

**Oversigt over indhold for  
Onkologisk stråleterapi (modul 10-19)**

## Modul 10: Videregående strålefysik

### Indhold:

1. Klassisk og kvantemekanisk elektrodynamik.
2. Teori for stopping power og multipel spredning.
3. Differentielle tværsnit for partikelvekselvirkninger.

### Forslag til litteratur:

- P. Andreo, D.T. Burns, A.E. Nahum, J. Seuntjens, F.H. Attix, "Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry", Blackwell, 2017
- F.H. Attix, "Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry", Wiley, 1986 (*ældre udgave af Andreo, ..., Attix*)
- P. Mayles, A. Nahum & J.-C. Rosenwald, "Handbook of radiotherapy physics", Taylor & Francis, 2007
- E.B. Podgoršak, "Radiation physics for medical physicists", Springer, 2005
- E.B. Podgoršak technical editor, "Radiation Oncology Physics: A handbook for teachers and students", IAEA, 2005. [www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1196\\_web.pdf](http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1196_web.pdf)
- W.R. Hendee & G.S. Ibbott, "Radiation Therapy Physics", Mosby, 1996
- J.P. Gibbons, "Khan's The Physics of Radiation Therapy", 6<sup>th</sup> Edition, LWW, 2019
- F.H. Khan, "The Physics of Radiation Therapy", Williams & Wilkins, 1994 (*ældre udgave af Gibbons. "Khan's ..."*)
- Review-artikel: W.D. Newhauser & R. Zhang: "The physics of proton therapy", Physics in Medicine and Biology, 60, R155, 2015

### Forslag til praksis/klinisk:

Bestemmelse af dybdedosiskurver og dosisprofiler for foton- og elektronfelter.

### Kursusforslag:

- Practical and Theoretical Radiotherapy Physics, The Institute of Cancer Research and The Royal Marsden NHS Trust, London. <https://www.icr.ac.uk/study-and-careers/opportunities-for-clinicians/radiotherapy-and-imaging-training-courses/practical-and-theoretical-radiotherapy-physics-courses>
- Physics for modern radiotherapy, ESTRO-kursus. [www.estro.org](http://www.estro.org)
- "Medical Radiation Dosimetry Course", Risø (<http://www.mrdc.dtu.dk>)

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 11: Videregående dosimetri

### Indhold:

1. Generel teori for dosisberegning, bl.a. Bragg-Gray-teori.
2. Begrebet stopping-power-ratio.
3. Dosimetri-protokoller.
4. Forskellige metoder til måling af absorberet dosis:
  - a. Ionkammer-dosimetri
  - b. Filmdosimetri
  - c. TLD-dosimetri
  - d. Diode-dosimetri
  - e. Gel-dosimetri
  - f. Protodosimetri

### Forslag til litteratur:

- IAEA Technical report series no. 398 (Rev. 1), "Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: An International Code of Practice", IAEA, 2024, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/p15048-DOC-010-398-Rev1\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/p15048-DOC-010-398-Rev1_web.pdf)
- IAEA Technical Reports Series No. 483, "Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy, 2017, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/D483\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/D483_web.pdf)
- IAEA Technical report series no. 381, "The Use of Plane-parallel Chambers in High-energy Electron and Photon Beams: An International Code of Practice", IAEA, 1997
- ICRU Report 78 (2007): "Prescribing, Recording, and Reporting Proton-Beam Therapy"
- ICRU Report 59 (1998): "Clinical Proton Dosimetry Part I: Beam Production, Beam Delivery and Measurement of Absorbed Dose"
- P. Andreo, D.T. Burns, A.E. Nahum, J. Seuntjens, F.H. Attix, "Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry", Blackwell, 2017
- F.H. Attix, "Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry", Wiley, 1986 (*ældre udgave af Andreo, ..., Attix*)
- P. Mayles, A. Nahum & J.-C. Rosenwald, "Handbook of radiotherapy physics", Taylor & Francis, 2007
- J.P. Gibbons, "Khan's The Physics of Radiation Therapy", 6<sup>th</sup> Edition, LWW, 2019
- F.H. Khan, "The Physics of Radiation Therapy", Williams & Wilkins, 1994 (*ældre udgave af Gibbons. "Khan's ..."*)
- W.R. Hendee & G.S. Ibbott, "Radiation Therapy Physics", Mosby, 1996
- M. Berg et al, "Rekommandationer for anvendelse af ionisationskamre og tilhørende udstyr inden for stråleterapi", DSMF, 2004, ([www.dsmf.org](http://www.dsmf.org))
- "Methods for in vivo dosimetry in external radiotherapy", ESTRO booklet #1 ([www.estro.org/library/item/2467/booklet-1--methods-for-in-vivo-dosimetry-in-external-radiotherapy](http://www.estro.org/library/item/2467/booklet-1--methods-for-in-vivo-dosimetry-in-external-radiotherapy))
- H. Palmans and S. M. Vatnitsky: Beam monitor calibration in scanned light-ion beams Med.

