

## MEDICINSK RADIOFYSIK I ETT MODERNT SAMHÄLLE

("Kalle Vikterlöf"-föreläsning 1 dec. vid Medicinska Riksstämman 1999)

Då det gått 10 år sedan den första föreläsningen i denna serie tyckte styrelsen att det skulle vara lämpligt att tvinga mig till en ny föreläsning med ett något vidgat perspektiv och med främst historiska återblickar. Självklart kunde jag inte tacka nej! En fördel vid inledningen är ju att jag inte behöver säga några krysstade saker om Kalle V. men i stället kan börja med att uttrycka min glädje över de gångna åren och över den uppskattning som tydligen föreläsningarna rönt - av deltagartalet att dömma. Detta i sin tur har naturligtvis att göra med att styrelsen lyckats välja aktuella ämnen och välja intressanta föreläsare. Härigenom har ju också ett vidgat kontaktnät utanför den radiofysiska professionen kunnat skapas - vilket med tacksamhet noteras! Hoppas Ni åhörare nu kan få några minuters avkoppling under en kåserande föreläsning med personliga och nostalgiska förtecken.

I min framställning kommer jag att hänvisa till flera personer, som på ett värdefullt sätt bidragit till radiofysikens utveckling i Sverige. Jag gör dock inte anspråk på att på något vis ge en heltäckande bild av hans eller hennes insatser. Skulle alltså några saknas beror det inte på att de är betydelselösa - kanske tvärt om - utan på att jag ej varit i direkt kontakt med dem eller helt enkelt på bristande kunskap från min sida. Utgångspunkten för min presentation har hela tiden varit verksamhetens primära koppling till den medicinska radiofysiken alltså ej övrig radiofysik, ex. med relationer till det stora kärnkraft- och strålskyddsområdet! Med tanke på det historiska perspektivet var det intressant att hitta ett föredrag, som Sven Benner, sedermera professor i radiofysik i Göteborg, på min önskan höll för 25 år sedan i november 1974, på Svenska Radiofysikerförbundets årsmöte, där han redogjorde för utvecklingen av radiofysiken i Sverige, som han upplevt den. Han var ju dels nära medarbetare till Rolf Sievert och dels aktiv intressent i Radiofysikerförbundets och Radiofysikföreningens historia. På samma sätt som Sven Benner, som tillträdde en fysikertjänst i Göteborg 1952 efter att ha tjänstgjort i Stockholm sedan 1930, ägnade större delen av föredraget åt tidigare förhållanden eftersom han ansåg att åhörarna kände till den senaste utvecklingen bättre än han gjorde vill jag tillgripa samma knep - dock ej med Svens försvar att han under åtta år fört "en pensionärs stilla liv". Tiderna tycks delvis ha ändrats!

Jag hämtar därmed ohämmat fakta ur Svens skrift liksom ur sammanställningar av Rune Walstam över "Svensk radiologisk fysik" och Sten Carlsson över "Nuklearmedicinsk historia" samt uppbackat ur egen fatatur. Icke heller vill jag förneka att åtskilligt är starkt kopplat till utvecklingen i Örebro, där radiofysikalisk verksamhet introducerades i slutet av 50-talet, då en fristående radioterapiklinik inrättades och Olle Hallberg tillträdde som chef. Tidigare hade endast självständiga radioterapikliniker utanför universiteten funnits i Malmö och Gävle. (Radiofysikverksamhet förekom ju före 40-talet ej i nämnvärd grad utanför Stockholm). Tillkomsten av radioterapikliniker föregicks ofta av en intensiv debatt - många gånger motarbetad från centralt håll av företrädare för Jubileumsklinikerna, som ju inrättats med medel, som insamlats till Gustaf V:s 70-årsdag 1928. När Olle Hallberg ex. lämnade Radiumhemmet för att tillträda den nyinrättade tjänsten i Gävle, där han dock stannade en kort tid, fick han av prof. Elis Berven beteckningen: "radioterapiens dödgrävare nr 1". Olle själv betraktade dock detta som en hederstitel. Från Svenska radiologförbundet uppmuntrades dock denna utveckling och ex. 1956 uppvaktades dåvarande Medicinalstyrelsen, där man framhöll att det förelåg ett oundgängligt behov av att inrätta flera självständiga radioterapi-

avdelningar med begränsade arbetsuppgifter, ledda av fullt utbildade radioterapeuter. Historiskt sett har ju inkörsporren för den medicinska radiofysiken varit strålterapien. Såväl röntgendiagnostiken som nuklearmedicinen har ju sedan också i ökande grad kommit att attrahera radiofysiker med acceptans och uppskattning.

