Del 3N: Nukleærmedisin

Læringsmål

Etter gjennomført utdanningsprogram skal kandidaten ha god oversikt over fagområdet. En medisinsk fysiker skal:

* bidra til optimal klinisk medisinsk strålebruk
* selvstendig foreta og følge opp kvalitetssikring
* bidra til videreutvikling av metoder for kvalitetssikring
* kunne delta aktivt i innkjøpsprosesser
* kjenne til strålevernsprinsippene, strålevernslovgivning og nasjonale/internasjonale retningslinjer og anbefalinger innenfor medisinsk strålebruk
* ha tilstrekkelig kompetanse til å bidra til forskning og utvikling
* kunne holde undervisning

Enkelte av emnene bygger på hverandre og en må gjerne ha en grunnleggende forståelse for de fleste emnene før en kan gå i dybden på enkelte av emnene. Mye av den grunnleggende kunnskapen skal være dekket gjennom universitetsutdannelse eller fra del 1 i utdanningsprogrammet. Det er mulig å ta del 1 og 3 parallelt, men det er anbefalt å sørge for at de emnene som overlapper i del 1 og 3 først er dekket i del 1.

Det er ikke tenkt at kunnskapen og ferdighetene skal opparbeides kronologisk slik kapitlene er lagt opp, men at dette er en prosess hvor en veksler mellom teori, hospitering og praksis. For konkrete oppgaver anbefales en prosess skissert i figuren under, inspirert av figur I.2 i IAEA sine opplæringsprogram.



For anbefalt litteratur refereres til ressursbanken på NFMF sine nettsider.

**Innhold**

[3N.1. Introduksjon 3](#_heading=h.gjdgxs)

[3N.2. Teknologi 3](#_heading=h.30j0zll)

[3N.2.1. Apparatlære gamma kamera 3](#_heading=h.1fob9te)

[3N.2.2. Apparatlære PET 4](#_heading=h.3znysh7)

[3N.2.3. Bildeprosessering 4](#_heading=h.2et92p0)

[3N.2.4. Aktivitetsmålere og dosemonitorer 4](#_heading=h.tyjcwt)

[3N.3. Apparatspesifikk QA 5](#_heading=h.3dy6vkm)

[3N.3.1. Kvalitetskontroll av gamma kamera 5](#_heading=h.4d34og8)

[3N.3.2. Kvalitetskontroll av PET 5](#_heading=h.2s8eyo1)

[3N.3.3. Kvalitetskontroll av CT 5](#_heading=h.17dp8vu)

[3N.3.4. Kvalitetskontroll aktivitetsmåler 5](#_heading=h.3rdcrjn)

[3N.4. Dosimetri 6](#_heading=h.26in1rg)

[3N.4.1. Målinger med dosemonitor 6](#_heading=h.lnxbz9)

[3N.4.2. Interndosimetri 6](#_heading=h.35nkun2)

[3N.5. Radionuklideterapi 6](#_heading=h.1ksv4uv)

[3N.6. Radiofarmakaproduksjon 7](#_heading=h.44sinio)

[3N.7. Strålevern i nukleærmedisin 7](#_heading=h.2jxsxqh)

[3N.8. Klinikk 8](#_heading=h.z337ya)

[3N.9. Revisjonsendringer 9](#_heading=h.3j2qqm3)

# Introduksjon

Overordnet mål

Sikre at kandidaten for egen og andres sikkerhet vet hvordan en skal forholde seg til ulike strålekilder og radiofarmaka i avdelingen.

Bygger på

* Strålefysikk fra del 1

Kunnskap

* Kunnskap om isotoper som er i bruk i avdelingen og egenskaper for disse.
* Bli kjent med strålevernprosedyrene for avdelingen
	+ Hvordan en skal forholde seg til pasienter injisert med radiofarmaka
	+ Hvordan en skal forholde seg til radioaktive kilder til kalibrering og kvalitetskontroll
	+ Hvordan en skal forholde seg på hotlab med tanke på renhetskrav, radioaktivt avfall og radioakivt søl.

