

 HELSE BERGEN Haukeland universitetssjukehus	<h2>ØNH protonplanlegging i RayStation</h2>
Kategori: Pasientbehandling/Fagprosedyrer/Kreft	Gyldig fra/til: 27.06.2024/27.06.2025
Organisatorisk plassering: Helse Bergen HF/Avdeling for kreftbehandling og medisinsk fysikk	Versjon: 1.00
Godkjenner: Oddbjørn Straume	Brukerveiledning
Dok. ansvarlig: Johan Martin Søbstad, Camilla Grindeland Boer, Jon Espen Dale, Ellen Marie Høye, Heidi Gulbrandsen	Dok.id: D78848

Innhold

1	Hensikt og omfang	1
2	Ansvar	1
3	Arbeidsbeskrivelse	1
3.1	Patient Modeling	1
3.1.1	Målvolum og risikoorganer	1
3.1.2	Optimaliseringsstrukturer	2
3.1.3	Feltspesifikke strukturer	3
3.1.4	Andre strukturer	3
3.2	Plan Optimization	4
3.2.1	Plan setup	4
3.2.2	Optimization settings	4
4	Plan evaluation	7
4.1	Robust evaluation	7
4.1.1	Innstillinger	7
4.1.2	Krav som bør oppfylles ved robust evaluering	7
4.2	Plan evaluation	7
5	Referanser	8
6	Endringer siden forrige versjon	8

OBS! Majoriteten av anbefalinger i dette er tentative. Det kreves uttesting og diskusjoner for å etablere endelige anbefalinger.

1 Hensikt og omfang

Dokumentet beskriver doseplanlegging med protoner ved øre-nese-hals-kreft (ØNH-kreft), og skal være til hjelp for stråleterapeuter, fysikere og leger som er involvert i denne prosessen. Arbeidsbeskrivelsen er tilpasset en naturlig arbeidsflyt i RayStation.

2 Ansvar

Dokumentet er utviklet av sentrale fagpersoner innenfor strålebehandling av ØNH-kreft ved St. Olavs hospital, Oslo Universitetssykehus og Haukeland Universitetssykehus, og er avstemt ved stråleterapimiljøet på Universitetssykehuset Nord-Norge.

3 Arbeidsbeskrivelse

3.1 Patient Modeling

3.1.1 Målvolum og risikoorganer

Standardiserte navn for målvolum og risikoorganer er ført opp i hhv [Tabell 1](#) og [Tabell 2](#). Se [\[3.1.2.5.9.4.1-04\]](#) for ytterligere beskrivelser.

Tabell 1. Benevning av målvolum ved ØNH-bestråling.

	Primær RT	Postoperativ RT (Konvensjonell fraksjonering; 5 fx/uke)
GTV	<ul style="list-style-type: none"> • GTVp = makroskopisk tumor • GTVn = makroskopisk involvert lymfeknute. Ved flere enn en navnes disse som GTVn1, GTVn2 osv.	<ul style="list-style-type: none"> • GTVsb = opprinnelig tumorområde
CTVp/n/sb	Akselerert fraksjonering (6 fx/uke): <ul style="list-style-type: none"> • CTVp_68 = GTVp + 5 mm margin • CTVn(#)_68 = GTVn(#) + 5 mm margin Konvensjonell fraksjonering (5 fx/uke): <ul style="list-style-type: none"> • CTVp/n(#)_70: GTVp/n# + 5 mm margin 	<ul style="list-style-type: none"> • CTVsb_64/66 = GTVsb + 5 mm margin
<i>Høyrisiko</i>		
<i>Intermed. risiko</i>	<ul style="list-style-type: none"> • CTVp_60 = CTVp_68/70 + 5 mm margin • CTVn(#)_60 = CTVn(#)_68/70 + 5 mm margin 60-volumet kan i spesielle tilfeller utvides av sykdomsspesifikke årsaker	For ikke-radikalt opererte: <ul style="list-style-type: none"> • CTVsb_60 = CTVsb_64 + 5 mm margin For radikalt opererte: <ul style="list-style-type: none"> • CTVsb_60 = GTVsb + 10 mm margin
CTVe	Akselerert fraksjonering: oftest 50 Gy Konvensjonell fraksjonering: 54/56 Gy Hver side tegnes for seg: <ul style="list-style-type: none"> • CTVe_L_50/54 • CTVe_R_50/54 • CTVe_50/54/56 = union av venstre og høyre 	Hver side tegnes for seg: <ul style="list-style-type: none"> • CTVe_L_54/56 • CTVe_R_54/56 • CTVe_54/56 = union av venstre og høyre
<i>Lavrisiko</i>		

Tabell 2. Aktuelle risikoorganer (OAR) ved ØNH-bestråling.