Den snabba tekniska utvecklingen under 50- och 60-talen, som karakteriserade sjukvården, var särskilt starkt uttalad inom den medicinska radiologien. Givetvis kunde inte sjukvården utanför universitetet ställas vid sidan av denna utveckling. Poängteras bör här att den större delen av svensk sjukvård bedrivs utanför universitetsklinikerna - och bör vara kvalitativt högtstående även där.

I Örebro fungerade den radiofysikaliska verksamheten till en början via konsulter - här som vid många andra sjukhus. Rune Walstam och jag turades om tills jag tillträdde en tjänst där 1960.

Svensk radiofysik kan annars sägas ha fötts på ett hotellrum i Chicago 1920, då ju Gösta Forssell och Rolf Sievert under en resa kom att träffas. De kom därvid snart in i ett livligt samtal om fysikens möjligheter att bidra till den medicinska radiologiens utveckling. Från 1922 fick Rolf Sievert ett litet utrymme på Radiumhemmet på Fjällgatan (5 kvm) och så var karusellen igång med ökande utrymmen först vid Jubileumsklinikerna i landet: Stockholm 1937, Lund 1941, sedan Göteborg 1943 och slutligen Umeå 1963. Kurt Lidén anställdes från 1942 i Lund och 1961 omorganiserades laboratoriet som radiofysiskt laboratorium. Akademisk ställning fick ämnet i Lund 1947 genom en laboratur, som 1964 ändrades till professur. Följande sammanställning visar några av milstolparna i utvecklingen av radiologisk verksamhet i Sverige, där grunddata som röntgenstrålarnas upptäckt etc. ej medtagits.

- 1903 inrättades det första röntgendiagnostiska laboratoriet på Serafimerlasarettet.
- 1908 blev Gösta Forssell självständig chef för röntgen på Serafen.
- 1917 delades Radiumhemmets verksamhet i en allmän och en gynekologisk klinik.
- 1919 bildades såväl nordisk som svensk förening för medicinsk radiologi.
- 1920 knöts Rolf Sievert som konsulterande fysiker till Radiumhemmet ( 5 kv.m ).
- 1928 II internationella radiologkongressen ägde rum i Stockholm.
- 1928 insamling till Gustaf V:s 70-årsdag; den s.k. jubileumsinsamlingen, som gav 5 milj. kronor.
- 1941 inrättas en professur i radiofysik vid K.I.
- 1944 Magnus Strandqvists avhandling beträffande kumulativa effekter vid fraktionerad strålbehandling.
- 1950 inrättades ett isotoplaboratorium på Radiumhemmet.
- 1954 ersattes radium med cobolt-60 i de s.k. telegammaapparaterna, vilket bl.a. möjliggjorde lediga lördagar för personalen.
- 1957 installerades den första koboltkanonen för djupterapi liksom den första betatronen i Sverige på Radiumhemmet.
- 1958 Lars-Erik Larssons avhandling rörande stråldoser till patienter i röntgendiagnostik i Sverige.
- 1961 första mötet för nordiska sjukhusfysiker i Örebro.
- 1971 nordiska rekommendationer beträffande dosimetri inom högvoltområdet, presenterat av en specialistgrupp inom Nordisk Förening för Klinisk Fysik (NACP).
- 1979 nordiskt radiologmöte i Stockholm med en fysiker (Rune Walstam) som president.

För den kliniska radiofysikens utveckling i Sverige har ett antal offentliga utredningar spelat en viktig roll. De viktigaste ur vår synpunkt sett är troligen de följande:

SOU 1956:38  
United Nations

SFS 1958:110-111  
SOU 1958:26  
Medicinalstyrelsens  
cirkulär 106, 1961  
Nordisk utredningsserie  
1969-8  
Planering av onkologisk  
sjukvård 1974  
SOS 1975: Hälso- och  
sjukvård inför 90-talet  
SOS 1983: Studier över  
vårdsituationen

Strålskydd  
Report of the United Nations  
Scientific Committee on the  
effects of atomic radiation  
Strålskyddslag  
Regionsjukvård  
"Isotopcirkuläret"  
  