Phys. 43 (11), 2016 p5835

Moyers MF, Ibbott GS, Grant RL, Summers PA, Followill DS. Independent dose per monitor unit review of eight U.S.A. proton treatment facilities. Med Phys 2014;41(1):012103  
External Beam Radiotherapy”, IAEA, 2017

**Forslag til praksis/klinisk:**

Dosismåling i fantom, gerne med forskellige metoder

Småfelt dosimetri

Måling af absolut dosis i proton beam for mono-energetiske lag.

Krydskalibrering

**Kursusforslag:**

“Medical Radiation Dosimetry Course”, Risø (<http://www.mrdc.dtu.dk>)

”Ioniserende stråling – vekselvirkningsmekanismer og dosimetri”, Norges Teknisk-Naturvidenskabelige Universitet (NTNU), Trondheim,  
<https://www.ntnu.no/studier/emner/FY8413>

Reference Dosimetry e-Learning Course, <https://elearning.npl.co.uk/enrol/index.php?id=59>

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 12: Videregående strålebiologi og strålebeskyttelse

### Indhold:

1. Tumorrespons.
2. Seneffekter for normalvæv.
3. Genetiske og somatiske effekter.
4. Fraktionering.
5. LET, RBE og biologisk modellering, herunder lineær-kvadratisk-model.
6. Strålehygiejne ved hhv. kurative og diagnostiske procedurer.
7. Myndighedskrav.
8. Strålebeskyttelse af personale og patienter.
9. Strålebeskyttelse i nære omgivelser af bestrålingsanlæg, bl.a. bunkerdesign.
10. Fysiske og lovmæssige forholdsregler og instrukser ved utilsigtet bestråling af mennesker.
11. Helsefysiske målemetoder og instrumenter.

### Obligatorisk litteratur:

NCRP Publication 144, “Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities”  
*eller*

NCRP Publication 151, “Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements”

*Note: I tilfældet med NCRP Publication 144/151 kan der læses lidt mere ekstensivt (altså knapt så intensivt) end der i øvrigt lægges op til ved læsning af litteratur. Den valgte rapport skal læses grundigt nok til at give et helhedsbillede, men formålet er ikke at kende til enhver detalje af disse ret omfattende rapporter.*

### Forslag til yderligere litteratur:

G.G. Steel, “Basic clinical radiobiology”, Arnold, 2009

Kaplan, L. P., Tobin, R. J., Appelt, A., Vasquez Osorio, E., Wahlstedt, I., Christiansen, R. L., Nielsen, M. S., Rechner, L. A., Thomsen, S. N., Lund, M. D., Jensen, K., Kronborg, C., & Hoffmann, L. (2025). Clinical workflow for reirradiation: national consensus recommendations on imaging, treatment planning, dose accumulation, and treatment delivery. *Acta Oncologica*, 64, 946–956. <https://doi.org/10.2340/1651-226X.2025.43567>

ICRP Publication 103, “The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”, ICRP 2007

ICRP Publication 86, “Prevention of Accidental Exposures to Patients Undergoing Radiation Therapy”, ICRP, 2000.