OAR - hovedstrukturer	OAR – andre aktuelle strukturer
Brain	Cochlea_L/R
Brainstem(Core/Surface)	Eye_LP/RP
Esophagus	Eye_LA/RA
Larynx	LacrimaL_Gland_L/R
Mandible	Lens_L/R
OralCavity (extended)	OpticChiasm
Parotid_L/R	OpticNerve_L/R
PharynxConstrict(_S/M/I)	Pituitary
SpinalCord	Synsbaner
SubmandGland_L/R	Andre: Bones, hippocampus, temporallapp
ThyroidGland	
Skin	

3.1.2 Optimaliseringsstrukturer

Under optimalisering av plan vil det være gunstig å bruke enkelte beskårede strukturer, både for målvolum som ikke skal opp til høyeste dosenivå og for risikoorganer som overlapper med målvolum. Tabell 3 gir et forslag til hvordan man kan lage disse strukturene.

Tabell 3. Hjelpevolum som benyttes under optimalisering av protonplan.

Strukturnavn	Spesifikasjon
xCTV!_50/54/56	CTV lavrisiko beskåret 10 mm mot CTV60-volum - lages for å kunne sette uniformdosekrav til elektive volum
xCTV!_50/54/56_1cm	CTV lavrisiko utvidet med 1 cm og deretter beskåret 10 mm mot CTV60-volum - lages for å unngå for høy dose i og rett utenfor lavrisikovolum

xCTV!_60 (ofte tomt -> slett)	Union av alle CTV60 beskåret med 10 mm mot CTV68/66/64 - lages for å kunne sette uniformdosekrav til 60-volumet i tilfella der det trengs (som oftest tomt)
xCTVu_60/64/66/68/70_1cm	Union av CTV med høyeste dose utvida med 1 cm – lages for å ha kontroll på maksimumsdosen
xCTVunion	Union av alle målvolum
xOralCavity	OAR beskåret 7 mm mot alle CTV– lages for å kunne presse ned gjennomsnittsdosen for risikoorganet samtidig som det gis rom for robust dosedekning til CTV og dosefall
xParotid_L/R	
xSubmandGland_L/R	
xPharynxConstrict	
xLarynx_SG	
xLarynx_G	
xEsophagus	

3.1.3 Feltspesifikke strukturer

Standard planoppsett ved bilateral bestråling består av 5 felt (enkeltsidig bestråling: 4 felt), nærmere beskrevet i kapittel 3.2. For å lage et robust feltoppsett må man begrense spotplasseringen fra enkelte av feltene, og da benyttes såkalte avoid-regioner, se Tabell 4. Avoid-regioner kombineres med feltspesifikke CTVer (fCTV) for ytterligere begrensning, disse er også beskrevet i Tabell 4.

Tabell 4. Hjelpestrukturer for oppsett av standard feltarrangement, dvs bilateral bestråling og 5 felt. Ved enkeltsidig bestråling benyttes 4 felt (ikke skråfelt fra motsatt side). Avoid-regioner må benyttes under optimalisering, og kombineres med fCTV for lateralfeltene (foreløpig uavklart nytte for de andre feltene). Hjelpevolumene er nødvendig for å kunne begrense kontralateral bestråling for bakfra-feltene.