Nordiskt sjukhusfysikersam-  
arbete  
  
Medicinsk service  
  
Radiologi

Enligt Sven Benner sysslade man ju till en början inom radiofysiken (en då ännu ej uppfunnen term) mest med dosimetri särskilt betr. RaC gammastrålning och röntgen mellan ungefär 100 och 165 kV rörspänning. Dosfördelningar kring radiumpreparat och grupper av sådana studerades dels matematiskt, dels genom jonkammarmätningar med specialkonstruerade apparater. Radium användes ju på den tiden dels för olika kroppshålor dels i nålar instuckna i åtskilliga tumörer, dels slutligen i ytapplicatorer. När i mån av tillgång större mängder radium var disponibelt gavs även teleradiumbehandlingar - till en början med rel. primitiv apparatur, som fylldes med allt radium, som för tillfället ej behövdes för andra behandlingar.

Med hjälp av medel från Gustaf V's Jubileumsfond kunde flera gram radium inköpas under de närmaste åren och Radiumhemmets fysiska laboratorium fick i uppdrag att övervaka radiets packning i för olika ändamål lämpade preparat och att kontrollmäta radiet såväl vid leveransen som vid de färdiga preparaten. En del arbeten av detta slag utfördes även åt andra uppdragsgivare; både svenska och utländska sjukhus.

Strålskyddsfrågor hade ej aktualiserats vid dessa arbeten och strålrisker förenade med dessa arbeten skulle enl. Benner i dag ha ansetts som horribla! Bland vissa kliniker var ej heller strålskyddsmätningar direkt populära, vilket Rune kan berätta mer om när han började med mätningar på Radiumhemmet. "Wir sind Frontkämpfer gegen Kanzer" som en stor tysk radioterapeut uttryckte det - och då kan man ju inte bry sig alltför mycket om strålexpositioner!

Röntgenstrålningen mättes under tjugotalet och en bit in på trettioalet i HED (huderytemdos), en enhet som mätt i R-enheten var starkt kvalitetsberoende. Vid en jämförande kalibrering mellan 15 kliniker i landet erhöll man en mycket stor avvikelse mellan mätvärdena - upp till en faktor 4 kunde skilja mellan olika kliniker vid en och samma strålkvalitet! En för Sverige rätt unik organisation kom därför att etableras - en "ambulerande mätavdelning", Den startade 1926 och snart var praktiskt taget alla svenska radioterapiavdelningar och en norsk anslutna. Avdelningen reste runt två gånger om året för kontrollmätningar av strålutbyte, kV och mA vid i stort fyra standardkvaliteter. Självt började jag min professionella bana inom denna verksamhet - och hade bl.a. förmånen att därigenom lära känna stora delar av Sverige - från Malmö till Boden. Erforderlig mätapparatur var skrymmande och tung samt kostade mycket i resgodsövervikter och stadsbudsavgifter. Specialkammare för konstanskontroll av strålutbytet var placerad på terapiavdelningen och mätvärden rapporterades vid avvikelse till avdelningen i Stockholm.

Osäkerheten i dosimetri och de många skadefallen bland bl.a. radiologer påkallade internationellt samarbete. Vid den första internationella radiologkongressen i London 1925 bildades en kommitté för enheter och mätning av strålning, ICRU. Vid andra radiologkon-

gressen i Stockholm 1928 bildades sedan nuvarande ICRP för stål-skyddsfrågor.

I Sverige refererades alla dosimeträmätningar till en av Robert Thoraes konstruerad "standardkammare". Kammaren, som underkastats internationella jämförelser tjänade under årtionden som en "Nordisk" standard. Robert anställdes för kontrollverksamheten 1927 men är kanske mest känd för sitt coumpoundfilter uppbyggt av Sn, Cu och Al, som användes vid terapiapparater för den tiden högsta spänningen på 165 kV - på grund av längre bestålningstider användes den sällan!

1937 flyttade Radiumhemmet till nya lokaler, som den första av Karolinska sjukhusets kliniker, och året därefter Radiumhemmets fysiska laboratorium, nyorganiserat under namnet Radiofysiska institutionen. Mycket tid ägnades under de närmaste åren åt förberedelse för den strålskyddslag, som kom 1941 (den första effektivt tillämpade i världen), åt utarbetande av tillämpningsföreskrifter och organiserandet av tillsynsverksamhet. Institutionen förstatligades och Sieverts professur vid Karolinska institutet inrättades, varigenom ämnet radiofysik för första gången fick akademisk status, låt vara till en början med vissa restriktioner.