IPSM report no. 46, “Radiation protection in Radiotherapy”

IPEM report no. 75, “The design of Radiotherapy Treatment Room Facilities”

P.H. McGinley, “Shielding Techniques”, Medical Physics Publishing, 2002

H Paganetti and D Giantsoudi, “Relative Biological Effectiveness Uncertainties and Implications for Beam Arrangements and Dose Constraints in Proton Therapy”. *Semin Radiat Oncol.* (2018) **28**(3):256-263. <https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2018.02.010>

B. Jones et al.: “The Radiobiology of Proton Therapy: Challenges and Opportunities Around Relative Biological Effectiveness”, *Clinical Oncology* (2018) **30**:285-292. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2018.01.010>

A. Lühr et al.: “Radiobiology of Proton Therapy: Results of an international expert workshop”, *Radiotherapy and Oncology* (2018) **128**:56-67. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2018.05.018>

PTCOG, 2010. Shielding Design and Radiation Safety of Charged Particle Therapy Facilities, Kan hentes fra PTCOG hjemmeside.

Harald Paganetti, Peter van Luijk: “Biological Considerations When Comparing Proton Therapy with Photon Therapy”, *Seminars in Radiation Oncology* (2013); **23**:77-87. <https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2012.11.002>

### **Forslag til praksis/klinisk:**

Design en acceleratorbunker.

Måling af dosis niveau udenfor bunker i relation til design beregningerne.

Følge læge ved ”midtvejssamtaler” med patienter, for blandt andet at se de synlige akutte stråleskader behandlingerne giver.

Følge læge med ”kontrolsamtaler” med patienter, for at få indblik i de sene bivirkninger som behandlingerne giver anledning til.

Beregning af doser i EQD<sub>2Gy</sub>.

Beregninger i forbindelse med genbehandling.

### **Forslag til kursus:**

“Radiation Protection Training Course”, The Institute of Cancer Research and The Royal Marsden NHS Trust, London.

“Basic Clinical Radiobiology”, ESTRO-kursus.

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 13: Introduktion til onkologi

### Indhold:

1. Patientkategorier.
2. Kirurgi.
3. Stråleterapi (herunder radionuklid-terapi og brachyterapi).
4. Kemoterapi.
5. Behandlingsstrategier.
6. Akutte og sene strålereaktioner
7. Tumorsvind.
8. Cellulær og molekylær cancer-biologi.

### Forslag til litteratur:

Dansk Kompendium om Stråleterapi, DSKO, 2019

L. Ankersen et al., ”Behandling og pleje af patienter med kræftsygdomme”, Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck, 2000

D. Hanahan, R.A. Weinberg, “The hallmarks of cancer”, Cell 2000; 100: 57-70.  
[https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(00\)81683-9](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(00)81683-9)

D. Hanahan, R.A. Weinberg, “Hallmarks of Cancer: The Next Generation”, Cell 2011; 144: 646-674. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.02.013>

D. Hanahan, “Hallmarks of cancer: New dimensions”, Cancer Discovery 12:31-46 (2022).  
<https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-1059>

### Forslag til praksis/klinisk:

Fysikeren følger læger på onkologisk afdeling til morgenkonference, røntgenkonference, stuegang, operation, simulering, terapikonference og undersøgelser.

### Kursusforslag:

“Kursus i tumorbiologi og klinisk onkologi”, KU

Lægernes H-kursus i onkologi

**Varighed:** ½ måned.

## Modul 14: Nuklearmedicin

### Indhold:

1. Tracerprincippet og radioaktive sporstoffer/tracere.
2. Radiofarmaci.
3. Skintigrafi.
4. PET og SPECT.
5. Statistiske og dynamiske undersøgelser (f.eks. renografi).
6. GFR-undersøgelse.

### Forslag til litteratur:

H.J. Wester, "Nuclear imaging Probes: from Bench to bedside", Clinical cancer research 2007, 13:3470-3481.

P. F. Sharp, H. G. Gemmell og A. D. Murray, "Practical Nuclear Medicine", Springer, 2005

S. Cherry et al, "Physics in Nuclear Medicine", Saunders, 2003

P.E. Christian: "Nuclear Medicine and PET/CT Technology and Techniques", 2007

R.A. Powsner, M.R. Palmer, E.R. Powsner: "Essentials of Nuclear Medicine Physics and Instrumentation", Wiley, 2013 (er 3. udgave af: Powsner & Powsner, "Essential Nuclear Medicine Physics")

### Forslag til praksis/klinisk:

Relevante dele af besøg på nuklearmedicin og PET kan genbruges – specificér det indhold fra besøgene, som er relevant for indholdet af dette modul.

