

Skjermingsberegninger nukleærmedisin

Radiologisk avdeling, Haugesund sjukehus, Helse Fonna HF

Ellen Wasbø, medisinsk fysiker

Evabeth Bruvoll, strålevernkoordinator

02.11.2020

1. Forutsetninger

1.1. Rømløsning

Figur 1 og 2 viser tegning av området hvor vi planlegger at nukleærmedisinsk avdeling skal flyttes til. Bygningsmassen er fra 1977 og huser pr i dag akuttmtottak.

Etasjehøyde er målt med laser:

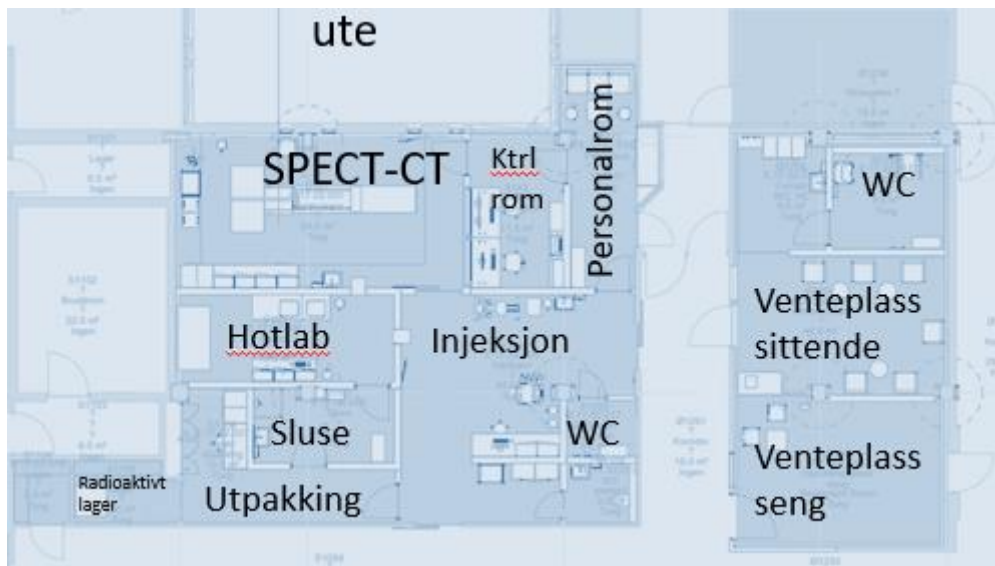
Fra gulv i u-etg til etasjeskille mot 1. etg.: Ned til U-etg: 3,33 m

Fra gulv i 1. etg til etasjeskille mot 2. etg.: Opptil 1. etg: 3,67

Etasjeskille er opplyst å ha kaiserdekke (stålplater med påstøp). Påstøpen skal være 100 mm samt 20 mm avretningsmasse dvs totalt 120 mm som antas som ordinær betong.



Figur 1 Plantegning for området.



Figur 2 Tydeliggjøring av funksjon for de ulike rommene.

1.2. Dosegrenser

Dosegrensene som brukes for dimensjonering av bygningsmessig skjerming er oppsummert i tabellen under hentet fra Veileder om nukleærmedisin fra 2020 basert på Strålevernforskriften (1).

Tabell 5-2: Dosegrenser og dimensjonerende dosegrenser

	Dosegrense pr år	Dimensjonerende dosegrense (planlegges med)	Dosegrense pr time
Allmennhet	1 mSv/år	0,25 mSv/år	7,5 μ Sv/h
Yrkeseksponerte	20 mSv/år	1 mSv/år	

I tillegg vises det til Siemens sin planning guide for sitt gammakamera (Intevo): «*verify that at a height of between 0.5 to 1.5 meters above the floor and a distance between 0 to 10 cm of the room wall, the radiation back- ground is lower than 0.1mR/h*». 0.1 mR/h tilsvarer 1 μ Sv/h.

1.3. Aktuelle isotoper

Diagnostisk nukleærmedisin:

Tc-99m: Dette er pr i dag den mest brukte isotopen for undersøkelser på gamma kamera.