Efter fredsslutet 1945 började en snabb utveckling inom både radioterapi och röntgendiagnostik. Tillkomsten av nya strålningsanvändningar ställde givetvis starkt ökande krav på Radiofysiska institutionens strålskyddsverksamhet - utöver betr. själva tillsynen även på forskning, undervisning m m. Verksamheten hade stått under dåvarande medicinalstyrelsens ledning; formellt var det denna myndighet som utfärdade tillstånden enl. strålskyddslagen. Sievert fick till stånd en utredning för att se över förhållandena speciellt den olägenhet som mycket ineffektiv papperstrafik mellan olika myndigheter innebar. Bland tillsynsmännen restes kravet på att de borde vara representerade i denna och icke enbart företrädda av Sievert som representant för den radiofysikaliska expertisen. På så vis kom Mats Helde, som helt nyligen avlidit, med i utredningen, där han gjorde en betydelsefull insats.

Behovet av en mer formell förening med en vidare krets av medlemmar blev allt mer uppenbar, bl.a. genom framkomna planer på fysikertjänster även vid andra sjukhus än jubileumsklinikerna (Malmö först). Den 3 december 1954 konstituerades vid ett första årsmöte "Sveriges Sjukhus- och hälsofysikers Förbund". Under resten av 50-talet behandlades ett stort antal frågor som:

- Utrustningslista för radiofysik- och isotoplaboratorier
- Förslag till studieplaner i radiofysik
- Yttrande över Radiologförbundets skrivelse till Medicinalstyrelsen om behovet av sjukhusfysikertjänster
- Omfattande in- och utländsk korrespondens om planer på en internationell organisation för radiofysik eller för medicinsk fysik i allmänhet
- Remissyttrande över Strålskyddskommitténs betänkande
- Till Medicinalstyrelsen om kompetenskrav och ansvarsförhållanden för självständiga sjukhusfysiker vid större lasarett
- Yttrande över betänkandet "Regionsjukvård", om beredskap mot atomolyckor
- Yttrande till IAEA om förslag till standardisering av tele-gammamätningar.

Olägenheterna med att samma förbund skulle bevaka så helt olika frågor och där risk fanns att förbundets ställningstagande kunde influeras av fackliga intressen ledde till att som för HPA i England en uppdelning i två skilda sammanslutningar (analogt Läkarsällskapet och Läkarförbundet) var önskvärt. Detta godkändes vid årsmötet den 2 december 1961. Namnen på "klyvningsprodukterna", som Sven Benner uttrycker på en fysikers sätt blev: Svensk förening

för radiofysik och Svenska radiofysikerförbundet. Den 2 dec. 1976 beslöts på årsmötet för radiofysikerförbundet att detta skulle upplösas med rekommendation till bildandet av ett sjukhusfysikerförbund, som höll sitt första årsmöte den 23 maj 1977.

Ytterligare några ord om det organisatoriska, som ett talande bevis för att vi ändå varit engagerade i nationellt och internationellt samhällsansvar inom vår profession. Utgångspunkten har givetvis oftast varit baserat på erfarenheter och kunskap hämtade från sjukhussektorn - men dock med "spill over" till andra områden. Under 60-talet utvecklades ett givande samarbete med kolleger i Norden, där likartad utvecklingsförhållanden rådde. Själv kan jag ej låta bli att känna en viss stolthet över det formaliserade samarbete som uppstod inom "Nordisk förening för klinisk fysik" och som hade sin upptakt i Örebro 1962. Mitt lilla trumfkort var att Örebro låg kommunikationsmässigt centralt i Norden!. Vi fick bl.a. ekonomiskt stöd från Nordiska Rådet och bland resultaten av föreningens arbeten kan nämnas NACP's dosimetrirekommendationer och CART-projektet, som väckte stor internationell uppmärksamhet. Tyvärr har jag en känsla av att det nordiska samarbetet nu ej längre är lika aktuellt - kanske till förmån för större internationella kontakter, som kan synas mer intressanta?