### Forslag til kursus:

**Varighed:** ½ måned.

## Modul 15: Foton-/elektronanlæg, apparatur og behandling

### Indhold:

1. Foton-/elektronacceleratorer: Principper og teknik (mikrobølgegeneratorer, pulsmodulatorer, stråloptik etc.).
2. Strålestabilitet og dosismålinger.
3. Accelerator kontrol og sikkerhedsafbrydere.
4. Andre behandlingsapparater, f.eks. kV-røntgen til overfladebehandling.
5. Procedurer for kvalitetskontrol af apparatur før ibrugtagning af nyt udstyr.
6. Kvalitetskontrol af apparatur i forbindelse med daglig drift.
7. Behandlingsplanlægning.
8. Fikseringsudstyr.
9. Billedvejledt strålebehandling.
10. Patientspecifik kvalitetskontrol (uafhængig og målingsbaseret).

### Forslag til litteratur:

- C.J. Karzmark, C.S. Nunan & E. Tanabe, “Medical Electron Accelerators”, McGraw Hill, 1993
- D. Greene & P.C. Williams, “Linear Accelerators for Radiation Therapy”, CRC Press, 1997.
- K. Wille, “The Physics of Particle Accelerators: An introduction”, Oxford, 2001
- Manualer for afdelingens acceleratorer m.m.
- W.R. Hendee & G.S. Ibbott, “Radiation Therapy Physics”, Mosby, 1996
- “Quality assurance for clinical radiotherapy planning”, Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 53, report no. 62, Med Phys, 1998
- “Quality assurance of computed-tomography simulator and the computed-tomography-simulation process”, Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 66, report no. 83, Med Phys, 2003
- “Comprehensive QA for radiation oncology”, Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40, Med Phys, 1994
- “Practical guidelines for the implementation of a quality system in radiotherapy”, ESTRO booklet, ([www.estro.org](http://www.estro.org))
- G. Starkschall & J. Horton Eds. “Quality Assurance in Radiotherapy physics. Proceedings of an American College of Medical Physics”, Medical Physics Publishing 1991
- Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: Recommendations of AAPM Task Group No. 218.  
<https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mp.12810>

### Obligatorisk praksis:

Ophold på fotonklinik af minimum tre dages varighed for ansatte på protonklinik og vice versa.

**Forslag til yderligere praksis/klinisk:**

Beamsymmetri på accelerator.

Ugentlig outputkontrol.

Deltagelse i Preventive Maintenance Inspection (PMI) af accelerator.

Overværelse patientbehandlinger.

Udførelse og evaluering af patientspecifikt QA med forskelligt udstyr.

**Forslag til kursus:**

”Moderne accelerators fysik og anvendelse”, Aarhus Universitet.

Acceleratorkursus for fysikere hos leverandørerne af acceleratorene.

Online-kursus: <https://www.coursera.org/learn/introduction-particle-accelerators>

Online-kursus: <https://www.coursera.org/learn/medical-applications-particle-accelerators>

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 16: Dosisplanlægning af ekstern stråleterapi

### Indhold:

1. Therapiscanning.
2. Opsætning.
3. Kritiske organer.
4. Algoritmer til dosisberegning (f.eks. pencil beam, Acuros, Monte Carlo).
5. Fremlæggelse af planer på terapikonference.
6. Nationale og lokale retningslinjer.
7. Behandlingsteknikker (3D konform, IMRT, VMAT, stereotaksi, TBI, adaptiv, elektroner, protoner).
8. Billedvejledning (EPID, kV-kV, CBCT m.m.) inkl. ALARA-princip.
9. Teknikker til management af respirationen
10. Set-up fejl og korrektionsprotokoller
11. Robust planlægning og adaptation (offline el. online).
12. Vidensbaseret dosisplanlægning.
13. Dosisrapportering.
14. Kvalitetskontrol af den samlede terapiplanlægning.