	Navn	Spesifikasjon
Avoid-regioner <ul style="list-style-type: none"> Benyttes for aktuelle felt under «Beam computation settings» – «OAR range margin» 	zAvoid_Ant	Kraniale del av Body (kopiere Body og slett kaudalt for hake)
	zAvoid_Post	Kaudale del av Body (kopiere Body og slett kranialt for skuldre)
	zAvoid_Lat	Munnhule/tenner/tannfyllinger/artefakter
Feltspesifikke CTV (fCTV) <ul style="list-style-type: none"> Kobles til tilhørende felt ved brukt av feltspesifikt objective under optimalisering (se Tabell 5) 	fCTV_Ant	xCTVunion (minus zAvoidAnt, men det skal også legges inn under Beam computation settings). Benyttes for felt i 0 grader.
	fCTV_Lat_L	xCTVunion beskåret 1 cm over midtlinja mot høyre (pass på at elektive halsvolum på høyre side ikke blir med)
	fCTV_Lat_R	xCTVunion beskåret 1 cm over midtlinja mot venstre (pass på at elektive halsvolum på venstre side ikke blir med)
	fCTV_Post	xCTVunion (minus zAvoidPost, men det skal også legges inn under Beam computation settings)
Hjelpevolum <ul style="list-style-type: none"> Benyttes under optimalisering for å begrense dosebidraget til kontralateral side for skråfelt bakfra 	xMax_Post_L_20	Høyre del av xCTVunion beskåret ved midtlinja (minus zAvoidPost, men det skal også legges inn under Beam computation settings).
	xMax_Post_R_20	Venstre del av xCTVunion beskåret ved midtlinja (minus zAvoidPost, men det skal også legges inn under Beam computation settings).

Alle deler av målvolumene skal dekkes av minst 2 felt. Det innebærer at man må passe på at det ikke er overlapp mellom zAvoid_Ant og zAvoid_Post. Hvis dette ikke lar seg gjøre, bør man vurdere å legge til ekstra sidefelt.

3.1.4 Andre strukturer

- Tannfyllinger – tegnes inn og inkluderes i Avoid_Lat-volum. Pass på at ingen felt passerer tannfyllinger i forkant av målvolum. Hvis det derimot er uunngåelig, bør tettheten i selve tannfyllingen overstyres (se generell prosedyre [[3.1.2.5.9.4.1-09](#)]) og maksdosen begrenses (foreløpig forslag er max 5 Gy).
- Artefakter – tegnes inn og inkluderes i Avoid_Lat-volum. Hvis man ikke kan unngå at protonstrålen passerer dette området må artefaktene overstyres med vevslik tetthet.
- Kontrast – CT for protonbehandling skal i utgangspunktet være tatt uten kontrast. I tilfeller der kontrast likevel er med, og særlig ved opphopning av kontrast i/foran målvolum, bør dette tegnes inn og overstyres med vevslik tetthet.
- External – Lages som en union av Body + 1 cm i tillegg til behandlingsbord og fiksering. Merk: ved sammenlignende doseplanlegging der CT er tatt med «foton-oppsett» ser man bort i fra behandlingsbord og fiksering.

3.2 Plan Optimization

Utgangspunkt for feltoppsett:

- Forfrafeltet (gantry 0°) skal kun bidra kaudalt for haka
- Feltene skrått forfra skal ikke bestråle på tvers av pasienten, og ikke gå gjennom tannfyllinger
- Feltene bakfra skal kun bidra kranielt for skuldrene
- Alle områder av målvolum skal ha dosebidrag fra minst to felt, og ett enkelt felt bør ikke dominere for mye i dosebidrag

Standard planoppsett for bilateral bestråling er 5 felt med gantryvinkler 160°, 50°, 0°, 310° og 200°. Gantryvinklene finjusteres etter pasientens anatomi. Ved enkeltsidig bestråling benyttes 4 felt; ingen felt fra motsatt side men et ekstra felt bakfra (gantry 180 grader).

Spesielle tilfeller:

- For å sikre at alle deler av målvolumene dekkes av minst 2 felt må man av og til legge til ekstra sidefelt
- Ved kraniale målvolum bør man vurdere ett eller to ekstra sidefelt. Obs: Pass på at feltene bakfra ikke går gjennom hjerne (kan løses ved å legge til kraniale del av Body inn i zAvoid_Post)
- Kraniale målvolum (typisk nasopharynx og sinonasal) *uten* lymfeknuter: 4 felt vil ofte være hensiktsmessig, vurder også mulig nytte av bordvinkel.