I större internationella verksamheter som ICRU, ICRP, IOMP, EFOMP, WHO och IAEA har däremot svenska kolleger fortlöpande spelat en betydande roll. Hänvisas här blott till insatser från Rolf Sievert, Bo Lindell, Bernt Waldeskog, Rune Walstam, Lasse Johansson, Pelle Åsard, Hans Svensson, Monica Gustafson och vår nuvarande superstjärna - hon med hatten - Inger-Lena Lamm, inkommande President for European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP).

Inom radioterapien kom behovet av högre fotonenergier att medföra ett ökande intresse för fysikens accelerators. I Sverige inleddes under 50-talet arbeten först främst med satsningar på kobolt-60 strålkällor. Teleradiumapparaten i Lund var den första som fick en ny strålkälla medan helt ny apparatur för kortdistansterapi konstruerades vid Radiumhemmet av Lindell och Walstam. Ett urval av behandlingsfält blev tillgängligt och behandlingstiderna kortades från timmar till ett fåtal minuter. Den första telegammaapparaten i Sverige konstruerades av Siemens i samarbete med Radiumhemmet. Den laddades med kobolt-60. Cesium-137-utrustningar blev aldrig någon succé i Sverige - trots att man på kontinenten kunde hävda att 662-keV strålningen hade en selektiv verkan på cancerceller och att utrustningen var så säker att man ej behövde anlita fysiker som konsulter! (fick Rune och jag lära oss vid en studieresa i Europa med besök på en privatklinik). Marknadsföring är i dag förhoppningsvis betydligt mer seriös. Elektronacceleratorer kom nu också att introduceras med främst BBC och Siemens som leverantörer. Energier upp mot 42 MeV och betydande output för såväl röntgen som elektroner samt goda rörelsemöjligheter kom att betyda mycket. En intressant utveckling på detta område skedde i Uppsala och på KTH hos Scanditronix AB bl.a. med två eller flera behandlingshuvuden koppelade till en accelerator. Den första s.k. race-track-mikrotronen med en max energi på 50 MeV installerades i Umeå 1986.

Utrustning för dosplaneringar har under 80- och 90-talen genomgått dramatiska utvecklingar. Med utgångspunkt från en tvådimensionell verklighet har möjligheterna till tredimensionellt tänkande och realiserande kunnat ske med hjälp av datorteknikens förfinande och dator-tomografernas möjligheter. I övergången 50-60-talen fick vi i allmänhet förlita oss på direkta dosfördelningsstudier i homogena och anatomiska fantom, där resultaten fick överföras till aktuella patientkonturer. Vid denna tid fick vi arbeta i en B.C. tidsålder - uttalat Before Computer - med användande av kondensatorkammare av Bg-typ. För att kunna framställa anatomiska fantom av korrekt material måste vi t.ex. utföra bestämningar av densiteten hos lungvävnad. Resultaten, som Olle Dahl och jag publicerade 1954 som de första i världen visade på 0.25 i st

stället för tidigare använt värde på 0.50 g/cc. Lämpligt fantommaterial för lungvävnad visade sig vara torr sågspån, något som jag återkommer till senare.

Intrakavitär- och interstitiell teknik har på samma sätt kommit att göra betydande framsteg. S.k. efterladdningsteknik har här spelat en betydande roll inte bara ur strålskyddssynpunkt utan också med tanke på resultaten. Motståndet mot denna nya teknik från Jubileums-klinikernas sida var dock ej ringa, ex. när vi i Örebro ville starta upp dylik teknik med ny utrustning. Benämningen "hög-dosrat" var länge ett föga uppskattat begrepp men samarbete mellan kliniker och fysiker samt apparattillverkare har lett till ett genombrott, där ju möjligheter till kombination mellan intrakavitär och extern bestålning varit uppmuntrande. Även kombinationer inkluderande hypertermi har här känts som stimulerande.

Röntgendiagnostikens dominans då det gäller populationsdosen har bl.a. motiverat ökande insatser från radiofysiker. Apparatutveckling inom CT-tekniken, generell digitalisering och nya detektorer av bildplattetyper har på ett bedövande sätt ropat på medverkan. Ny teknik av allmänheten kallad magnetröntgen har sedan motståndet centralt brutits kommit att bli ett betydande diagnostikhjälpmedel på de numera s.k. Avdelningar för Diagnostisk radiologi. Samtidigt kommer alarmerande informationer att strålbeklastningen till patienterna genom den ökande användningen av CT kraftigt skjutit i höjden. I Tyskland lär nu mer än 30 % av populationsdosen komma från användningen av CT! Den gamla regeln om att hudreaktioner aldrig kunde erhållas vid röntgendiagnostisk undersökning 1 är också vara på väg att bli fel!

