALA 1 : 1



STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Valse-aksel-vende	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		28.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
					Dato
					28.05.2021
Tittel: AKSEL Til vendevalse				Produsert av: Hans Kristian Lunda Kontrollert av:	
1,5 (A3)				Godkjent av:	
		Henvising:		Ark: 1/1	
Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS- ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype: Detaljtegning		Tegningsnummer: VALSE-AKSEL-VENDE	
		Revisjon		01	



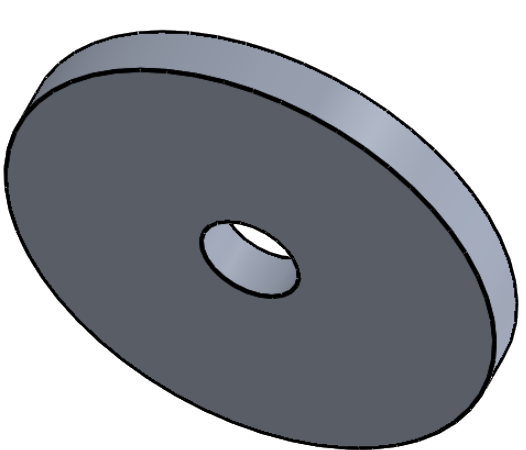
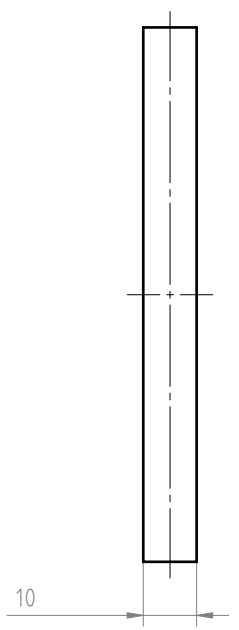
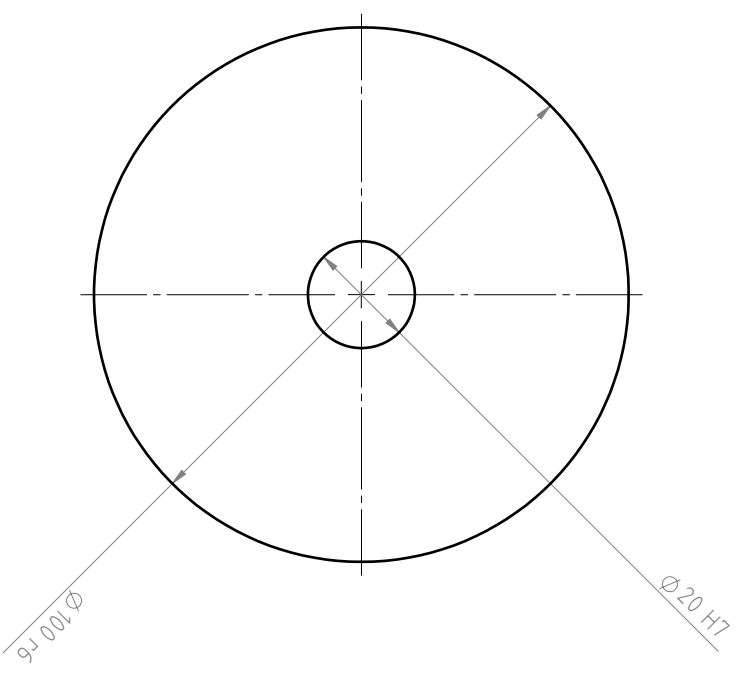
STYKKELISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Valse-rør	1	6063-T6		

01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll
Tittel:		Produisert av:		Godkjent	
VALSE		Hans Kristian Lunda		Dato	
Trapeuskroning				27.05.2021	
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Detailtegning		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		VALSE-RØR		01	



Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.