3.2.1 Plan setup

Treatment technique: Pencil Beam Scanning

Treatment machine: ProBeam360 (Bergen og Oslo vil ha hver sin modell)

Prescription: Median dose (D50%) til CTVp/n/sb

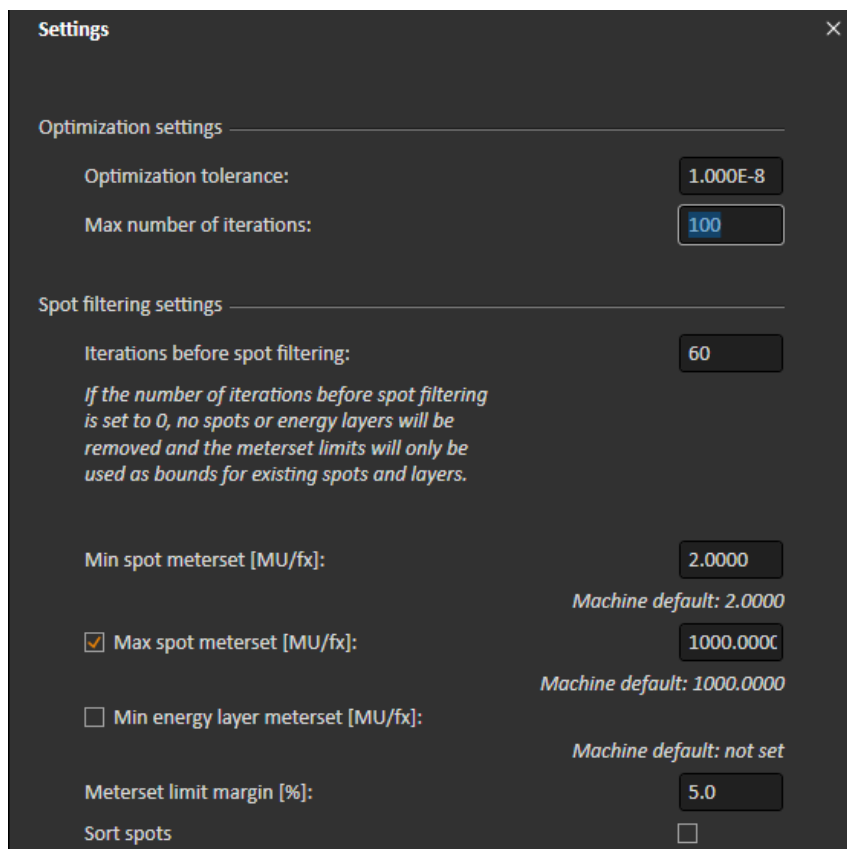
Dose grid settings: start med 3 x 3 x 3 mm, sluttberegning med 2 mm.

3.2.2 Optimization settings

Bruk Monte Carlo og 10 000 ions/spot.

Settings

Det foreslås å starte med ca 100 iterasjoner per optimalisering og 60 iterasjoner før spot-filtrering. Andre standardinnstillinger er vist i [Figur 2](#) (kan bli endret etter commissioning).



Settings

Optimization settings

Optimization tolerance: 1.000E-8

Max number of iterations: 100

Spot filtering settings

Iterations before spot filtering: 60

If the number of iterations before spot filtering is set to 0, no spots or energy layers will be removed and the meterset limits will only be used as bounds for existing spots and layers.

Min spot meterset [MU/fx]: 2.0000
Machine default: 2.0000

Max spot meterset [MU/fx]: 1000.0000
Machine default: 1000.0000

Min energy layer meterset [MU/fx]:
Machine default: not set

Meterset limit margin [%]: 5.0

Sort spots

Figur 2. Optimization settings.

Robustness

«Composite worst case (minimax)». Bruk 3-4 mm posisjonsusikkerhet (bestemt av protonterapisenteret) og 3.5 % tetthetsusikkerhet. Man trenger ikke å "Compute accurate scenario doses"; det vil i så fall redusere optimaliseringshastigheten betydelig.

Dose

Final dose beregnes med Monte Carlo og en usikkerhet på 0.5 %.

