

Blæstad

Tobias Smestad Berg og Håvard Byberg

Utviklingsoppgave

Spredning av husdyrgjødsel med tankvogn i kupert terreng – Forslag til tekniske løsninger

Spreading of manure with tanker in hilly terrain
- Suggestions for technical solutions

Landbruksteknikk

2019

Forord

Vi er nå på det siste året i studiet Bachelor i Landbruksteknikk, og det er vår tur til å gjennomføre bacheloroppgaven. I utgangspunktet skulle vi skrive bacheloroppgaven hver for oss, men gode diskusjoner og idemyldringer førte til at vi tidlig på høsten i 2018 bestemte oss for å gjøre dette sammen. Fra arbeidet startet opp og fram til nå har dette vært en veldig god prosess, og det var neppe noen ulempe at vi gikk inn i et samarbeid. Arbeidet med bacheloroppgaven har vært lærerikt og spennende.

Vi er begge fra gårder med melkeproduksjon i Trøndelag, og har begge erfaring med håndtering og utnyttelse av storfe gjødsel. Så at vi endte opp med å skrive om temaet husdyrgjødsel skjedde egentlig helt av seg selv. Dette er et tema som vi har stor interesse for og som vi har lyst til å lære mer om.

Vi er veldig fornøyd med hvordan denne prosessen har utartet seg. Vi har gjennom utviklingen av denne oppgaven vært innom flere temaer som er relevante for landbruksteknikk, bl. a. våronn, feltmekanisering, verksted og konstruksjon, hydraulikk, jordlære og dataassistert konstruksjon. Arbeidet med denne oppgaven har virkelig gitt oss god nytte av kunnskapen vi har opparbeidet oss igjennom årene på Blæstad. Vi er fornøyd med det endelige resultatet og vi mener at det er lagt et godt grunnlag for en videre utviklingsprosess.

Vi ønsker å rette en stor takk til Hans Christian Endrerud for god veiledning med oppgaven.

Vi ønsker også å rette en stor takk til:

Ottar Søråa Graven, i forbindelse med matematiske utregninger.

Dag Jørgensen, i forbindelse med utvikling av hydraulisk anlegg.

Innhold

Innhold

FORORD	2
INNHold	3
FIGUR OG TABELLISTE	7
NORSK SAMMENDRAG	10
ENGELSK SAMMENDRAG (ABSTRACT).....	11
1. INNLEDNING	12
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	12
1.2 EGEN BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	13
1.2.1 <i>Egen bakgrunn for Tobias Smestad Berg.....</i>	<i>13</i>
1.2.2 <i>Egen bakgrunn for Håvard Byberg.....</i>	<i>13</i>
1.3 BRUK AV HUSDYRGJØDSEL	14
1.4 FRA HUSDYRROMMET OG UT TIL JORDET	15
1.4.1 <i>Fra husdyrrom til lager.....</i>	<i>15</i>
1.4.2 <i>Vanlige systemer for spredning av husdyrgjødsel med tankvogn</i>	<i>17</i>
1.4.3 <i>Spredeeffektivitet for ulike systemer.....</i>	<i>19</i>
1.5 TYPER HUSDYRGJØDSEL.....	20
1.5.1 <i>Blautgjødning</i>	<i>20</i>
1.5.2 <i>Våtkompostert blautgjødning.....</i>	<i>20</i>
1.5.3 <i>Gylle.....</i>	<i>21</i>
1.5.4 <i>Land</i>	<i>21</i>
1.5.5 <i>Småfegjødsel</i>	<i>21</i>
1.5.6 <i>Fast gjødning.....</i>	<i>21</i>
1.5.7 <i>Talle</i>	<i>21</i>

1.6	LOVER OG FORSKRIFTER OM HUSDYRGJØDSEL	22
1.6.1	<i>Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav</i>	22
1.6.2	<i>Forskrift om gjødslingsplanlegging</i>	23
1.6.3	<i>Lov om vern mot forurensinger og mot avfall</i>	24
1.7	JORDPAKKING	24
1.8	FELTEFFEKTIVITET	25
1.9	PROBLEMSTILLING	25
1.10	MÅL MED OPPGAVEN	26
1.11	AVGRENSNINGER I OPPGAVEN.....	26
2.	TEKNISK UTSTYR FOR SPREDNING AV HUSDYRGJØDSEL MED TANKVOGN.	27
2.1	RAMME	27
2.2	TANK.....	27
2.3	PUMPER.....	28
2.3.1	<i>Sentrifugalpumpe</i>	28
2.3.2	<i>Vakuumpumper</i>	29
2.3.3	<i>Dreiestempelpumpe</i>	30
2.3.4	<i>Eksentersnekkepumpe</i>	31
2.4	RØR.....	31
2.5	VENTILER	32
2.6	SPREDEORGAN	32
2.6.1	<i>Bladspreder</i>	32
2.6.2	<i>Jetvogn/kanon</i>	33
2.6.3	<i>Stripelegger</i>	34
2.6.4	<i>Grunn nedfelling</i>	34

2.6.5	<i>Trykkinjeksjon (DGI)</i>	35
3.	MATERIALE OG METODE	37
3.1	FREMGANGSMÅTE.....	37
3.2	CONCEPT SCREENING	37
3.3	DATAPROGRAMMER.....	37
3.3.1	<i>Dataassistert konstruksjon</i>	37
3.3.2	<i>Tekstredigeringsprogram</i>	37
3.4	FORMLER OG UTREGNINGER	38
4.	SCREENING	40
4.1	INNLEDNING.....	40
4.2	FORSLAG TIL TEKNISKE LØSNINGER	40
4.2.1	<i>Alternativ 1: To mekanisk drevne pumper</i>	40
4.2.2	<i>Alternativ 2: En mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk drevet matepumpe</i>	41
4.2.3	<i>Alternativ 3: En mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk drevet pumpe</i>	42
4.2.4	<i>Alternative 4: En mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk tippsylinder</i>	42
4.3	PRODUKTKRAV	43
4.4	TABELLOVERSIKT	44
4.5	BAKGRUNN FOR VURDERING.....	44
5.	KONSTRUKSJON AV VALGT LØSNING	46
5.1	VURDERING AV DETALJER.....	46
5.1.1	<i>Plassering av hovedpumpe</i>	46
5.1.2	<i>Plassering av matepumpe</i>	48
5.1.3	<i>Plassering av rør</i>	48
5.2	PRODUKTPRESENTASJON MED KONSTRUKSJONSTEGNINGER	49
5.2.1	<i>Endelig løsning</i>	49

5.2.2	<i>Prinsipp</i>	52
5.3	BESKRIVELSE AV KOMPONENTER	55
5.3.1	<i>Tank</i>	55
5.3.2	<i>Ramme</i>	56
5.3.3	<i>Boggiaksling</i>	56
5.3.4	<i>Rør</i>	57
5.3.5	<i>Hovedpumpe</i>	58
5.3.6	<i>Matepumpe</i>	58
5.3.7	<i>Gjødselkammer/Ventil</i>	59
5.3.8	<i>Spredeorgan</i>	60
5.4	BESKRIVELSE AV HYDRAULIKK	61
6.	DISKUSJON	64
7.	KONKLUSJON	66
7.1	FORSLAG TIL VIDERE UTVIKLING OG ARBEID.....	66
LITTERATURLISTE	.....	68
LITTERATUR	.....	68
INTERNETT	.....	68
BILDER	.....	69
VEDLEGG	.....	71
VEDLEGG 1: UTREGNING AV SPREDEEFFEKTIVITET FOR EI SYLINDRISK TANKVOGN	.....	72
VEDLEGG 2: SPRENGSKISSE	.....	80
VEDLEGG 3: GJØDSELVOGN, OVERSIDE	.....	81
VEDLEGG 4: GJØDSELVOGN, VENSTRE SIDE	.....	82
VEDLEGG 5: GJØDSELVOGN, FORAN	.....	83
VEDLEGG 6: GJØDSELVOGN, BAK	.....	84

Figur og tabelliste

Figur 1: <i>Tett gulv med gjødseltrekk for storfe, Fjøsssystemer, u.å.</i>	15
Figur 2: <i>Gjødselkum, Agromiljø, u.å.</i>	16
Figur 3: <i>Vogn med sentrifugalpumpe, Joskin, u.å.</i>	17
Figur 4: <i>Vogn med dreiestempelpumpe, Joskin, u.å.</i>	18
Figur 5: <i>Vogn med eksentersnekkepumpe, Joskin, u.å.</i>	18
Figur 6: <i>Vakuumbvogn, Joskin, u.å.</i>	19
Figur 7: <i>Kart over kjørespor, Høydedata, 2018</i>	19
Figur 8: <i>Diagram for felteffektivitet i en gitt situasjon, av forfatterne, 2018</i>	20
Figur 9: <i>Gjødselvogner med forskjellig utforming og material på tanken, Mascus, u.å.</i>	28
Figur 10: <i>Sentrifugalpumpe, Mathisen, 2013</i>	29
Figur 11: <i>Lamellpumpe, Joskin, u.å.</i>	30
Figur 12: <i>Dreiestempelpumpe, Joskin, u.å.</i>	30
Figur 13: <i>Eksentersnekkepumpe, Axflow, u.å.</i>	31
Figur 14: <i>Sluseventil, Kramp, u.å.</i>	32
Figur 15: <i>Bladspreder, Nikolaisen, 2015</i>	33
Figur 16: <i>Jetvogn/kanon, Ystad, 2015</i>	33
Figur 17: <i>Stripelegger, Kval-Engstad, 2017</i>	34
Figur 18: <i>Grunn nedfelling, Heggset, u.å.</i>	35
Figur 19: <i>Trykkinjeksjon (DGI), Morken, 2003</i>	36
Figur 20: <i>Prinsippskisse av tankvogn med to mekanisk drevne pumper, av forfatterne, 2018</i>	40
Figur 21: <i>Prinsippskisse av tankvogn med en mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk matepumpe, av forfatterne, 2018</i>	41
Figur 22: <i>Prinsippskisse av tankvogn med en mekanisk og en hydraulisk drevet pumpe, av forfatterne, 2018</i>	42
Figur 23: <i>Prinsippskisse av tankvogn med en mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk tippsylinder, av forfatterne, 2018</i>	42
Figur 24: <i>Prinsippskisse nedsenket gjødselkammer uten sluseventil, av forfatterne, 2019</i>	46
Figur 25 og 26: <i>Prinsippskisse gjødselkammer med sluseventil, av forfatterne, 2019</i>	47
Figur 27: <i>Endelig løsning, av forfatterne, 2019</i>	49

Figur 28: <i>Endelig løsning sett fra høyre side, av forfatterne, 2019</i>	49
Figur 29: <i>Endelig løsning sett fra bakside, av forfatterne, 2019</i>	50
Figur 30: <i>Endelig løsning sett fra forside, av forfatterne, 2019</i>	50
Figur 31: <i>Endelig løsning sett fra venstre side, av forfatterne, 2019</i>	51
Figur 32: <i>Endelig løsning sett ovenfra, av forfatterne, 2019</i>	51
Figur 33 og 34: <i>Prinsippskisse for gjødselvogn ved bruk av matepumpe, av forfatterne, 2019</i>	52
Figur 35: <i>Prinsippskisse gjødselvogn</i>	53
Figur 36: <i>Prinsippskisse for gjødselvogn ved normal spredning, av forfatterne, 2019</i>	54
Figur 37: <i>Tank med påfyllingsluke for gjødsel, av forfatterne, 2019</i>	55
Figur 38: <i>Tankvognas ramme, av forfatterne, 2019</i>	56
Figur 39: <i>Boggiaksling, av forfatterne, 2019</i>	56
Figur 40: <i>Rørplasseringer på tankvogna, av forfatterne, 2019</i>	57
Figur 41: <i>Sentrifugalpumpe drevet av kraftuttak, av forfatterne, 2019</i>	58
Figur 42: <i>Sentrifugalpumpe drevet av hydraulikk, av forfatterne, 2019</i>	58
Figur 43: <i>Gjødselkammer og sluseventil med hydraulisk sylinder, av forfatterne, 2019</i>	59
Figur 44: <i>Bladspredeorgan, av forfatterne, 2019</i>	60
Figur 45: <i>Hydraulisk kart over tankvogna med traktor, av forfatterne, 2019</i>	61
Figur 46: <i>Kart over hydrauliske funksjoner for sluseventil og matepumpe, når matepumpa skal benyttes, av forfatterne, 2019</i>	62
Figur 47: <i>Kart over hydrauliske funksjoner for sluseventil og matepumpe, når matepumpa ikke skal benyttes, av forfatterne, 2019</i>	63
Tabell 1: <i>Screening, av forfatterne, 2018</i>	44
Figur og tabelliste vedlegg:	
Figur 48: <i>Illustrasjon av tankvogn i eksempelet, av forfatterne, 2018</i>	72
Figur 49: <i>Oppdeling av segmenter, av forfatterne, 2018</i>	73
Figur 50: <i>Vinkel for hvert segment, av forfatterne, 2018</i>	73
Figur 51: <i>Segmenter, av forfatterne, 2018</i>	75
Figur 52: <i>Kart over kjørespor, Høydedata, 2018</i>	76
Figur 53: <i>Felteffektivitet under spredning, av forfatterne, 2018</i>	79

Tabell 2: <i>Oversikt av gjenværende gjødsel i vogna for hver seksjon, av forfatterne, 2018</i>78
---	-----

Norsk sammendrag

Jordbruket har i de siste årene vært utsatt for flere utfordringer, bl.a. sentralisering og effektivisering. I den forbindelse er håndtering og effektiv utnyttelse av husdyrgjødsel en viktig del av norsk matproduksjon. Husdyrgjødsel er en viktig ressurs i alle husdyrhold, men kan også være en kilde til forurensning. Det er ønskelig å begrense tapet av næringsstoffer fra husdyrgjødsel, bl.a. gjennom fordamping og avrenning. Effektivisering av landbruket har stimulert til investeringer i større maskinkapasitet, men dette gir også større utfordringer i forhold til ivaretagelse av jordstruktur. På bakgrunn av utfordringene som finnes ved utnyttelse av husdyrgjødsel har vi i denne oppgaven lyst til å bidra med en ny teknisk løsning som bedrer effektiviteten i arbeidet og som også ivaretar utnyttelsen av næringsstoffene i husdyrgjødsel.

Basert på egne erfaringer og det tekniske utstyret som finnes på markedet i dag ønsker vi å finne ei løsning for å oppnå 100% spredeeffektivitet på gjødselvogn med sentrifugalpumpe. Løsningen skal gi bedre forutsetning for jevn spredning, mindre kjøring og mindre pakking av jord.

Eksisterende utstyr på markedet i dag la grunnlaget for fire alternative prinsippskisser som kunne løse problemstillingen vår. Gjennom en screeningprosess og detaljutforming har vi kommet fram til en endelig løsning. Den endelige løsningen består av ei mekanisk drevet sentrifugalpumpe og ei hydraulisk drevet matepumpe med et gjødselkammer og en sluseventil. Løsningen er tegnet i 3D for å vise spredeprinsippet tydelig.

Vi mener at den endelige løsningen innfrir målene vi har satt for oppgaven. Løsningen gir tilnærmet 100% spredeeffektivitet, og med noen endringer kan man oppnå fullstendig spredning. Løsningen legger til rette for mindre kjøring på jordet, noe som vil føre til mindre pakking av jord og ødeleggelse av jordstruktur. Den endelige løsningen er ikke fullprosjektert.

Engelsk sammendrag (abstract)

Agriculture has faced several challenges in recent years, among other things like centralization and efficiency improvement. Handling and efficient utilization of manure has become an important part of Norwegian food production. Livestock manure is an important resource in all animal husbandry but can also be a source of pollution. It is desirable to limit the loss of nutrients from the livestock manure, among other things through evaporation and runoff. Efficiency improvements in agriculture has stimulated to investments in bigger machine capacity, but this also presents greater challenges in relation to safeguarding soil structure. Based on existing challenges when utilizing livestock manure, we want to contribute with a new technical solution that improves the efficiency of the work and which safeguards the utilization of nutrients in livestock manure.

Based on our own experience and the technical equipment available on the market today, we want to find a solution to achieve 100% spreading efficiency on a slurry tanker with a centrifugal pump. The solution should provide better conditions for even spreading, less driving and less packing of soil.

Existing equipment on the market today laid the foundation for four alternative principle sketches that could solve our problem. Through screening and detail design we have come up with a final solution. The final solution consists of a mechanically driven centrifugal pump and a hydraulically driven feeding pump with a manure chamber and a gate valve. The solution is drawn in 3D to show the spreading principle clearly.

We believe that the final solution meets the goals we have set ourselves. The solution provides almost 100% spreading efficiency, and with some changes, complete spreading efficiency can be achieved. The solution allows for less driving on the fields, which will lead to less packing of soil and damaging of soil structure. The final solution is not fully projected.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Jordbruket har i de siste årene vært utsatt for flere utfordringer, bl.a. sentralisering og effektivisering. Dette har i stor grad påvirket landbruket i Norge, men selv om antall husdyrproduksjoner over tid har gått ned, ser man at jordbruksarealet opprettholdes og til og med økes. (Skøien, 2003, s. 11). Antallet husdyrproduksjoner i Norge ligger på 27 500 pr. 1. mars 2018. (SSB, 2018). I den forbindelse er håndtering og effektiv utnyttelse av husdyrgjødsel en viktig del av norsk jordbruk og matproduksjon.

Husdyrgjødsel er et restprodukt, men også en viktig ressurs i alle husdyrhold. Husdyrgjødsel inneholder organisk materiale og næringsstoffer som jord og planter kan utnytte. På en annen side kan husdyrgjødsel være en kilde til forurensing. Det er ønskelig å unngå avrenning av husdyrgjødsel fra spredearealene. Avrenning fører til at organisk materiale og plantenæringsstoffer går tapt i vassdrag. Dette avhenger av mengde gjødsel som spres, nedbørsintensitet, jordart, mm. Konsekvenser av dette kan være økt plantevekst i elver, innsjøer eller hav, da plantematerialet får tilført mer næring. Plantenæringsstoffer kan også gå tapt ved at ammoniumnitrogen fordamper vekk i lufta. Tap av næringsstoffer til luft kan skje ved håndtering, transport, lagring og spredning, altså i hele prosessen. Tap av næringsstoffer og organisk materiale er et miljøproblem, og noe man i størst mulig grad bør unngå. (Morken, Bøe & Endrerud, 2003, s.124-125).

Utnyttelse av husdyrgjødsel medfører flere utfordringer enn tap av næringsstoffer. Effektivisering i landbruket har i senere tid medført at enhetene blir større, noe som igjen stimulerer til investeringer i større og mer effektive maskiner. Det kan være en utfordring å finne balansegangen mellom det å ha en effektiv utnyttelse av husdyrgjødsel og det å ta vare på jord og jordstruktur. Det kan være flere grunner til at man ønsker å øke maskinkapasiteten i drifta, bl.a. økt arealeffektivitet og reduserte produksjonskostnader. Det viktigste er at man har en formening om hvilke konsekvenser endringer i mekaniseringa har, da dette ofte går på tvers av jordpakking og ødeleggelse av jordstruktur. (Morken, 2003, s.7).

På bakgrunn av utfordringene som finnes ved utnyttelse av husdyrgjødsel har vi i denne oppgaven lyst til å bidra med en ny teknisk løsning som bedrer effektiviteten i arbeidet og som ivaretar utnyttelsen av næringsstoffene i husdyrgjødsel.

1.2 Egen bakgrunn for oppgaven

1.2.1 Egen bakgrunn for Tobias Smestad Berg

Min bakgrunn for å utføre denne oppgaven er at jeg nå er på det siste året i studiet i Landbruksteknikk ved Høgskolen i Innlandet, og jeg skal skrive en avsluttende bacheloroppgave. Jeg ser på bacheloroppgaven som en mulighet til å fordype meg i noe jeg har stor interesse for. I min avsluttende bacheloroppgave har jeg lyst til å være nytenkende og gjøre mitt beste for å utfordre markedet og de tekniske løsninger som finnes i dag.

Bakgrunnen for temaet i bacheloroppgaven er tanker jeg har gjort meg opp når jeg har arbeidet med spredning av husdyrgjødsel selv. Jeg er selv fra en gård i Snåsa i Trøndelag, og har igjennom praktisk arbeid erfart ulike utfordringer med effektiv håndtering og utnyttelse av husdyrgjødsel. Jeg har ofte opplevd at det er vanskelig å planlegge kjøringa slik at man oppnår god tømning av gjødselvogna og samtidig oppnår minst mulig kjøring på jordet. Basert på disse tankene fikk jeg en ide til en teknisk løsning som muligens kunne løse dette. Høsten 2018 delte jeg tankene mine med medstudent Håvard Byberg, og etter flere diskusjoner og idemyldringer bestemte vi oss for å utføre bacheloroppgaven sammen.

1.2.2 Egen bakgrunn for Håvard Byberg

Jeg går siste året på landbruksteknikkstudiet på Høgskolen i Innlandet, avdeling Blæstad. Tidligere har jeg utdannet meg som agronom på Val videregående skole, og jeg har jobbet innenfor landbruk ved siden av skole og studier. Jeg har en bred interesse innenfor landbruket som omfatter husdyr, plantefag, mekaniske og tekniske fag.

I utgangspunktet var jeg allerede i gang med en annen oppgave da Tobias Smestad Berg presenterte sine ideer for meg høsten 2018. Jeg syntes problemstillingen virket spennende og etter flere diskusjoner kom vi fram til at det kunne bli en god oppgave. Det er en oppgave som gir mulighet til å komme innom mange av fagene som vi har hatt på landbruksteknikkstudiet. Vi har samarbeidet godt på en tidligere oppgave, så jeg følte meg trygg på at vi kom til å samarbeide godt på denne oppgaven også.

1.3 Bruk av husdyrgjødsel

Husdyrgjødsel er et restprodukt fra alle husdyrproduksjoner, men samtidig en stor ressurs. Husdyrgjødsla inneholder plantenæringsstoffer, hovedsakelig nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K). Innholdet av næringsstoffer varierer fra produksjon til produksjon. Gjødsel fra fjørfe og pelsdyr inneholder spesielt mye fosfor, mens gjødsel fra drøvtyggere inneholder mer kalium. Mengden fosfor i gjødsla vil øke dersom man fôrer drøvtyggerne med mye kraftfôr. Husdyrgjødsel inneholder nitrogen både i organisk og uorganisk form, men forekommer oftest som ammonium (NH_4^+). Mengden nitrogen i gjødsla øker i takt med mengde urin, altså er det betraktelig mer nitrogen i land enn i fast gjødsel. (Balsvoll, Bjørdal, Bærug, Fjeld, Fjellidal, Flaten, ... Aasen, 1993, s. 11).

Man vil at jord og plantekulturer skal ha så god virkningsgrad som mulig av husdyrgjødsla som tilsettes. Virkningsgraden kan fremstilles på forskjellige måter, bl.a. som “meravling etter tilført husdyrgjødsel” eller som “utnyttingsgraden av næringsstoffene i husdyrgjødsla”. For å oppnå god virkningsgrad kan man utføre forskjellige tiltak. Er det høy tørrstoffprosent i gjødsla kan man tilsette vann for å begrense tapet av ammoniakk til fordamping, samt at gjødsla lettere vil sige ned i jorda etter spredning. Virkningsgraden av næringsstoffer i gjødsla begrenses også av mekaniseringslinja man benytter seg av for å håndtere og spre gjødsla. Samtidig er det også viktig å unngå spredning under ugunstige forhold, som ved dager med høye temperaturer, sterk sol og vind. Det er ønskelig med litt fukt i plantedekket og i lufta for best utnyttelse av næringsstoffene, men unngå kjøring når jorda inneholder for mye vann. (Balsvoll et al., 1993, s. 61).