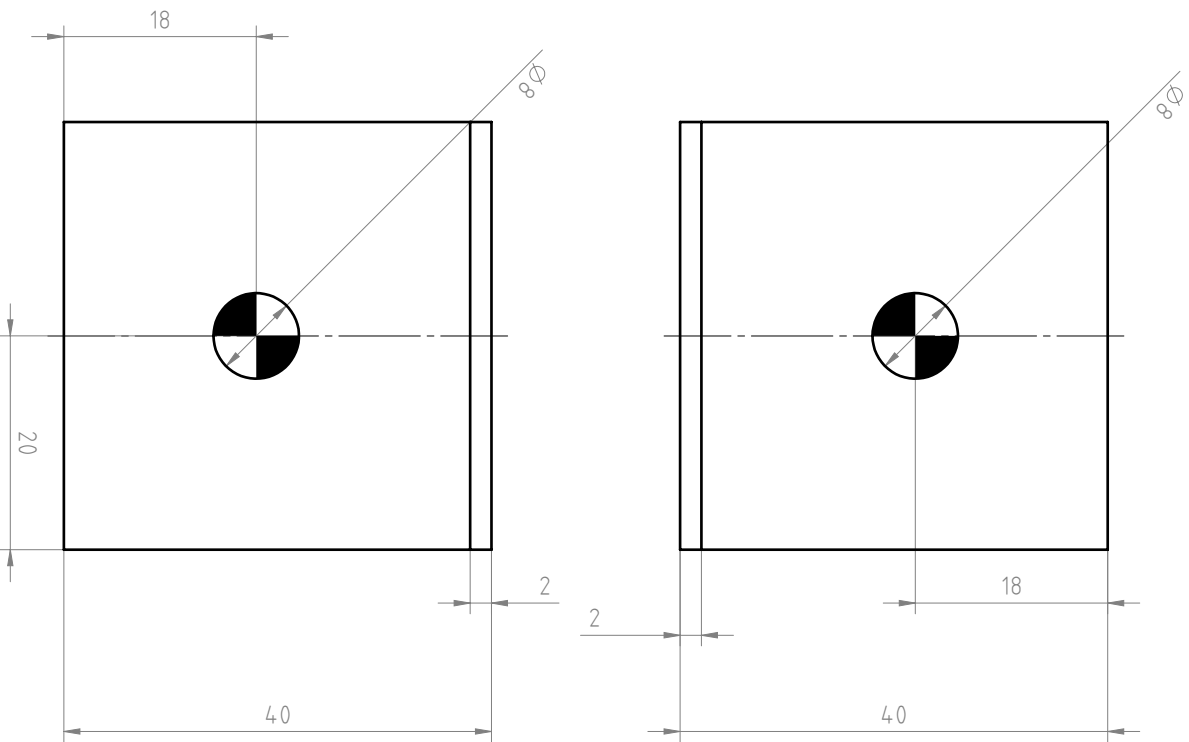
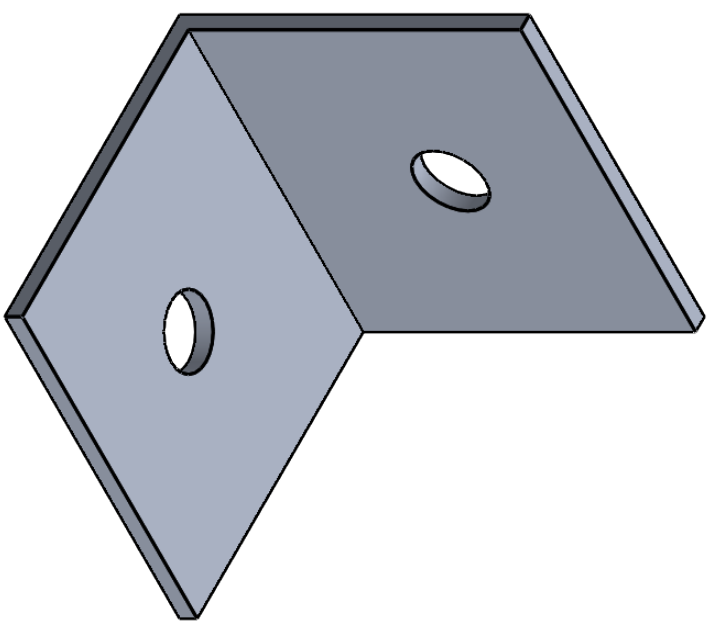


STYKKLISTE

Pos.	Tittel/Benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Valse-skive	1	6063-T6		
01	Første utgave		HKL		27.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent
Tittel: VALSE Skive			Produisert av: Hans Kristian Lunda		Dato 27.05.2021
			Kontrollert av:		
			Godkjent av:		
			Hensvisning:		
			Dokumenttype: Detaljtegning		Ark: 1/1
			Tegningsnummer: VALSE-SKIVE		Revisjon 01




Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-1 Midtals
der ikke annet er
oppgitt.



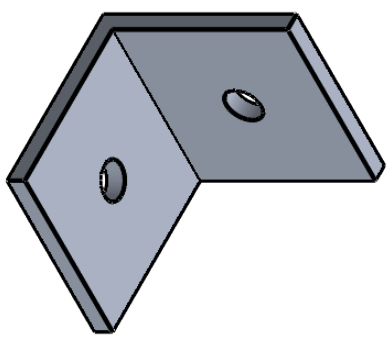
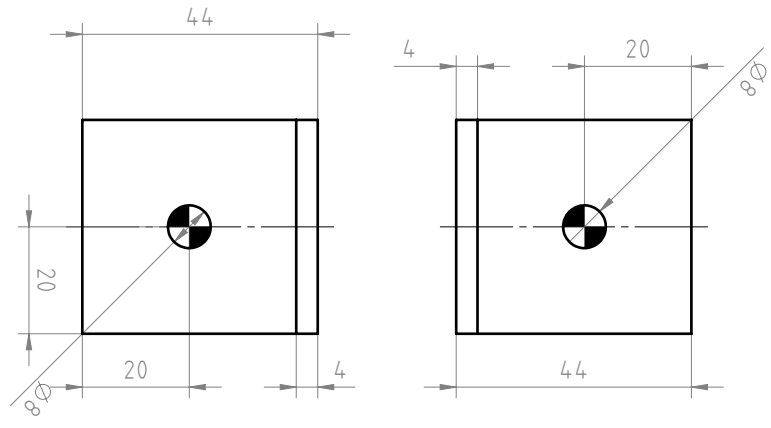
STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Vinkel - 40x40x2 - Ø8	1	6063-T6		