Ferdigheter

* Være med på hotlab og få vist hvordan det arbeides der med tanke på
	+ å skjerme arbeidstaker mot stråling
	+ avfallshåndtering
	+ hvordan en skal forholde seg til renhetskrav

# Teknologi

Overordnet mål

God kunnskap om de ulike apparatene innen nukleærmedisin er vesentlig for å kunne gjøre kvalitetskontroll, optimalisering og gir grunnlag for å kunne forstå og vurdere utfordringer som oppstår i den kliniske hverdagen.

## Apparatlære gamma kamera

Bygger på

* Strålefysikk fra del 1

Kunnskap

* Fysikk og teknologi for gamma kameraet
	+ Ulike detektorsystem
	+ Ulike kollimatorer
	+ Signalbehandling for posisjonsbestemmelse og korreksjoner
* Opptaksparametere
	+ Energivindu for energitopp og spredningskorreksjon
	+ Innstillinger for planare bilder
		- Matriseinnstillinger og counts med tanke på tidsbruk og støy
	+ Kamerabevegelse ved SPECT
		- Hvordan avstand mellom detektor og pasient påvirker bildekvaliteten
		- Mulige innstillinger for datainnsamling med tanke på tidsbruk og støy

## Apparatlære PET

Bygger på

* Strålefysikk fra del 1

Kunnskap

* Teknologi og fysiske prinsipper for ulike detektorer med fokus på de aktuelle i avdelingen
* Signalbehandling
	+ Begreper som koinsidensdeteksjon, sinogram, listmode, Time of Flight, normalisering

## Bildeprosessering

Bygger på

* Grunnleggende kunnskap CT og MR fra del 1 og 2
* Grunnleggende kunnskap om bildeprosessering fra del 1

Kunnskap

* FBP og iterativ rekonstruksjon
* Attenuasjonskorreksjon med CT og MR
* Artefakter
* Begreper knyttet til bildekvalitet
	+ Støy i nukleærmedisinske bilder
		- Faktorer som påvirker støymengden i bildene
		- SNR, CNR
	+ Romlig oppløsning
		- Faktorer som påvirker romlig oppløsning
		- Partiell volum effekt (PVE) og Recovery Coefficient (RC)
		- Punktspredefunksjon (PSF) og postprosesseringsfilter
* Metoder for korreksjon av støy, romlig oppløsning, pasientbevegelse m.m.
* Kvantitativ analyse spesielt med tanke på SUV
* Analyse av dynamiske bilder

## Aktivitetsmålere og dosemonitorer

Bygger på

* Strålefysikk fra del 1

Kunnskap

* Oppbygning og funksjon av
	+ aktivitetsmåler (dosekalibrator)
	+ brønnteller
	+ digitale persondosimeter
	+ dosemonitorer

# Apparatspesifikk QA

Overordnet mål

Kandidaten skal kunne utføre, vurdere og videreutvikle kvalitetskontroller. For apparater med lang levetid vil det ikke være praktisk gjennomførbart verken å delta på eller selvstendig utføre mottakskontroll i løpet av opplæringsperioden. Her vurderes det derfor tilstrekkelig som et minstekrav teoretisk kunnskap om hvordan dette skal gjøres.

## Kvalitetskontroll av gamma kamera

Bygger på

3N.2 om gamma kamera og bildedannelse

Kunnskap

* Lokale prosedyrer for statuskontroll og mottakskontroll av gamma kamera.
* Hva sier Statens Strålevern om minstekrav for kvalitetskontroll av gamma kamera.
* Kjenne til ulike internasjonale anbefalinger for kvalitetskontroll av gamma kamera.
* Kunne vurdere internasjonale anbefalinger opp mot lokale prosedyrer.

Ferdigheter

* Kunne utføre og analysere selvstendig kvalitetskontroll av gamma kamera.

## Kvalitetskontroll av PET

Tilsvarende 3N.3.1 for PET. Ikke alle senter har PET. Minstekravet er derfor justert ned i forhold til kunnskap og ferdigheter for kvalitetskontroll.

## Kvalitetskontroll av CT

Det er gjerne medisinsk fysiker innen røntgen/CT som gjør kvalitetskontroll av CT for hybrid-apparater, men medisinsk fysiker innen nukleærmedisin må som et minimum ha kunnskap om hva denne kvalitetskontrollen innebærer.

Bygger på:

Grunnleggende kunnskap om CT-teknologi fra del 1.