For å oppnå god plantevekst og gode avlinger er det viktig å ivareta strukturen i jorda. God jordstruktur kjennetegnes ved at det er godt med luftfylte porer og vannfylte porer i jorda som legger et godt grunnlag for rotutvikling hos planten. Jordstrukturen blir i stor grad påvirket av naturlige prosesser som foregår i det øverste jordlaget. Naturlige prosesser kan for eksempel være frysing og tining, eller dyr og planters virksomhet i jorda. Dette er viktige prosesser som gjør at tette pakkingsjikt brytes opp og at partikler bindes sammen i større jordaggregat. Ved å tilføre husdyrgjødsel i jorda påvirker vi jordstrukturen på en god måte. Husdyrgjødsla inneholder organisk materiale, som er mat for faunaen og mikroorganismene som befinner seg i jorda. Tilførsel av organisk materiale bidrar til økt liv i jordfaunaen, som igjen påvirker jordstrukturen på en god måte. (Skøien, 2003, s. 33, 118).

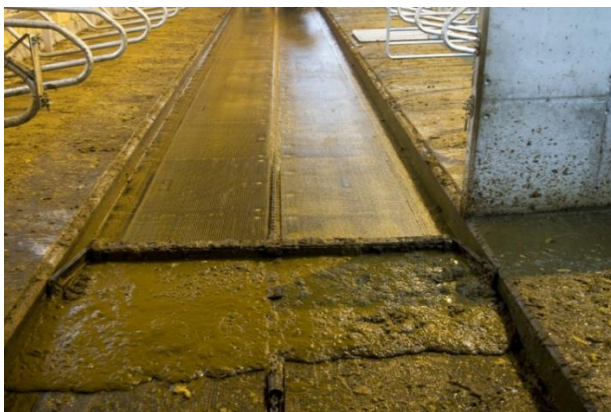
1.4 Fra husdyrrommet og ut til jordet

1.4.1 Fra husdyrrom til lager

I det øyeblikket husdyrgjødsel avgis fra husdyret står det ovenfor en prosess som kan inneholde bl.a. skraping, lagring og transport før den spres utover jordet. Gjødsel blir transportert med skrapec, skruer, pumper eller lignende, avhengig av mekanisering i fjøset. Behandling som dette vil medføre noe næringstap og luftforurensing, noe man ønsker å begrense til et minimum.

Det første leddet i prosessen er utforminga av gulvet og eventuell mekanisering som transporterer gjødsel vekk fra gangunderlaget hos husdyra. Man kan skille mellom drenerende og tette gulv. Drenerende gulv inneholder åpninger som gjør at gjødsel transporteres igjennom gulvet og ned i et lager eller en flyterenne. Eksempler på dette kan være spaltegulv for storfe og strekkmetallrister for sau. Tette gulv har ikke den drenerende egenskapen og er i større grad avhengig av mekanisering for å få transportert gjødsel inn i et lager. Talle er også kategorisert som tett gulv. (Ruud, u.å., lysark 22, 80).

Det finnes mange muligheter for mekanisering til å transportere gjødsel vekk fra gulvet i husdyrrommet. Man kan benytte seg av gjødseltrekk i forskjellige varianter, skrapecroboter og enklere gjødselskrapec. Det viktigste er at mekaniseringa er tilpasset utforminga av gulvet og at husdyra får best mulig forutsetninger for renslige gulv og godt fotfeste. Talle kan transporteres ut av husdyrrommet med traktor eller minilaster. (Ruud, u.å., lysark 52).



Figur 1: Tett gulv med gjødseltrekk for storfe. "Gjødseltrekk", u.å., Fjøssystemer (<https://www.fjossystemer.no/storfe/gjodselhandtering/gjodseltrekk>).

Gjødsla skal transporteres inn i et lager. Mekanisering avhenger av type gjødsel, produksjon og plassering av lageret. Gjødsla kan lagres i gjødselkjeller, gjødselkum, lagune eller rett på bakken hvis tørrstoffinnholdet er over 25%. Blaut gjødsel kan transporteres ut til lager ved hjelp av pumper og rør. Man kan benytte seg av mellomlagring i liten kjeller før man transporterer gjødsla ut i gjødselkum. Gjødsel fra høns transporteres ofte fram til lageret ved hjelp av transportskruer og man kan benytte seg av vakuumutgjødsling i svineproduksjon. Det er mange mulige måter å transportere gjødsel på, men det viktigste er å begrense næringstap i gjødsla og forurensing i størst mulig grad. (Ruud, u.å., lysark 3, 78, 80, 82, 95-96 og 106).

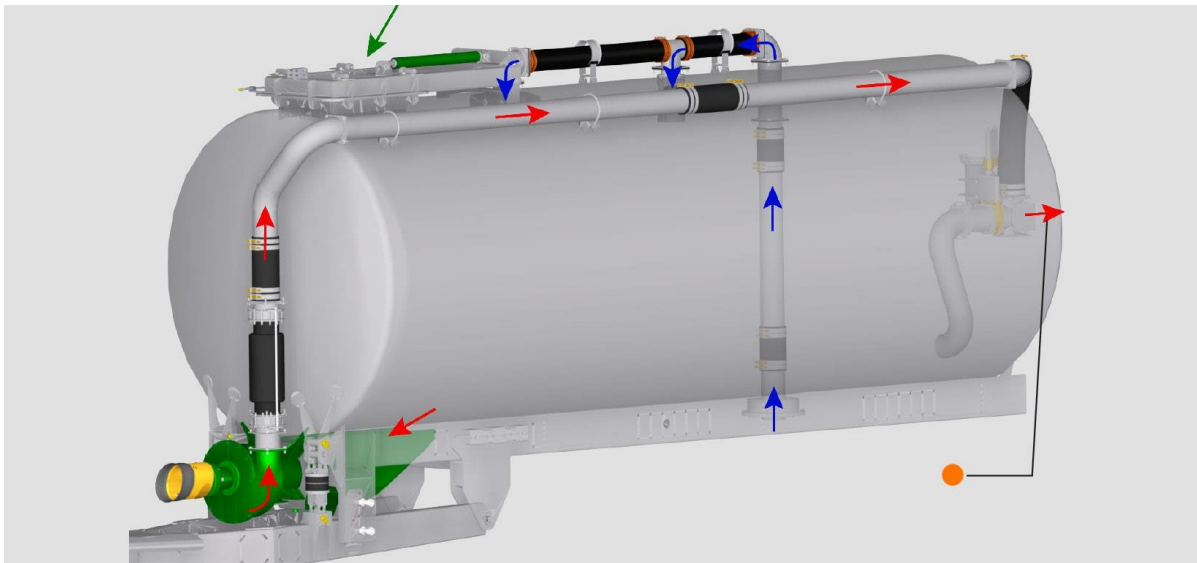


Figur 2: Gjødselkum. "Kummer - Lagertanker med unik konstruksjon og kvalitet", u.å., Agromiljø
[\(\[http://www.agromiljo.no/produkter/01_am_kum_gjodsellager/01_am_kum/index.shtml\]\(http://www.agromiljo.no/produkter/01_am_kum_gjodsellager/01_am_kum/index.shtml\)\)](http://www.agromiljo.no/produkter/01_am_kum_gjodsellager/01_am_kum/index.shtml).

Tømming av lager er viktig for å frigjøre plass til gjødsla som kommer over vinteren. Blautgjødsel kan være greit å røre om, for så å pumpe ut av lageret. Omrøringa gjør at massen blir mere flytende og lettere å håndtere. (Ruud, u.å., lysark 100). Man kan pumpe gjødsla opp i ei tankvogn eller pumpe gjødsla gjennom slangesystemer og ut til en traktor som sprer gjødsla på jordet. For å spre tørrgjødsel eller talle kan man kjøre gjødsla utover jordet med traktor eller man kan benytte seg av tørrgjødselvogn. (Morken, 2003, s. 127, 130).

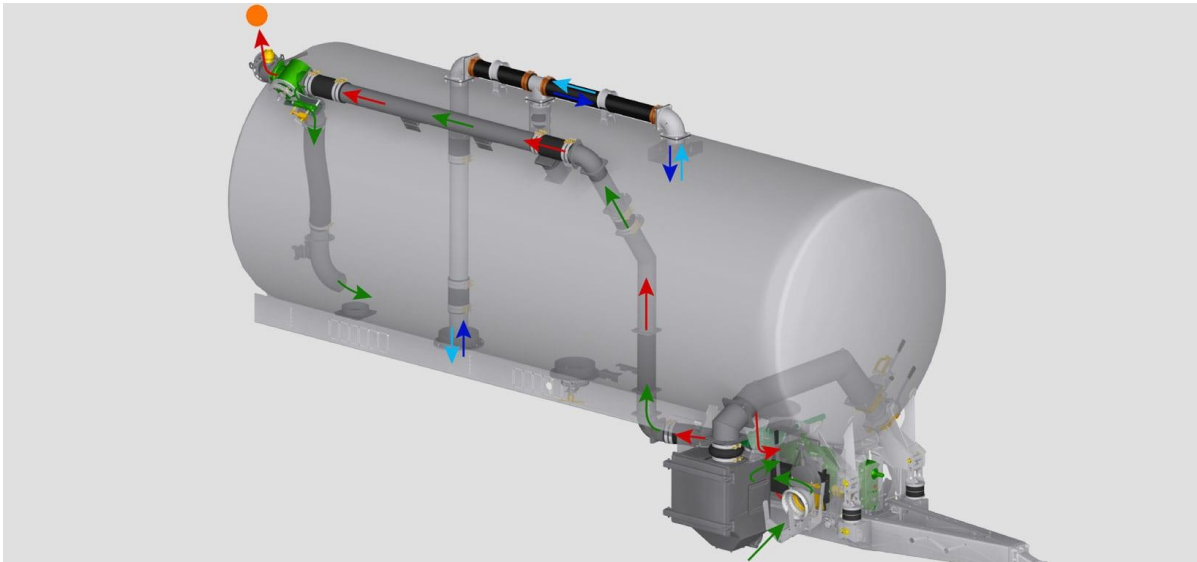
1.4.2 Vanlige systemer for spredning av husdyrgjødsel med tankvogn

Det benyttes ulike systemer for spredning av husdyrgjødsel med tankvogn i dag. En enkel og vanlig løsning er vogn med sentrifugalpumpe. Sentrifugalpumpa drives av PTO. Tankvogna er ikke selvlessende. Den er avhengig av at gjødsla renner inn i pumpa for å få spredning. Figur 3 viser prinsippet for hvordan gjødsla pumpes ut med røde piler. Gjødsla renner fram til pumpa, som bygger opp trykk og pumper gjødsla bak til spredeorganet. (Joskin, u.å.).

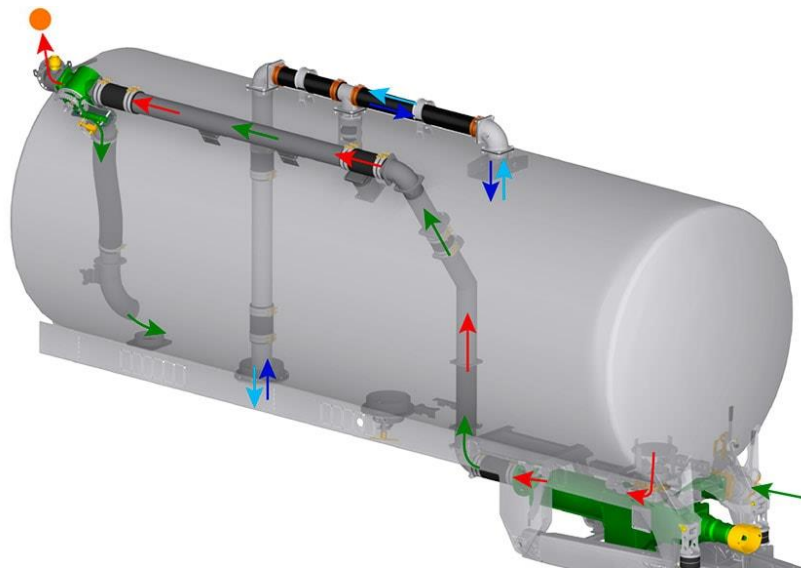


Figur 3: Vogn med sentrifugalpumpe. "Equipment available", u.å., Joskin. (<https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>).

Vogner med dreiestempelpumper og eksentersnekkepumper har likhetstrekk med vogner med sentrifugalpumper, men de er selvlessende. Figur 4 og 5 viser prinsippene ved spredning (røde piler) og selvlessing (grønne piler). (Joskin, u.å.).

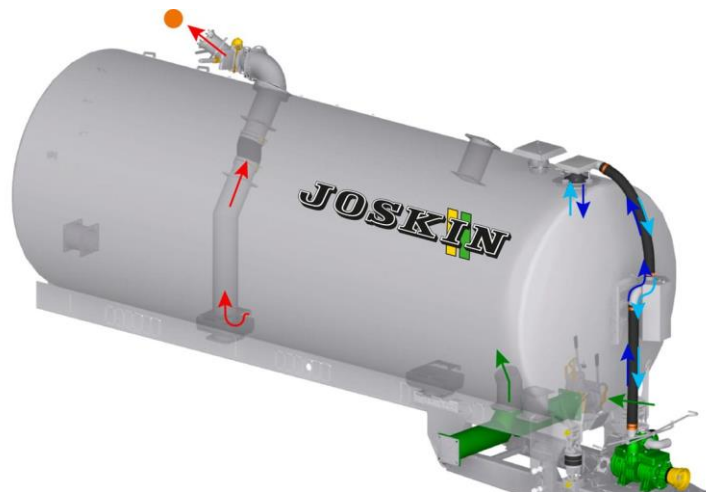


Figur 4: Vogn med dreiestempelpumpe “Equipment available”, u.å., Joskin. (<https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>).



Figur 5: Vogn med eksentersnekkepumpe “Equipment available”, u.å., Joskin. (<https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>).

Vakuumbogner benytter et annet prinsipp enn de andre vognerne. Ved spredning vil ei vakuumpumpe bygge opp trykk i tanken ved å pumpe inn luft. Gjødsla blir presset ut gjennom et rør til spredeorganet. Se figur 6 (røde piler). Vakuumbogna er også selvlessende. Lufta pumpes ut av vogna og undertrykket som oppstår gjør at gjødsla blir sugd fra lageret og inn i tanken (grønne piler). (Joskin, u.å.).



Figur 6: Vakuumbvogn. "Equipment available", u.å., Joskin. (<https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>).

Det finnes også andre systemer og kombinasjoner, i tillegg til ulikt ekstrautstyr.

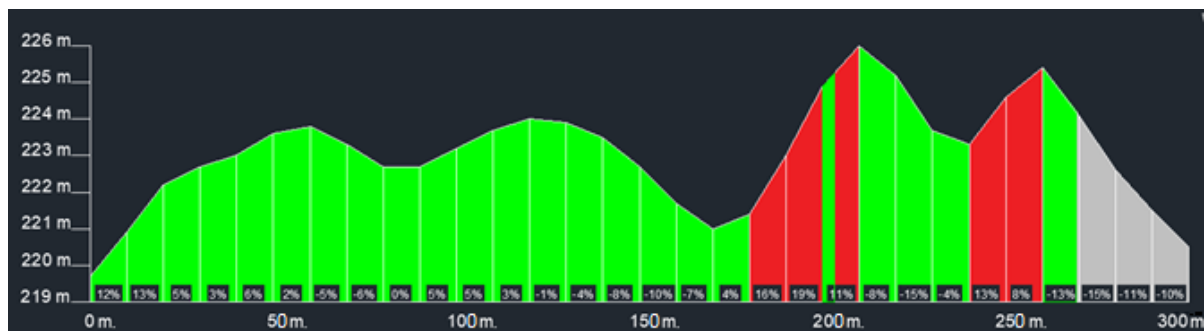
1.4.3 Spreddeeffektivitet for ulike systemer

De ulike systemene som benyttes har ulik spreddeeffektivitet. Vakuumbvogna har mulighet til å oppnå 100% spreddeeffektivitet ved å ha en rørstuss i hver ende av vogna som går til spredeorganet. På andre systemer er man avhengig av at gjødsla renner fram til pumpa for å få spredning, og derfor vil man ofte ikke oppnå 100% spreddeeffektivitet ved spredning i kupert terreng.



Figur 7: Kart over kjørespør i eksempel, Høydedata, 2018. (<https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>)

Vi har regnet på et eksempel for å demonstrere problemet med tankvogner uten 100% spredeeffektivitet. Figur 7 viser kjøresporet i eksempelet.



Figur 8: Diagram for felteffektivitet i en gitt situasjon, av forfatterne, 2018.

Figur 8 viser felteffektiviteten til en sylindrisk tankvogn med sentrifugalpumpe foran på vognen i en gitt situasjon. X-aksen viser antall meter kjørt og Y-aksen viser høydemeter (moh.). Grønt betyr spredning og rødt betyr ikke spredning. Grått viser at tanken er tom. Se vedlegg 1 for utregning.

1.5 Typer husdyrgjødsel

1.5.1 Blautgjødning

Blautgjødning er gjødning med tørrstoffinnhold på 6-14%. Blautgjødning er en blanding av urin og fast gjødning og er restprodukt fra sau-, gris- og storfeproduksjoner. Gjødning omdannes anaerobt under lagring, som gjør at det dannes metan (CH_4) og hydrogen sulfid (H_2S). Disse gassene kan være svært helseskadelige gasser ved høye konsentrasjoner. Dette gjelder spesielt ved omrøring av lagret gjødning. Blautgjødning har en masse som er enkel å få spredd jevnt utover, da tørrstoffinnholdet er lavt. (Ruud, u.å., lysark 17).

1.5.2 Våtkompostert blautgjødning

Våtkompostert gjødning er blautgjødning som er tilsatt luft (oksygen). Massen er tyntflytende, homogen og lett å håndtere med spredeutstyr. Fordelen med å våtkompostere gjødning er at man reduserer problemer med lukt, man kvitter seg med veksthemmende stoffer og man kvitter seg

med eventuelle ugrasfrø i gjødsla. Det har ikke blitt påvist bedre avlinger ved bruk av våtkompostert gjødsel. (Ruud, u.å., lysark 17).

1.5.3 Gylle

Gylle har tørrstoffinnhold på 4-5%. Dette er blautgjødsel som er tilsatt vann. Massen er veldig lett flytende og det er lett å oppnå god spredning med gjødselutstyr. Massen infiltreres raskt ned i jorda, og det gjør at nitrogenutnyttelsen er god. (Ruud, u.å., lysark 17).

1.5.4 Land

Land er urin fra husdyra. Næringsstoffene er lett tilgjengelige for plantene og gir derfor en svært direkte gjødseffekt. Ved spredning av land vil tapet av ammoniakk reduseres betraktelig ved tilsetning av vann. Dette vil også redusere sviskader på planter som kan oppstå ved spredning av land på solskinnsdager med høye temperaturer. (Ruud, u.å., lysark 17).

1.5.5 Småfegjødsel

Småfegjødsel er ikke like lett å håndtere som vanlig blautgjødsel. Urinen og gjødsla blandes ikke inn i hverandre på samme måte, og det vil derfor bli lagret som hauger med fast gjødsel og urin. Gjødsla vil framstå som både fast og flytende og vil derfor være vanskelig å håndtere. Dette kan løses ved å tilsette vann og røre godt om i gjødsla. (Ruud, u.å., lysark 17).

1.5.6 Fast gjødsel

Fast gjødsel har tørrstoffinnhold på over 16%, men framstår ofte som blautere. (Ruud, u.å. lysark 18). Fast gjødsel er skilt ved lagring. Det vil si at urinen og den faste delen av gjødsla er separert fra hverandre. Fastgjødsla lagres ofte med tilgang til oksygen, slik at materialet brytes ned aerobt. Ved lavt tørrstoffinnhold kan man eventuelt lagre gjødsla anaerobt for å begrense ammoniakktap. (Agropub, 2018). Ved aerob lagring er det viktig at det tilføres nok strø, da dette er essensielt for å få en aerob omsetting. (Ruud, u.å. lysark 105).

1.5.7 Talle

Talle er gjødsel blandet med et annet materiale som for eksempel halm. Tallen danner underlaget som husdyra oppholder seg på. Denne metoden er mest vanlig i storfekjøttproduksjon og saueproduksjon, men kan også benyttes i de andre husdyrproduksjonene. Husdyra kan oppholde seg på talle over lengre tid, og utnytte varmen

som blir omdannet av bakterielivet i tallen. Talle har høyt tørrstoffinnhold og kan lagres rett på bakken. Ulempen med talle er at husdyra får lite klauvslitasje, og bakterielivet i tallen gjør at klauvene er spesielt utsatt for infeksjon hvis det skulle oppstå sår. Halm er det mest vanlige materialet som blir benyttet i talle, men det er også mulig å bruke andre materialer som for eksempel grov flis. (Ruud, u.å., lysark 48-50).

Det finnes flere tallesystemer som brukes i husdyrbygg. Heltalle er et tallesystem hvor hele gangunderlaget husdyret beveger seg på er talleunderlag. Det finnes også systemer hvor deler av gangunderlaget er skrapeareal og deler er talleunderlag. Man kan også ha helning på underlaget som gjør at husdyra over tid trækker tallen ut mot et gjødselareal, også kalt tråkkutgjødsling. (Ruud, u.å., lysark 48-50)

1.6 Lover og forskrifter om husdyrgjødsel

Ved håndtering, lagring og utnyttelse av husdyrgjødsel finnes det flere forskrifter man må forholde seg til. KSL (Kvalitetssikring i landbruket) har en god oversikt over aktuelle forskrifter i forbindelse med husdyrgjødsel.

1.6.1 Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav

Lovdata (2019) skriver at:

Formålet med denne forskriften er å sikre tilfredsstillende kvalitet på produkter som omfattes av forskriften, forebygge forurensingsmessige, helsemessige og hygieniske ulemper ved tilvirkning, lagring og bruk av gjødselvarer, mv. av organisk opphav og legge til rette for at disse produkter kan utnyttes som en ressurs. Forskriften skal også bidra til en miljøforsvarlig forvaltning av jordsmonnet og ivareta hensynet til biologisk mangfold.

Forskriften omfatter bl.a. husdyrgjødsel, silopressaft, kompostprodukter og annen organisk gjødsel. (Lovdata, 2019).

Forskriftens del 3 omfatter bestemmelser om lagring og bruk av gjødselvarer av organisk opphav. Fjøs og lager for husdyrgjødsel skal ikke plasseres slik at det er fare for forurensing av vassdrag eller drikkevannskilder. Gjødsel i flytende form skal lagres tett slik at man unngår avrenning fra gjødsellageret. Forskriften stiller også krav om veggens høyde hvis

gjødSELLageret er uten tak. Veggen må minimum være 1,5 m, eller kan erstattes av gjerder med samme høyde. Husdyrgjødsel med over 25% tørrstoffinnhold kan lagres direkte på bakken, men skal skjermes mot overflatevann. For husdyrproduksjoner er det krav om lagringskapasitet i husdyrgjødSELLageret på minimum 8 måneder. (Lovdata, 2019).

Forskriften stiller krav om spredetidspunkt for husdyrgjødsel. Det er ikke tillatt å spre husdyrgjødsel etter 01.11. og fram til 15.02. Det er heller ikke tillatt å spre gjødsel på snødekket eller frossen mark. Skal man spre husdyrgjødsel etter 01.09. må gjødsla moldes ned i jorda. (Lovdata, 2019).

Arealet må være godkjent for spredning av husdyrgjødsel. Det er krav om minst 4 daa fulldyrket jord pr. gjødSelenhet. Husdyrgjødsel som er spredd på åpen åker skal moldes ned senest 18 timer etter spredning. (Lovdata, 2019).

Forskriften inneholder utfyllende bestemmelser om bl.a. tilsyn, opplysningsplikt, dispensasjon, straff og klage. (Lovdata, 2019).

1.6.2 Forskrift om gjødslingsplanlegging

Lovdata (2019) skriver at:

Gjødslingsplanlegging har som formål å gi grunnlag for kvalitetsmessig god avling, begrense avrenning til vassdrag og tap til luft av næringsstoffer fra jordbruksarealer. Gjødslingsplanlegging skal sikre en ressursmessig riktig utnytting av næringsstoffer i jordsmonnet og fra mineralgjødSsel, husdyrgjødsel, slam og annen organisk og uorganisk gjødSsel.

Forskriften omfatter foretak som benytter jordbruksareal til planteproduksjon og som har rett til produksjonstilskudd. (Lovdata, 2019).