### Obligatorisk litteratur:

- ICRU Report 50, "Prescribing, recording and reporting photon beam therapy", 1993.
- ICRU Report 62, "Prescribing, recording and reporting photon beam therapy (supplement to ICRU 50)", 1999.
- ICRU Report 83, "Prescribing, Recording, and Reporting Intensity-Modulated Photon-Beam Therapy (IMRT)"

### Forslag til yderligere litteratur:

- DBCG-retningslinjer
- DAHANCA-retningslinjer
- DOLG-retningslinjer
- QUANTEC (Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic), 2010
- HyTEC: High Dose per Fraction, Hypofractionated Treatment Effects in the Clinic (HyTEC): An Overview.  
[https://www.aapm.org/pubs/protected\\_files/HyTEC/21/HyTEC\\_01\\_Introduction.pdf](https://www.aapm.org/pubs/protected_files/HyTEC/21/HyTEC_01_Introduction.pdf)
- J. Dobbs & A. Barrett, "Practical Radiotherapy Planning", Arnold, 1999
- P. Mayles, A. Nahum & J.-C. Rosenwald, "Handbook of radiotherapy physics", Taylor & Francis, 2007
- A.J. Mundt, "Intensity modulated radiation therapy, A clinical perspective", BC Decker, 2005
- "Dose and Monitor Unit Calculation for High Energy Photon Beams", ESTRO Booklet.  
([www.astro.org](http://www.astro.org))

- S. Webb, “Contemporary IMRT: Developing physics and clinical implementation”, IoP, 2005
- T. Bortfeld, R. Schmidt-Ullrich & W. E. Wazer, “Image guided IMRT”, Springer, 2005
- “The management of imaging dose during image-guided radiotherapy”, Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 75, Med Phys 2007
- ICRU Report 78 (2007): “Prescribing, Recording, and Reporting Proton-Beam Therapy”
- S.E. McGowan, N.G. Burne, A.J. Lomax: “Treatment planning optimisation in proton therapy”, Br. J. Radiol. (2014) **86**:20120288. <https://doi.org/10.1259/bjr.20120288>
- D. Pflugfelder et al.: “Worst case optimization: a method to account for uncertainties in the optimization of intensity modulated proton therapy”, Phys. Med. Biol. (2008) **53**, 1689. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/53/6/013>
- S.E. McGowan, F. Albertini, S.J. Thomas and A.J. Lomax: “Defining robustness protocols: a method to include and evaluate robustness in clinical plans”, Phys. Med. Biol. (2015) **60**:2671-2684. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/60/7/2671>

### **Forslag til praksis/klinisk:**

- Selvstændig dosisplanlægning af terapiscannede patienter i egen afdeling.
- Overvære dosisplanlægning med både elektroner, fotoner og protoner.
- Vurdering af opsætningsfejl.
- Deltagelse i nationale videokonferencer om protonterapi
- Beregning af anatomiske ændringer m.v.

### **Forslag til kursus:**

- Leverandørspecifikke dosisplanlægningskurser
- “Advanced treatment planning”, ESTRO
- “Dose modelling and verification for external beam radiotherapy”, ESTRO
- 3-dages basiskursus i protonterapi ved Dansk Center for Partikelterapi
- 1-dags workshop i protonplanlægning ved Dansk Center for Partikelterapi

**Varighed:** 2 måneder.

## Modul 17: Brachyterapi

### Indhold:

1. Applikatorsystemer.
2. Kildetyper.
3. Dosisplanlægning.
4. Algoritmer til dosisberegning og optimering.
5. Behandlingsrekommandationer.
6. Kritiske organer.
7. Rapportering af dosis.
8. Kvalitetskontrol af elementerne i samlede terapiplanlægning.
9. Kendskab til behandlingsteknikker.
10. Samspil med ekstern strålebehandling.