Beams

Det vil være hensiktsmessig å navne felt med retning og gantryvinkel (pluss ev bordvinkel):

- Post_L_G160 (+ feks «_B30» ved bordvinkel, gjelder alle felt)
- Lat_L_G50
- Ant_G0
- Lat_R_G310
- Post_R_G200
- Post_G180 (ved enkeltsidig bestråling)

Felt- (og ev bord) vinkler finjusteres for hver enkelt pasient ut ifra anatomi/fiksering/tumorlokasjon, og feltnavnet endres tilsvarende. Hvis det er behov for ekstra felt lateralt eller posteriort må man huske at det bør være minst 30° mellom feltene (ned mot 20° kan aksepteres i spesielle tilfeller).

Andre detaljer:

- Isoenter: på midtlinja, sentralt i behandlingsområdet
- Snout: 25 x 25 cm (ProBeam360 har kun en snout)
- Air gap (Min): 6 cm
- Range shifter (RS): I utgangspunktet anbefales å bruke 3 cm på alle felt. Av praktiske årsaker bør ikke en plan ha felt med forskjellig RS.

Beam computation settings

Range shifter selection: 3 cm er standard. Pass på at det er samme RS på alle felt, ev kombinert med felt uten RS.

Spot spacing: I utgangspunktet benyttes en verdi i området 0.8 - 1.0.

Clinical Goals

- OAR: se hoveddokument (kap 6.3)
 - Prioritere å oppfylle maxdosekravene for «Absolutt»- og «Skal»-strukturer
 - For serielle «Bør»-volumer skal man tilstrebe å redusere dosene så mye det lar seg gjøre, selv om man har kommet under dosegrensen
- CTV:
 - Dosedekning (disse kravene gjelder også ved robust evaluering; under optimalisering på nominelt scenario bør dekningen egentlig være noe bedre):
 - CTVp/n/sb_Dhigh: V95 > 99 %
 - CTVp/n/sb_Dintermed: V95 > 98 %
 - CTVe: V95 > 98 %
 - Mediandose for CTVp/n/sb og xCTV!_50/54/56 (noe avvik kan tillates, feks 1 %)
- Maksdoser (forslag):
 - xCTV!_50/54/56_1cm: Max 2 cm³ får over 105 % av dosen (opptil 107 % kan aksepteres).
 - Body:
 - Max 2 cm³ får over 105 % av dosen (opptil 107 % kan aksepteres)
 - Max 0.03 cm³ får over 107 % av dosen (opptil 110 % kan aksepteres)

Objectives/constraints

Forslag til startbetingelser:

- Alle CTV: robuste mindose-objectives
- CTV som skal ha høyeste dosenivå og beskårede CTV: robuste maxdose-objectives på tilhørende hjelpevolum (se Tabell 3).
- CTV som skal ha høyeste dose og beskårede CTV: uniform dose (ev robust hvis CTV ligger i inhomogent område)
- Serielle risikoorgan av type «Abs» og «Skal»: maxdose-objectives (ev robust)
- Parallell risikoorgan: Max EUD-objectives
- DFO på Body (fra måldosen til 0 Gy over 1 cm, relativt lav vekt)
- Feltspesifikke maxdose-bidrag:
- Maxdosen per felt bør begrenses til omtrent 70 % av rekvirert dose i de ulike volumene. Forslag: max 50 Gy i høydosevolumene og max 35 Gy i beskårede elektive volumer (bruk høyt vektet maxdose-objective) → medfører to ekstra objectives per felt.
- Ytterligere begrensning for skråfelt bakfra: dose til målvolum på kontralateral side (xMax_Post_L/R_20) begrenses til max 20 Gy (ev ha dette som constraint)
- Feltspesifikke objectives som kun brukes for å begrense spotplassering, se Tabell 5. Det er vilkårlig hvilken type objective som velges, da vekten skal settes til 0. Det er foreløpig usikkert om dette er av nytte for annet enn lateralfeltene.

Tabell 5. Strukturer med feltspesifikke objectives. Brukes for å kunne begrense spotplassering fra hvert enkelt felt. De i svart er nødvendige, de i grått trengs egentlig ikke (uavklart nytte).