Kunnskap:

* Kjenne lokale prosedyrer for kvalitetskontroll av CT.
* Kjenne til ulike internasjonale anbefalinger for kvalitetskontroll av CT innen nukleærmedisin.

Ferdigheter

* Deltatt på kvalitetskontroll av CT.

## Kvalitetskontroll aktivitetsmåler

Tilsvarende 3N.3.1 for aktivitetsmåler.

# Dosimetri

## Målinger med dosemonitor

Overordnet mål

Kandidaten skal kunne gjøre målinger og vurdere doserate fra pasient, ved søl og ved kontroll av skjerming.

Bygger på

* Kunnskap om dosemonitorer 3N.2.5

Kunnskap

* Kjenne til hvordan en pasient som strålekilde skiller seg fra en punktkilde
* Kjenne til metode for å kontrollere skjerming

Ferdigheter

* Kunne identifisere og kvantifisere strålekilder/kontaminasjon med målinger.

## Interndosimetri

Overordnet mål

Kandidaten skal være kjent med prinsippene for interndosimetri og skal kunne gjøre enkle estimater av effektiv dose for ulike undersøkelser og behandlinger basert på oppslagsverk med ferdige beregninger.

Bygger på

* Kunnskap om strålebiologi og strålevern i modul 1 og 2.

Kunnskap

* Prinsipper for opptak og utskillelse av radiofarmaka
	+ Fysisk og biologisk halveringstid
	+ Biologiske faktorer som påvirker opptaket
* MIRD formalismen
* Kjenne til hvordan molekylær avbildning kan brukes i intern dosimetri
* Kjenne til oppslagsverk for standardiserte dose estimater (ICRP 53 med addendum)

# Radionuklideterapi

Overordnet mål

Kandidaten skal være godt kjent med prinsippene i radionuklideterapi. Det er ikke alle steder fysikere har en aktiv rolle i dette om det kun drives med etablert behandling. Medisinsk fysiker forventes likevel å ha det faglige grunnlaget for å være med i diskusjoner rundt radionuklideterapi med tanke på optimalisering og modernisering og ved spørsmål om å ta i bruk ny type behandling.

Bygger på

* Kunnskap om strålebiologi og strålevern i modul 1 og 2.
* 3N.4. Interndosimetri

Kunnskap

* Egenskaper for ulike nuklider brukt til terapi
	+ Alfa-emittere
	+ Beta-emittere
	+ Auger og Coster-Kronig elektron emisjon
* Kjenne til de vanligste radiofarmaka for terapi og tilhørende diagnose
	+ Risikofaktorer og vanlige bivirkninger
	+ Typisk administrert aktivitet og begrensninger for max administrert aktivitet

Se også modul 8 i IAEA\_TCS-50 til hjelp i selvstudium.

# Radiofarmakaproduksjon

Overordnet mål

Det er ikke alle steder medisinsk fysiker er involvert i radiofarmakaproduksjon, men det er forventet at en kjenner prosessen og kompleksiteten i det.

Kunnskap

* Generator for produksjon av Tc-99m
* Produksjon av PET-isotoper med syklotron og generator
* Kjenne til prinsipper for sterilt arbeid, GMP/GLP regler
* Diagnostisk betydning av radiokjemisk renhet og spesifikk aktivitet

Ferdigheter

* Deltatt på hotlab ved radiofarmakaproduksjon

Se også modul 11 i IAEA\_TCS-50 til hjelp i selvstudium.

# Strålevern i nukleærmedisin

Overordnet mål

Det kan være ulik praksis hvem som har oppgaver knyttet til strålevern i avdelingen, men det er forventet at en medisinsk fysiker innen nukleærmedisin har god kunnskap om dette.

Bygger på

* Kunnskap om stråling og strålevern i modul 1 og 2.
* 3N.1 Introduksjon til håndtering av strålekilder i avdelingen
* 3N.4 Interndosimetri