### Forslag til litteratur:

- A. Gerbaulet et al. "The GEC ESTRO Handbook of Brachytherapy", ESTRO 2002 (findes elektronisk på [www.estro.org](http://www.estro.org))
- D. Baltas, L. Sakelliou & N. Zamboglou, "The physics of modern brachytherapy", Taylor & Francis 2007
- ICRU Report 38, "Dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in Gynecology", 1985.
- ICRU Report 58, "Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy", 1997.
- "A revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations", Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 43, Med Phys, 2004
- "A practical guide to quality control of brachytherapy equipment", ESTRO booklet #8 ([www.estro.org](http://www.estro.org))
- "Recommendations from gynaecological (GYN) GEC ESTRO working group I & II", R&O, 2005&2006
- "ESTRO/EAU/EORTC Recommendations on permanent seed implantation for localised prostate cancer", R&O 2000

### Obligatorisk ophold, hvor indholdet skal dækkes:

- Ophold/praktisk kursus ved strålebehandlingscenter med brachyterapi (ofte to dage):
- Overværelse af kalibrering
  - Overværelse/gennemgang af planlægnings- og behandlingsprocessen gennem udvalgte cases

### Forslag til kursus (til inspiration hvis man skal arbejde med det, ikke krav):

- "Modern Brachytherapy Techniques", ESTRO-kursus
- "Brachytherapy for prostate cancer", ESTRO-kursus

*Onkologisk stråleterapi – opdateret 18. juni 2026*

“3D image-based brachytherapy in gynecological malignancies”, ESTRO-kursus

“Brachy fysikkursus”, Afdeling for Medicinsk Fysik, Aarhus Universitetshospital

**Varighed:** ½ måned.

## Modul 18: Partikelanlæg, apparatur og behandling

### Indhold:

1. Protonacceleratorer (cyklotron, energy selection, beamline, gantry, beamoptik).
2. Sikkerhedssystemer.
3. Kvalitetskontrol af partikelanlæg ved ibrugtagning og daglig drift.
4. Behandlingsplanlægning.
5. Range uncertainty.
6. Robust optimering, robust evaluering.
7. Fikseringsudstyr.
8. Billedvejledt strålebehandling.
9. Patientspecifik kvalitetskontrol.

### Forslag til litteratur:

#### Bøger:

Proton Therapy Physics, Second Edition (Series in Medical Physics and Biomedical Engineering) 2nd Edition by Harald Paganetti (Editor): <https://www.amazon.com/Proton-Therapy-Physics-Second-Paganetti/dp/0367570785>

Proton Therapy: Indications, Techniques and Outcomes 1st Edition by Steven J Frank MD FACR (Author), X. Ronald Zhu PhD (Author): <https://www.amazon.com/Proton-Therapy-Indications-Techniques-Outcomes/dp/0323733492/>

#### Artikler:

Durante M. og Loeffler J.S. (2010), Charged particles in radiation oncology, *Nat Rev Clin Oncol.* **7**:37-43. <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2009.183>

Wilson, R.R. (1946), Radiological use of fast protons, *Radiology* **47**:487-491. <https://doi.org/10.1148/47.5.487>

Newhauser, W.D. og Zhang R. (2015), The physics of proton therapy, *Phys. Med. Biol.* **60**:R155-R209. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/60/8/R155>

Owen, H., Lomax A. og Jolly S. (2016), Current and future accelerator technologies for charged particle therapy, *NIMA* **809**:96-104. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2015.08.038>

Das, I. J., & Paganetti, H. (2015). Introduction and History of Proton Therapy. In AAPM Monograph #37 Principles and Practices of Proton Beam Therapy (pp. 1–20).

### Obligatorisk praksis:

Ophold på protonklinik af minimum 4 dages varighed.

### Forslag til yderligere praksis/klinisk:

Deltagelse i nationale videokonferencer om protonterapi

4 dages fokuseret ophold på Dansk Center for Partikelterapi:

Deltagelse i kvalitetskontroller

Patientspecifik kvalitetskontrol

Overværelse af planlægning og behandlinger af patienter

Deltagelse i planproduktion og –godkendelse

**Forslag til kursus:**

3 dages Basiskursus i protonterapi ved Dansk Center for Partikelterapi

1-dags workshop i protonplanlægning ved Dansk Center for Partikelterapi

ESTROs Particle Therapy Course

PSI Winter School om partikelterapi

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 19: Afsluttende projekt

### Indhold:

Rapport udarbejdet over valgfrit emne.