Struktur	«Restrict function to beam»	Vekt
fCTV_Lat_L	Lat_L_G50	0
fCTV_Lat_R	Lat_R_G310	0
fCTV_Ant	Ant_G0	0
fCTV_Post	Post_R_G200	0
	Post_L_G160	0
	(ev) Post_G180	0

Forslag for etterfølgende optimaliseringsrunder:

- Sjekk om Clinical goals for maxdose til SpinalCord, Brainstem, Chiasm og OpticNerves (og ev andre synsstrukturer) er ok, hvis ikke: stram inn aktuelt objective
- Sjekk om Clinical goals for dosedekning til CTVer er ok, hvis ikke: juster opp vekta for MinDose
- Sjekk om Clinical goals for Max Dose til Body (både 2 cm³ og 0.03 cm³) er ok, hvis ikke: juster opp vekta på aktuelt objective
- Sjekk om Clinical goals for median dose til CTV er ok, hvis ikke: legg til et nytt objective for målvolumet med Target EUD på måldosen, start med vekt: 1000
- For alle OAR med Max EUD-krav; les av gjennomsnittsdosen og gjør justering til neste runde:
 - Faktisk dose avviker mye fra opprinnelig objective: juster til 2-3 Gy under faktisk dose
 - Faktisk dose omtrent som objective: juster ned 1-2 Gy
 - Slutt å presse når objectivet straffevekten begynner å bli betydelig og/eller begynner å koste dekning
- Legg ev til krav for flere OAR
- Etter noen runder med optimalisering bør man gjøre en robust evaluering (se neste delkapittel) og stramme inn enkelte krav ved behov. Husk også å beregne "Final dose" innimellom.
- Når planen begynner å bli ferdig:
 - DFO på Body og robuste krav ender gjerne opp med høye verdier - det er ok. Verdiene for xOralcavity, xParotis_L/R og xPharynxConstrict bør vanligvis også ligge ganske høyt.
 - Se over dosefordeling i 3D, spesielt mtp konformitet og cold/hot-spots

Når planen er ferdig bør man evaluere «beam dose» og forsikre seg om at enkeltfelt ikke bidrar med mer enn omtrent 70 % av dosen i ulike volumer (dvs max 45-50 Gy i høydosevolumer og max 35-38 Gy i elektive volumer).

4 Plan evaluation

4.1 Robust evaluation

4.1.1 Innstillinger

Innstillingsusikkerhet: 0.3-0.4 cm (bruk det samme som ved optimalisering). Ta med forskyvning både langs kardinalaksene og diagonalene, og hak av for null forflytning i tillegg. Tetthetsusikkerhet: 3.5 %. Hak av for "Compute scenario doses".

4.1.2 Krav som bør oppfylles ved robust evaluering

I utgangspunktet anbefales følgende, men individuelle vurderinger kan være aktuelt:

- Målvolum, worst case:
 - CTVp/n/sb_Dhigh: V95 > 99 % (V90 = 100 % er også ønskelig)
 - CTVp/n/sb_Dmid: V95 > 98 %
 - CTVe: V95 > 98 %
- OAR:
 - Serielle risikorgan av type «Abs» og «Skal»:
 - Maxdosekrav bør være oppfylt for minst 80-90 % av scenario
 - Body:
 - Max 107 % dose til 2 cm³ bør være oppfylt for minst 50 % av scenario
 - Max 110 % dose til 0.03 cm³ bør være oppfylt for minst 80-90 % av scenario

4.2 Plan evaluation

LET-evaluering kan være aktuelt, se eget dokument ([REFI <LET-evaluering>]). Dette er mulig både fra «Plan optimization»- og «Plan evaluation»-modulen.

5 Referanser

Interne referanser

3.1.2.5.9.4.1-04	ØNH - Retningslinje for protonplanlegging
3.1.2.5.9.4.1-06	Protonfiksering - oversikt
3.1.2.5.9.4.1-07	Fiksering av hode , hals og CNS-nevroakse ved protonbehandling (voksen/pediatri) Retningslinje.
3.1.2.5.9.4.1-09	Håndtering av implantat og artefakter ved protonbehandling

Eksterne referanser

6 Endringer siden forrige versjon

Første versjon.