I-123: Relativt lik foton-energi som Tc-99m, mindre bruk enn Tc-99m og med lavere aktivitetmengder. I-123 ignoreres derfor i skjermingsberegningene med tanke på at estimatene for Tc-99m vil gi større krav til skjerming enn I-123.

Se-75: Svært små aktivitetmengder brukt. Ignoreres i skjermingsberegningene.

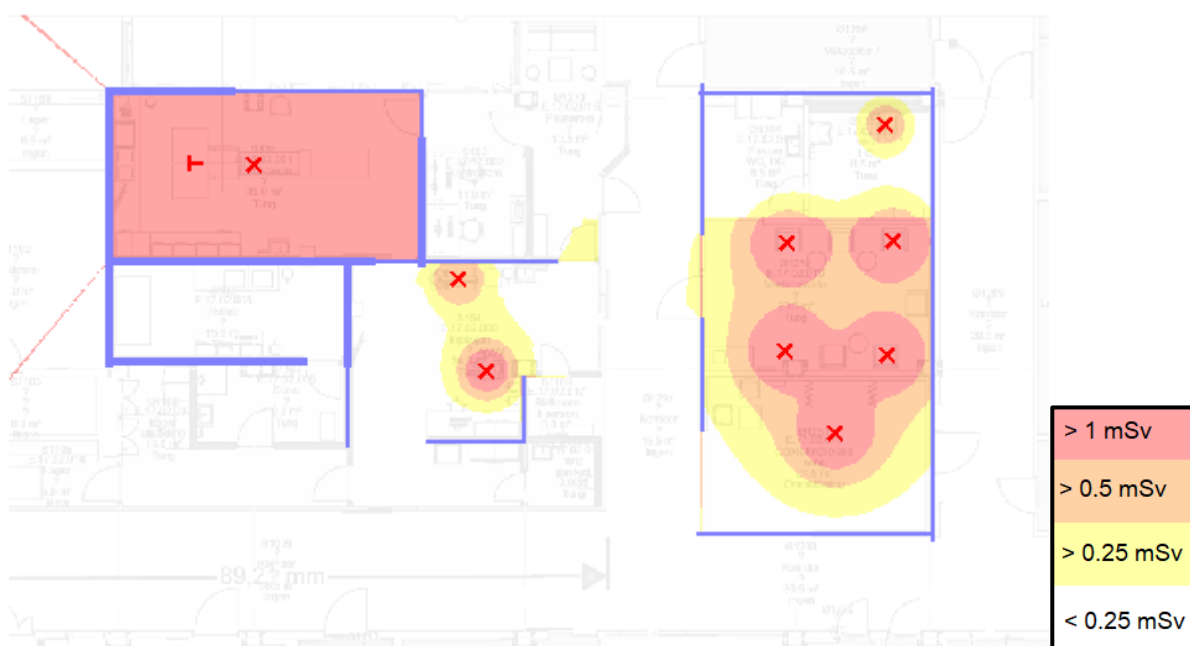
Terapi:

I-131: Brukes kun poliklinisk for behandling av hyperthyreose og kun som kapsler i all overskuelig fremtid. Det er også kort opphold etter terapi-kapsel gitt. Dette ignoreres derfor i skjermingsberegningene.

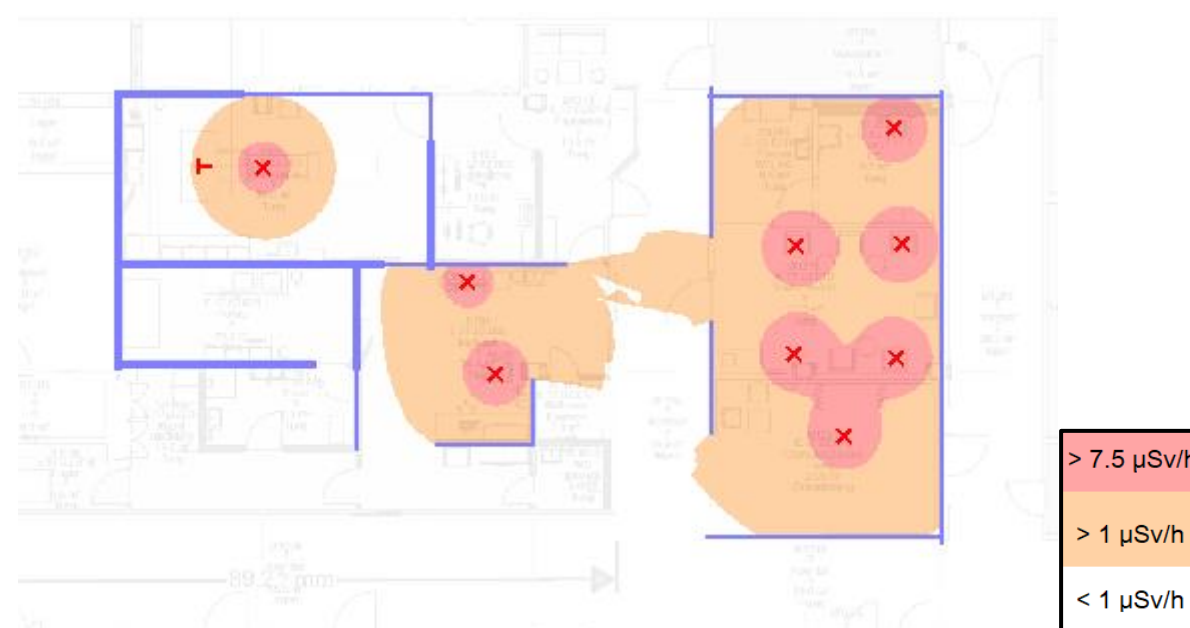
Skjermingen er beregnet på grunnlag av dagens pasientmengde, men oppjustert for å ta høyde for økt pasientmengde i fremtiden og for å sikre at skjermingen er tilstrekkelig. Pr 2019 ble det utført 760 undersøkelser/ behandlinger. Skjermingsberegningene har lagt til grunn injeksjonsdose på 700 MBq og drift samtlige arbeidsdager (230 arbeidsdager/år).

For SPECT-CT, injeksjon, sykkel (hjerterbelastning med 400 MBq) og venterom er det beregnet 5 pasienter pr dag = 1150 pasienter/år. Pr 2019 var i underkant ca. 40% pasienter med injeksjonsdose 700-750 MBq (skjelettundersøkelser, parathyreoidea og hjerterundersøkelser hvile). Dermed er antall pasienter pr år og injisert aktivitet betydelig overestimert. For ventearealet gjelder også at pasientene, for enkelte undersøkelser, venter i opptil 3 timer fra injeksjon til bildetaking. Pasientene har da også anledning til å f.eks. dra hjem i mellomtiden. Dagens praksis er at de fleste pasienter forlater sykehusområdet i denne ventetiden. I skjermingsberegningene er det antatt at alle pasientene venter i venterommet i 3 timer.

Ytterligere detaljer og diskusjon vil bli tatt opp senere i dokumentet hvor de ulike områdene beskrives mer inngående.



Figur 4. Årsdose i mSv beregnet for området.



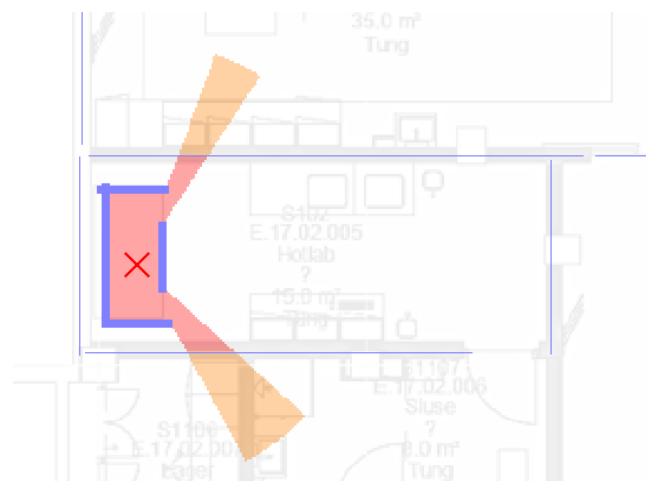
Figur 5. Max dose rate beregnet for området. For hotlab se kapittel 2.

For etasjen over og under er det gjort beregninger med eksisterende 120 mm betong (kaiserdekke med påstøp). Det er da ingen områder som gir årstdose over 0.25 mSv pr år eller $> 7.5 \mu\text{Sv/h}$. Det er derfor ikke nødvendig med ytterligere skjerming i gulv og tak. Eventuelle hull må dekkes med minimum 1 mm Pb (gjørne 2 mm bly).

2. Hotlab – området

2.1. Skjerming

I hovedsak skal håndtering av åpne radioaktive kilder skje i sikkerhetsbenker med innebygd skjerming. Når radioaktiviteten skal flyttes fra en arbeidsposisjon til en annen skal det skje i skjermede beholdere. Ved arbeid i sikkerhetsbenk med åpne kilder vil det være en noe uskjermet åpning i front ved siden av operatøren for at operatøren skal kunne ha hendene inn i benken. Det gjør at det ved arbeid i benken er stråling ut i rommet i en svært begrenset sektor. Hotlab skjermes derfor med 2mmPb. Skjerming av dør inn til hotlab skal ikke være nødvendig da det ikke vil være åpne kilder i den delen av rommet. 2 mmPb er tilstrekkelig til å holde doseraten under $7.5 \mu\text{Sv/h}$ også for lekkasjestråling i eventuelle korte tidsintervall ved overflytting av aktivitet mellom skjermede beholdere i sikkerhetsbenken ved nylig eluert generator (antatt max aktivitet 80 GBq). Se figur 6. Veggene i hele rommet skjermes likevel med minimum 2mmPb for å kunne ta høyde for eventuelle uhell med radioaktive kilder. 2 mm bly skal også være tilstrekkelig for å holde strålenivået under $1 \mu\text{Sv/h}$ mot gammakameraet.



Figur 6. Beregning av lekkasjestråling ut av sikkerhetsbenk ved håndtering av aktivitet fra nylig eluert generator (Tc-99m). Beregningene er gjort med 80 GBq og 2mm bly i veggene (20 mm bly i sikkerhetsbenken).

Slusen skjermes mot injeksjonsrommet med minimum 1 mmPb for å unngå forstyrrelser av hånd/fot dekontaminatoren fra injiserte pasienter.

Kildene i utpakkingsrommet og radioaktivt lager skal oppbevares i skjermede beholdere eller blyskap og trenger derfor ikke ytterligere bygningsmessig skjerming.

Som en ekstra kontroll på at 120 mm betong i gulvet er tilstrekkelig er det gjort beregninger med søl på gulvet i hotlab for å kontrollere hvilke mengder som må til for å gi $> 7.5 \mu\text{Sv/h}$ ved opphold i etasjen under (1.7 m over gulvet). Beregningene viser at for søl $> 10 \text{ GBq}$ vil doseraten være større enn $7.5 \mu\text{Sv/h}$. Risiko for søl av denne størrelsen anses som urealistisk da så store mengder svært sjelden eller aldri tas ut av sikkerhetsbenken. Det anses derfor som ikke nødvendig med skjerming utover de eksisterende 120 mm betong.

2.2. Avløp og avfall

Det skal ikke tilføres radioaktivitet til avløpet. Kontaminert produksjonsavfall vil bli oppbevart i skjermede beholdere enten på hotlab eller i eget rom for radioaktivt avfall. Det vil være nøddusj og vask i slusen på uren side. Det vil også være vask på hotlab. Denne er ikke tilkoblet avløpet, men går til en 10 liters tank i eget skap som er skjermet med 2 mm bly. Tanken byttes manuelt ved behov, og vasken skal kun benyttes i nødsfall ved eventuelt søl/uhell.

2.3. Ventilasjon

Se egen rapport.

Det er forrigling mellom dørene i slusen slik at døren til hotlab ikke kan åpnes om døren fra intern korridor til sluse står åpen og vise versa.

2.4. Merking og adgangskontroll

Døren fra sluse til hotlab merkes med kontrollert område og strålepropell. Døren fra intern korridor til sluse merkes også med kontrollert område og strålepropell.

Døren fra sluse til hotlab har streng adgangskontroll, hvor kun radiografer som jobber med nukleærmedisin (pr. i dag 4 stk) samt medisinsk teknisk ingeniører og tekniskvakt har tilgang. Døren er styrt med kortleser og personlig kode.

Slusen skal være inndelt i uren-ren sone. Dette skille markeres i gulv med markeringsteip.

3. SPECT-CT

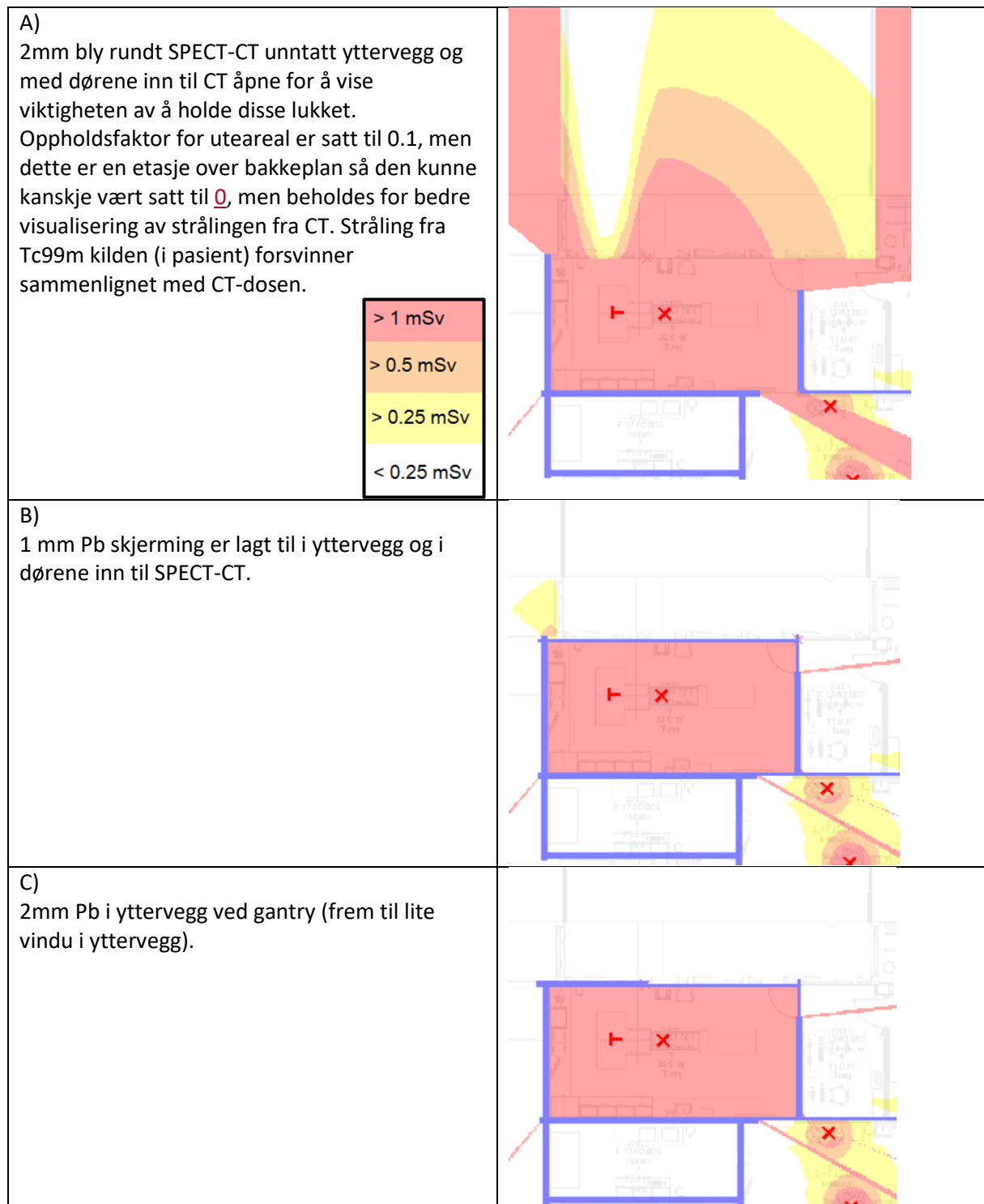
3.1. Skjerming

Generelt anbefales det i Veileder 5 Tabell B-4.1 (4) skjerming med 2mm bly for CT rom med normal bruksfrekvens og romstørrelse. For yttervegger og yttervindu gjelder det samme (2mm bly) dersom avstand fra isosenter til oppholdsplass er mindre enn 5 meter (gjelder sekundærstråling, primærstråling ikke aktuelt for CT). Denne anbefalingen kan tolkes som at det ikke trengs skjerming i yttervegg dersom det er mer enn 5 meter til oppholdsplass. Våre beregninger viser at det trengs noe skjerming ut over 5 m fra isosenter da spesielt med tanke på lokaler med yttervegg normalt på CT-rommet.

For SPECT-CT brukes CT i mindre grad og generelt kun til lavdose CT, men i tillegg skal rommet skjermes med tanke på pasienter injisert med radioaktivitet.

For beregningene er det lagt til grunn at alle CTene kjøres med 2000 mAs pr pasient (120 kVp) og injeksjoner/aktivitetsmengder som tidligere beskrevet (5 pr dag, 700 MBq).

Beregningene som vist i figur 7A bekrefter at 2 mm bly er tilstrekkelig for innerveggene og i vindu mot kontrollrom. 1mm bly er tilstrekkelig for dørene inn til SPECT-CT fra kontrollrommet og injeksjonsrommet (figur 7B). 1mm bly er tilstrekkelig for det meste av ytterveggen, men veggen fra det lille vinduet og videre mot veggen mot bruddrommet er det nødvendig med 2mm bly (figur 7C).



Figur 7. SPECT-CT med ulik skjerming i yttervegg og innerdører.

Anbefalingen om 2mm bly gjelder også gulv og tak, men som nevnt tidligere i dette dokumentet er det gjort beregninger for etasjen over og under som viser at eksisterende etasjeskille på 120 mm betong (tilsvarer litt over 1 mm bly) er tilstrekkelig. Beregningene er gjort med oppholds faktor 1 for hele etasjen over og under.

3.2. Avløp og avfall

Det skal ikke tilføres radioaktivitet til avløpet. Kontaminert avfall vil bli oppbevart i skjermede beholdere.

3.3. Ventilasjon

Det skal ikke utføres undersøkelser som innebærer bruk av radioaktiv gass eller aerosoler. Det er derfor ikke spesielle krav til ventilasjon for dette rommet med tanke på radioaktivitet.

3.4. Merking og adgangskontroll

Dørene inn til SPECT-CT både fra injeksjonsrom og operatørrom merkes med kontrollert område og strålepropell.

Adgangskontrollen inn til SPECT-CT er ivaretatt fra korridor inn til personalrom og korridor inn til injeksjonsrom hvor begge dører er styrt med kortleser og personlig kode.

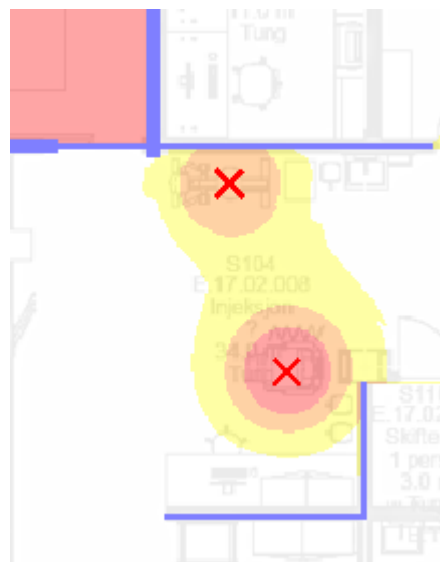
4. Injeksjonsrom

4.1. Skjerming

I injeksjonsrommet er det plassert en pasient som kilde på ergometersykkel (400 MBq, 6 min opphold etter injeksjon og 5 pasienter pr dag). I praksis vil sykkelen plasseres lenger fra veggen og det vil aldri bli så mange pasienter til hjertebelastning pr år. 1 mm bly mot kontrollrommet er tilstrekkelig.

I Injeksjonsstolen er det plassert en pasient som kilde (700 MBq, 6min opphold etter injeksjon, 5 pasienter pr dag). Dette er overestimert med tanke på injeksjonsmengde og antall pasienter i snitt pr dag.

Beregningene viser at bygningsmessig skjerming ved injeksjonsstolen strengt tatt ikke er nødvendig på grunn av avstander til injeksjonsstolen og ingen rom med oppholdsfaktor lik 1 i umiddelbar nærhet.



Figur 8. Skjermingsberegninger for injeksjonsrom.

4.2. Avløp og avfall

Det skal ikke tilføres radioaktivitet til avløpet. Kontaminert avfall vil bli oppbevart i skjermede beholdere.

4.3. Ventilasjon

Det skal ikke utføres undersøkelser som innebærer bruk av radioaktiv gass eller aerosoler. Det er derfor ikke spesielle krav til ventilasjon for dette rommet med tanke på radioaktivitet.

4.4. Merking og adgangskontroll

Dør fra korridor og dør fra personalrom inn til injeksjonsrom merkes med kontrollert område og strålepropell.

Skillet mellom injeksjonsrom og internkorridor vil bli markert i gulv med markeringsteip.

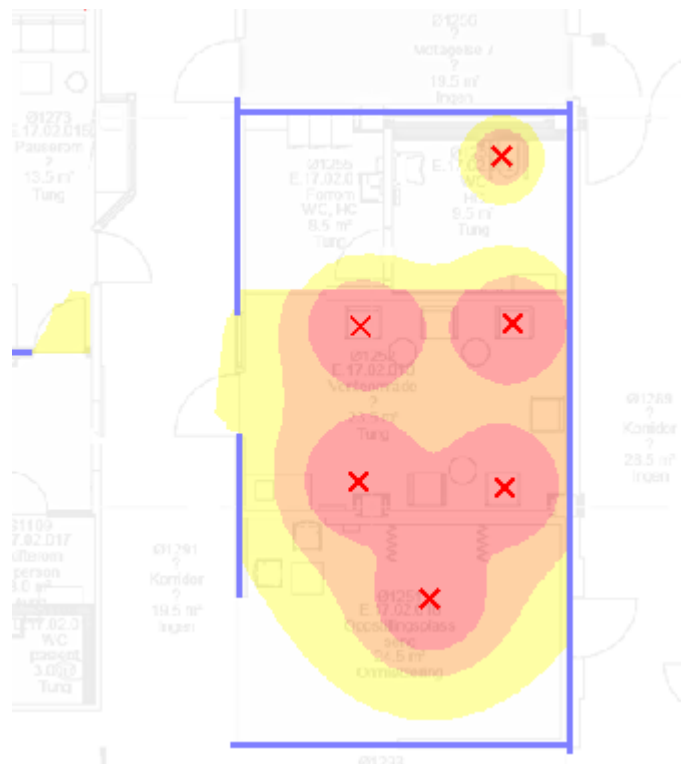
Det blir adgangskontroll med kortleser og personlig kode fra korridor. Det er ikke adgangskontroll fra personalrom til injeksjonsrom.

5. Venteareal

5.1. Skjerming

For ventearealet er det lagt inn 5 ventende pasienter pr dag injisert med 700 MBq. Disse venter i 3 timer etter injeksjon. Det er også lagt inn 10 toalettbesøk på 6 min en halv time etter injeksjon.

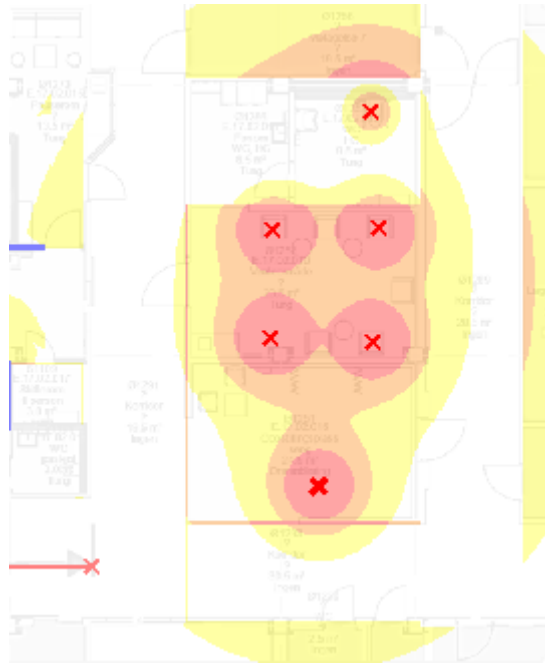
Det er ønskelig med dør og et lite vindu ved siden av døren for både sittende pasienter og sengepasient. Dette er lagt inn uten skjerming og viser at skjerming ikke er nødvendig der for å holde dosen til personalrommet under 1 mSv. Det er et lite område med 0.25 mSv ved dør mellom injeksjonsrom og personalrom pga av åpen dør mot ventearealet. Her er oppholdsfaktoren satt til 1 sammen med hele personalrommet, men er urealistisk høy pga døren.



Figur 9. Skjerming for ventearealet.

I korridoren ved uskjermet dør i ventearealet vises en liten sone med dose over 0.25 mSv pr år. Denne strekker seg ca. 0.3 m inn i korridoren. AAPM TG-108 (2) angir at en skal beregne fra 0.3m fra veggen. Antall pasienter i venterommet er også kraftig overestimert. Skjerming i denne døren anses som unødvendig og denne døren kan derfor også stå åpen.

Siden oppholdsfaktor i ventearealet er satt til 0.25 vil figur 9 være noe misvisende for behovet for skjerming for nærliggende arealer med høyere oppholdsfaktor. Figur 10 viser derfor det samme som figur 9 uten skjerming av ventearealet og sengen plassert et annet sted i rommet for å vise behovet for skjerming også i veggen nederst i bildet.



Figur 10. Beregninger som i figur 9, men uten skjerming for å vise at 1mm bly er nødvendig for arealer i nærheten med oppholdsfaktor lik 1. Ventearealet og korridoren har oppholdsfaktor 0.25, noe som er visuelt misvisende for skjermingsbehovet.

5.2. Avløp og avfall

For pasient-toalettet vil det tilføres radioaktivitet til avløpet. Sykehuset har ikke fordrøyningstank. Pasientene vil også gå på toalettet på andre steder innenfor og utenfor sykehuset i ventetiden. Sykehuset har godkjenning for dette utslippet og installering av fordrøyningstank til eksisterende bygningsmasse anses som ikke aktuelt.

5.3. Ventilasjon

Ingen spesielle krav til ventilasjon ift radioaktivitet.

5.4. Merking og adgangskontroll

Dør mellom korridor og venteareal merkes med overvåket område og strålepropell. Åpningen mellom korridor og venteplass for seng vil merkes med markeringsteip i gulvet.

Det er ikke planlagt adgangskontroll i dette området.

6. Referanser

1. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, Veileder om nukleærmedisin, Veileder 10 (2020)
2. AAPM task group 108: PET and PET/CT shielding requirements. Medical Physics 2006; 33(1)
3. Radiological Protection Institute of Ireland, The Design of Diagnostic Medical Facilities where Ionising Radiation is used, RP II 09/01 (2009)
4. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, Veileder om medisinsk bruk av røntgen- og MR-apparatur, Veileder 5 (2018)