Projektet skal have et sådant fagligt niveau, at det vil kunne publiceres i et internationalt, fagfællebedømt (peer-reviewed) tidsskrift. Jf. bekendtgørelsen for specialuddannelse til hospitalsfysiker er det op til Uddannelsesrådet at vurdere den faglige kvalitet af projekter, som ikke er publicerede.

Det er Uddannelsesrådets politik at faglig kvalitet ikke nødvendigvis forudsætter den nyhedsværdi, som normalt er kravet for at få en artikel publiceret, men der opfordres til at vælge projekter, som efterfølgende vil kunne publiceres - samt at publicere dem.

Det er muligt at få en udtalelse om projektet fra Uddannelsesrådet, før projektet påbegyndes.

### Forslag til litteratur:

B. Gustavii. "How to write and illustrate a scientific paper", Cambridge University Press 2003.

N.W. Goodman & M.B. Edwards. "Medical writing: a prescription for clarity", Cambridge University Press 2006.

M.A. Kliewer. "Writing It UP: A Step-by-Step Guide to Publication for Beginning Investigators", Journal of Nuclear Medicine Technology 34, p. 53-59, 2006.

[https://doi.org/10.1016/S0820-5930\(09\)60208-5](https://doi.org/10.1016/S0820-5930(09)60208-5)

**Varighed:** 3 måneder.

*Den årlige indstilling til "Ung fysiker-prisen" sker på baggrund af publicerede projekter fra hospitalsfysikere som har afsluttet uddannelsen inden for de seneste 3 år. Se mere om prisen på hjemmesiden: <https://dsmf.org/dsmf/ung-fysiker-pris/>*

*Hvis projektet fås som merit for en allerede publiceret artikel (med den studerende som førsteforfatter), så angiv venligst én artikel – eller fremhæv én artikel, hvis der angives flere. Kriterierne for merit findes på hjemmesiden, se <https://dsmf.org/hospitalsfysik/uddannelsen/>*

## Redigeringshistorik

- **18. juni 2026**

Moduler er rettet til i forhold til rækkefølge af litteraturen samt fjernet ældre litteratur (ældre end 1980).

Modul 10: Opdatering af litteratur og kursusforslag.

Modul 11: Tilretning af praksis samt litteraturlisten efter teoretisk behov. Passussen "... og beregninger af anatomiske ændringer m.v." er fjernet efter "Krydskalibreringer" og flyttet til modul 16, da det emnemæssigt hører til her.

Modul 12: Opdatering af litteratur og praksis (tilføjet "Beregning af doser i EQD<sub>2Gy</sub>", samt "Beregninger i forbindelse med genbehandlinger")

Modul 13: Opdatering af litteratur (fjernet "Den lille onkolog" og erstattet den med "Dansk Kompendium om Stråleterapi, DSKO, 2019)

Modul 14: Fjernelse af kurser, da de foreslåede kurser (forskerkursus og ph.d.-kursus) synes meget omfangsrige i forhold til modulets varighed på ½ måned.

Modul 15: Opdatering af indhold, litteratur og varighed på besøg ændres fra minimum fire dage til minimum 3 dage.

Modul 16: Opdatering af indhold (formuleringer i punkt 7, således "adaptiv" indgår; og punkt 11, således både robust og adaptiv dosisplanlægning er indeholdt i læringsmålet), litteratur og kursusforslag. Flyttet (fra modul 11) forslag om praksis "Beregning af anatomiske ændringer m.v."

Modul 17: Besøg bliver obligatorisk.

- **21. november 2025**

Modulindehold er nu nummereret, sådan at der ved litteratur, kurser og praksis kan angives, *hvilke* dele af modulets indhold en given aktivitet er med til at dække.

Modul 13: I udspecificering af emnet "Stråleterapi" er "jod-terapi" ændret til "radionuklid-terapi"

Modul 16: ICRU-rapporterne 50, 62 og 83 er nu eksplicit anført som obligatorisk litteratur (hvilket de i praksis har været længe).

- **14. marts 2023**

Modul 12: Det er præciseret at obligatorisk NCRP-rapport ikke skal kendes i alle detaljer.