Samtidigt kan konstateras att på område efter område ett ökande fruktbart samarbete mellan de radiofysikaliska och medicintekniska disciplinerna växer sig allt starkare.

Bilden av nuklearmedicinens framväxt och utveckling ter sig mer svårtolkad. I Sverige har frammarschen till mycket stor utsträckning skett i samverkan med fysiker, ja ofta direkt styrd av fysiker. Till sin karaktär är den ju en typisk interdisciplinär gren av medicinen. Bland många "nuklearmedicinare" har detta starkt beklagats. Man har menat att förekomsten av en stark röntgendiagnostisk disciplin, kliniska fysiologer och radiofysiker hindrat en sund utveckling till en självständig specialitet i Sverige till skillnad från i många andra länder. En stor stimulans till utvecklingen av nuklearmedicin var de s.k. Studsviks-symposierna, som samlade en stor skara intressenter representerade vitt skilda specialiteter. I anslutning till dessa bildades också Svensk förening för nuklearmedicin, en förening som jag haft förmånen att följa närmare bl.a. som styrelseledamot under många år. De ständiga diskussionerna om ansvar- och ledningsförhållandena har varit en källa till irritation. Tidigare fanns ett visst ointresse för metoderna från diagnostikernas sida - något som i dag uppenbart övergått till engagemang - i varje fall i de fall då man kunnat ta hand om och styra verksamheten. En viss avdramatisering av den administrativa prestigeaspekten har ju under senare åren dessutom inträffat. Introduktionen av teknetium-99m har haft en stor betydelse - liksom användningen av gammakameror i mer eller mindre sofistikerade konfigurationer - 2 eller 3 i samverkan.

En mycket positiv utveckling, som skett under mina år i Örebro är tillkomsten av utbildning av radioterapi- och röntgenassistentutbildningen, som vi fick börja 1962. Denna utbildning, som ju numera resulterar i en skötersketitel har genom sin mellanställning mellan läkare och fysiker skapat ett professionellt lyft för verksamheten (Lars-Gunnar Larsson, ledande radioterapeut och professor em. i Umeå har en gång hävdat att detta var det bästa som hänt svensk radioterapi).

Generellt sett tror jag att ett ökande utbyte av erfarenheter och verkligt samarbete både mellan olika personalgrupper och mellan av

avdelningar både inom sjukhuset och mellan sjukhusen kan komma att bli av största betydelse för ett framgångsrikt utvecklingsarbete. Tyvärr kan man i dessa sammanhangen ej helt se bort från både re-  
virsträvanden och faktiska problem med dålig personkemi.

För att illustrera några utvecklingsförhållanden under de år från säg 1950 till 2000, som jag haft förmånen att följa, vill jag visa några uttalade exempel på apparaturförändringar.

För att också vidga litet på vyerna mot samhället utanför sjukhusområdet vill jag illustrera några tillämpningar av radiofysikalisk kunskap, där spin-off-effekter från medicinteknik varit i mitt fall en förutsättning. Många gånger är det annars frågan om den andra vägen - spin-off från industrien till sjukvården.

Flera stora acceleratortillverkare har i sitt sortiment utöver utrustningar för medicinsk användning även apparatur, som lämpar sig för industriella applikationer, ex. sterilisering av sjukvårdsutrustning. En sådan tillverkare var dåvarande CGR i Frankrike. Vid ett besök i Paris i samband med inköp till onkologen i Örebro väcktes mitt intresse för en dylik utrustning och applikation.

Sedan september 1988 finns en dylik anläggning installerad i Kopparberg, 8 mil norr om Örebro. Förklaringen till placeringen i Kopparberg av denna utrustning, som kostade drygt 30 milj. kr, är främst att söka i de statliga stödåtgärder, som gällde för områden inom Bergslagen, som ju drabbats hårt av industrin-  
läggelser. ./.