Det stilles krav om årlig gjødslingsplan, med mindre man har liten variasjon i arealbruk eller ekstensiv driftsform. Man kan da benytte seg av gjødSselplaner på opptil fem år, hvis det godkjennes av kommunen. Det skal tas jordprøver hvert 4.-8. år og analysen skal minimum inneholde verdier for pH, fosfor, kalium og moldinnhold. Foretak skal beregne forsvarlig mengde husdyrgjødsel for kommende vekstsesong, hvis dette skal benyttes. Gjødslingsplanen skal inneholde skifteplan og relevante opplysninger for hvert skifte. Gjødslingsmengde skal tilpasses jordprøve, forventet avling og forgrøde. (Lovdata, 2019).

1.6.3 Lov om vern mot forurensinger og mot avfall

Lovdata (2019) skriver at:

Denne lov har til formål å verne det ytre miljø mot forurensning og å redusere eksisterende forurensning, å redusere mengden av avfall og å fremme en bedre behandling av avfall. Loven skal sikre en forsvarlig miljøkvalitet, slik at forurensninger og avfall ikke fører til helseskade, går ut over trivselen eller skader naturens evne til produksjon og selvfornyelse.

Loven presiserer at vanlig forurensing fra bl.a. jordbruk og skogbruk er tillatt. (Lovdata, 2019).

1.7 Jordpakking

Skal man utvide drifta på egen gård til en større enhet, er man ofte nødt til å investere i større og tyngre maskiner for å opprettholde effektiviteten. Dette vil ha negativ innvirkning for jorda, med tanke på jordpakking. Maskinens marktrykk og tyngde, fuktighet i jorda, samt jordart og dreneringstilstand er faktorer som påvirker graden av jordpakking. (Skøien, 2003, s. 147).

Ved spredning av husdyrgjødsel er jordpakking et aktuelt tema, spesielt ved bruk av tankvogn. Kjøring på jordet med tunge traktorer og redskaper fører til at hulrommene i jorda klemmes sammen, og jordas pusteevne svekkes. Jorda mister også infiltrasjonsegenskapene, og vannet dreneres dårlig igjennom jorda og ut i dreneringssystemene. (Heggset, 2015). Konsekvensene av jordpakkinga kan være mange. Plantens rotutvikling vil reduseres. Komprimerte luftrom i jorda fører til at luftforsyning og gassutveksling i rota blir hemmet. Svekkelse av plantens vekst vil føre til dårligere avlinger, samt at det gir større forutsetninger for at ugras og sopper kan vokse fram. Dårlig infiltrasjon av vann i jorda vil føre til at fruktbarheten i jorda og avlingspotensialet reduseres. Når jorda dreneres dårlig vil den også være vassmett oftere, noe som gjør at jorda er mindre lagelig å kjøre på. Vassmett jord vil også føre til kraftigere frost i jorda om vinteren, noe som vil gi en kortere vekstperiode. (Seehusen, u.å., lysark 12).

Ved spredning av husdyrgjødsel med tankvogn er det viktig å iverksette tiltak for å forhindre jordpakking i størst mulig grad. For å forhindre jordpakking kan man begrense antall kjøringar på jordet. Man bør planlegge kjøringa godt, slik at man får utnyttet kapasiteten til utstyret på best mulig måte, og redusert kjørelengden til et minimum. Det er også viktig å benytte seg av så lett traktor og så lett last som mulig for å begrense pakkinga. Et viktig tiltak for å redusere

jordpakkinga er dekkustrutninga på traktoren og gjødselvogna. Man kan benytte seg av boggiakslinger eller tvillinghjul, som vil øke kontaktflaten til jorda. Det er også viktig å justere lufttrykk i hjulene slik at man flyter lettere på jorda og ikke graver seg ned. Det er også viktig å sette seg inn i funksjonene man har tilgjengelig på redskapet og på traktoren, slik at man har optimal utnyttelse. Et eksempel på dette kan være å benytte seg av 4-hjulstrekk på traktoren. (Skøien, 2003, s. 148).

1.8 Felteffektivitet

Felteffektivitet er maskinas effektive kapasitet i forhold til maskinas teoretiske kapasitet. Dersom maskina ikke kan arbeide kontinuerlig vil kapasiteten reduseres. Faktorer som kan påvirke felteffektiviteten til en gjødselvogn kan bl.a. være avstand fra gjødsellager til jordet, valg av kjøremønster og tekniske løsninger på vogna. (Morken, 2003, s. 10).

Ei tankvogn for spredning av husdyrgjødsel har lav felteffektivitet sammenlignet med mange andre redskaper i landbruket. I og med at tankvogner har en gitt størrelse på tanken, kan man aldri frakte mer gjødsel ut til jordet enn det maksimale innholdet som kan oppbevares i tanken. Størrelsen på tanken og hvor mye gjødsel som skal spres pr. daa har innvirkning på tankvognas felteffektivitet. Når tankvogna tømmes må man kjøre tilbake til lageret for å fylle opp tanken. Avstanden fra lageret til jordet vil derfor ha stor innvirkning på tankvognas felteffektivitet. Det finnes ulike tankvogner med ulike tekniske løsninger som benyttes i norsk landbruk i dag. For eksempel har tankvogner med sentrifugalpumpe utfordringer med å få fullstendig tømming av vogna, avhengig av terrenget man kjører i. Teknisk utstyr på tankvogna, jordets utforming, helning i terrenget, størrelse på jordet og innkjørsler til jordet vil også ha en innvirkning i tankvognas felteffektivitet. (Morken, 2003, s. 10-11).

1.9 Problemstilling

Basert på egne erfaringer og det tekniske utstyret som finnes på markedet i dag ønsker vi å finne ei løsning for å oppnå 100% spredeeffektivitet på gjødselvogn med sentrifugalpumpe.

1.10 Mål med oppgaven

Målet med oppgaven er å komme med et forslag til system for å gi 100% spredning av husdyrgjødsel med tankvogn, uavhengig av helninga på terrenget man kjører i. Løsningen skal gi bedre forutsetninger for jevn spredning, mindre kjøring og mindre pakking av jord. Vi vil også at løsningen skal bidra til god utnyttelse av plantenæringsstoffer i gjødsla, og ivaretagelse av jordstruktur. Resultatet i denne oppgaven skal være utgangspunktet for en videre utviklingsprosess.

Oppgaven vil inneholde en gjennomgang av det tekniske utstyret som benyttes ved spredning av husdyrgjødsel i dag. Ut ifra dette skal vi komme med forslag til nye tekniske løsninger. Den tekniske løsningen vi mener har størst potensiale skal tegnes i 3D, slik at prinsippet for spredningen kommer tydelig fram. Dette vil også være sluttproduktet i denne oppgaven.

1.11 Avgrensninger i oppgaven

Denne oppgaven begrenser seg til tankvogner under beskrivelse av teknisk utstyr for spredning av husdyrgjødsel, og slangespredning er dermed utelatt. Som spredeorgan på tankvogn er det mulig med dypere nedfelling, f.eks. med gåsefottinder, men dette krever som regel jordarbeiding i etterkant og er derfor utelatt.

Vi har ikke benyttet oss av vakuumpumpe i konstruksjonen, da det finnes systemer for 100% spredeeffektivitet med slike pumper.

Den endelige konstruksjonen i denne oppgaven har som formål å fremstille prinsippene ved spredning av husdyrgjødsel. Oppgaven vil derav ikke inneholde styrkeberegning av stålkonstruksjonen, dimensjonering av pumper og rør, eller dimensjonering av komponenter i det hydrauliske anlegget. Det er ikke satt inn lager, smørepunkter eller lignende. Vi har også utelatt lys, bremses og annet teknisk utstyr som er nødvendig for å kunne bruke vogna i trafikk.

Det vil ikke bli en produksjon av den tekniske løsningen, og derav heller ingen utprøving for å se om systemet fungerer i praksis.

2. Teknisk utstyr for spredning av husdyrgjødsel med tankvogn

2.1 Ramme

Ramma på gjødselvogna må dimensjoneres for å tåle belastningene den blir utsatt for gjennom gjødselvognas levetid. Den vil bli utsatt for statisk belastning fordi den må bære vekta av tank og last, og den vil bli utsatt for dynamisk belastning på grunn av kjøring på varierende underlag og at lasten beveger seg i tanken. Materialets fasthet er evnen til å tåle bøyning, strekking, vridning og trykk uten at det oppstår brudd eller deformasjon. Hardheten er evnen til å motstå ytre mekaniske krefter, som f.eks. slag. (Andersen, Bergland, Frestad, Herø & Rønning, 2012, s. 229-231)

Valg av materiale må vurderes ut fra materialets egenskaper i forhold til bruksområdet, og økonomi. Stål vil være et godt valg på bakgrunn av disse kriteriene. Utforminga av ramma må ta hensyn til bæreevne og praktiske funksjoner. Det er ønskelig å senke tyngdepunktet på vogna mest mulig for å redusere veltefaren, men det må ikke gå på bekostning av rammens bæreevne. Dette må man også ta hensyn til ved plassering av aksling og andre funksjoner.

Rammens overflate må behandles for å motstå korrosjon. Metall reagerer med luft og vann, så bindingene i metallet endres og svekkes. Ei gjødselvogn vil hovedsakelig bli utsatt for våt korrosjon på grunn av vann, fuktig luft og fuktig jord. Det finnes ulike metoder for å beskytte stålet mot korrosjon. Metallisering vil si å legge på et belegg av et annet metall på overflata. Et eksempel er å bruke sink ved galvanisering, som gjør stålets overflate mer korrosjonsmotstandig. Maling og lakkering er mulige overflatebehandlinger som hindre luft og vann å komme i kontakt med metallet. Det bør ikke benyttes som eneste korrosjonsbeskyttelse, fordi den lett kan skrapes av ved ytre skader. (Andersen, 2012, s. 238-239, 278-279).

2.2 Tank

Tanken kan lages i andre materialer enn ramma, fordi den har andre krav til å tåle belastninger. Stål er relativt vanlig å bruke, men det må behandles mot korrosjon på både inn- og utside. Plast og glassfiber korroderer ikke, men vil slites ned over tid. Utforminga kommer an på hvilket materiale som er brukt. Plast og glassfiber er mer fleksibelt enn stål med tanke på

utforming. Det gir derfor mulighet til å senke tyngdepunktet på gjødselvogna og muligheter for å ha helning på tanken som gjør at gjødsla lettere renner inn i pumpe. På innsida av tanken bør det monteres plater på tvers, spesielt i store tanker, for å hindre at lasten beveger seg under transport. (Reime, 2019, s. 12-15).

Størrelsen på tanken må vurderes ut fra behov. Større tank gir bedre kapasitet, men belastningen på traktor, veger og jorda blir større.



Figur 9: Gjødselvogner med forskjellig utforming og materialet på tanken. "MOI DOFF X 9 boggie – Norge", U.Å., av Mascus. (<https://www.mascus.no/landbruk/brukt-gjodselspreder/moi-doff-x-9-boggie/pomsfgts.html>).

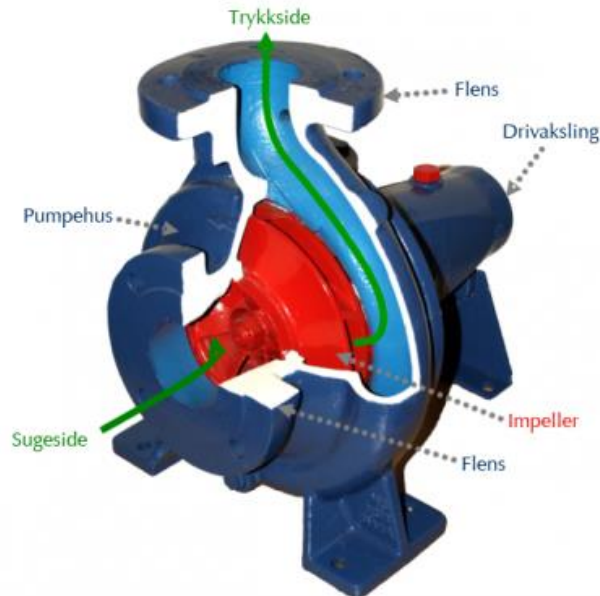
2.3 Pumper

2.3.1 Sentrifugalpumpe

Sentrifugalpumpa utnytter sentrifugalkraften til å øke trykket i gjødsla. Gjødsla kommer inn i midten av pumpehuset og treffer en impeller. Impelleren slynger gjødsla ut til veggene av pumpehuset. Når gjødsla treffer vegg blir farten på gjødsla redusert. Det gjør at trykket i gjødsla øker. (Mathisen, 2017).

Sentrifugalpumper for gjødselspredning gir høy effektivitet, driftssikkerhet og er holdbare. De kan håndtere tykk gjødsel, men spredkapasiteten vil reduseres noe. Sentrifugalpumper kan kun benyttes ved tømning, så påfylling av vogna skjer med eksternt pumpesystem eller

ekstrautstyr påmontert vogna. Sentrifugalpumpa drives vanligvis mekanisk via kraftoverføringsaksling. (Joskin, u.å.).



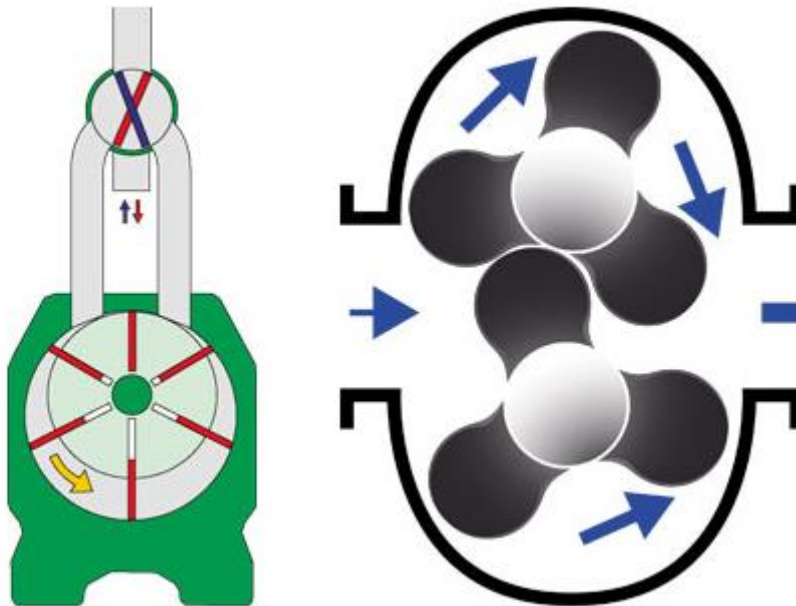
Figur 10: Sentrifugalpumpe. "Sentrifugalpumpe", 2017, av Mathisen. (<https://ndla.no/nb/node/123160?fag=35>).

2.3.2 Vakuumpumper

Vakuumpumper for gjødselvogner kan både brukes for å tømme og fylle vogna. Ved fylling av vogna skapes det undertrykk i tanken, som gjør at gjødsla suges inn. Ved tømning er prinsippet snudd, ved at pumpa lager overtrykk i tanken, som gjør at gjødsla presses ut. Pumpa må dimensjoneres riktig i forhold til spredekapasitet. Velger man for stor pumpe vil det føre til unødvendig effektforbruk og slitasje, uten at spredninga eller fyllinga blir mer effektiv. En fordel med å bruke vakuumpumpe er at pumpene aldri er i kontakt med gjødsla, så det vil bli mindre slitasje. (Joskin, u.å.).

Det finnes vakuumpumper med ulike prinsipper. To vanlige typer er lamellpumpe og dreiestempelpumpe. Lamellpumpa roterer alltid i samme retning, og en ventil styrer luftretningen ved veksling mellom tømning og fylling. Alle vanlige vakuumpumper gir samme lufttrykk. Det er luftstrømskapasiteten som varierer mellom ulike typer og størrelser

av pumper. Dreiestempelpumpene har normalt større kapasitet enn lamellpumpene og brukes kun på store gjødselvogner. (Joskin, u.å.).



Figur 11: Lamellpumpe. “Equipment available”, u.å., av Joskin. (<https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>).

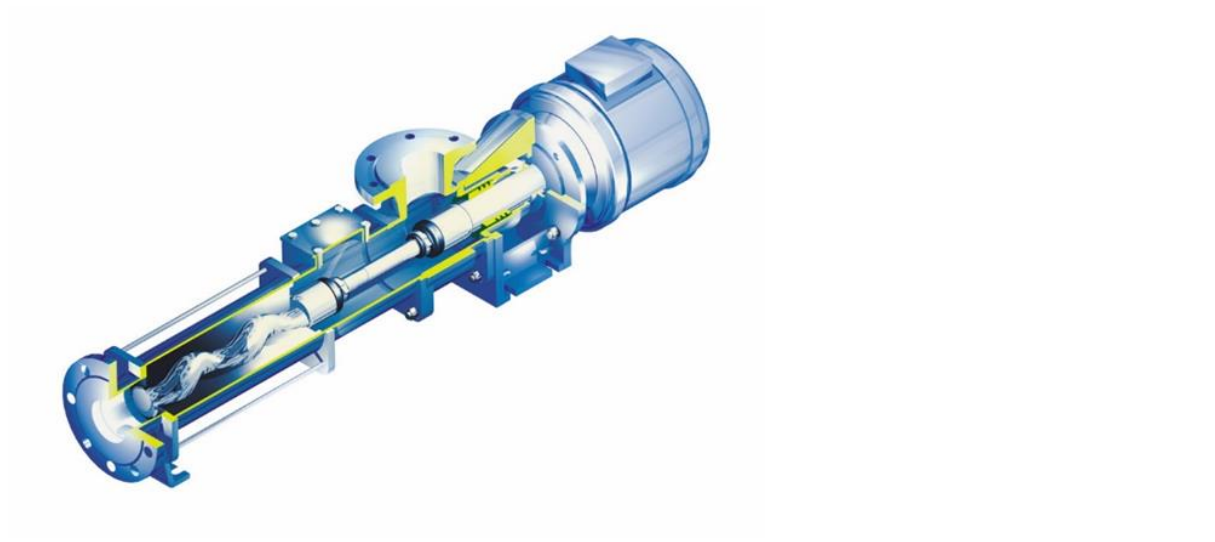
Figur 12: Dreiestempelpumpe. “Equipment available”. u.å., av Joskin. (<https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>).

2.3.3 Dreiestempelpumpe

Dreiestempelpumper kan også brukes for å pumpe gjødsla direkte. Oppbygninga av pumpa er nokså lik tannhjulspumper, men stemplene driver ikke hverandre så det blir mindre slitasje. Pumpa benytter fortrenningsprinsippet, ved at gjødsla føres langs ytterkanten av pumpa og presses ut av pumpa når dreiestemplene møtes i midten. Fordeler med dreiestempelpumper er at de kan håndtere tykk gjødse og at de kan kjøres i begge retninger. På gjødselvogner kan de brukes for både tømning og fylling. (Pumpschool, 2017).

2.3.4 Eksentersnekkepumpe

Eksentersnekkepumper kan brukes for både tømning og fylling av vogna, og håndterer tykk gjødsel. De kan gi mer enn ett bar trykk, som gir god spreddebrede. Eksentersnekkepumpene har god sugeevne i forhold til andre gjødselpumper. (Joskin, u.å.). Utførelsen av pumpa er en enkeltspiral skruer som roterer eksentrisk i en stator med dobbeltspiral. En fordel med slike pumper er at de gir jevn strøm og ingen pulsering. (Axflow, u.å.).



Figur 13: Eksentersnekkepumpe. “Mono compact C”, U.Å., av Axflow. (<http://www.axflow.com/da/site/produkter/kategori/pumper/excentersnekkepumper/mono-compact-c/#advantages>).

2.4 Rør

Rørets dimensjon tilpasses pumpens kapasitet. For liten dimensjon vil begrense trykket og volumstrømmen gjennom røret. Store rør er mer kostbare. Det er rørets indre diameter som er avgjørende for dimensjoneringen. Rørets indre overflate vil ha betydning for friksjonen mellom rør og gjødsel. Rørets tykkelse må være stor nok til å tåle trykk og slitasje over tid. Vinkler på røret begrenser kapasiteten, så røret bør plasseres slik at man unngår unødvendige vinkler. (John Deere, 1967, s. 8-12 og 8-13).

2.5 Ventiler

Avhengig av utforminga av vogna og valg av funksjoner kan det være behov for retningsventiler og/eller enkle sluseventiler for åpning og stenging. Ventilene betjenes ved hjelp av hydraulikk for å gi god brukervennlighet. (SNL, 2018).



Figur 14: Sluseventil. "Skruekraner", u.å. Kramp.
(<https://nordic.kramp.com/store/agro-no/no/product/289698>).

2.6 Spredeorgan

2.6.1 Bladspreder

Bladsprederen fungerer på den måten at gjødsla blir pumpet med trykk gjennom et rør, og når gjødsla kommer ut av røret treffer den et blad som gjør at gjødsla sprer seg utover bak tankvogna. Ammoniaktapet er avhengig av flere faktorer enn spredeteknikken, men bruk av bladspreder vil føre til større ammoniaktap enn ved bruk av for eksempel nedfeller. Grunnen til dette er at gjødsla blir transportert gjennom lufta før den legges på plantedekket eller jordoverflata. Bladsprederer kan ha arbeidsbredde opptil 15 meter, og kan benyttes på både tankvogn og på slangesprederutstyr. Dosering blir regulert av pumpens kapasitet og turtall på kraftuttaket. (Morken, 2003, s. 134).



Figur 15: Bladspreder. “Varsler møkk-mulkt”, 2015, av Nikolaisen.
(<https://www.lofotposten.no/naringsliv/jordbruk/varsler-mokk-mulkt/s/5-29-35250>).

2.6.2 Jetvogn/kanon

Kanon er et spredeorgan som transporterer gjødsla med høyt trykk i en retning ut fra organet. Dette er et spredeorgan som kan benyttes både ved slangespredning og spredning med tankvogn. I tillegg er dette et vanlig spredeorgan på tankbiler som er designet for å transportere store mengder gjødsel. Disse kan benyttes til å spre gjødsla på jordet fra vei. Med kanon kan man oppnå en spredelengde på opptil 60 m. Dosering bestemmes av pumpekapasitet, vinkel på kanon og trykk på dysa. (Morken. J, et.al, 2003, s.134).



Figur 16: Jetvogn/Kanon. “HMS-varsler: gassfare ved omrøring av husdyrgjødsel”, 2015, av Ystad.
(<https://ostafjells.nlr.no/nyhetsarkiv/2015/25952/>).

2.6.3 Stripelegger

Stripeleggeren legger gjødsla på plantedekket i striper. Gjødsla blir pumpet inn i en rotor som fordeler gjødsla til flere rør i mindre dimensjoner. Videre blir gjødsla transportert ut gjennom rørene og direkte ned på jorda. Stripeleggeren har litt mindre tap av ammoniakk enn bladsprederen og kanonen, da gjødsla legges rett ned på overflaten. Stripeleggeren kan brukes både på tankvogn og slangesprederutstyr, og den kan ha en spredbredde på opptil 22 m. Dosering bestemmes av pumpens kapasitet og turtallet på kraftuttaket. (Morken, 2003, s. 134).



Figur 17: Stripelegger. "Spre møkka tynt og tidlig etter slått", 2017, av Kval-Engstad. (<https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/tynn-mokkspredning/>).

2.6.4 Grunn nedfelling

Grunn nedfelling er en metode som består av å skjære en stripe i overflaten av plantedekket og deretter tilsette gjødsl i stripene. Gjødsla blir transportert gjennom flere rør på samme måte som i en stripelegger, og ned i stripene i jorda. Det vil deretter komme et organ og pakke stripa sammen for å unngå fordampning av ammoniakk. Grunn nedfelling er mest vanlig ved slangespredning, men kan også benyttes som organ på tankvogn. Dosering bestemmes av pumpekapasitet og turtall på kraftuttaket. (Morken, 2003, s. 134 og 136-137).



Figur 18: Grunn nedfelling. "Husdyrgjødsel på grasmark", u.å., av Heggset.

(<https://rogaland.nlr.no/media/ring/1219/Husdyrgj%C3%B8dsel%20p%C3%A5%20grasmark%20-%20spredeteknikker.pdf>).