Modul 15: To online-kurser er tilføjet som kursusforslag.

Modul 19: Tilføjet beskrivelse af "Ung fysiker-prisen" og ønske om angivelse af én artikel, hvis projektet godkendes som merit for allerede publiceret artikel.

- **23. november 2022**

Modul 18: Ny og mere målrettet liste med litteraturforslag.

- **15. oktober 2021**

Modul 10: ESTRO-kursus og Royal Marsden-kursus tilføjet.

Modul 12: NCRP 144 eller NCRP 151 er gjort til obligatorisk læsning.

Modul 14: Beskrivelse af indhold simplificeret og præciseret. Tilføjet litteraturforslag. Besøg på nuklearmedicin og PET foreslår eksplicit at genbruge fra modul 5, med præcisering af de relevante dele.

Modul 15: Ophold på fotonklinik er nu obligatorisk.

Modul 17: Reduceret til 2 uger, forslag om 2-dages kursus med større vægt på observation end på selvstændig udførelse. (Mere dybdegående kurser er dog stadig nævnt som inspiration for hospitalsfysikere, som skal arbejde selvstændigt med brachyterapi.)

- **16. april 2019:**

Patientkommunikationsmodulet er flyttet til ”Fælles moduler”

Som en konsekvens heraf er nummereringen i forhold til tidligere version ændret så modul 9-14 i tidligere versioner nu hedder 10-15. Modul 16 og 17 uændret. Der er tilføjet et nyt modul 18 (Partikelanlæg, apparatur og behandling) og det afsluttende projekt (tidligere modul 18) er nu modul 19.

Modul 10: NTNU-kurset er slettet. Nyt relevant kursus bør tilføjes.

Modul 11: Under indhold er Protondosimetri tilføjet.

Modul 12: Indhold er forkortet og strammet op.

Modul 15: Ny titel: Foton-/elektronanlæg, apparatur og behandling (tidligere titel ”Acceleratorfysik og apparaturlære”). En del ændringer i indholdet så det er tilpasset til den nye titel og det nye modul Partikelanlæg, apparatur og behandling.

Under praktisk/klinisk er følgende tilføjet:

- Ophold på fotonklinik af minimum fire dages varighed for ansatte på protonklinik og vice versa.
- Overværelse patientbehandlinger.
- Udførelse og evaluering af patientspecifikt QA med forskelligt udstyr.
- Krav: Ophold på fotonklinik af minimum 4 dages varighed

Varighed ændret til 1 måned.

Modul 16: Ordet ”gennemførelse” er slettet fra titel.

Indhold er strammet op (små ændringer)

Forslag til praksis/klinisk er ændret/suppleret med:

- Selvstændig dosisplanlægning af terapiscannede patienter i egen afdeling.
- Overvære dosisplanlægning med både elektroner, fotoner og protoner.

Modul 18: Nyt modul ”Partikelanlæg, apparatur og behandling” er tilføjet

- **17. marts 2015:**

Modul 10: Tilføjet forslag om småfeltsdosimetri samt Risø-kurset i dosimetri. Desuden AU-kursus i

dosimetri.

Modul 11: Tilføjet Radioprotection-kursus.

Modul 12: Opdateret data for Den lille onkolog.

Modul 13: Under indhold er Isotopangiografi fjernet. Til gengæld er GFR-undersøgelser tilføjet. Studiebesøgene på Nuk (som også står under modul 5) udspecificeres også her.

Modul 16: Retningslinjer fra DOLG samt QUANTEC-rapporten er tilføjet.

Modul 17: Modulet skifter navn fra “Dosisplanlægning af brachyterapi” til kun “Brachyterapi”.

Modul 17: Nyt link til European School of Medical Physics.

Modul 18: Teksten til projektets indhold er tilpasset den nyeste bekendtgørelse og har desuden fået tilføjet en bemærkning om forhåndsudtalelse før projektstart. Artikel om artikelskrivning tilføjet.

• **20. december 2011:**

Modul 13: Der er tilføjet et forslag til litteratur (P.E. Christian).

Modul 16: ICRU Report 83 om IMRT er tilføjet til litteratur.