SCAN CARIC AB, som företaget till en början hette, är ett privat företag, som till mer är 50 % ägdes av ett franskt företag, som driver anläggningar av detta slag och alltså hade mångårig erfarenhet på området. Dessutom fanns som delägare ett antal svenska företag och några privatpersoner med mindre aktieposter.

Utrustningen är en CGR (numera GE) 10 MeV linjäraccelerator med bl.a. följande prestanda. Max energi 10 MeV; medeleffekt i strålknippen 20 kW. Strålknippenets bredd vid fönstret är 80 cm och spaltbredden c:a 8 cm. Conveyerbandet, vars hastighet bestämmer dosens storlek till objektet har en precision på 2 % och en hastighetsvariation på från 0.2 till 20 m/sek. En automatisk vändmekanism innebär att godset kan bestrålas från två sidor, vilket ju med tanke på max.energien ofta kan vara nödvändigt. Pakettjocklekarna på upp till c:a 40 cm kan härigenom bli möjliga under förutsättning att medeltätheten på objektet är låg. ./.

Huvudanvändningen för utrustningen är sterilisering av medicinsk engångsmaterial i färdiga förpackningar med doser på 25 kGy. Den höga dosen kräver extremt hög dosrat och samtidigt är energien maximerad av denna typ av accelerators till 10 MeV för att säkert undvika inducerad radioaktivitet- oberoende av applikationsområde; bestålning av livsmedel kan ju ex. tänkas bli aktuell. I Sverige har ju hittills enbart kryddor varit tillåtna för bestrålning med joniserande strålning.

Ett andra stort tillämpningsområde för elektronbestrålning är att modifiera polymerer genom tvärbinding, nedbrytning eller krympning. Utrustningen har tillfört möjligheter för intressanta tillämpningar av bestålning inom olika områden på ett miljötillfredsställande och strålskyddssäkert sätt.

Ett annat område, där spin-off-effekter från medicinsk strålningsfysik kunnat realiseras, är tillämpning av dubbelenergitek-  
nik, sådan den utvecklats inom osteoporosdiagnostiken. För kontroll av benskörhet har länge transmissionsmätningar med till att börja med en energi och sedan via två energier använts. Stålkällor av Gadolinium-153 med 44 och 100 keV energi användes länge för att sedan ersättas av röntgenteknik med spänning kring 80 kV, som i kombination med K-filter (ex. Cerium-folie) ger två energier på

ungefär 40 och 70 keV. Programvara till medicinteknisk apparatur för dessa applikationer kom därför också att innebära bestämning av totalvikt av ben- och patientkroppsvikt samt av fett- och proteinhalt. Kunde detta med en acceptabel noggrannhet genomföras på humant material borde det ju också kunna ske på charkuterivaror. Då det finns ett önskemål om att inom ex. korv- och hamburgertillverkningen kunna fastställa fetthalten i löpande produktion - gärna på ett icke förstörande sätt borde dubbelenergitekniken kunna vara ett lämpligt alternativ också på grund av sin snabbhet med resultat i realtid utan tidsödande provtagning, vilket ofta gäller för övriga metoder, som används i dag.

Mätprincipen bygger på bestämning av attenueringskillnader i objektet beroende på dess innehåll av syre- resp. kolatomer. Inom här aktuellt energiområde dominerar ju den fotoelektriska effekten och detta betyder att skillnaden mellan attenueringen för C och för O med atomnumren 6 resp. 8 kommer att skilja sig åt med en faktor något större än 4. Med en nyanskaffad DPX-utrustning till osteoporosenheten på Medicinkliniken vid RSÖ genomfördes därför i samarbete med LITHELLS´ s korvfabrik en serie tester på olika charkrivaror med olika fetthalter. Erhållna resultat jämfördes med på konventionellt sätt mätta fetthaltsvärden med hjälp av NMR-utrustning med en överensstämmelse på 0.5 %. Fetthalten korreleras till ett s.k. R-värde, som speglar förhållandet mellan attenueringen för de två energierna. Såväl djupfrysta som tinade, hela stycken och malda testades avseende både fläsk- och nötkött - ej lätt att genomföra på humant material. Resultaten visade att mätmetoden är beroende av sönderdelningsgrad, temperatur, dimension och storlek på råvaran. En svaghet ligger i beroendet av salthalten - men rimmade råvaror brukar ej ingå i aktuell tillverkning numera. Stråldosen är minimal och faller långt under de av EU angivna max-värdena på 0.5 Gy.

Med de förutsättningar som gällde för dubbelenergiteknikens möjligheter för fettbestämningar borde vidare en applikation för bestämning av fukthalt i biobränslen - syre i vatten och kol i cellulosa - lämpa sig för utvärdering. I en pilotstudie vid dåvarande Högskolan i Örebro testades fuktinnehållet kvantitativt i sågspån som uppfuktats i varierande grad (Jmfr mitt intresse för sågspån i anatomiska fantom, som jag tidigare nämnt). Prover på c:a 4-6 kg med vattenhalter mellan c:a 25 och 50 % testades. Den konventionella metoden för fukthaltsbestämning är vägning - upphettning till 105 gr i 16 timmar - och förnyad vägning. Alltså en tidskrävande procedur.

En ny mer omfattande studie syntes därför berättigad och under ledning av IUC (Industriellt UtvecklingsCentrum i Karlskoga) och med ekonomiskt stöd bl.a. av Värmeforsk utfördes en omfattande studie av olika biobränslen - Sågspån, Bark, Flis, Torv och Salix samt blandningar mellan dessa. En relativt god överensstämmelse mellan gammal och ny, snabb mätteknik har konstaterats. F.n. pågår försök för att utveckla en för applikationerna anpassad mätutrustning, som dels kan användas för stationära mätningar på uttagna prover dels möjliggöra dynamiska registreringar i den industriella processen, ex. på ett transportband, som visas på dessa illustrationer!

Med dessa små illustrationer på sidospår för "medicinsk radiofysik" vid sidan av sjukvården ut i samhället har jag velat antyda att det finns yrkestillämpningar för oss radiofysiker, där vårt specifika kunnande kan komma till sin rätt som ambassadörer för professionalism med strålningsfysikaliskt kunnande. Speciellt har det känts fint att som pensionär - när man konfronteras med den generella regeln, som säger att nya chefer gärna ser att de gamla försvinner så fort som möjligt från scenen, som jag fann att jag uttryckt det i Sjukhusfysikerns Jubileumsnummer 1966 - kunna få ta nya



initiativ och knyta andra kontakter med meningsfulla uppgifter!!

Kanske skulle man till detta kunna lägga att i den nu pågående allmänpolitiska diskussionen om privat kontra offentlig sjukvård även den kunskap vi som radiofysiker besitter bör kunna komma till användning för att stimulera, effektivisera och förbättra också privat vård inom oss närliggande specialiteter.

Personligen vill jag så avslutqa med att uttrycka glädjen över de gångna åren och tillfredsställelsen över det yrkesval jag av en tillfällighet kom att göra och där utvecklingen varit rent otrolig. Den predatoriserade värld jag börja göra mätningar i har ju helt revolutionerats från ett många gånger långsamt tempo till ett ultrasnabbt dito men också med de risker som felprogrammeringar kan innebära.

Som pensionär och därmed på ett allmänt medmänskligt plan, där vi alla förr eller senare hamnar/eller hoppas hamna har jag ex. fått uppleva att genom felinmatning hos KPA råka ut för en dödförklaring, som först efter flera månader resulterade i en återuppståndelse och utbetalade pensioner; som patient i modern onkologi har jag vidare efter framgångsrik cytostatibabehandling tyvärr kompletterad med oönskade bieffekter i form av polyneuropati fått uppleva helt bortkomna journalhandlingar under 15 år. Allt detta gör mig något luttrad men likväl tacksam över att leva - specielllt om man beaktar alternativen; temporärt botad och besvärslfri men i reliteten död!

Tack för mig!!

Örebro 1999-12-09

Docent Bo-Anders Jönsson  
Radiofysiska Institutionen  
Lasarettet  
221 85 LUND

B.B.

Först ett tack för senast - inkl. en utmärkt middag!  
Enligt överenskommelse översänder jag mitt manus från föreläsningen och ett antal illustrationer. Det står Dig fritt att använda allt efter gottfinnande med strykningar och omskrivningar som kan passa för Ditt redigeringsarbete. Om Du önskar kan jag läsa igenom uppställningen - tills vidare dock enbart i brevkopior.

Hoppas adressen är korrekt. Jag ser gärna att bilderna kommer tillbaka efter användning (tillsammans med en mugg).  
Britt hälsar!

*Kälm. Halle*