2.6.5 Trykkinjeksjon (DGI)

Gjødsel kan også felles ned i jorda med et organ som kalles DGI (direkte gjødselinjeksjon). Gjødsel transporteres ut gjennom dysa med et trykk på 5-8 bar og trykkes ned i jorda. Direkte gjødselinjeksjon krever at gjødsel har et bestemt trykk, og mengde gjødsel kan dermed kun justeres med farten på traktoren. På organet er det en rullende kniv som gjør at gjødsel pulserer og holder dysa ren for f.eks. halmrester. Gjødselstrålen som kommer ut av dysa skjærer ned i torva. Med DGI er det mulig å tilsette 5-6 tonn gjødsel pr. dekar. (Morken, 2003, s.137).



Figur 19: Trykkinjeksjon (DGI). "Direkte gjødselinjeksjon", av Morken, (Morken, 2003, s. 138).

3. Materiale og metode

3.1 Fremgangsmåte

Vår fremgangsmåte for å besvare problemstillingen var å studere tekniske løsninger som finnes på markedet i dag. Etter en gjennomgang av gjødselvogner på markedet, flere diskusjoner og idemyldringer kom vi fram til fire tekniske løsninger som kan løse problemstillingen. Vi brukte Concept Screening for å finne ut hvilken løsning vi skulle gå videre med. Etter å ha valgt den mest egnede løsningen, hadde vi flere diskusjoner og idemyldringer på tekniske detaljer, før vi endte opp med en endelig løsning. Den endelige løsningen ble tegnet i 3D.

3.2 Concept screening

Concept Screening er et verktøy som benyttes når man skal velge mellom flere ideer. Det settes opp ulike kriterier som er viktige for vurderingen. Hver ide får en poengsum for hver faktor. Etter å ha gitt poeng på alle faktorer for hver ide sammenligner man totalsummen for de forskjellige ideene. Denne sammenligningen benyttes for å ta det endelige valget for hvilken ide man skal gå videre med. Det er viktig å tenke på at noen faktorer er viktigere enn andre, og man bør ta hensyn til dette ved poenggivningen.

3.3 Dataprogrammer

3.3.1 Dataassistert konstruksjon

Det er benyttet dataassistert konstruksjon (DAK) for å fremstille tegninger i denne oppgaven. For å tegne prinsippskisser i 2D og hydrauliske kart har vi benyttet oss av tegneprogrammet AutoCad 2017. 3D tegninger av den endelige løsningen er tegnet i Inventor 2017. Begge programmene er laget av Autodesk

3.3.2 Tekstredigeringsprogram

Opgaven er skrevet i tekstredigeringsprogrammet Microsoft Word 2018.

3.4 Formler og utregninger

For å beregne hvor lang tid det tar å fylle røret fra matepumpa med gjødsel har vi brukt følgende formler:

Formel for utregning av arealet av tverrsnitt i rør ^[1]

$$\pi r^2$$

Formel for utregning av volum i rør ^[2]

$$\text{Areal av tverrsnitt} * \text{lengde}$$

Formel for utregning av hvor lang tid det tar å fylle røret ^[3]

$$\frac{V}{V/s} = s$$

For å finne felteffektiviteten til sylindrisk gjødselvogn i en gitt situasjon måtte vi gjøre noen beregninger. Vi brukte følgende formler for å utføre beregningene.

Formel for utregning av diameter av tverrsnitt av vogna ^[4]

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$D = r + r$$

Formel for utregning av lengde på hvert segment ^[5]

$$\Delta x = x/n$$

Formel for utregning av vinkel fra senter av tverrsnitt til gjødselas nivå på sideveggene av tanken. ^[6]

$$w = 180 - 2 \text{Arcsin} \left(-\frac{(\Delta x \tan \theta) - r}{r} \right)$$

Formel for utregning av areal for hvert segment ^[7]

$$A_{seg} = \left(\frac{w}{360} \pi r^2 \right) - \left(\cos \left(\frac{180 - w}{2} \right) x \sin \left(\frac{180 - w}{2} \right) x r^2 \right)$$

Formel for utregning av volum for hvert segment ^[8]

$$V = A_{seg} \times \Delta x$$

Formel for utregning av mengde gjødsel pr. seksjon ^[9]

$$\begin{aligned} \text{Spredbredde} * \text{Seksjonslengde} &= A \\ \text{Mengde gjødsel pr. m}^2 * A &= \text{Mengde gjødsel pr. seksjon} \end{aligned}$$

Formel for utregning av fallprosent for hver seksjon ^[10]

$$\begin{aligned} x \text{ moh.} - x \text{ moh.} &= \text{Høydeforskjell} \\ \text{Høydeforskjell} / \text{Seksjonslengde} &= \text{Fallprosent} \end{aligned}$$

Formel for utregning av felteffektivitet ^[11]

$$\text{Meter kjørt med spredning} / \text{meter kjørt totalt} = \text{Felteffektivitet}$$

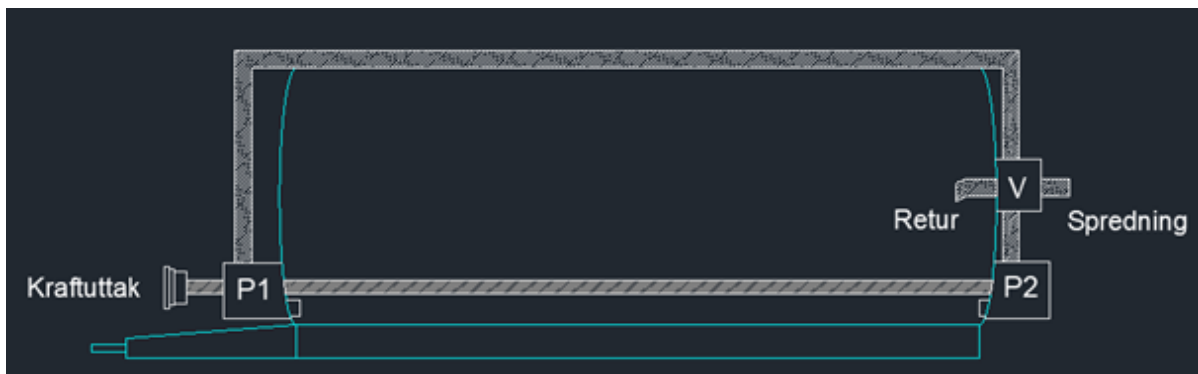
4. Screening

4.1 Innledning

I denne screeningprosessen skal vi komme med 4 forslag til tekniske løsninger for spredning av gjødsel i kupert terreng. Prinsippene til de forskjellige forslagene er skissert ned på tegneprogrammet «AutoCad», og beskrevet. Vi vil med denne prosessen finne ut hvilken løsning det egner seg mest å gå videre med. I screeningprosessen har vi lagt vekt på følgende produktkrav: Økonomi, effektbehov, tømming og spredebilde, driftssikkerhet, brukervennlighet og HMS. På hver faktor skal vi gi poeng fra 1-6, hvor 6 er best. Vi vil deretter summere alle poengene for å finne ut hvilken løsning som har høyest totalsum.

4.2 Forslag til tekniske løsninger

4.2.1 Alternativ 1: To mekanisk drevne pumper

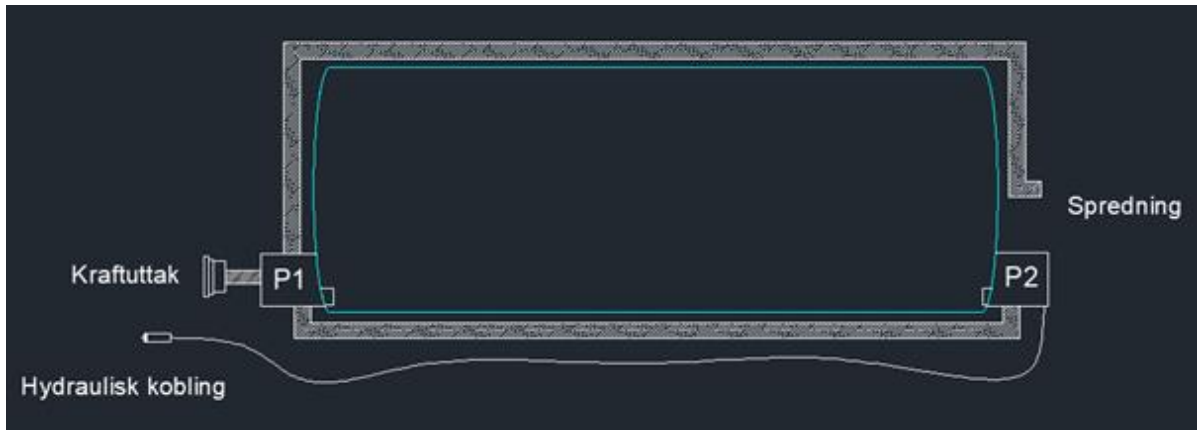


Figur 20: Prinsippskisse av tankvogn med to mekanisk drevne pumper, av forfatterne, 2018.

Dette forslaget består av en tank med to sentrifugalpumper som er mekanisk drevne av kraftuttaket på traktoren. Pumpene sitter på hver side av tanken, noe som gjør at en av pumpene vil få mating uansett helning. En ventil styrer hvilken av pumpene som pumper gjødsla til spredning. Hvis pumpe 1 pumper til spredning, vil pumpe 2 pumpe til retur og sørge for omrøring i tanken, eller gå tørr. Plassering av kraftoverføring mellom pumpene er usikker. Alternativene er direkte forbindelse gjennom tanken, eller å benytte tannhjuloverføringer for

å få akslingen under tanken. Et alternativ for å unngå at pumpene går tørre, er å sette inn en clutch for hver av pumpene.

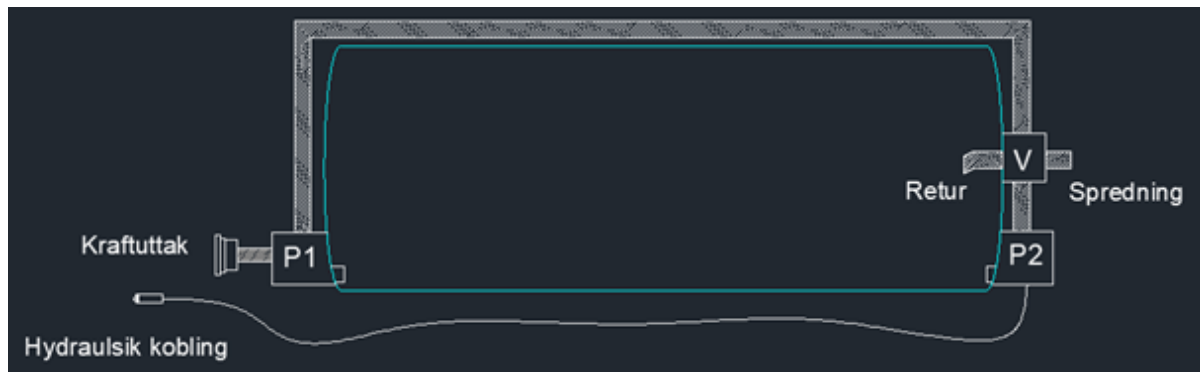
4.2.2 Alternativ 2: En mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk drevet matepumpe



Figur 21: Prinsippskisse av tankvogn med en mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk matepumpe, av forfatterne, 2018.

Dette forslaget består av en tank med ei sentrifugalpumpe fremst på vogna som er drevet av kraftuttaket på traktoren, og ei hydraulisk drevet matepumpe som sitter bak på vogna. Matepumpa brukes kun ved behov, altså når hellinga er så stor at gjødsla ikke når fram til pumpe 1. Pumpe 2 vil ikke trenge å gi mye trykk da den kun skal mate gjødsla fram til pumpe 1. Pumpe 2 må gi like stor volumstrøm som pumpe 1.

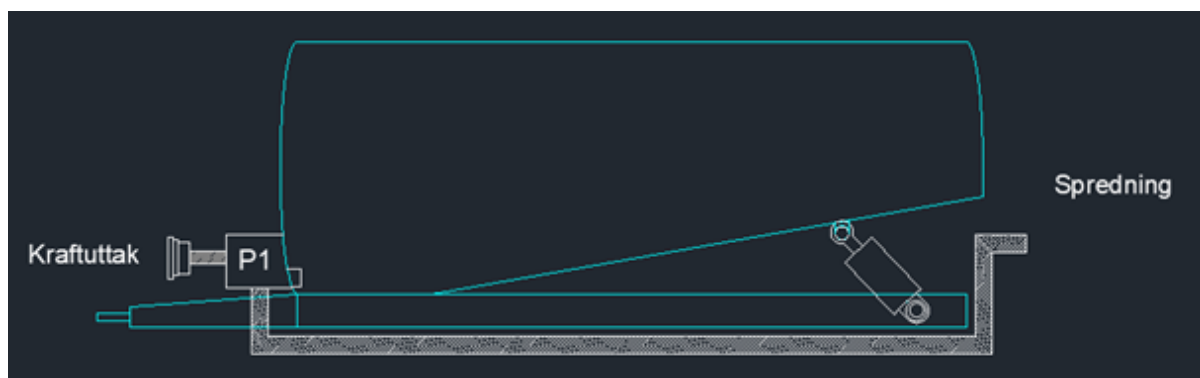
4.2.3 Alternativ 3: En mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk drevet pumpe



Figur 22: Prinsippskisse av tankvogn med en mekanisk og en hydraulisk drevet pumpe, av forfatterne, 2018

Dette forslaget består av en mekanisk drevet sentrifugalpumpe foran på vogna, og en hydraulisk drevet pumpe bak på vogna. Både pumpe 1 og 2 pumper gjødsla inn i en ventil som bestemmer om det går til spredning eller retur. Fordelen med dette systemet, i motsetning til alternativ 1, er at man på en enkel måte kan koble ut pumpene hver for seg, slik at de kun går ved behov. Utfordringa med denne løsningen er å få pumpene til å gi likt sprede bilde, da pumpene må gi samme volumstrøm og trykk.

4.2.4 Alternativ 4: En mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk tippsylinder



Figur 23: Prinsippskisse av tankvogn med en mekanisk drevet pumpe og en hydraulisk tippsylinder, av forfatterne, 2018.

Dette forslaget består av ei sentrifugalpumpe foran på vogna, og en tippsylinder som sitter mellom ramma og tanken. Tanken er hengslet foran slik at når sylinderen skyves ut, vil gjødsla renne fram til pumpa. Røret fra pumpe 1 er montert fast i ramma på vogna slik at man ikke endrer sprede-bildet ved å skyve ut sylinderen. Vi har to alternativer for løsning av vinkelen på kraftoverføringa, som vil oppstå ved bruk av tippsylinder. Man må enten benytte seg av vinkelen på kraftoverføringsakselen, eller man må legge inn et ledd mellom pumpa og tanken. Utfordringa med denne løsinga er at det ikke er noen garanti for fullstendig tømning av vogna. Dette er avhengig av helling i terrenget og hvor mye helling vi kan legge inn på tanken. I tillegg vil man flytte på tyngdepunktet til vogna hvis man skyver ut tippsylinderen, noe som kan gjøre at vogna lettere kan velte.

4.3 Produktkrav

Økonomi: Her ser vi etter forventet produksjonskostnad, hvor 1 er dyrt og 6 er billig.

Effektbehov: Her ser vi etter forventet effektbehov fra traktor, hvor 1 er stort behov og 6 er lite behov.

Tømming og spredebilde: Her ser vi etter om løsinga har god tømning og jevn spredning under hele tømninga. 1 er dårlig tømning og spredning, og 6 er god tømning og spredning.

Driftssikkerhet: Her ser vi etter løsingens forventede slitestyrke og vedlikeholdsbehov. 1 er dårlig driftssikkerhet og 6 er god driftssikkerhet.

Brukervennlighet: Her ser vi etter om systemet er enkelt å styre for brukeren. 1 er dårlig brukervennlighet og 6 er god brukervennlighet.

HMS: Her ser vi etter om løsinga ivaretar brukersikkerhet. 1 er dårlig HMS og 6 er god HMS.

4.4 Tabelloversikt

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
Økonomi	3	4	3	3
Effektbehov	2	4	3	5
Tømming og spredebilde	6	6	5	4
Dritsikkerhet	4	5	4	5
Brukervennlighet	5	5	4	5
HMS	5	5	5	3
Totalt	25	29	24	25

Tabell 1: Screening, av forfatterne, 2018.

Tabell 1 viser alternativenes skår på de ulike produktkravene. Alternativ 2 får høyest totalsum, og de andre alternativene skårer relativt likt. Vi har på bakgrunn av dette valgt å gå videre med alternativ 2.

4.5 Bakgrunn for vurdering

I screeningprosessen endte vi med å vurdere alternativ 2 som den beste tekniske løsningen, basert på sammenlagt poengskår på de forskjellige produkt kravene. Alternativet fikk en skår på 4 på økonomi. Når vi vurderte dette tenke vi på produksjonskostnad, altså hvor mye vil det koste for de ulike komponentene som inngår i denne tekniske løsningen. Denne løsningen skåret best på denne faktoren, da det ikke er behov for ventiler og det ikke er behov for en veldig kraftig pumpe bak på vogna.

Alternativ 2 har også skåret godt på effektbehov, med 5 poeng. Den bakerste matepumpa vil ikke kreve like mye effekt som pumpene på alternativ 1 og 3, og man trenger ikke å starte pumpe før det er behov for det.

Når det kommer til tømming og spredebilde får alternativ 2 toppskår. Løsningen legger til rette for at man kan oppnå 100% felt effektivitet ved riktig bruk, uansett helning på jorda. Man oppnår også likt spredebilde. Det er kun er en pumpe som står for spredning, da den bakerste pumpe kun er mating til første pumpe.

Alternativ 2 skårer 5 poeng på driftssikkerhet. Her har vi vurdert ut ifra antall komponenter, og sett på hvor mye som kan gå galt med den tekniske løsningen. Ved å unngå å bruke for mange komponenter i løsningen vil man også redusere sjansen for at noe går galt.

Alternativ 2 skårer også 5 på brukervennlighet. Her har vi vurdert ut ifra hvor mye sjåføren av traktoren må tenke på i forhold til betjening. På denne tekniske løsningen er det kun igangsetting av hydraulikken til matepumpa man trenger å tenke på. Dette gjør at sjåføren kun må følge med når man kjører i motbakke og møkka ikke lenger når fram til hovedpumpa. Når man når dette punktet er det bare å starte matepumpa hydraulisk, og gjødsla vil bli pumpet opp til hovedpumpa fra bakerste del av tanken.

Vi har også vurdert HMS. Alternativ 2 får en skår på 5. Å benytte seg av denne tekniske løsningen vil ikke øke faren for HMS-hendelser ved bruk i noen særlig grad, på samme måte som ved alternativ 4 hvor man flytter tyngdepunktet på vogna ved bruk av tippfunksjon. Derfor skårer alternativ 2 godt på denne faktoren.

Vi vurderer alternativ 2 som den mest egnede å gå videre med, og vil se nærmere på utforming av tekniske detaljer.

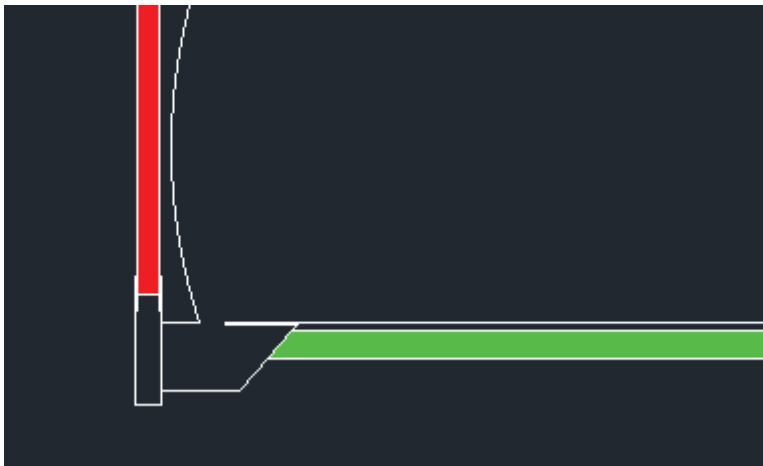
5. Konstruksjon av valgt løsning

5.1 Vurdering av detaljer

Underveis i utviklinga av gjødselvogna møtte vi på noen problemstillinger som måtte løses.

5.1.1 Plassering av hovedpumpe

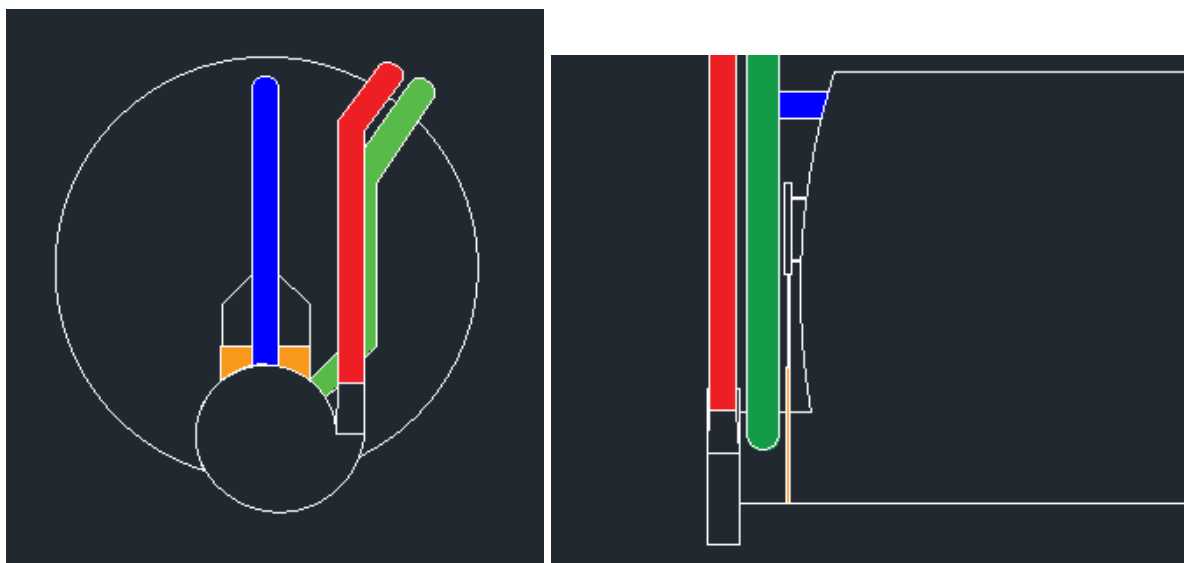
Alternativ 1: Nedsenket gjødselkammer uten sluseventil



Figur 24: Prinsippskisse nedsenket gjødselkammer uten sluseventil, av forfatterne, 2019.

Alternativ 1 består av en nedsenket kammer i tanken foran på vogna. Hvis vogna inneholder godt med husdyrgjødsel og/eller kjører i nedoverbakke vil gjødsla renne ned i kammeret og inn i hovedpumpa. Hvis vogna kjører i motbakke og gjødselnivået er så lavt at gjødsla ikke når fram til kammeret vil den bli pumpet inn i kammeret via røret under tanken (grønn) ved hjelp av matepumpa. Det er ingen sluseventil som hindrer gjødsla å renne tilbake i tanken på denne løsningen. Gjødselkammeret har en utforming som hindrer gjødsla å renne tilbake til tanken. Gjødsla går derfor inn i hovedpumpa og blir pumpet videre til spredning. Figur 24 viser rør fra matepumpe (grønn), og rør fra hovedpumpa til spredning (rød).

Alternativ 2: Gjødselkammer med sluseventil



Figur 25 og 26: Prinsippskisser gjødselkammer med sluseventil, av forfatterne, 2019.

På alternativ 2 har vi plassert gjødselkammeret foran tanken. Når gjødselnivået i vogna er høyt og/eller man kjører i nedoverbakke vil gjødsla renne inn i kammeret og inn i hovedpumpa. Når gjødselnivået er lavt og man kjører i motbakke vil gjødsla renne inn i matepumpa og pumpes fram til kammeret. For at gjødsla ikke skal renne tilbake i tanken har vi satt inn en sluseventil. Sluseventilen består av en stålplate som skyves opp og ned av en dobbeltvirkende sylinder. Det hydrauliske systemet skal fungere slik at man styrer sylindren og matepumpa med samme funksjon i traktoren. Når matepumpa pumper gjødsla fram til gjødselkammeret og sluseventilen er stengt, vil gjødsla finne vegen til hovedpumpa og gå til spredning. Hvis matepumpa gir for mye gjødsla i forhold til hva hovedpumpa klarer å ta unna, vil et returrør lede overskuddsgjødsel inn til toppen av tanken som sikkerhet. Figur 25 og 26 viser rør fra matepumpe (grønn), rør fra hovedpumpe (rød) og returrør (blå).

Valg av løsning

Alternativ 1 har noen utfordringer når det kommer til plassering av pumper og plassering av rør. For å få systemet til å fungere er man nødt til å ha en nedsenkning av gjødselkammeret, og derav må hovedpumpa også plasseres lavere enn ønskelig. Røret fra matepumpa måtte også plasseres under tanken om det skal finne vegen fram til kammeret. Dette vil medføre vanskeligheter under kjøring, spesielt over kanter og lignende hvor det ikke skal mye til før hovedpumpa tar ned i bakken. Alternativ 2 har bedre plassering av hovedpumpe, bedre

rørplassering og det er mindre fare for at pumpa skal ta ned i bakken når man kjører. Alternativ 2 inneholder mer teknisk utstyr, bl. a. sluseventil, men vi ser at det er en nødvendig del for å unngå at gjødsla renne tilbake i tanken i stedet for å gå til spredning. Vi ser at alternativ 1 i stor grad ikke er gjennomførbar på grunn av avstand fra hovedpumpe og ned til bakken, og har på bakgrunn av disse vurderingene valgt å gå videre med alternativ 2.

5.1.2 Plassering av matepumpe

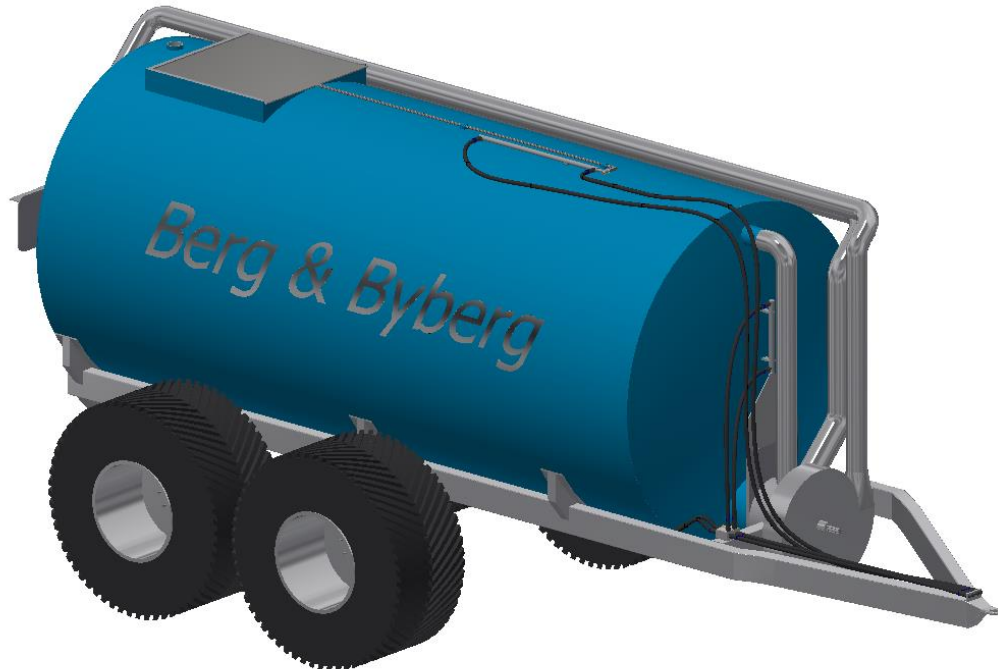
På den endelige løsningen har vi valgt å plassere matepumpe bak og ikke under tanken. Dette medfører noen kompromisser med tanke på plassering av spredeorgan. Spredeorganet må plasseres lengre unna veggen til tanken for å unngå å spre gjødsla på den hydrauliske motoren. Etter å ha sett på en løsning som innebar å ha matepumpe og den hydrauliske motoren under tanken, så vi at det ble for liten avstand fra matepumpe og ned til bakken. Dette kan gjøre at matepumpe tar ned i bakken under kjøring. Vi så at denne plasseringen ikke var gunstig og valgte å plassere matepumpe og den hydrauliske motoren bak tanken.

5.1.3 Plassering av rør

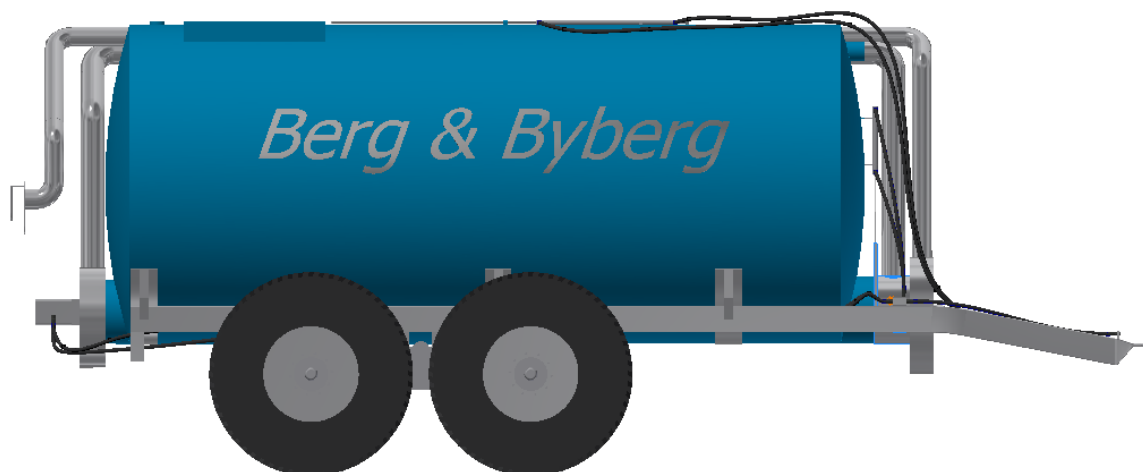
Igjennom denne screeningprosessen så vi på flere mulige rørplasseringer. Alternativ 1 var å plassere røret fra matepumpe og røret fra hovedpumpe over og på siden av tanken. Alternativ 2 var å plassere røret fra matepumpe og røret fra hovedpumpe under tanken og inntil ramma. Det var også en mulighet å kombinere disse alternativene og plassere røret fra matepumpe under tanken og røret fra hovedpumpe over og på siden av tanken. Etter å ha sett nærmere på alternativene fant vi ut av det ble noe trangt å plassere rørene under tanken, og bestemte oss for å gå for alternativ 1.

5.2 Produktpresentasjon med konstruksjonstegninger

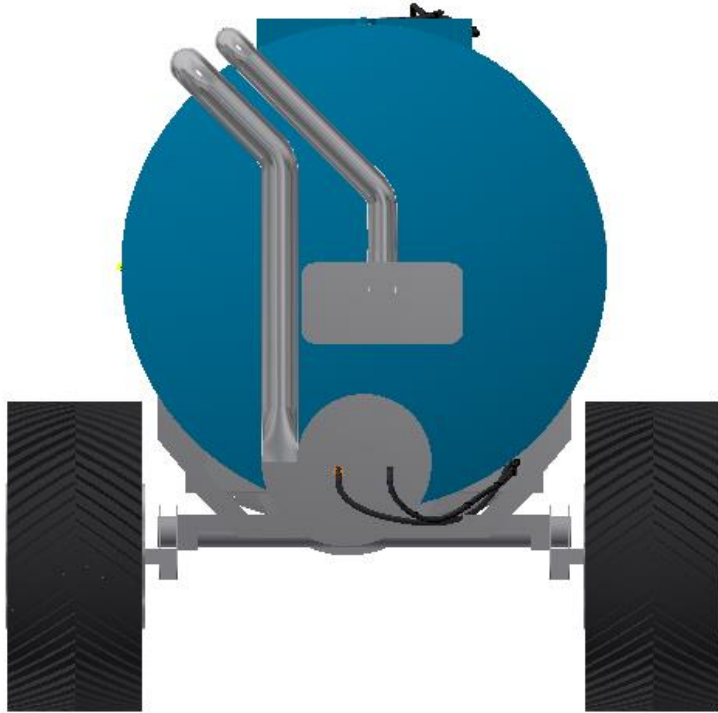
5.2.1 Endelig løsning



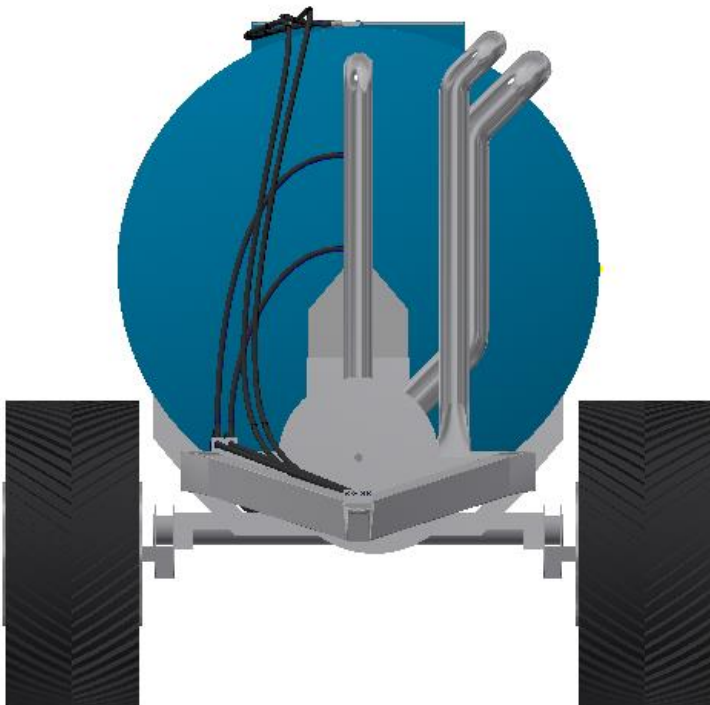
Figur 27: Endelig løsning, av forfatterne, 2019.



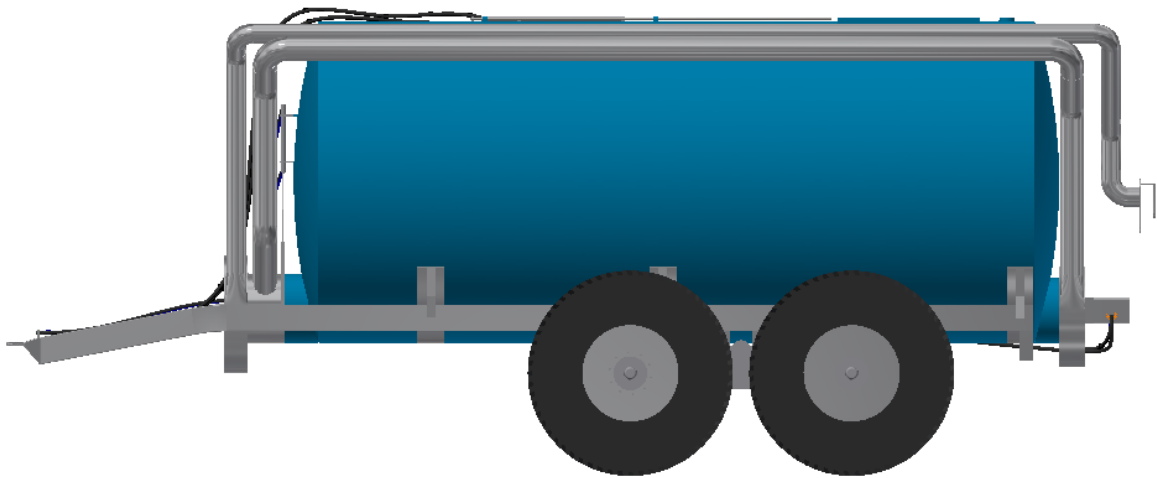
Figur 28: Endelig løsning sett fra høyre side, av forfatterne, 2019.



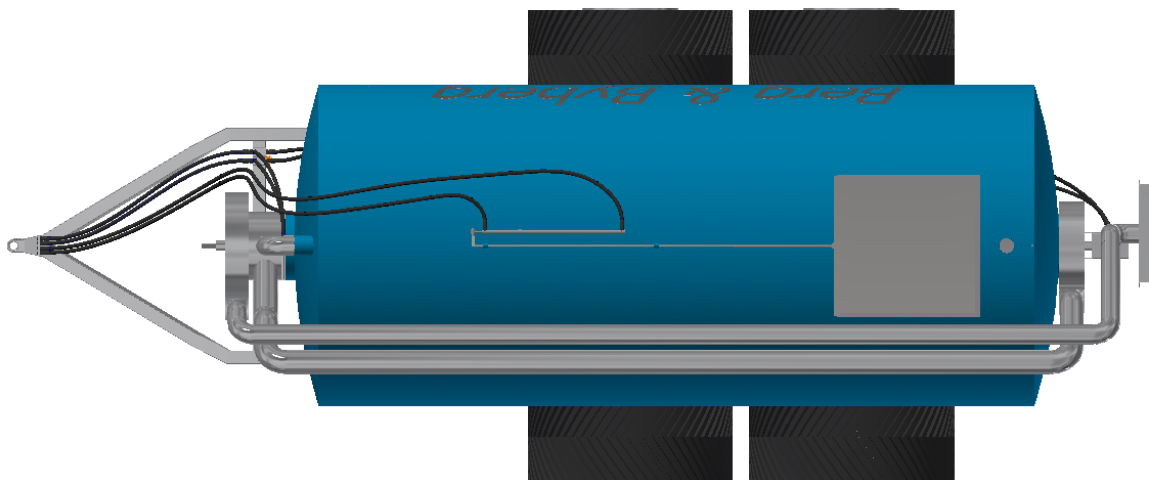
Figur 29: Endelig løsning sett fra bakside, av forfatterne, 2019.



Figur 30: Endelig løsning sett fra forside, av forfatterne, 2019.

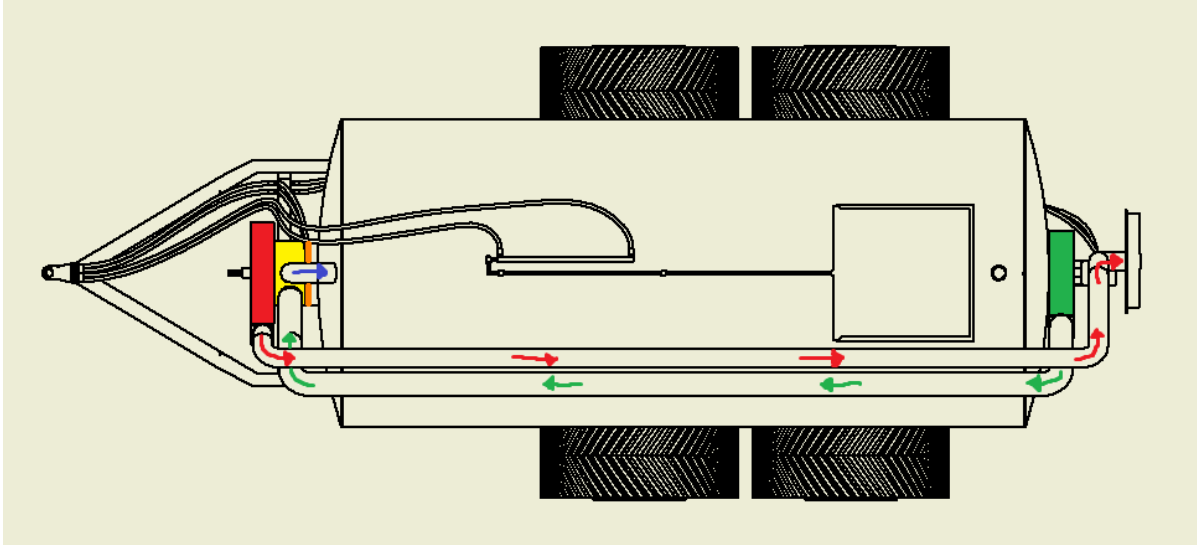


Figur 31: Endelig løsning sett fra venstre side, av forfatterne, 2019.

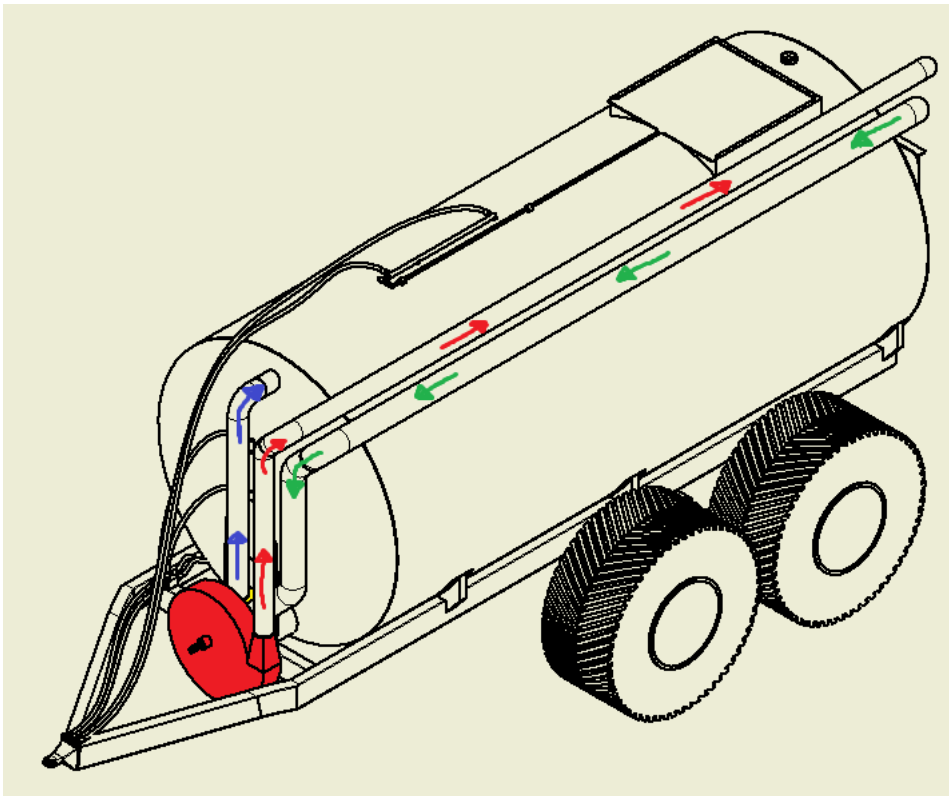


Figur 32: Endelig løsning sett fra overside, av forfatterne, 2019.

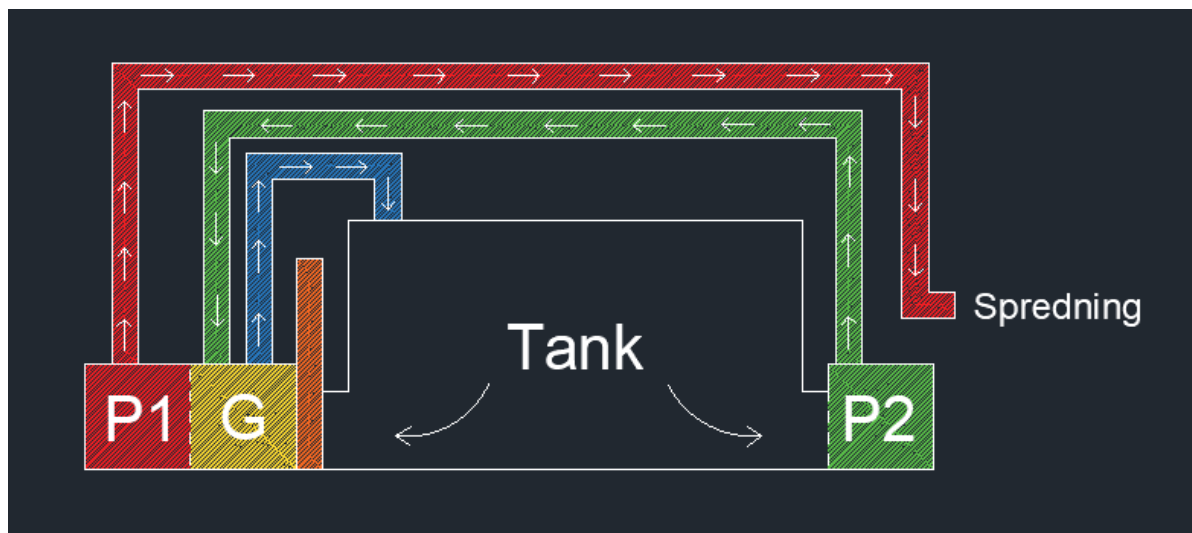
5.2.2 Prinsipp



Figur 33: Prinsippskisse for gjødselvogn ved bruk av matepumpe, av forfatterne, 2019.



Figur 34: Prinsippskisse for gjødselvogn ved bruk av matepumpe, av forfatterne, 2019.



Figur 35: Prinsippskisse gjødselvogn, av forfatterne, 2019.

Matepumpa benyttes hvis man avslutter spredninga i motbakke, når helninga på vogna gjør at gjødsla ikke når fram til hovedpumpa. Matepumpa drives av hydraulikk og betjenes med spak i traktoren. Når spaken settes i posisjon for pumping lukkes først ventilen mellom gjødselkammeret og tanken (oransje). Deretter starter matepumpa (grønn, P2), og pumper gjødsla fram til gjødselkammeret (gul, G). Se kapittel 5.4 for mer detaljert beskrivelse av hydraulikk. Fra gjødselkammeret går gjødsla inn i hovedpumpa (rød, P1), som pumper den videre bak til spredeorganet. Matepumpa har like stor eller større volumstrøm som hovedpumpa, for å utnytte hovedpumpas kapasitet og gi et jevnt spredebilde. Røret fra matepumpa er ca. 7 meter langt og har en indre diameter på 125 mm. Når man kjører på flat mark eller nedoverbakke vil gjødsla som ligger i dette røret renne fram til gjødselkammeret. Røret må derfor fylles på nytt når matepumpa startes.

Rørets radius: 62,5 mm

Rørets lengde: 7 meter = 70 dm

Pumpas volumstrøm: 4500 l/min

$$^{[1]} 62,5\text{mm} * 62,5\text{mm} * 3,14 = 12.266\text{mm}^2 = 1,27 \text{ dm}^2$$

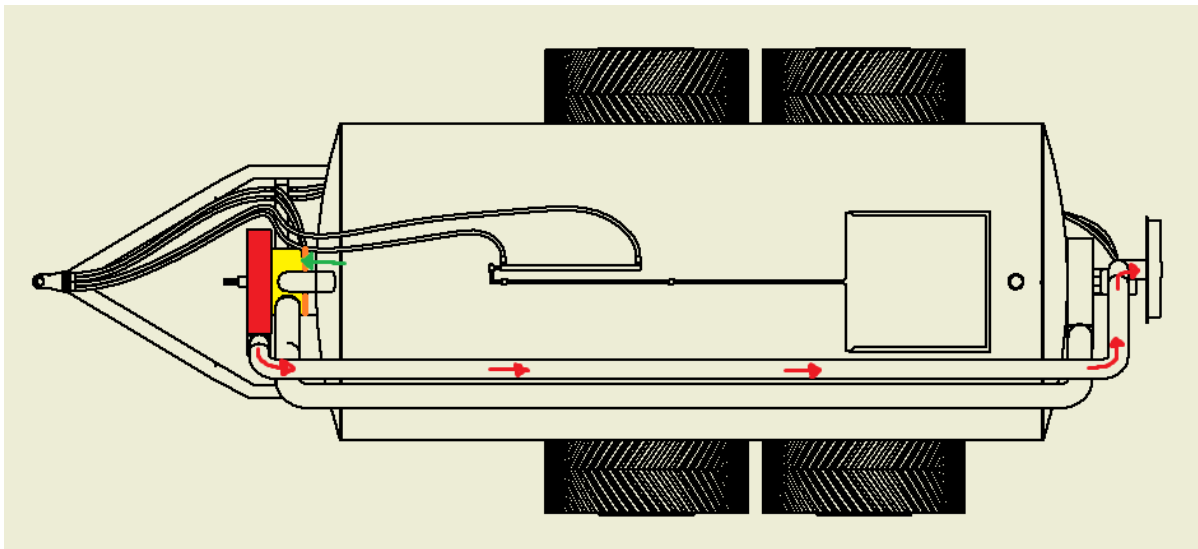
$$^{[2]} 1,27 \text{ dm}^2 * 70 \text{ dm} = 88,9 \text{ dm}^3 = 88,9 \text{ liter}$$

$$4500 \text{ l/min} / 60 = 75 \text{ liter/sekund}$$

$$^{[3]} 88,9 \text{ liter} / 75 \text{ liter/sek} = \underline{1,19 \text{ sekund}}$$

Det tar 1,2 sekunder å fylle røret fra matepumpa til hovedpumpa. Altså vil det bli et opphold på 1,2 sekunder fra matepumpa starter til gjødsla når fram til hovedpumpa.

Det er satt inn et returrør fra gjødselkammeret og inn til tanken (blå), for å slippe tilbake eventuell overskuddsgjødsel. Dette er også en sikkerhet dersom hovedpumpa stopper når matepumpa er i drift. Returrøret går inn høyt oppe på tanken for å gi returgjødsla en lengre vei å gå. Dette er også en buffer for gjødselkammeret.



Figur 36: Prinsippskisse for gjødselvogn ved normal spredning, av forfatterne, 2019.

Når tanken er full og når man avslutter spredninga på flat mark eller i nedoverbakke er matepumpa ikke i bruk. Da står ventilen mellom gjødselkammeret og tanken åpen (oransje strek), og gjødsla renner fritt fra tanken til hovedpumpa, gjennom gjødselkammeret.

5.3 Beskrivelse av komponenter

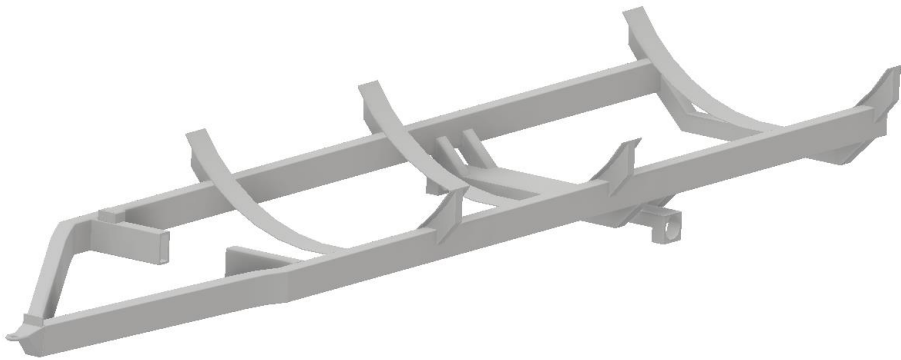
5.3.1 Tank



Figur 37: Tank med påfyllingsluke for gjødsla, av forfatterne, 2019.

Vi har valgt å benytte oss av en sylinderformet tank i konstruksjonen. Grunnen til dette er at det ikke stilles noe særlige krav til utforminga med tanke på at det er pumper i begge endene på tanken, og gjødsla vil finne veien ut av tanken uansett. At tanken er sylinderformet gjør det også enkel å forme en ramme hvor tanken sitter stødig. Tanken har et kvadratisk påfyllingslokk på toppen som man kan åpne og stenge med en dobbeltvirkende sylinder som sitter lenger frem på tanken. Helt bakerst på toppen av tanken er det er luftehull. Luftehullet skal gi åpning for tilstrekkelig med luft til tanken etter hvert som gjødsla blir pumpet ut. Hvis det ikke er åpning for luft, vil undertrykket bli så stort i tanken at det er fare for at konstruksjonen kollapser.

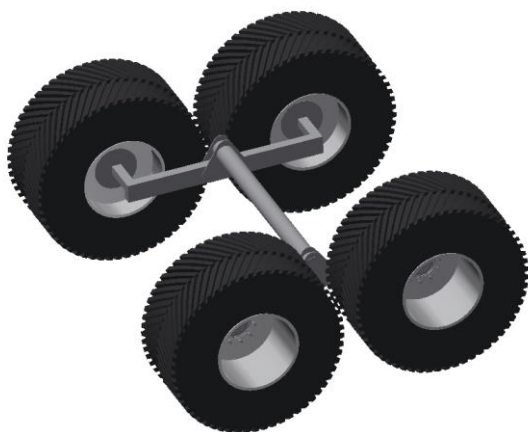
5.3.2 Ramme



Figur 38: Tankvognas ramme, av forfatterne, 2019.

Tankvognas ramme er utformet slik at tanken sitter godt og stødig i konstruksjonen. Det er brukt hule stålbejler som hovedkomponenter i ramma, og bøyd flatstål for at tanken skal ha godt med kontaktflate på ramma. Ramma er også utstyrt med krokfeste og oppheng til boggiaksling.

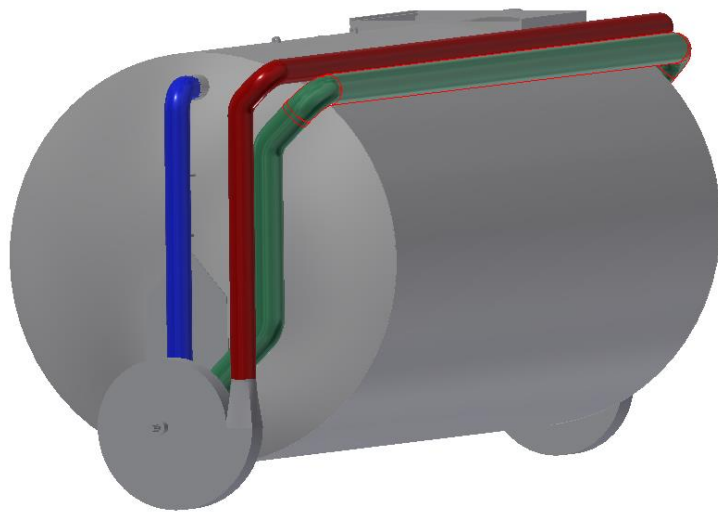
5.3.3 Boggiaksling



Figur 39: Boggiaksling, av forfatterne, 2019.

Tankvogna er utrustet med boggiaksling. Det vil si at det totalt er fire dekk på tankvogna. Ved å benytte seg av boggiaksling, vil man få større kontaktflate med jorda, og man vil fordele vekta fra tankvogna over et større areal. Dette vil være bedre for faktorer som bl.a. jordpakking enn om vi hadde benyttet oss av en en-akslet vogn. Boggiakslingen er hengslet opp, noe som gjør at den følger terrenget fint.

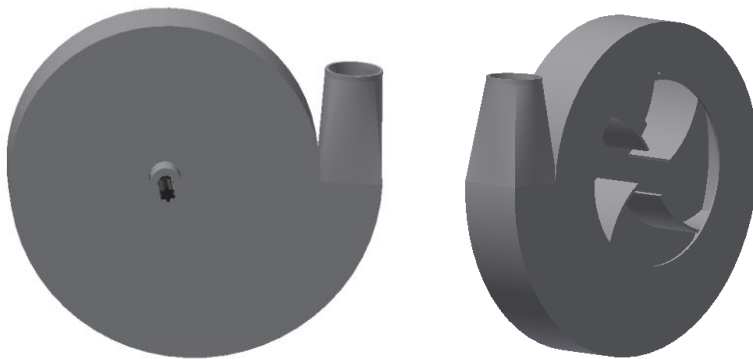
5.3.4 Rør



Figur 40: Rørplasseringer på tankvogna, av forfatterne, 2019.

I figur 40 har vi illustrert hvilken funksjon hvert rør har med farger. Grønn farge er rør fra matepumpe til hovedpumpe, blå farge er returrør fra gjødselkammer til tank og rødt farge er rør fra hovedpumpe til spredeorgan. Blått og rødt rør har en indre diameter på fire tommer, og grønt rør har en indre diameter på fem tommer. Grunnen til at rør for spredning og rør for mating er plassert høyt opp på siden av tanken er at de ikke kommer i veien for noen komponenter eller funksjoner. Med denne plasseringen gjør de heller ikke vogna noe bredere. Grunnen til at returrør til tank er plassert høyt opp på tanken er at man ønsker at gjødsla skal ha en lengre veg å gå før den ender opp i tanken. Gjødsla vil da lettere renne inn mot pumpa og gå til spredning.

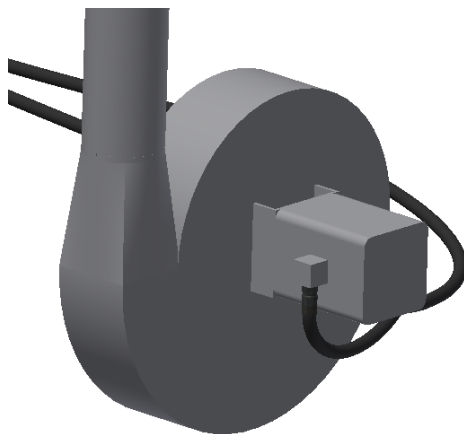
5.3.5 Hovedpumpe



Figur 41: Sentrifugalpumpe drevet av kraftuttak, av forfatterne, 2019.

Hovedpumpa er ei sentrifugalpumpe som drives av kraftuttaket på traktoren. Det er viktig at hovedpumpa gir stort nok trykk for å få et godt spredebilde. Vi har ikke fastsatt pumpekapasitet.

5.3.6 Matepumpe

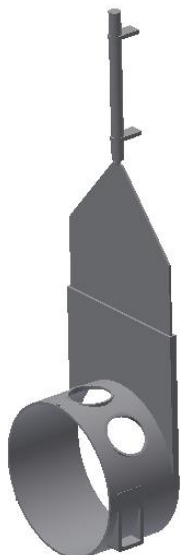


Figur 42: Sentrifugalpumpe drevet av hydraulikk, av forfatterne, 2019.

Matepumpa er ei hydraulisk drevet sentrifugalpumpe. Pumpa er ei lavtrykkpumpe, fordi den kun trenger å gi nok trykk til å løfte gjødsel ca. to meter opp, og fram til hovedpumpa. Vi har

ikke fastsatt kapasitet, men den må ha minst like stor volumstrøm som hovedpumpa for at hovedpumpas kapasitet og spredebildet ikke skal påvirkes.

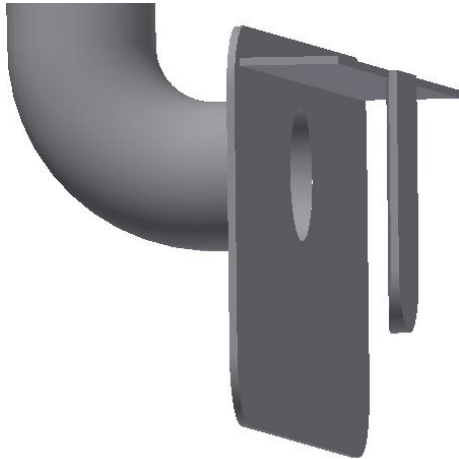
5.3.7 Gjødselkammer/Ventil



Figur 43: Gjødselkammer og sluseventil med hydraulisk sylinder, av forfatterne, 2019.

Ventilen sitter foran den sirkulære åpningen fremst på tanken hvor gjødsla renner inn mot hovedpumpa. Sluseventilen er ei stålplate som skyves opp og ned ved hjelp av en dobbeltvirkende sylinder som sitter montert på forsiden av tanken. Når tankvogna inneholder mye gjødsel, eller kjører i nedoverbakke, vil gjødsla renne direkte fra tanken til hovedpumpa. Da skal sluseventilen stå i åpen stilling. Når gjødselnivået blir lavt og vogna kjører i motbakke skal sluseventilen stenges, og matepumpa bak på vogna startes. Gjødsla vil da bli pumpet inn i kammeret foran sluseventilen. I og med at sluseventilen er stengt vil ikke gjødsla renne tilbake i tanken, men finne veien inn til hovedpumpa og ut til spredeorganet. Det går et returrør fra toppen av gjødselkammeret og inn til toppen av tanken. Dette gjør at gjødsla vil flukte oppover og gå til retur i tanken hvis matepumpa gir for stor volumstrøm i forhold til hva hovedpumpa klarer å pumpe til spredning.

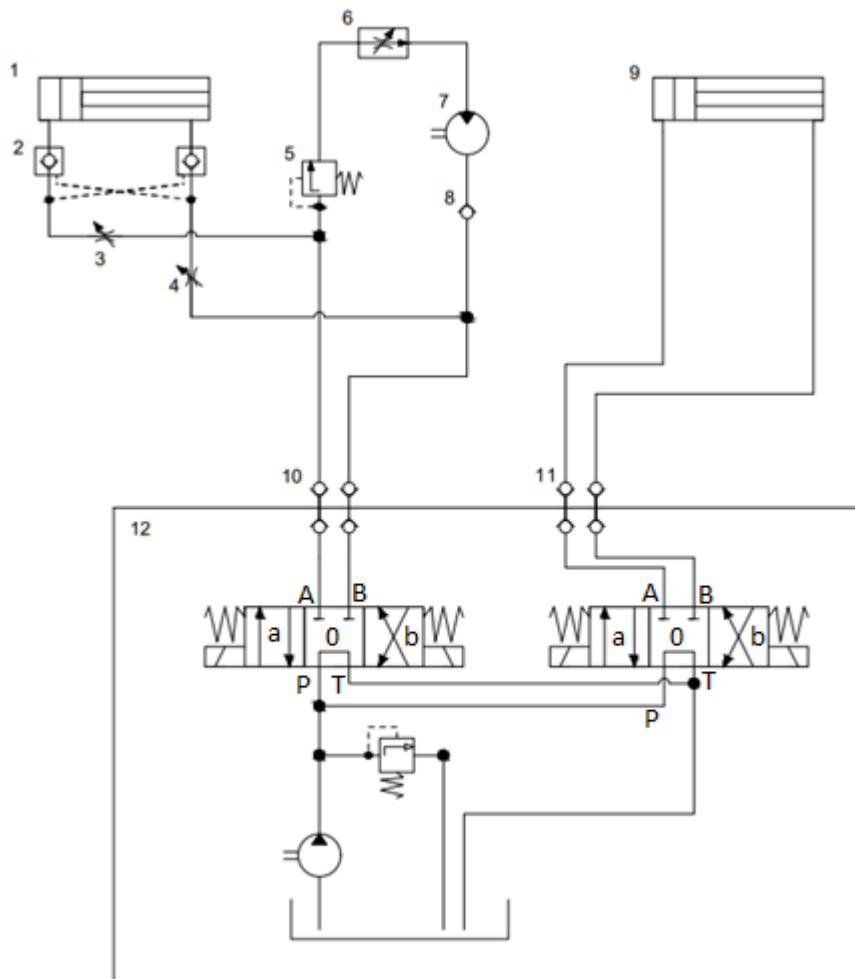
5.3.8 Spredeorgan



Figur 44: Bladspredeorgan, av forfatterne, 2019.

Tankvogna er utstyr med et bladspredeorgan. Utformingen av dette organet gjør at gjødsla blir spredt nedover og til siden. Dette gjør at gjødsla raskt finner veien til plantedekket eller jordoverflaten, noe som minker tapet av ammoniakk i spredeøyeblikket, i motsetning til andre typer bladspredere. Spredeorganet er utskiftbart og det er mulig å montere andre typer spredeorgan på tankvogna.

5.4 Beskrivelse av hydraulikk



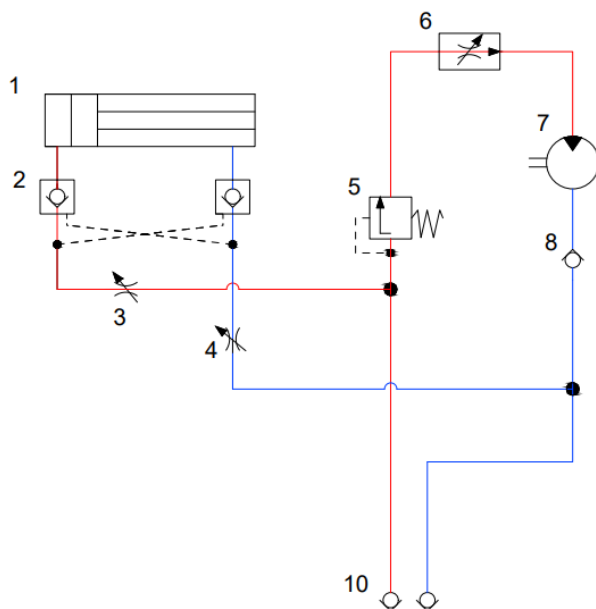
- 1: Dobbeltvirkende sylinder, sluseventil
- 2: Forstyrte tilbakeslagsventiler
- 3: Justerbar strupeventil
- 4: Justerbar strupeventil
- 5: Trykkbegrensningsventil
- 6: Toveis volumstrømsregulator
- 7: Hydraulisk motor med en flyteretning, matepumpe
- 8: Tilbakeslagsventil
- 9: Dobbeltvirkende sylinder, påfyllingsluke
- 10: Hurtigkobling
- 11: Hurtigkobling
- 12: Hydraulisk anlegg på traktor, eksempel

Figur 45: Hydraulisk kart over tankvogna med traktor, av forfatterne, 2019.

Figur 45 viser det hydrauliske anlegget på gjødselvogna. Kretsen fra hurtigkobling (10) skal drive matepumpa (7) og åpne/lukke sluseventilen ved gjødselkammeret (1). Vi har valgt å legge disse funksjonene i samme krets for å forenkle bruken av vogna. Den andre kretsen går til sylinderen som åpner og lukker påfyllingsluka (9) på toppen av tanken.

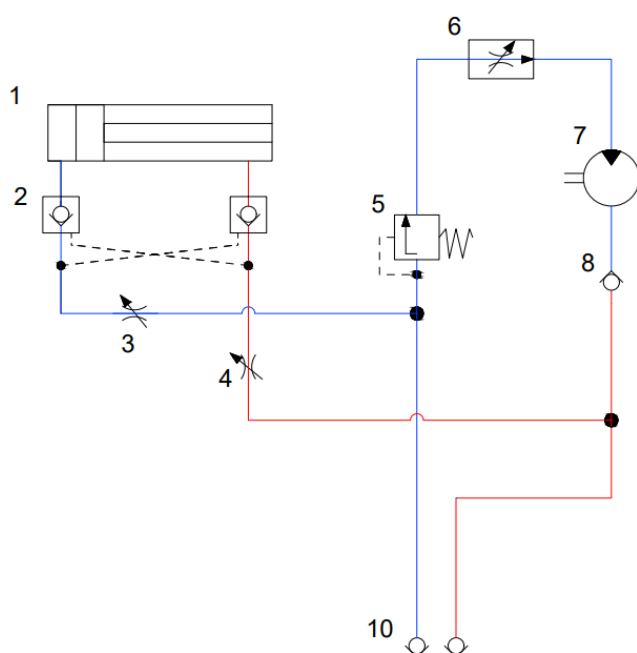
Sylinderen for åpning og lukking av sluseventilen ved gjødselkammeret (1) står normalt i åpen stilling. Det er satt inn forstyrte tilbakeslagsventiler for å hindre av ventilen siger ned under normal kjøring. Sylinderen brukes vanligvis når man sprer husdyrgjødsel, så traktoren går med relativt høyt turtall. Sylinderen er har lite volum, da den kun skal løfte ei stålplate på rundt 7 kg. Vi har derfor valgt å sette inn strupeventiler (3 og 4) for å hindre at sylinderen går for fort. Strupeventilene er justerbare, slik at hastigheten på sylinderen kan reguleres.

Sylinderen for åpning og lukking av påfyllingsluka er en toveis sylinder. Den brukes normalt når traktoren står stille med lavt turtall. Det er derfor ikke nødvendig med volumstrømsregulatorer for å begrense hastigheten til sylinderen. Sylinderen er i utgangsposisjon når luka er lukket for å beskytte sylinderstanga mot korrosjon.



Figur 46: Kart over hydrauliske funksjoner for sluseventil og matepumpe, når matepumpa skal benyttes, av forfatterne, 2019.

Når matepumpa skal benyttes settes spaken for kretsen i stilling A. Trykkbegrensningsventilen (5) åpner ved et trykk på 25 bar. Derfor vil sylinderen (1) skyves ut først. Da lukkes sluseventilen slik at gjødsla i gjødselkammeret ikke renner tilbake i tanken. Når sylindrens bevegelse er fullført øker trykket i kretsen, og trykkbegrensningsventilen (5) åpner. Før matepumpas motor (7) er det satt inn en volumstrømsregulator (6) som skal sikre at motoren går med jevnt turtall. Volumstrømsregulatoren er justerbar, og stilles inn slik at matepumpa pumper like mye eller litt mer gjødsl enn hovedpumpa. Etter olja har gått gjennom motoren går den tilbake til tanken. Olja på retursiden av kretsen vil ikke påvirke sylinderen, da det hele tiden er trykk på trykksiden.



Figur 47: Kart over hydrauliske funksjoner for sluseventil og matepumpe, når matepumpa ikke skal benyttes, av forfatterne, 2019.

Når matepumpa ikke benyttes må sluseventilen ved gjødselkammeret åpnes, slik at gjødsla kan renne normalt inn til hovedpumpa. Det gjøres ved å sette spaken for kretsen i posisjon B. En enveisventil (8) hindrer at olja går til matepumpas motor. Olja går til sylinderen via en regulerbar strupeventil (4). Strupeventilen hindrer at sylinderen skades på grunn av for rask bevegelse. Olja på retursiden kan ikke nå motoren på grunn av trykkbegrensningsventilen (5).

6. Diskusjon

I screeningprosessen hadde vi fire gode forslag til tekniske løsninger. Vi mener at alle fire løsningene har potensialet til å kunne produseres og benyttes til spredning av husdyrgjødsel, samt oppnå god spredeeffektivitet. Vi valgte den løsningen som vi mener har best potensiale basert på de produktkravene som vi stilte i screeningen. Vårt endelige resultat i denne oppgaven er en tilsynelatende funksjonell teknisk løsning på problemstillingen vår. Vi har igjennom denne prosessen funnet et system som gir oss 100% spredning av husdyrgjødsel uavhengig av helning i terrenget. Den endelige løsningen er basert på teknikk som finnes på markedet i dag.

Den endelige løsningen har ikke igjennom denne prosessen blitt produsert, og den er dermed ikke prøvd ut i praksis. Vi vet derav ikke om løsningen fungerer i praksis, selv om det ser lovende ut på 3D tegninger. Vi har støtt på noen problemer underveis i konstruksjonen av denne tankvogna, og ett av dem var plassering av matepumpe og spredeorgan. Matepumpa kunne ikke plasseres under tanken og vi måtte dermed inngå et kompromiss ved å flytte spredeorganet lenger ut fra veggen til tankvogna, noe som ikke er ønskelig med tanke på vognas lengde og krav til spredeorganets innfestning til tanken. Ved å flytte spredeorganet litt lengre bak, har vi i hvert fall klart å unngå at den hydrauliske motoren som er festet på matepumpa blir nedsølt av gjødsel fra spredeorganet.

Vi har igjennom denne prosessen også diskutert plassering av gjødselkammer og hovedpumpe. Det endelige resultatet ser funksjonelt ut og vi er fornøyde med pumpeplassering og gjødselkammerets utforming. Den endelige løsningen har også gode plasseringer av rør. Rørene ligger langs med tanken hvor de ikke er i veien for noe annet. Vi oppnådde minst mulig retningsforandringer i rør, og rørene er plassert slik at det er lett å komme til med tanke på service og reparasjon.

Et problem vi også kom til å tenke på var tiden det tok å pumpe gjødsel fra matepumpa og fram til hovedpumpa når røret er tomt. Med utregninger fant vi ut at det ville ta ca. 1,2 sekunder å pumpe gjødsel fram til hovedpumpa, noe som gjør at man muligens vil oppleve et lite opphold i spredningen når man setter i gang matepumpa. Det vil da bli tilnærmet 100% spredeeffektivitet, men ikke fullstendig. Måter dette problemet kunne vært løst på er å lage et system hvor matepumpa starter før man stenger ventilen til gjødselkammeret og før

hovedpumpa går tørr for gjødsel. Hovedpumpa vil da ha konstant tilgang til gjødsel fram til tanken er tom, og man oppnår 100% spredeeffektivitet.

Selv om den endelige konstruksjonen gir mulighet for 100% spredeeffektivitet, er det ikke benyttet veldig mye ekstra utstyr på tankvogna. Det eneste utstyret som er ekstra i forhold til ei vanlig tankvogn med sentrifugalpumpe er ei ekstra Pumpe med hydraulisk motor, et ekstra rør, en sluseventil og gjødselkammer. Disse ekstra delene vil ikke utgjøre mye med tanke på totalvekta på tankvogna. Spredesystemet er enkelt, og krever ikke veldig mye ekstra i forhold til vedlikehold. Dette er vi veldig fornøyd med.

Selv om den endelige løsningen gir bedre forutsetninger for spredeeffektivitet, er det ingen selvfølge at behovet i markedet er tilstede. Det er ikke utført noen markedsanalyser, og vi vet derav ikke om dette er et produkt som brukerne er villige til å investere i. Usikkerheten ligger i om prisen på det ekstra utstyret spares inn i forhold til spredeeffektivitet. Det er heller ikke foretatt noen beregninger på dette.

Selve prosessen i dette arbeidet har vært veldig god. Vi kom i gang med diskusjoner og idemyldringer allerede tidlig høsten 2018, og det gikk ikke langt tid før vi hadde fire forslag til screeningprosessen klare. Tidlig oppstart av arbeidet med denne oppgaven la et godt grunnlag for videre arbeid. Vi fikk igjennom vinteren god tid til å arbeide med konstruksjon av den endelige løsningen, og med utforming av denne bacheloroppgaven.

7. Konklusjon

Målet med oppgaven er å komme med et forslag til system for å gi 100% spredning av husdyrgjødsel med tankvogn, uavhengig av helning i terrenget man kjører i. Vi vil at løsningen skal gi bedre forutsetninger for jevn spredning, mindre kjøring og mindre pakking av jord. Vi vil også at løsningen skal bidra til god utnyttelse av plantenæringsstoffer i gjødsla, og ivaretagelse av jordstruktur.

Vi mener at den endelige løsningen innfrir målene vi har satt for oppgaven. Løsningen gir tilnærmet 100% spredeeffektivitet, og med noen endringer kan man oppnå fullstendig spredeeffektivitet. Den endelige løsningen legger også til rette for mindre kjøring på jordet, noe som vil føre til mindre pakking av jord og ødeleggelse av jordstruktur. Det er ikke tatt andre spesielle hensyn med tanke på mindre jordpakking. Den endelige løsningen bidrar ikke til bedre utnyttelse av plantenæringsstoffene i gjødsla, men vår løsning skal heller ikke være dårligere enn systemer som finnes på markedet i dag.

7.1 Forslag til videre utvikling og arbeid

Neste steg i denne prosessen bør være å utføre en markedsanalyse for å avdekke om behovet for slike vogner er tilstede i markedet.

For å kunne produsere denne konstruksjonen er det viktig å gjøre fullstendige styrkeberegninger av materialet i tankvogna. Man bør også beregne pumpeens kapasitet, og dimensjonere rør og det hydrauliske anlegget før man setter tankvogna i produksjon. Videre er det også viktig å produsere mer detaljerte tegninger, slik at man får med alle deler som skal være med i konstruksjonen.

Når hele konstruksjonen er tegnet helt i detalj, kan det være lurt å gjennomføre en priskalkyle på det endelige produktet. Priskalkylen vil vise om produktet kan konkurrere i pris med andre tankvogner på markedet.

Etter at man har avdekket behovet i markedet og kalkulert prisen på produktet, bør det produseres en prototyp av den endelige konstruksjonen. Prototypen bør testes for spredesystemets funksjonalitet, og eventuelle utbedringer må gjøres før tankvogna evt. går til produksjon.

Igjennom utviklingsprosessen av den endelige løsningen har vi fått flere ideer til utstyr som kan forbedre spredesystemet til tankvogna. Igangsetting av matepumpa kan automatiseres, for å forenkle betjening. Man kan lage et system som gjør at matepumpa starter når en flottør ved hovedpumpa registrerer et visst lavt gjødselnivå. Dette vil føre til at føreren av traktoren ikke behøver å starte hydraulikken manuelt. Igangsetting av matepumpa kan også automatiseres ved å benytte seg av en sensor som registrerer helning på tanken i kombinasjon med en flottør.

Litteraturliste

Litteratur

Andersen, J. K., Bergland, H., Frestad, R., Herø, E. & Rønning, R. (2012). *Produksjon faktabok*. Gyldendal Norsk Forlag AS.

Balsvoll, g., Bjørdal, J., Bærug, R., Fjeld, J., Fjelldal, E., Flaten, O., ... Aasen, I. (1993). *Husdyrgjødsel*. Statens fagtjeneste for landbruket.

John Deere (1967). *Tekniska Grundbegrepp Hydraulikksystem*. Deere & Company

Morken, J. Bøe, J. K. og Endrerud, H. C. (2003). *Landbruksmaskiner*. GAN Forlag AS.

Ruud, L. E. (u.å.). *Husdyrgjødselhåndtering*. [Lysarkpresentasjon]. Høgskolen i Innlandet.

Skøien, S. (2003). *Jordlære*. GAN Forlag AS.

Internett

Agropub (2018). *Fast gjødsel*. Hentet fra: <https://www.agropub.no/fagartikler/fast-gjodsel>

Axflow (u.å.). *Excentersnekkepumper*. Hentet fra:

<http://www.axflow.com/da/site/produkter/kategori/pumper/excentersnekkepumper/>

Heggset, S. (2015). *Kjøreskader og jordpakking i eng*. Hentet fra:

<https://www.nlr.no/fagartikler/11321/>

Joskin. (u.å.). *Equipment available*. Hentet fra:

<https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>

Lovdata (2019). *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav*. Hentet fra:

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>

Lovdata (2019). *Forskrift om gjødslingsplanlegging*. Hentet fra:

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-07-01-791>

Lovdata (2019). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)*. Hentet fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6#KAPITTEL_2

Mathisen. R. (2017). *Sentrifugalpumpe*. Hentet fra: <https://ndla.no/nb/node/123160?fag=35>

Pumpschool (2017). *Lobe pumps*. Hentet fra:
<http://www.pumpschool.com/principles/lobe.asp>

Reime (2019), *Produkt håndbok gjødselspreding og vogner*. Hentet fra:
<http://www.reimeagri.no/newsread/page.aspx?nodeid=5242>

Seehusen. T. (u.å.). *Jordpakking – Konsekvenser og tiltak*. [Lysarkpresentasjon]. Hentet fra:
<https://www.bondelaget.no/getfile.php/13757313-1479979709/MMA/Bilder%20fylker/Akershus/Foredrag%20jordpakking%20landbrukshelg%20Hurdal%20T.%20Seehusen%20NIBIO.pdf>

Store Norske Leksikon (SNL) (2018), *sluse – ventil*. Hentet fra: https://snl.no/sluse_-_ventil

Statistisk Sentralbyrå (SSB) (2018). *Husdyrhald*. Hentet fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/jordhus>

Bilder

Agromiljø (u.å.). *Kummer - Lagertanker med unik konstruksjon og kvalitet*. Hentet fra:
http://www.agromiljo.no/produkter/01_am_kum_gjodsellager/01_am_kum/index.shtml

Axflow. (u.å.). *Mono Compact C*. Hentet fra:
<http://www.axflow.com/da/site/produkter/kategori/pumper/excentersnekkepumper/mono-compact-c/#advantages>

Fjøsssystemer (u.å.). *Gjødseltrekk*. Hentet fra:
<https://www.fjosssystemer.no/storfe/gjodselhandtering/gjodseltrekk>

Heggset. S. (u.å.). *Husdyrgjødsel på grasmark*. Hentet fra:
<https://rogaland.nlr.no/media/ring/1219/Husdyrgj%C3%B8dsel%20p%C3%A5%20grasmark%20-%20spredeteknikker.pdf>

Høydedata (2018). [Bildesøk Blæstad, med bakgrunnslag Norge i bilder]. Hentet fra: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>

Joskin. (u.å.). *Equipment available*. Hentet fra: <https://www.joskin.com/en/equipments/liquid-manure-spreader/pumping-system>

Kramp (u.å.). *Skruekraner*. Hentet fra: <https://nordic.kramp.com/store/agro-no/no/product/289698>

Kval-Engstad. O. (2017). *Spre møkka tynt og tidlig etter slått*. Hentet fra: <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/tynn-mokkspredning/>

Mascus. (u.å.). *MOI DOFF X 9 BOGGIE – NORGE*. Hentet fra: <https://www.mascus.no/landbruk/brukt-gjodselspreder/moi-doff-x-9-boggie/pomsfgts.html>

Mathisen. R. (2017). *Sentrifugalpumpe*. Hentet fra: <https://ndla.no/nb/node/123160?fag=35>

Morken, J. *Direkte gjødselinjeksjon*. Hentet fra: Morken, J. Bøe, J. K. og Endrerud, H. C. (2003), *Landbruksmaskiner*. GAN Forlag AS.

Nikolaisen. K. (2015). *Varsler møkk-mulkt*. Hentet fra: <https://www.lofotposten.no/naringsliv/jordbruk/varsler-mokk-mulkt/s/5-29-35250>

Ystad. D. (2015). *HMS-varsler: Gassfare ved omrøring av husdyrgjødsel*. Hentet fra: <https://ostafjells.nlr.no/nyhetsarkiv/2015/25952/>

Vedlegg

Vedlegg 1: *Utrekning av spreedeeffektivitet for ei sylindrisk tankvogn*

Vedlegg 2: *Gjødselvogn, sprengskisse*

Vedlegg 3: *Gjødselvogn, overside*

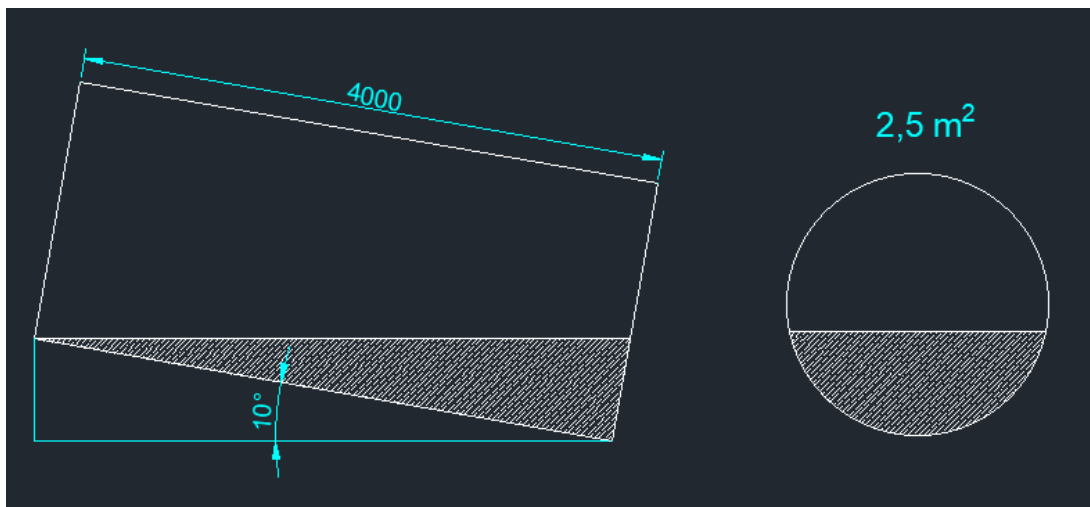
Vedlegg 4: *Gjødselvogn, venstre side*

Vedlegg 5: *Gjødselvogn, foran*

Vedlegg 6: *Gjødselvogn, bak*

Vedlegg 1: Utregning av spreddeffektivitet for ei sylindrisk tankvogn

Dette er en tankvogn med ei sentrifugalpumpe foran på tanken. Tanken har et volum på 10 m^3 , lengde på 4 meter og arealet på kortsidene er $2,5 \text{ m}^2$. Tanken er sylindrisk. I dette regneeksemplet skal vi finne ut hvor mange kubikk husdyrgjødsel som ikke når fram til innsuget til sentrifugalpumpa når tanken står i 10 graders vinkel. Innsuget til pumpa er satt til laveste punkt på den fremste kortsiden.



Figur 48: Illustrasjon av tankvogn i eksempelet, av forfatterne, 2018.

Vi vet at:

$$\Theta = 10 \text{ grader}$$

$$\text{Lengde tank} = 4 \text{ meter}$$

$$A \text{ tverrsnitt tank} = 2,5 \text{ m}^2$$

$$V = 10 \text{ m}^3$$

Pkt. 1) Regn ut diameter (D) og radius (r) av tverrsnitt av vogn:

$$^{[4]} A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = \sqrt{2,5 \text{ m}^2 / \pi}$$

$$\underline{r = 0,892 \text{ m}}$$

$$D = r + r$$

$$D = 0,892 \text{ m} + 0,892 \text{ m}$$

$$\underline{D = 1,784 \text{ m}}$$

Pkt. 2) Bestem antall segmenter man deler tanken opp i:

I dette eksempelet bruker vi 5 segmenter.

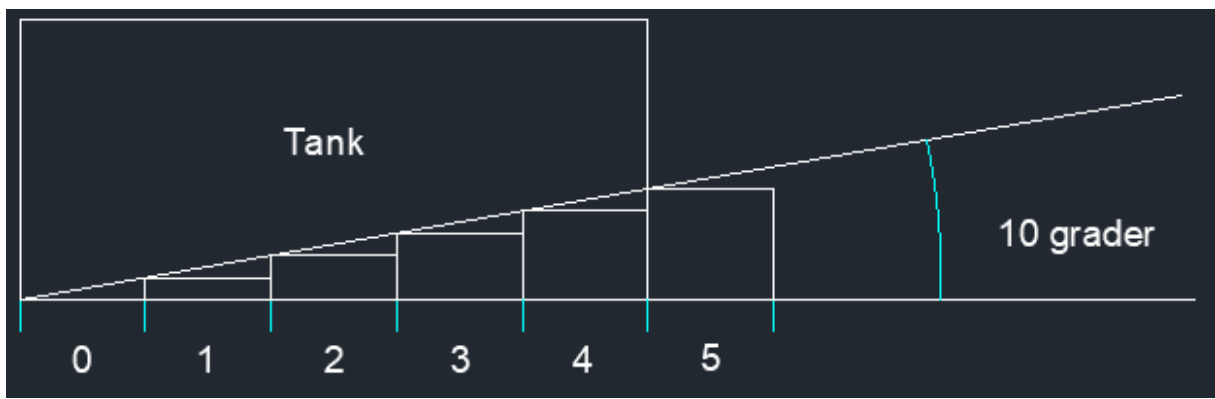
$$^{[5]} \Delta x = x/n$$

Δx = Bredde på hvert segment

x = Lengde tank

n = antall segment

$$\Delta x = 4 \text{ m} / 5 = \underline{0,8 \text{ m}}$$



Figur 49: Oppdeling av segmenter, av forfatterne, 2018.

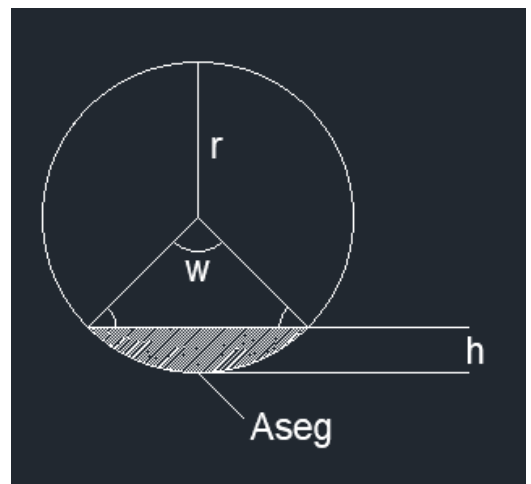
Pkt. 3) Regn ut vinkel (w) for hvert segment

$$^{[6]} w = 180 - 2 \text{Arcsin} \left(-\frac{(\Delta x \tan \theta) - r}{r} \right)$$

Segment 1)

$$w = 180 - 2 \text{Arcsin} \left(-\frac{0,8 \tan(10) - 0,892}{0,892} \right)$$

$$\underline{w_1 = 65,326}$$



Figur 50: Vinkel for hvert segment, av forfatterne, 2018.

Ved bruk av samme formel fikk vi disse resultatene på de andre segmentene:

$$w_2 = \underline{93,730}$$

$$w_3 = \underline{116,586}$$

$$w_4 = \underline{136,885}$$

$$w_5 = \underline{155,837}$$

Pkt. 4) Regn ut areal (A_{seg}) for hvert segment

$$^{[7]} A_{seg} = \left(\frac{w}{360} \pi r^2 \right) - \left(\cos \left(\frac{180 \times w}{2} \right) \times \sin \left(\frac{180 - w}{2} \right) \times r^2 \right)$$

Segment 1)

$$A_{seg} = \left(\frac{65,326}{360} \pi r^2 \right) - \left(\cos \left(\frac{180 \times 65,326}{2} \right) \times \sin \left(\frac{180 - 65,326}{2} \right) \times r^2 \right)$$

$$A_{seg1} = \underline{0,092 \text{ m}^2}$$

Ved bruk av samme formel fikk vi disse resultatene på andre segmentene:

$$A_{seg2} = \underline{0,254 \text{ m}^2}$$

$$A_{seg3} = \underline{0,454 \text{ m}^2}$$

$$A_{seg4} = \underline{0,678 \text{ m}^2}$$

$$A_{seg5} = \underline{0,919 \text{ m}^2}$$

Pkt. 5) Regn ut volumet for hvert segment

$$^{[8]} V = A_{seg} \times \Delta x$$

Segment 1)

$$v = 0,092 \text{ m}^2 \times 0,8 \text{ m}$$

$$v_1 = \underline{0,0736 \text{ m}^3}$$

Ved bruk av samme formel fikk vi disse resultatene på de andre segmentene:

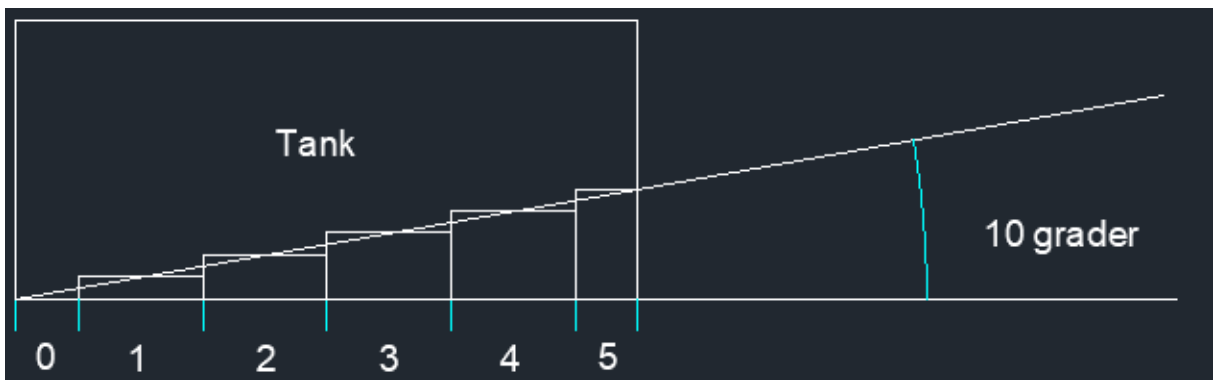
$$v_2 = \underline{0,2032 \text{ m}^3}$$

$$v_3 = \underline{0,3636 \text{ m}^3}$$

$$v_4 = \underline{0,5424 \text{ m}^3}$$

Hvis man ser på figur 49, ser man at over hvert segment er det et tomrom formet som en rettvinklet trekant sett fra siden, som ikke vil bli regnet med i volum beregningen. For å gjøre opp for volumet som ikke blir med i beregningen har vi lagt til et segment 5, hvor volumet vi regner på befinner seg på bak side av tanken. Ved å dele volumet til segment 5 på 2, deretter summere dette med volumene for segment 1-4, oppnår vi en sedeforskyvning på segmentene som vist på figur 51. Dette skal gjøre opp for volumet i den rettvinklede trekanten som ikke blir regnet med originalt. Denne regnemetoden medfører små unøyaktigheter da man ikke tar hensyn til de rettvinklede trekantenes sirkulære form sett bakfra. Når det er sagt vil nøyaktigheten øke med antall segmenter brukt i regnestykket. Vi bruker derimot få segmenter da det blir mindre krevende og regne ut, samt gir et svar som er i nærheten av nøyaktig.

$$v_5 = 0,919 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ m} = \underline{0,3676 \text{ m}^3}$$



Figur 51: Segmenter, av forfatterne, 2018

Pkt. 6) Summere volumet i alle segmentene

$$V = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5$$

$$V = 0,0736 \text{ m}^3 + 0,2032 \text{ m}^3 + 0,3636 \text{ m}^3 + 0,5424 \text{ m}^3 + 0,3676 \text{ m}^3$$

$$V = 1,5504 \text{ m}^3 \approx \underline{\underline{1,55 \text{ m}^3}}$$

I ei sylindrisk tankvogn på 10 m^3 og ei lengde på 4 meter, vil $1,55 \text{ m}^3$ ikke nå fram til innsuget til sentrifugalpumpa når vogna står i 10 grader helling.

Utregning av tankvognas felteffektivitet

Videre i denne utregningen skal vi demonstrere tankvognas felteffektivitet. Vi bruker lik tankvogn som i eksempelet over. Tankvogna skal spre gjødsel på et kupert jorde i nærheten av Blæstad. Vi har satt opp en løype som traktoren og tankvogna skal følge, og delt løypa inn i seksjoner på 10 meter. Hver seksjon har en bestemt fallprosent regnet ut fra høydeforskjellen i hver seksjon. Vi bestemmer at vogna har 15 meter sprede bredde, og at traktorhastighet sammen med pumpekapasitet gjør at tankvogna sprer 3 m^3 gjødsel pr 1000 m^2 .



Figur 52: Kart over kjørespor i eksempel, Høydedata, 2018.
(<https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>)

Pkt. 7) Regn ut antall kubikk gjødsel pr. seksjon

$$^{[9]} 15 \text{ m (sprede bredde)} * 10 \text{ m (seksjonslengde)} = 150 \text{ m}^2$$

$$3 \text{ m}^3 \text{ (gjødsel pr. } 1000 \text{ m}^2) / 1000 \text{ m}^2 = 0,003 \text{ m}^3 \text{ (gjødsel pr. } 1 \text{ m}^2)$$

$$0,003 \text{ m}^3 * 150 \text{ m}^2 = \underline{0,45 \text{ m}^3 \text{ (gjødsel pr. seksjon)}}$$

Antall kubikk gjødsel pr. seksjon blir 0,45 m³

Pkt. 8) Regn ut fall prosent for hver seksjon

Vi viser utregning for seksjon 1:

$$^{[10]} 220,9 \text{ moh.} - 219,7 \text{ moh.} = 1,2 \text{ m (høydeforskjell)}$$

$$1,2 \text{ m} / 10 \text{ m (seksjonslengde)} = 0,12 = \underline{12\%}$$

Pkt. 9) Finn ut hva minimumet antall kubikk som må være i tanken for å få spredning i ulik helling.

For å finne ut dette kan man benytte seg av regnemetoden vi har vist i eksemplet over. Vi har brukt tegneprogrammet Inventor for å finne minimumet for antall kubikk som må være i tanken for å få spredning ved ulik helling, for å spare oss for en del jobb, i tillegg til å få resultatet helt nøyaktig.

Punkt i løypa (m)	Moh.	Seksjon	Fallprosent seksjon	Minimum antall kubikk for å få spredning	Gjennværende møkk i vogn
0	219,7				
10	220,9	1	12 %	1,99 m ³	9,55 m ³
20	222,2	2	13 %	2,22 m ³	9,10 m ³
30	222,7	3	5 %	0,57 m ³	8,65 m ³
40	223	4	3 %	0,27 m ³	8,20 m ³
50	223,6	5	6 %	0,74 m ³	7,75 m ³
60	223,8	6	2 %	0,15 m ³	7,30 m ³
70	223,3	7	-5 %	0 m ³	6,85 m ³
80	222,7	8	-6 %	0 m ³	6,40 m ³
90	222,7	9	0 %	0 m ³	5,95 m ³
100	223,2	10	5 %	0,57 m ³	5,50 m ³
110	223,7	11	5 %	0,57 m ³	5,05 m ³
120	224	12	3 %	0,27 m ³	4,60 m ³
130	223,9	13	-1 %	0 m ³	4,15 m ³
140	223,5	14	-4 %	0 m ³	3,70 m ³
150	222,7	15	-8 %	0 m ³	3,25 m ³
160	221,7	16	-10 %	0 m ³	2,80 m ³
170	221	17	-7 %	0 m ³	2,35 m ³
180	221,4	18	4 %	0,41 m ³	1,90 m ³
190	223	19	16 %	2,96 m ³	1,90 m ³
200	224,9	20	19 %	3,73 m ³	1,90 m ³
210	226	21	11 %	1,76 m ³	1,76 m ³
220	225,2	22	-8 %	0 m ³	1,31 m ³
230	223,7	23	-15 %	0 m ³	0,86 m ³
240	223,3	24	-4 %	0 m ³	0,41 m ³
250	224,6	25	13 %	2,22 m ³	0,41 m ³
260	225,4	26	8 %	1,12 m ³	0,41 m ³
270	224,1	27	-13 %	0 m ³	0 m ³
280	222,6	28	-15 %	0 m ³	0 m ³
290	221,5	29	-11 %	0 m ³	0 m ³
300	220,5	30	-10 %	0 m ³	0 m ³

Tabell 2: Utrekning av gjennværende gjødsel i vogna for hver seksjon, av forfatterne, 2018.

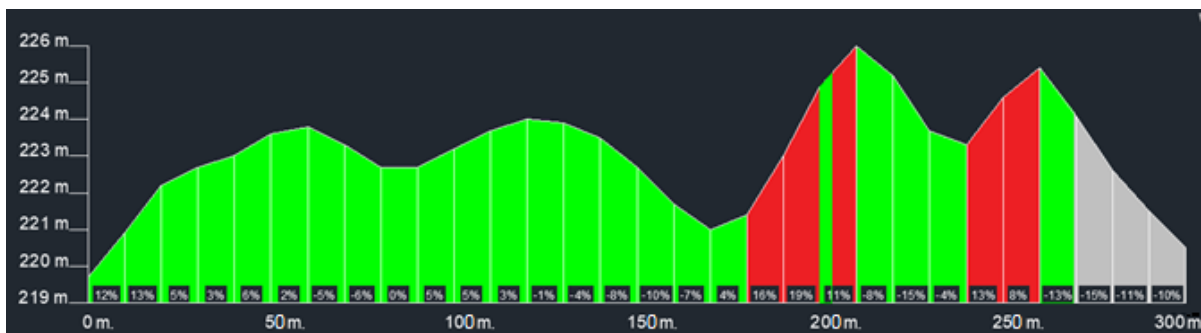
Tabell 2 viser utregning av gjennværende gjødsel i vogna for hver seksjon. Seksjon 21 og 27 har delvis spredning, da gjødselen slutter å nå fram til pumpa før seksjonen er ferdigkjørt.

Pkt. 10) Beregning av felteffektivitet

I denne situasjonen kjører traktoren 269 m fra den starter til den har tømt vogna. Hvis vogna hadde hatt konstant spredning ville traktoren ha kjørt 222 meter fra start til den har tømt vogna.

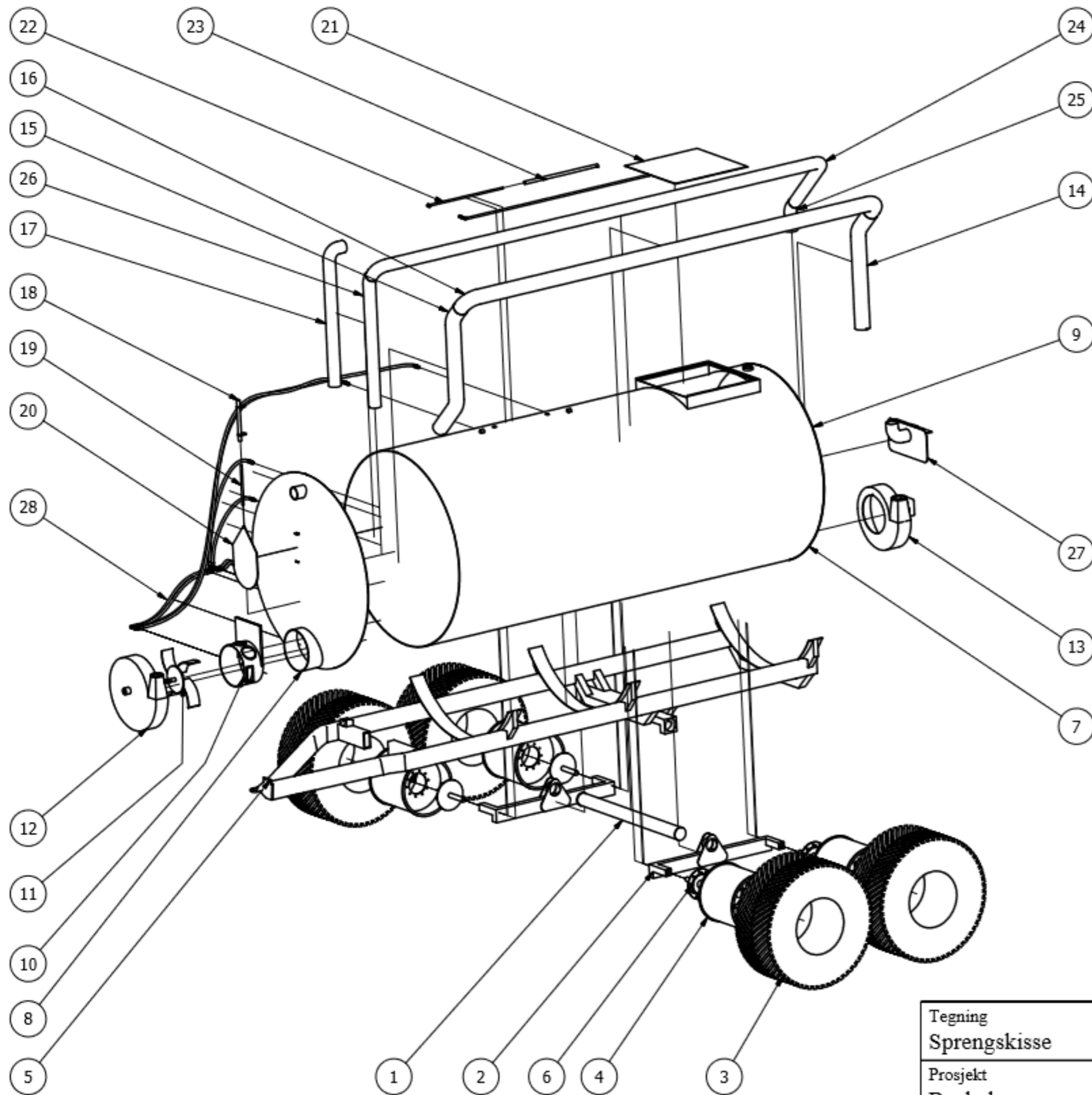
$$^{[11]} 222 \text{ m} / 269 \text{ m} = 0,825 = \underline{82,5 \%}$$

Felteffektiviteten for denne vogna i denne situasjonen er 82,5%, fra start av spredning til tømt vogn. Faktorer som for eksempel kjøring inn og ut av jordet, kjøring for å fylle opp vogna osv. er ikke tatt med i denne beregningen.



Figur 53: Felteffektivitet under spredning, av forfatterne, 2018.

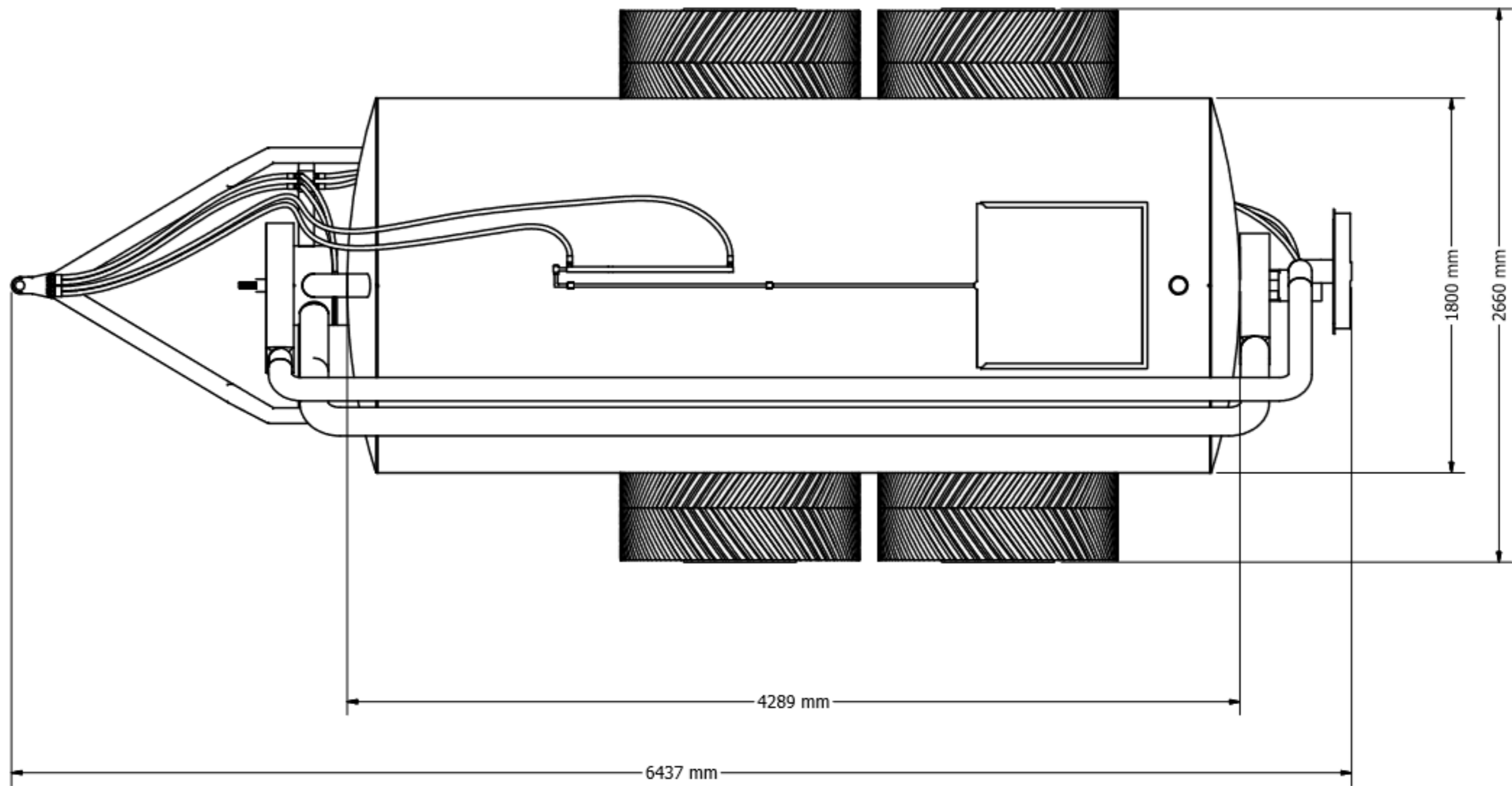
X-aksen viser seksjoner (hver seksjon er 10 meter kjørelengde) og Y-aksen viser høydemeter (moh.). Grønt betyr spredning og rødt betyr ikke spredning. Grått viser at tanken er tom.



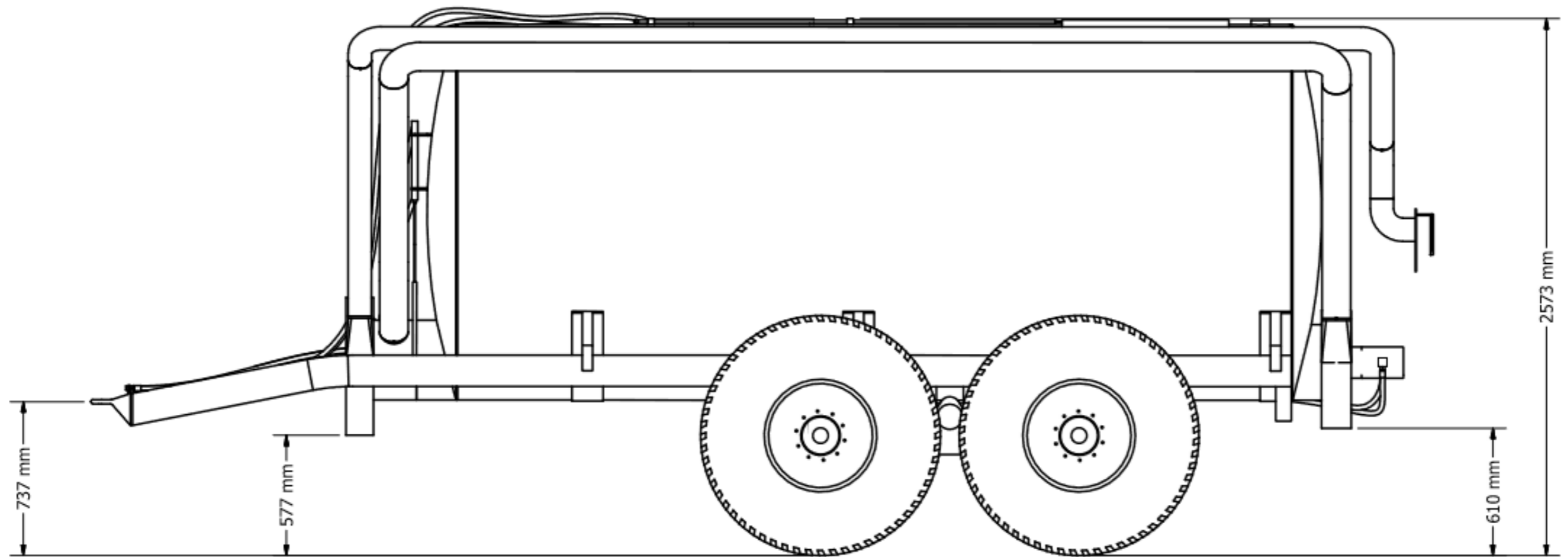
DELELISTE

ITEM	QTY	DELENUMMER
1	1	aksling
2	2	boggi oppheng
3	4	dekk
4	4	felg
5	1	ramme
6	4	nav
7	1	Tank 10 m3
8	1	tank ende foran
9	1	tank ende
10	1	ventil
11	1	pumpe skovlhjul
12	1	pumpehus
13	1	pumpehus matepumpe
14	1	rør matepumpe del 1
15	1	rør matepumpe del 2
16	1	rør matepumpe del 3
17	1	rør retur
18	1	sylinder hus ventil
19	1	sylinder stag ventil
20	1	spjeld
21	1	luke
22	1	Sylinder stempel luke
23	1	Sylinder ytterdel luke
24	1	rør spredning del 2
25	1	rør spredning del 3
26	1	rør spredning
27	1	spredeorgan
28	1	Run01

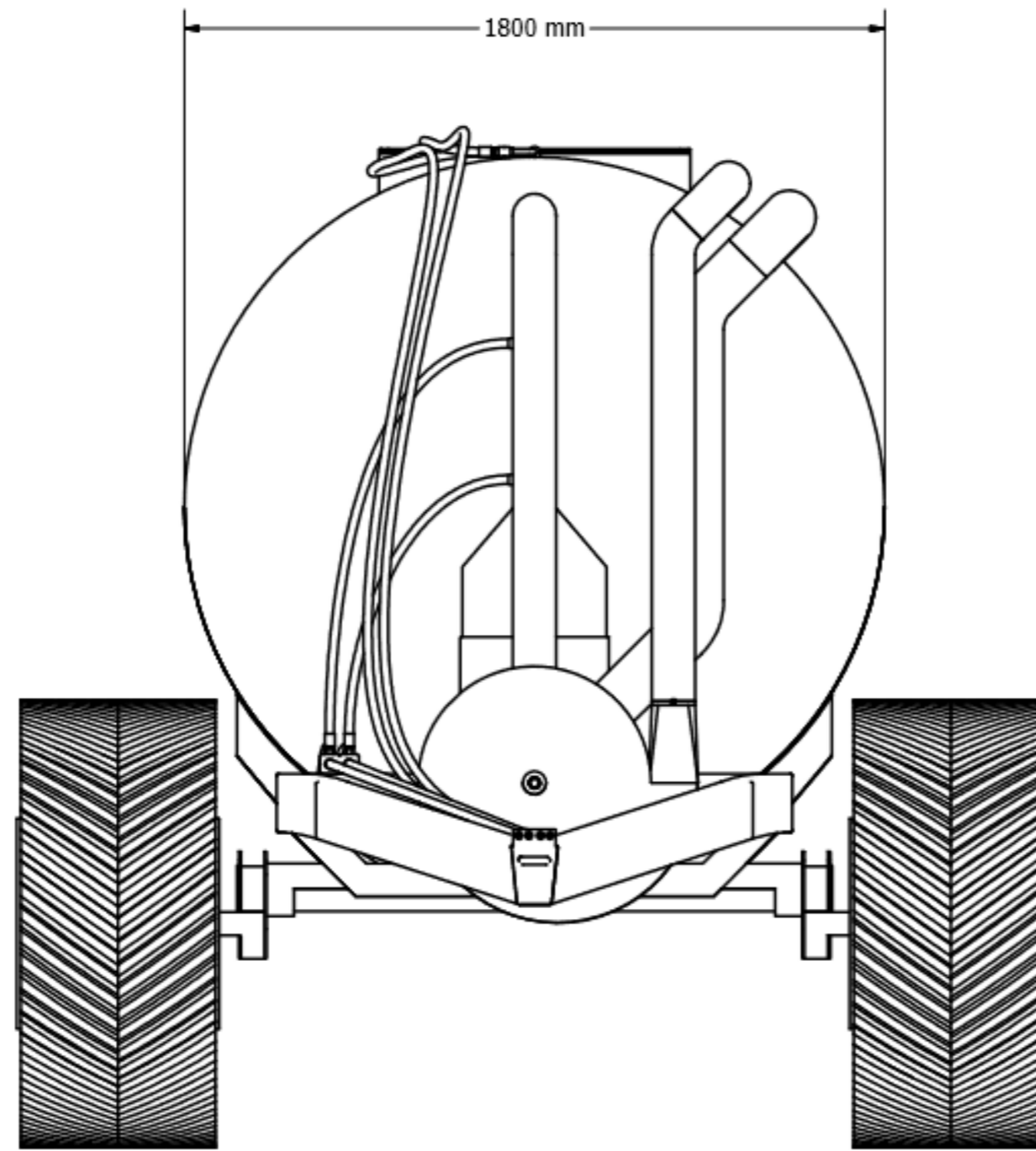
Tegning Sprengskisse	Dato 27.02.2019	Skala 1:35
Prosjekt Bacheloroppgave	Tegnet av TSB og HB	Høgskolen i Innlandet



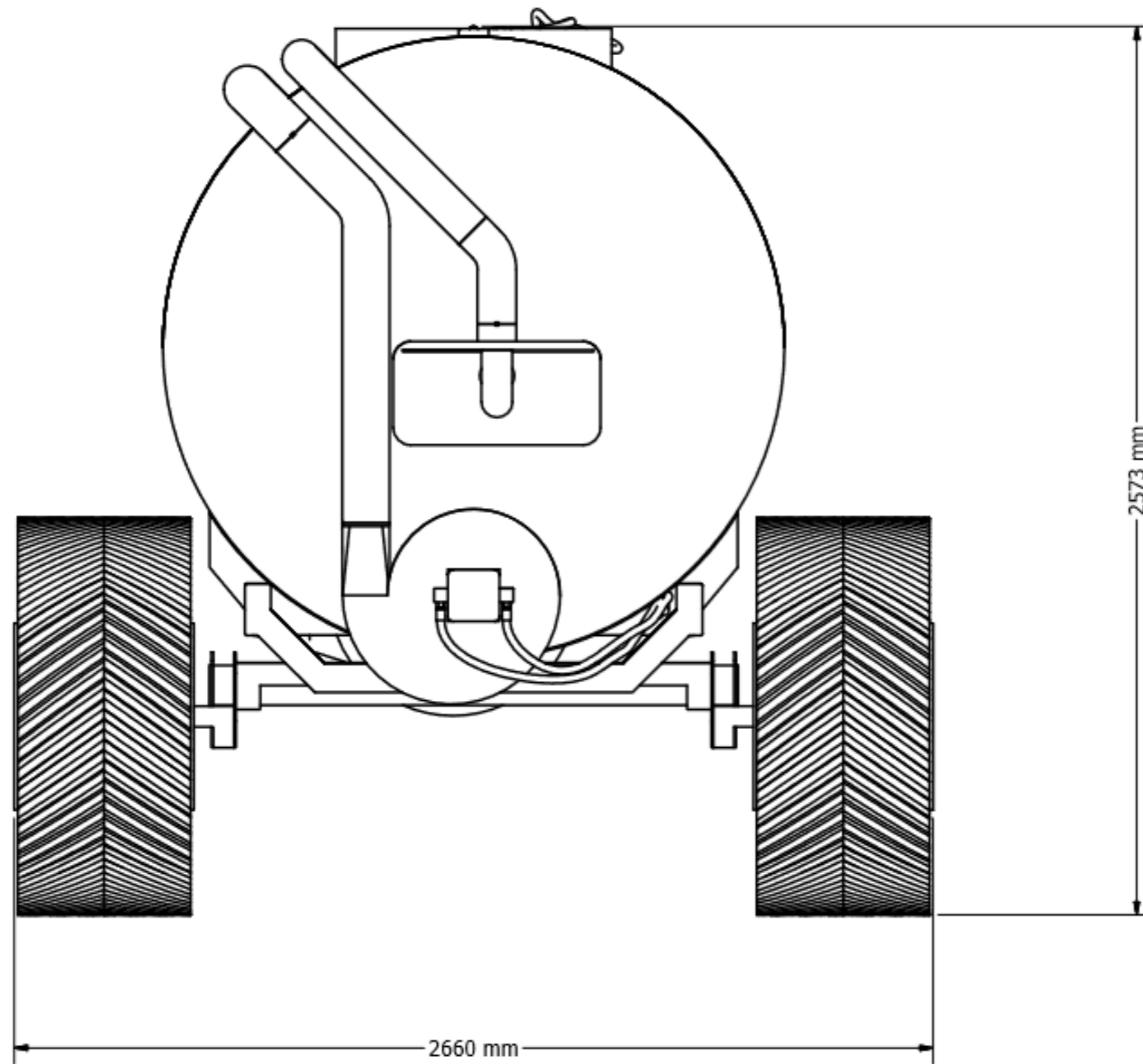
Tegning Overside	Dato 27.02.2019	Skala 1:20
Prosjekt Gjødselvogn	Tegnet av TSB og HB	Høgskolen i Innlandet



Tegning Venstre side	Dato 27.02.2019	Skala 1:20
Prosjekt Gjødselvogn	Tegnet av TSB og HB	Høgskolen i Innlandet



Tegning Foran	Dato 27.02.2019	Skala 1:15
Prosjekt Gjødselvogn	Tegnet av TSB og HB	Høgskolen i Innlandet



Tegning Bak	Dato 27.02.2019	Skala 1:15
Prosjekt Gjødselvogn	Tegnet av TSB og HB	Høgskolen i Innlandet