Kunnskap

* Strålevernforskriften og tilhørende veileder for nukleærmedisin
* Lokale strålevernprosedyrer og kunne vurdere disse opp mot strålevernforskriften
* Dose til personell
	+ Forstå begrepene Hp10 og Hp07
	+ Kjenne til typiske personelldoser ved nukleærmedisin
* Kunne anslå effektiv dose til pasient for de vanligste prosedyrene i avdelingen.
* Kjenne lokale rutiner for pasientinformasjon med tanke på hvordan pasienter skal forholde seg til pårørende og andre etter en undersøkelse eller ved terapi. Vurdere disse opp mot nasjonale og internasjonale anbefalinger.
* Kjenne lokale rutiner og pasientinformasjon med tanke på amming og graviditet. Vurdere disse opp mot nasjonale og internasjonale anbefalinger.
* Skjermingsberegninger for en nukleærmedisinsk avdeling: ulike isotoper og for CT
* Kjenne lokale prosedyre for å gjøre utslippsberegninger for årlig innrapportering til Statens Strålevern
* Kjenne til lokal risikoanalyse for strålebruk i avdelingen

Ferdigheter

* Kunne estimere dose til pasient og til foster
* Kunne gjøre beregninger av effektiv dose til personell ift ulike typer strålekilder og skjerming
* Kunne beregne hvor lenge ulike strålekilder må lagres
* Kunne håndtere radioaktivt søl
* Kunne gjøre enkle skjermingsberegninger

Se også modul 2 i IAEA\_TCS-50 for tips om øvelser.

# Klinikk

Overordnet mål

For å kunne vurdere viktigheten av kvalitetskontroller på ulikt utstyr og for å kunne delta aktivt i optimalisering av prosedyrer er det essensielt at en medisinsk fysiker er godt kjent med de ulike undersøkelsene og behandlingene som gjøres på avdelingen.

Kunnskap

* Kunnskap om de vanligste undersøkelsene og behandlingene i avdelingen
	+ Grunnleggende om typiske indikasjoner (sykdommer)
	+ Grunnleggende om anatomi og fysiologi i forhold til disse
	+ Utstyr og parametere brukt i bildeopptaket
	+ Pasientforberedelser
	+ Hvordan tolkes bildene?
		- Hvordan skilles det mellom sykdom og normale variasjoner?
		- Hva vil kunne gi artefakter?
* Kjenne til de ulike yrkesgruppenes roller og ansvar
* Forståelse for hvordan ulike parametere for bildeopptak og postprosessering kan påvirke bildekvalitet og strålebelastning for pasient og personale med tanke på mulighet for optimalisering.

Ferdigheter

Hospitering sammen med ulike yrkesgrupper er satt opp for å kunne kommunisere godt med disse og være godt kjent med deres arbeidshverdag. Totalomfanget er angitt i timer og er å anse som et minimum.

* Delta i settinger der nukleærmedisiner tolker bilder (eks. hospitere sammen med nukleærmedisiner, delta på MDT møter) for å erfare hvordan bildene for ulike undersøkelser brukes, bli kjent med nukleærmedisinerne og hvordan de jobber, bli kjent med ord og uttrykk som brukes, erfare hva som er fokusområder ift bildekvalitet.
	+ Totalomfang tilsvarende 10 timer – egen sjekkliste
* Hospitering ved de ulike undersøkelsene i avdelingen for å bli kjent med radiografene/bioingeniørene og deres arbeidshverdag, bli kjent med ord og uttrykk som brukes, bli kjent med software og maskiner i en klinisk setting.
	+ Totalomfang tilsvarende 5 arbeidsdager = 30 timer – egen sjekkliste
* Hospitere sammen med medisinsk teknisk personell der nukleærmedisinsk utstyr er tema for å bli kjent med ingeniørene og deres arbeidshverdag for bedre samhandling ved oppfølging av kvalitetskontroller.
	+ Totalomfang tilsvarende 5 timer – egen sjekkliste

# Revisjonsendringer

01.11.2022: 3N.1 Introduksjon: Endret fra “kjenne til” til “kunnskap om” isotopene brukt i avdelingen. Lagt til at kapittelet bygger på strålefysikk fra del 1.

01.11.2022: Omformulering 3N.2.2 Apparatlære PET

01.11.2022: 3N.2.3 Bildeprosessering – omformuleringer/justeringer, lagt til mer om korreksjonsmetoder

01.11.2022: Tydeliggjøring av hensikt og gjennomføring av hospitering med andre faggrupper i 3N.8 Klinikk. Satt krav til totalomfang også for hospitering med nukleærmedisiner og medisinsk teknisk personell (tidligere kun satt krav til totalomfang sammen med radiograf/bioingeniør).