01	Første utgave										
Revisjon		Revisjonen gjelder									
Tittel:		VINKEL									
Til kassefront og U-støtter		 2:1 (A3)									
Tegningsnummer:		VINKEL-40X40X2-Ø8									
Revisjon		01									

 Norges miljø- og biovitenskapelige universitet		Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt. Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtels der ikke annet er oppgitt.		Dokumenttype: Detaljtegning Ark: 1/1	
Produsert av: Hans Kristian Lunda Tegner: Kontroll: Godkjent:		Dato: 31.05.2021		Godkjent av:	

1 2 3 4 5 6 7 8



STYKKLISTE

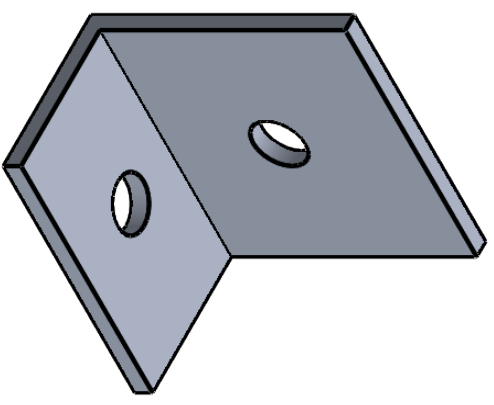
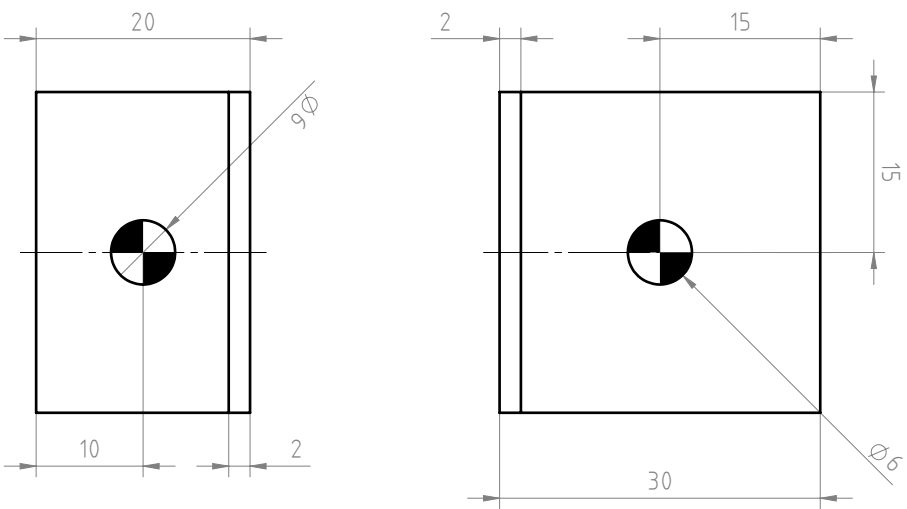
Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Vinkel-44x44x4-Ø8	1	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			28.05.2021
Revisjon	Revisjonen gjelder	Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato

Tittel:		Produisert av:		28.05.2021	
VINKEL		Hans Kristian Lunda			
44x44x4-Ø8		Kontrollert av:			
		Godkjent av:			
		Henviising:			
		Dokumenttype:		Ark:	
		Detaljtegning		1/1	
		Tegningsnummer:		Revisjon	
		VINKEL-44X44X4-Ø8		01	




Alle mål i millimeter
der ikke annet er
oppgitt.
Toleranser iht. NS-
ISO 2768-Middels
der ikke annet er
oppgitt.



STYKKLISTE

Pos.	Tittel/benevning/dim.	Ant.	Materiale	Vekt	Art. nr./ref.
1	Vinkel-bunnplate	1	6063-T6		

01	Første utgave	HKL			27.05.2021		
Revisjon		Revisjonen gjelder		Tegnet	Kontroll	Godkjent	Dato
Tittel:		Vinkel		Produsert av:	Hans Kristian Lunda		27.05.2021
Festing av transportkassebunn		2:1 (A3)		Kontrollert av:			
		Hensivning:		Godkjent av:			
		Dokumenttype:		Hensivning:			
		Tegningstype:		Hensivning:			
		Tegningsnummer:		Hensivning:			
		VINKEL-BUNNPLATE		Hensivning:			
		01		Hensivning:			


Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Alle mål i millimeter der ikke annet er oppgitt.
 Toleranser iht. NS-ISO 2768-1 Midtals der ikke annet er oppgitt.

Dokumenttype: Detaljtegning
 Tegningsnummer: VINKEL-BUNNPLATE
 Ark: 1/1
 Revisjon: 01



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway