

Prosjekt:

Nytt klinikk- og protonterapibygg Radiumhospitalet

Tittel:

Utslippssøknad protonterapi

05	Utgitt for implementering, etter tilbakemelding fra DSA, oppdatert Figur 9	17.04.23	KRR	MON	PMH	
04	Utgitt for implementering, etter tilbakemelding fra DSA	11.04.23	KRR	MON	PMH	
03	Utgitt for implementering, oppdatert versjon	03.01.23	KRR	MON	PMH	
02	Utgitt for implementering	17.12.22	KRR	MON	PMH	
01	For gjennomsyn	30.09.22	KRR	MON	PMH	
Rev.	Beskrivelse	Rev. Dato	Utarbeidet	Kontroll	Godkjent	
Kontraktor/leverandørs logo:		Bygg nr:	Etasje nr.:	Systemgr.:	Antall sider:	
					Side 1 av 15	
Prosjekt:	Utgivernr:	Fag:	Dok.type:	Løpenr:	Rev.nr.:	Status:
RAD	0000	Z	NO	0001	05	G

Revisjonsendringer

Rev.:	Beskrivelse av endring
01	Første revisjon
02	Utgitt versjon
03	Oppdatert versjon etter språklige endringer
04	Oppdatert etter tilbakemelding fra DSA – presisering av utslippsnivå
05	Utgitt for implementering, etter tilbakemelding fra DSA, oppdatert Figur 9

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	3
1.1 Omfang	3
1.2 Aktuell lovgivning.....	3
1.3 Foretaket	4
1.4 Beskrivelse av virksomheten, jf. § 36-2 forurensingsforskriften.....	5
1.5 Internkontroll og HMS-regelverket	7
2. Radioaktiv forurensning og forebygging av forurensning	8
2.1 Kjølevann.....	8
2.2 Utslipp til luft	10
2.3 Spredningsanalyse for spesialavkast, CFD-simuleringer.....	12
2.4 Grunn og grunnvann.....	13
2.5 Bygningsmessig utførelse/aktivering av byggemateriale.....	13
3. Forebyggende tiltak og beredskapstiltak.....	14
3.1 Konsekvenser for naboer, allmennhet og andre virksomheter i området.....	14
3.2 Konsekvenser for miljø.....	14
3.3 Forebyggende tiltak og beredskapstiltak	14
4. Vedlegg.....	15

1. Innledning

Som en del av prosjektene Nye Oslo Universitetssykehus og Nye Radiumhospitalet, skal det bygges nye klinikk- og protonterapibygg ved Radiumhospitalet. Protonterapibygget inneholder tre likt utformede strålebehandlingsrom, hvorav to skal brukes til pasientbehandling og ett til forskning.

Samtykke til oppføring av protonterapibygget ble mottatt fra Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) 01.09.2020. I denne søknaden ble alle aspekter ved stråleverket i og utenfor bygget beskrevet i detalj.

Denne søknaden gjelder tillatelse etter forurensningsloven til utslipp fra protonterapianlegget. Anlegget settes i drift fra september 2023, med planlagt oppstart pasientbehandling i slutten av 2024. Søknaden er utarbeidet i samarbeid mellom Helse Sør-Øst sin prosjektorganisasjon, PRAD, og Oslo Universitetssykehus HF (OUS HF). Prosjektet eies av Helse Sør-Øst RHF (HSØ RHF) frem til overføring av bygg og utstyr til Oslo Universitetssykehus HF i 2024.

1.1 Omfang

Søknaden gjelder ny tillatelse for utslipp ved protonterapi på Radiumhospitalet. Alle områder som kan forårsake radioaktivt utslipp beskrives, inkludert tiltak for forebygging, se kapittel 3.

I tillegg inneholder søknaden en plan for dekommisjonering av anlegget ved endt levetid.

Oslo Universitetssykehus HF har per september 2022 følgende relevante godkjenninger:

- Gjeldende godkjenning for stråleterapi: GF10-11, gyldig til 31.12.29
- Tillatelse til utslipp av radioaktive stoffer fra Radiumhospitalet: TU13-58-6 (løpende gyldighet)
- Gjeldende godkjenning for medisinsk strålebruk innen nukleærmedisin: GE10-27, gyldig til 31.12.26
- Gjeldende godkjenning for omfattende forskningsmessig strålebruk: GD19-44, gyldig til 31.12.23

1.2 Aktuell lovgivning

Regulering av utslipp er beskrevet i følgende lover og forskrifter:

1. Lov 13.3.1981 nr. 6 om vern mot forurensninger og om avfall (Forurensningsloven), spesielt § 11 og 29
2. Forskrift 1.11.2010 nr.1394 om Forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall, spesielt § 4, og spesifikk aktivitet som er større eller lik verdiene angitt i vedlegg I, bokstav a
3. Forskrift 1.6.2004 nr. 931 om begrensning av forurensning (Forurensningsforskriften), kapittel 36.
4. Forskrift 1.5.2004 nr. 930 om gjenvinning og behandling av avfall (Avfallsforskriften), kapittel 16 (§ 16-5)

5. Lov 12.5.2000 nr. 36 om strålevern og bruk av stråling (Strålevernloven)
6. Forskrift 29.10.2010 nr.1380 om strålevern og bruk av stråling (Strålevernforskriften)
7. Forskrift 6.desember 1996 nr. 1127 om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)
8. Lov av 12. mai 1972 nr. 28 om atomenergivirksomhet (Atomenergiloven)

1.3 Foretaket

- Oslo Universitetssykehus HF
- Foretaksnummer: 993 467 049
- Besøksadresse: Ullernchausseen 70, 0379 Oslo (Radiumhospitalet)
- Postadresse: Oslo universitetssykehus HF, Postboks 4950 Nydalen, 0424 OSLO
- Telefonnummer: 91 50 27 70
- E-postadresse: post@oslo-universitetssykehus.no
- Internettadresse: <https://oslo-universitetssykehus.no>
- Organisasjonskart: Vedlegg 1

Kontaktperson: Strålevernkoordinator Tanja Ø. Holter, Telefonnummer: 92 09 04 84. E-postadresse: uxtaho@ous-hf.no

Det utarbeides felles kompetansekrav og –planer for alle som arbeider med strålekilder i OUS. Dette skal beskrives i verktøyet «Kompetansportalen». Her vil OUS sørge for at ansatte og andre tilknyttede personer som arbeider med strålekilder har tilstrekkelig og dokumentert kompetanse innen strålevern, herunder sikker håndtering av strålekilder og måle- og verneutstyr. Inntil implementeringen av «Kompetanseportalen» er fullført, foreligger det sjekklister for strålevernopplæring (mal i eHåndbok).

Vedlegg 4: Strålevern- og apparatspesifikk opplæring

I prosedyren «Bruk av åpne radioaktive kilder» (Vedlegg 5) er det presisert at «avdelingen skal sørge for at de som arbeider med radioaktive isotoper får adekvat, dokumentert opplæring». Dokumentet er gjort kjent blant aktuelle strålevernkontakter og ledere i OUS.

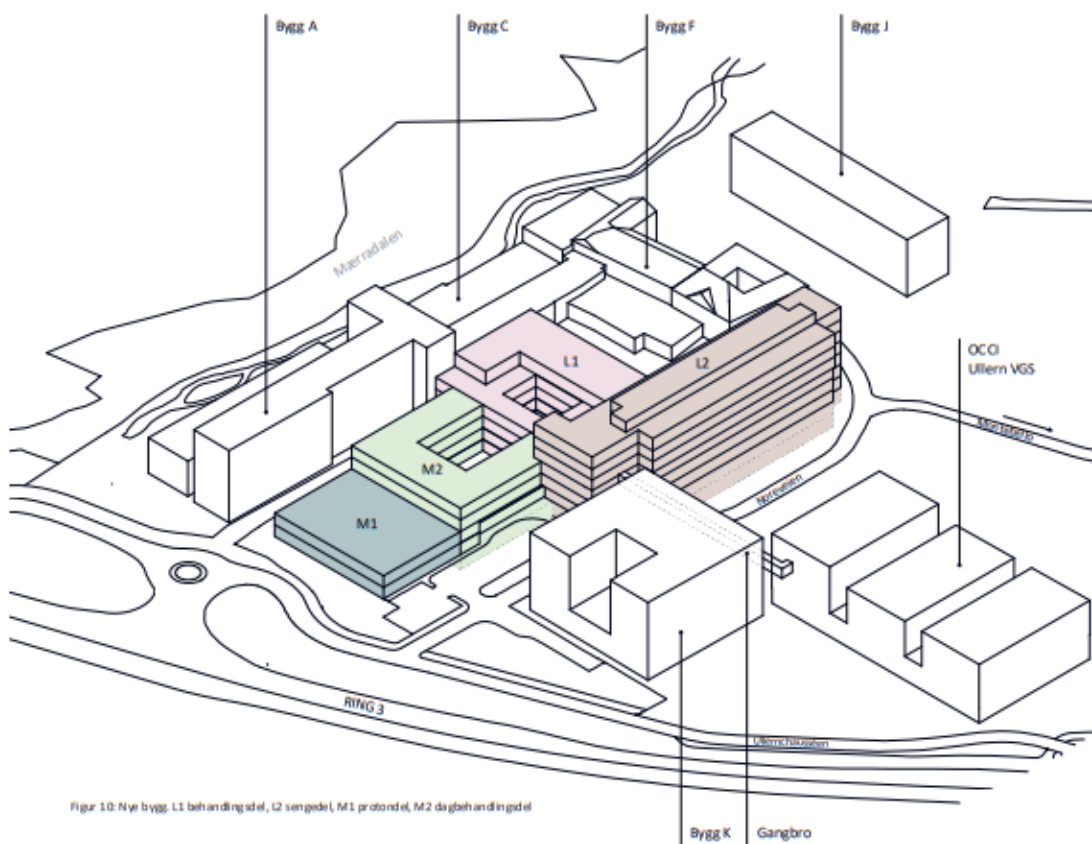
For beskrivelse av kompetansen til strålevernkoordinatoren, jf. § 16, vises til Vedlegg 2 og 3.

I tillegg til strålevernkoordinator har OUS flere lokale strålevernkontakter, med kompetanse tilpasset eget fagområde. Strålevernkontaktene skal, i samarbeid med strålevernkoordinator, arbeide for at virksomheten oppfyller kravene til helse, miljø og sikkerhet slik de er fastsatt i strålevernlovgivningen. Det vil være en egen strålevernkontakt for protonterapiområdet.

1.4 Beskrivelse av virksomheten, jf. § 36-2 forurensingsforskriften

Protonterapi er en type strålebehandling av kreft, som i internasjonal sammenheng er en relativt ny behandlingsform. Anlegget ved Radiumhospitalet vil bli det første i Norge, etterfulgt av et anlegg ved Haukeland Universitetssykehus i Bergen. Behandlingen er tatt i bruk i både Sverige (Skandionklinikken) og i Danmark (Dansk Center for Partikkel Terapi, DCPT, Århus).

På Radiumhospitalet skal protonterapi etableres i eget, nytt bygg. Utslippssøknaden gjelder for arealet M1 i figuren nedenfor.



Figur 1.0: Nye bygg. L1 behandling del, L2 senge del, M1 proton del, M2 dagbehandling del

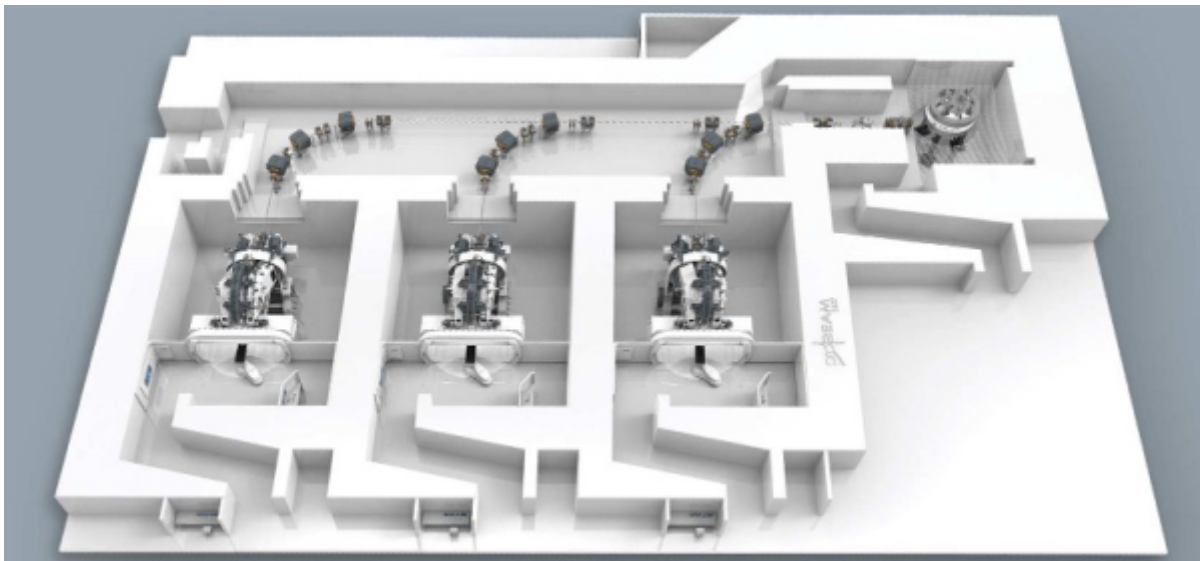
Figur 1: Oversiktsskisse over nye klinikk- og protonterapibygg ved Radiumhospitalet. De nye byggene er markert med farge, eksisterende bygningsmasse med hvitt. Protonterapianlegget er benevnt M1 og inneholder behandlingsrom, tekniske arealer samt støtterom. Bygg M2 inneholder doseplanlegging for både foton- og protonterapi, poliklinikker og servicefunksjoner. L1 er et dedikert behandlingsbygg med blant annet bildediagnostikk, laboratorier og operasjonsavdeling. L2 inneholder sengeposter og poliklinikker.

Protonterapianlegget består av en syklotron, stråletransportsystemet (Beam Transport System, BTS), tre gantry og tre likt utformede strålebehandlingsrom. To av disse rommene er dedikert pasientbehandling, det tredje er for forskning.

Protonstrålen produseres i syklotronen, som akselererer protoner opp til 226 MeV og leverer en protonstrålestrøm opp mot 800 nA. På vei fra syklotronen til pasienten i

behandlingsrommet passerer protonene gjennom et energiseleksjonssystem (ESS). Her tilpasses protonenergien ved at protonene passerer gjennom metallkiler som skyves raskt inn og ut av protonstrålen, tilpasset den energireduksjon en ønsker. Protoner med riktig energi styres og fokuseres videre mot BTS.

BTS transporterer protonene videre inn til det aktuelle behandlingsrommet, som i sin tur er utstyrt med et 360 graders roterende gantry. I gantryet bøyes protonstrålen inn mot pasienten. Protonstrålen avgrenses skarpt i stråleknipper med noen millimeters transversal utstrekning som sveipes over behandlingsområdet, såkalt *Pencil beam scanning*. Det er kun mulig å sende protonstrålen til ett behandlingsrom om gangen, se figur 2.



Figur 2: Illustrasjon av protonterapiapparatet ProBeam 360, med sykklotron, stråletransportsystem og gantry. Tilsvarende løsning skal installeres ved Nye Radiumhospitalet. Sykklotronen sees øverst til høyre i illustrasjonen.

Årsaker til radioaktivt utslipp og radioaktivt avfall er enten direkte stråling i protonproduksjonen, eller indirekte stråling, hvor protonstrålen treffer andre objekter og initierer nøytronproduksjon. Nøytronene kan deretter aktivere grunnstoffer til radioaktive isotoper. Kjølevann, luft, grunn og grunnvann, bygningsmessige komponenter og utstyr kan på denne måten bli aktivert. Nøytronene har svært tidsbegrenset levetid (sekunder til minutter), mens de aktiverte isotopene kan ha halveringstider på flere år.

Aktiverte utstyrsdeler i nærheten av sykklotron og stråletransportsystemet oppbevares i eget lager i påvente av gjenbruk, retur til forhandler eller transport til destruksjon. Dette lageret er strengt adgangsregulert og vil merkes i henhold til Strålevernforskriften. Viser ellers til vedlegg 14 om håndtering av radioaktivt avfall.

Det er etablert et system for strålemonitorering i områdene nært til stråletransportsystemet og sykklotron. Det vil også være mobilt måleutstyr tilgjengelig.

De som arbeider i området rundt sykklotronen vil til enhver tid bære dosimeter, og det vil finnes elektroniske sanntidsdosimetre for personale som trenger dette.

1.5 Internkontroll og HMS-regelverket

OUS sin prosedyre for bruk av radioaktive stoffer og risikovurdering knyttet til strålebruk er vedlagt, vedlegg 5 og vedlegg 6. Det er også utarbeidet en prosedyre om utslipp av radioaktive stoffer, vedlegg 7.

Stab pasientsikkerhet, kvalitet og samhandling har strategisk ansvar for sykehusets ledelsessystem for kvalitet og pasientsikkerhet, og for ledelsessystem for informasjonssikkerhet og overordnede samarbeidsavtaler. Staben har ansvaret for at OUS har strukturer for styring av virksomheten, et helhetlig kvalitetssystem (eHåndbok), utvikling av systemene og internkontroll. Risikostyring, håndtering av uønskede hendelser (Achilles), brukerundersøkelser, oppfølging av diverse tilsyn og revisjoner samt sykehusets forbedringsnettverk hører inn under dette. Stabsleder har strategisk ansvar for bl.a. HMS og strålevern på vegne av administrerende direktør

Forbedringssystemet Achilles omfatter pasienthendelser, HMS-hendelser og andre avvik og forbedringsforslag.

Avdeling for Medisinsk Fysikk (AMF) har en egen post i årshjulet for gjennomføring av revisjoner. Disse er gjerne kliniske revisjoner, og gjennomføres på initiativ fra klinikken, Avdeling for kreftbehandling (AKB) eller egen avdeling. AMF bidrar inn i disse revisjonene når de blir bestilt, samt i dosimetrirevisjoner, som gjerne er eksterne revisjoner.

Vedlegg 8 og 9: Klinisk revisjon

Vedlegg 10: Melding av strålevernssavvik - Uhell med ioniserende stråling (eH)

Vedlegg 11: Meldeplikt om strålegivende enheter (eH)

Vedlegg 12: Uønskede hendelser, risikoforhold og forbedringsforslag i Achilles (eH)

Vedlegg 13: Organisering og målsetting for strålevernssarbeidet ved OUS (eH)

Vedlegg 14: Håndtering av radioaktivt avfall ved Radiumhospitalet

Vedlegg 15: Klassifisering og merking av arbeidsplassen (stråling)

Vedlegg 16: Bruk av persondosimeter

Vedlegg 17: Personell med høy dosimeteravlesning

2. Radioaktiv forurensning og forebygging av forurensning

I dette kapittelet beskrives kilder til mulige utslipp av radioaktiv forurensning. Her beskrives også de tiltak som allerede er gjennomført og som planlegges for å forebygge dette videre.

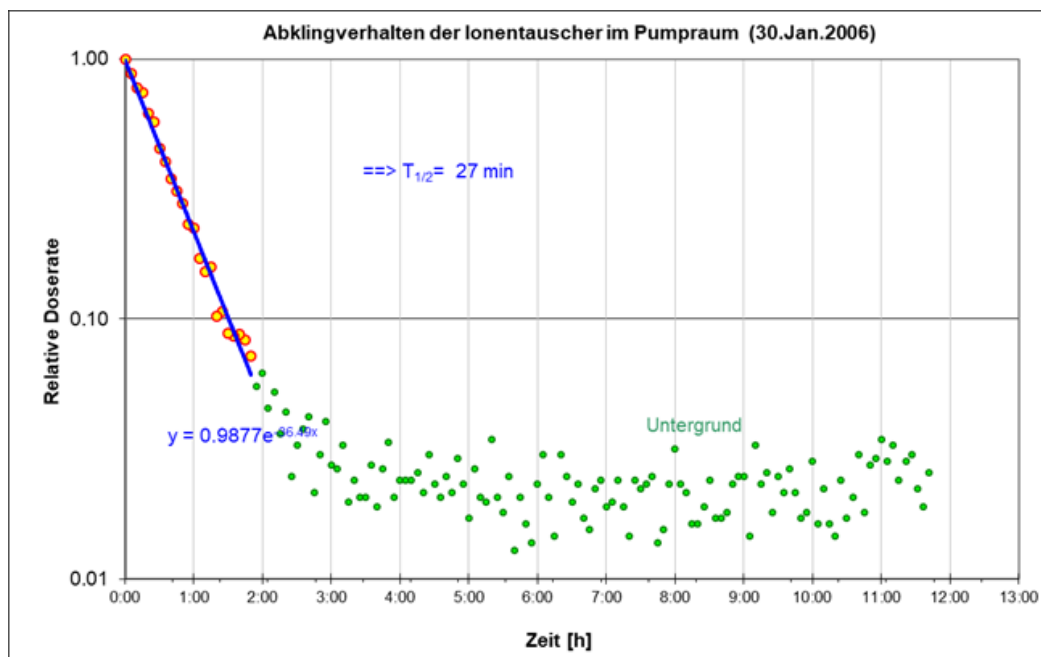
2.1 Kjølevann

Til kjøling av et protonterapianlegg benyttes avionisert vann. Dette vannet går i en lukket sløyfe. Når protonstrålen aktiverer kjølevann produseres det radionuklider. De vanligste nuklidene som produseres i nøytronbestrålt kjølevann er listet opp i tabellen nedenfor.

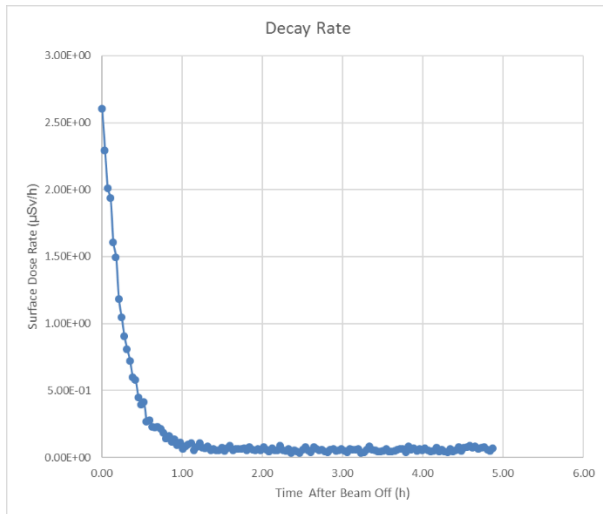
Nuclide	Dominant production reaction	Half-life	Dominant decay reaction and dominant gamma energies	Total production cross section in water
H-3	Spallation of O	12.3 years	β^- , No gamma radiation	$1.0 \cdot 10^{-3}$
Be-7	Spallation of O	53.3 days	EC, 0.5 MeV (10 %)	$1.7 \cdot 10^{-4}$
C-11	Spallation of O	20.4 min	EC β^+ , No gamma radiation	$1.7 \cdot 10^{-4}$
N-13	Spallation of O	9.97 min	EC β^+ , No gamma radiation	$3.0 \cdot 10^{-4}$
O-14	Spallation of O	1.18 min	EC β^+ , 2.3 MeV (99%)	$3.3 \cdot 10^{-5}$
O-15	Spallation of O	2.04 min	EC β^+ , No gamma radiation	$1.3 \cdot 10^{-3}$

Figur 3: Oversikt over radionuklider. Hentet fra DCPT, Århus, Danmark, fra utstyrsleverandør

Utstyrsleverandøren har gjort doseratemålinger i kjølevannssystemet ved flere protonterapisentre. Alle målingene viser at to timer etter bestråling er den målte doseraten tilsvarende bakgrunnsnivået. Figur 4 og Figur 5 viser doseratemålinger fra sentre i henholdsvis München og San Diego.

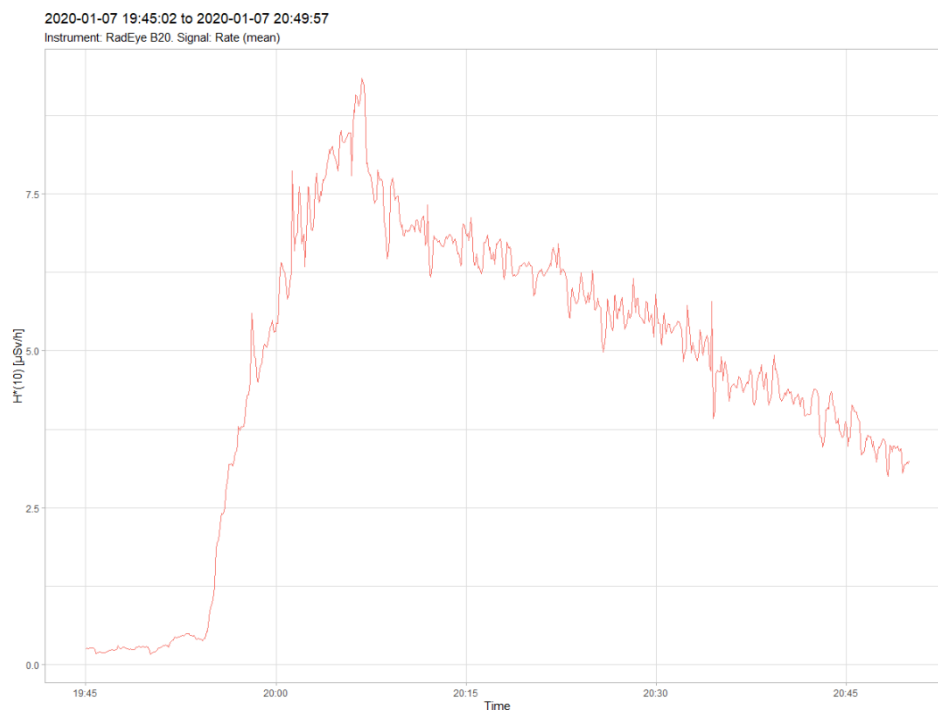


Figur 4: Doseratemåling fra ionebytter i kjølevannskretsen, München



Figur 5: Doseratemåling 30 cm fra ionekammer, San Diego

Disse funnene understøttes av egne kontrollmålinger prosjektet har gjort ved DCPT i Århus i januar 2020. Her ble det gjort målinger på toppen av kjølevannstanken med «pancake» GM-rør av typen B20-ER³ fra Thermo Scientific. Denne detekterer både beta, gamma og alfa-stråling. Syklotronen ble kjørt kontinuerlig i 12 minutter i forkant av målingen, en stresstest som langt overstiger eksponeringstiden i en ordinær driftssituasjon. Målingene er vist i figuren nedenfor. Her ser man at maksimal persondose var ca. 10 µSv/t, og nivået ble redusert til 3 µSv/t 50 minutter senere. Konklusjon er at aktiviteten avtar raskt, også etter stresstest av syklotronen. Til sammenligning er bakgrunnsstrålingen i Norge mellom 0,05 og 0,20 µSv/t.



Figur 6: Doseratemåling i en time etter stresstest av syklotron. DCPT, Århus, Danmark.

Kjølevannssystemet til anlegget ved Radiumhospitalet går i lukkede sløyfer, og all rørføring plasseres slik at rør ikke eksponeres der det er allmenn ferdsel.

Kjølevannssystemet har ionefiltre plassert på eget kjølevannssystem definert som «overvåket område». Disse ionefiltrene byttes og gjennomgår regelmessig service. Erfaringer fra Danmark er at det er lav aktivitet i disse filtrene, og kombinert med lav oppholdsfaktor utgjør ikke disse en helserisiko. Det anbefales at det utarbeides prosedyrer for måling av radioaktivitet ved bytte av filtre.

De sentrene vi har hentet erfaring fra for beregning av kjølevann har installert en tidligere versjon av utstyret (Varian ProBeam). I den nye løsningen som installeres ved Radiumhospitalet (Varian ProBeam360) vil det være mindre kjølevannsvolum enn i den tidligere løsningen. I tillegg er maksimalenergien til protonstrålen lavere. Disse to faktorene tilsier at dosenivået i kjølevannet ved Radiumhospitalet vil være lavere enn i eksemplene vist til over.

Det eneste som kan bidra til utslipp av radioaktiv forurensing fra kjølevannet er, etter vår vurdering, lekkasje fra den lukkede kjølevannssløyfeen. Det er gjort bygningsmessige tiltak slik at ved en eventuell lekkasje av kjølevann vil dette samles opp via egne sluk som føres til en oppsamlingstank. Oppsamlingstanken er plassert i et avlåst, adgangsbegrenset rom i byggets underetasje. Ved eventuell lekkasje og oppfylling av vann i tanken skal dette kontrollmåles med tanke på radioaktivitet. Det skal verifiseres at vannet ikke utgjør en strålingsrisiko før det slippes ut til offentlig avløpsvann. Vannet vil kunne slippes ut etter to timer uten at det utgjør en risiko for radioaktivt utslipp, jfr. målinger og vurderinger ovenfor.

2.2 Utslipp til luft

Det er i tidligere faser av prosjektet gjort vurderinger av radioaktivitet i luften som slippes ut av anlegget via ventilasjonssystemet. Disse vurderingene er gjort i samarbeid mellom utstyrsleverandør og prosjektorganisasjonen. Tabellen nedenfor viser sammensetningen av grunnstoffer i vanlig luft samt oversikt over deres mest aktuelle isotoper.

Element	Fraksjon	Signifikant isotop	Fraksjon av isotop	Betraktning
Nitrogen	77,1 %	N-14	99,60 %	Betraktes
		N-15	0,40 %	Betraktes ikke
Oksygen	20,7 %	O-15	99,96 %	Betraktes
		O-17	0,04 %	Betraktes ikke
Argon	0,9 %	A-36	0,34 %	Betraktes ikke
		A-38	0,06 %	Betraktes ikke
		Ar-40	99,60 %	Betraktes
CO ₂	0,039 %	C-12	98,930 %	Betraktes
		C-13	1,070 %	Betraktes ikke
CH ₄	0,0002 %	H-1	99,98 %	Betraktes
		H-2	0,002 %	Betraktes ikke
Vanndamp	1,253 %			
Neon	0,002 %			Betraktes ikke
Helium	0,001 %			Betraktes ikke

Figur 7: Sammensetning av grunnstoff i vanlig luft og oversikt over de mest aktuelle isotopene

Ved indirekte protonstråling av luften vil det dannes nøytroner som igjen forårsaker radioaktive isotoper i luften (se kapittel 1.4). Strålingsnivået vil variere med avstand til kilden og valgt ventilasjonsløsning. Utstyrsløserandøren har utført Monte Carlo-simuleringer med utgangspunkt i prosjekterte luftmengder for bygget på Radiumhospitalet. Grad av aktivert luft er vurdert for normal drift i aktuelle arealer. Det er ikke nedfelt konkrete grenser for utslipp i Norge, og funnene er derfor vurdert mot grenseverdier i andre land. Isotopkonsentrasjonen for anlegget på Radiumhospitalet er 0,65 sammenlignet med den tyske utslippstillatelsen, hvor 1 er grenseverdien for utslipp og tilsvarer 10 $\mu\text{Sv}/\text{år}$, se figur 8. Utslipet ved Radiumhospitalet er med andre ord godt under unntaksgrensen.

Isotop	A: Isotopkonsentrasjon [Bq/m ³]				Utslippsgrense tysk lovverk [Bq/m ³]	A/Grenseverdi
	Gantry	Syklotron	BTS	Total		
H-3	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00
Be-7	0,00	0,05	0,00	0,01	600	0,00
C-11	0,24	91,36	0,40	30,04	600	0,05
N-13	3,27	1573,81	5,94	515,83	2000	0,26
O-15	1,17	854,45	5,07	281,49	1000	0,28
Ar-41	0,06	34,15	0,07	11,13	200	0,06
Sum						0,65

Figur 8: Oversikt over radioaktivitet i aktivert ventilasjonsluft for aktuelle rom ved Radiumhospitalet relativt utslippsgrenser i Tyskland (siste kolonne). Kilde: Utstyrsløserandør

Prosjekterte ventilasjonsløsninger og luftmengder gir mindre enn 7 $\mu\text{Sv}/\text{år}$ for totalt utslipp i pipeløpet. Beregningene viser med andre ord at det vil være svært liten aktivering av luft og avkast. Norsk strålevernlovgivning angir at hver enkelt virksomhet skal begrense eksponering av allmennhet og ikke-yrkeseksponerte til 0,25 mSv/år. Utslipet er under 3 % av denne verdien.

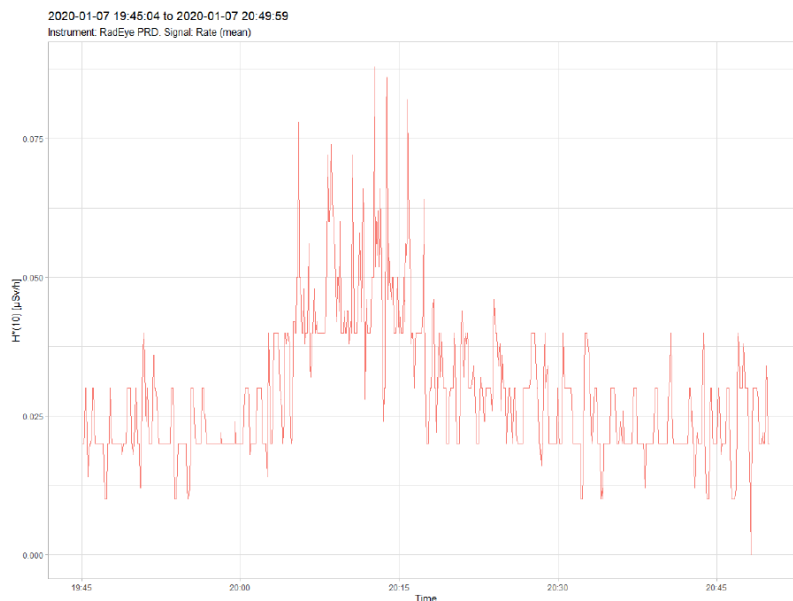
Beregningene fra utstyrsløserandør er sammenlignet med tysk lovverk, som har et mer målrettet lovverk mot utslipp til luft, hvor dosegrensene er satt til aktivitet per luftvolum som er sluppet ut. De norske grenseverdiene er mer generelle, og måler enten total aktivitet per år som er sluppet ut (Bq/år) eller spesifikk aktivitet (Bq/g). Tar en høyde for den totale aktiviteten som blir sluppet ut, så vil en fort gå over kravene til utslippstillatelse, da især for Oksygen-15 og Argon-41, slik som vist i Figur 9. Det er riktignok flere ti-talls millioner kubikkmeter med luft som blir sirkulært gjennom bygget i løpet av et år, så den midlet spesifikke aktiviteten (Aktivitet per gram luft) er relativt neglisjerbar sett opp mot de tilhørende grenseverdiene.

Utslippet som omsøkes til luft fra protonterapianlegget vises i Figur 9, siste kolonne.

Isotop	Totalt årlig aktivitet (GBq/år)	Utslippsgrense (GBq/år)	A/Grenseverdi	Omsøkt utslippsgrense (GBq/år)
H-3	0	0,1	0	-
Be-7	0,00077	0,001	0,77	0,001
C-11	2,31	- / -	- / -	3,0
N-13	39,7	- / -	- / -	40
O-15	21,7	0,1	217	30
Ar-41	0,86	0,1	8,60	1
Sum			225,57	

Figur 9: Oversikt over det totale årlige utslippet til luft for de aktuelle radioisotopene vurdert opp mot utslippsgrensene i vedlegg to til Forskrift 1394, med omsøkte verdier i siste kolonne.

I tillegg til MC-simuleringen ovenfor er det gjort fysiske målinger av ventilasjonsluften ved anlegget i Århus. Etter stresstest med 12 minutters kjøring av syklotronen ble det målt 0,02 $\mu\text{Sv/t}$ over bakgrunnsnivå fra pipen for luftutkastet. Dette er så lave verdier at det er vanskelig å skille dosenivået fra naturlig bakgrunnsstråling. Målingene ble utført med RadEye PRD.



Figur 10: Doseratemåling i ventilasjonsavkast etter stresstest syklotron (12 minutters kontinuerlig kjøring) ved DCPT, Århus, Danmark

2.3 Spredningsanalyse for spesialavkast, CFD-simuleringer

Prosjektet har utført analyse av luftavkastet fra ventilasjonen for protonterapianlegget ved Radiumhospitalet, ved hjelp av «Computational Fluid Dynamics» (CFD-simuleringer). Simuleringen er kjørt med maksimum luftmengder for ventilasjonssystemene, for 12 vindretninger, 3 vindhastigheter og 1 og 15 meters pipehøyde. Ved å analysere alle

simuleringene koblet med vindstatistikken, er det beregnet årsmidlet konsentrasjon av avkastluften fra spesialavkastet. Radius av simuleringsdomenet er 2,65 km, og det er spesielt sett på bygninger på og rundt Radiumhospitalet.

Ved utslippspunktet er doseraten ca 7 $\mu\text{Sv}/\text{år}$, som tidligere beskrevet. Angitt i spesifikk aktivitet gir dette en konsentrasjon på 0,7 Bq/g. Med ulike grader av fortykning er det utarbeidet analyser som viser årsmidlet sprederate av doserate i $\mu\text{Sv}/\text{år}$. Analysene viser at nivået fra avkastet, uansett spredningsmønster, er langt under den normale bakgrunnsstrålingen man mottar i Norge, som på årsbasis er ca 4,1 mSv (www.dsa.no).

Konklusjon er at i alle scenarioer vil spredningen av aktivert luft være ubetydelig og ikke til fare for omgivelser eller miljø. Som et resultat av dette er det prosjektert med 1 meters pipehøyde og pipen befinner seg i adgangsregulert område. Det er ingen spesifikke krav til filtrering av tilluften, det er likevel prosjektert sluttfiltrering med finfilter. Det er vurdert om innstallering av kullfilter/hepafilter ved utslippspunktet kan redusere stråledosene ytterligere, men sett i lys av de lave verdiene er dette ikke hensiktsmessig.

Når anlegget er i drift, vil det bli gjort kontrollmålinger av luftavkastet. Eventuelle tiltak vil da bli vurdert.

2.4 Grunn og grunnvann

Protonterapianlegget på Radiumhospitalet står på en bunnplate av betong. Betongtykkelsen i de ulike områdene er kalkulert av utstysleverandør fra Monte Carlo-simulerte skjermingsberegninger. Det er videre tatt prøver av grunnen under anlegget. Beregninger er utført spesifikt for anlegget på Radiumhospitalet og inkluderer 50 års full produksjon samt ett års hvileperiode før eventuelle arbeider med grunnen starter.

Bunnplaten i betong vil effektivt absorbere nøytroner, og faren for aktivering av grunn og grunnvann er minimal. Simuleringene viser at andelen av alle isotopfraksjonene under energiseleksjonssystemet og under syklotronen er henholdsvis 650 og 1000 ganger under unntaksgrensen for radioaktiv forurensning.

Vanngjennomstrømningen under bunnplaten anses som stasjonær.

Resultatene støttes av en teoretisk beregning av aktivitetskonsentrasjon i grunnvann etter 30 års drift, utført ved DCPT. Her ble aktivitetskonsentrasjonen estimert til å være svært lav sammenlignet med EUs grenseverdier for vann, typisk 0,01 % av grenseverdien. I den samme rapporten ble det utført en doseberegning basert på at grunnvannet skulle drikkes ufortynnet. Resultatet var da en årtdose langt under 1 μSv .

2.5 Bygningsmessig utførelse/aktivering av byggemateriale

Selve bygget som huser protonterapianlegget utformes som en betongbunker med massive, plasstøpte betongkonstruksjoner med betongtykkelse opp til 3,5 m.

Det er stilt krav til betong med tanke på skjermingsegenskaper når det gjelder innhold grunnstoffer, densitet, vanninnhold og fravær av riss. Det er også stilt krav til at armering skal inneholde så lite av spesifikke grunnstoffer som mulig for å begrense fremtidig aktivering.

Disse forholdene omtales mer grundig i Plan for dekommisjonering, vedlagt.

3. Forebyggende tiltak og beredskapstiltak

OUS vil utarbeide en spesifikk beredskapsplan for protonterapivirksomheten etter hvert som ting kommer på plass. Viser for øvrig til eHåndbok-dokumentet «Risikovurdering knyttet til strålebruk» (vedlegg 6) og den overordnede prosedyren «Beredskapsplan OUS» (vedlegg 18). Vedlegg 18 er unntatt offentlighet i henhold til Offentleglova § 13.

3.1 Konsekvenser for naboer, allmennhet og andre virksomheter i området

Det er gjennomført en miljøkonsekvensanalyse, og det er gjort tiltak for å bygge et sikkert bygg for omgivelsene. Dette har vært en gjennomgående strategi i hele prosjektet.

Byggeprosjektet har kvalitetssikret skjermingstiltakene så langt det har vært mulig før og under bygging. Når syklotron tas i bruk og stråling kan slås på, vil dette bli kvalitetssikret med fysiske målinger i og rundt bygget.

Ut fra de vurderingene som er gjort med tanke på stråling fra utstyret og aktivering av kjølevann, luft og mineraler i vegger og tak, anser prosjektet at det ikke er noen realistiske scenarier som vil gi stråling til omgivelser, naboer og andre virksomheter i området.

Det er avholdt nabomøter for å unngå ubegrunnet bekymring for etablering av protonterapi. Det vil også holdes flere nabomøter i byggeperioden.

3.2 Konsekvenser for miljø

Prosjektet har gjennomført beregninger, simuleringer og analyser av mulige bidrag til strålebelastning av omgivelsene, og har også gjort fysiske målinger på annet, tilsvarende anlegg. Prosjektet mener oppsummert at anlegget ikke vil påvirke det ytre miljøet strålemessig, verken via luftavkast fra ventilasjon, via vannavløp eller grunnvann, eller ved stråling gjennom vegger og tak i anlegget. Kvalitetssikring av disse vurderingene vil bli gjennomført når systemet tas i bruk.

3.3 Forebyggende tiltak og beredskapstiltak

Det er gjort risikovurderinger og miljøkonsekvensanalyse av akutte utslipp eller andre utilsiktede hendelser som kan medføre forurensing, slik som brann, jordskjelv, eksplosjon, og terror. Med bakgrunn i disse analysene og oppstart av ny teknologi i Norge, har prosjektet gjort tiltak for å sikre mot utilsiktet utslipp eller hendelser som kan føre til forurensning. Det er derfor etablert en oppsamlingstank for eventuelt drypplekkasje av radioaktivt spillvann. Spillvannet vil ikke være radioaktivt etter 2 timer og kan da slippes ut som vanlig spillvann. Spillvannet vil bli kontrollmålt før det slippes ut for å sikre at det er under unntaksgrensen.

Det vurderes at sjansen for, og potensialet av, akutte utslipp i forbindelse med protonterapi eller andre, større utilsikta hendelser er svært små.

Det er redegjort for miljøtilstanden i området. Etablering av protonterapi vil ikke forringe miljøtilstanden i området.

Med grunnlag i analysene i denne søknaden er prosjektets vurdering at etablering av protonterapi ved Radiumhospitalet ikke innebærer strålemessige konsekvenser for naboer, allmenheten eller andre virksomheter i nærområdet.

4. Vedlegg

- [1] Organisasjonskart
- [2] Stillingsbeskrivelse strålevernkoordinator
- [3] Funksjonsbeskrivelse strålevernkoordinator
- [4] Strålevern- og apparatspesifikk opplæring
- [5] Bruk av åpne radioaktive kilder
- [6] Risikovurdering knyttet til strålebruk
- [7] Utslipp av radioaktive stoffer
- [8] Klinisk revisjon innen strålevern og strålebruk
- [9] Kliniske revisjoner
- [10] Melding av strålevernssavvik – Uhell med ioniserende stråling
- [11] Meldeplikt om strålegivende enheter
- [12] Uønskede hendelser, risikoforhold og forbedringsforslag i Achilles
- [13] Organisering og målsetting for strålevernssarbeidet ved OUS
- [14] Håndtering av radioaktivt avfall ved Radiumhospitalet
- [15] Klassifisering og merking av arbeidsplassen (stråling)
- [16] Bruk av persondosimeter
- [17] Personell med høy dosimeteravlesning
- [18] Beredskapsplan OUS – Unntatt Offentleghetslova (§ 13)