

Aase Sølvsberg Urdal
Elin Elisabeth Flinstad
Maiken Nørkov Johansen

Beslutningsgrunnlag for dimensjonering av arbeidsceller på sykehusets sterilsentral

Design of Layout for Workstations in a Central
Sterile Process Department (CSPD)

Bacheloroppgave i Logistikkingeniør
Veileder: Alireza Ashrafian
Mai 2023

Aase Sølvberg Urdal
Elin Elisabeth Flinstad
Maiken Nørkov Johansen

Beslutningsgrunnlag for dimensjonering av arbeidsceller på sykehusets sterilsentral

Design of Layout for Workstations in a Central Sterile
Process Department (CSPD)



Bacheloroppgave i Logistikingeniør
Veileder: Alireza Ashrafian
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for økonomi
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



Tittel: Beslutningsgrunnlag for dimensjonering av arbeidsceller på sykehusets sterilsentral Design of Layout for Workstations in a Central Sterile Process Department (CSPD)		Gruppenummer: 16
Forfattere: Maiken Nørkov Johansen Elin Elisabeth Flinstad Aase Sølvsberg Urdal		Dato: 26.05.2023
		Gradering: Åpen
Studieretning: Logistikkingeniør – Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse – NTNU Trondheim		
Veileder internt: Alireza Ashrafian		
Oppdragsgiver: Sykehusbygg HF		
Oppdragsgivers kontaktperson: Bjørn Bakken		
Sammendrag Denne oppgaven tar for seg arbeidsprosesser og flyten av medisinsk flergangsutstyr på sykehusets sterilsentral. Gjennom identifisering og dimensjonering av arbeidsceller dannes et grunnlag for arealbehov for sterilsentralens tre soner: uren, ren og steril.		
Stikkord - Sterilsentral - Arbeidsceller - Prosessflyt - Arealplanlegging - Beslutningsgrunnlag	Keywords - CSPD - Workstation layout - Process flow - Layout planning - Decision contribution	

Sammendrag

Sterilsentralen er en av sekundærfunksjonene på sykehuset som støtter primærfunksjonen: funksjoner knyttet til undersøkelse og behandling av pasienter. For å kunne opprettholde primærfunksjonen er det nødvendig med en effektiv og jevn flyt av sterile instrumenter. Etterspørselen på sterilsentralen øker i takt med befolkningsveksten, samtidig som kampen om areal og midler forblir den samme.

Denne bacheloroppgaven definerer arealet til hver enkelt arbeidscelle på sterilsentralens tre soner: uren, ren og steril. Tallene i cellene er basert på dokumenter fra Sykehusbygg HF, SINTEF sin byggforskserie og studentenes egne mål fra sterilsentralen på St. Olavs hospital. Arbeidscellene er dimensjonert etter menneskers rekkevidde og plassbehov, og illustrerer nødvendig areal. Cellene inneholder elementene som kreves for én arbeider. Det er derfor mulig å gange opp antall celler etter behov på hver enkelt sterilsentral. Under planlegging av sterilsentralen vil arbeidscellene settes sammen som et puslespill basert på antallet av hver arbeidscelle, og gi et totalareal for hver sone og sterilsentralen som enhet.

Arealer til kontor, opplæring, gangareal og personalrom er diskutert i oppgaven. Dette er arealer som avhenger av måten sonene legges opp på og hvordan hvert enkelt sykehus velger å designe sin sterilsentral. Arealene er derfor ikke tatt med i oppgaven direkte, men gangareal regnes ut ved bruk av en brutto/netto-faktor.

Basert på arealene til hver enkelt arbeidscelle er det laget en regnearkmodell hvor bruker kan plote inn antallet av hver enkelt arbeidscelle, for deretter å få utskrevet et areal for hver sone og for hele sterilsentralen. Regnearket vil visualisere størrelsene på sonene i forhold til hverandre.

Opgaven har kommet frem til konkrete suksessfaktorer for å sikre en god flyt av SSG gjennom sterilsentralen. Generelt for alle sonene vil automatisering av forflytning og avsatt plass til oppbevaring av vogner være viktige suksessfaktorer. Ved planlegging av nye sykehus anbefales det derfor å prioritere areal og midler til å bygge en velfungerende sterilsentral med mulighet for utbygging og automatisering.

Abstract

The Central Sterile Processing Department, CSPD, is one of the secondary functions within the hospital that supports the primary function: functions related to patient care and treatment. To maintain the primary function, an efficient and smooth flow of sterile instruments is needed. The demand for the CSPD increases in line with population growth, while the competition for space and resources remains the same.

This bachelor's thesis defines the area of each individual workstation in the three zones of the CSPD: contaminated, clean, and sterile. The dimensions in the workstations are based on documents from Sykehusbygg HF, SINTEF byggforskserie and measurements from the CSPD at St. Olav's Hospital, measured by the students. The workstations are dimensioned based on human reach and space requirements and illustrates the necessary area. The workstations contain the elements required for one worker. Therefore, it is possible to multiply the workstations as needed in each CSPD. During the planning of the CSPD, the workstations can be assembled like a puzzle based on the quantity of each workstation, resulting in a total area for each zone and the CSPD as a whole.

Necessary areas for office space, training, corridors, and staff rooms are discussed in the thesis. These areas depend on the organization of the zones and how each hospital chooses to design its CSPD. Therefore, these areas are not directly included in the thesis, but the corridor area is calculated using a gross/net factor.

Based on the areas for each individual workstation, a spreadsheet model has been created where the user can enter the preferred quantity of each workstation and obtain the total area for each zone and for the entire CSPD. The spreadsheet will visualize the zones in relation to each other.

The thesis has identified specific success factors to ensure a smooth flow of sterile instrument processing through the CSPD. In general, automation of movement and designated space for cart storage are important success factors. Therefore, when planning new hospitals, it is recommended to prioritize space and resources to build a well-functioning CSPD with potential for expansion and automation in the future.

Forord

Denne bacheloroppgaven leveres som det avsluttende arbeidet på Logistikkingeniørstudiet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Oppgaven er skrevet våren 2023.

Gjennom emnet TLOG1001 Transportlogistikk, fabrikkplanlegging og miljø, våren 2021, ble vi introdusert for avgjørende faktorer for effektiv flyt av material og mennesker. To av studentene skrev i faget TLOG2011 Logistikkteknologi og digitalisering, våren 2022, om bruken av AGV og AMR på sykehus. Disse fagene i kombinasjon skapte interesse hos alle tre til å skrive en bacheloroppgave innenfor sykehuslogistikk. Vi fikk mulighet til å skrive en oppgave i samarbeid med Sykehusbygg HF om behov på sterilsentraler. Oppgaven har som mål å lage et grunnlag for arealbehov på sterilsentralen og et førsteutkast på en regnearkmodell for beregning av totalareal.

Først og fremst vil vi takke Bjørn Bakken og Bjørn Ragnar Albrigtsen for muligheten til å skrive en utfordrende, men lærerik oppgave for Sykehusbygg HF. Vi har satt stor pris på deres bidrag med data til oppgaven og deres raske responstid på våre forespørsler. Vi vil også takke fagrådgiver på St. Olavs, Ann Margrethe Berg, for å ha åpnet dørene for oss på sterilsentralen og gitt oss muligheten til å bli kjent med aktivitetene der, samt hennes tålmodighet, tilgjengelighet og engasjement for oppgaven. Til slutt vil vi takke vår veileder, Alireza Ashrafian, for oppfølging, rådgivning og gode innspill til utforming av oppgaven.

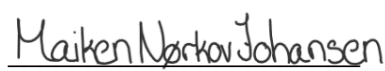
Trondheim, 26.mai 2023



Aase Sølvsberg Urdal



Elin Elisabeth Flinstad



Maiken Nørkov Johansen

Innholdsfortegnelse

Bildeliste	viii
Figurliste	viii
Tabelliste	x
Forkortelser	xi
1.0 Innledning	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Sykehusbygg HF.....	2
1.3 Overordnet problemstilling.....	2
1.4 Avgrensninger av oppgaven	3
1.5 Oppgavens oppbygging.....	5
2.0 Teori og metode	6
2.1 Teori	6
2.1.1 Materialflyt	6
2.1.2 Sterilsentralen	10
2.1.3 Informasjonsflyt.....	14
2.1.4 AGV som materialhåndteringssystem	16
2.1.5 Fabrikkplanlegging	17
2.1.6 Standardisering	21
2.2 Metode.....	21
2.2.1 Kvantitativ metode og litteratursøk	22
2.2.2 Kvalitativ metode.....	24
3.0 Dimensjonering av arbeidsceller.....	26
3.1 Begrunnelse av størrelser	26
3.2 Uren sone	29
3.2.1 Håndvask	29
3.2.2 Avlossing fra AGV-vogn.....	30
3.2.3 Kø-område for innervogner	31
3.2.4 Administrativt bord.....	31
3.2.5 Arbeidsbord uren sone	32
3.2.6 Ultralydvaskemaskin	35
3.2.7 Instrumentvaskemaskin	36

3.2.8 Område for opplasting av containere på vaskevogn	37
3.2.9 Manuell vask.....	39
3.2.10 Returbånd.....	43
3.2.11 Sluser	44
3.2.12 Lagringsplass for transporttraller og vaskeinnsatser	45
3.2.13 Oppbevaring av forbruksvarer	45
3.2.14 Teknisk rom	46
3.3 Ren sone	46
3.3.1 Utmating fra vaskemaskin	46
3.3.2 Kontrollsone	47
3.3.3 Tørkeskap	49
3.3.4 Monterings- og pakkebord.....	50
3.3.5 Administrativt bord.....	51
3.3.6 Pakkebord for papiremballerte brikker	51
3.3.7 Sveising	52
3.3.8 Utmating fra vognavaskemaskin	52
3.3.9 Avlasting og sortering av rene containere.....	53
3.3.10 Innmating til autoklave	54
3.3.11 Oppbevaring av forbruksvarer	55
3.3.12 Oppbevaring av halvferdige brikker	55
3.4 Steril sone.....	55
3.4.1 Utmating av autoklaven og nedkjølingsområde.....	56
3.4.2 Lavtemperatur- autoklave	57
3.4.3 Opplasting AGV-vogn.....	57
3.4.4 Hjelpestasjon.....	58
3.4.5 Lagring av vogner	59
3.4.6 Midlertidig sterilt lager	59
3.4.7 Registrering og administrativt bord	59
3.4.8 Nød-dusj	61
3.5 Andre områder	61
3.5.1 Kontor og opplæring.....	61
3.5.2 Endoskop	62
3.5.3 Avemballering, ompakking og lagring av engangsutstyr	62
3.5.4 Gangarealer og transportveier.....	63
3.5.5 Pauserom	63
4.0 Prosesskartlegging.....	64
5.0 Excel-kalkulator	67
6.0 Diskusjon.....	69
6.1 Generelt.....	69
6.2 Uren sone	72
6.3 Ren sone	74
6.3.1 Sortering av containere	75
6.4 Steril sone.....	76

6.5 Flyten ved nye autoklaver	77
7.0 Konklusjon	79
8.0 Videre arbeid	81
Referanser	82
Vedlegg	88
Vedlegg A: Excel-kalkulator	88
Vedlegg B: Fullstendig tabell over størrelser.....	88
Vedlegg C: Kommunikasjon med Sykehusbygg.....	89
Vedlegg D: Kommunikasjon med Ann Margrethe Berg, St. Olavs	92
Vedlegg E: SmartDraw.....	100

Bildeliste

Bilde 1: Eksempel på innervogn , lastet med containere. Foto: Privat, tatt på St. Olavs	8
Bilde 2: Eksempel på vaskevogn for containere. Foto: Privat, tatt på St. Olavs.....	8
Bilde 3: Eksempel på en transporttralle. Foto: Privat, tatt på St. Olavs.....	8
Bilde 4: Transporttralle med en vaskeinnsats. Foto: Privat, tatt på St. Olavs	8
Bilde 5: Eksempel på en fleksibel inn- og utmatingstralle til autoklaven. Foto: Tilsendt på mail fra Berg	8
Bilde 6: Eksempel på inn- og utmatingstralle fra Matachana group (Matachana group a, u.d.)	8
Bilde 7: AGV-vogn Foto: Privat, tatt på St. Olavs	8
Bilde 8: Eksempel på små og store containere (Case Medical, u.d.).....	9
Bilde 9: Eksempel på en større rist med instrumenter (Sterilforsyning, u.d.)	9
Bilde 10: Eksempel på en mindre rist med instrumenter til nevrologisk operasjon (Sterilforsyning, u.d.)	9
Bilde 11: Vaskeinnsats som inneholder rister (Sterilforsyning, u.d.)	9
Bilde 12: Eksempel på en papiremballert brikke (KeySurgical, u.d.)).....	9
Bilde 13: Brikke med tilhørende brikkeliste og T-DOC-etikett (Sterilforsyning, u.d.).....	9
Bilde 14: Eksempel på hvordan instrumentene kan ligge før sterilisering (Sterilforsyning, u.d.).....	12
Bilde 15: AGV i en sykehuskorridor (OUS, 2022).....	16
Bilde 16: Mindre AGV som transporterer innsatser med medisinsk utstyr (Larsen, 2022)....	17
Bilde 17: AGV-robot inne på den Regionale Sterilsentralen (Guldager, 2022).	17
Bilde 18: Liften som brukes for av- og pålossing av innervogner på AGV-vogner, Foto: Privat, tatt på St. Olavs	30
Bilde 19: Bilde av en automatisk innmater, som forflytter seg sideveis mellom køen og vaskemaskinene (Steelco group a, u.d.).....	37
Bilde 20: Bilde av en ansatt som bruker et BICARmed rengjøringsystem (Thune produkter a, u.d.).....	42
Bilde 21: En AGV-vogn med gods. Foto: Privat, tatt på St. Olavs.....	58
Bilde 22: Arbeidsbord, på Reginoal Sterilcentral Herlev, med rullebånd på kortsiden. Foto: Jørgen True (CF Møller, u.d.).....	69

Figurliste

Figur 1: Visualisering av den avgrensede material- og informasjonsflyten på en sterilsentral.	7
Figur 2: En typisk U-flyt layout av en sterilsentral (WHO, 2016).	11
Figur 3: Dekontamineringshjulet, sterilsentralens prosesser. Hentet fra (McDonnell & Sheard, 2012).	11
Figur 4: T-DOC instrumenttelling (Getinge, u.d.).	16
Figur 5: Alternativer for type layout. (a) Produksjonslinje. (b) Fast produksjonslayout. c) Produktfamilie-layout. d) Prosesslayout (Tompkins, et al., 2010).	18
Figur 6: Ulike måter produksjonslinjen kan organiseres (Tompkins, et al., 2010)	19
Figur 7: Standard størrelser for oppbevaringshyller	27
Figur 8: Rekkevidde for en gjennomsnittlig mann (SINTEF Byggforsk, 2017).	28

Figur 9: Arbeidscelle for håndvask	29
Figur 10: 3D-illustrasjon av håndvask-cellen i FlexSim.....	29
Figur 11: Arbeidscelle for AGV-opplasting	30
Figur 12: Kø-område for innervogner.....	31
Figur 13: Administrativt bord.....	32
Figur 14: Rekkeviddeoversikt fra SINTEF (SINTEF Byggforsk, 2017)	33
Figur 15: Arbeidsbord på uren sone	34
Figur 16: 3D-illustrasjon av cellen laget i FlexSim	34
Figur 17: Ultralydvaskemaskin	35
Figur 18: Arbeidscelle for instrumentvaskemaskin	36
Figur 19: Illustrasjon av innmatingsrampe	36
Figur 20: Område for opplasting til containervaskevogn	37
Figur 21: Gjennomsnittlig rekkevidde fra SINTEF (SINTEF Byggforsk, 2017).	37
Figur 22: Minimalt areal for cellen.....	38
Figur 23: Svingradius til en containervaskevogn.....	38
Figur 24: Vognvaskemaskin	39
Figur 25: Manuell vask med vaskekummer	40
Figur 26: Utklipp fra cellen, merk avstanden på 0.80m mellom arbeidsbord og transporttrallen.	41
Figur 27: Manuell vaskecelle med BICARmed.....	42
Figur 28: Ren vaskekum til skylling av instrumenter.	43
Figur 29: Uren vaskekum til bløtlegging av instrumenter.	43
Figur 30: Returbånd mellom ren og uren sone	44
Figur 31: Sluse mellom ren og uren sone	44
Figur 32: Lagringsplass for transporttraller og vaskeinnsatser	45
Figur 33: Passasjemål for kortvarig arbeid i trange rom (SINTEF Byggforsk, 2017).....	46
Figur 34: Arbeidscelle for kontrollsoner	47
Figur 35: 3D-illustrasjon av kontrollsoner	47
Figur 36: Eksempel på hvordan to celler kan settes sammen.	48
Figur 37: Celle for tørkeskap med areal 2.7m ²	49
Figur 38: Celle for tørkeskap med areal på 3.492m ²	49
Figur 39: Arbeidscelle for montering og pakking	50
Figur 40: 3D-illustrasjon av pakkebordcellen	51
Figur 41: Pakkebord for papiremballerte brikker	51
Figur 42: Sveisebord	52
Figur 43: Utmating fra vognvaskemaskin	53
Figur 44: Avlastning og sortering av rene containere	53
Figur 45: Inn- og utmatingssystem for autoklave (Matachana group b, u.d.).	54
Figur 46: Innmatning til autoklave.....	54
Figur 47: Eksempel på innmatingstralle	55
Figur 48: Utmating av autoklave og nedkjølingsområde.....	56
Figur 49: Utmatingstralle.....	56
Figur 50: Alternativ 1 for lavtemperatur arbeidscelle	57
Figur 51: Alternativ 2 for lavtemperatur arbeidscelle	57
Figur 52: Hjelpestasjon	58
Figur 53: AGV-vogn	59
Figur 54: Registrering og administrativt bord	60

Figur 55: 3D illustrasjon av arbeidscellen.....	61
Figur 56: Nød-dusj	61
Figur 57: Forklaring på piler.	65
Figur 58: Eksempel på prosessflyt til sterilt lager.	65
Figur 59: Prosesskart for sterilsentralen	66
Figur 60: Utklipp fra Excel-regnearket.....	67
Figur 61: Visualisering av U-flyten på en sterilsentral i Excel.....	68
Figur 62: Visualisering av I-flyt på en sterilsentral i Excel.	68
Figur 63: Et hyllesystem for vaskeinnsatser. Foto: Tilsendt på mail fra Berg	73

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over vogner brukt på sterilsentralen.....	8
Tabell 2: Oversikt over utstyr i materialflyten.....	9
Tabell 3: Renhetskrav til medisinsk utstyr etter Spauldings klassifisering. Hentet fra Norske Ledemiddelhåndbok (Norsk Legemiddelhåndbok, 2016).	10
Tabell 4: Holdbarhet avhengig av pakkemateriale (OUS, 2021e).	13
Tabell 5: Oversikt over størrelser	27
Tabell 6: Oversikt over symboler brukt i prosesskartet	64

Forkortelser

MTO – Make to order

MTS – Make to stock

AGV – Automated guided vehicle

AMR – Autonomous mobile robots

SSG – Sterilt sirkulasjonsgods

SLP – Systematic layout planning

BOA - Binary ordering algorithm

RFID – Radio frequency identification

HF - Helseforetak

1.0 Innledning

Et sykehus består av mange støtteaktiviteter som er nødvendige for å utføre pasientbehandling av høy kvalitet. De fire største innenfor intern sykehuslogistikk er lagerstyring, transportaktiviteter, produksjonsaktiviteter og distribusjon (Dembínska, 2005).

Støtteaktivitetene blir ofte nedprioritert sammenlignet med operasjonsstuene. Oppgaven skal se nærmere på sterilsentralen, som er en produksjonsaktivitet og en svært viktig funksjon i den daglige driften.

Hovedoppgaven til en sterilsentral består i å levere sterilt flergangsutstyr til avdelingene som utfører pasientbehandling (Helse Bergen, u.d.), og det stilles strenge krav til kvaliteten på utstyret. Sentralen er en egen, lukket avdeling og består av tre soner: uren, ren og steril sone. Flergangsutstyret går gjennom alle sonene, og sendes deretter til ulike avdelinger for bruk. Sterilisering av flergangsutstyr utføres for å hindre infeksjoner og bakterieoverføring (Helse Bergen, 2021). Sterilt utstyr er nødvendig ved kontakt med sterile områder, som blodårer, urinveier og ved brudd på hudbarrieren (Helse Bergen, 2021).

Sterilsentraler bygges stort sett etter sykehusets nåværende kapasitetsbehov, med mindre fokus på økning i framtiden (Berg, 2023). Siden det er en støtteaktivitet får sentralen ofte begrenset areal, som gjør det vanskeligere å effektivisere og øke produksjonen når etterspørselen øker. Derfor er det viktig med gode argumenter for arealbehov til en sterilsentral. Denne oppgaven skal se nærmere på hvilke faktorer som er viktige å ta hensyn til i dimensjoneringen av nye sterilsentraler.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Studentgruppens tre medlemmer har vist interesse for sykehuslogistikk ved flere anledninger i studieløpet. Blant annet skrev to av gruppens medlemmer en semesteroppgave våren 2022 i faget TLOG2011, Logistikkteknologi og digitalisering, om bruken av Autonome Mobile Roboter, AMR, ved internt transport på sykehus. Med en stadig befolkningsvekst er det svært relevant å se på dagens og fremtidens utfordringer knyttet til pasientbehandling. Derfor var det et sterkt ønske om å jobbe videre med et tema innenfor sykehuslogistikk.

Oppgaven ble utviklet på initiativ fra oppdragsgiver Sykehusbygg HF og veileder Alireza Ashrafian, ut ifra et behov for et bedre beslutningsgrunnlag ved dimensjonering av sterilsentraler. Etter innledende møte med Bjørn Ragnar Albrigtsen og Bjørn Bakken fra

Sykehusbygg HF ble ulike retninger på oppgaven diskutert. Sykehusbygg uttrykte ønske om et verktøy for dimensjonering av nye sterilsentraler, men på grunn av avgrensingene tar studentene sikte på å utforme et grunnlag for en modell med utgangspunkt i arealbehovsutredning. En sentral del av oppgaven vil være å identifisere arbeidsprosesser og deres arealbehov. Sykehusbygg ønsker at det kan bygges videre på oppgaven ved en senere anledning og da utforme et fullstendig verktøy.

Studentene vil ha jevn kontakt med sterilsentralen på St. Olavs hospital for å ha en konkret sentral å arbeide ut ifra, samt gjennomføre befaringer og intervjuer for å danne et bredt forståelsesgrunnlag.

1.2 Sykehusbygg HF

I 2014 gikk de fire regionale helseforetakene i Norge sammen og stiftet Sykehusbygg HF med formål om å være en internleverandør for både regionale og andre helseforetak i landet. Sykehusbygg eies av de fire helseregionene i fellesskap (Sykehusbygg HF, 2023). De ønsker å sikre et nasjonalt kompetansemiljø for sykehusplanlegging og -bygging på høyt internasjonalt nivå, og skal benyttes i alle byggeprosjekter med en verdi over 500 millioner kroner (Sykehusbygg HF, 2023). Som hovedoppgave har Sykehusbygg å utføre tjenester knyttet til utvikling, planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter- og tjenester innen eiendom som gir felles gevinster for helsesektoren (Sykehusbygg HF, 2023). De legger et sterkt fokus på erfaringsoverføring, god ressursutnyttelse og -tilgang, samtidig som de skal legge til rette for og bidra til standardisering (Sykehusbygg HF, 2022). Generelt skal Sykehusbygg være en ressursleverandør for helsesektoren.

1.3 Overordnet problemstilling

Sykehusbygg har som nevnt etterspurt et teorigrunnlag som kan brukes i planlegging og videre utvikling av en modell for dimensjonering av en sterilsentral. Studentene vil gjennom en kartleggingsprosess identifisere arbeidsceller, deres arealbehov og andre relevante faktorer for å utvikle en slik modell. Gjennom oppgaven skal det utvikles et flytdiagram for sterilsentralen, som kan brukes som beslutningsbidrag. Målet til oppgaven er å utforme et grunnlag for arealbehovet til en generisk sterilsentral der arbeidsprosesser og flyt står i fokus. Gjennom kartleggingen av arbeidscellene vil oppgaven også se på hvilke suksessfaktorer som

er relevante for å sikre en god flyt gjennom sterilsentralen og andre faktorer som vil kunne påvirke driften.

Ferdig regneark vil gi oversikt over arbeidsceller og arealbehov, både totalt og for de enkelte sonene. Oppgaven vil ta for seg en sone av gangen, og gå nærmere inn på arbeidsceller innad på sonen. En plantegning av hver arbeidscelle vil bli utarbeidet og arbeidsprosessene tilknyttet cellen vil bli forklart. Det vil utformes en kalkulator i Excel som regner arealbehovet, hvor det legges opp til at bruker kan endre antall av de ulike cellene. Kalkulatoren i Excel vil også visualisere det totale arealet, delt inn i uren, ren og steril sone.

Ved å løse oppgaven på denne måten håper studentene at det dannes et grunnlag i hvordan arealbehovet for sterilsentralens tre soner er fordelt, slik at Sykehusbygg har konkrete tall for arealbehov og kan bruke modellen som argumentasjon i beslutninger i fremtidige prosjekter. Siden Sykehusbygg har ytret at de ønsker at oppgaven skal kunne bygges på videre, prøver studentene å lage et bredt grunnlag. *Kapittel 8 Videre arbeid* tar for seg flere interessante temaer en kan jobbe videre med basert på arbeidet i denne oppgaven.

Studentene har på bakgrunn av dette kommet frem til følgende problemstilling:

Hvordan lage et argumentasjonsgrunnlag for arealbehovet ved en sterilsentral gjennom prosesskartlegging og fabrikkplanlegging.

Det er utviklet forskningsspørsmål for å hjelpe til å svare på problemstillingen. De er som følger:

1. *Hvilke elementer må tas hensyn til i dimensjoneringen av arbeidsceller?*
2. *Hvordan vil automasjon påvirke flyten inne på sterilsentralen?*
3. *Hvilke suksessfaktorer finnes for uren, ren og steril sone?*

1.4 Avgrensninger av oppgaven

Avgrensningene er gjort i dialog mellom studentgruppen, veileder og oppdragsgiver for å sikre at oppgaven er spisset i riktig retning. Studentene har begrenset oppgaven til å se på vareflyten innad på sterilsentralens tre soner. Det vil si at vareflyten fra vognene med sterilt utstyr settes ut til AGVene, Automated Guided Vehicle, og til de blir levert tilbake med brukt utstyr, ikke er tatt med i oppgaven. Studentgruppen legger opp oppgaven på en slik måte at andre kan jobbe videre med prosjektet.

Forsyningskjeden for sterilt medisinsk utstyr inneholder både engangs- og flergangsutstyr. Engangsutstyr er forbruksvarer knyttet til pasientbehandling, og blir kastet etter bruk. Sterilt flergangsutstyr er medisinsk utstyr som mellom hver pasientbehandling vaskes og steriliseres før gjenbruk. Dette er varer som sirkulerer mellom sterilsentralen, lager og operasjonsavdelinger. Oppgaven tar ikke for seg bruk av prosedyrevogner eller flyten av engangsutstyr.

Det kan være ulik praksis på forskjellige sykehus hvor vask av utstyret gjennomføres. Noen sykehus praktiserer vask av instrumenter på avdeling etter endt operasjon, før det sendes til sterilsentralen for sterilisering, og noen sykehus gjennomfører hele prosessen ved sterilsentralen. Det kan diskuteres fordeler og ulemper ved begge praksisene, men denne oppgaven vil se på arealbruk for en samlet prosess og tar utgangspunkt i at alt av instrumenter sendes til sterilsentralen for vask.

Driftsmodellen til sterilsentralen varierer mellom produksjonsstrategiene Make to Stock, MTS, og Make to Order, MTO. Dette avhenger av om sterillageret for det medisinske utstyret er lokalisert på sterilsentralen eller ute på avdelingene. Valg av produksjonsstrategi vil ha størst påvirkning på arealet til steril sone, da et eventuelt lager vil være lokalisert der. Oppgaven vil ta utgangspunkt i MTO, og vil ikke gå ytterligere i detalj rundt valg av produksjonsstrategi.

Sterilsentraler kan være desentralisert og sentralisert i landet, men også desentralisert og sentralisert innad på et sykehus. Ser en på ett sykehus er det mulig å ha desentralisert sterilsentral hvis hver enkelt avdeling steriliserer sitt flergangsutstyr. Det vanligste er at det er én sentralisert sterilsentral på sykehuset som hver avdeling sender sitt utstyr til. Det er denne formen studentgruppen tar for seg og blir videre i oppgaven beskrevet som sentralisert sterilsentral, eller bare sterilsentral. Operasjonsavdelingene har likevel mulighet til å sterilisere enkeltutstyr, men denne er ikke til primærbruk.

Sterilsentralen på St. Olavs hospital er brukt for å gi forståelse og innsyn i hvordan en sterilsentral fungerer, og flere aspekter i oppgaven er basert på hvordan sterilflyten foregår der. Derfor kan det være antakelser og målinger nevnt i oppgaven som ikke er like relevante for andre sterilsentraler. Steril forsyning forholder seg per dags dato ikke til veldig mange standarder, så selv om oppgaven har sett på generell arealplanlegging av sterilsentraler vil den være påvirket av flyten og gjøremåten til sentralen på St. Olavs.

Siden materialflyten innad på sterilsentralen følger spesifikke retningslinjer i forhold til rekkefølge på prosesser er ikke materialflyten noe oppgaven vil analysere ytterligere. Det er tatt et valg om å ikke se på løsninger for optimering av flyten på sonene. Oppgaven er derfor vinklet til fokus på identifisering og design av arbeidsceller, samt finne grunnlag for arealbehov for hver sone. Oppgaven tar for seg arbeidsceller og arealplanlegging innad i hver celle. Konkret design og å optimere plassering av enkeltutstyr er ikke en del av oppgaven.

1.5 Oppgavens oppbygging

Oppgaven er satt sammen av 8 kapitler som sammen lager et beslutningsgrunnlag for arealbehov. I kapittel 1 *Innledning* presenteres bakgrunnen for oppgaven, problemstilling og forskningsspørsmålene. Første del i kapittel 2 *Teori og metode* tar for seg teorigrunnlaget som kreves for å forstå oppgaven og for å begrunne avgjørelsene som er tatt. Der 2.1 *Teori* inneholder grunnleggende informasjon om en sterilsentral, fabrikkplanlegging, standardisering, materialflyt, informasjonsflyt og AGV som materialhåndteringssystem. Videre er det i 2.2 *Metode* beskrevet hvilke metoder som er brukt og hvordan studentene har gått frem for å danne et kunnskapsgrunnlag for å svare på problemstillingen.

I kapittel 3 *Dimensjonering av arbeidsceller* er arealet til hver enkelt arbeidscelle på en sterilsentral begrunnet. Kapitlet er delt inn etter de tre sonene på sterilsentralen, samt andre nødvendige områder, og inneholder plantegninger av arbeidscellene. For å synliggjøre sammenhengen mellom prosessene og flyt av elementer er det i kapittel 4 *Prosesskartlegging* gjennomført en kartlegging og visualisering av flyten på en sterilsentral. I kapittel 5 *Excel-kalkulator* er det gitt en forklaring på hvordan kalkulatoren i vedlagt regneark fungerer. Kapittel 6 *Diskusjon* drøfter og diskuterer mulige endringer i arbeidscellene fra kapittel 3, og hvordan det vil påvirke flyten på en sterilsentral. Videre er det i kapittel 7 *Konklusjon* en sammenfattet besvarelse på problemstillingen og forskningsspørsmålene som ble presentert innledningsvis. Til slutt er det i kapittel 8 *Videre arbeid* forklart utfordringer som kan bygges videre på i en senere oppgave.

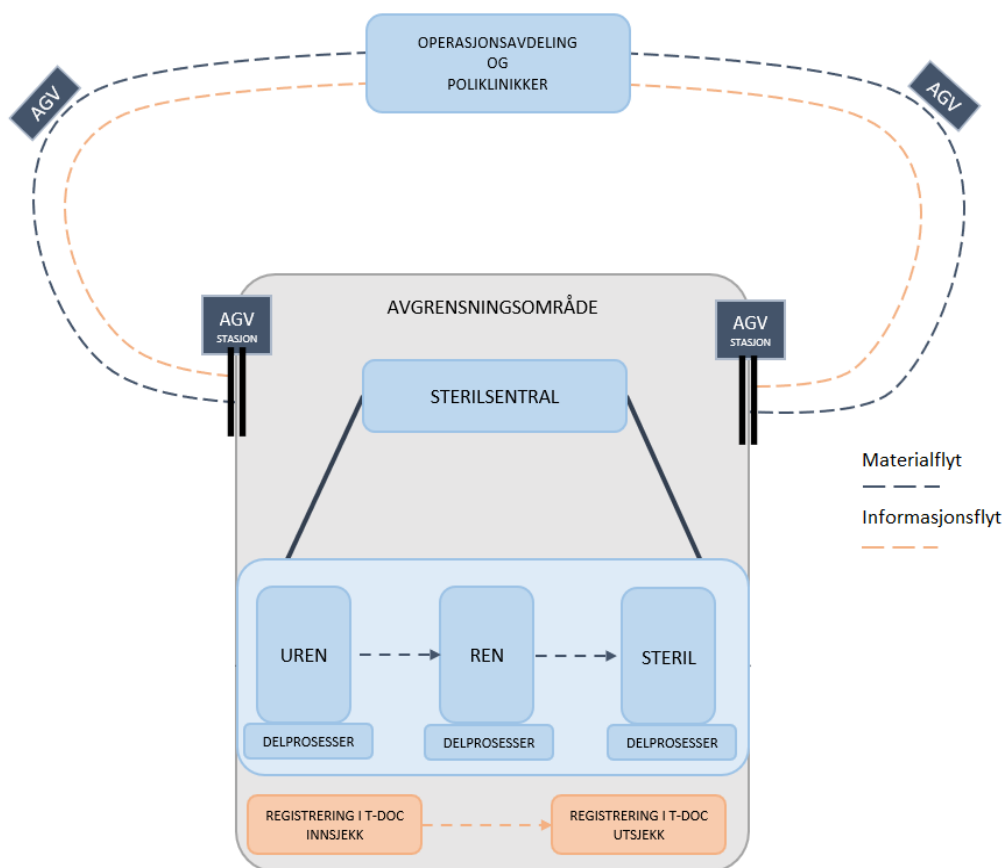
2.0 Teori og metode

2.1 Teori

Teoridelen danner et grunnlag for forståelse av en sterilsentral, og ulike teorier og prinsipper som kan brukes i planleggingsprosessen. Det gjøres først rede for materialflyten, og enhetene som er relevante for den avgrensede materialflyten. De lager et grunnlag for delen om sterilsentralen. Videre beskrives informasjonsflyt og materialhåndtering for sykehus, før grunnleggende teorier om fabrikkplanlegging og standardisering presenteres.

2.1.1 Materialflyt

Materialflyt, også kalt materialstrøm, er forflytningen av fysiske enheter og tjenester gjennom verdikjeden. Normen er at materialstrømmen går fra leverandør til kunde (Bø, et al., 2018). Derimot er materialflyten for medisinsk flergangsinstrumenter på et sykehus sirkulær, der de fysiske enhetene går fra leverandør til kunde og tilbake til leverandør. Utstyret omtales som sterilt sirkulasjonsgods eller SSG (St. Olavs hospital, u.d.). Sterilsentralen er leverandør for tjenesten sterilisering av medisinske instrumenter, og har poliklinikker og operasjonsavdelinger som kunder. Det spesielle med materialstrømmen til SSG er at det stilles høye krav for riktig håndtering i alle ledd, for å sikre trygg og forsvarlig bruk av utstyret (WHO, 2016). Brudd på dekontamineringen underveis i materialflyten resulterer i returnering og repressering av utstyret. Se Figur 1 for illustrasjon av materialstrømmen oppgaven har tatt utgangspunkt i.



Figur 1: Visualisering av den avgrensede material- og informasjonsflyten på en sterilsentral.

For å sikre felles forståelse av sterilsentralens enheter er det laget en oversikt i Tabell 1 og Tabell 2 med navn og bilder. Tabellene er utarbeidet etter befaring på sterilsentralen ved St. Olavs, og det kan derfor være annet utstyr og navn ved andre sykehus.

2.1.1.1 Vogner i materialflyten

Uren sone er mottaksområde for utstyr som kommer med AGV. En AGV-vogn er utformet slik at det er plass til to innervogner. Innervognene er transportbærere for SSG. Disse er åpne vogner i stål, men dekkes i plast for å beskytte godset under transport.

På både uren og ren sone finnes traller og vogner som brukes som hjelpemidler for å forflytte enheter. Det brukes en transporttralle for å transportere vaskeinnsatser til og fra vaskemaskinene. Disse trallene kjøres ikke gjennom vaskemaskinen, så det kreves egne traller for uren og ren sone. Containervaskevognen lastes med urene containere og fungerer som stativ under vaskeprosessen. Inn- og utmatingstraller brukes for å transportere containere til og fra autoklaven. Se Tabell 1 for oversikt over vognene.

Tabell 1: Oversikt over vogner brukt på sterilisentralen

Innervogn	Vaskevogn for containere	Transporttralle	Inn- og utmatingstralle til autoklaven	AGV-vogn
 Bilde 1: Eksempel på innervogn, lastet med containere. Foto: Privat, tatt på St. Olavs	 Bilde 2: Eksempel på vaskevogn for containere. Foto: Privat, tatt på St. Olavs	 Bilde 3: Eksempel på en transporttralle. Foto: Privat, tatt på St. Olavs  Bilde 4: Transporttralle med en vaskeinnsats. Foto: Privat, tatt på St. Olavs	 Bilde 5: Eksempel på en fleksibel inn- og utmatingstralle til autoklaven. Foto: Tilsendt på mail fra Berg  Bilde 6: Eksempel på inn- og utmatingstralle fra Matachana group (Matachana group a, u.d.)	 Bilde 7: AGV-vogn. Foto: Privat, tatt på St. Olavs

2.1.1.2 Utstyr i materialflyten

En brikke er det instrumentsettet som trengs for å gjennomføre en operasjon eller et inngrep. Størrelsen på brikken kan variere ut ifra hva den skal brukes til. En brikke kan være pakket i containere eller være papiremballert (St. Olavs hospital, 2006). Antall containere og papiremballerte enheter i en brikke kan altså være flere hvis det er snakk om større brikker.

Ved hvert instrumentsett er det vedlagt en brikkeliste som brukes aktivt under rengjøringsprosessen. Den inneholder en oversikt over alle instrumenter som tilhører brikken, og skal angi instrumentnavn, artikkelnummer, antall instrumenter og instrumentstørrelse

(Tvedt-Gundersen, 2016). Brikkelisten er derfor et vitalt virkemiddel for å sikre riktig innhold i hver brikke.

Flergangsutstyret plasseres på rister oppi containeren under transport. En container er en aluminiumsbeholder med lokk (St. Olavs hospital, 2006). Containeren plomberes ved sterilisering og blir ikke brutt før bruk. Urent utstyr blir også returnert i disse containerne.

Instrumenter fra en brikke fordeles på rister for lettere oversikt og orden. Ristene fungerer som beholder for instrumentene under rengjøringsprosessen, og det finnes ulike størrelser på ristene ut ifra hvor mange instrumenter hver rist skal romme.

Under rengjøringsprosessen brukes det vaskeinnnsatser i vaskemaskinene. En vaskeinnnsats er et stativ hvor instrumentene plasseres på rister. Det finnes flere typer vaskeinnnsatser, der noen også er utformet med dyser slikt at hule instrumenter kan spyles rene fra innsiden. Se Tabell 2 for utstyr.

Tabell 2: Oversikt over utstyr i materialflyten

Container	Rist	Vaskeinnnsats	Papiremballert brikke	Brikke med T-DOC-etikett
 Bilde 8: Eksempel på små og store containere (Case Medical, u.d.)	 Bilde 9: Eksempel på en større rist med instrumenter (Sterilforsyning, u.d.)  Bilde 10: Eksempel på en mindre rist med instrumenter til nevrologisk operasjon (Sterilforsyning, u.d.)	 Bilde 11: Vaskeinnnsats som inneholder rister (Sterilforsyning, u.d.)	 Bilde 12: Eksempel på en papiremballert brikke (KeySurgical, u.d.)	 Bilde 13: Brikke med tilhørende brikkeliste og T-DOC-etikett (Sterilforsyning, u.d.)

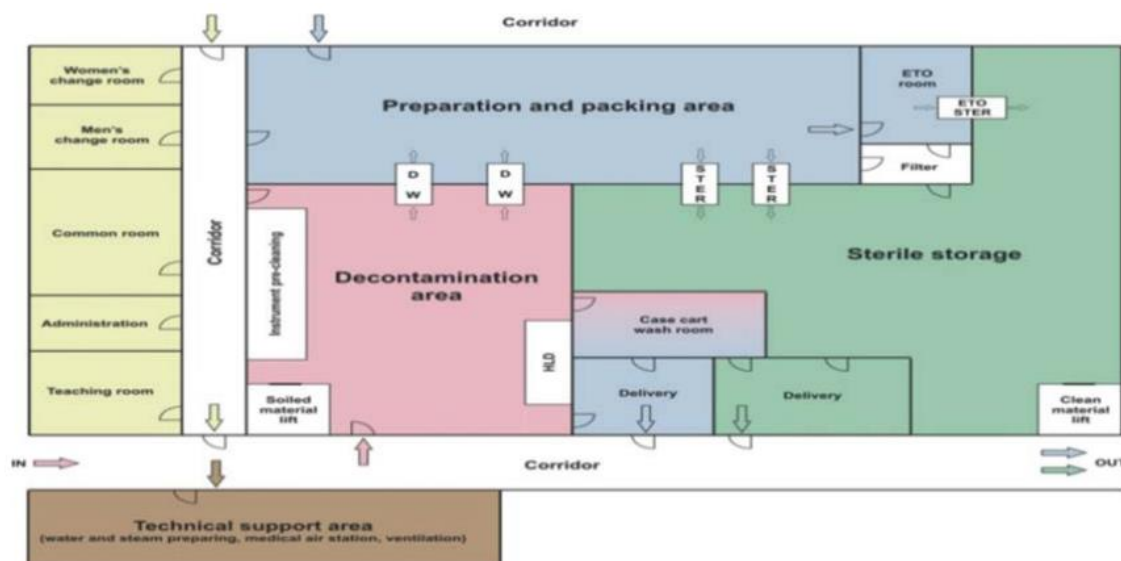
2.1.2 Sterilsentralen

På et sykehus er det mange ulike leveranser i løpet av en dag, hvor en av de viktigste er forsyningen av sterilt utstyr. Det er en nødvendig sekundæraktivitet for at sykehuset skal kunne utføre sin kjernevirksomhet: funksjoner knyttet til undersøkelse og behandling av pasienter (Iversen & Braut, 2021). Forsyningen av sterilt medisinsk utstyr består av en rekke elementer, alt fra operasjonsbekledning, nåler og sakser, til indre proteser og endoskoper. I følge Spaulding kan medisinsk utstyr klassifiseres i tre kategorier: ikke-kritisk, semikritisk og kritisk utstyr, avhengig av bruksområde (Norsk Legemiddelhåndbok, 2016). En oversikt over klassifiseringene og sammenhengende renhetskrav finnes i Tabell 3. Kategoriseringen baserer seg på graden av risiko for infeksjon, og for å enkelt avgjøre hvilken type desinfeksjons- og rengjøringsprosedyre som skal gjennomføres (Shalini, et al., 2023).

Tabell 3: Renhetskrav til medisinsk utstyr etter Spauldings klassifisering. Hentet fra Norske Ledemiddelhåndbok (Norsk Legemiddelhåndbok, 2016).

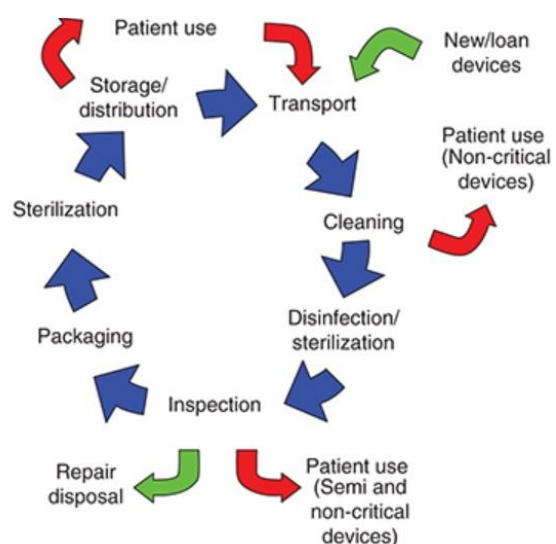
Spauldings klassifikasjon	Krav til renhet	Eksempel på utstyr
Kritisk utstyr <i>Utstyr i direkte kontakt med blodbanen eller vev som i en normal tilstand er sterilt. Inkluderer også utstyr som gjennomstrømmes av væske/gass som skal til sterile områder.</i>	Sterilt	Injeksjonssprøyter, implantater, intravaskulære katetre, kirurgiske instrumenter og dialyseutstyr.
Semikritisk utstyr <i>Utstyr som er i direkte kontakt med slimhinnene i luftveiene, mage-tarmkanalen eller urinveiene, men uten å penetrere disse.</i>	Sterilt eller sikkert desinfisert	Trakealtuber, bronkoskop, cystoskop og gastrointestinale fleksible endoskop.
Ikke-kritisk utstyr <i>Utstyr som kommer i kontakt med hel hud.</i>	Desinfisert eller rengjort	Blodstrykksapparat, stetoskop eller utstyr som ikke er i direkte kontakt med pasient.

Sterilsentralen deles i tre soner: uren, ren og steril. Urent utstyr ankommer på uren sone, før det går igjennom flere prosesser i de ulike sonene, og forlater sterilsentralen fra steril sone. For å hindre en krysskontaminering av instrumentene under rengjøringsprosessen bør det være fysiske barrierer mellom sonene (WHO, 2016). Under planlegging og design av sterilsentraler må både internasjonale og nasjonale retningslinjer følges for å sikre riktig flyt av instrumenter og sikkerhet for ansatte (WHO, 2016). Et eksempel på oppsett av en sterilsentral er vist i Figur 2, med ren, uren og steril sone hver for seg. Layouten tilsvarer en U-flyt som vist i Figur 6, under 2.1.5 *Fabrikkplanlegging*.



Figur 2: En typisk U-flyt layout av en sterilsentral (WHO, 2016).

Akkurat hvor det første steget i rengjøringsprosessen gjennomføres vil kunne variere ut fra hvilken praksis sykehusene og avdelingene følger. Rengjøringsprosessen som instrumentene følger er vist i dekontamineringshjulet i Figur 3. Denne oppgaven tar utgangspunkt i praksisen beskrevet av Oslo universitetssykehus. Her tar ansatte på de ulike avdelingene og operasjonssalene og tørker bort organisk materiale som blod, sekreter og hudpartikler etter bruk (OUS, 2021b), før instrumentene returneres til sterilsentralen.



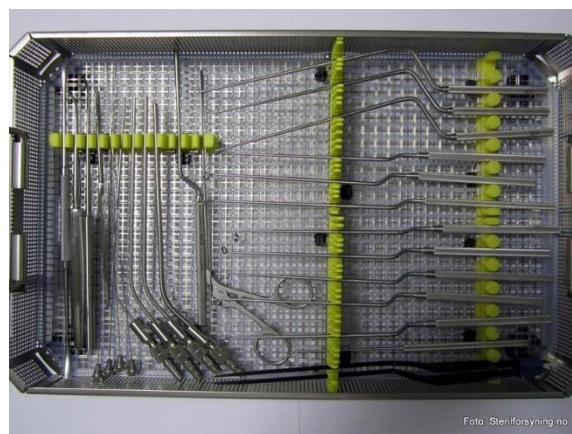
Figur 3: Dekontamineringshjulet, sterilsentralens prosesser. Hentet fra (McDonnell & Sheard, 2012).

Fra operasjonssaler og undersøkelsesrom blir instrumenter og utstyr pakket i containere og sendt i innervogner til sterilsentralen. Sterilteknikerne tømmer innervognene og klargjør instrumentene på et arbeidsbord. Ansatte kontrollerer innholdet i containerne med brikkelisten, sorterer og eventuelt skrur fra hverandre utstyret før det fordeles på egne vaskerister. Utstyret må legges på en slik måte at alt blir rent i vaskeprosessen. Det kan for eksempel ikke ligge mer enn 3 enheter over hverandre i høyden (Berg, 2023).

Vaskeristene settes på vaskeinnsatser, hvor det også er dyser for å spyle hule instrumenter. Hver vaskeinnsats inneholder kun instrumentene fra én brikke, for å hindre blanding av utstyr. Når vaskeristen er fylt opp, flyttes den over på en vaskeinnsats som har plass til flere vaskerister. Vaskeinnsatsen blir deretter kjørt i vaskemaskinen.

Noen instrumenter tåler ikke vaskemaskinene og må derfor rengjøres for hånd. For å sikre gode resultater er det opparbeidet detaljerte prosedyrer for manuell rengjøring av instrumenter (OUS, 2021c). Instrumentene blir tatt ut ved sorteringen for manuell rengjøring og desinfisering ved separate vasker. Det optimale er å ha dobbel vask, én uren for rengjøring og én ren for skylling (McDonnell & Sheard, 2012). For å sikre korrekt behandling av medisinsk og kirurgisk utstyr er det viktig at alle instrumenter rengjøres i henhold til produsentens anbefaling (OUS, 2021b).

Det finnes ulike typer vaskemaskiner på markedet. En tunellvaskemaskin er godt egnet og hyppig brukt fordi den er plassert i veggen mellom uren og ren sone, og har én dør på hver side. På denne måten vil rene instrumenter hentes ut på ren sone og det unngås mulig kontaminering fra uren sone. Ferdig vasket utstyr blir sortert, kontrollert og montert. Utstyr som ikke består kontrolleringen, blir sendt tilbake for ny rengjøring. Det som består kontrollen, blir fordelt på rister og satt sammen etter brikkelistene. Instrumentene og utstyret må plasseres på korrekt måte før det steriliseres. For at instrumentene skal bli sterile må alle overflater være frie for kontakt med annet, se eksempel i Bilde 14. Utstyret plasseres derfor på faste måter etter mønster eller bilder (McDonnell & Sheard, 2012). Instrumenter og utstyr blir så pakket i engangsemballasje eller gjenbrukscontainere



Bilde 14: Eksempel på hvordan instrumentene kan ligge før sterilisering (Sterilforsyning, u.d.)

(OUS, 2021d). Gjenbrukscontainere blir videre i oppgaven omtalt som containere. Ferdig kontrollert og pakket utstyr plomberes for å sikre at utstyret er sterilt helt frem til bruk. Containere plomberes med strips, og engangsemballasje med teip. Det klistres en strekkode på pakkene slik at utstyret kan registreres i det digitale sporbarhetssystemet T-DOC. Holdbarheten på steriliseringen avhenger av innpakning og en tommelfingerregel er gitt i Tabell 4 (OUS, 2021e).

Tabell 4: Holdbarhet avhengig av pakkemateriale (OUS, 2021e).

Holdbarhet (tommelfingerregel)	
Pakkemateriale	Tid
Papiremballasje	3-6 mnd.
Plast-papirpose	6-12 mnd.
Container	1-5 år

Ferdig pakket utstyr lastes på innmatingstraller. Containere kan stables 3-4 i høyden og papiremballerte brikker legges i egnede kurver for å sikre luft mellom brikkene og korrekt sterilisering (Berg, 2023). Brikkene blir skannet og overført til autoklavens automatiske innmatingsbånd (Matachana group b, u.d.). Ved endt sterilisering må utstyret bli stående til avkjøling. Legges brikkene på kalde overflater kan det oppstå kondens, og instrumentene er ikke lenger sterile (McDonnell & Sheard, 2012). Brikkene løftes manuelt over i innervogner for videre distribusjon.

For papiremballerte brikker og andre instrumenter pakket i engangsemballasje, må det kontrolleres at det ikke er rifter, fukt eller hull i emballasjen. Instrumenter pakket i containere er mer robuste og mindre utsatt for slitasje. Noen instrumenttyper tåler ikke temperaturen i autoklaven og steriliseres derfor i lavtemperatursterilisatorer (NKD, 2021).

Lavtemperatursterilisering kan foregå på ulike måter, med etylenoksidgass, hydrogenperoksid eller med lavtemperaturdamp sammen med 2% formaldehyd (NKD, 2021). Det eksisterer per dags dato ingen standard for denne typen sterilisering, kun en anbefaling for kvalitetssikring. Det er derfor viktig at instruksjonene fra produsenten blir fulgt.

Alle vogner som er innom uren sone vaskes i en egen vognvaskemaskin før de enten brukes eller lagres på ren og steril sone. Urene containere vaskes også i denne maskinen før de oppbevares på steril sone frem til bruk.

2.1.3 Informasjonsflyt

Informasjon går vanligvis både opp- og nedstrøms i en verdikjede, og kalles for informasjonsstrøm eller informasjonsflyt. Den er et viktig verktøy for planlegging og kommunikasjon mellom leverandør og kunde. (Bø, et al., 2018)

Sterilforsyning krever dokumentasjon, sporbarhet og kontroll gjennom hele materialflyten. Riktig håndtering av kirurgiske instrumenter reduserer risikoen for at feil oppstår i operasjonsstuene (Zhu, et al., 2019). Ifølge EU-direktiv «3201R0745» skal det etableres sporing av sterilt gods (OUS, 2021a). Hensikten er at det skal være mulig for individoppfølging av det enkelte gjenbruksinstrumentet. Dette inkluderer alle prosesser, hvilke maskiner som har prosessert, hvem som har håndtert instrumentet og hvilke operasjoner instrumentet har vært i bruk.

2.1.3.1 Digitalt sporingssystem

Digitalt sporingssystem er et verktøy for informasjonsflyt på sykehus. Et digitalt sporbarhetssystem for medisinske instrumenter muliggjør kommunikasjon mellom sterilsentralen og operasjonsstuene. Ved bruk av sporingssystem reduseres feil i instrumentsett og brikker. Brikkene linkes opp til bruk i operasjon og på pasient, og det gir mulighet til å kunne lokalisere instrumenter, slik at en kan redusere andelen instrumenter som forsvinner (Moatari-Kazerouni & Bendavid, 2017). Personell på sykehuset kan innhente status for instrumentene (Zhu, et al., 2019), og bruke den i planlegging og forberedelse av inngrep. Det kan legges inn ønsket prioritering på utstyret, slik at kritiske instrumenter kommer lengre frem i køen. Personell på sterilsentralen kan bruke denne informasjonen til å planlegge produksjon inne på sterilsentralen. Viktig informasjon fra produsent om korrekt håndtering og vedlikehold kan også aksesserer gjennom sporingssystemet (Zhu, et al., 2019), som kan bidra til å forlenge levetiden på instrumentene. For en kontinuerlig oppdatering i sporingssystemet kreves det at instrumenter registreres inn i systemet. Dette er mulig gjennom bruk av lavkostnadssensorer som RFID eller lignende teknologi.

2.1.3.2 RFID for sporing av medisinske instrumenter

RFID er et radiofrekvensbasert identifikasjon- og gjenkjenningssystem. Det kommuniseres trådløst mellom datasystemer og mikrobrikker som plasseres inni eller på enheter (SNL,

2022). Mikrobrikkene, også kalt RFID-brikker, plasseres ved enheter og er enten aktive eller passive. Ved registrering av en mottaksenhet, kalt leser, kan det leses av informasjon som ligger lagret på mikrobrikken. Forskjellen mellom aktive og passive RFID-brikker er at aktive har en egen strømkilde, typisk et batteri, og dermed kan de aktive brikkene sende ut signaler kontinuerlig. De passive brikkene henter strøm fra leseren gjennom elektromagnetiske bølger ved avlesning, og krever derfor en nærhet mellom RFID-brikken og leser (RFID Journal, u.d.). Dermed gir de aktive RFID-brikkene mulighet til sporing i sanntid, mens de passive kun gir informasjon om hvor de ble registrert sist. Begge typer vil være aktuelt for sporing av medisinske instrumenter og brikker.

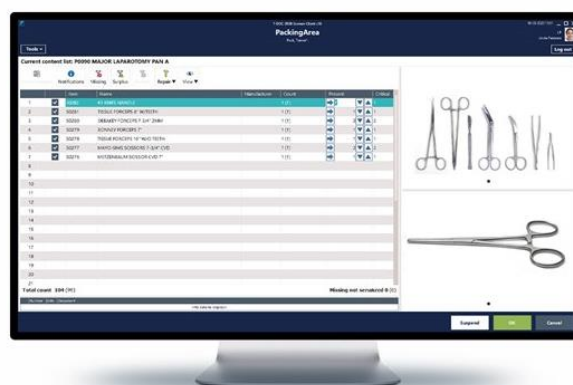
RFID-teknologien kan brukes innad i helsevesenet som et verktøy for identifisering og sporing av enheter på et sykehus, som for eksempel medisinske instrumenter (AORN, 2014). Ved å plassere RFID-brikker i SSG er det mulig å overvåke hvor i den sterile forsyningskjeden godset befinner seg og sikre at dyrt medisinsk utstyr ikke havner på avveie. Gjennom aktive mikrobrikker kan dyrt medisinsk utstyr lett bli lokalisert eller sende ut varsel hvis utstyret flyttes fra det prefererte området (Zare Mehrjerdi, 2011). Bruk av RFID ved sterilprosessering kan gi informasjon om hvor mange instrumentbrikker som befinner seg i selve prosessen og på lager, og gir dermed mer kontroll.

2.1.3.3 T-DOC som et digitalt sporingssystem

T-DOC er et sporbarhetssystem for sterilt utstyr (Getinge, u.d.), og brukes for å ha konstant oversikt over hvor på sykehuset utstyret befinner seg. Andre informasjonssystemer kan kobles opp med T-DOC, og informasjon fra flere avdelinger og funksjonsenheter vil være tilgjengelig i samme program. Eksempelvis kan systemet kontinuerlig oppdateres gjennom bruk av RFID-sensorer. Vaskemaskiner og autoklaver brukt i rengjøringsprosessen kan kobles opp mot T-DOC, slik at prosessene som utføres loggføres i sanntid.

En modul i T-DOC er et verktøy for lagerstyring. Den gir tilgang til full lageroversikt, lagerverdi, leverte varer og innkjøpsbehov, og leverer på bakgrunn av dette automatiske bestillingsrutiner for sykehuset. Full oversikt og synlighet i programmet muliggjør prioritering av utstyr for avdelingene, slik at instrumentene blir satt foran i køen i hele produksjonssyklusen, og behandlingstiden reduseres (Getinge group, 2014).

Ved hver overlevering fra sterilsentral til avdeling vil vognene med brikker bli skannet, og plasseringen dokumenteres i T-DOC. Hver container er utstyrt med en T-DOC-etikett som fungerer som identifikasjon til tilhørende instrumenter se eksempel i Figur 4. For å sikre riktig antall instrumenter gjennom hele prosessen telles det over utstyret flere ganger på avdelingene og på sterilsentralen.



Figur 4: T-DOC instrumenttelling (Getinge, u.d.).

I T-DOC har de ansatte egen bruker som de logger inn med slik at det registreres hvem som gjennomfører arbeidsoppgavene på sterilsentralen og rundt om på sykehusets avdelinger. Det er mulig å legge inn bilder og videoer av hvordan kompliserte instrumenter monteres for å forenkle arbeidet til de ansatte. Når en strekkode blir skannet vil animasjonen automatisk komme opp på skjermen (Getinge group, 2014).

2.1.4 AGV som materialhåndteringssystem

AGV er en autonom robot som brukes til å transportere gods. AGV-systemer har blitt en nøkkelkomponent for dagens internlogistikk og er en teknologi som er godt introdusert i industri og bransjer for produksjon, se Bilde 15 (Ullrich, 2015). AGV kjører fra hentepunkt til leveringspunkt gjennom preprogrammerte eller frie ruter (Vis, 2006).

Bruk av AGV-er på sykehus har frigjort kapasitet til personalet, slik at fokuset kan ligge på pasientbehandling (Pedan, et al., 2017). Det som gjør AGV-er optimale på sykehus er at de evner tunge løft og de kan arbeide utenfor normal arbeidstid (Haaland, 2002). Dermed kan forsyning til og fra avdelingene foregå døgnet rundt. Det blir mindre belastning for de ansatte, og risikoen for personskader ved forflytning av tunge vogner reduseres (Pedan, et al., 2017). En AGV-vogn kan lastes med alt fra mat og sterilt utstyr til forbruksvarer og tøy til ansatte (OUS, 2022). AGV-system har blitt implementert i flere store sykehus her i Norge som Sykehuset Østfold, Ahus og St. Olavs hospital (OUS, 2022).



Bilde 15: AGV i en sykehuskorridor (OUS, 2022)

AGV-er finnes i ulike varianter. En mindre variant, vist på Bilde 16, er implementert på den nye Regionale Sterilsentralen i København. AGV-en vist på Bilde 17, transporterer forskjellige bakker, containere og stativer rundt på den regionale sterilsentralen (Larsen, 2022). Dermed reduseres løftene for de ansatte, og de kan ha større fokus på andre arbeidsoppgaver. På Region Hovedstadens nye Sterilsentral er robotene blitt en del av arbeidsstyrken, noe som gjør sterilsentralen til verdens mest automatiserte (Guldager, 2022).



Bilde 16: Mindre AGV som transporterer innsatser med medisinsk utstyr (Larsen, 2022).



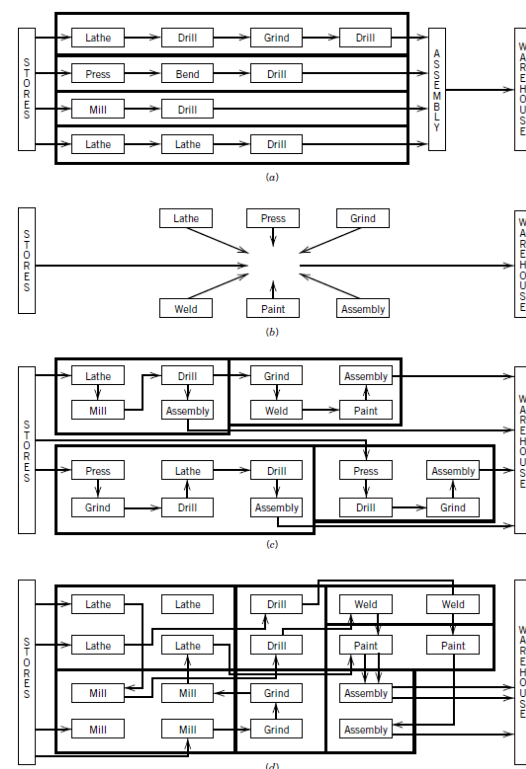
Bilde 17: AGV-robot inne på den Regionale Sterilsentralen (Guldager, 2022).

2.1.5 Fabrikkplanlegging

Fabrikkplanlegging er prosessen med å fysisk ordne alle produksjonsfaktorene som utgjør et produksjonssystem på en systematisk og effektiv måte, slik at de overholder organisasjonens strategiske mål. (Pérez-Gosende, et al., 2021). Kort fortalt handler det om hvilke deler av systemet som bør plasseres i nærheten av hverandre (Altuntas & Selim, 2012). Som en del av de operasjonelle strategiene til en organisasjon, er fabrikkplanlegging regnet som en av de viktigste designbeslutningene (Tari & Neghabi, 2015). I tillegg har valg av layout svært stor effekt på effektiviteten til produksjonssystemet, samt bedriftens produksjonsnivå (Altuntas & Selim, 2012). En effektiv fabrikklayout må sikre at produksjonsplanen blir møtt, både på kort og lang sikt, samtidig som den er lagt opp med en viss fleksibilitet for fremtidige endringer (Pérez-Gosende, et al., 2021). En ikke-optimal fabrikklayout kan føre til flaskehalser, oppsamlinger og dårlig plassutnyttelse, samt arbeidsplasser som står ledige eller går på

overkapasitet (Pérez-Gosende, et al., 2021). Videre i oppgaven vil begrepene layout og planløsning bli brukt om hverandre for å henvise til arealplanlegging.

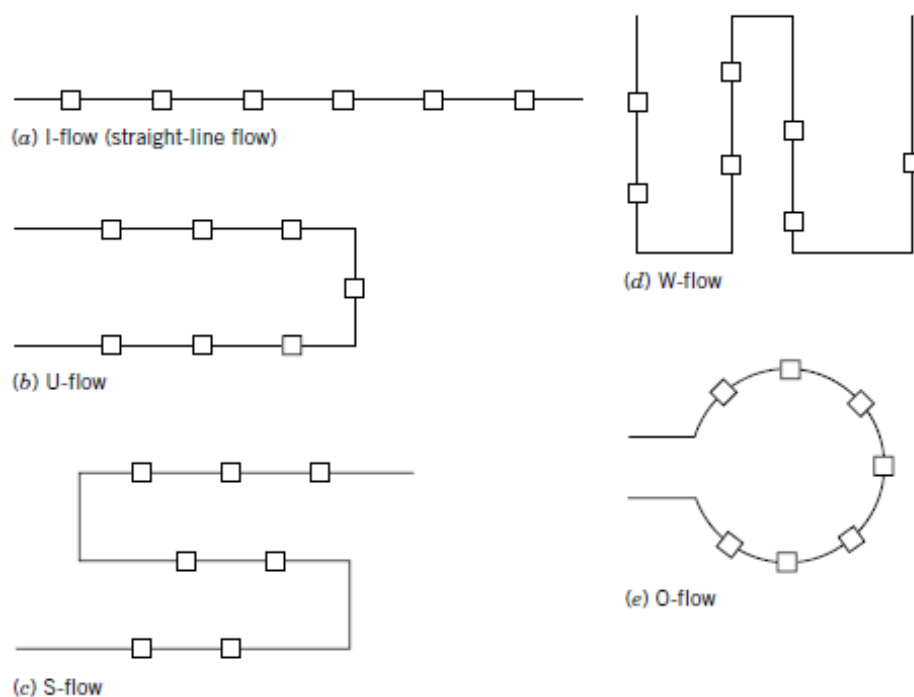
I et produksjonssystem finnes det ulike typer layout. Produksjonen kan være ordnet etter en produktlinje, en fast posisjon layout, avdeling- eller prosess layout, eller produktgruppe eller -celle layout (Tompkins, et al., 2010). Produktlinje vil si at hver produksjonslinje er ordnet etter produkt eller at prosessene er arrangert etter produksjonssekvens. Layouten er typisk for masseproduksjon og samlebåndsproduksjon og er tegning a i Figur 5. Fast posisjon layout vil si at produktet, eller prosjektet, har en fast posisjon med alle prosessene rundt, som vist i tegning b (Tompkins, et al., 2010). Tegning c illustrerer avdeling- eller prosess layout, som er layout ordnet etter funksjon. Det vil si at alle maskiner som utfører samme prosess blir satt i samme område. Se tegning d. I en produktgruppe eller -celle layout vil prosessene være arrangert etter produktfamilier. I slike tilfeller vil det være nyttig å utføre en Binary ordering analysis, BOA. Denne type layout kalles også fokusert fabrikk.



Figur 5: Alternativer for type layout. (a) Produktionslinje. (b) Fast produksjonslayout. (c) Produktfamilie-layout. (d) Prosesslayout (Tompkins, et al., 2010).

I tillegg til å velge en overordnet fabrikklayout, kan produksjonslinjen variere innad. En kan ha manuell eller automatisk samlebåndsflyt. Ved en manuell flyt må arbeiderne selv forflytte produktet til neste stasjon. Flyten er sekvensiell med minimal eller ingen «backtracking» (Tompkins, et al., 2010). Ved automatisk flyt brukes en transportør, transportbånd eller AGV for å flytte produktene mellom arbeidsstasjonene. Denne flyten tar hensyn til både produkt og prosess i tillegg til materialhåndteringen, og kan organiseres på ulike måter, se Figur 6.

For flyten på en sterilsentral er det a) I-flyt og b) U-flyt som er mest relevante, se Figur 6. O-flyt, vist i e) kan også være relevant, avhengig av plassen en har til rådighet. Disse oppsettene er mest relevante fordi sterilsentralen har distinkte skiller mellom uren, ren og steril sone, noe som gjør S-flyt og W-flyt lite hensiktsmessig. De gjør det også vanskeligere å forflytte vogner direkte fra uren til steril sone. I tillegg sikrer I-flyt og U-flyt at urent og sterilt gods får separate inn- og utganger som hindrer at de krysses (Shalini, et al., 2023).



Figur 6: Ulike måter produksjonslinjen kan organiseres (Tompkins, et al., 2010)

Et viktig verktøy i fabrikkplanlegging er Lean tankegang. I sammenheng med sterilsentraler på sykehus er spesielt Lean-verktøyet 5S nyttig å ta med seg. 5S står for sortere, rette opp (set in order), vaske (shine), standardisere og opprettholde (sustain) (Nicholas, 2018). Sortere handler om å ha et system, en riktig ordning og å kaste ut det som ikke trengs. Å rette opp handler om ryddighet på arbeidsplassen. Alle verktøy og gjenstander skal ha en spesifisert, merket plass for lettere organisering. Vask handler om å holde arbeidsplassen ren, noe som gjør det vanskeligere å skjule problematiske områder (Nicholas, 2018). Standardisering handler om å lage prosedyrer, regler og guidelines for hvordan arbeidsoppgaver skal gjennomføres. Oppretthold omhandler evnen til å gjennomføre tiltakene over en lengre periode. Det handler om selvdisciplin, vaner og organisasjonskultur for å opprettholde en ren og ryddig arbeidsplass. Ved å gjennomføre og opprettholde standardene en setter ved hjelp av 5S forbedres arbeidssikkerheten, det blir lettere å finne spesifikke gjenstander, og det blir enklere å oppdage mangler på arbeidsplassen (Nicholas, 2018).

Et annet Lean-prinsipp er MUDA, som handler om sløsing. MUDA omhandler syv typer sløsing: venting, korrigerende, forflytning, overproduksjon, transport, lager og prosessering (Nicholas, 2018). I denne oppgaven er det spesielt sløsing i forhold til unødvendig forflytning og transport på sterilsentralen som er relevant. Mye av sløsing kommer av at de fleste prosessene på sterilsentralen utføres av mennesker, med liten grad av automasjon.

«Systematisk layoutplanlegging (SLP) består av et rammeverk av faser som ethvert layoutprosjekt går gjennom, et mønster av prosedyrer for trinn-for-trinn planlegging, og et sett med konvensjoner for å identifisere, visualisere og vurdere de ulike aktivitetene, relasjonene og alternativene som er involvert i ethvert layoutprosjekt» (Muther & Hales, 2015). SLP baserer seg på inputdata, materialflyt og forholdsdiagrammer (Jain & Yadav, 2017), hvor målet er å identifisere layouten som passer best til organisasjonens operasjonelle prosedyrer og strategier (Febriandini & Yuniaristanto, 2019). Metodens struktur har de siste årene blitt standardisert for å kunne integreres med andre metoder som Systematisk Håndteringsanalyse (SHA), Systematisk Planlegging av Arbeidsceller (SPMC) og Systematisk Planlegging av Industribygg (SPIF) (Muther & Hales, 2015). Ifølge Muther vil riktig bruk av metoden bidra til å unngå feil, spare tid og produsere bedre løsninger for layout (Muther & Hales, 2015).

Ved planlegging av industribygninger er det vanlig å forholde seg til nettoareal og bruttoareal. Nettoareal er funksjonsareal, rom som er avgrenset av vegger (Helsedirektoratet, 2013), mens bruttoareal også omfatter tekniske sjakter og rom, gangarealer, korridorer og vegger.

Netto/brutto-faktor er forholdet mellom størrelsene og sier noe om utnyttelsesgraden av tilgjengelige areal.

I planleggingen av et produksjonssystem, og mer spesifikt arbeidsstasjoner, er det viktig å tenke på samhandlingen mellom mennesker og maskiner. The International Ergonomics Association definerer ergonomi, eller menneskelige faktorer, som den vitenskapelige disiplinen for forståelse av samhandlingen mellom mennesker og andre elementer i et system (Gamper, 2017). Profesjonen anvender teori, prinsipper, data og metoder for å optimalisere menneskelig velvære og generell systemytelse (Gamper, 2017). På en arbeidsplass handler ergonomi også om riktige forhold mellom individ og arbeidets egenskaper. For eksempel er høyde på bord, stoler og enheter som skal løftes viktige for å sikre sikkert og komfortabelt arbeid. Bord bør være justerbare for å kunne tilpasses den enkelte, slik at arbeidets underarmer alltid skal være parallelle med gulvet (Stephens, 2019). Det gjelder uavhengig av om arbeider står eller sitter.

2.1.6 Standardisering

Ifølge Standard Norge er den formelle definisjonen av ordet «standard»: «et standard dokument til felles og gjentatt bruk, fremkommet ved konsensus og vedtatt av et anerkjent organ som gir regler, retningslinjer eller kjennetegn for aktiviteter eller resultatene av dem for å oppnå optimal orden i en gitt sammenheng» (Standard Norge, 2021). Videre kan en si at standardisering handler om å lage en felles «oppskrift» på hvordan en arbeidsoppgave skal utføres (Nicholas, 2018). Ved standardisering ønsker en å spesifisere på detaljnivå slik at alle arbeidere utfører samme oppgave på nøyaktig samme måte. Målet er å fjerne avhengigheten til hvilken arbeider som utfører oppgaven, og gjør det lettere å kunne forbedre enkelte deler av prosessen (Nicholas, 2018).

Standardisering er viktig for å overlevere kunnskap på en måte så alle kan forstå hverandre, og like viktig, lære av hverandre (Sæter, 2007). Standardene bør dokumenteres, og en oversikt over standardene bør plasseres synlig på arbeidsplassen for enkel oppfølging. De fungerer også som en forsikring om at produkter, prosesser, vekt, mål og maskiner virker, eller virker sammen (Sæter, 2007). Standardisering er av internasjonalt opphav, og gjør det lettere å handle mellom ulike land. Tall fra forskning.no viser at over 95% av standardene som utgis i Norge har et internasjonalt opphav (Sæter, 2007).

ISO-standarder er de mest brukte og står for International Organization for Standardization. De fleste ISO-standardene dreier seg om tekniske spesifikasjoner eller retningslinjer for å sikre at materialer, varer, prosesser og tjenester er gode nok for det formålet de er tenkt å ha (Standard.no, 2022). Hver enkelt standard dreier seg vanligvis om et avgrenset og svært spesifikt emne. Det finnes en rekke standarder for sykehus og sterildforsyning. Viktigst er standardene for validering, sterilisering og rengjøring (Berg, 2011). De mest brukte standardene er ISO 15883-1, 15883-2, 15883-4 og 17664-1. De tre første omhandler vaskedekontaminatorer, og den siste er en standard for steriliseringsprosessen.

2.2 Metode

For å besvare problemstillingen er det valgt å bruke metodetriangulering, der en metode der kvalitativ og kvantitativ metode kombineres (Grønmo, 2023). Kvalitativ metode er brukt for å gi innsikt i teori og standarder om hvordan fabrikker og arbeidsceller bør utformes. Metoden er også brukt for å gi en helhetlig forståelse av sterilsentralen. Kvantitativ metode er brukt til å

finne størrelser og rekkeviddebehov, for deretter å utvikle en representativ oversikt over hver enkelt arbeidscelle på sterilsentralen.

For illustrering av arbeidscellene har studentene benyttet seg av tegneprogrammet SmartDraw. Det er en programvare som brukes til å lage flytskjemaer, organisasjonskart, diagrammer og tegninger (SmartDraw, u.d.). Programmet har en egen funksjon for plantegninger, som enkelt kan tilpasses etter behov. Tegningene viser dimensjoner på en oversiktlig måte, og gir riktige forhold mellom størrelser og arbeidsceller. Programmet er også benyttet til å tegne prosesskart for sterilsentralen.

For å visualisere hvordan arbeidscellene henger sammen, har studentgruppen brukt prosesskartlegging. Et prosesskart viser stegene i en prosess, og er et nyttig verktøy for å analysere prosesser (Nicholas, 2018). Denne metoden er brukt i kapittelet 5 Prosesskartlegging, for å beskrive flyten av de medisinske instrumentene gjennom sterilsentralen og samhandlingen mellom de ulike arbeidscellene.

Tredimensjonale tegninger gir bedre forståelse av cellens sammensetning og bevegelsesområde (Stephens, 2019). Derfor er simuleringsprogrammet FlexSim er brukt for å illustrere enkelte arbeidsceller i 3D. I rapporten er det kun brukt skjermbilder fra programmet, og cellene er ikke modellert for å vise arbeidsflyten.

2.2.1 Kvantitativ metode og litteratursøk

Studentgruppen har i stor grad brukt norske kilder for å beskrive sterilsentralen og flyten av SSG på norske sykehus. Grunnen til dette er fordi WHO anbefaler at bygging og planlegging av sterilsentraler følger både internasjonale og nasjonale retningslinjer (WHO, 2016). Siden oppgaven skal levere et utgangspunkt for planlegging til Sykehusbygg HF, som bygger sykehus og sterilsentraler i Norge, vil det være mest relevant å ta utgangspunkt i kilder som følger norske retningslinjer. Det er også lest litteratur på engelsk, og studentgruppen har erfart at engelske kilder ofte understøtter litteraturen lest på norsk. Et eksempel på dette er rapporten fra WHO: *Decontamination and Reprocessing of Medical Devices for Health-care Facilities*, som understøtter rapporter fra norske sykehus. Rapporten fra WHO har vært en nyttig ressurs for å kontrollere om informasjon funnet på andre sider følger satte retningslinjer.

I første omgang ble en rekke rapporter og presentasjoner fra ulike norske sykehus gjennomgått. Mange ble sendt fra Bjørn Bakken ved Sykehusbygg, og noe ble funnet på

sykehusenes egne nettsider. Spesielt har arbeidet rundt Nye Aker sykehus gitt god informasjon om planleggingsfasen til en sterilsentral. Studentene fant mange egenlagde rapporter og presentasjoner fra sykehusene som var mangelfulle eller uten begrunnelser. I tillegg er det få som omtaler nødvendig areal for arbeidsprosessene, men heller kun gir et totalareal for sterilsentralen som enhet. Det kommer av at arealbehovet til nå stort sett har blitt bestemt basert på erfaring fra tidligere sentraler.

I teoridelen av oppgaven er Oria.no i hovedsak brukt, for å finne gode fagfellevurderte artikler til arbeidet. Studentene har søkt etter kilder på både norsk og engelsk, med bruk av for eksempel dimensjonering, arealplanlegging, prosesser og fabrikkplanlegging. Tilsvarende ord er brukt på engelsk. Selv med spesifisering av sterilsentral, sykehus og dimensjonering, var det få artikler som omhandlet arealplanlegging på sterilsentralen. Artiklene dreide seg i hovedsak om prosessene på sentralen og hvordan disse foregår og kan optimaliseres.

For å finne kilder for arealplanlegging av arbeidsceller og sterilsentralen som enhet, søkte studentene heller innenfor fabrikkplanlegging. Ord som arbeidscelle, dimensjonering, fabrikkplanlegging, layout og optimalisering ble brukt i søket. Ved å se på sterilsentralen som et produksjonssystem bestående av ulike prosesser var det lettere å finne konkrete kilder for planlegging av cellene.

Under litteratursøket fant studentgruppen boken *A guide to Hospital Administration and Planning*, hvor kapittel 10 omhandler sterilsentralen (Shalini, et al., 2023). Den ga innblikk i viktige elementer som må vurderes under planleggingsprosessen og underbygget teori hentet fra andre artikler og rapporter. Deler av kapittelet omhandlet avvikshåndtering, bruk av kjemikalier og retningslinjer for driften, dette var ikke like relevant for oppgaven, men ga studentene en generell forståelse for en mer helhetlig planleggingsprosess.

Veileder for oppgaven anbefalte boken *Systematic Layout Planning* av Richard Muther og Lee Hales (Muther & Hales, 2015). Boken går inn på metoden SLP og hvordan denne metoden kan anvendes under planleggingen og optimalisering av anlegg. Noe som begrunnes mer senere er at metoder for optimalisering ikke vil være like relevant for oppgaven. Studentgruppen har derfor ikke brukt SLP-metoden som beskrevet i boken, men tatt utgangspunkt og hentet inspirasjon for viktige punkter det må tas høyde for under planlegging. Spesielt har kapittel 12: Workplace Layout som handler om planleggingen av arbeidsceller vært nyttig.

Andre bøker som er brukt i litteraturstudiet er Facilities Planning (Tompkins, et al., 2010), som studentene ble introdusert til emnet TLOG1001 Transportlogistikk, fabrikkplanlegging og miljø, og er spesielt brukt under teoridelen som omhandler fabrikkplanlegging. Innhold fra boken er også brukt som grunnlag til prosesskartlegging og har gitt nyttig bakgrunnsinfo. Manufacturing Facilities Design & Material Handling (Stephens, 2019), ble anbefalt av veileder. Kapittel 7 om Ergonomics and Workstation Design Space Requirements ble et nyttig bidrag i prosessen med å planlegge arbeidsceller i samråd med menneskelige faktorer.

2.2.2 Kvalitativ metode

I arbeidet med å definere arealbehov for hver enkelt arbeidscelle har studentene brukt tid på Arbeidstilsynet og SINTEF sine nettsider. Arbeidstilsynet er brukt i forhold til HMS-krav på arbeidsplassen, mens SINTEF har en egen Byggforskserie som definerer plassbehov i forskjellige situasjoner. Et av punktene SLP- boken nevner er planlegging ut ifra grensene for menneskelig bevegelse ved arbeidsbordet. Tallene fra SINTEF har derfor blitt lagt til grunn for menneskers rekkevidde og heretter utformingen innad i cellen.

Under dimensjoneringen av arbeidscellene ble det tatt utgangspunkt i størrelsen på arbeidsbord, grensene for menneskelig bevegelse ved bordet, en bevegelsesrekkevidde på 1.80m og løfterekkevidde på 1m (SINTEF Byggforsk, 2017), som er nærmere begrunnet i avsnitt 3.1 *Begrunnelse av størrelser*. For hver celle som inneholder prosesser som gjennomføres av en operatør er enten bevegelses- eller løfterekkevidde lagt til grunn i design og dimensjonering av arbeidscellen. Der arbeidsceller inneholder et arbeidsbord er bordet satt som utgangspunkt, og de andre elementene er plassert ut ifra størrelsen på bordet og rekkevidden hos operatøren. Alle enheter i cellen har faste størrelser, men plasseringen av disse i forhold til hverandre er basert på erfaring og diskusjon gjort under befaring og intervju med St. Olav. Der studentgruppen følte det manglet grunnlag for plassering av enheter på cellen er de blitt dimensjonert etter ad hoc, altså plassert etter det studentgruppen mener er den beste løsningen.

I prosessen med å innhente data har samarbeidet med St. Olavs vært essensielt. Studentene har vært på befaring ved to anledninger, samt avholdt ett intervju. Befaringene har blitt brukt til å observere flyten på sterilsentralen, og å gjøre nødvendige mål i arbeidet med celleplanleggingen. Studentene har også benyttet anledningen til å stille relevante spørsmål, diskutere løsninger og kommunisere med ansatte under besøkene. Intervjuet ble holdt sammen med fagrådgiver Ann Margrethe Berg og driftskoordinator Jon Anders Hoel. Under

intervjuet ble det lagt fokus på hvilke områder de ansatte synes er for trange, og hvilke som fungerer i dag. Gruppen diskuterte også hvilke størrelser og løsninger som er mest optimale for videre arbeid.

Et problem som studentene møtte, er at de fleste modeller og metoder for arealplanlegging er laget med tanke på layoutoptimalisering. Siden oppgaven kun går ut på definering og dimensjonering av arbeidsceller er ikke disse metodene relevante å bruke i arbeidet. I tillegg er rekkefølgen på prosessene på en sterilsentral relativt standardiserte, så det vil ikke være relevant å se på endring i flyten. Studentene vurderte blant annet SLP, aktivitetssamband og BOA, som viste seg å ikke være relevante. Metoder for optimalisering er mer relevant for spesifikke caser mens det i denne oppgaven skal dannes et grunnlag for en generisk sterilsentral.

Studentene ble tilsendt data fra St. Olavs på syklustider og manuelle arbeidstider til formål om å bruke dem i en Excel-modell. I arbeidet oppdaget studentene at variasjonene var for store og modellen ble for komplisert for ett semesters arbeid, så tallene ble ikke brukt videre i arbeidet. En kalkulator for sterilsentralen ble heller utformet, som vil bli beskrevet i detalj i *Kapittel 5 Excel-kalkulator*.

3.0 Dimensjonering av arbeidsceller

«Design the work or workstation so that the task fits the person rather than forcing the human body or psyche to fit the job» (Stephens, 2019). Dette prinsippet er brukt i dimensjoneringen av arbeidscellene for å redusere belastningen på de ansatte. Sterilsentralen er en fysisk krevende arbeidsplass (Berg, 2023), så en må tilrettelegge arbeidsforholdene etter beste evne.

Sterilsentralen er et komplekst produksjonssystem og må planlegges på detaljnivå. Prinsipper fra fabrikkplanlegging, prosessflyt og SLP er brukt for å begrunne arbeidscellenes oppbygging og arealbehov. Ved å dele produksjonen i arbeidsceller sikres det en fullstendig og forståelig oversikt. Gjennomgangen er organisert etter sone, og herunder arbeidsceller. Cellene er oppdelt basert på enkeltprosesser og kan settes sammen til en fullstendig produksjonsflyt. Ved planlegging av en ny sterilsentral vil det være enkelt å sette sammen cellene som et puslespill, og arbeidscellene som inneholder elementer en ønsker flere av kan ganges opp etter behov. Det gjelder blant annet celler for instrumentvaskemaskiner, arbeidsbord og oppbevaringsområder. Celler som går på tvers av soner vil planlegges som helhet, men arealet vil deles likt mellom sonene for å gi en mer realistisk visning av nødvendig areal. Flere celler er satt sammen av ulike elementer og layout kan variere, men det antas tilsvarende areal.

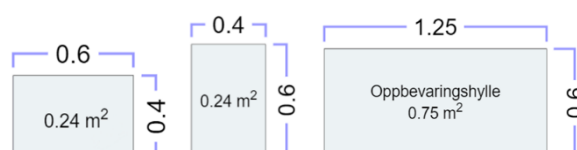
3.1 Begrunnelse av størrelser

Mål på utstyr er hentet fra Sykehusbygg HF eller tilsendt av fagrådgiver på St. Olavs, Ann Margrethe Berg. Ved mangler har studentene målt selv under befaring på St. Olavs' sterilsentral eller innhentet data fra produsentenes nettside. Se Tabell 5 for en oversikt over tall brukt videre i oppgaven. En viktig bemerkning er at disse målene i hovedsak refererer til oppsettet på St. Olavs hospital, og kan variere avhengig av sykehus. For en fullstendig oversikt over andre mulige varianter av mål se Vedlegg B.

Tabell 5: Oversikt over størrelser

Utstyr	Tall brukt i oppgaven m (d x b)	Hentet fra:
Administrativt bord	0.9 x 1.50	Målinger gjort av studentene, befarig St. Olavs
AGV-vogn	0.8 x 1.20	Sykehusbygg HF, 2015
Arbeidsbenk retursluse	0.8 x 1.00	Basert på antagelser og sammenheng med arbeidsbord
Arbeidsbord (uren side)	0.9 x 1.50	St. Olavs
Autoklaver	0.99 x 2.3	Matachana Group
BICARmed	0.84 x 2.1	Thune produkter
Container-vaskevogn	0.90 x 2.00	Tall gitt fra Sykehusbygg
Innervogn	0.75 x 0.50	Tall gitt fra Sykehusbygg
Instrumentvaskemaskin	1.84 x 1.1	Tall gitt fra Sykehusbygg
Kontrollsone-bord (ren sone)	0.80 x 1.80	Målinger gjort av studentene
Lavtemperatur autoklaver	1.0 x 0.80	Målinger gjort av studentene
Lift til AGV-vogn	1.30 x 0.94	Målinger gjort av studentene
Oppbevaringshyll stor (på hjul)	0.60 x 1.25	Målinger gjort av studentene
Oppbevaringshyll liten	0.40 x 0.60	Standard fra Sykehusbygg
Pakkebord (Arbeidsbord ren sone)	0.80 x 2.0	Målinger gjort av studentene
Pakkebord papir	0.80 x 2.0	Målinger gjort av studentene
Papirstativ	0.35 x 2.0	Målinger gjort av studentene
Sveisebord	0.80 x 1.80	Tall fra Ann Margrethe Berg, St. Olavs
Transporttralle	0.90 x 0.70	Målinger gjort av studentene
Innmatingstraller (nytt system)	0.91 x 0.65	Matachana Group
Tørkeskap	0.71 x 0.787	Steelco
Ultralydvaskemaskin	1.10 x 1.15	Steelco
Vaskeinnsats	0.82 x 0.65	Målinger gjort av studentene
Vaskekum	0.80 x 1.75	Målinger gjort av studentene
Vognvaskemaskin	1.13 x 3.00	Tall gitt fra Sykehusbygg
Administrativt bord, hjelpestasjon	0.60 x 1.40	Målinger gjort av studentene

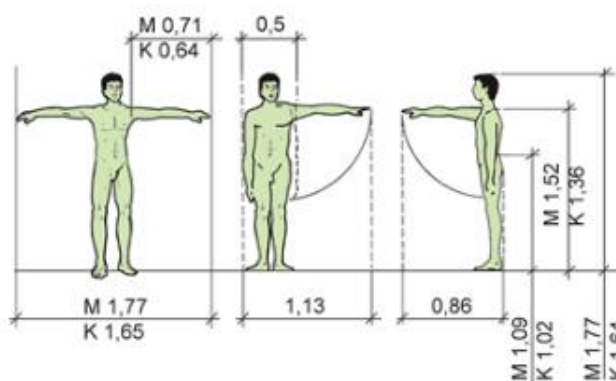
To størrelser på oppbevaringshyller er definert i oppgaven, se Figur 7. For stor oppbevaringshyll har studentene tatt utgangspunkt i en tralle med hjul fra St. Olavs med målene 0.60m x 1.25m. Dette begrunnes med at det skal være rom til store containere i hyllene. Den mindre hyllen er tenkt til arkivering av papirer, permer og lagringsplass for forbruksvarer. Målene er satt til 0.4m x 0.6m. Hyllene som står på gulvet må være utstyrt med hjul for enkel forflytning og rengjøring ved behov. De mindre hyllene kan i noen tilfeller festes på veggen for å frigi gulvplass og forenkle rengjøringsjobben. Hyllemålene er standard størrelser som brukes gjennom hele oppgaven.



Figur 7: Standard størrelser for oppbevaringshyller

Alle bordstørrelser har dybde på 0.8m eller 0.9m. Dybden begrunnes ved at ansatte skal bevege seg så lite som mulig ved arbeidsbordet, og unngå å strekke seg unødvendig (Stephens, 2019). Hyppig brukt utstyr bør lokaliseres så nærme arbeidet som mulig.

I en rapport fra SINTEF (SINTEF Byggforsk, 2017) er det lagt til grunn 1.77m som rekkevidde for en gjennomsnittlig mann, fra fingertupp til fingertupp, se Figur 8. Videre i oppgaven er 1.80m satt som standard rekkevidde. Denne diameteren defineres som betjeningsarealet til ansatte. For god trivsel på arbeidsplassen er det viktig at arbeidsstasjonen ikke oppleves trang. SINTEF definerer: «forskjellen på et trangt og et rommelig rom beror på hvor mye anvendelig, fri gulvplass som er igjen når nødvendige møbleringskrav er tilfredsstilt» (SINTEF Byggforsk, 2017). Ifølge Berg er det hensiktsmessig med bordstørrelse på 2.0m, det er dermed ingen ekstra plass som kreves i bredden for at det skal føles mer rommelig. For å sikre plass til de ansatte er det i oppgaven tatt utgangspunkt i tall for mann og ikke kvinne. Dette begrunnes med at plassbehovet til en kvinne er mindre enn plassbehovet til en mann, og det vil derfor være god nok plass til en kvinne innenfor størrelsene angitt i oppgaven.



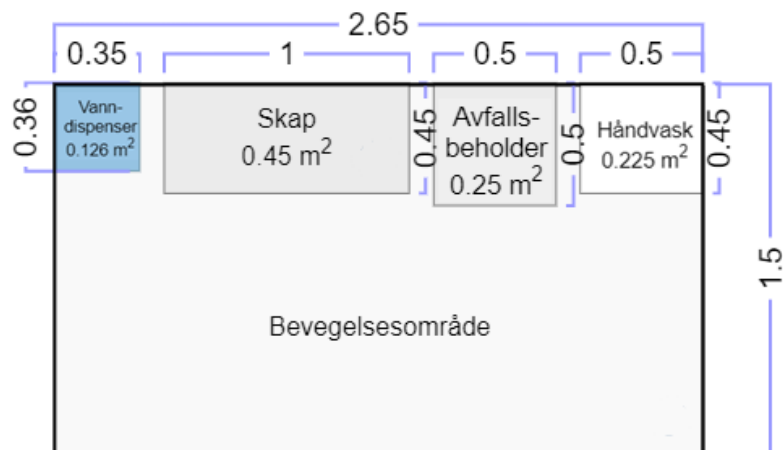
Figur 8: Rekkevidde for en gjennomsnittlig mann (SINTEF Byggforsk, 2017).

3.2 Uren sone

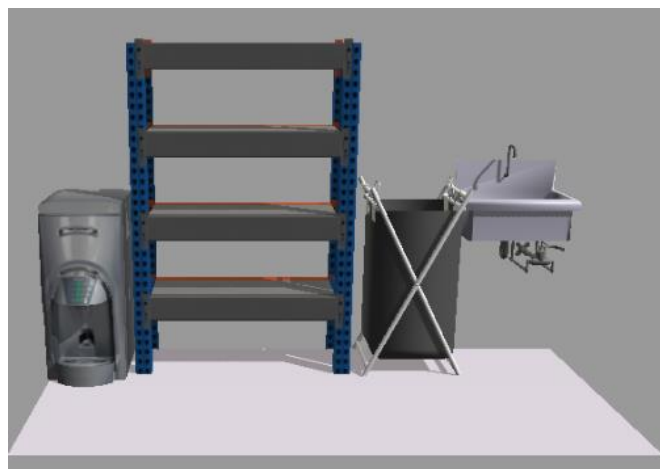
Den første sonen er uren sone. Her foregår manuell rengjøring og klargjøring av urent utstyr før en maskinell rengjøring.

3.2.1 Håndvask

Ved sonens inngang avsettes et område for håndvask og desinfisering av hender. I cellen skal det være plass til håndvask og en avfallsbeholder. Et bevegelsesareal på 1m bakover vil sikre at cellen føles åpen og oversiktlig. Areal for andre nødvendigheter, som for eksempel vannfontene eller et oppbevaringsskap, kan også settes av etter behov. Illustrasjonen i Figur 9 viser alle nevnte elementer med god plass til bevegelse, og gir et flateareal på 3.975m^2 . Arbeidscellen er illustrert i 3D i Figur 10. Alternativt kan cellen utformes i et hjørne eller med andre elementer, hvor dimensjonene på cellen vil bli noe annerledes.



Figur 9: Arbeidscelle for håndvask



Figur 10: 3D-illustrasjon av håndvask-cellen i FlexSim

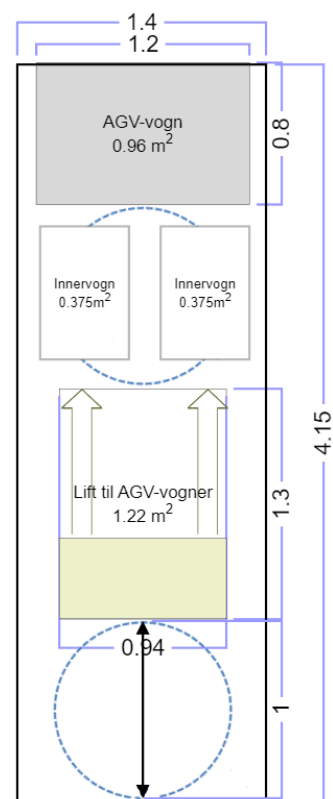
3.2.2 Avlossing fra AGV-vogn

Den første arbeidscellen på uren sone omfatter avlossing av innervogner fra AGV-vogner. Dette skjer enten inne på uren sone eller på utsiden. Cellen inneholder én lift, to innervogner og én AGV-vogn. I tillegg er det lagt inn et areal på 1m bak liften for at personen som styrer liften skal ha rikelig med plass for bevegelse når hen opererer maskinen. Arbeidscellen er også dimensjonert med ekstra 0.25m på hver side av liften for enkle justeringer i arbeidet. Den totale cellen måler 1.4m x 4.15m, med et flateareal på 5.81m², se Figur 11. Arealet tilsvarer det absolutte minimale, men siden innervognene kun løftes rett opp og inn i AGV-vognen er det ikke nødvendig med større areal.

Arbeidscellen må planlegges fordi innervognene med brikker ankommer sterilsentralen på AGV-vogner fra avdelingene. En identisk celle vil også opprettes på steril sone for opplasting av sterile brikker før utkjøring til avdelingene. Av- og pålasting av AGV-vogner må skje på ulike steder for å unngå kryssing i flyten av materialene. Dersom flyten i en sterilsentral krysses, øker muligheten for feil og kontaminering.

Dimensjonene for hvert enkelt element i cellen er målt hver for seg. AGV-vognens dimensjoner er hentet fra Sykehusbygg HF sitt Excel-dokument fra 2005 om dimensjonering av sterilsentralen på St. Olavs, se Vedlegg C. Innervognene har dimensjoner på 0.75m x 0.5m, som er gitt i mail fra Sykehusbygg, se Vedlegg C. Målene på liften har studentgruppen selv målt under en befaring på St. Olavs. De er tatt i liftens bredeste punkt, som er innstillingen som brukes.

En suksessfaktor for cellen er at liften fungerer trådløst. Under befaring på St. Olavs observerte studentgruppen at det ble brukt en lift som var tilkoblet en strømkabel, som vist på Bilde 18. Dette reduserer brukervennlighet da



Figur 11: Arbeidscelle for AGV-opplasting



Bilde 18: Liften som brukes for av- og pålossing av innervogner på AGV-vogner, Foto: Privat, tatt på St. Olavs

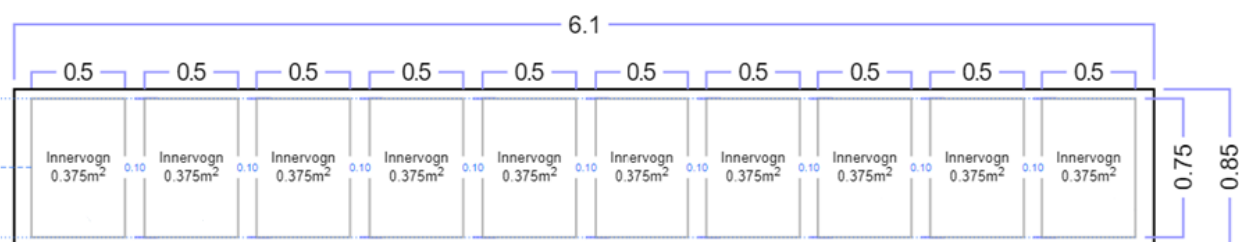
ledningen kommer i veien og rekkevidden på liften reduseres. Det vil være nødvendig å lade liften, derfor kan det være hensiktsmessig å plassere liften ved en vegg med strømuttak. Veggene vil også fungere som en barriere mot at andre ansatte vil snuble over ladekabelen.

3.2.3 Kø-område for innervogner

Cellen representerer et dedikert område for et køsystem av innervogner på uren sone. Den vil også brukes på steril sone, for oppbevaring av vogner etter vask. St. Olavs har i dag totalt rundt 350 innervogner, hvorav omtrent 150 alltid befinner seg på sterilsentralen, hovedsakelig fordelt på uren og steril sone (Berg, 2023). Et fåtall innervogner vil være på ren sone, for transport av containere. Det er definert og illustrert en bufferplass på 10 innervogner i Figur 12, men cellen kan enkelt ganges opp etter behov. Et areal tilsvarende 75 innervogner vil ikke være nødvendig, siden det alltid vil stå vogner på ulike stasjoner inne på sonen. Derimot er det viktig med nok tilgjengelig plass for tidsrommene med høyest etterspørsel, for å unngå en opphopning i gangene utenfor sterilsentralen, som vil kunne forstyrre AGV-systemet eller andre funksjoner ved sykehuset.

En buffer på 10cm mellom hver vogn er inkludert fordi det ikke er realistisk å anta at ansatte bruker tid på å plassere vognene så nærme som mulig. Med denne bufferen vil nødvendig flateareal per 10 vogner være 5.185m^2 .

På enkelte sykehus er sterilsentralen bygget med noe tilgjengelig plass i gangen utenfor uren sone. Denne plassen er det mulig å benytte seg av dersom det er nødvendig, og det minsker behovet for lagringsplass inne på sonen. Tilgjengeligheten her vil variere fra sykehus til sykehus, så det vil derfor ikke tas hensyn til i denne beregningen av areal. Ifølge Berg er det optimalt å ha nok lagringsplass inne på sonen så en slipper å benytte seg av arealer i gangen.



Figur 12: Kø-område for innervogner

3.2.4 Administrativt bord

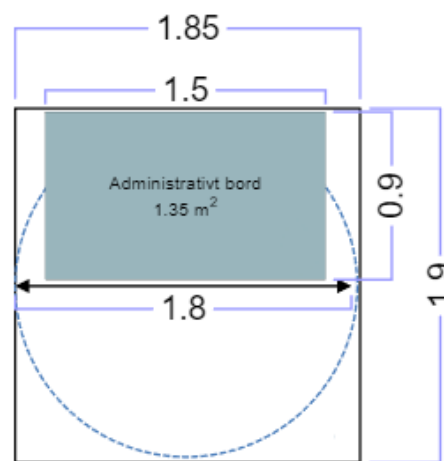
Fokuset til denne arbeidscellen er å være et knutepunkt for informasjon på uren sone. Arbeidsbordet brukes til arbeid på PC og telefon. Størrelsen på bordet er satt til 1.35 m^2 , men det kan variere etter ønske, behov og tilgjengelig plass. Begrunnelse for en bredde på 1.50m,

er at det skal være plass til administrative enheter og mulighet for lagring av viktige papirer i et arkivsystem og i permer. Bredden på bordet kan reduseres ved at det suppleres med skap eller hyller for arkivsystem og permer. Bordet bør være utstyrt med skuffer slik at bordoverflaten holdes ryddig og oversiktlig. Dybden på 0.9m gjør at PC og tastatur kan stå på linje og frigjør plass for annen aktivitet på bordet.

Arbeidscellen bør inneholde en oppslagstavle der informasjon og påminnelser er lett tilgjengelig, og bør tas med i beslutningen av lokalisering av arbeidscellen. Siden dette er en administrativ arbeidscelle vil det være ønskelig med én stol, eventuelt flere. Det legges opp til at forflytning av transporttraller og innervogner, eller andre arbeidsprosesser, kan foregå bak arbeidscellen. Derfor er standard rekkevidde på 1.80m brukt for å sikre komfortabel og enkel håndtering i cellen, uten at det tar av tilgjengelig areal. Hvis det administrative område skal innkapsles, bør avsatt areal ses på i lik grad som et kontor og derfor følge retningslinjene på 6m² per kontorplass (Arbeidstilsynet, u.d.).

I tilknytting til denne arbeidscellen bør en løsning for oppbevaring av forbruksvarer etableres i form av skap eller hyller. Det er valgt å ikke tegne det inn som en del av selve arbeidscellen, siden plasseringen ikke vil påvirke bruken av arbeidscellen i stor grad. Disse følger satte standarder for størrelser på stor og liten oppbevaringshylle.

Totalt flateareal på denne arbeidscellen er 3.515m², hvor det er en bevegelsesrekkevidde på 1.8m og et bord på 1.5m x 0.9m, se Figur 13. Det frie område i bevegelses-sirkelen er for å sikre at arbeidscellen ikke oppleves trang. De ansatte bør tilstrebe å holde område fritt for vogner og annet utstyr. Administrativt bord finnes på alle soner og cellen kan sees på som en standard. Ved nedprioritering av denne cellen vil det oppstå rot og uorden, noe som ikke er ønsket spesielt med hensyn til renhet.



Figur 13: Administrativt bord

3.2.5 Arbeidsbord uren sone

Denne arbeidscellen er definert ut ifra et arbeidsbord på 1.5m x 0.9m. Hit kommer urene instrumenter i én til to innervogner. Personen ved arbeidsbordet ser over og fordeler instrumentene på vaskerister som plasseres på vaskeinnsatser. Vaskeinnsatsen står plassert på en transporttralle. I cellen er det viktig å ha plass til å sette innervogner og transporttraller så

nærme arbeidsbordet som mulig for å unngå unødvendig forflytning og løft. Rekkevidde på 1.8m brukes også her for optimal forflytning. I direkte nærhet til arbeidsbordet bør det plasseres en oppbevaringshylle for vaskerister og lagring av eventuelt forbruksmateriell. En klarering på 10cm er lagt inn mellom oppbevaringshyllen og arbeidsbordet. Studentene har tatt utgangspunkt i en celle som inkluderer to innervogner og to transporttraller. Antallet er basert på observert flyt av brikker på St. Olavs. Til sammen gir disse elementene en arbeidscelle på 3.6m x 2.42m med flateareal på 8.712m².

Mål på arbeidsbord er hentet fra St. Olavs.

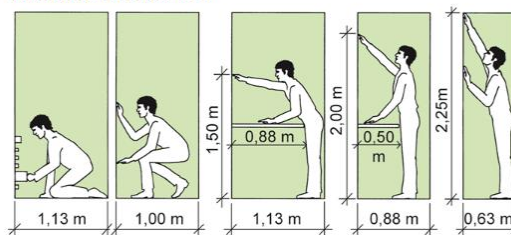
Ifølge Berg er arbeidsbordene i dag 1.40m x 0.9m, men det skal settes inn nye på 1.50m x 0.9m da det er mer optimalt. Ved å ha borddybde på 0.9m vil det fortsatt være mulig å betjene hyller eller

oppslagstavle på veggen over bordet, se Figur 14 (SINTEF Byggforsk, 2017). En

borddybde på 0.9m begrunnes med at utstyret som tømmes ut av containerne skal fordeles i vaskerister, og god dybde gir plass til flere rister på bordet samtidig. Mål på oppbevaringshyllen er gitt av standarden for stor oppbevaringshylle på 0.75m², se Figur 15 for plantegning av cellen.

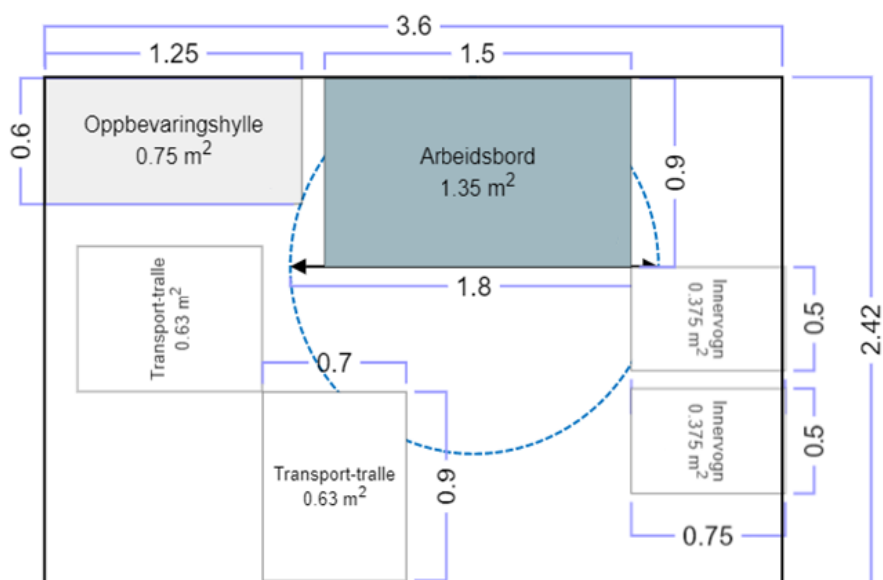
Løsningen innad i cellen er fleksibel, men det er behov for bufferplass for enkel forflytning av vogner, eller endret antall vogner i cellen samtidig. På bakgrunn av prinsipp om håndbevegelser om at nødvendig manuell løfting må skje i nærhet til kroppen (Stephens, 2019), er det ønskelig at arbeideren skal kunne dra inntil aktuell innervogn uten å miste bevegelsesfrihet. Ansatte må ha god nok plass slik at de komfortabelt kan bøye seg ned for de laveste hyllene i innervognene. Derfor vil 1m gulvplass foran innervognene være nødvendig for enkel håndtering (SINTEF Byggforsk, 2017). Arealet bakover i cellen må ikke være som illustrert, det kan for eksempel legges opp til transport av vogner bak personen som arbeider. Rekkevidden på 1.80m bør opprettholdes uansett for å sikre at arbeider ikke blir forstyrret av transporten. Se Figur 16 for en 3D-visualisering av cellen.

22 Gjennomsnittlige rekkevidder



Figur 14: Rekkeviddeoversikt fra SINTEF (SINTEF Byggforsk, 2017)

Arbeidet i cellen består av mange manuelle forflytninger i tillegg til løfteoperasjoner av instrumenter. Først fra innervogn til bord og etter utført arbeid, videre på vaskerister. Med automatisering av transporten kan det manuelle arbeidet reduseres, men arbeidet som foregår på bordet kan i dag ikke erstattes av roboter siden det er avhengig av menneskelige egenskaper.



Figur 15: Arbeidsbord på uren sone



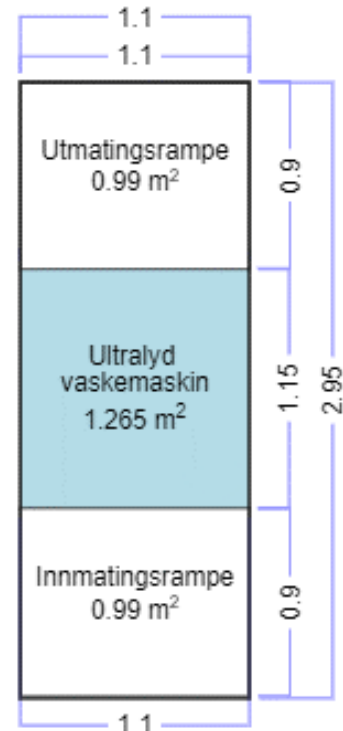
Figur 16: 3D-illustrasjon av cellen laget i FlexSim

3.2.6 Ultralydvaskemaskin

Cellen for ultralydvaskemaskinen er satt sammen av selve maskinen og områder for inn- og utlasting. Rampene for inn- og utlasting er basert på størrelsen på vaskeinnsatsene.

Lengden på vaskeinnsatsene er 0.82m, så rampene er blitt dimensjonert til 0.9m. Bredden på 1.1m passer overens med størrelsen på ultralydvaskemaskinen, som er 1.1m x 1.15m. Målene på ultralydvaskemaskinen er hentet fra Steelco sin nettside basert på maskinparken til St. Olavs (Steelco group b, u.d.).

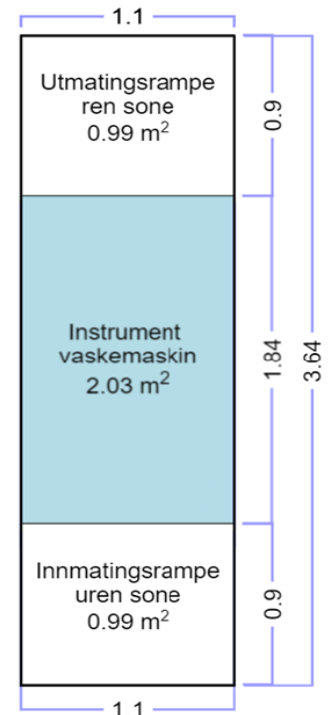
I denne cellen er det ikke tatt hensyn til at flere enn én vaskeinnsats kan vente om gangen. Dersom det er et ønske eller behov kan rampen utvides, eller en kan sette av plass til plassering av transporttraller klar til vasking i området rundt innmatingsrampen. Utmatingsrampen kan brukes som en del av et automatisk system som forflytter vaskeinnsatsene videre til en vaskemaskin. Det vil si at utmatingsrampen ikke nødvendigvis vil være festet til ultralydvaskemaskinen, men kan være en selvstendig del som forflytter seg mellom køsystemet til vaskemaskinene og ultralyden. Uavhengig om en bruker automatiske systemer eller ikke må det være satt av plass tilsvarende illustrasjon i Figur 17.



Figur 17: Ultralydvaskemaskin

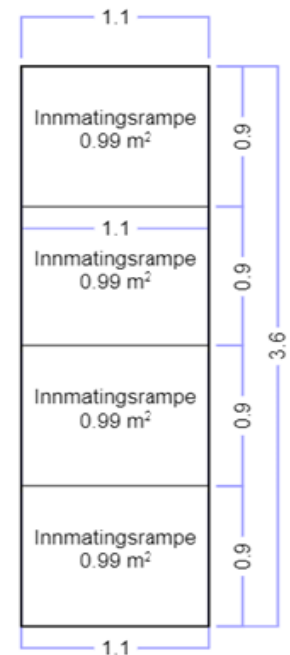
3.2.7 Instrumentvaskemaskin

Cellen for en instrumentvaskemaskin er relativt lik ultralydvaskemaskincellen. Den består av innmatingsrampe på uren sone og utmatingsrampe på ren sone. Selve vaskemaskinen står i veggen mellom sonene. Rampene på begge sider måler samme dimensjoner som for ultralydmaskinen, altså 1.1m x 0.9m. Tall fra Sykehusbygg gir et areal per instrumentvaskemaskin på 4 m², dette er inkludert inn- og utlasting for én maskin, se Vedlegg C. Som illustrert har instrumentvaskemaskinen mål på 1.1m x 1.84m, med et totalt areal på 2.03m². Det er tatt utgangspunkt i vaskemaskiner med to kammer, ett for vasking og ett for tørking. Slike instrumentvaskemaskiner installeres på St. Olavs, og er den mest relevante løsningen for bygging av nye sterilsentraler, se Figur 18.



Figur 18: Arbeidscelle for instrumentvaskemaskin

I tillegg til cellen for selve instrumentvaskemaskinen har studentene satt inn en celle for et køsystem, se Figur 19. Denne løsningen er satt sammen av fire innmatingsramper, og bruker et automatisk rullebånd for å forflytte vaskeinnsatser fremover etter hvert som det blir ledig plass. Dersom sterilsentralen bruker et automatisk innmatingssystem trengs kun én kø. Da vil den innerste rampen fungere som innmater og bevege seg automatisk mellom køen og vaskemaskinene, se Bilde 19. Hvis innmatingen gjøres manuelt, trengs det eget køsystem for hver enkelt instrumentvaskemaskin. Arealet må tilsvare plass for 1-3 transporttraller avhengig av behov. Denne oppgaven baserer seg på det automatiske systemet.



Figur 19: Illustrasjon av innmatingsrampe

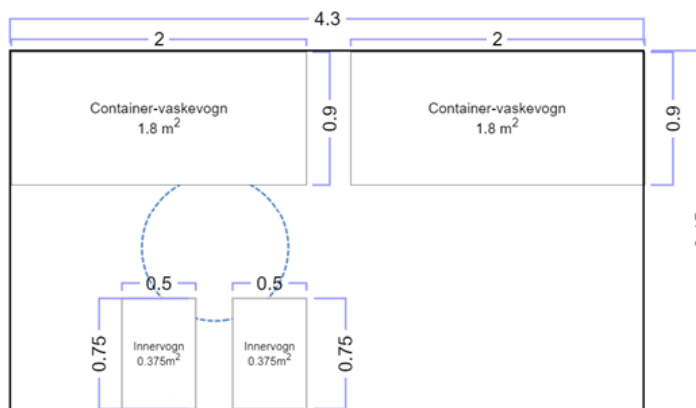


Bilde 19: Bilde av en automatisk innmater, som forflytter seg sideveis mellom køen og vaskemaskinene (Steelco group a, u.d.).

3.2.8 Område for opplasting av containere på vaskevogn

På uren sone lastes tomme containere på en containervaskevogn for vasking.

Containervaskevognen måler 2m x 0.9m og er målt på sterilsentralen på St. Olavs hospital av studentene, se Figur 20. Ifølge SINTEF kreves det en bredde på 1-1.2m (SINTEF Byggforsk, 2017) for at en vanlig person skal kunne bøye seg ned, hente ut og legge fra seg elementer, se illustrasjoner i Figur 21. Diameter på 1m i bevegelsesrekkevidde er brukt for å sikre god plass til korrekt, helsemessig utførelse av løftet. I tillegg til arealet for en containervaskevogn på 1.8m² er det satt av plass til to innervogner på 0.375m². Cellen er arealberegnet for to containervaskevogner. Det vil i noen tilfeller være mer hensiktsmessig å redusere antallet til én container-vaskevogn, dette spesielt ved mindre sykehus hvor etterspørselen på sterilsentralen er lavere.



Figur 20: Område for opplasting til containervaskevogn

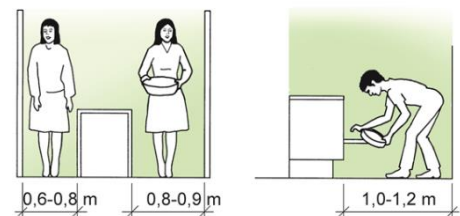
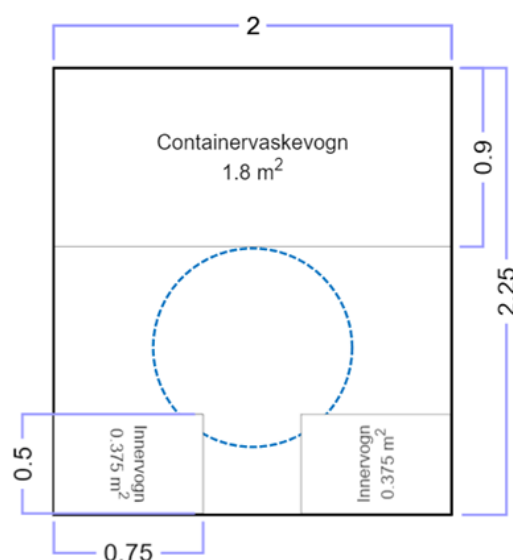


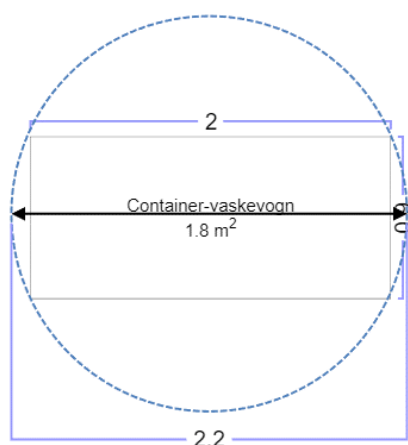
Fig. 22 c
Gjennomsnittlige rekkevidder for voksne

Figur 21: Gjennomsnittlig rekkevidde fra SINTEF (SINTEF Byggforsk, 2017).

Det er hensiktsmessig at innervognene er innenfor bevegelsesrekkevidde til personen som utfører løftet. Studentene har valgt å sette av areal til to innervogner for å sikre effektiv flyt på arbeidsoperasjonen og redusere behovet for forflytning mellom stasjonene. Antall innervogner kan justeres etter behovet hos hvert enkelt sykehus. Plasseringen av innervognene i forhold til containervaskevognen er ikke fastsatt siden innervognene vil flyttes rundt etter behov. Det minimale arealet for en slik celle innebærer å redusere fra to til én containervaskevogn samt å snu innervognene med 90 grader, som illustrert i Figur 22. Dette gir en bredde på 2m og lengde på 2.25m som utgjør et areal på 4.4m^2 . Denne endringen vil kreve lagringsplass for én containervaskevogn et annet sted på sonen. Dette er et minimumsareal og siden en slik celle krever manøvrering av containervaskevognen vil det derfor være nødvendig med god plass til bevegelse. Et eksempel på bevegelse av vognen er illustrert i Figur 23. Ved å utforme cellen med to containervaskevogner øker en kapasiteten på cellen, og en slipper ekstra lagringsplass for en containervaskevogn en annen plass på sterilsentralen.



Figur 22: Minimalt areal for cellen



Figur 23: Svingradius til en containervaskevogn

Vognvaskemaskinen er designet som en egen celle, se Figur 24, på 3m x 1.33m, som gir et areal på 4m² (Vedlegg C). Dette er en celle som ikke vil endre i størrelse, og som vil finnes på enhver sterilsentral. Vognvaskemaskinen er en egen celle for at det skal være enkelt å gange opp antall maskiner etter behov på den respektive sterilsentralen. Vaskemaskinen står i veggen mellom uren og ren sone og vises i Figur 24.



Figur 24: Vognvaskemaskin

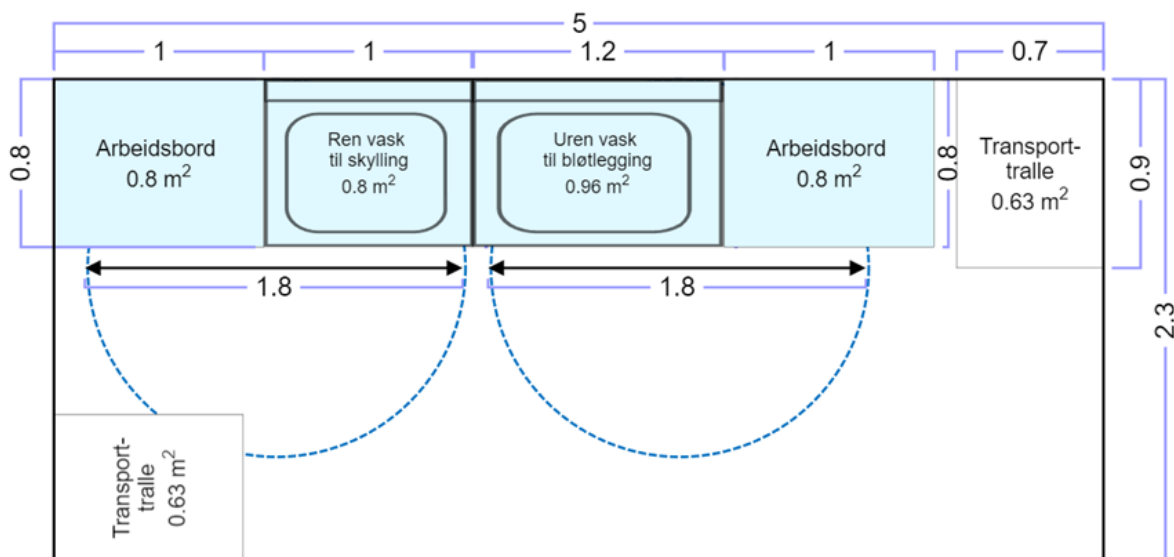
Denne cellen preges mye av manuelle løft og manuell forflytning av vogner. Arbeidsprosessene en ansatt gjør innad på denne cellen er å manuelt løfte tomme containere fra innervogner, og plassere de på containervaskevognen. Siden hver containervaskevogn har kapasitet til 27 store containere, kan en anta at tilsvarende antall løft gjennomføres for hver gang en containervaskevogn fylles, om ikke flere hvis det benyttes mindre containere. Disse ankommer på innervogner, så noe trafikk av vogner til og fra cellen må påberegnes. Når containervaskevognen er fylt opp, blir den manuelt forflyttet inn i vognvaskemaskinen. Alle innervogner og AGV-vogner som ankommer på uren sone blir også manuelt satt inn i vognvaskemaskinen.

3.2.9 Manuell vask

Cellen for manuell vask av instrumenter tar imot returnerte instrumenter fra kontrollposten på ren sone og andre instrumenter som har behov for manuell vask. Den er lokalisert på uren sone, men deles inn i en uren og en ren side. Studentgruppen har erfart at ulike løsninger for manuellvask kan implementeres. Slik det praktiseres på St. Olavs er det et eget område utformet med arbeidsbenk og to vaskekummer, en uren og en ren, hvor sterilteknikeren rengjør instrumentene manuelt. Et substitutt for slike vaskekummer er et BICARmed rengjøringssystem, hvor sterilteknikeren sitter på utsiden av et lukket kammer og rengjør instrumentene ved hjelp av bikarbonat og luft (Thune produkter b, u.d.). Begge løsninger benyttes for manuell rengjøring, og etter et ønske fra Berg vil denne oppgaven se på arealbruk ved begge alternativer.

3.2.9.1 Manuell vask med vaskekummer

Dette alternativet inneholder et sett med vaskekummer, samt tilhørende arbeidsbord. I illustrasjonen i Figur 25, er uren side til høyre i cellen. Vasken er dimensjonert med en bredde på 1m, hvor den totale basen til vasken blir 1.2m bred. Begrunnelse for bredden er at det skal være plass til å bløtlegge lengre instrumenter. Den rene vasken til venstre brukes til skylling av instrumenter og stiller ikke krav til samme bredde, vasken er derfor dimensjonert til 0.8m, som gir en base på 1m i bredden. Tilhørende arbeidsbord er dimensjonert til 1m x 0.8m. Arealet begrunnes med at det skal være plass til raster og utstyr på arbeidsbordene, men siden hoveddelen av arbeidet vil foregå i vaskekummen stilles det ikke like stort krav til lengden på arbeidsbordene. Ved behov for andre mål på vask eller arbeidsbenk kan dette enkelt justeres, og vil kun påvirke cellens bredde, ikke arealbehovet bakover. Det er tegnet inn plass til minst to transport-traller slik at en kan ha én ren og én uren tralle.

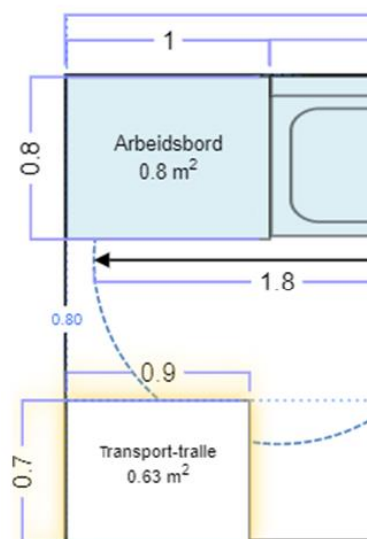


Figur 25: Manuell vask med vaskekummer

Transporttrallen til høyre i cellen, er tegnet inn som et eksempel på at en bør kunne plassere instrumenter i nærheten av arbeidsbordet, for å tilrettelegge for manuelt løft nært kroppen (Muther & Hales, 2015). Det kan også løses på andre måter, eksempelvis å kombinere denne plassen med retur-slusen fra ren sone, slik at arbeidsbordet fra retursonen får plass der det her er tegnet inn en transporttralle. Poenget er at det må avsettes et areal for instrumenter tilhørende minimum én vaskeinnsats.

Planløsningen innad i cellen er fleksibel, dette er kun et eksempel på oppsett, men alle elementene som er illustrert er nødvendige. Det krever et skille mellom uren og ren vask. I illustrasjonen er det 0.2m til rådighet, og det er dermed plass til en skillevegg. Ved en omorganisering av cellen kan dette skille gjøres større eller løses på en annen måte. Lengden på cellen ender på 5m, og en omorganisering kan gjøre lengden kortere.

Som illustrert i Figur 26 er avstanden mellom transporttrallen, markert i gult, og arbeidsbordet satt til 0.80m, for at det skal være nok rom til å snu seg rundt med rister og utstyr. Et annet alternativ er at det settes av plass til en transport-tralle på venstre side slik at alt av installasjoner ligger på én linje. Dette vil da øke cellen sin bredde med minst 0.7m.



Figur 26: Utklipp fra cellen, merk avstanden på 0.80m mellom arbeidsbord og transporttrallen.

Arealet bak arbeidsbordet trenger ikke å oppfylle 2.3m hele veien, men det bør ikke innskrenkes noe mer areal enn det som er satt som rekkevidde på 1.8m. Det vil være behov for lagringsplass av forbruksvarer til sterilteknikerne, både beskyttelsesutstyr og rengjøringsverktøy. Det er fordelaktig at slikt forbruksmateriell plasseres i direkte nærhet til eller i selve cellen. Her kan standard for liten oppbevaringshylle benyttes. Det resterende tomme arealet bak kan utnyttes for slik oppbevaring. Et åpent areal bakover gir mulighet for å bringe inn flere transport-traller ved behov, og gjør at arbeidscellen oppleves mer luftig, som er en fordel for de ansatte.

Tilknyttet manuell vask vil det også være behov for lagringsplass av kjemikalier og såpe. Oppbevaringshyllen på standard størrelse 0.75m² er tilstrekkelig, og kan enkelt oppskaleres ved behov. Det er ikke like viktig med direkte nærhet her som ved forbruksvarer, så lagringsplassen kan dermed plasseres relativt fritt.

3.2.9.2 Alternativet med BICARmed rengjøringssystem

Studentgruppen har fått presentert to ulike størrelser på BICARmed rengjøringssystem, og har valgt å ta utgangspunkt i den største modellen, på 0.8m x 2.1m, siden Thune produkter anbefaler den for bruk på større klinikker og sterilsentraler (Thune produkter b, u.d.). Ved bruk av den mindre modellen kan illustrasjonen nedskaleres tilsvarende.

Der BICARmed rengjøringsystem benyttes vil cellen utformes med likt oppsett, men det vil ikke være behov for arbeidsbord på hver side da dette er en del av selve maskinen.

Figur 27 viser dimensjonering av

arbeidscellen og i Bilde 20 illustreres et

BICARmed system. Det vil fortsatt være

behov for å kunne kjøre en transporttralle

inntil på uren side, på illustrasjonens høyre

side, men med samme argument som nevnt

tidligere kan denne substitueres med en annen

løsning. Eksempelvis en oppbevaringshylle der

ristene med utstyret kan plasseres før rengjøring. En standard oppbevaringshylle på 0.75 m^2

vil være tilstrekkelig. Det er også satt av plass til en transporttralle på ren side for å frakte bort

de rengjorte instrumentene. Betjening av BICARmed gjøres sittende og krever mindre

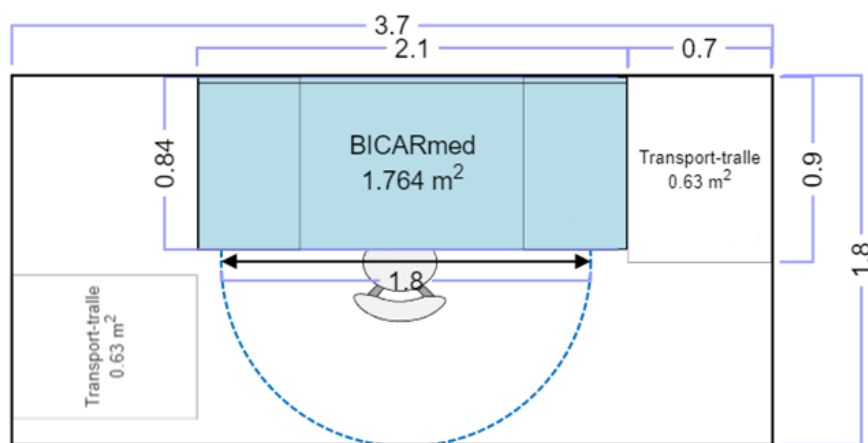
bevegelsesfrihet bakover. Cellen kan derfor avgrenses til satt rekkevidde på 1.8m. På grunn

av BICARmed sin virkemåte vil det heller ikke kreve at arbeiderne bruker noe ekstra

verneutstyr som ved vanlig manuellvask, så det vil være mindre behov for forbruksmateriale.



Bilde 20: Bilde av en ansatt som bruker et BICARmed rengjøringsystem (Thune produkter a, u.d.)

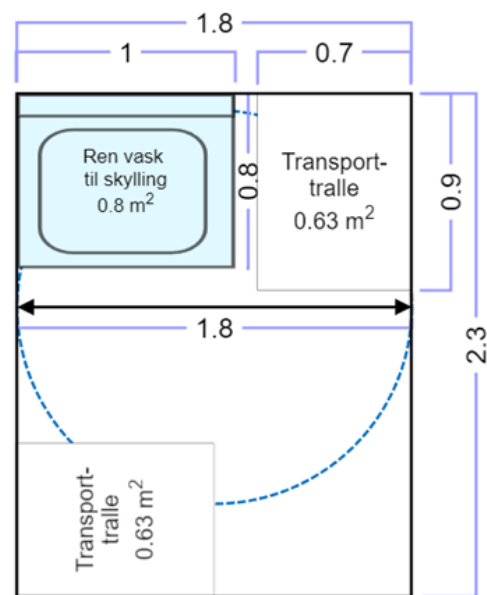


Figur 27: Manuell vaskecelle med BICARmed

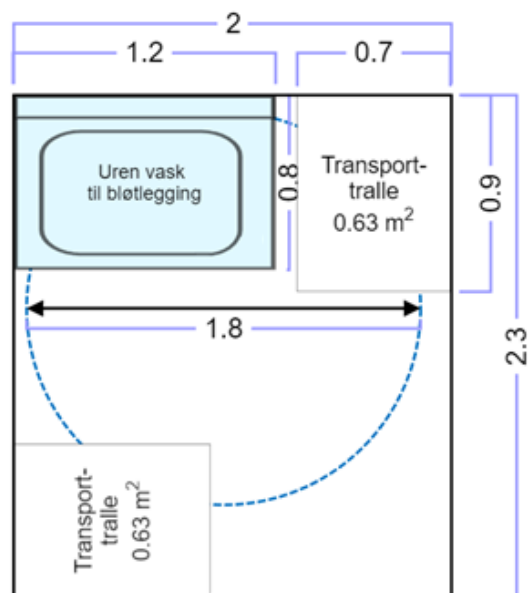
Ifølge Berg må det være mulighet til å bruke vaskekummer selv om en har et BICARmed rengjøringsystem. Det betyr at det fortsatt vil være behov for to vaskekummer, en uren for bløtlegging av utstyr og en ren for skylling. To ekstra celler er derfor laget, som vil være

nødvendig å ha i tillegg dersom et BICARmed benyttes. Størrelsen på vaskene er like som for manuell vask. I illustrasjonene er det tatt utgangspunkt i vaskekummen, med plass til en uren transporttralle på siden og en ren bak. Figur 28 og 29 viser henholdsvis ren og uren side. Siden hovedrengjøringen vil foregå i BICARmed-cellen er det ikke satt av et tilhørende arbeidsbord her, og transporttrallen vil fungere som arbeidsområdet. Hvis det er behov for et arbeidsbord er det plass til ett med bredde på 0.8m ved siden av vaskekummen, der transporttrallen er tegnet inn. Transporttrallen kan da plasseres bak, eller cellen kan utvides slik at det er plass til begge deler.

Suksessfaktorer for denne cellen, uavhengig om det benyttes et BICARmed eller ikke, er at det enkelt kan bringes instrumenter hit, og at den plasseres ved flyten av returinstrumenter fra kontrollsonen på ren sone. Benyttes alternativet med vaskekummer er det ledig areal under både arbeidsbord og vaskekummer, som kan redusere behovet for oppbevaringsskap tilknyttet cellen.



Figur 28: Ren vaskekum til skylling av instrumenter.



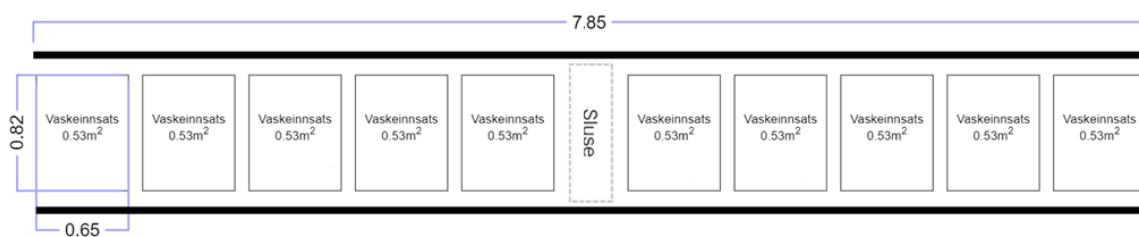
Figur 29: Uren vaskekum til bløtlegging av instrumenter.

3.2.10 Returbånd

Det kreves minst to sluser mellom uren og ren sone. Den ene er et returbånd av vaskeinnsatser, hvor tomme vaskeinnsatser blir sendt tilbake til uren sone. Returbåndet deles av en sluse som er et fysisk skille mellom sonene. Slusen sitter i veggen og kan åpnes og lukkes etter behov. Når det ikke foregår forflytning av vaskeinnsatser skal slusen være lukket for å unngå kontaminering fra uren til ren sone. På den måten overholdes også overtrykket fra ren til uren sone.

Cellen er designet for 10 vaskeinnsatser, her med 10 cm klaring, som ifølge Berg er minimum antall for å unngå opphopning. Båndet vil være designet for enkel forskyvning av vaskeinnsatser, for eksempel som et rullebånd. Se Figur 30 for oversikt over cellen. Ved behov kan denne cellen enkelt oppskaleres ved å legge til areal for en vaskeinnsats i tillegg til 10 cm klaring. Lengden på cellen vil avhenge av veggens tykkelse.

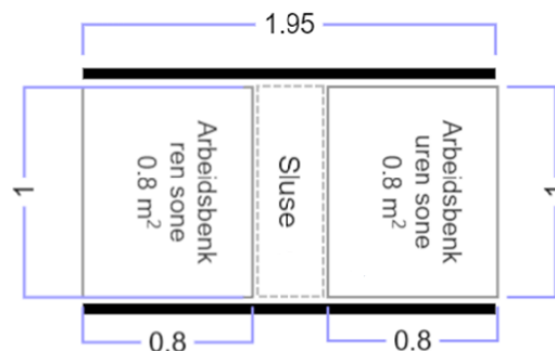
Manuelle løft ved denne cellen vil forgå ved av- og pålasting av vaskeinnsatser til og fra transporttrallene. De tomme vaskeinnsatsene blir manuelt forflyttet fra en transporttralle etter kontrollposten på ren side, og må manuelt forflyttes tilbake på en transporttralle på uren, før de tas i bruk igjen.



Figur 30: Returbånd mellom ren og uren sone

3.2.11 Sluser

I tillegg til returbåndet trengs det en egen sluse for retur av instrumenter som krever omvask. Slusen brukes også til kommunikasjon mellom ansatte på de to sonene. Arbeidscellen består av slusen som sitter i vegg mellom sonene, og en arbeidsbenk på hver side. Slusen har samme åpne- og lukkemekanisme som returbåndet. Arbeidsbenken brukes for oppbevaring og forflytning av returvask. Det er satt av arbeidsbenk på 1m x 0.8m for å sikre god plass til instrumenter. Illustrert celle måler 1.95m², se Figur 31, men vil avhenge av tykkelsen på vegg. Arealet deles likt mellom ren og uren sone.

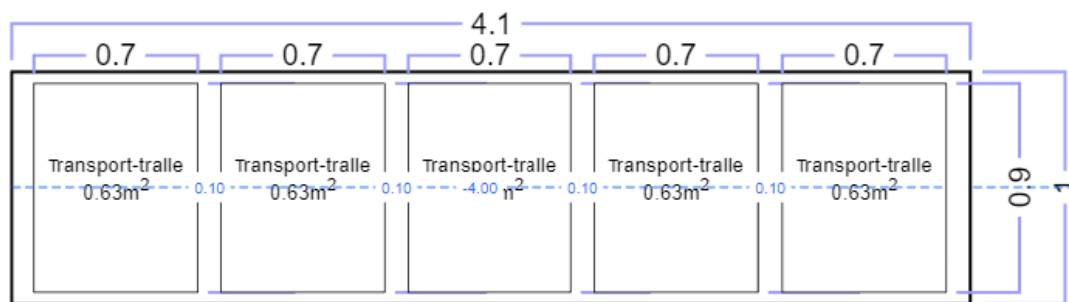


Figur 31: Sluse mellom ren og uren sone

3.2.12 Lagringsplass for transporttraller og vaskeinnsatser

Et prinsipp SLP-boken nevner er å legge til rette for lagringsplass av enheter når de ikke er i bruk (Muther & Hales, 2015), og derfor bør et dedikert område for lagring av transporttraller og vaskeinnsatser etableres. Trallene er lite fleksible og kan ikke stables, så én vaskeinnsats er plassert på hver transporttralle. Illustrert celle inneholder fem traller og en klarering på 10cm mellom hver tralle. I likhet med cellen for lagring av innervogner kan også denne enkelt ganges opp etter det enkelte sykehusets behov. Lagringsplass av fem transporttraller krever et areal på 4.1m^2 . Se Figur 32 for plantegning av cellen.

Manuelt arbeid i denne cellen innebærer forflytning av transporttraller fra returbåndet og bort til oppstillingsplass for lagring. Siden løftet av vaskeinnsats er definert under returbånd-cellen er det kun forflytning av transporttrallen og vaskeinnsatsen som én enhet som er aktuelt her.



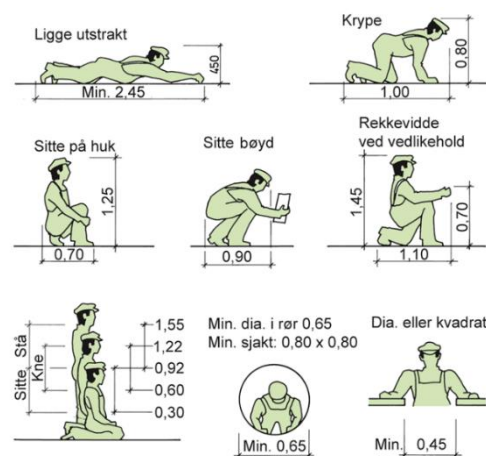
Figur 32: Lagringsplass for transporttraller og vaskeinnsatser

3.2.13 Oppbevaring av forbruksvarer

På sterilsentralen er det behov for oppbevaring på de ulike sonene. Dette vil være oppbevaring av flere produkter, slik som rene containere, rister og forbruksvarer. For å sikre god og oversiktlig oppbevaring bør standard hylle på 0.75m^2 benyttes. Denne kan ganges opp etter behov. Oppbevaringscellen kan være en selvstående celle eller plasseres inn som en del av en annen arbeidscelle. Når oppbevaringscellen plasseres i kombinasjon med andre elementer er det viktig å huske på at minst én av langsidene skal være kontaktfri slik at det er lett å få tak i produkter.

3.2.14 Teknisk rom

Sterilsentralens hovedfunksjon er å sterilisere instrumenter og utstyr. For at dette er gjennomførbart kreves det blant annet ulike maskiner og et teknisk ventilasjonssystem med overtrykk fra steril til uren sone. Et teknisk rom med lett tilgjengelighet kreves for å raskt fikse feil og opprettholde pålitelighet. Størrelsen på det tekniske rommet vil variere ut ifra størrelsen og etterspørselen hos sterilsentralen. I denne oppgaven er det derfor ikke lagd en egen celle til teknisk rom. Det er likevel viktig å legge til rette



Figur 33: Passasjemål for kortvarig arbeid i trange rom (SINTEF Byggforsk, 2017)

for ved planleggingen av en ny sterilsentral. SINTEF har lagd en oversikt i Figur 33 over hvilke dimensjoner som kreves for å utføre kortvarig arbeid i trange rom, og studentene anbefaler at det tas hensyn til denne når det skal designes nye sterilsentraler. Det vil i mange tilfeller være mulig å slå sammen det tekniske for hele sterilsentralen på et felles rom, som vil være fordelaktig for å redusere tidsbruken reparatørene bruker på forflytning. Teknisk rom er lagt under uren sone fordi det krever mindre grad av renheten på utstyret for teknikerne.

3.3 Ren sone

Den andre sonen er ren sone. Her blir de rene instrumentene kontrollert, montert og pakket som klargjøring før de steriliseres i autoklaven.

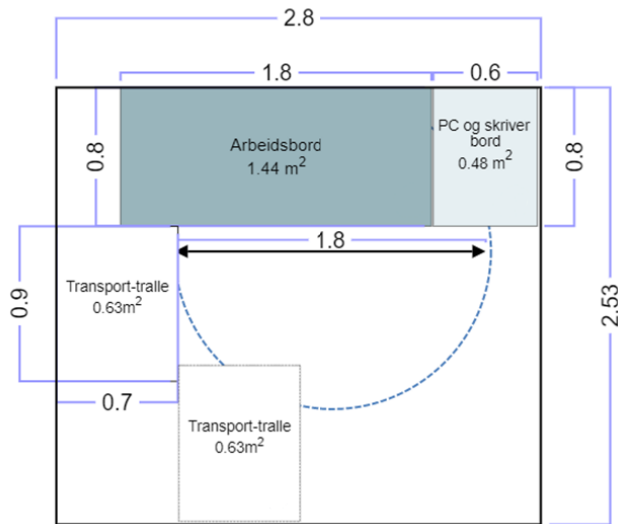
3.3.1 Utmating fra vaskemaskin

Utmatingsbåndet til en industrivaskemaskin er illustrert tidligere, under cellen for instrumentvaskemaskin, og måler 2m². Arealet inkluderer halve vaskemaskinen, siden den er plassert i veggen mellom sonene, og en rampe for én vaskeinnsats. Dersom det ikke benyttes et automatisk system, vil plassen tilsvare arealet for oppstilling av én transporttralle i tillegg til vaskemaskinen. Se avsnitt 3.2.7 *Instrumentvaskemaskin* for flere detaljer.

Manuelt arbeid tilknyttet denne cellen vil være forflytning av vaskeinnsatsen fra utmatingsbåndet over til en transporttralle, slik at transporttrallen og vaskeinnsatsen kan forflyttes som én enhet videre i prosessen.

3.3.2 Kontrollsone

Cellen for kontrollering av vaskede brikker består av ett arbeidsbord, et eget bord for PC og skriver, og plass til å ta med seg transporttraller helt opp til arbeidsbordet, som illustrert i Figur 34. Arbeidsbordet måler 1.8m x 0.8m som minstekrav for god plass til å utføre arbeidet. Et arkivsystem for brikke-oppfølgning må være lett tilgjengelig over bordet. Systemet må nåes ved arbeid foran bordet og bør fordelaktig plasseres i et hyllesystem. I Figur 35 er cellen illustrert i 3D for å tydeligere vise romfølelse.



Figur 34: Arbeidscelle for kontrollsone



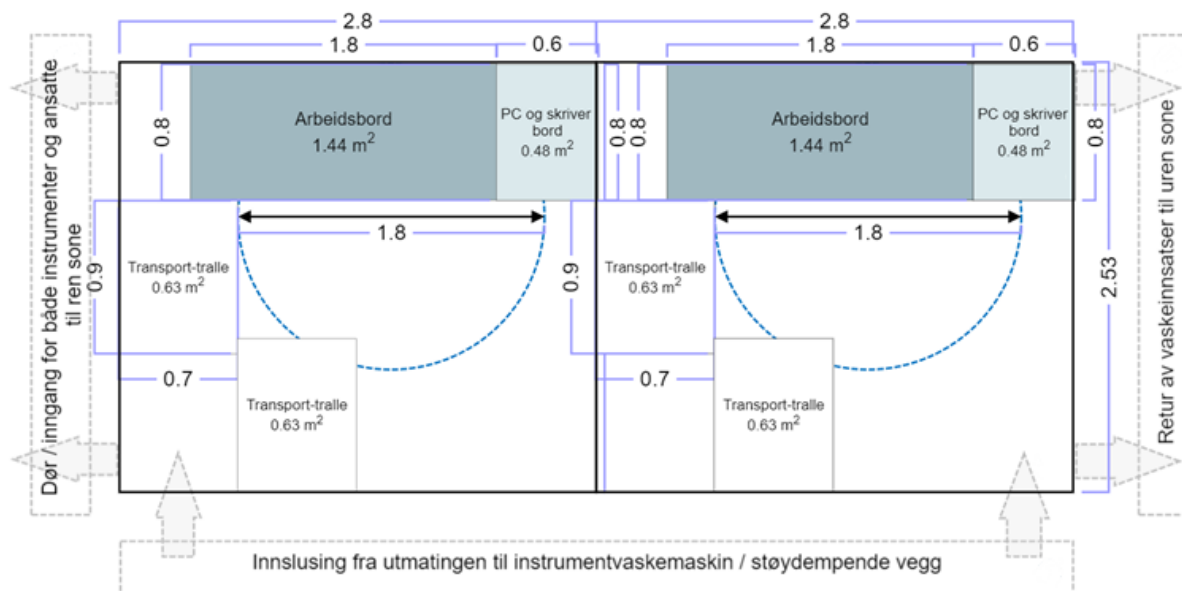
Figur 35: 3D-illustrasjon av kontrollsone

Det vil være fordelaktig med eget bord til PC og skriver for administrativt arbeid som en del av sonen. Bordet plasseres direkte ved enden av arbeidsbordet for å minimere unødvendig forflytning. Størrelsen er basert på plass til tastatur og mus, hvor skriveren kan plasseres på en hylle under for å spare plass.

Bevegelsesrekkevidde på 1.80m er lagt til grunn ved planlegging av cellen. Den fulle dybden på 2.35m må ikke opprettholdes, men arbeider skal kunne bevege seg komfortabelt og enkelt flytte på traller innad i cellen.

Manuelt arbeid i denne cellen er knyttet til flytting av rister med instrumenter fra vaskeinnsatsen over til arbeidsbordet. Vaskeinnsatsen forflyttes til returbåndet og når ristene med instrumenter er sjekket blir disse transportert bort på en transporttralle. Sterilteknikeren gjennomfører mange løft og vekten på risten vil variere ut ifra hvilke instrumenter hen håndterer. Arbeidsbordet må være utstyrt med en lufttrykkspistol som benyttes for å blåse instrumentene tørre.

Ifølge Berg vil det være behov for minst to, men gjerne flere, kontrollsone arbeidsceller. Nettopp fordi en tunellvaskemaskin produserer rent utstyr hvert 22.5 minutt (Vedlegg D), krever det høy nok kapasitet ved kontrollsonen til å kunne ta imot instrumentene som kommer fra instrumentvaskemaskinene. Figur 36 viser et eksempel på hvordan to celler kan settes sammen, samt hvor flyten av instrumenter og vaskeinnsatser går.

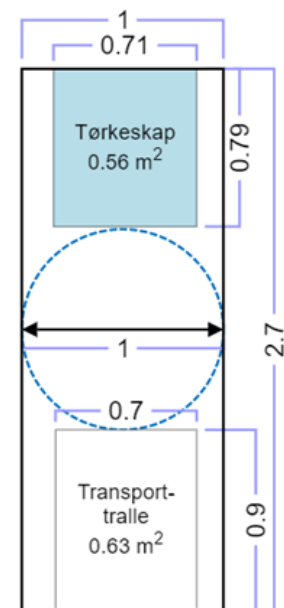


Figur 36: Eksempel på hvordan to celler kan settes sammen.

Det er flere elementer det må tas hensyn til ved plassering og utforming av cellen. Flyten av instrumentene gjør at cellen bør plasseres mellom instrumentvaskemaskinen og arbeidsbordene på ren sone. Direkte nærhet til returbåndet for vaskeinnsatser er også viktig for en god flyt. På grunn av støy fra lufttrykkspistolene som benyttes, er det viktig at kontrollsonen skjermes fra arbeidsstasjonene på ren sone som krever konsentrasjon. Det har også blitt ytret et ønske om at cellen skjermes fra støyen som kommer fra instrumentvaskemaskinene. De ansatte i kontrollsonen må bruke hørselsvern grunnet støy både fra vaskemaskinen og lufttrykkspistolen store deler av dagen. Det ble beskrevet av ansatte ved sterilsentralen på St. Olavs som både ubehagelig og upraktisk. Det vil derfor være fordelaktig at cellen kapsles inn, med slusesystem for vaskeinnsatser fra instrumentvaskemaskinene, slik at den skjermes fra støy fra maskinene. Tørkeskapene må da stå plassert på en slik måte at de er lett tilgjengelig for de ansatte. Ansatte kan dermed regulere bruken av hørselsvern til kun under bruk av lufttrykkspistolen. Suksessfaktorene for cellen er lokasjon i sterilsentralen og mulighet for skjerming av støy.

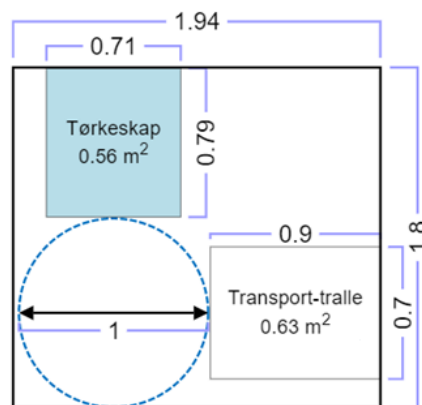
3.3.3 Tørkeskap

Tørkeskapet brukes for å tørke instrumenter som ikke har blitt tørre etter vasking eller kontrollsonen. Direkte nærhet til både kontrollsonen og instrumentvaskemaskin bør derfor vektlegges. Arbeidscellen består av et tørkeskap, plass til én transporttralle og bevegelsesrom for ett menneske. Det er tatt utgangspunkt i et *ID 300 Instrument Drying Cabinett* fra Steelco group, med dimensjoner på 0.71m x 0.787m, basert på den nye maskinparken til St. Olavs (Steelco group c, u.d.). Det er illustrert to alternativer til oppsett, der forskjellen på cellene er plasseringen av transporttrallen i forhold til tørkeskapet. Ved alternativet illustrert i Figur 38 på 3.49m² er det fritt areal i høyre hjørne som kan tilsvare plass til et ekstra tørkeskap. I Figur 37, med areal på 2.7m², er det ikke noe fritt areal. Begge cellene kan oppskaleres etter behov. Cellene er dimensjonert med en bevegelsesrekkevidde for den ansatte på 1m, da dette er anbefalt rekkevidde ved løft (SINTEF Byggforsk, 2017).



Figur 37: Celle for tørkeskap med areal 2.7m²

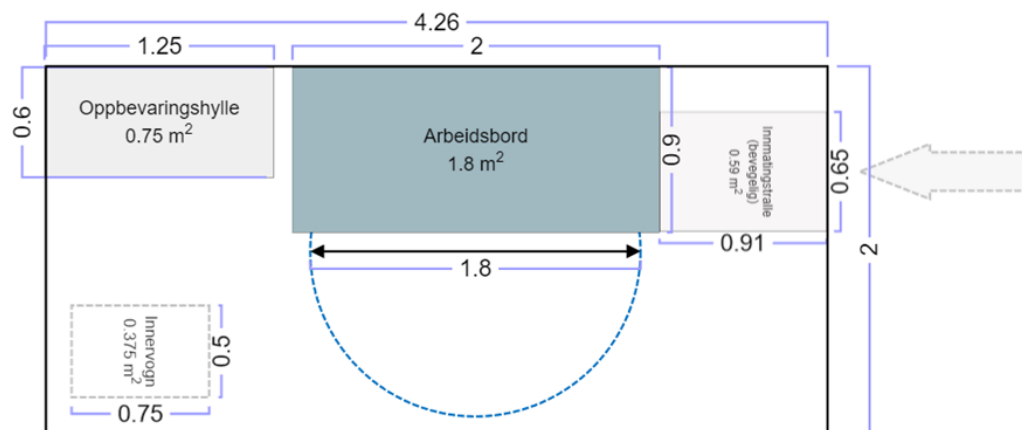
Utformingen av cellen kan gjennomføres på andre måter enn illustrert, men det er viktig at det settes av plass til en transporttralle i nærheten av skapet, grunnet at alle instrumentene som plasseres i tørkeskapet blir forflyttet manuelt av de ansatte.



Figur 38: Celle for tørkeskap med areal på 3.492m²

3.3.4 Monterings- og pakkebord

Det rene utstyret monteres og fordeles i containere på ren side. Denne arbeidscellen krever et stort arbeidsbord, fordi både instrumenter og containere skal ha plass. Illustrert arbeidsbord har et areal på 1.8m^2 , med en lengde på 2m. Et arbeidsbord med lengde mellom 1.8m og 2m er beskrevet som optimalt av driftskoordinator på St. Olavs, og oppgaven har tatt utgangspunkt i det største alternativet. Borddybden vil være 0.9m slik at det er plass til flere rister i dybden. Størrelsen på bordet er en suksessfaktor for at de ansatte skal ha plass til å montere og plassere instrumentene på korrekt måte i containeren.



Figur 39: Arbeidscelle for montering og pakking

En oppbevaringshylle er plassert ved siden av bordet og brukes til oppbevaring av rister og annet utstyr. Hyllen må ikke stå innesperret og i kortest mulig avstand til arbeidsbordet for å unngå unødvendig forflytning. Innervognen til venstre i Figur 39 er tegnet med stiplet linje for å indikere at det er mulig å ha én eller to innervogner med tomme containere. Disse bør med fordel plasseres innenfor arbeiderens rekkevidde. Cellen består av en god del manuelt arbeid og mange repetitive løft av instrumenter og rister. Det tyngste vil være forflytningen av fulle containere til innmatingstraller. Arbeidet utføres sittende og bevegelsesarealet bakover behøver derfor ikke å være så stort, men passering må være mulig uten forstyrrelser.

Når containere er fylt skal disse flyttes over på en innmatingstralle som transporteres til autoklaven. Innmatingstrallen oppgaven har tatt utgangspunkt i er fra Matachana group og har målene 0.65m x 0.91m (Matachana group a, u.d.). Den beste løsningen er å kunne kjøre innmatingstrallen helt inntil bordet på kortsiden. Dette gjør at det må settes av plass til en innmatingstralle på langs, og område bak den må være fritt. I arealet som er satt av til innmatingstrallen er det plass til en transporttralle.

Layouten innad i cellen er fleksibel, men bør inneholde gitte elementer. Fleksibiliteten til å ha flere vogner i nærhet til arbeidsbordet bør opprettholdes. Det er lagt inn en klaring på 10cm mellom oppbevaringshyllen og bord da det ikke er realistisk at de settes helt inntil hverandre. Mellom bord og innmatingstralle er det ikke lagt inn noe buffer, da innmatingstrallen må stå helt inntil bordet for at de ansatte skal kunne skyve containere over, og fordi det legges opp til at det må være et fritt bevegelsesareal bakover. Figur 40 viser en 3D-illustrasjon av cellen.



Figur 40: 3D-illustrasjon av pakkebordcellen

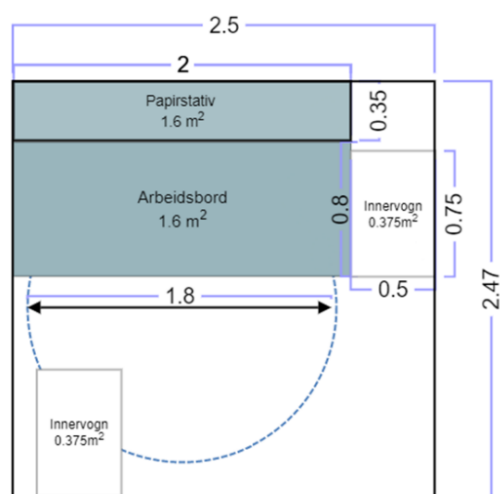
3.3.5 Administrativt bord

Den administrative cellen på ren sone er relativt lik cellen på uren, se Figur 13. Bordet brukes som felles oppbevaringsområde for PC, lister, batchlapper og etikettskriver, men bør i fremtiden organiseres med et digitalt system som forenkler prosessen. I tillegg til hovedcellen bør plass for arkivskap ved arbeidsbordet prioriteres.

3.3.6 Pakkebord for papiremballerte brikker

Brikker som ikke pakkes i containere blir pakket inn i et spesialpapir før autoklaving. Cellen trenger derfor et papirstativ, og ofte benyttes en løsning av papirstativ på bordet. Det kan da være andre mål enn illustrert i Figur 41.

Cellen er utformet med et bord på 2m x 0.80m. Begrunnelsen for bredden er at papiret skal få plass på bordet. Papirstativet holder samme bredde. Det er satt av areal for én innervogn ved siden av bordet, slik at sterilteknikeren lett kan forflytte utstyret. Cellen har en lengde på 2.5m som er

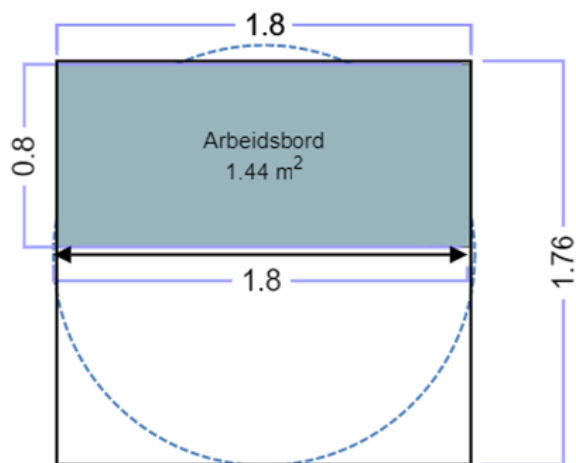


Figur 41: Pakkebord for papiremballerte brikker

nødvendig for optimal bevegelse innad i cellen. Bakover i cellen er det satt av rikelig med plass. Her kan ventende innervogner for pakking settes, men det kan også fungere som en buffer. Hvis andelen av papiremballerte brikker er høy vil det være nødvendig å sette av et kø-område for innervogner i nærheten av denne cellen. Standard oppbevaringshylle på 0.24m^2 bør plasseres enten i eller i direkte nærhet til cellen. Rekkevidden på 1.8m bør allikevel opprettholdes.

3.3.7 Sveising

Noen instrumenter pakkes enkeltvis i egne sveiselommer. Dette er en arbeidsprosess som foregår på en egen stasjon, se Figur 42. På arbeidsbordet skal det være plass til én sveisemaskin og pakking av instrumenter. Sveisemaskinen studentene har brukt som utgangspunkt er $0.70\text{m} \times 0.35\text{m}$, målt på St. Olavs. Det er derfor behov for et bord med lengde 1.80m og dybde 0.80m for å ha plass til alle arbeidsoppgavene som utføres. Cellen får et totalareal på 3.17m^2 . Det er inkludert en



Figur 42: Sveisebord

bevegelsessirkel med diameter på 1.8m slik at arbeideren får plass til å utføre oppgavene. Det er hensiktsmessig å beholde dette arealet for å sikre bevegelsesfrihet, sikkerhet og velferd hos arbeider på stasjonen, og ved passering av vogner (Tompkins, et al., 2010). Siden det er enkeltinstrumenter som prosesseres ved denne stasjonen er det ikke satt av ekstra plass til en innervogn eller transporttralle i cellen. Dette kan enkelt legges til ved behov og cellen kan plasseres der det er mest hensiktsmessig med tanke på flyten av instrumentene.

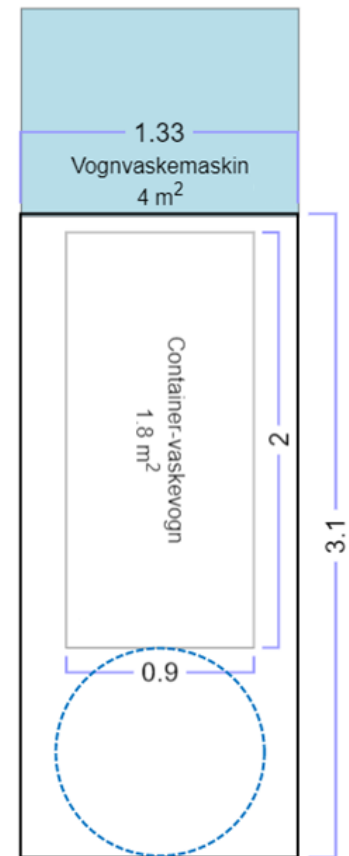
3.3.8 Utmating fra vognvaskemaskin

Flyten gjennom vognvaskemaskinen består i hovedsak av enhetene: innervogner, AGV-vogner og containervaskevogner. Valg av layout bestemmer om cellen tilhører ren eller steril sone. Området er ikke sterilt, men en ren gang (Berg, 2023). I illustrasjonen er det tatt utgangspunkt i den lengste enheten, som er en containervaskevogn. Området må derfor være minst 2m i lengde, i tillegg er det lagt inn bevegelsesområde på 1m for operatør. Det er også lagt inn en klaring på 0.10m mellom vogn og vaskemaskin. Dermed måler cellen $3.1\text{m} \times 1.33\text{m}$.

Cellen som illustrert i Figur 43 må være foran utgangen til hver vognvaskemaskin og ganges opp etter antall maskiner. Området foran vaskemaskinen kan være en ventesone, men bør frigjøres så fort som mulig slik at tømning av vognvaskemaskinen og retur av vogner ikke hindres. I tillegg til denne cellen må det beregnes inn midlertidig oppbevaringsplass for containervaskevogner.

Innervogner og AGV-vogner vil i hovedsak bli flyttet direkte videre til sine dedikerte lagringsområder. Containervaskevogner oppbevares i området rundt vognvaskemaskinen for avlastning av de rene containerne, før vognen returneres til uren sone.

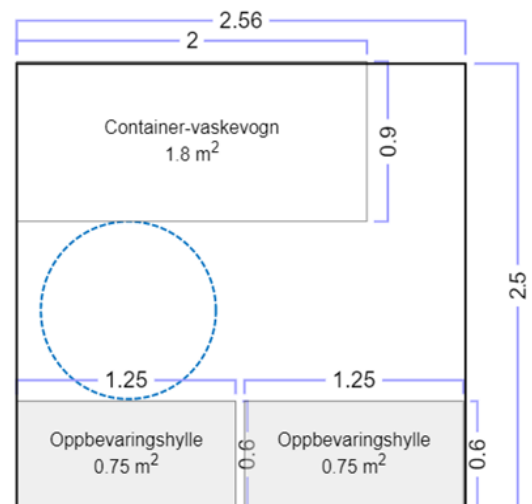
Vognene forflyttes manuelt av ansatte, og vekten på vognene vil variere avhengig av om de er tomme eller fulle. Cellen bør derfor plasseres slik at transportveien er åpen og enkel å manøvrere i, da vognene har redusert svingradius og kan være vanskelig å håndtere.



Figur 43: Utmåling fra vognvaskemaskin

3.3.9 Avlastning og sortering av rene containere

Figur 44 viser et arbeidsområde i tilknytning vognvaskemaskinen. Her settes containere sammen og plasseres i oppbevaringshyller. Slik det praktiseres på St. Olavs er hyllene sortert etter avdeling, hvor hver avdeling har én oppbevaringshylle og ortopedien har tre (Berg, 2023). De opplever at dette ikke er tilstrekkelig under peak i etterspørsel og har reserveløsning med å plassere containere i innervogner. Det er derfor viktig å sette av nok areal og oppskalere antall oppbevaringshyller etter behov. Andre løsninger for oppbevaring kan også implementeres.



Figur 44: Avlastning og sortering av rene containere

I denne cellen må operatør ha bevegelsesplass mellom hyller og containervaskevogn. En rekkevidde på 1m er satt for at operatør kan forflytte containere ved å kun snu seg rundt. Hver container løftes av containervaskevognen og plasseres i den respektive avdelingens oppbevaringshylle. Dette er derfor en celle med høy grad av manuelle løft og repetitive bevegelser.

3.3.10 Innmating til autoklave

For arbeidscellen med autoklavering er det tatt utgangspunkt i Matachana S1000 steam sterilizer-system. (Matachana group a, u.d.) Den består av en tunnelautoklave, ut-og innmatingsområder og inn- og utmatingstraller. Se illustrasjon i Figur 45. Cellen tar

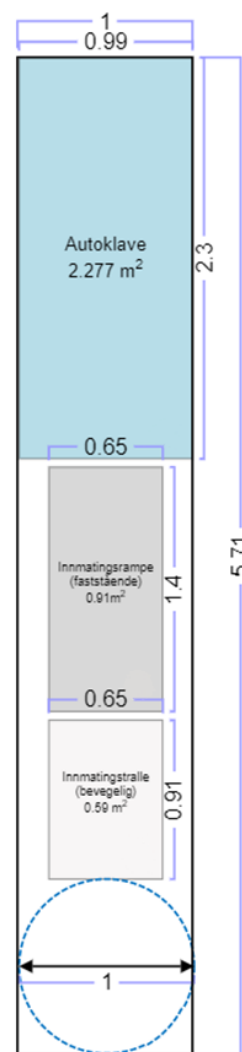


Figur 45: Inn- og utmatingssystem for autoklave (Matachana group b, u.d.).

for seg innmatingen til autoklaven fra ren sone, hvorav utmating på steril sone beskrives senere. Generelt er de to cellene ganske like. Se Figur 46 for oversikt over cellen.

Autoklaven måler 0.99m x 2.3m. Dette arealet vil deles likt mellom ren og steril sone siden autoklaven er plassert i veggen mellom sonene. Innmatingsrampen måler 0.65m x 1.4m og er et automatisk rullebånd som forsyner autoklaven med containere og kurver. Kurvene inneholder papiremballerte brikker og enkeltinstrumenter. Innmatingstrallen måler 0.65m x 0.91m og beveger seg mellom pakkebordene og autoklaven, se Figur 47. Dimensjonene er hentet fra produsenten Matachana sin nettside (Matachana group a, u.d.).

Ansatte laster ferdige containere direkte på innmatingstrallen og kjører den til rampen. Her vil de hektes sammen og containerne ruller over på innmatingsbåndet bakerst i køen. Med dette systemet sparer sterilsentralen penger ved å unngå å kjøpe innsatser for autoklaven (Matachana group b, u.d.), og de ansatte utfører færre løft siden trallen kan justeres etter høyde og er derfor optimal både for pakkebord og innmatingsrampe. En klarering på 5cm er lagt inn mellom rampe og transportvogn, men den forventes å sløyfes siden containerne skal skyves over.



Figur 46: Innmating til autoklave

Cellen inkluderer ikke areal for svingradius som oppstår ved bruk av disse transporttrallene. Det vil inkluderes i gangarealet for sterilsentralen som helhet. I tillegg kreves det oppbevaringsareal til innmatingstrallene når de ikke er i bruk (Muther & Hales, 2015). Ideelt bør hvert pakkebord ha egen innmatingstralle, og dette arealet kan dermed legges til cellen for monteringsbordene. Cellen for monterings- og pakkebord er illustrert med plass til én innmatingstralle på kortsiden av bordet. Siden lastingen av fulle containere til innmatingstrallen skjer ved monterings- og pakkebordene er det manuelle arbeidet kun knyttet til forflytningen av innmatingstrallen som en enhet, og skyving av containerne over på innmatingsbåndet. Cellen er dimensjonert for én autoklave, og vil derfor ganges opp i samsvar med antall autoklaver på sterilsentralen.



Figur 47: Eksempel på innmatingstralle

3.3.11 Oppbevaring av forbruksvarer

Hyller eller skap for oppbevaring av forbruksvarer på ren sone tar utgangspunkt i de satte standardene for oppbevaringshyller, se Figur 7. Ifølge Berg er skap mest hensiktsmessig for å få et renere overblikk og god oversikt over innholdet. Det er ikke et stort behov for forbruksvarer på ren sone, fordi det i stor grad brukes containere, men cellen kan enkelt ganges opp eller utformes større etter behov.

3.3.12 Oppbevaring av halvferdige brikker

Oppbevaring for brikker som mangler enkeltinstrumenter krever et hyllesystem hvor det er plass til hele containere. Instrumenter som er rengjort, men ikke pakket og sterilisert, har en holdbarhet på 24 timer før det må reprosesseres (Berg, 2023). Ifølge Berg vil lukkede skap øke holdbarheten, og er derfor en løsning som bør vurderes. Oppbevaringshyllen som er satt som standard, i Figur 7, på 0.75m² oppfyller dette kravet og kan enkelt endres til et skap.

3.4 Steril sone

Den siste sonen er steril sone. Instrumentene som håndteres her er ferdig sterilisert og klargjøres for videre distribusjon til avdelingene.

3.4.1 Utmating av autoklaven og nedkjølingsområde

For å unngå kondens når instrumentene tas ut av autoklaven er det viktig at de kjøles ned før de blir flyttet over på kaldere underlag. Kondens vil føre til at instrumentene ikke er sterile og prosessen må gjennomføres på nytt. Det er derfor nødvendig med et eget nedkjølingsområde bak autoklaven. Dette området er satt til 1m x 5.71m. Området inneholder avsatt areal til en utmatingstrampe, utmatingstralle, autoklaven og areal til en operatør, og vil være relativt likt cellen for innmating til autoklaven. Utmatingstrampen er fastmontert med en lengde på 1.4m. Utmatingstrallen har dimensjonene 0.65m x 0.91m og kan enkelt ganges opp etter antall vogner og behov. Dette arealet er bevegelig siden trallene kan flyttes på. Autoklaven er 0.99m x 2.3m og utgjør et areal på 2.277m².

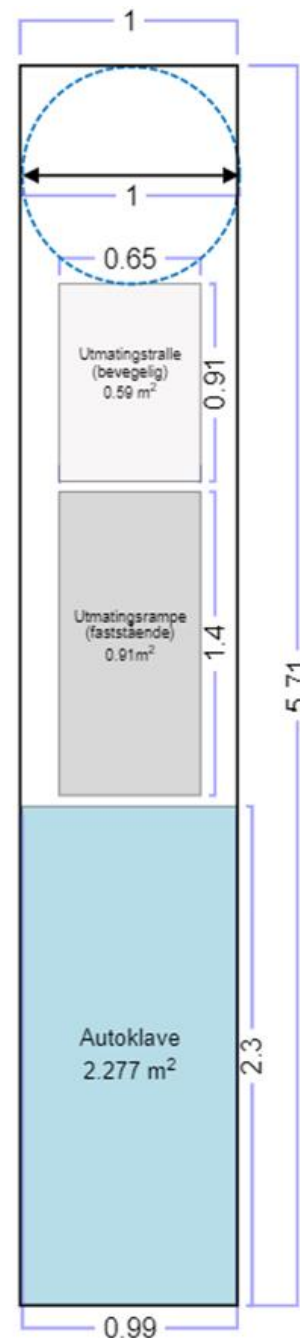
Sirkelen i Figur 48 viser et avsatt bevegelsesareal på 1m slik at en operatør har plass til å dra ut og flytte på utmatingstrallene, vist i Figur 49. Totalareal som trengs for cellen blir 5.71m².

Arealet for autoklaven vil deles likt mellom ren og steril sone.

I tilknytning til bevegelsessirkelen vil det være nødvendig med et areal slik at operatøren kan løfte sterile containere over på innervogner. Lasting av fulle containere er tungt manuelt arbeid og siden innervognen har hyller i forskjellige høyder vil også høyden på løftene variere.



Figur 49:
Utmatingstralle

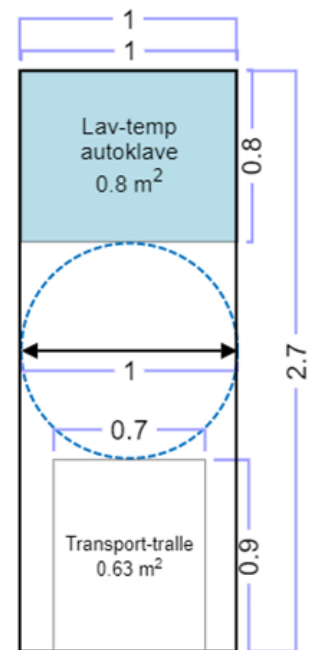


Figur 48: Utmating av autoklave og nedkjølingsområde.

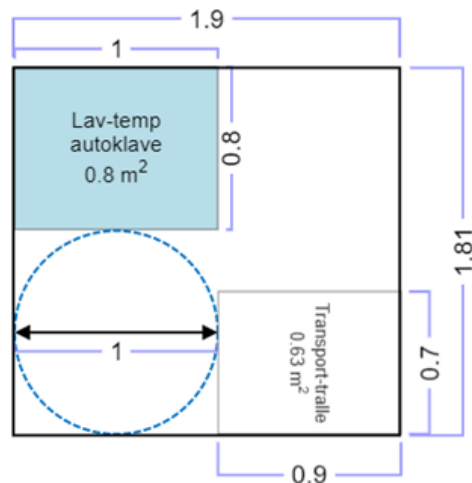
3.4.2 Lavtemperatur- autoklave

Instrumenter som ikke tåler høy temperatur ved sterilisering må steriliseres i en egen lavtemperatur-autoklave. Det vil kreve et areal for å kunne bringe instrumentene i direkte nærhet til autoklaven, med eksempelvis en transporttralle. Utforming av cellen er illustrert på to måter, som gir et ulikt sluttareal. Forskjellen er om transporttrallen bringes inn på siden eller i front av autoklaven. I begge cellene er det satt av en bevegelsessirkel på 1m i diameter for å sikre nødvendig plass under løft av utstyr inn og ut av autoklaven. Manuelt arbeid knyttet til denne cellen er løst av rister og enkeltinstrumenter.

Alternativet i Figur 50 er uten noe fritt areal. Alternativet i Figur 51 har et fritt areal på siden av autoklaven, hvor det eksempelvis kan plasseres en til lavtemperatur-autoklave. Begge alternativene kan ganges opp etter behov. Lavtemperatur-autoklaven er plassert under steril sone, men kan også stå på ren sone.



Figur 50: Alternativ 1 for lavtemperatur arbeidscelle



Figur 51: Alternativ 2 for lavtemperatur arbeidscelle

3.4.3 Opplasting AGV-vogn

Denne cellen er tilsvarende som i uren sone, og kan sees i detalj i 3.2.2 *Avlossing fra AGV-vogn*. Eneste forskjellen er at på steril sone bør det også settes av et areal for oppbevaring av sende-brikker til vognene. Sende-brikke er en identifikasjonsbrikke som forteller hvor AGV-vognen skal sendes. Disse kan fordelaktig plasseres på veggen i umiddelbar nærhet av opplastningsområdet.

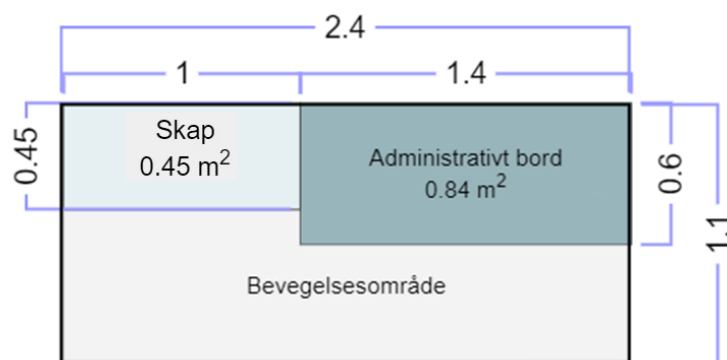
Manuelt arbeid i denne cellen knyttes til henting av AGV- og innervogner, samt oppstilling av disse. Når innervognene er lastet på en AGV-vogn må vognen som enhet manuelt dras til en AGV-utsendingsstasjon. Bilde 21 viser en AGV-vogn lastet med to fulle innervogner.



Bilde 21: En AGV-vogn med gods.
Foto: Privat, tatt på St. Olavs

3.4.4 Hjelpestasjon

Dette er en administrativ celle hvor det oppbevares permer og kataloger med rutiner og informasjon som skal være lett tilgjengelig for de ansatte på jobb. Cellen krever ikke et stort areal og kan fordelvis plasseres inntil en vegg slik at kataloger kan henges opp på veggen for lettere bruk. Det er satt av 0.5 m med bevegelsesareal bak bordet. Det kan legges opp til at det foregår transport bak cellen, nettopp fordi dette ikke er en fast arbeidsplass for de ansatte, og det er ingen som skal stå her over lengre tid. Figur 52 illustrerer arbeidscellen med satte dimensjoner.



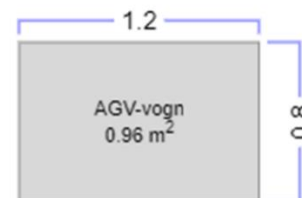
Figur 52: Hjelpestasjon

Hensikten med arbeidscellen er at det bør settes av et dedikert område til administrativt arbeid. Det kan sammenstilles med skap for oppbevaring av administrative forbruksvarer og desinfeksjon sprit. Lukkede skap gjør at oppbevaringen oppfattes ryddigere. Ved en

digitalisering av cellen, bør det settes av plass til PC istedenfor permer. Det er ingen nødvendighet at skapet plasseres i direkte nærhet til bordet. Dette kan plasseres etter ønske og tilgjengelig plass. Cellen er plassert på steril sone, med kan like gjerne plasseres på ren sone.

3.4.5 Lagring av vogner

Et dedikert område for lagring av AGV-vogner bør etableres på steril sone. Cellen illustrert i Figur 53 viser én AGV-vogn og kan ganges opp etter behov på hvert sykehus. Ved oversiktlig og tilgjengelig lagring av AGV-vogner unngås kaos på sterilsentralen og det gir bedre oversikt. Manuelt arbeid knyttet til denne cellen er forflytning og organisering av vognene.



Figur 53: AGV-vogn

Suksessfaktor ved denne cellen er at det tas høyde for at AGV-vognene ikke plasseres helt inntil hverandre, derfor bør det regnes med en buffer for avstand mellom vognene.

Lokalisering av cellen bør plasseres i flytveien til SSG, for å redusere unødvendig manuell forflytning av vognene.

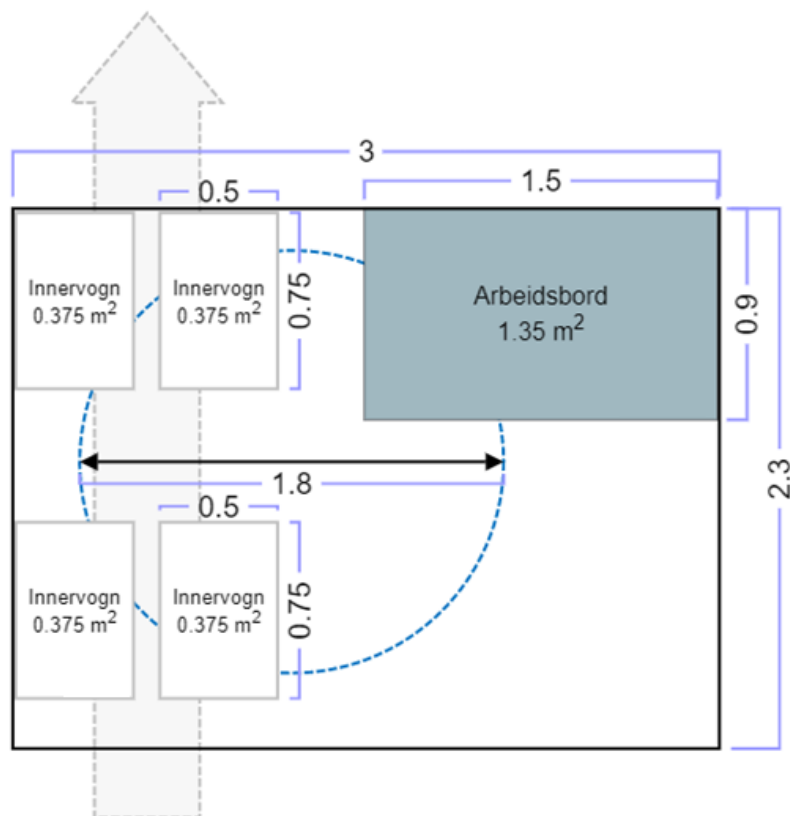
Steril sone må også ha plass for oppbevaring av rene, tomme innervogner. Cellen vil tilsvare Figur 12 på uren sone, og bør plasseres i nærheten av utmatingsområdet til autoklavene for enkel tilgang.

3.4.6 Midlertidig sterilt lager

Sterilsentralen på St. Olavs opererer etter MTO og benytter seg derfor av et meget begrenset sterilt lager. Noe lagring vil uansett alltid oppstå for containere som venter på å bli utkjørt til de respektive avdelingene. For et midlertidig lager vil standard størrelse for oppbevaringshyller bli tatt i bruk. Merking av hyllene er essensielt, og antallet vil variere etter behov. I tillegg til oppbevaringshyller må plass til lagring av fullstendige innervogner i samme område avsettes. De krever mer gulvareal, men er fleksible og kan lett flyttes.

3.4.7 Registrering og administrativt bord

Den administrative cellen er svært viktig på steril sone fordi alle vogner som skal ut av sterilsentralen skannes og registreres her. Denne prosessen kalles for frigjøring av gods (Berg, 2023). Plassering av cellen er viktig og bør ligge ved flytveien til SSG. Figur 54 viser cellen som inneholder et arbeidsbord, og viser flyten av innervogner forbi bordet. Arbeidsbordet måler 1.35m² og skal ha plass til PC, skriver, tastatur, skanner, etikettskriver og diverse dokumenter. Etter behov kan det økes i størrelse for å sikre god oversikt og enkel tilgang.



Figur 54: Registrering og administrativt bord

Flyten av innervogner er illustrert i cellen og tilsvarende areal bør settes av for å sikre fremkommelighet ut av sterilsentralen. Bevegelsesområdet bak arbeidsbordet bør opprettholdes for å unngå oppsamling av andre elementer i cellen. Ekstra arkivskap vil være vesentlig å sette av plass til. De er foreløpig ikke illustrert i cellen, men kan enkelt tilføyes etter behov. De følger standard for liten oppbevaringshylle, og bidrar til å holde cellen ryddig og oversiktlig.

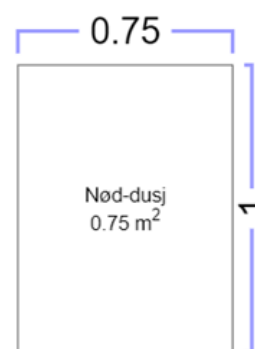
Avstanden mellom innervognene bør opprettholdes så operatør kan bevege seg mellom dem. Ved bevegelsesrekkevidde på 1.80m kan operatør nå vognene uten å måtte forflytte seg langt unna arbeidsbordet. Se Figur 55 for 3D-modell av cellen som viser plassen den ansatte beveger seg på.



Figur 55: 3D illustrasjon av arbeidscellen

3.4.8 Nød-dusj

Det er ulike grunner bak behovet for en nød-dusj, blant annet ved bruk av kjemikalier og håndtering av gods fra autoklaven som har høy temperatur. Dette område skal av sikkerhetsmessige årsaker være fritt til enhver tid. Det betyr at det ikke skal foregå transport gjennom cellen, og det skal heller ikke legges opp til lagring i cellen sitt område. Se Figur 56 for dimensjoner. Den bør også plasseres slik at den er lett tilgjengelig der risikoen for personskade er høyest, som eksempelvis ved utmatingssonen til autoklaven.



Figur 56: Nød-dusj

3.5 Andre områder

Når det skal planlegges for en ny sterilsentral er det hensiktsmessig å sette av areal til prosesser som inngår i sterilsentralen, men som ikke har direkte sammenheng med sterilisering av instrumentene. Disse arealene er ikke tatt med i oppgaven, men det vil her gis et kort grunnlag for valg av areal.

3.5.1 Kontor og opplæring

Arbeidstilsynets forvaltningspraksis vil godkjenne et kontorgulvareal på minst 6m² som forsvarlig (Arbeidstilsynet, u.d.). Dette arealet vil være tilstrekkelig for én kontorplass i åpent

kontorlandskap, felleskontor eller som ett enkeltkontor. Et opplæringsrom vil kreve større gulvareal da det er mer utstyr som skal ha plass i et slikt rom. Arealet som kreves til nødvendig utstyr må komme i tillegg til 6m². Opplæringsrommet vil variere i størrelse fra sterilsentral til sterilsentral avhengig av hva som skal læres opp. Ifølge Berg bør et opplæringsrom inneholde bord og et par PC-er slik at det er mulig med opplæring i gjeldene sporings- og datasystemer. Bordet bør være i en slik størrelse at det er plass til flere rundt, og med mulighet til å demontere og montere brikker. Utformes rommet med lerret og prosjektor, åpnes det opp for at rommet kan brukes til flere aktiviteter, som et møterom.

Ved utbygging av kontorer bør det også settes av plass for en arbeidscelle til merking av instrumenter. Cellen krever eget arbeidsbord fordi merking av instrumenter skjer via elektrolyttbehandling. Merking av instrumenter er en støttefunksjon på sterilsentralen, og vil ikke bli tatt hensyn til i rapportens arealberegning.

3.5.2 Endoskop

Endoskopene desinfiseres i egne godkjente endoskop-vaskedekontaminatorer og kan dermed ikke benytte de samme vaskemaskinene som andre instrumenter. Endoskopene er varmekfølsomme og må derfor steriliseres i egnede autoklaver, som lavtemperaturaautoklaver (Helse Midt-Norge, 2018). Det er anbefalt at endoskopene vaskes innen 3 timer etter bruk og det er et krav at de holdes fuktig fra bruk til sterilisering (BSG, 2020). Ansatte som jobber med å sterilisere endoskopene har høyere krav til sikkerhet og beskyttelsesutstyr grunnet andre type bakterier (Helse Midt-Norge, 2018). Det vil derfor være hensiktsmessig å ha dette på lukkede rom i umiddelbar nærhet til aktuelle avdelinger, eller som en egen sone på sterilsentralen. Oppgaven tar utgangspunkt i sterilsentralen på St. Olavs hospital hvor sterilisering av endoskopi er plassert på Gastrosenteret. Dette arealet er ikke tatt med videre i oppgaven, men kan regnes ut på tilsvarende måte som arbeidscellene.

3.5.3 Avemballering, ompakking og lagring av engangsutstyr

Det kreves en avemballering av ytteremballasjen før produkter kan bringes inn på sterilsentralen. Noen produkter vil også trenge ompakking for å opprettholde kravet til renhet. Det må derfor settes av et areal for prosessen, og avemballeringsslusen bør ha nærhet til lagerområdet til sterilsentralen.

Et lager for engangsutstyr vil være nødvendig på enkelte sterilsentraler. Dersom prosedyrevogner benyttes og det gjennomføres en samlasting av engangs- og flergangsutstyr

på steril sone, kreves det et større lager for engangsutstyr. Oppgaven vil ikke se nærmere på bruk av prosedyrevogner og et eventuelt areal det vil kreve.

3.5.4 Gangarealer og transportveier

Sterilsentralens transportveier er noe vanskelig å konkretisere siden nødvendig areal avhenger av antall og valgt sammensetning av cellene på sentralen. Generelt trengs det bevegelsesrom for ansatte til å forflytte seg imellom cellene både med og uten vogn. Behovet er størst ved forflytning av vogner, og må beregnes etter enheten som krever størst gangbredde. De største vognene forflyttes ikke over hele sonene på sterilsentralen, så behovet for gangbredde vil derfor variere etter flyten på vognene.

Gang- og transportveier skal være frie for elementer som skaper hindringer eller unødvendige retningsendringer for operatøren (Muther & Hales, 2015). Det må derfor planlegges ut fra svingradius til vognene for å sikre fri flyt. Ved automatisering av transport må det tas hensyn til robotenes bevegelsesspesifikasjoner, i tillegg til sonens største enhet. Ved å planlegge etter robotenes spesifikasjoner fra start av vil det forenkle en senere automatiseringsprosess.

For å enklest redegjøre for nødvendig areal til transport vil oppgaven bruke en brutto/netto-faktor. Siden et definitivt bruttoareal vil være krevende å estimere, velger studentene å sette en fast brutto/netto-faktor. Den settes til 1.7 basert på estimater fra Danske Regioner (Danske Regioner, u.d.). Tallet gjelder per avdeling, og i utregningen vil sterilsentralen fremgå som én samlet enhet.

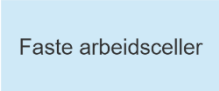
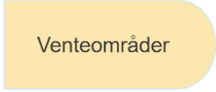
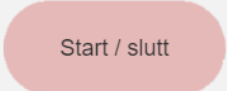
3.5.5 Pauserom

Alle ansatte i en bedrift har krav på personalrom som er hensiktsmessig plassert i forhold til arbeidsplass og tilgjengelig uten vesentlige hinder (Arbeidstilsynet, a). Ifølge Stephens bør pauserom ligge innenfor 150m fra arbeidsplassen, for at ansatte skal kunne bruke pausen til hvile istedenfor forflytning (Stephens, 2019). Siden sterilsentralen er delt i tre soner, med ulikt krav til renhet, kan ikke ansatte på de ulike sonene benytte samme pauserom uten omkledning. Det bør derfor legges til rette for et lite pauseareal på uren sone slik at de ansatte kan ta pause uten omkledning. Areal for pauserom er ikke tatt med i oppgaven da det ikke er en arbeidsprosess.

4.0 Prosesskartlegging

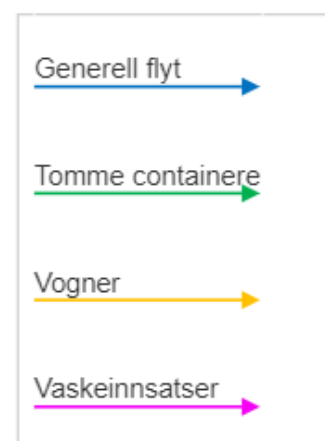
I utformingen av prosesskartet er det tatt utgangspunkt i standarden fra ANSI. Standarden består av en rekke grafiske symboler som representerer ulike operasjoner (Chapin, 1970). Det er gjort litt modifikasjoner som er illustrert og forklart i Tabell 6.

Tabell 6: Oversikt over symboler brukt i prosesskartet

	Maskiner	Representerer de forskjellige vaskemaskinene og autoklavene samt tørkeskap. Cellen med manuellvask er også lagt under da det er tatt utgangspunkt i bruk av BICARmed.
	Faste arbeidsceller	Representerer arbeidsceller som har en fast plass med arbeidsbord. Opp- og avlasting av AGV-vogner er også lagt under her fordi AGV-liften anses som en fast installasjon.
	Venteområder	Representerer områder hvor det oppstår venting av gods.
	Start / slutt	Representerer starten og slutten av prosessflyten
	Lagringsområder	Representer områder dedikert til lagring av vogner og traller
	Operasjoner & manuelt arbeid	Representerer områder hvor det gjennomføres mye manuelle løft og forflytning av gods
	Beslutning	Representerer steder i flyten der det tas et valg for flyten videre

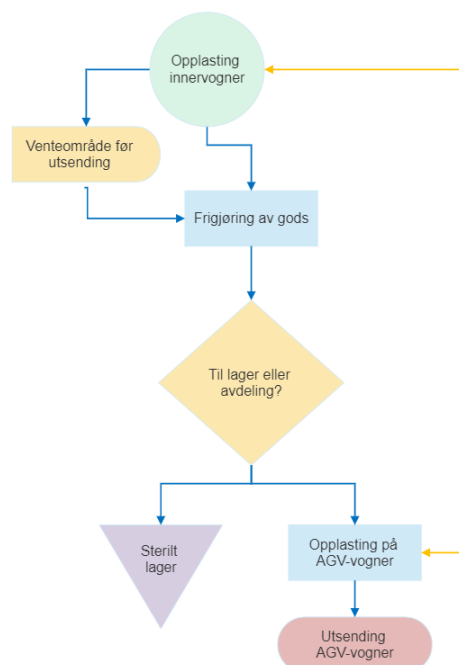
Prosessflyten på en sterilsentral er illustrert i Figur 59, og er basert på manuell håndtering og forflytning. Pilene representerer flyten av de ulike enhetene gjennom sterilsentralen. Det er tatt utgangspunkt i en generell flyt som er illustrert med blå farge. Den representerer i hovedsak hvordan instrumentene sammen med en annen enhet forflyttes, som gjelder for store deler av sterilsentralen.

Flyten til noen enheter er illustrert med egen farge for å fremheve hvordan disse beveger seg på sterilsentralen, se Figur 57. Tomme containere er illustrert med grønn pil. Containerne tømmes på arbeidsbordet på uren sone, følger flyten gjennom vognvaskemaskin og ender opp på monterings- og pakkebordet, før de fylles og blir en del av den generelle flyten. De gule pilene illustrerer hvordan vogner beveger seg. De representerer vogner lastet med tomme containere og hvordan vognene forflyttes mellom cellene uten last. Vogner og instrumenter som forflyttes som én enhet er lagt under blå pil. De lilla pilene representerer flyten av vaskeinnsatser, som er en egen sirkulær flyt mellom uren sone og kontrollsonen på ren sone.



Figur 57: Forklaring på piler.

Det er ikke tegnet inn flyt til et eventuelt sterilt lager på sterilsentralen, grunnet at denne prosesskartleggingen har tatt utgangspunkt i flyten hos St. Olavs som følger en MTO-produksjon. Flere sykehus i Norge praktiserer dette, som betyr at lageret ligger ute hos avdelingene og ikke på sterilsentralen. Hvis det skal planlegges for et sterilt lager på sterilsentralen vil det komme et valg etter «frigjøring av gods». Se Figur 58 for et eksempel.



Figur 58: Eksempel på prosessflyt til sterilt lager.

5.0 Excel-kalkulator

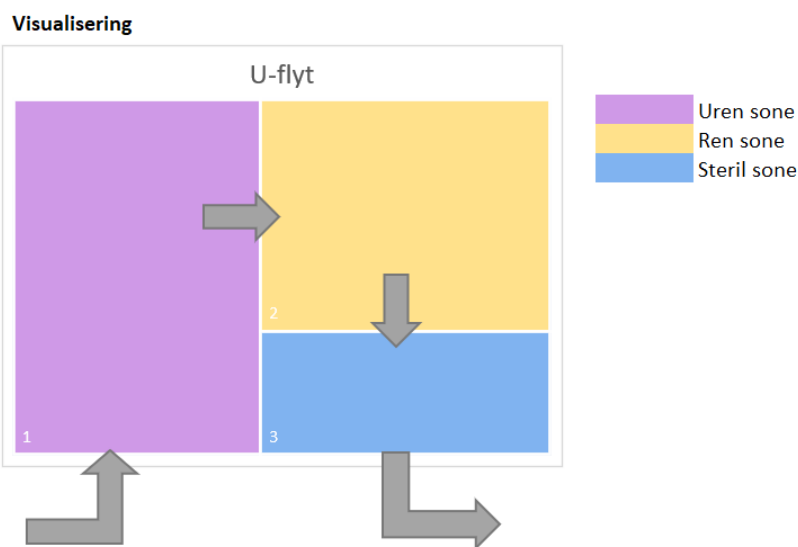
Excel-arket tar utgangspunkt i arealene til hver arbeidscelle som tidligere dimensjonert, og fungerer som en generisk kalkulator uavhengig av sykehus. Regnearket er brukervennlig uavhengig av bakgrunn og kunnskap, og viser til konkrete tall som kan brukes som beslutningsgrunnlag for planlegging av fremtidige sterilsentraler. Målet med utformingen av regnearket er å gi en tallbasert argumentasjon for nødvendige arealer på en sterilsentral. Enkelte tall er satt som faste størrelser, selv om de kan variere, for å ikke gjøre utregningen for komplisert. Disse tallene er basert på tall fra Sykehusbygg og St. Olavs hospital. I en videre utvikling av eksisterende regneark vil det være nyttig å se på bruken av flere variabler.

Regnearket fungerer som en kalkulator der alle faste størrelser ligger inne. Den er organisert etter sone, og deretter etter hver enkelt arbeidscelle innad på sonen. I tillegg er det lagt inn to standard størrelser for oppbevaring. Hver arbeidscelle står oppført med sitt tilhørende areal, som er argumentert for tidligere i oppgaven. Det er opp til bruker av regnearket å velge antall av hver celle, som skrives inn under oransje pil, se Figur 60. Regnearket vil deretter regne ut arealet for hver sone, samt det totale arealet for sterilsentralen. Dette gir sterilsentralens nettoareal. For å gi totalt arealbehov, inkludert transportveier, ganges nettoarealet med brutto/netto faktor på 1.7 som gir totalt bruttoareal.

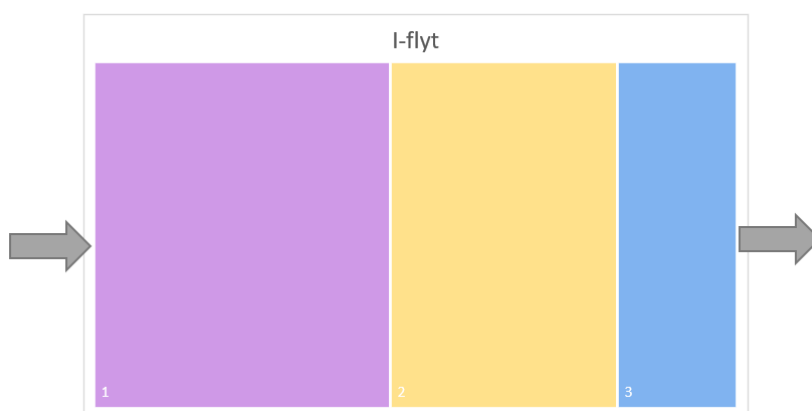
		Fyll inn		
				
Arbeidsceller:	Areal (m²)	Antall	Totalt areal (m²)	
Generelt				
Oppbevaring stor	0.75	3	2.25	
Oppbevaring liten	0.24		0	
			Totalt	2.25
Uren sone				
Håndvask	3.975	1	3.975	
Avlossing av AGV-vogner	5.81	1	5.81	
Køområde for innervogner, 10 stk	5.185	3	15.555	
Oppbevaring forbruksvarer	0.75	1	0.75	
Teknisk rom	2	1	2	Kan endres etter ønske
		Totalt		151.788

Figur 60: Utklipp fra Excel-regnearket

Visualiseringsdelen av siden er til for å gi bruker en enkel oversikt over arealet. Regnearket visualiserer arealet til sterilsentralen, med distinkte skiller mellom de ulike sonene, se Figur 61 og 62. Framstillingen er svært enkel, og viser det totale arealet for hver sone uten å vise hvordan de ulike arbeidscellene er satt sammen. Modellen visualiserer I-flyt og U-flyt, som er best egnet for en sterilsentral. Disse fremstillingene av nødvendig areal er kun enkle forslag basert på få faktorer, og er laget for å gi bruker en forståelse av størrelse og forholdet mellom de ulike sonene. Piler illustrerer flyten av det sterile godset gjennom sonene. Arealet for ekstra oppbevaring er ikke tatt med i visualiseringen, siden det vil fordeles på sonene, men er en del av det totale arealet. Se Vedlegg A for fullstendig Excel-kalkulator.



Figur 61: Visualisering av U-flyten på en sterilsentral i Excel.



Figur 62: Visualisering av I-flyt på en sterilsentral i Excel.

6.0 Diskusjon

6.1 Generelt

Per dags dato er det svært mange manuelle løft på sterilsentralen. Løftene går ut over ansattes rygg og generell velvære, selv med god løfteteknikk. For å redusere andelen løft må det i fremtidig planlegging av sterilsentraler prioriteres større grad av automatisering og robotisering. Løft og skyv av gods vil reduseres fordi en AGV kan automatisk skyve godset av og på selv. Automatiserte løsninger for transport vil frigjøre kapasiteten for de ansatte slik at fokuset deres kan være på arbeidet ved arbeidsbordet og ikke forflytning av godset. Det betyr at hver ansatt får unna flere brikker per dag, altså at kapasiteten per ansatt økes. På lengre sikt vil roboter kunne ta over enkelte arbeidsprosesser ved bordene også, men det krever mer standardisering og digitalisering av sykehusene. Sett fra et arealperspektiv vil roboter kreve mer åpne veier og sonene må designes etter hvordan roboten kan kjøre. Selv om det planlegges for mer automatiserte løsninger, vil likevel mange arbeidsprosesser gjøres manuelt. Flere løsninger med bruk av AGV på sterilsentralen er allerede igangsatt, blant annet i København hvor dette er en suksess. Ifølge Berg var det et sterkt ønske på St. Olavs å få inn mer automatiserte løsninger på uren og ren sone for å redusere andelen tunge løft (Berg, 2023). Studentgruppen er også enige at ved en delvis automatisering på en eksisterende sterilsentral bør uren og ren sone prioriteres.

For at AGV-er skal kunne hente gods plassert på bord kreves det en tilpasset utforming av arbeidsbordet. Endene av hvert bord bør utstyres med rullebånd slik at overføring av gods blir enklere. Dette vil komme som et ekstra areal ved bordet. Mange av arbeidscellene er tegnet inn med plass til en tralle på kortsiden av bordet, så dette arealet vil kunne erstattes av et slikt system. Se Bilde 22 for et arbeidsbord med rullebånd på siden, slik det er utformet på sterilsentralen i København.

Ved planlegging av sterilsentraler er ofte midler en begrensende faktor sammen med tilgjengelig areal. Dermed bygges mange sterilsentraler etter dagens produksjonsbehov uten store muligheter for utvidelse. Mange sykehus vil se lønnsomheten ved å legge til rette for utvidelse, både i antall maskiner eller ved automatisering, allerede i prosjekteringsfasen av nye



Bilde 22: Arbeidsbord, på Reginoal Sterilcentral Herlev, med rullebånd på kortsiden. Foto: Jørgen True (CF Møller, u.d.)

sterilsentraler. Fremtidig behov bør fremskrives etter beste evne, og sentralen planlegges deretter. Ved å legge til rette for utvidelse av for eksempel maskinpark allerede i planleggingsfasen, vil kostnadene og senere ombyggingsfaser som påvirker driften reduseres. Et eksempel på dette er at uren sone blir dimensjonert til syv instrumentvaskemaskiner, men det settes kun inn fem fra oppstart, fordi fem dekker kapasitetsbehovet. Når produksjonsnivået øker etter noen år og det er mulighet for investering i nye maskiner, vil prosessen med å sette inn opptil to vaskemaskiner være enklere da sterilsentralen allerede er dimensjonert for dette.

Noen arbeidsceller ser trange ut på plantegningene, men tanken bak dimensjoneringen er at sterilteknikeren skal kunne nå alt fra arbeidsposisjonen sin. Det betyr ikke at det skal stå både innervogner og transporttraller i cellene til enhver tid, men det skal være mulig å ha de der. I realiteten vil vogner som er tømt flyttes unna eller stilles opp på en annen måte enn illustrert i oppgaven. Det legges opp til at det er gangareal mellom noen sider av cellene, slik at området ikke vil føles trangt. Gulvarealet i cellene er dermed det arealet den ansatte disponerer under arbeidsprosessen.

I illustrasjonene er det ikke tatt høyde for rom til elektrisk og teknisk tilkobling som strøm eller avløp. Det kan derfor antas at arbeidsceller som inneholder tekniske komponenter som vaskemaskiner og autoklaver vil kreve litt ekstra areal enn illustrert.

Som ansatt på sterilsentralen innebærer det en arbeidshverdag med mye støy. Å bli utsatt for støy store deler av dagen sliter på de ansatte. Under både intervju og befaring fortalte de ansatte at de blir vant til å arbeide under støy og ikke legger så mye merke til lyden mens de arbeider. Det er først når de skifter sone eller er ferdige for dagen at de legger merke til at det er godt at bakgrunnsstøyen forsvinner. Selv om de ansatte sier de blir vant til det, bør støyen minimeres til kun det nødvendige.

Det er et stort behov for oppbevaringshyller inne på sterilsentralen. Ved å legge til rette og sette av nok areal til oppbevaring unngår en midlertidig opphopning og rot av utstyr. Skap bør benyttes til fordel for hyller der det er mulig, slik at rot som samler seg i hyllene blir gjemt bak skapdørene og totalt sett gir det et renere uttrykk. Lukkede skap vil også være lettere å rengjøre. Spesielt bør oppbevaringen under vaskekummene for manuell vask være i lukkede skap og skuffer, fordi rengjøringsprosessen etterlater mye søl.

Større fokus på digitalisering og bedre utnyttelse av digitale systemer bør være i fokus. Steril forsyning bruker T-DOC som digital plattform for sitt arbeid. Likevel brukes det hver dag

mye papirer i steriliseringsprosessene. Det bør være mulig å utnytte T-DOC for å samle all nødvendig informasjon digitalt. Da vil også sterilsentralen spare plass ved å fjerne arkivsystemer for papirer og permer. For eksempel kan bruk av touch-skjermer gjøre det enklere for ansatte å gå gjennom brikkelisten digitalt. Et heldigitalt system vil også føre til bedre sporing av utstyr.

Registrering av både hele brikker og enkeltinstrumenter bør gjennomføres hyppig slik at det aldri er noen tvil om hvor utstyret befinner seg. For bedre digitalisering kan RFID benyttes. Ved å innføre sensorer i for eksempel døråpninger, eller på dedikerte plasser, kan brikker og vogner registreres i sanntid uavhengig av menneskelige operatører. Da minsker også sannsynligheten for feil, samt at alle arbeidsstasjoner som utfører innsjekk og utsjekk kan fjernes eller gjøres mindre. Sensorer kan også plasseres for å følge hele prosessen til brikkene, for eksempel ved kontrollsonen i ren sone, og etter autoklavene på steril sone. Avdelingene kan ha sensorer for å registrere ankomst og lagerstatus. Bruk av RFID kan være et billig tiltak som vil gjøre sporingsprosessen av instrumentene mer fullstendig og øker kontrollen over godset i forsyningskjeden. Sett fra et arealperspektiv vil økt grad av digitalisering frigjøre plass og bidra til bedre flyt, som vil redusere behovet for mellomlagring av enheter underveis i prosesseringen.

Et ønske fra ansatte på St. Olavs hospital er å ha tilgang til et aktivt pauserom grunnet belastende arbeid. Dette er et pauserom utstyrt med diverse treningsutstyr slik som gymball, treningsstrikker og matter. Rommet vil ikke være et styrkerom hvor de ansatte kan trene, men et pauserom med mulighet for utstrekning av muskler og generell bevegelse av kroppen for å forebygge skader forårsaket av arbeidets art. Å sette av areal til dette vil styrke de ansatte og er noe som bør tas med i planleggingen av nye sterilsentraler. Det aktive pauserommet kan deles med flere avdelinger på sykehuset, men det er en fordel at det er i nærheten av sterilsentralen grunnet tidsbruk på omklledning.

Studentene har observert at det finnes spor av 5S på sterilsentralen i form av at de har lagt brikkelister med tilhørende visualisering av oppsettet på ristene. Ansatte har også en tankegang om at en ryddig arbeidsplass er lettere å holde ren, spesielt på ren sone. Studentene har erfart at arbeidsbordene er rene og ryddige, men at områder rundt blir glemte. Dette gjelder spesielt alt av vogner som, grunnet lite plass, ofte blir plassert inne på arbeidscellene og andre tilgjengelige steder. Dette kan variere fra sykehus til sykehus, men det anbefales en gjennomgang av materiell for å fjerne det som ikke brukes, altså sortering og eliminering av

unødvendige enheter. Videre bør et standard system for oppbevaring og arkivering av papirer innføres. Systemet må merkes på en god måte slik at alle ansatte kan plassere papirer på rett sted. En digitalisering av papirene vil rydde opp i mye av materialet på sterilsentralen og kan tilgjengeliggjøre mer lagringsplass av vogner.

MUDA representerer ulike former for sløsing, hvor spesielt sløsing i form av unødvendig forflytning og transport skjer hyppig på sterilsentralen. For eksempel utfører ansatte svært mange løft per dag som kunne vært unngått med større grad av automatisering eller bedre organisering av materialer. Ansatte forflytter seg lange avstander hver arbeidsdag, siden de selv må hente alt av nødvendige materialer til arbeidsbordet. I tillegg skjer forflytningen mellom arbeidsprosessene manuelt, noe som bidrar til et høyt tidsbruk på transport av vogner per ansatt. Dette er sløsing av de ansattes energi og kunnskap, og bør erstattes av automatiske operasjoner. Ideelt sett bør de ansatte stå stille ved arbeidsbordet og få alt av materiell transportert til og fra arbeidscellen. Det kan oppnås med et system bestående av AGV eller automatiserte rullebånd.

6.2 Uren sone

Generelt på uren sone er det høy grad av støy. Støyen kommer i hovedsak fra instrument-, vogn- og ultralydvaskemaskin, som er i kontinuerlig drift. I tillegg kommer det støy fra håndtering av enhetene, som eksempelvis vogner som kjører inn i hverandre, instrumenter og rister som legges på bordet og containere som skal åpnes, tømmes og plasseres på containervaskevognen. Under bygging av en ny sterilsentral bør det derfor legges til rette for støyreducerende løsninger, for eksempel med fysiske tiltak som støyabsorberende vegger, men også sørge for at det er avstand mellom arbeidsbordene og vaskemaskinene. En vurdering på å skjerme inn de bråkete områdene kan gjøres, men vil føre til økte kostnader og forstyrrelser i flyten på sonen. Det må derfor gjøres en avveining på dette.

Ved automatisering av transporten på uren sone vil transporttrallene erstattes med AGV-er. En slik løsning vil kunne bringe alt av utstyr til arbeidsbordet, og den ansatte blir stående på samme sted, som gjør at tiden hver ansatt kan bruke på å fordele utstyr og tømme containere øker. Større utnyttelse av det digitale sporbarhetssystemet gjennom bruk av RFID gjør at brikker som ankommer sterilsentralen på uren sone automatisk blir registrert i systemet.

I avsnitt 3.2.9 *Manuellvask* er det beskrevet to løsninger: med og uten BICARmed. Valg av løsning har noe innvirkning på totalarealet og må velges ut fra produksjonsbehov og tilgjengelige midler i hvert enkelt prosjekt. Et BICARmed rengjøringssystem har HMS-fordeler i form av bedre beskyttelse og arbeidsvilkår for sterilteknikeren. Dette fordi arbeidsprosessen gjennomføres inni kammeret og sterilteknikeren kan utføre arbeidet sittende (Thune produkter a, u.d.). Det vil med begge løsninger være behov for ett sett med vaskekommer til instrumenter som må bløtlegges og skylles. Løsning med BICARmed krever 15.4m², mens cellen for vaskekom 11.5m². Cellen med BICARmed er mer fleksibel fordi komponentene ikke trenger å stå i direkte nærhet til hverandre. Studentene mener at fordelene ved BICARmed veier opp for kostnaden og arealbruk. På grunn av flere måter å utforme arbeidscellen på, vil det kunne gi variasjoner i arealet som kreves. Investering i et BICARmed-rengjøringssystem kan være et eksempel på utvidelse av maskinpark. Hvis det fremskrives et behov for et BICAR, men det ikke er tilgjengelige midler fra oppstartsfasen bør areal for dette avsettes i byggefasen. På den måten spares kostnader i en eventuell ombyggingssfase.

Som nevnt i avsnitt 3.2.12 *Lagringsplass for transporttraller og vaskeinnsatser* er et prinsipp fra SLP å sørge for lagringsplass for enheter når de ikke er i bruk (Muther & Hales, 2015). Løsningen med å lagre vaskeinnsatser på transporttraller krever stort gulvareal og mange transporttraller. Det finnes hyllesystemer hvor vaskeinnsatsene kan lagres i høyden, se Figur 63, hvor nødvendig gulvareal og antall transporttraller vil holdes til et minimum. Studentene har valgt å ikke se på denne løsningen, men dette er en lagringsløsning som bør gjennomføres ved bygging av nye sterilsentraler, nettopp fordi nødvendig gulvareal vil reduseres.



Figur 63: Et hyllesystem for vaskeinnsatser. Foto: Tilsendt på mail fra Berg

6.3 Ren sone

Mye av arbeidet sterilteknikerne gjennomfører på ren side krever god konsentrasjon, og arbeidsforholdene bør derfor legges til rette for dette. Montering og pakking av instrumenter i containere, beskrevet i avsnitt 3.3.4 *Monterings- og pakkebord*, er konsentrasjonsarbeid og det er viktig at de ansatte ikke blir forstyrret under arbeidet. En suksessfaktor for ren sone er at disse arbeidsstasjonene skjermes for støyen fra maskiner og transport på best mulig måte. Bordene bør derfor plasseres slik at passeringer skjer på god avstand, og det er fordelaktig om transport av vogner kun skjer på én side av bordet. Sett fra et arealperspektiv bør det settes av stort nok areal til at det er nok plass til transport rundt arbeidsbordene og legge inn mest mulig avstand fra arbeidsbordene til de arbeidscellene som skaper mest støy, som eksempelvis kontrollsonen.

I avsnitt 3.3.2 *Kontrollsonen* ble det gitt et forslag for å redusere støy. Ved kontrollsonen er det mye støy fra både vaskemaskiner og lufttrykkpistol som fører til konstant bruk av hørselvern hos de ansatte. For å redusere bruken av hørselvern og øke HMS-en bør området skjermes fra den verste støyen. Det er mulig å kapsle inn hele området og ha sluser fra vaskemaskinene inn til kontrollsonen. Studentene mener dette vil være den beste løsningen, slik at de ansatte på sonen kun trenger å bruke hørselvern når de bruker lufttrykkpistolen. Å kapsle inn området vil bedre arbeidstilværelsen og de ansatte orker å ha lengre arbeidsøkter på kontrollsonen. Mindre støy vil effektivisere arbeidet fordi det er lettere å konsentrere seg og det blir lettere for de ansatte å kommunisere og samarbeide. Vegger rundt kontrollsonen vil føre til noe økt areal, og dermed økte kostnader, i tillegg til at gode systemer for forflytning av instrumenter fra vaskemaskiner til bordet må innføres for å sikre gunstig flyt.

Automatisering av transporten på ren sone vil fjerne behovet for transporttraller og innmatingstraller. Det tyngste løftet som gjennomføres på ren sone er løft av fulle containere. En AGV vil kunne hente containere fra bordet selv og sette de av på innmatingsrampen til autoklaven, og på den måten elimineres løftet. Arbeidet på kontrollsonen innebærer transport og løft av tom vaskeinnsats til returbåndet. Dette kan elimineres helt da en AGV kan hente den tomme vaskeinnsatsen på bordet og sette den av på returbåndet. Det manuelle arbeidet på kontrollsonen reduseres da til kun løfting av instrumenter og rister.

Den generelle flyten på ren sone er den samme for hoveddelen av instrumentene, men det vil være enkelte typer instrumenter som har behov for annen prosessering som gjør at flyten for disse vil gå utenom hovedflyten. Sveisebordet og lavtemperatur-autoklaven er eksempel på

arbeidsceller utenom den generelle flyten. Under planleggingsprosessen bør det derfor sikres at flyt inn og ut av disse cellene ikke lager hindringer for den generelle flyten.

En økt grad av digitalisering på ren sone vil gi bedre informasjonsflyt og gjør det lettere å gjennomføre, planlegge pakking og sterilisering av containere. Det vil også kunne frigjøre plass og gi bedre kontroll på det administrative bordet.

6.3.1 Sortering av containere

På ren sone sorteres containerne til hver enkelt avdeling. Dette fører til mange løft for den ansatte på arbeidsstasjonen, siden alle containere flyttes fra containervaskevognen over på en oppbevaringshylle. Denne operasjonen kan elimineres dersom det implementeres en annen løsning for sortering og lagring av tomme containere. En løsning studentene, i møte med Sykehusbygg, diskuterte var dersom sorteringen av containere skjer på uren sone før de sendes gjennom vaskemaskinen. Dette ville minimere andelen løft. Tanken er at containerne sorteres etter avdeling på containervaskevognen allerede på uren sone og at de kan oppbevares på containervaskevognen på ren sone. Da trenger den ansatte kun å sette vognen på egnet sted for lagring.

Studentgruppen har konkludert med at dette ikke er en gjennomførbar løsning, da flyten av containere fra avdelingene ikke er høy nok til å fylle opp en hel containervaskevogn før den vaskes. I tillegg kreves mer plass på uren side hvis det skal være plass til én containervaskevogn for hver avdeling til enhver tid. Så dette er en løsning som krever større areal og som ikke vil være lønnsom da det vil være vanskelig å opprettholde fyllingsgraden på containervaskevognen.

Studentene mener derimot at det vil være mulig å gå til innkjøp av en robot som utfører løftingen. Ifølge ansatte på sterilsentralen på St. Olavs ville dette spare de ansatte for opp mot 100 løft hver dag. Ifølge Stephens vil slike repetitive bevegelser føre til slitasjeskader og fravær (Stephens, 2019). Utfordringen er at måten prosessen gjennomføres på må endres. For at en robot skal kunne løfte containerne må alle enhetene være i samme størrelse, eller plassert på brett som roboten kan løfte og skyve inn i en hylle. Det vil derfor være mest hensiktsmessig å implementere dette når det bygges nye sterilsentraler slik at hele produksjonen kan tilpasses roboter og samhandling med de ansatte.

6.4 Steril sone

Arbeidsprosessene på steril sone består i hovedsak av utmating fra autoklaven og frigjøring av gods. Arbeidscellen for lavtemperatur-autoklaven er lagt inn på steril sone, men kan som nevnt tidligere også plasseres på ren sone.

Automatisering av transport på steril sone vil kunne erstatte behovet for utmatingstraller ved autoklaven slik at ferdig sterilisert gods kan transporteres til omlasting på innervogner. En automasjon av innervogner og AGV-vogner inne på sterilsentralen vil kreve et annet system enn nevnt tidligere i *2.1.4 AGV som materialhåndteringssystem*, men er absolutt noe som bør vurderes. Ved planlegging av en ny sterilsentral, med høy grad av automatiserte løsninger, bør det være mulig å eliminere manuell forflytning av SSG på steril sone. Altså all manuell forflytning av SSG som følger den generelle flyten. Arbeidsprosessene til de ansatte på sonen blir da overvåking, kontrollering og sortering av containere før utsending, samt håndtering av instrumenter som går utenom hovedflyten.

Bedre utnyttelse av datasystemer på steril sone vil gjøre frigjøring av gods enklere. Siden hver innervogn og brikke har egen identifikasjon er det i dag behov for å manuelt registrere brikkene inn på innervoggen. Ved bruk av RFID kan dette registreres automatisk når innervoggen går gjennom en registreringsport. Det gir også mulighet for at avdelingene kan få varsel når utstyret sendes fra sterilsentralen. Dette reduserer behovet for administrativt bord på steril sone.

Oppgaven har ikke beregnet areal for et sentralisert lager på sterilsentralen. Grunnen er at St. Olavs, som oppgaven har tatt utgangspunkt i, har en MTO-produksjon hvor lageret for SSG er på hver enkelt avdeling. Det gjør at lagringsplass for SSG på steril sone er minimal, og kun forbeholdt enkelte brikker og noen låneinstrumenter (Berg, 2023). Ved en endring av produksjonsstrategi til MTS, vil det kreve et større lager som en del av steril sone.

Prosessflyten med et sterilt lager er illustrert i *Kapittel 4 Prosesskartlegging* i *Figur 58*, og vil ikke ha noe direkte påvirkning av areal ellers på sterilsentralen. Studentgruppen har diskutert om et sterilt lager vil påvirke flyten av instrumenter, og tror en MTS-strategi vil gi en jevnere flyt av instrumenter og utsendinger. Om det vil påvirke flyten inn til uren sone vil avhenge av operasjonstider til operasjonsavdelingene og når de sender instrumenter tilbake. Med mindre dette også endres er det ingen grunn til å tro at kapasitetsbehovet på uren sone vil endre seg.

Et sentralisert lager vil gi mer kontroll og oversikt over alle instrumentene, både i flyten og på lageret. Brikker som krever at ett instrument skiftes ut må nå stå lagret på sterilsentralen frem

til et nytt instrument blir sendt fra avdelingen. Med et samlet sentral- og reservedelslager på sterilsentralen vil instrumentet byttes ut med en gang og prosessen effektiviseres og forenkles for alle parter. Hastesendinger av brikker blir i dag fremskyndet i køen og forstyrrer arbeidsflyten for de ansatte på sterilsentralen. Med et sentralisert lager er det mulig å lagre brikker som ofte hastebestilles slik at de kan sendes ut med en gang uten større forstyrrelser i flyten.

Når SSG er sterilisert og klart til utsending lastes det opp på AGV-vogner. En AGV-vogn inneholder to innervogner som igjen inneholder opptil seks containere med instrumenter. Den totale vekten på enheten blir dermed høy og slikt det gjøres på St. Olavs i dag trilles denne manuelt bort til en AGV-utsendingsstasjon. Når det planlegges nye sterilsentraler bør alle transportveier for tungt gods være så korte og rette som mulig. Det beste alternativet er at også denne transporten blir helautomatisert.

6.5 Flyten ved nye autoklaver

Sterilsentralen på St. Olavs skal på grunn av nye retningslinjer gå over fra gulv-autoklave til et nytt autoklave-system. Siden systemet ikke er tatt i bruk enda har ikke studentene sett i praksis hvordan det fungerer. Studentene har derfor gjort antakelser og diskutert med fagrådgiver Ann Margrethe Berg. Det skal benyttes nye vogner for inn- og utmating til autoklaven, og dermed vil bruken og flyten av de andre vognene, som innervogner og transporttraller, endres.

Det er satt av rom til en innmatingstralle på kortsiden av monterings- og pakkebordet på ren sone, da det er mest hensiktsmessig i forhold til flyten. En annen forutsetning for god flyt er at det er fritt bevegelsesareal mellom bordet og neste enhet. Det vil si at pakkebordene bør plasseres med åpen plass på én kortside for enkel tilførsel av innmatingstralle. Ved implementering av selvgående roboter kan disse overta for innmatingstrallene, og kjøre containere fra pakkebordet direkte til det automatiske innmatingsbåndet til autoklaven.

Med gulv-autoklaven blir ferdige brikker lastet på innervogner og går som én enhet gjennom autoklaven. Med det nye systemet skal alle containerne fraktes fra arbeidsbordet til autoklaven på en innmatingstralle, der skyves de over på et innmatingsbånd, som sender containerne inn i autoklaven automatisk. Samlasting på innervogner skjer så på steril sone. Ifølge Berg vil antall løft øke med 12 løft per person hver arbeidsdag ved overgangen til det

nye systemet (Berg, 2023). Flyten av containere vil ikke endres, men en ekstra løfteoperasjon vil oppstå som et resultat av nye autoklaver.

En annen konsekvens av det nye autoklave-systemet vil være at det i tillegg til nedkjølingsområde må etableres et venteområde med halvfulle innervogner på steril sone. Brikker som kjøres på forskjellige autoklaver eller i ulike sykluser vil samlastes på innervogner før de sendes til korrekt avdeling.

De nye autoklavene fører til bruk av to forskjellige transportsystemer på ren sone, innmatingstraller for autoklaving og transporttraller for forflytning av vaskeinnsatser. Det krever større areal for oppbevaring av vogner dersom de ikke kan brukes om hverandre. Studentene har ingen kunnskap om det er gjennomførbart å bruke gitte innmatingstraller istedenfor transporttrallene, men om det er mulig vil det minske mengden traller på ren sone betraktelig. Det vil være relevant for sterilsentralen å se på muligheten for en type tralle på ren sone i fremtiden, og kanskje kan en videreutvikling av eksisterende innmatingstralle fungere. Dersom transporten automatiseres ved bruk av AGV faller denne problemstillingen bort, da AGV-en vil erstatte begge.

7.0 Konklusjon

Målet for oppgaven har vært å utforme et beslutningsgrunnlag for arealplanlegging av en generisk sterilsentral. Det er utført analyser av arbeidsprosesser og flyt, som er brukt til dimensjonering av arbeidsceller og begrunnelse for dimensjonert areal. For å besvare problemstillingen er det utarbeidet tre forskningsspørsmål, som er besvart gjennom oppgavens utforming av arbeidsceller, prosesskartlegging og diskusjon. Følgende forskningsspørsmål og funn er:

1.Hvilke elementer må tas hensyn til i dimensjoneringen av arbeidsceller?

Hver arbeidscelle må dimensjoneres etter menneskelig rekkevidde og plassbehov.

Arbeidscellene har ulike behov for hvilke elementer som er nødvendige for gjennomførelse av arbeidet i cellen. Mulighet til å ha vogner med utstyr innad i cellen er prioritert der det er kartlagt behov, og tilsvarende for arbeidsceller med behov for oppbevaring. Arbeidscellene er designet som et minimumsareal for én arbeider med tilhørende enheter, slik at de enkelt kan ganges opp etter behov.

2.Hvordan vil automasjon påvirke flyten inne på sterilsentralen?

Med en større grad av automatisering er det i hovedsak flyten av vogner som vil endres.

Traller på uren og ren sone vil kunne erstattes av AGV, mens flyten av innervogner vil forbli lik, med mindre de erstattes av en mer automatisert løsning. Uavhengig av automasjon må instrumentene gjennom de samme prosessene, så flyten vil ikke endres nevneverdig. Dermed vil det kun være materialhåndteringen av SSG som endres.

3.Hvilke suksessfaktorer finnes for uren, ren og steril sone?

Generelle suksessfaktorer er å sikre en god flyt av SSG gjennom sterilsentralen for å unngå kontaminering. I tillegg er større grad av automatisering og avsatt plass til oppbevaring av vogner viktige faktorer for en effektiv og oversiktlig sterilsentral.

Suksessfaktorer på uren sone:

- Høy nok kapasitet for mottak av urene vogner i forhold til etterspørsel
- Redusere støy på sonen i form av avstand mellom maskiner og arbeidsbord
- Utforme manuellvaskcellen med et BICARmed-rengjøringssystem
- Etablere god flyt av returinstrumenter
- Eget pauserom i tilknytning til sonen

Suksessfaktorer på ren sone er:

- Høy nok kapasitet på kontrollsonen i forhold til etterspørsel
- Reduksjon av støy i form av innkapsling av kontrollsonen
- Egnede arbeidsforhold for konsentrasjonsarbeid
- Sikre god flyt av SSG gjennom strategisk plasseringen av arbeidsceller

Suksessfaktorer på steril sone er:

- Fri flyt av vogner forbi administrativt bord
- Mulighet for sterilt lager
- Lagringsplass for AGV-vogner er lagt i flytveien til SSG ut av steril sone

Alle nevnte diskusjonspunkter er avveininger Sykehusbygg må gjøre i planleggingsfasen. Forskningsspørsmålene og diskusjonspunktene er brukt til å svare på følgende problemstilling:

Hvordan lage et argumentasjonsgrunnlag for arealbehovet ved en sterilsentral gjennom prosesskartlegging og fabrikkplanlegging.

Argumentasjonsgrunnlaget for arealbehovet ved en sterilsentral er gitt ut fra dimensjoneringen av arbeidsceller, som er grundig dokumentert i oppgaven. Arealene er basert på nødvendige elementer, flyt og suksessfaktorer. Når antallet av hver arbeidscelle blir bestemt er det spesielt viktig å tenke på produksjonsetterspørsel og økning flere år fram i tid. Plass til utstyr som forbruksmateriell og vogner blir ofte underdimensjonert eller neglisjert, men områdene er viktige for å opprettholde god flyt og orden på sonene. I tillegg må sterilsentralen dimensjoneres etter svingninger i produksjonen. Det må gjøres en avveining mellom tilgjengelig kapasitet for peak-periode og kostnadsbesparelsen ved å holde lavere kapasitet.

Som nevnt er tilgjengelige midler og areal de største begrensede faktorene ved utbygging av sterilsentraler. Ved planlegging av nye sykehus anbefales det derfor å prioritere areal og midler til å bygge en velfungerende sterilsentral med mulighet for utbygging og automatisering. For automatisering av en eksisterende sterilsentral anbefaler studentene at uren og ren sone prioriteres fordi de er mest belastende.

8.0 Videre arbeid

Rapporten tar for seg dimensjonering av hver enkelt arbeidscelle på sterilsentralen og er et godt utgangspunkt for videreutvikling med økt hensyn til variasjoner innad i cellen og sammensetning av de ulike arbeidscellene. Videre arbeid bør utføre en bredere undersøkelse av dimensjoner og prosesser på tvers av sykehus og sterilsentraler både i Norge og eventuelt andre land for å gi et mer helhetlig bilde.

I arbeidet med oppgaven kom det frem at standarder for enheter på sterilsentraler er nesten ikke-eksisterende. Det er stor grad av variasjon både innad på hver sterilsentral, og også på ulike sterilsentraler rundt om i landet. For videre arbeid vil det være interessant å se på måter arbeid, terminologi og utstyr kan standardiseres på landsbasis.

Oppgaven er avgrenset til kun det som skjer på sterilsentralen, men som nevnt er sterilflyten en sirkulær prosess. Det vil derfor være av interesse å se nøyere på hvor brikkene kommer fra, altså fra hvilke avdelinger, og hvor de sendes. Her kan en også se på sammenhengen med kapasitet på AGV-vogner, heiser og ulike avdelinger.

Excel-regnearket er foreløpig kun en enkel kalkulator som tar utgangspunkt i arealet til hver arbeidscelle. For videreutvikling av regnearket kan den baseres på produksjonsetterspørsel og kapasiteter til maskiner og ansatte.

Visualiseringen i regnearket er forenklet, og videre vil det være relevant å lage en 3D-modellering av sterilsentralen basert på relevant inputdata. En 3D-modell vil også kunne gi svar på kapasitetsnivåer, og endringer på sonene kommer mer tydelig frem. Med en simulering kan en også se på om endringer i areal påvirker kapasiteten til sterilsentralen.

Rapporten nevner at lager for SSG ofte er desentralisert til avdelingene, dette gjelder også reservedelslager for instrumenter. Resultatet av dette er at brikker som har behov for utskiftning av enkeltinstrumenter blir stående på sterilsentralen i påvente av reserveinstrumentet. Et desentralisert reservedelslageret begrunnes med kostnaden på instrumenter og at operasjonssykepleierne føler de har mer kontroll på reserveinstrumentene. For videre arbeid er det interessant å se på hvordan en sentralisering av reservedelslageret vil påvirke lagerstyring og kostnader, da det kan antas at det ligger like reserveinstrumenter på flere avdelinger.

Referanser

Altuntas, S. & Selim, H., 2012. Facility layout using weighted association rule-based data mining algorithms: Evaluation with simulation. *Expert Systems with Applications*, 03 Mars.

AORN, 2014. In Focus: Surgical instrument tracking system advancements and benefits. *AORN Journal*, 100(1), pp. C7-C8.

Arbeidstilsynet, a. § 3-1. *Plassering av personalrom*. [Internett]

Available at: <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/arbeidsplassforskriften/3/3-1/?>

[Funnet 08 Mai 2023].

Arbeidstilsynet, u.d. *Arealkrav til kontorarbeidsplasser*. [Internett]

Available at: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/byggesak/veiledning-til-dokumentasjonskrav-ved-soknad-om-arbeidstilsynets-samtykke/arealkrav-til-kontorarbeidsplasser/>

[Funnet 18 April 2023].

Berg, A. M., 2011. *Standards for reprocessing processes*, s.l.: s.n.

Berg, A. M., 2023. *Samtale under omvisning sterilsentralen* [Intervju] (2 Februar 2023).

BSG, 2020. *BSG Guidance for Decontamination of Equipment for Gastrointestinal Endoscopy*, London: British Society of Gastroenterology.

Bø, E., Grønland, S. E. & Jahre, M., 2018. *Forsyningskjeder og logistikk*. s.l.:Fagbokforlaget.

Case Medical, u.d. *Case Med*. [Internett]

Available at: <https://www.casemed.com/index.php/products/containers>

[Funnet 02 Mars 2023].

CF Møller, C. M. A., u.d. *Regionalen Sterilcentral, Herlev*. [Internett]

Available at: <https://www.cfmoller.com/p/-no/Regional-Sterilcentral-Herlev-i3195.html>

[Funnet 10 Mai 2023].

Chapin, N., 1970. Flowcharting with the ANSI standard: A tutorial. pp. 120-156.

Danske Regioner, u.d. *Region Hovedstadens arealstandarder for hospitalsbyggeri*, s.l.: s.n.

Dembińska, I., 2005. Internal and external supply chain of hospital. *Research Gate*, June.

Febriandini & Yuniaristanto, 2019. Re-design facility layout using systematic layout planning method: A case study: Biopro Cosmeceutical Sdn. Bhd. *IOP Conference series: Materials science and engineering*.

Gamper, A., 2017. *What is Ergonomics (HFE)?*. [Internett]

Available at: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>

[Funnet 22 Mars 2023].

Getinge group, 2014. *T-DOC: Instrument intelligence, ta kontrollen over operasjonene*, s.l.: Getinge Norge.

- Getinge, u.d. *T-DOC Select Sterile Supply Management*. [Internett]
Available at: <https://www.getinge.com/no/products/t-doc-select/?tab=3>
[Funnet 27 Mars 2023].
- Grønmo, S., 2023. *Kvalitativ metode*. [Internett]
Available at: https://snl.no/kvalitativ_metode
[Funnet 15 Mai 2023].
- Guldager, A., 2022. *Sterilassistentene er kommet op i lyset*. [Internett]
Available at: <https://www.foa.dk/global/news/afdelingsnyheder/sosu/2022/blad-4-22/sterilcentralen>
[Funnet 13 April 2023].
- Helse Bergen, 2021. *Hva skjer i sterilsentralen?*, s.l.: s.n.
- Helse Bergen, u.d. *Sterilsentralen*, s.l.: s.n.
- Helse Midt-Norge, 2018. *Regional retningslinje for dekontaminering og lagring av fleksible endoskop for spesialisthelsetjenesten*, s.l.: Helse Midt-Norge.
- Helsedirektoratet, 2013. *Veileder for hovedfunksjonsprogram*, s.l.: s.n.
- Haaland, L., 2002. *Teknisk Ukeblad (TU)*. [Internett]
Available at: <https://www.tu.no/artikler/robot-pa-sykehuset/220357>
[Funnet 12 April 2023].
- Iversen, O. H. & Braut, G. S., 2021. *Sykehus*. [Internett]
Available at: https://sml.snl.no/sykehus#-Oppbygning_og_administrasjon
[Funnet 02 Mars 2023].
- Jain, S. & Yadav, T. K., 2017. Systematic layout planning: A review of improvement in approach to pulse processing mills. *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- KeySurgical, u.d. *KeySurgical.com*. [Internett]
Available at: <https://www.keysurgical.com/products/sterile-processing/packaging-and-preparation/sterilization-wrap>
[Funnet 2023].
- Larsen, J. K. I., 2022. *Se bildene: den nye høyt teknologiske sterilcentral står klar*. [Internett]
Available at: <https://www.hvidovrehospital.dk/presse-og-nyt/pressemeddelelser-og-nyheder/nyheder-fra-hvidovre-hospital/Sider/Se-billederne-Den-nye-hoej-teknologiske-sterilcentral-staar-snar-klar.aspx>
[Funnet 12 April 2023].
- Matachana group a, u.d. *Steam sterilizers : Matachana S1000*. [Internett]
Available at: <https://thuneprodukterhelse.no/wp-content/uploads/2020/09/Matachana-S1000.pdf>
[Funnet 10 Mai 2023].
- Matachana group b, u.d. *Loading and unloading system for steam sterilizers from the Matachana EasyCharge S1000 series*. [Internett]

Available at: <https://matachanagroup.app.box.com/s/6au8ll1hn2eib1j29xaeh0o8fme32nnu>
[Funnet 10 Mai 2023].

McDonnell, G. E. & Sheard, D., 2012. *A practical guide to decontamination in healthcare*. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell.

Moatari-Kazerouni, A. & Bendavid, Y., 2017. Improving logistics processes of surgical instruments: case of RFID technology. *Business Process Management Journal*, Volum 23(2), pp. 448-466.

Muther, R. & Hales, L., 2015. *Systematic layout planning*. s.l.: Management and industrial research publications.

Nicholas, J., 2018. *Lean production for competitive advantage*. 2nd red. s.l.: Taylor & Francis.

NKD, N. k. f. d., 2021. *Sterilisering*, s.l.: Nasjonal kompetansetjeneste for dekontaminering.

Norsk Legemiddelhåndbok, 2016. *Desinfeksjon*. [Internett]
Available at: <https://www.legemiddelhandboka.no/T1.21/Desinfeksjon>
[Funnet 03 Mars 2023].

OUS, 2021a. *Sterilforsyning nye OUS , Nye Aker og Nye Rikshospitalet*, s.l.: Oslo universitetssykehus , Helse sør-øst.

OUS, 2021b. *Dekontaminering i praksis*. [Internett]
Available at: <https://oslo-universitetssykehus.no/avdelinger/oslo-sykehusservice/nasjonal-kompetansetjeneste-for-dekontaminering/dekontaminering-av-medisinsk-gjenbruksutstyr#8-rengjoring-maskinell-og-manuell>
[Funnet 02 Mars 2023].

OUS, 2021c. *Dekontaminering i praksis*. [Internett]
Available at: <https://oslo-universitetssykehus.no/seksjon/nasjonal-kompetansetjeneste-for-dekontaminering/Documents/8.2%20Manuell%20rengj%C3%B8ring%202021-01-15.pdf>
[Funnet 02 Mars 2023].

OUS, 2021d. *Emballering og pakkematerialer*. [Internett]
Available at: <https://oslo-universitetssykehus.no/pakking-og-pakkematerialer>
[Funnet 07 Mars 2023].

OUS, 2021e. *Håndtering, oppbevaring og transport av medisinsk utstyr*. [Internett]
Available at: <https://oslo-universitetssykehus.no/handtering-oppbevaring-og-transport-av-medisinsk-utstyr>
[Funnet 07 Mars 2023].

OUS, 2022. *Automated Guided Vehicle (AGV)*. [Internett]
Available at: <https://oslo-universitetssykehus.no/om-oss/nye-oslo-universitetssykehus/agv>
[Funnet 12 April 2023].

Pedan, M., Gregor, M. & Plinta, D., 2017. Implementation of Automated Guided Vehicle System in Healthcare Facility. *Procedia Engineering*, Volum 192, pp. 665-670.

Pérez-Gosende, P., Mula, J. & Díaz-Madroñero, M., 2021. Facility layout planning. An extended literature review. *International Journal of Production Research*, 17 Februar.

RFID Journal, u.d. *What's the difference between passive and active tags?*. [Internett]
Available at: <https://www.rfidjournal.com/faq/whats-the-difference-between-passive-and-active-tags>
[Funnet 22 Mars 2023].

Shalini, R. et al., 2023. *A Guide to Hospital Administration and Planning*. 1 red. s.l.:Springer Singapore.

SINTEF Byggforsk, 2017. *Menneskers rekkevidde og plassbehov*. [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/3224/menneskers_rekkevidde_og_plassbehov#relatedDocuments
[Funnet 17 April 2023].

SmartDraw, u.d. *SmartDraw*. [Internett]
Available at: <https://www.smartdraw.com/about/>
[Funnet 05 Mai 2023].

SNL, 2022. *Store norske leksikon*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/RFID>
[Funnet 03 Mars 2023].

St. Olavs hospital, 2006. *Prosjekt, Emballasje av sterile instrumenter, En sammenligningstudie*, s.l.: Kirurgisk operasjonsavdeling, St.Olavs Hospital, Steril forsyning, St. Olavs driftsservice, Bioingeniørutdanningen, HIST (AMMT – Avdeling for mat- og medisinsk teknologi).

St. Olavs hospital, u.d. *Steril forsyning*. [Internett]
Available at: <https://stolav.no/avdelinger/divisjon-st-olavs-driftsservice/steril-forsyning#innholdsoversikt>
[Funnet 01 Mars 2023].

Standard Norge, 2021. *Standardisering*. [Internett]
Available at: <https://www.standard.no/standardisering/>
[Funnet 04 Mars 2023].

Standard.no, 2022. *ISO-standarder*. [Internett]
Available at: <https://www.standard.no/standardisering/iso-standarder/>
[Funnet 22 Mars 2023].

Steelco group a, u.d. *ATS Automatic Transfer System*. [Internett]
Available at: <https://www.steelcogroup.com/product/ats-automatic-transfer-system-med/>
[Funnet 25 Mai 2023].

Steelco group b, u.d. *US 1000*. [Internett]
Available at: <https://www.steelcogroup.com/product/us-1000/>
[Funnet 15 Mai 2023].

Steelco group c, u.d. *Steelco group: products: drying cabinets*. [Internett]
Available at: <https://www.steelcogroup.com/product/id-300/>
[Funnet 23 April 2023].

Stephens, M. P., 2019. Ergonomics and Workstation Design Space Requirements. I: *Manufacturing Facilities Design & Material Handling*. s.l.:Purdue University Press, pp. 136-151.

Sterilforsyning, u.d. *Norsk forening for Sterilforsyning*. [Internett]
Available at: <https://www.sterilforsyning.no/foto-fag-miljo.html>
[Funnet 02 Mars 2023].

Sykehusbygg HF, 2022. *Årlig melding*, s.l.: s.n.

Sykehusbygg HF, 2023. *Om oss*. [Internett]
Available at: <https://sykehusbygg.no/om-oss>

Sæter, M., 2007. *Bakgrunn: En standard for alt*. [Internett]
Available at: <https://forskning.no/standardisering-teknologi-partner/bakgrunn-en-standard-for-alt/1007115>
[Funnet 04 Mars 2023].

Tari, F. G. & Neghabi, H., 2015. A new linear adjacency approach for facility layout problem with unequal area departments. *Journal of Manufacturing Systems*, 15 September.

Thune produkter a, u.d. *BICARmed: The technology that revolutionizes the cleaning of Reusable Medical Devices STK113 – STK103*. [Internett]
Available at: <https://thuneprodukterhelse.no/wp-content/uploads/2021/06/ENG-Brochure-BICARMED-STK-103-113-pagine-singole.pdf>
[Funnet 26 April 2023].

Thune produkter b, u.d. *Produktinformasjon : BICARmed rengjøringssystem*. [Internett]
Available at: <https://thuneprodukterhelse.no/produkt/bicarmed-stk103-rengjoringssystem/>
[Funnet 26 April 2023].

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A. & Tanchoco, J., 2010. *Facilities planning*. 4th red. s.l.:John Wiley and Sons.

Tvedt-Gundersen, E., 2016. *Sterilsentralen - der bakterier kommer for å dø*. [Internett]
Available at: <https://helse-stavanger.no/avdelinger/klinikk-a/operasjonsavdelingen/sterilsentralen-der-bakterier-kommer-for-a-do>
[Funnet 22 Mars 2023].

Ullrich, G., 2015. *Automated Guided Vehicle Systems: A primer with Practical Applications*. s.l.:Springer Berlin, Heidelberg.

Vis, I. F., 2006. Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. *European Journal of Operational Research*, 170(3), pp. 677-709.

WHO, 2016. *Decontamination and reprocessing of medical devices for health-care facilities*, s.l.: World Health Organization.

Zare Mehrjerdi, Y., 2011. Radio frequency identification: The big role player in health care management. *Journal of Health Organization and Management*, 1 11, 25(5), pp. 490-505.

Zhu, X., Yuan, L., Li, T. & Cheng, P., 2019. Errors in packaging surgical instruments based on a surgical instrument tracking system: an observational study. *BMC Health Serv Res*, Volum 19.

Vedlegg

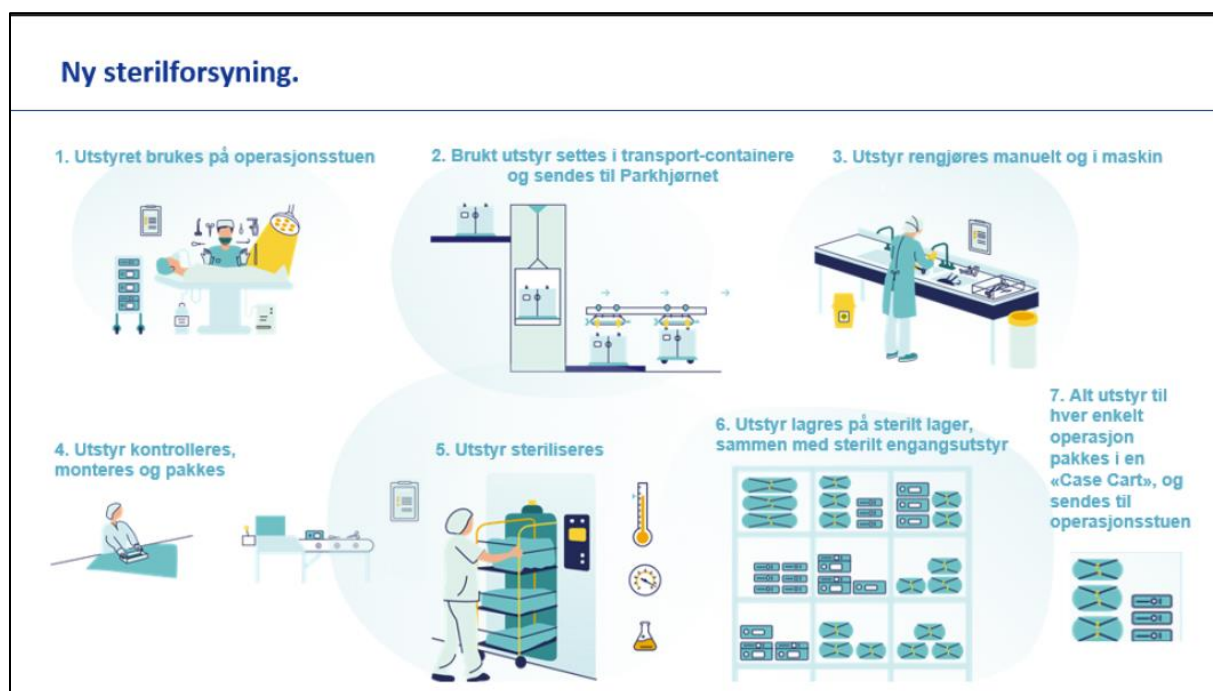
Vedlegg A: Excel-kalkulator

Vedlegg B: Fullstendig tabell over størrelser

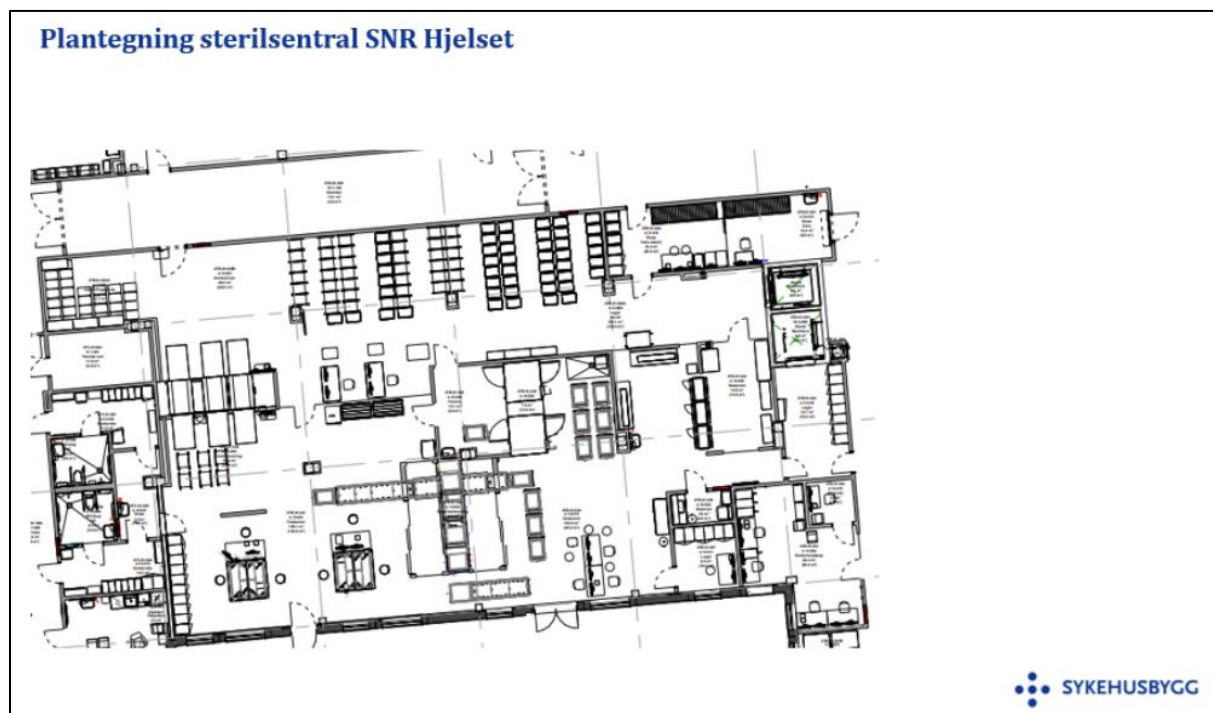
Utstyr	Tall fra Sykehusbygg	Tall studentene har målt på St. Olavs	Annen kilde	Tall brukt i oppgaven		Flateareal i m ²
	m (d x b)	m (d x b)	m (d x b)	d (m)	b (m)	
Administrativt bord		0.9 x 1.50		0.9	1.5	1.35
AGV-vogn	0.8 x 1.207	0.8 x 1.20		0.8	1.2	0.96
Arbeidsbenk retursluse			0.8 x 1.0	0.8	1	0.8
Arbeidsbord (uren side)			0.9 x 2.0	0.9	1.5	1.35
Autoklaver	6 m ²		0.99 x 2.3	0.99	2.3	2.277
BICARmed			0.84 x 2.1	0.84	2.1	1.764
Container-vaskevogn	0.9 x 2.0	0.9 x 2.0		0.9	2	1.8
Innervogn	0.5 x 0.75			0.5	0.75	0.375
Instrumentvaskemaskin	4 m ²		1.1 x 1.84	1.1	1.84	2.024
Kontrollsone-bord (ren sone)		0.8 x 1.80		0.8	1.8	1.44
Lavtemperatur autoklaver	1.10 x 0.90	1.0 x 0.80		0.8	1	0.8
Lift til AGV-vogn		0.94 x 1.30		0.94	1.3	1.222
Oppbevaringshylle stor (på hjul)	0.6 x 1.25	0.60 x 1.25		0.6	1.25	0.75
Oppbevaringshylle liten	0.4 x 0.6			0.4	0.6	0.24
Pakkebord (Arbeidsbord ren sone)	0.80 x 2.0	0.80 x 2.0		0.8	2	1.6
Pakkebord papir	0.80 x 2.0	0.80 x 2.0		0.8	2	1.6
Papirstativ		0.90 x 0.70		0.35	2	0.7
Sveisebord		0.80 x 1.80		0.8	1.8	1.44
Transporttralle		0.90 x 0.70		0.7	0.9	0.63
Innmatingstraller (nytt system)			0.91 x 0.65	0.91	0.65	0.5915
Tørkeskap			0.71 x 0.787	0.71	0.787	0.55877
Ultralydvaskemaskin			1.10 x 1.15	1.1	1.15	1.265
Vaskeinnsats		0.82 x 0.65		0.82	0.65	0.533
Vaskekum		0.8 x 1.75		0.8	1.75	1.4
Vognvaskemaskin	4 m ²			1.13	3	3.39
Administrativt bord, hjelpestasjon		0.6 x 1.4		0.6	1.4	0.84

Vedlegg C: Kommunikasjon med Sykehusbygg

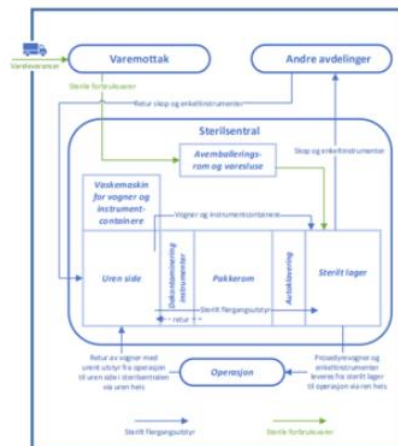
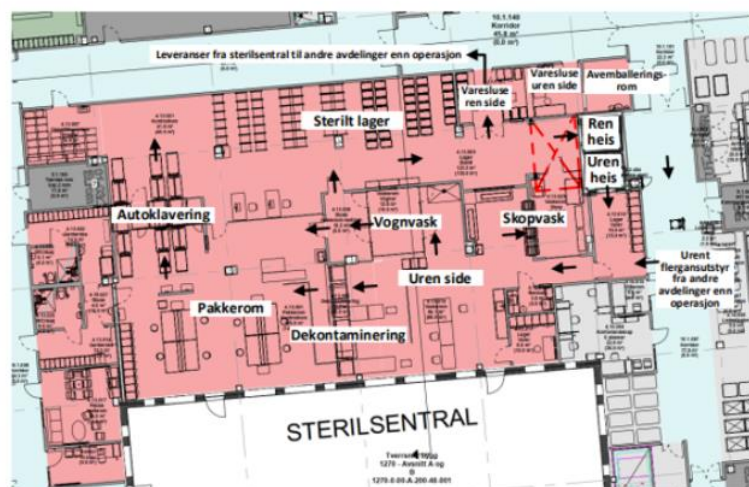
Fra pp første møte:



Sterilsentral SNR Hjelset:



Plantegning og vareflyt sterilsentral SNR Hjelset, med delfunksjoner



SYKEHUSBYGG

Mail sendt fra Bjørn Bakken 30.mars 2023:

Angående mål på vogner, så har jeg sjekket et par andre prosjekter vi jobber med. Dere kan benytte bredde på 50 cm og dybde på 75 cm.

Når det gjelder maskiner – se vedlagt presentasjon med 2 caser på to ulike prosjekterte sterilsentraler.

Dere kan benytte følgende kvm som diemensjoner (dette inkl. noe tekniske arealer mellom maskinene):

Instrumentvaskemaskin: 4 kvm inkl. løsninger med inn/utlasting for en maskin

Retursluse instrumentvask: 4 kvm for en sluse

Autoklave: 6 kvm med inn/utlasting for en autoklave

Vognvask: 4 kvm for en maskin

Vennlig hilsen

Bjørn Bakken

Prosjektleder og fagansvarlig logistikk | Sykehusbygg HF

SYKEHUSBYGG

Bakken, Bjørn <Bjorn.Bakken@sykehusbygg.no>
 Til: Aase Sølvsberg Urdal
 Kopi: Maiken Nørkov Johansen; Elin Elisabeth Flinstad **Og 1 andre**
 ti. 18.04.2023 13:14

Hei

Ulike typer maskiner kan ha ulike syklustider (prosesstider) og kapasiteter. Spør gjerne Ann, hun har nok mer presis input på dette.

I forbindelse med planlegging av sterilsentral på nye Aker sykehus (OUS-prosjektet) har dem eksemplifisert dette slik:
 Dekontaminator (KEN IQ6) – prosesstid med tørk 35 - 45 min (18 DIN-kurver)
 Dekontaminator (Steris AMSCO 7053HP) – prosesstid med tørk ned mot 24 min (15 DIN-kurver)

Dette finner dere i denne presentasjonen som ligger ute på nettet:
[2021 10 28 Nett Saksunderlag møte 1 akt D 17 Sterilsentral NA.pdf \(oslo-universitetssykehus.no\)](#)

I presentasjonen finner dere også forutsetninger og rammebetingelser som er lagt til grunn ifht vurdering av arealer og kapasiteter som sikkert kan være nyttig for dere.

Utklipp fra Excel-ark laget i 2005:

Helsebygg Midt-Norge Nye St. Olav hospital			Versjonsdato: 23.05.05				
Dimensjonering av Sterilsentral							
Antall prod dager pr. år	230 dager/år						
Max effektiv arbeidstid pr. døgn	13.5 timer/døgn						
Sikkerhetsfaktor produksjonskapasitet	15 sikkerhetsfaktor kapasitet						
Effektiv produksjonstid pr. døgn	9.0 timer/døgn						
Antall AGV-vognvaskemaskiner	1 AGV-vognvaskemaskin						
Antall rack-vaskemaskiner	1 Rack-vaskemaskin						
Antall instrumentvaskemaskiner 600 l	5.2 instrument-vaskemaskiner 600 l						
Antall golvaufklarer ca. 2900 l	17 autoklaver 2900 l						
Antall autoklaver ca. 1100 l	17 autoklaver 1100 l						
Volum pr. kurv	45 liter pr. kurv						
Areal pr rack	0.30 m2 Brutto golvareal						
Areal pr AGV-vogn	0.97 m2 Brutto golvareal						
BN-faktor lager	15						
Antall kurver pr. rack	5 kurver/rack						
Antall rack pr. AGV-vogn	2 rack/AGV-vogn						
			Lengde Bredd Høyde Areal Volum				
			[m] [m] [m] [m2] [m3]				
			1.207				
			AGV-vognvaskemaskin identisk med Rack-vaskemaskin				
			AGV-vogn: 1.207 0.800 1.856 0.984 1.619				
			1.0 AGV-vognvaskemaskin: 2.897 2.500 2.413 7.242 17.473				

Vedlegg D: Kommunikasjon med Ann Margrethe Berg, St. Olavs

Dette er de standardene vi bruker mest.

Oversikt over flere standarder innenfor sterilforsyning

Standarder i SF

NS-EN ISO 15883-1 (2006)

Vaskedekontaminatorer Del 1: Generelle krav, termer, definisjoner og prøvinger. 1. utgave

NS-EN ISO 15883-2 (2006)

Vaskedekontaminatorer Del 2: Krav og prøvinger for vaskedekontaminatorer med termisk desinfeksjon for kirurgiske instrumenter, anæstesi utstyr, kar, redskaper, glasstøy osv. 1. utgave

NS-EN ISO 15883-4 Vaskedekontaminatorer:
Krav for Thermolabile endoskop

NS-EN ISO 17664-1 Sterilisering av medisinsk utstyr, med fuktig varme, validering og kontroll

EN 556 - Definisjon på sterilitet

EN 285 - anbefalinger for store autoklaver

• Ann M. Berg



28.03.2023 •

Standards for Reprocessing Processes

Validation	Sterilizers	Washing Disinfection	Chemical Indicators	Biological Indicators	Packaging
EN ISO 14937 General requirements for the characterization of sterilization products and the development, validation and routine monitoring of sterilization processes	EN 285 Requirements for large sterilizers (over 54l)	EN ISO 15883-1 General Requirements for washer-disinfectors	EN 867-3 Chemical indicator systems for steam sterilizers (Test standard for hollow load test)	EN ISO 11138-1 General requirements and classification for Biological Indicators (BI)	EN ISO 11607-1 Packaging of medical devices
EN ISO 11135-1-2 EO processes	EN 13060 Requirements for small sterilizers (below 54l)	EN ISO 15883-2 W.D. requirements for surgical instruments	EN ISO 11140-1 General requirements, classification and test procedures for chemical indicators (CI)	EN ISO 11138-2 BI for EO sterilization	EN ISO 11607-2 Validation requirements for forming processes
EN ISO 11137-1-3 Radiation processes	EN 14180 Requirements for LTF sterilizers	EN ISO 15883-3 W.D. requirements for containers for human waste	EN ISO 11140-3 Requirements for the original BD-test page	EN ISO 11138-3 BI for steam sterilization	EN 868 Series 2-10 Packaging of sterile goods
EN ISO 17665-1-2 Steam processes	EN 1422 Requirements for EO sterilizers	EN ISO 15883-4 W.D. requirements for thermolabile endoscopes	EN ISO 11140-4 Requirements for BD-Simulation tests	EN ISO 11138-4 BI for dry heat sterilization	Additional standards
EN 15424 ISO 23424 LTF processes	DIN 58931 Requirements for steam sterilizers in laboratories	EN ISO 15883-5 W.D.s - test soils and methods	ISO 11140-5 Requirements for the US EO-test	ISO 11138-6 BI for H ₂ O ₂ sterilization (under development, no draft available)	
EN ISO 14937 H ₂ O ₂ Plasma processes	EN ISO 15472 Requirements for test sterilizers (reautometers)	prEN ISO 15883-6 W.D.s - Requirements and tests for general purpose W.D.s with thermal disinfection	prEN ISO 11140-6 will substitute EN 867-5 Requirements for Hollow load test	EN ISO 14161 Guidance for the selection, use and interpretation of the results for biological indicators	
ISO/DIS 20057 Dry heat process		prEN ISO 15883-7 W.D.s - Requirements and tests for general purpose W.D.s with chemical disinfection for bedframes, containers, etc.	EN ISO 15882 Guidance for the selection, use and interpretation of the results for chemical indicators		
EN ISO 17664 Information about reprocessing of re-usable medical devices					EN ISO 10993-1-17 Classification of medical devices
DIN 58921 Validation of medical device simulators (MDS) (English version available)					EN ISO 11139 Terms and definitions as sterilization standards
EN 556 Definition: Sterility					EN ISO 11737-1-2 Microbiological methods
					EN ISO 14971 Risk management of medical devices

European Medical Device Regulations (MDR) 93/42

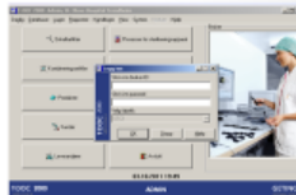
• Ann M. Berg

Hentet fra undervisning til Dr. U. Kaiser sent 2011

28.03.2023 •

T- DOC:

IT system som
benyttes til
planlegging ,
kontroll, lagerstyring
og sporing av sterile
instrumenter



• Ann M. Berg

28.03.2023 •

Avhengigheter – logistikk og tilgjengelighet:



• Ann M. Berg

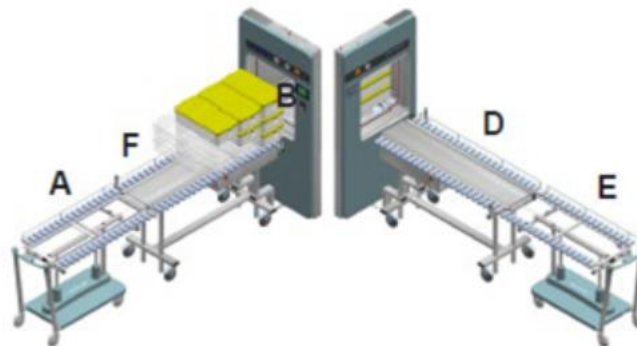
28.03.2023 •

Mail sendt fra Ann Margrethe Berg 25.april 2023:

Hei

1. Bilder og info av de nye autoklavene dere skal sette inn, med på lasting- og avlastingsstraller samt nedkjølingsområde

- Vedlegg 1: nye autoklaver
- Foran og bak autoklavene→



inn og utlastingsvogn

2. Bicar (?) substitutt for manuell vask på uren sone, bikarbonat. Link til bilder av denne. Og størrelse

[Sterilforsyning – Thune Produkter Helse AS](#)

- Se under rengjøringsutstyr
- Det er to modeller. Vi ønsker den minste.

3. Har du tall på hvor stor ultralydmaskinen er?

[DS 1000 Series - Steelco \(steelcogroup.com\)](#)

[TW 3000/2 Smart Tunnel - Steelco \(steelcogroup.com\)](#)

- Ultralyd forvasker har mål som en DS 1000 serien.

4. Har du et tall på hvor mange brikker som går i retur fra ren til uren sone for å måtte vaskes på nytt?

Må stille spørsmål til kvalitetskoordinator. Kommer tilbake til det.

5. Oversikt over etterspørsel i løpet av året/uken/døgnet og eventuelle variasjoner.

– 80 000 containere årlig+ like stort antall enkeltinstrumenter og papir- eller folieinnpakke små brikker

6. Syklustider på manuelt arbeid på brikker i minutter fra nye utregninger januar 2022:

- Manuell rengjøring i et gjennomsnitt. Da vi gikk nøyere gjennom rengjøring av bl.a. Da Vinci instrumenter i slutten av 2022 ser vi at dette varierer
- Tider skal etter all sannsynlighet endres for 2024 grunnet ny maskinpar og nye rutiner.

Rengjøring av enkeltinstrumenter	8
Prosessering kompliserte brikker	43
Prosessering standard brikker	28
Prosessering enkle brikker	18
Anestesiutstyr	8
Prosessering enkeltinstrumenter	8
Spesialinstrument og egenproduksjon a 10 stk	9
Manuell rengjøring	5
Prossesering fleksible skop	34
Rådgiving	60



Berg, Ann Margrethe <Ann.Margrethe.Berg@stolav.no>



Til: Aase Sølvsberg Urdal

to. 27.04.2023 07:53

Hei

Ang. vaskemaskiner:

Pga. forskjellige størrelser på containere og størrelse på brikkene som ligger inne i containerne, er det svært varierende.

I en vaskemaskin kan vi regne med å få plass til ca. 6 ulike vaske rister på en vaskeinnsats. En vaskerist kan være innerristen i containeren + andre vaskerister, fordi instrumentene i containerne er fordelt på flere rister.

- Container med mye innhold blir fordelt på flere vaske rister på vaskeinnsatsen for optimal rengjøring. De settes sammen etterpå ut fra merking med skilt som legges i ristene og anmerkes på brikkelistene.

Flere lag instrumenter oppå hverandre kan gi dårlig vaskeresultat. Regel → ikke mer enn 3 lag. Og instrumentene må ligge på en måte i vaskerista, slik at såpe og vann kommer til der det er blod og vevsrester. Samt at hule instrumenter skal på dyser. Innsatser for huleinstrumenter vil ta færre vaskerister.

Veldig vanskelig å svare på dette.

Vi ser på antall vaskeinnsatser vi har i dag når vi anskaffer nye maskiner. Og om de tar lik mengde instrumenter pr vask.

Får vi nye typer instrumenter vil dette også bety en endring mht. behov.

Vognvaskemaskin:

En vognvask kan ta 27 store containere.

Autoklave:

En autoklave som vi har i dag, kan ta 16 containere, og vi har i dag 3 autoklaver med steriliseringstid på 1 time og 40 min.

Nye autoklaver som blir installert i sommer, tar 12 containere pr. kjøring. Vi har da 7 autoklaver som har steriliseringstid på 55 min ?

Håper dette ga mening😊

Med vennlig hilsen

Ann Margrethe Berg

Fagrådgiver

St. Olav driftsservice

Mail sendt fra Ann Margrethe Berg 4.mai 2023:



Berg, Ann Margrethe <Ann.Margrethe.Berg@stolav.no>
Til: Aase Sølvberg Urdal
Kopi: Berg, Ann Margrethe <Ann.Margrethe.Berg@stolav.no>



to. 04.05.2023 09:57



DC-PD-02-FA EN Rev.05.pdf
8 MB



Hei

Arbeidsbord på uren sone:

- Synes dette ble en god løsning. Her har du plass til vaskeinnsatser på understell, en hylle til vaske rister av ulikt slag m.m.
- Bordet kan endres-fin bredde.
- Bordet burde utstyres med hyller, montering av PC og lupelampe i en bøyle på bordet + kurver til ulikt utstyr som trengs på arbeidsbordet



se vedlegg

- På uren sone trengs også oppbevaringsplasser for vaskeinnsatser slik at de ikke står utover gulvet, men kan plasseres i Rack

Rack organizer

Belimed height-adjustable rack organizer tables are ergonomically designed for the storage of up to 6 Belimed WD 290/390 racks for maximum space saving in Central Sterile Service departments. Each Rack compartment is equipped with guide rails for easy and safe handling of racks.

The rack organizer table allows height adjustable loading and unloading of racks on both the upper and lower level. Thanks to the rack organizer's flexibility, staff can easily, efficiently and ergonomically exchange racks.

The packaging table is designed with easy cleaning in mind, implementing a robust stainless-steel framework incl. docking mechanism to Belimed WD 290/390 transport trolleys.

The rack organizer table includes the following features

- 6 rack storage in smallest footprint (3 racks on 2 levels)
- Safe transport trolley docking
- Electrohydraulic height adjustment
- Remote control with 2 selection buttons for lower and upper height adjustment



Manuell vask:

- Selv om vi får inn BICARmed, må vi ha mulighet til å bruke vask. Vi har utstyr som skal bløtlegges og vasken må være ca. 1 m. lang og 25 cm dyp. Dette blir da en uren vask. For skyllinger vil det også være behov for en ren vask m/ normal størrelse(som i dag).
- Uren og ren vask må stå adskilt for å redusere sprut (aerosoler) Uren vask bør ha avtrekk.
- Ser ut som dere har valgt den største modellen for BICARmed. Vi tenker å investere i den minste modeller(jf. link jeg sendte). Ellers ser arealet ok ut for meg, med plass til en uren og en ren transporttralle.

Kontrollsoner ren sone:

- Dagens kontrollsoner trenger minst 2 arbeidsbord-gjerne tre ca. 1,50 cm lengde 80 cm brede. Tunnellvaskemaskiner produserer rent utstyr hver 22,5 min. ifølge leverandør.
- Hyller trengs til hvert bord, og gjerne integrert i selve bordet der PC kan festes sammen med lupelampe – se over.
- Det må være plass til trykkluftpistoler til alle bord.
- Viktig med innebygd kontrollsoner grunnet støy fra luftpistoler.
- Gjerne plassering av kontrollsonen mellom vaskedekontaminatorene og arbeidsbord i ren sone – glassvegg mot pakkebord i ren sone kan være et forslag. Konsentrasjon ved arbeidsbord i ren sone er viktig.
- Ellers ser arealet ok ut.

Montering og pakkebord:

- Tror bordene bør være lengst mulig. Driftkoordinator hos oss mener 1,80 er passe.90 brede.
- Hyller trengs til hvert bord, og gjerne integrert i selve bordet der PC kan festes sammen med lupelampe – se over. Samt skufferekke i bordet.
- Arealet må ta hensyn til fleksible innlaster-bord som skal lastes med brikker og containere for sterilisering. Tror jeg sendte bilde av innlastere til autoklavene. Bør plasseres i enden av bordet for lettest mulig lasting-slipper vridninger.
- I ren og uren sone ønsker vi å gå over til robotiserte løsninger, om dette kan være noe å ta inn i prosjektet. Dette for å redusere løfting.

Med vennlig hilsen

Ann Margrethe Berg

Fagrådgiver

St. Olav driftsservice



Berg, Ann Margrethe <Ann.Margrethe.Berg@stolav.no>



Til: Aase Sølvsberg Urdal

ma. 15.05.2023 10:27

Hei

I dag går flyten ut av vognvaskemaskinene til ren gang, et område som ligger i forkant av ren og steril sone. Vi har i dag 3 slike maskiner, og kan med fordel trenge 4.

- Containere går inn i ren sone etter vognvask,
- Inner- og yttervogner(AGV) går inn i steril sone etter vognvask.

Den rene gangen fører videre til et veiskille kan man si, der containere plasseres i egne hyller i ren sone sin forgang, før de hentes for bruk der→ denne distansen bør være kortest mulig. Kan man tenke seg et transportbånd som fører til hvert arbeidsbord i ren sone?

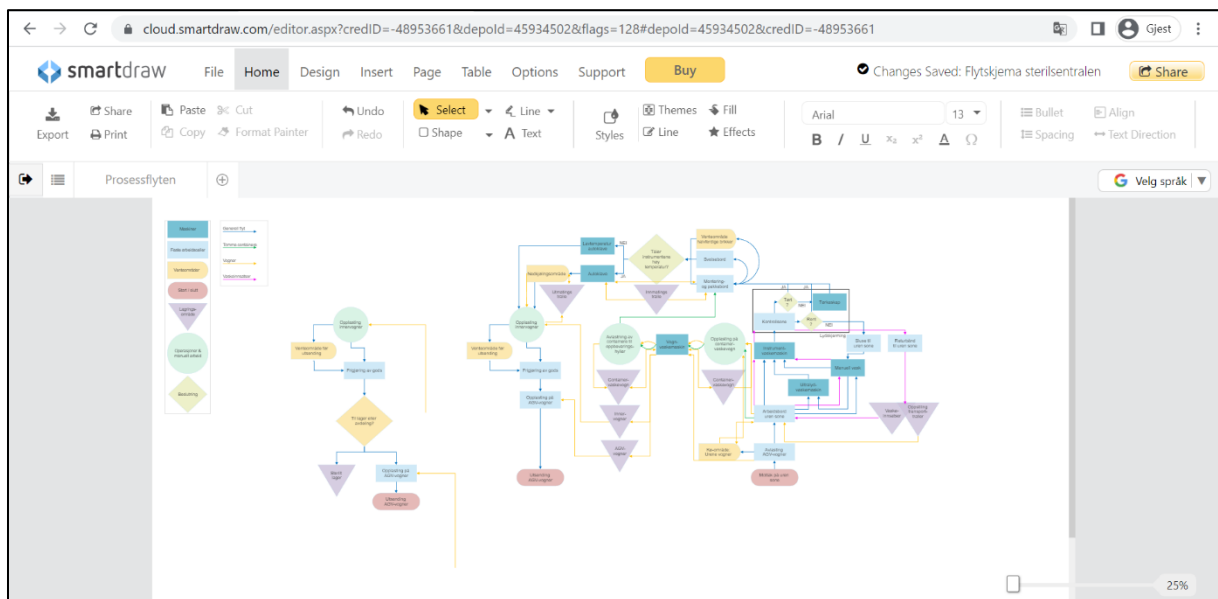
Alle vogner kan trilles direkte inn i steril sone om det er nok oppstillingsplasser der, eller ha en mellomstasjon i en ren sone/ ren gang, før de fraktes inn til bruk i steril sone når det er bruk for dem for lasting av steriliserte containere. Kan dette automatiseres?

En steril sone bør også planlegge for lager av steriliserte instrumenter i containere. I ren og steril sone skal man ikke ha vann, men desinfeksjonssprit tilgjengelig på alle arbeidsbord.

- Håndvask skal skje før ansatte går inn i disse sonene.

Vedlegg E: SmartDraw

Utklipp fra SmartDraw sin *Flowchart*-funksjon:



Utklipp fra SmartDraw sin *Floorplans*-funksjon:

