

European Spallation Source - verdens største mikroskop til Øresundsregionen



Styrelsen for Forskning
og Innovation

Ministeriet for Forskning, Innovation
og Videregående Uddannelser

European Spallation Source -
verdens største mikroskop til Øresundsregionen

Udgivet af:
Styrelsen for Forskning og Innovation
Bredgade 40
1260 København K
Telefon: 3544 6200
Fax: 3544 6201
www.fi.dk

December 2011

Forsidefoto: ESS

ISBN nr. 978-87-92776-26-6

Tryk: Rosendahls Schultz Grafisk a/s

Indhold

1	Verdens største mikroskop til Øresundsregionen	2
2	Hvad er ESS, og hvad kan det bruges til?	4
2.1	Det koster ESS	6
2.2	Europæisk opbakning til ESS	6
2.3	Hvad kan ESS?	7
2.4	ESS er værktøj for mange discipliner	10
2.5	Hvorfor er der behov for ESS?	10
2.6	Erhvervslivet bruger også neutroner	12
3	Dansk forskning drager fordel af ESS	16
3.1	Centrum for bio- og materialeteknologisk forskning	17
4	ESS - en saltvandsinsprøjtning for dansk erhvervsliv	21
4.2	Økonomiske perspektiver ved ESS i Øresundsregionen	21
4.3	ESS skaber innovation	21
5	Synergi mellem dansk forskning, erhvervsliv og ESS	27
	Litteraturliste	32

1 Verdens største mikroskop til Øresundsregionen

I de kommende år vil en af verdens største og mest avancerede forskningsfaciliteter blive bygget i Øresundsregionen. European Spallation Source (ESS), som faciliteten kommer til at hedde, er en neutronspredningsfacilitet, der fungerer som et kæmpestort og meget avanceret mikroskop. Det er første gang, at en af Europas store forskningsfaciliteter bliver placeret nord for Hamburg.

Etableringen af ESS i Øresundsregionen åbner nye muligheder for videnskabelige opdagelser – ikke mindst på det materiale- og bioteknologiske område. På den baggrund udgør ESS en vigtig byggesten for europæisk forskning og kommer til at danne ramme om en mængde forskningssamarbejder på tværs af de europæiske lande.

I modsætning til mange andre, store internationale forskningsinfrastrukturer kan neutronsprengningsteknologien anvendes inden for en bred vifte af forskningsområder. Det betyder, at ESS ikke alene får betydning for den snævre grundvidenskabelige forskning. Både virksomheder og den mere anvendelsesorienterede forskning og udvikling (F&U) vil i høj grad også drage nytte af de muligheder, som ESS vil åbne op for.

ESS er en saltvandsindsprøjtning for forskning og innovation i Danmark

Etableringen af ESS vil ikke alene få betydning for europæisk forskning, men vil også styrke forskning og innovation i Danmark. Det skyldes ikke mindst, at Øresundsregionen med ESS bliver et samlingspunkt for nogle af verdens bedste forskere, og vil bidrage til at bringe Danmark helt i front på det materiale- og bioteknologiske område.

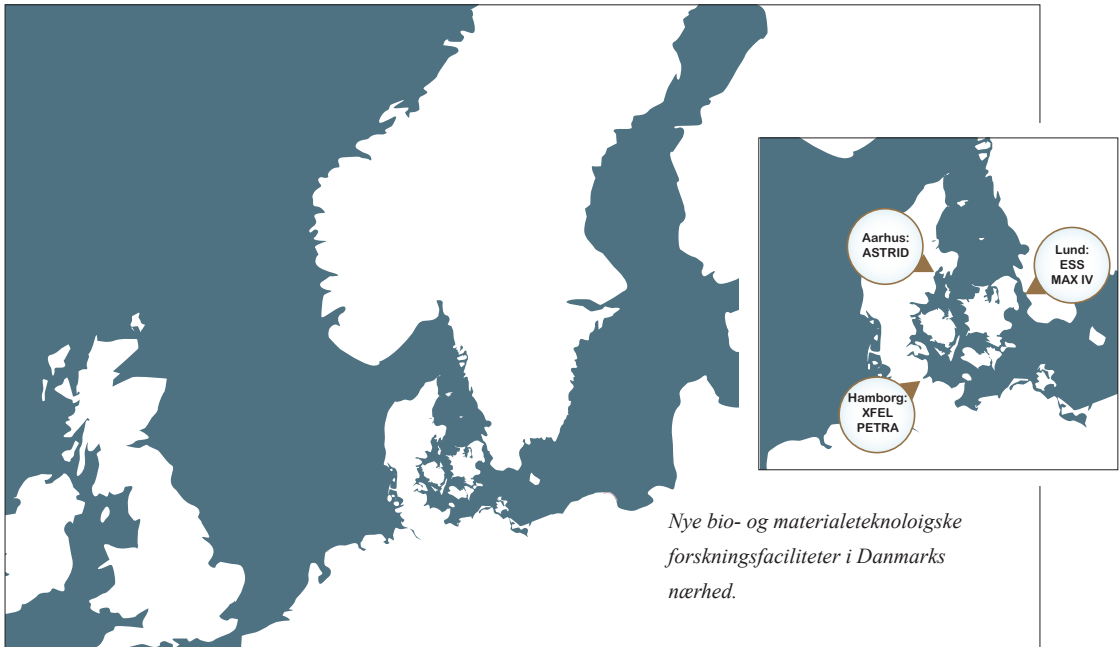
Det er i den sammenhæng afgørende, at ESS Data Management og Software Center (ESS DMSC) med

60-65 forskere og teknikere bliver etableret på den danske side af Øresund. Centret har bl.a. til opgave at opsamle data og hjælpe besøgende forskere med at analysere og fortolke de data, der kommer ud af deres eksperimenter. Det vil lette danske forskeres og virksomheders muligheder for at anvende ESS, og det vil skabe store muligheder for, at der kan opstå synergi med e-science-miljøer i Danmark.

Med en samlet konstruktionspris på omkring 11 mia. kr. og et årligt driftsbudget på omkring 800 mio. kr. udgør ESS samtidig også en stor investering, som vil stimulere den økonomiske udvikling i Øresundsregionen i form af nye arbejdspladser, bosætning af højt uddannet arbejdskraft samt øgede muligheder for salg af højteknologisk produkter og serviceydelser. Erfaringerne fra andre store internationale forskningsfaciliteter viser således, at der er en række betydelige gevinster ved at huse en stor international forskningsfacilitet som ESS. Det drejer sig dels om de direkte økonomiske effekter, der kan henføres til facilitetens drift og etablering, dels om de effekter, der opstår i samspillet mellem faciliteten og det regionale erhvervsliv. Det vil bl.a. resultere i tiltrækning af højteknologiske virksomheder, styrke arbejdsmarkedet for højtuddannede og bedre mulighederne for virksomhedernes F&U-aktiviteter. ESS er på den måde en saltvandsindsprøjtning til udviklingen i Øresundsregionen og åbner helt nye muligheder for vækst og innovation.

Danmark som centrum for bio- og materialeteknologisk forskning

ESS er ikke den eneste store forskningsfacilitet, der etableres i Danmarks ”nærområde”. I løbet af de kommende 10 år vil der blive foretaget en række meget markante investeringer i laboratorier og forskningsinfrastrukturer på det bio- og materialevidenskabelige område i eller omkring Danmark. Det drejer



sig ikke mindst om synkrotronfaciliteten MAX IV, der vil blive etableret i Lund umiddelbart ved siden af ESS. Samlokaliseringen af de to store faciliteter skaber helt unikke muligheder for at kombinere de to komplementære ”analyseteknikker”. Samtidig etableres den europæiske røntgen-laserfacilitet XFEL i Hamborg, der ligesom ESS og MAX IV anvendes til at bestemme materialers opbygning, struktur og interaktion.

Danmark er centralt placeret i forhold til disse forskningsinvesteringer. Og når den kommende Femern-forbindelse er bygget, vil danske forskere kunne nå både ESS, MAX IV og XFEL på mindre end fire timer. Danmark bliver dermed det geografiske centrum for en række af Europas førende forskningsinfrastrukturer. Det vil gøre det lettere at tiltrække og fastholde topforskere på danske universiteter.

Der opstår i den sammenhæng en enestående mulighed for at styrke dansk erhvervsliv og udvikle Øresundsregionen til en førende videnregion. Det gælder ikke mindst på det bio- og materialeteknolo-

giske område, hvor en række danske virksomheder er med helt fremme, når det gælder udvikling af nye lægemidler, bioteknologiske komponenter til fødevarerproduktion og nye energiteknologier.

Erfaringerne fra andre forskningsfaciliteter i Europa viser således, at tilstedeværelsen af stærke universiteter og en eller flere internationale forskningsfaciliteter skaber unikke muligheder for at tiltrække højteknologiske virksomheder til regionen.

Effekterne af ESS i Øresundsregionen opstår imidlertid ikke af sig selv. ESS kommer til at fungere, selv om dansk (og svensk) erhvervsliv og forskning ikke bidrager til facilitetens udvikling og drift. Skal dansk forskning og erhvervsliv høste gevinsten af det dansksvenske værtskab, er det for det første vigtigt, at vi er parate til at anvende faciliteten. For det andet er det helt afgørende, at der bygges bro og etableres samspil mellem danske forskningsmiljøer, erhvervsvirksomheder og ESS.

2 Hvad er ESS, og hvad kan det bruges til ?

Når ESS står færdig i 2019, vil det være en af verdens største og mest avancerede forskningsfaciliteter, som vil kunne undersøge materialer og processer på atomart niveau ved at beskyde en udvalgt materialeprøve med et stort antal neutroner.

ESS-faciliteten gør det muligt at tage meget præcise ”billeder” og “film” af materialers atomare struktur og opbygning – fra simple krystaller til lange plasmolekyler og cellens forskellige proteiner og enzymer. Derfor vil faciliteten kunne anvendes inden for en bred vifte af forsknings- og teknologiområder,

lige fra den klassiske fysik til materialeforskning, biologi, kemi, sundhedsvidenskab, farmakologi, nanoteknologi, geologi og arkæologi. Den brede vifte af anvendelsesmuligheder ved neutronsprengningsteknologien betyder, at ESS ikke alene vil være interessant for europæiske forskere. Private virksomheder vil i stigende grad have behov for at kunne analysere og ”karakterisere” materialer og processer på et langt mere detaljeret niveau, end man kan i dag. Her kommer ESS til at spille en vigtig rolle. ESS bliver et af de centrale værktøjer for såvel forskere som virksomheder, når det handler om at analysere nye materialer eller biologiske processer.

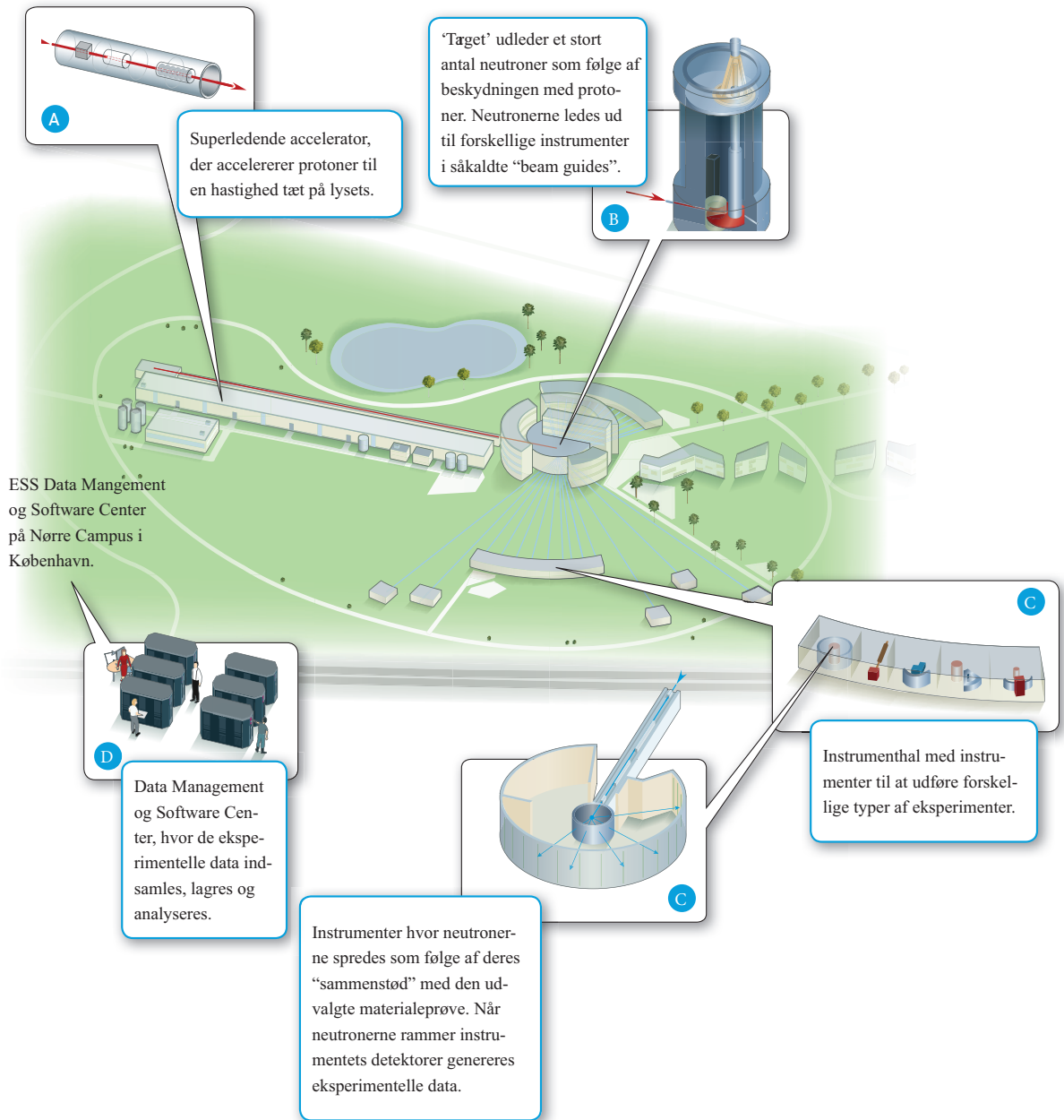
Opgaver for ESS Data Management og Software Center i København

ESS DMSC får ansvaret for hovedparten af alle data- og softwareaktiviteter på ESS. Det betyder bl.a., at centret skal indsamle, lagre og distribuere data, som skabes på ESS-faciliteten i Lund. Målet er, at de indsamlede data kan stilles til rådighed for forskerne, uanset om de befinder sig i Lund, København eller på et europæisk universitet tusind kilometer fra Øresundsregionen. En vigtig opgave for ESS DMSC bliver derfor at udvikle særlige værktøjer og metoder, der kan give forskerne adgang til forsøgsdata, mens forsøgene gennemføres.



En anden central opgave for ESS DMSC er knyttet til selve behandlingen og fortolkningen af forsøgsdata. Neutronsprengning har traditionelt været en kompleks eksperimentel teknik, hvor de indsamlede data skulle analyseres grundigt, før resultaterne kunne anvendes af forskerne. Mange ikke-øvede neutronbrugere har derfor haft vanskeligt ved at anvende eksisterende neutronfaciliteter. Det er ambitionen for ESS, at neutronteknologien skal udbredes til en større gruppe af forskere end hidtil. Derfor er det også en klar målsætning for ESS DMSC, at der skal udvikles værktøjer og serviceydelser, som kan hjælpe forskerne med at håndtere og analysere deres forsøgsdata. ESS Data Management og Software Centret bliver et sted, hvor forskerne kan få hjælp og ekspertise til at behandle og fortolke deres forsøgsdata. ESS DMSC's hovedaktivitet er således ikke knyttet til traditionel lagring af data, men til aktiviteter som simulering af forsøg, opstilling af hypoteser, databehandling, visualisering og analyse af data samt opbygning af forskellige analyseredskaber, der vil lette anvendelsen af ESS.

Opbygningen af ESS



Sådan er ESS-faciliteten opbygget

ESS-faciliteten består i hovedtræk af tre elementer: A) En accelerator på ca. 600 meter, der accelererer protoner op til ca. lysets hastighed; B) Et 'target', hvor protonerne rammer et tungt materiale (sandsynligvis materialet wolfram), som dermed afgiver et stort antal neutroner; C) Ca. 22 instrumenter, hvortil neutronerne guides ud, og hvor det materiale, der ønskes undersøgt, er placeret. Hvert af de 22 instrumenter vil være specialiseret inden for bestemte forskningsområder og analyseteknikker. Nogle vil eksempelvis være velegnede til at foretage stressanalyser af maskindele eller forskning i nye funktionelle materialer, mens andre vil være særligt velegnede til at undersøge biologiske strukturer og processer. Ud over disse tre elementer opbygges der et særskilt ESS Data Management og Software Center (ESS DMSC), som har til opgave at opbevare, behandle og analysere de forsøgsdata, der kommer ud af eksperimenterne.

Data Management og Software Center i København

Selve ESS-faciliteten opføres i udkanten af Lund mens ESS's DMSC, der skal stå for behandling og analyse af data fra ESS, bliver placeret på den danske side af Øresund på Nørre Campus i København. Centret vil, når det er fuldt udbygget, komme til at beskæftige omkring 60-65 forskere og teknikere (se ovenstående tekstboks).

Selv om ESS DMSC kommer til at ligge i København, vil det fungere som en fuldt integreret del af ESS-faciliteten i Lund. Et omfattende datanetværk vil sikre, at forskere og ansatte på ESS ikke vil kunne mærke, at centret ligger på den anden side af Øresund. Herudover betyder en lokalisering i København, at der opstår unikke samarbejdsmuligheder med en række af Danmarks førende forskningsmiljøer inden for neutronspreddning og e-science.

2.1 Det koster ESS

Den samlede pris for etableringen af ESS forventes at ligge på i alt ca. 11,1 mia. kr. (2008-priser). Det danske bidrag til konstruktionen udgør 12,5 pct. af de samlede konstruktionsomkostninger. Det svarer til ca. 1,4 mia. kr. Udgiften til Data Management og Software Center er en del af det samlede danske bidrag på 12,5 pct. Det vurderes, at de årlige driftsudgifter til ESS vil blive omkring 800 mio. kr. (2008-priser). Udgifter til nedrivning og afvikling (dekommissionering) af ESS i Lund er indkalkuleret i de årlige driftsudgifter.

Den svenske regering har over for de øvrige europæiske lande forpligtiget sig til at betale minimum 35 pct. af konstruktionsomkostningerne samt 10 pct. af de årlige driftsudgifter. Den resterende del af omkostningerne betales af de øvrige europæiske partnerlande.

Som det er tilfældet ved etableringen af tilsvarende europæiske forskningsinfrastrukturer, fastlægges de enkelte landes bidrag til de fremtidige driftsomkostninger først i forbindelse med, at der indgås en international aftale om den endelige konstruktion af ESS.

2.2 Europæisk opbakning til ESS

ESS er et samarbejdsprojekt mellem de europæiske lande. Det er således ikke EU, der finansierer og administrerer projektet, men de enkelte lande i Europa. I sommeren 2011 havde 17 europæiske lande tilkendegivet, at de ville deltage i ESS-samarbejdet. Foruden Danmark og Sverige deltager Norge, Frankrig, Tyskland, Italien, Polen, Nederlandene, Schweiz, Spanien, Estland, Letland, Litauen, Island, Tjekkiet, Storbritannien og Ungarn. 15 af de 17 lande har tilkendegivet deres opbakning og deltagelse i projektet ved at underskrive et "Memorandum of Understanding" (MoU) i foråret 2011.

Tidsplan for ESS-faciliteten

Maj 2009	Okt. 2009	1 kvrt. 2013	3 kvrt. 2013	2019	2025
'Site decision'. Et flertal af de europæiske forskningsministre peger på Øresundsregionen som fremtidig lokalitet for ESS.	Igang sættelse af 'ESS Design Update'. Udarbejdelse af endeligt teknisk design og budget for ESS.	Afslutning af 'ESS Design Update'. Europæiske partnerlande godkender 'Technical Design Report' og 'ESS Costbook'.	Konstruktion af ESS påbegyndes.	Konstruktion af ESS-facilitet afsluttes. Syv instrumenter er operationsdygtige.	ESS er fuldt operationsdygtig med alle 22 instrumenter.

De oprindelige designplaner er fra 2002. Den efterfølgende tekniske udvikling gør det derfor nødvendigt at opdatere det tekniske design for ESS. Frem til begyndelsen af 2013 gennemføres der derfor en såkaldt 'Design Update proces', som skal fastlægge det tekniske og videnskabelige design samt det endelige budget for konstruktion og drift af ESS.

Efter afslutningen af 'Design Update processen' er det målsætningen, at den egentlige konstruktion af ESS skal påbegyndes. Der skal i den forbindelse indgås en international aftale mellem de 17 partnerlande om den fremtidige konstruktion og drift af ESS. Det er en proces, der erfaringsmæssigt kan tage flere år.

Første del af faciliteten vil stå færdig i 2019. Faciliteten med alle 22 instrumenter vil imidlertid først være fuldt operationsdygtig i 2025.

2.3 Hvad kan ESS?

ESS er en neutronfacilitet, der kan bruges til at undersøge hårde, bløde og biologiske materialer ved at beskyde en udvalgt materialeprøve med et stort antal neutroner. Ved at registrere, hvordan neutronerne spre-

des, når de rammer atomkernerne i den udvalgte materialeprøve, er det muligt at regne sig frem til, hvilke atomer og molekyler, der indgår i materialeprøven, hvor de befinder sig, og hvad der sker med dem. På den måde giver ESS mulighed for at tage meget præcise "billeder" af strukturerne i materialer – fra simple krystaller til lange plastmolekyler og cellens forskellige makromolekyler.

Neutroner kan trænge dybt ind i materialer uden at beskadige det. Det betyder, at ESS kan tage billeder og filmsekvenser af de strukturer og processer, som er skjult dybt under materialets overflade. ESS kan på den måde sammenlignes med den røntgenteknologi, som man bl.a. kender fra hospital-s verdenen, som gør det muligt at tage billeder af knogler, selv om de er dækket af muskler og væv. Neutronspreddningsteknologien, som ESS vil benytte, adskiller sig imidlertid fra røntgenteknologien ved at være mere fleksibel og kan derfor anvendes på et bredere spektrum af materialer (se tekstboks). Det gælder ikke mindst i forhold til lette og organiske materialer, som røntgenteknologien har vanskeligt ved at observere. ESS er derfor specielt egnet til at tage billeder af bl.a. biologiske og medicinske systemer.

Metoder

til at undersøge hårde, bløde og biologiske materialer

Et traditionelt lysmikroskop giver ikke tilstrækkeligt detaljerede billeder til at undersøge materialers struktur og funktionalitet helt ned på molekylært niveau. Derfor er der udviklet en række alternative "karakteriseringsteknikker", som i stedet for almindeligt lys bruger stråler med kortere

bølgelængder, der gør det muligt at "se" materialer og processer helt ned på atomart niveau. Det drejer sig bl.a. om elektron-, neutron- og røntgenstråling. De forskellige teknikker har forskellige styrker, som gør dem særligt egnede til at undersøge forskellige forhold.

Elektronmikroskoper

Elektroner har en ekstremt kort bølgelængde. Det gør det muligt at bruge dem til at tage uhyre præcise billeder. Dette udnyttes bl.a. i elektronmikroskoper, hvor de mest avancerede er i stand til at identificere enkelte atomer i en materialeprøve. Det gør elektroner til den mest præcise

af de tre ovennævnte stråletyper. Elektroner er pga. deres elektriske ladning imidlertid ikke gode til at trænge ind i materialer. Det betyder, at elektronmikroskoper primært benyttes til at undersøge overflader eller meget tynde materialeprøver.

Neutronspredding

Neutroner har i modsætning til elektroner ikke nogen elektrisk ladning og vekselvirker i modsætning til røntgenstråling med selve atomkernerne, lidt lige som kugler i et billardspil. Det betyder bl.a., at neutroner vekselvirker stærkt med brint. Neutroner har derfor ikke nogen problemer med at trænge dybt ind i tunge materialer, som fx metaller eller knogler, mens de hurtigt bremses af lette

materialer med en stor koncentration af brint. Det giver mulighed for at undersøge biologisk materiale. Neutroner er samtidig også magnetiske og kan derfor "se" de enkelte atomers magnetiske momenter. Endvidere er neutroner ret langsomme, så de er langt bedre end røntgen kan 'se' vibrationer og diffusion i materialer.

Røntgen- og neutronforskere anvender i stort omfang de samme typer af instrumenter og analysemetoder. Røntgen er godt til at studere de tunge bestanddele i et stof, mens neutroner er gode til at studere de lette materialer

med et stort indhold af brint. Derfor er der flere og flere forskere, der benytter begge teknikker i deres forskning. På samme måde som læger kombinerer fx PET-scanning og Røntgen-scanning, når de skal undersøge en patient.

Røntgen og røntgen-laserstråling



Illustration fra røntgenfaciliteten European XFEL, som er under konstruktion i Hamburg.

Røntgen og røntgen-laserstråling er elektromagnetisk stråling i familie med bl.a. synligt lys, mikrobølger og radiosignaler. Røntgenstråling frigives fra elektroner, der afbøjes i et elektrisk felt eller på anden måde accelereres. Det sker bl.a. i såkaldte synkrotronfaciliteter, som ESRF i Grenoble, Astrid i Århus og MAXLab i Lund. Synkrotronfaciliteter kan frembringe en meget intens stråling, som gør det muligt at tage præcise billeder af meget små materialeprøver. Røntgenstråling har også den egenskab, at den i langt større omfang end elektronstråling kan trænge ind i materialer. Det gør det muligt at undersøge, hvad der sker inde i en materialeprøve med henblik på at kortlægge materialets struktur og opbygning.

Røntgen vekselvirker med elektronerne i det materiale, der studeres. Jo flere elektroner - des mere vekselvirkning. Det har den konsekvens, at de tunge bestanddele af materialet, som jo også har høj elektrontæthed, fx knogler i en menneskekrop, fremtræder meget tydeligt i et røntgeneksperiment, mens de lettere dele, herunder fedt og muskelvæv, fremtræder mindre tydeligt.

*European Synchrotron
Radiation Facility
(ESRF) i Grenoble.*



2.4 ESS er værktøj for mange discipliner

I modsætning til mange andre store, internationale forskningsinfrastrukturer kan neutronteknologien anvendes inden for mange forskellige forskningsområder. Det betyder, at ESS ikke er forbeholdt den klassiske materialefysik, men også bliver brugt af forskere inden for: Biologi, kemi, sundhedsvidenskab, farmakologi, nanoteknologi, geologi og arkæologi. Samtidig er det karakteristisk, at ESS ikke kun vil få betydning for den grundvidenskabelige forskning, men at virksomheder og den mere anvendelsesorienterede F&U også vil kunne drage nytte af faciliteten.

Neutronteknologien har traditionelt haft sin styrke inden for forskningsområder som magnetisme og strukturbestemmelse af ”hårde” materialer. Det har bl.a. haft stor betydning i forbindelse med udviklingen af den klassiske harddisk samt udviklingen af nye superledende materialer, hvor det er afgørende at have en meget præcis viden om, hvordan der opstår elektromagnetiske felter i de superledende materialer. Neutroner trænger dybt ind i materialer og reagerer forskelligt afhængigt af, hvilken atomkerne de støder ind i. Det gør det muligt at bestemme, hvordan materialer er opbygget, hvad de består af, og hvordan de forskellige atomer er placeret i forhold til hinanden. Det er en egenskab, som har været uhyre betydningsfuld for at forstå opbygningen af og strukturen i nye materialer. Neutronteknologien kan også bruges til at opdage forandringer i materialer, efter de har været udsat for forskellige former for belastninger. Det har bl.a. stor betydning i forbindelse med beregning af materialers holdbarhed samt identifikation af brud på fly- og maskindele, der udsættes for ekstreme tryk- og temperaturbelastninger.

Gennem det seneste årti har en række tekniske forbedringer af bl.a. instrumenter og detektorer samt øget strålingsintensitet åbnet for en langt bredere anvendelse af neutronteknologien end tidligere. Det har bl.a. betydet, at flere forskningsområder er begyndt at an-

vende neutronfaciliteter. Det gælder ikke mindst forskning på det sundheds- og biovidenskabelige område, som har stor interesse for dansk forskning. Det skyldes neutroners særlige evne til at identificere brintmolekyler, som er almindelige i levende organismer. Det skaber helt nye muligheder for at forstå proteiners struktur, opbygning og interaktionen med de øvrige molekyler i en celle. Det har eksempelvis stor betydning for forståelsen af ”drug delivery” – dvs., hvordan medicin kan dirigeres ud i kroppen, der hvor den skal virke.

2.5 Hvorfor er der behov for ESS?

ESS bliver ikke verdens første neutronfacilitet, men det bliver verdens største og mest avancerede. Der findes allerede flere neutronfaciliteter i verden. Det drejer sig bl.a. om de to store faciliteter i USA (SNS i Oak Ridge, Tennessee) og Japan (J-PARC, Tokai) samt flere europæiske neutronspretningsanlæg (heriblandt Paul Scherrer Institute (PSI), Schweiz, Institute Laue Langevin (ILL), Grenoble og ISIS, Storbritannien). Det afgørende nye ved ESS er, at anlægget får en langt større effekt og ydeevne end de eksisterende anlæg (målt i forhold til mængden af genererede neutroner). Faciliteterne i USA og Japan har en effekt på ca. 1-1,5 MegaWatt, mens ESS forventes at få en effekt på 5 MegaWatt. Det betyder, at der vil kunne produceres langt flere neutroner på ESS end på andre neutronfaciliteter.

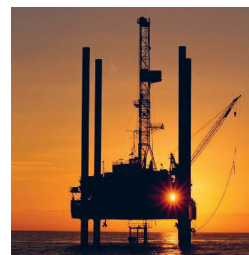
Rent teknisk adskiller ESS sig endvidere fra flere eksisterende neutronanlæg ved at være designet til at generere ”lange” neutronpulser. Det betyder, at ESS kommer til at producere et uhyre stort antal neutroner for hver ”puls”, der genereres i anlægget. Til gengæld vil den maksimale intensitet ikke blive helt så stor, som det er tilfældet på bl.a. SNS i USA. Derfor vil ESS på næsten alle områder få en markant bedre ydeevne end eksisterende faciliteter. På visse instrumenttyper bliver ESS op til 50-100 gange kraftigere end SNS, J-PARC, ILL og ISIS. Det drejer sig bl.a. om instru-

Eksempler på virksomheders anvendelse af neutronspredningsteknologien

Forebyggelse af tilstoppede rør på boreplatforme

På en boreplatform kan olierør og maskineri blive tilstoppet af en masse kaldet asphaltenes. Asphaltenes består af et komplekst miks af molekyler, som kan sætte sig på siderne af olierørene og blokere dem. Det er uhyre omkostningsfuldt, og olieindustrien er derfor interesseret i at undgå disse skader. På neutronfaciliteten ISIS har forskere sammen med oliefirmaet Schlumberger undersøgt, hvordan stoffet opstår, og hvad der kan gøres for

at undgå det. Det viste sig, at asphaltenes opstod hyppigere, når råolien indeholdt ler. Med den oplysning kan olieindustrien bedre forudsige, hvornår der er mulighed for en blokering.



Udvikling af præcise antenner til mobiltelefoner

Mobiltelefoner bruger små antenner også kaldet dielektriske resonatorer til at give hver telefon sin særlige frekvens. Disse små antenner er lavet af et keramisk materiale – og som alle andre keramiske materialer bliver de produceret ved en temperatur på over 1000° C. Mobilmarkedet udvikler sig meget hurtigt, og der er konstant krav om høj kvalitet og meget små komponenter. Virksomheden Powerwave Technologies

har i samarbejde med ISIS etableret et forsøg, der kunne vise, hvad der sker med materialet, når det produceres ved 1000° C. Her var forskere i stand til at identificere (på atomar skala) forskelle mellem materialer, der blev skabt under de samme betingelser, men som havde forskellige dielektriske egenskaber. Denne opdagelse kan hjælpe med at skabe den rette specifikation for produktionen af små keramiske antenner.

Biologiske sensorer

Virksomheden Orla Protein Technologies er opstået som et spin-off fra Newcastle University og gør brug af neutronspredningsfaciliteten ISIS i England. Virksomheden designer særlige proteinoverflader, der er nødvendige for at producere biologiske sensorer. Biologiske sensorer er en del af den mekanisme, der får vores immunsystem til at fungere. Har vi eksempelvis først én gang haft røde hunde, vil vores immunsystem med det samme registrere og reagere, hvis en ny "røde hunde"-virus trænger ind i kroppen. Det særlige ved de biologiske sensorer er, at de

typisk kun er følsomme over for et helt bestemt stof, og at de ofte kan registrere selv meget små ændringer. Hos Orla Protein Technologies arbejder man med at efterligne proteinoverfladen på disse naturlige sensorer for på den måde at kunne producere biologiske sensorer, der kan diagnosticere sygdomme tidligere, hurtigere og billigere end med traditionelle metoder. Med neutronspredning tester Orla sensorernes proteinoverflader og undersøger, om proteinerne binder de ønskede molekyler til sig.

menter til overfladeanalyse (såkaldte reflektrometre) samt en række af instrumenter, der bl.a. er særligt velegnede til analyser af uordnede bløde og biologisk materialer (såkaldte 'småvinkelspredningsinstrumenter'). Det eneste område, hvor ESS ikke vil overgå de eksisterende faciliteter, er inden for de såkaldte "diffraktionsinstrumenter", der især anvendes til strukturanalyse af hårde materialer. Her vil ESS komme til at ligge på niveau med de eksisterende faciliteter.

Den markante forbedring af ESS' performance betyder også, at der i fremtiden kan gennemføres væsentligt bedre og mere præcise målinger, end man kan i dag. Det skyldes for det første, at forsøgene kan gennemføres på kortere tid. Hvor eksperimenterne tidligere forløb over flere dage (eller uger), vil tilsvarende eksperimenter på ESS kunne gennemføres på få timer. For det andet giver den større "intensitet" i neutronstrålingen mulighed for at undersøge langt mindre materialeprøver, end det er tilfældet i dag. Det er særligt afgørende for det sundheds- og biovidenskabelige område, som i mange tilfælde har behov for at undersøge meget små materialeprøver, eller for helt nye materialetyper, hvor det vil tage lang tid at fremstille store prøver.

Et andet område, hvor ESS vil adskille sig fra eksisterende neutronfaciliteter, er ved behandlingen af forsøgsresultater. Målsætningen for ESS er, at forskere uden for det klassiske neutronmiljø skal have lettere ved at anvende neutronteknologien. Det gælder ikke mindst forskere inden for det sundheds- og biovidenskabelige område, som forventes at blive en stor brugergruppe på ESS. Der etableres derfor et stort 'ESS Data Management og Software Center' i København, som skal opbygge hjælpeværktøjer til brug for databehandling, hypoteseformulering, dataanalyse og visualisering af forsøgsdata.

2.6 Erhvervslivet bruger også neutroner

De brede anvendelsesmuligheder ved neutronspre-

ningsteknologien betyder, at det ikke alene er universitetsforskere, der vil komme til at benytte ESS. Allerede i dag er der private virksomheder, som anvender neutronfaciliteter i deres forsknings- og udviklingsarbejde. Derfor kan etableringen af ESS i Øresundsregionen også få stor betydning for dansk erhvervsliv og åbne for en række helt nye muligheder for virksomhedernes udvikling og innovation.

Det store anvendelsesmæssige potentiale ved ESS kan bl.a. illustreres ved det forholdsvis store antal erhvervssamarbejder, der finder sted i tilknytning til de eksisterende neutronfaciliteter. Erfaringerne fra ILL i Frankrig, PSI i Schweiz og ISIS i England viser således, at omkring 10-15 pct. af den eksperimentelle tid går til eksperimenter, som har virksomhedsdeltagelse. Som oftest er der tale om samarbejdsprojekter, hvor en virksomhed og en forskningsinstitution samarbejder om at gennemføre det konkrete eksperiment. Moderne neutronspretningsfaciliteter fungerer på den måde ofte som rammen om samspillet mellem offentlig forskning og private virksomheder.

I enkelte tilfælde gennemføres eksperimenterne af virksomhederne alene. Typisk i situationer hvor virksomheden står over for et akut materialeteknologisk problem, eller hvis virksomheden har behov for at hemmeligholde sine forskningsresultater.

I Japan er der på faciliteten J-PARC tradition for en endnu større virksomhedsinvolvering. Her er det omkring 25-35 pct. af den eksperimentelle tid, der går til projekter med virksomhedsinddragelse. Den omfattende virksomhedsanvendelse af J-PARC skyldes bl.a., at en del af den eksperimentelle tid er reserveret til forsøg, der har et erhvervsmæssigt sigte. Samtidig er der ved design af de eksperimentelle målestationer lagt stor vægt på at imødekomme behovene i det japanske erhvervsliv. Eksempelvis er ét af J-PARC's 19 instrumenter reserveret til eksperimenter, der har fokus på udvikling af nye og mere effektive litium-batterier, hvilket har stor betydning for en række japanske elektronikvirksomheder.

Eksempler på virksomheder der anvender neutroner

- Rolls Royce (flymotorer) - Stressanalyser af maskindele til flymotorer (bl.a. rotorblade)
- Metalsa (karosserifabrikant) - Undersøgelser af karosseriers holdbarhed ved ændrede (lettere) konstruktioner
- John Deere (landbrugsmaskiner) - Undersøgelser af metaltræthed i forbindelse med forskellige støbeprocesser
- Unilever og Nestlé (fødevarerproduktion) - undersøgelse af overfladestoffer og deres indvirkning på fødevarers viskositet
- BASF og DSM (materialeproducenter) - analyse af polymerers struktur og opbygning i forbindelse med udvikling af nye plastmaterialer
- Exxon (olieproducent) - analyse af overfladeaktive stoffer og deres betydning for oliens viskositet
- Colgate-Palmolive - Undersøgelse af deres produkter med neutroner - bl.a. mht. analyser af overfladeaktive stoffer
- Sensata - undersøgelse af sensorers struktur og opbygning
- VW og Toyota - brændselscellers funktionelle egenskaber
- Philips - studier af magnetiske egenskaber ved materialer
- TATA-steel (tidligere Dutch steel industry) - stress- og styrkeanalyser af forskellige stålprodukter
- Eisai (medicinalvirksomhed) - karakteristisk af biologisk materiale
- Fujitsu (elektronikproducent) - produktion af halvledere

Den erhvervmæssige interesse for neutronsprengnings-teknologien har bl.a. været stor hos en række af verdens fly- og bilproducenter. De har typisk anvendt teknologien til at undersøge materialers egenskaber eller maskindeles performance under ekstreme forhold. I den sammenhæng er der ligeledes en række avancerede elektronik- og energivirksomheder, som bruger neutronfaciliteter i deres udviklingsarbejde. Mange af disse virksomheders interesse for neutronteknologien samler sig om såkaldte stress-strain-eksperimenter, hvor det er muligt at foretage stressanalyser af materialer eller maskindele, som kan afgøre, om det undersøgte materiale er ved at knække eller på anden måde skifter karakter. Samtidig giver såkaldte imaging-eksperimenter mulighed for at tage ”in-situ”-tomografi-billeder- dvs. direkte gennemlysningsbilleder af materialeprøver, elektroniske komponenter eller maskindele, mens de fungerer i praksis. Det giver helt unikke muligheder for at teste eller designe materialer med særlige egenskaber.

På samme måde er der et antal større og udviklings-tunge virksomheder på det farmaceutiske og bio-videnskabelige område, som anvender neutrontekno-

logien. Disse virksomheder udnytter neutronfaciliteter-nes muligheder for at undersøge såkaldt ”bløde mate-rialer” i form af celler og makromolekyler. Bl.a. har flere biotek- og medicinalvirksomheder brugt tekno-logien til at undersøge proteiners strukturelle egen-skaber og deres interaktion med cellers øvrige be-standdele. Eksperimenter af denne karakter har bl.a. betydning for udvikling af nye enzymer eller analyser af, hvordan lægemidler trænger gennem cellemem-branen og ind i cellen.

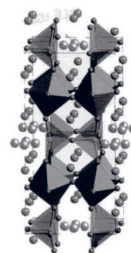
Selvom der allerede i dag er en betydelig erhvervsin-teresse for neutronteknologien, er det forventningen, at ESS vil øge denne interesse yderligere. ESS-faciliteten vil pga. sin unikke styrke (stråleintensitet) gøre det muligt at undersøge materialer og materialeprøver, som det hidtil ikke har været muligt at analysere på de eksisterende faciliteter. Det er eksempelvis tilfældet på det farmaceutiske og biovidenskabelige område, hvor det kan være vanskeligt at fremstille så store og ensartede materialeprøver, som er nødvendige for at gennemføre eksperimenter på de eksisterende neutron-faciliteter.

Eksempler på forskning der anvender neutroner

Udvikling og forståelse af nye superledere

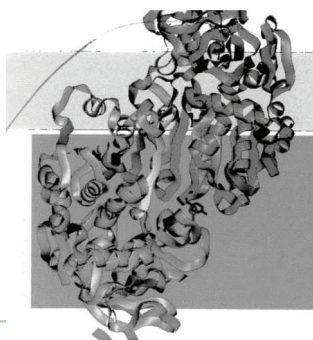
Superledere kan lede elektrisk strøm helt uden modstand, når temperaturen bliver lav nok. Fx bliver en del metaller superledende ved temperaturer tæt på det absolutte nulpunkt (-273,15° C). Der findes andre, mere komplekse superledere indeholdende kobber eller jern. Disse materialer kræver ikke så kraftig køling; de bedste "kun" til ca. -100° C. Der er derfor fristende at søge efter nye materialer, der kunne være superledende ved stuetemperatur. Dette ville ændre verden, som den ser ud i dag, fx energisektoren. Problemet med dette er, at man slet ikke ved, hvorfor de nye superledere virker, og derfor har svært ved at forbedre materialerne. Forskning med neutroner (og røntgen) er her helt afgørende. Herved kan

man se, hvordan atomerne er placeret og bevæger sig, når superledningen indtræder, og man kan se, hvordan de magnetiske egenskaber i elektronerne i materialet ændrer sig. En række teorier forudsiger nemlig, at enten atomernes bevægelse eller magnetismen er forklaringen på superledning. De seneste to årtiers forskning har givet tvetydige resultater, men det forventes, at man med ESS vil kunne komme et afgørende skridt nærmere mod at forstå denne gådefulde type superledning.



Bedre forståelse af proteiners opbygning og funktion

Proteiner spiller en central rolle for alle levende organismer. Dette gælder lige fra planterets fotosyntese, som foregår i kraft af nogle store og meget velorganiserede proteinkomplekser i planternes grønkorn, til fx muskelfibre, hud og hår, som alle er opbygget af protein, og til de celler, vi er opbygget af, hvor al kommunikation ind og ud af cellerne varetages af såkaldte membranproteiner placeret i cellevæggene, og hvor al nyproduktion og reparation af organismens byggestene varetages af store og avancerede proteinkomplekser inde i cellerne. Dette gør forskning

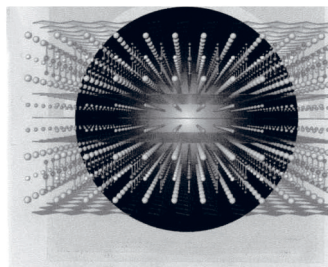


i proteiners struktur og funktion til et af de allerstørste forskningsemner i moderne naturvidenskabelig forskning. De enkelte proteiner er typisk 2-10 nanometer store, dvs. få milliontedele af en millimeter, og de er kun stabile med hensyn til struktur og funktion, når de befinder sig i deres rette miljø, dvs. ved den rigtige temperatur, saltkoncentration, pH osv. Dette gør det teknisk meget udfordrende at få strukturel information om proteinerne. Heldigvis er neutroner særligt velegnede til at studere netop de længdeskalaer, der er relevante for at forstå proteiners opbygning og funktion, samtidig med at det er muligt at foretage neutronundersøgelserne under de krævede biologisk relevante betingelser. Det forventes derfor, at neutronbaserede strukturundersøgelser af proteiner vil udgøre en meget stor del af den forskning, der kommer til at foregå på ESS.

Nye metoder og materialer til at lagre brint

Brint er af mange udset til at være et af fremtidens svar på energilagring. Brændværdien af brint er høj, og restproduktet ved forbrænding er så fredeligt som vand. Det egentlige problem er opbevaring af brint, som i gasform fylder meget og kan blive eksplosivt ved blanding med luft. Løsningen er formentlig at opbevare brint i materialer, som kan både optage og afgive brinten i gasform. Her vil man bruge neutronspreddning til at se, hvordan brintatomerne placerer sig i forhold til de andre atomer i materialet, og hvordan brinten "hopper" rundt mellem atomerne, når brint tappes eller fyldes på. Også effekten af tilsætning af katalytiske materialer har været

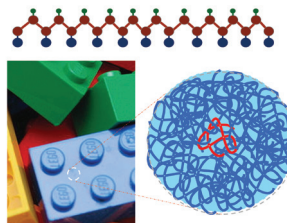
undersøgt. Ved denne forskning vil det muligvis kunne lade sig gøre at fremstille en kombination af materialer, der vil udkonkurrere traditionelle batterier.



Udvikling af nye avancerede polymerer

Polymerer er en stor og meget forskelligartet gruppe af materialer, der omfatter såvel naturlige materialer som proteiner eller plantefibre (bomuld og silke) som syntetisk fremstillede materialer baseret på olie (polyethylen, polystyren og PVC). Mange polymerbaserede materialer har en række specielle egenskaber, som gør dem meget attraktive for industrien. Polymerer er opbygget som lange, kædeformede molekyler bestående af mange ens (eller næsten ens) småmolekyler (monomerer). Der kan være tale om simple lineære molekyler, hvor alle småmolekylerne ligger som perler på en snor, eller de kan være stærkt forgrenede systemer. Den enkelte polymers særlige egenskaber er knyttet til deres struktur og dynamik. Muligheden for at kunne designe nye materialer er derfor også afhængig af, at det er muligt at forstå og analysere materialernes opbygning og struktur. Her spiller neutronspreddningsteknologien en vigtig rolle. Neutronspreddning er en af de vigtigste eksperimentelle metoder til at analysere polymerer. Med neutronspreddning er det muligt at undersøge molekylernes form og opbygning, den mole-

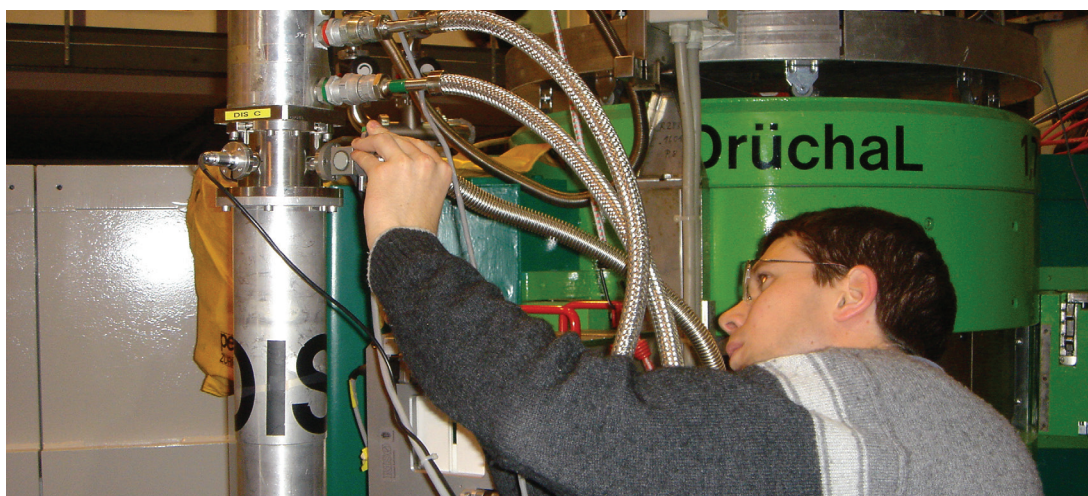
kylære respons på ydre påvirkninger og meget andet. En væsentlig del af de nyere og mere komplekse polymermaterialer formår at kombinere forskellige materialeegenskaber ved at blande to eller flere polymerer. Der er derfor stor kommerciel interesse for at undersøge, hvordan og i hvilket omfang det er muligt at specialdesigne nye materialer ved at blande forskellige polymerer. Med ESS vil det blive muligt at foretage hurtige og rutinemæssige analyser af polymeres "blandbarhed". Det vil styrke mulighederne for at udvikle nye komplekse materialer og samtidig øge den kommercielle interesse for neutronspreddningsteknologien



3 Dansk forskning drager fordel af ESS

Etableringen af ESS kommer til at udgøre et vigtigt aktiv for europæisk forskning. Men ESS vil også styrke dansk forskning på en lang række vigtige områder. Det skyldes naturligvis ikke, at Danmark som medvært for ESS vil få særlige privilegier i forhold til de andre europæiske partnerlande. Danske forskere vil på lige fod med andre europæiske forskere skulle an-

søge om få adgang til ESS-faciliteten. Adgangen vil ligesom på øvrige faciliteter blive tildelt på baggrund af videnskabelig værdi. Men nærheden til ESS-faciliteten giver alligevel dansk forskning en række fordele, som vil kunne få stor betydning for dansk forskning.



Nye nordeuropæiske materiale- og biovidenskabelige forskningsfaciliteter

XFEL - Hamburg	Røntgen-laserfacilitet til karakterisering af materialer
Petra II – Hamburg	Synkrotronfacilitet til karakterisering af materialer
ESS – Lund/København	Neutronfacilitet
MAX IV Lund	Synkrotronfacilitet til karakterisering af materialer
Astrid II – Aarhus	Synkrotronfacilitet specialiseret inden for blød røntgen og UV lys
NMR-scanner	Scanner til karakterisering af faststofmaterialer
CEN-DTU	Mikroskoperingscenter med fokus på materialeanalyse
Danchip (DTU)	Nordens førende rentrums-laboratorium med en række avancerede nanoteknologiske synteseværktøjer

Erfaringerne fra andre store forskningsfaciliteter viser, at afstanden til forskningsfaciliteten kan have stor indflydelse på, hvor ofte forskerne anvender faciliteten. Det skyldes selvfølgelig, at det bliver mindre besværligt og omkostningsfuldt for danske forskere at bruge faciliteten, end hvis de skulle benytte de eksisterende neutronfaciliteter i Europa og USA. Det bliver ikke mindst lettere at gennemføre en længere serie af eksperimenter, da man undgår at bruge tid og ressourcer til at rejse frem og tilbage mange gange. Men frem for alt vil opbygningen af kompetencer på neutronspretningsområdet i Øresundsregionen få meget stor betydning for danske forskeres anvendelse af ESS. ESS er en avanceret forskningsfacilitet, der stiller krav til forskernes viden og kompetencer på neutronområdet. Det kan derfor være vanskeligt for ”ikke-øvede” neutronbrugere at komme i gang med at anvende neutronteknologien. Men i Øresundsregionen vil der blive opbygget et bredt miljø med mange forskellige eksperter på neutronområdet. Det drejer sig ikke mindst om det data og software center, som etableres på den danske side af Øresund, og som skal hjælpe besøgende forskere med at fortolke og analysere resultaterne af deres eksperimenter.

3.1 Centrum for bio- og materiale-teknologisk forskning

ESS er ikke den eneste store forskningsfacilitet, der etableres i Danmarks ”nærområde”. I løbet af de kommende 10 år vil der blive foretaget en række meget markante investeringer i laboratorier og forskningsinfrastrukturer på det bio- og materialevidenskabelige område i eller omkring Danmark. Det drejer sig ikke mindst om synkrotronfaciliteten MAX IV, der vil blive etableret i Lund umiddelbart ved siden af ESS. Samlokaliseringen af de to store faciliteter skaber ligesom i Grenoble (ILL og ESRF) helt unikke muligheder for at kombinere de to komplementære ”karakteriseringsteknikker”. Samtidig etableres den europæiske røntgen-laserfacilitet XFEL i Hamburg, der ligesom ESS og MAX IV anvendes til at bestemme materialers opbygning, struktur

og interaktion. Herudover etableres der en række faciliteter i Danmark, der supplerer de store neutron-, synkrotron- og røntgen-laserfaciliteter. Det drejer sig bl.a. om synkrotronfaciliteten Astrid II i Aarhus samt en ny og meget kraftig NMR-faststofscanner samme sted. På DTU er der endvidere etableret en række førende forskningsinfrastrukturer på det materialevidenskabelige område. Det drejer sig dels om rentrumsfaciliteten Danchip samt elektronmikroskopicentret CEN-DTU. Begge faciliteter er blandt de mest avancerede i Europa.

Danmark er centralt placeret i forhold til disse forskningsinvesteringer. Når den kommende Femern-forbindelse er bygget, vil danske forskere kunne nå både ESS, MAX IV og XFEL på mindre end fire timer. Danmark bliver dermed det geografiske centrum for en række af Europas førende forskningsinfrastrukturer. Det gør danske universiteter til endnu mere attraktive arbejdspladser for danske og udenlandske forskere. Det betyder også, at Danmark bliver samlingssted for et bredt udsnit af Europas bio- og materialevidenskabelige forskere. Når det gælder ESS, viser foreløbige prognoser, at op imod 4.000 forskere hvert år vil komme til Lund og København i kortere eller længere perioder for at gennemføre eksperimenter. XFEL vil sandsynligvis tiltrække 2.000-3.000 forskere årligt. De øvrige faciliteter vil ligeledes tiltrække et betydeligt antal forskere til Nordeuropa.

En del af de besøgende forskere vil selvfølgelig kun opholde sig i regionen i ganske kort tid, mens de gennemfører deres eksperimenter. Andre forskere vil derimod have behov for at opholde sig i regionen gennem længere perioder for at gennemføre deres eksperimenter. Erfaringerne fra andre forskningsfaciliteter peger på, at det er muligt at rekruttere en del af disse forskere til de omkringliggende universiteter og forskningsinstitutioner. Nærhed til avancerede forskningsfaciliteter er således et vigtigt aktiv, når udenlandske topforskere skal tiltrækkes til et universitet. Det kommer til udtryk i ”lille skala” ved flere af de eksisterende danske forskningsinfrastrukturer – ek-

sempelvis synkrotronfaciliteten Astrid II i Aarhus og det nye mikroskopingscenter CEN DTU på DTU. I begge tilfælde har universitetet oplevet, at det er blevet lettere at tiltrække førende udenlandske forskere. Det samme gør sig gældende på de store internationale forskningsfaciliteter. Fx har universiteterne omkring den store amerikanske neutronfacilitet SNS i Oak Ridge oplevet, at det er blevet lettere at tiltrække forskere, efter at faciliteten blev etableret.

Samtidig er der noget, der tyder på, at eksistensen af stærke universiteter i værtsregionen også styrker forskningsfaciliteternes muligheder for at tiltrække egnede forskere. Mange forskere er således interesseret i at kunne fastholde kontakten til universitetsverdenen, efter de er blevet ansat på en forskningsfacilitet. Og i det omfang det er muligt at blive tilknyttet et "lokalt" universitet som adjungeret forsker/underviser, bliver det lettere at tiltrække de bedst egnede forskere til faciliteten.

ESS vil sammen med de øvrige nordeuropæiske forskningsfaciliteter styrke danske universiteters muligheder for at tiltrække nogle af Europas førende forskere. Det har stor betydning for danske universiteters mulighed for at opbygge og forstærke forskningsmæssige styrkepositioner i fremtiden. Det gælder ikke mindst på det bio-, nano- og materialevidenskabelige område, hvor en række danske forskningsmiljøer er helt med i front og derfor vil være attraktive for udenlandske gæsteforskere.

Øget interesse for neutronteknologien i dansk forskning

Danmark har traditionelt haft en stærk position inden for neutronforskning. En position, der bl.a. er opstået kølvandet på den tidligere forsøgsreaktor DR3 på Risø. I reaktorens levetid var den en del af et europæisk netværk af neutronspretningsfaciliteter og var i særlig grad anerkendt for udvikling af instrumenter til neutronspretningsfaciliteter.

Selv om reaktoren blev lukket i 2000, har dansk neutronforskning fastholdt et højt kvalitetsniveau, og der er stadig et stærkt og levende forskermiljø i Danmark, der benytter neutronteknologien i deres forskning. Flere undersøgelser peger således på, at danske forskeres publikationer på neutronområdet har en høj kvalitet og matcher den videnskabelige impact i andre europæiske landes forskningsmiljøer (Valentin 2007 og Copenhagen Economics 2007).

Foreningen af danske neutron- og strålebrugere (DANSCATT) har vurderet, at der i foråret 2011 er omkring 130 danske forskere, der anvender neutronteknologien. Inden for de senere år har der imidlertid været en forstærket interesse for neutronteknologien i danske forskningsmiljøer. Det skyldes bl.a. udviklingen af nye instrumenter og eksperimentelle teknikker, som giver forskere helt nye muligheder for at gennemføre eksperimentel forskning. Samtidig har det generelt øgede fokus på ESS, og det danske prøve-medlemskab af neutronfaciliteten ILL i Grenoble, øget interessen for neutronteknologien betydeligt blandt danske forskere. Resultatet er, at flere unge forskere og masterstuderende har fået øjnene op for de forskningsmæssige perspektiver ved neutronteknologien.

Danske forskere bruger neutroner

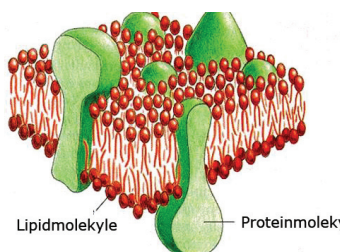
Dansk forskerteam bruger neutroner til at forklare, hvordan medicin virker

Cellemembranen er den bløde skal, som omgiver levende celler. I cellemembranen sidder bl.a. såkaldte membranproteiner, som kontrollerer hvilke stoffer, der kan trænge ind i og ud af cellen, og dermed styrer cellens kommunikation med dens omgivelser. Det er således også cellemembranen, der styrer, hvordan medicin og andre farmaceutiske produkter optages i kroppen. Til trods for cellemembranens store betydning for alle levende organismer ved vi kun meget lidt om, hvordan den virker. Det betyder bl.a., at vi kun har begrænset forståelse af, hvordan medicin rent faktisk virker. Det gælder også vores forståelse af anæstesi midler og herunder alkohol. Vi kan let observere, at stofferne virker, men vi har kun begrænset viden om, hvordan og hvorfor de rent faktisk gør det.

Et dansk forskerteam på Københavns Universitet har derfor sat sig for at klarlægge, hvordan medicin virker på molekylært niveau og er i stand til trænge ind gennem cellemembranen. Forskerteamet kombinerer en

række eksperimentelle teknikker til at "se", hvad der sker i cellemembranen, når fx et anæstesi præparat trænger ind i cellen. Det gælder ikke mindst neutron-teknologien, som gennem "mærkning" af brintatomer i afgrænsede dele af cellemembranen giver mulighed for at undersøge, hvordan de forskellige dele af membranen ser ud og interagerer med anæstesi præparatet. Forskerteamet har på den baggrund gennemført forsøg på både ILL i Grenoble og PSI i Schweiz. Imidlertid udgør kombinationen af den relativt lave strålingsintensitet på de eksisterende neutronfaciliteter og de, desværre, små prøvemængder, som forskerteamet kan fremskaffe, en flaskehals for forskerteamet. Her vil den meget store stråleintensitet på ESS både åbne op for studier af en lang række af systemer, som kun kan fremskaffes i meget små volumener, og give mulighed for langt mere præcise målinger af cellemembranens funktion i forhold til medicinske molekyler – en vigtig forudsætning for at udvikle nye og forbedrede typer af medicin.

Cellemembran. Membranproteinerne kontrollerer hvilke stoffer, der kan trænge ind i og ud af cellen.



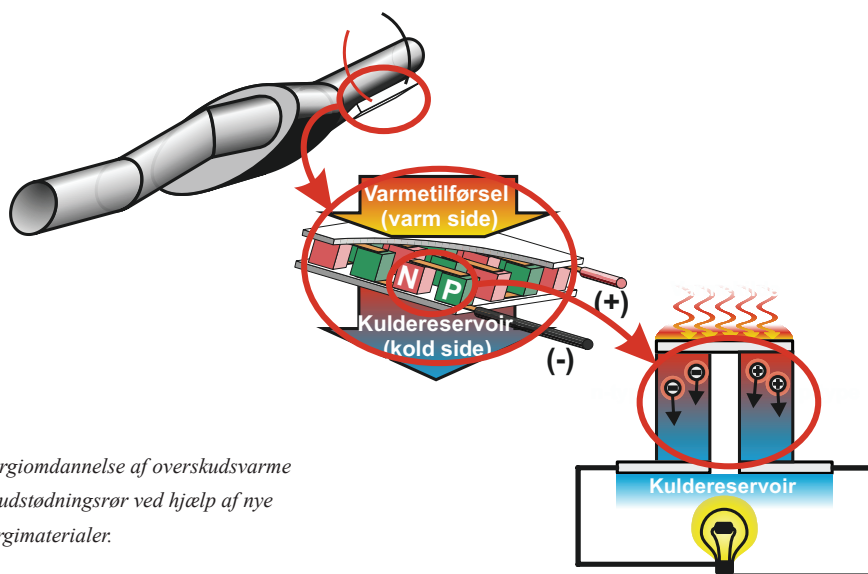
Udvikling af nye energimaterialer

Energimaterialer er en bred gruppe af materialer, som kan omdanne eller oplagre forskellige energiformer – eksempelvis ved at omdanne varme til elektricitet. Det er bl.a. tilfældet for nogle energimaterialer, der søger at udnytte spildvarmen i udstødningsgassen fra en forbrændingsmotor. En del af denne varme kan vha. af nye og mere avancerede energimaterialer genindvindes og omdannes direkte til elektrisk energi ved brug af termoelektriske materialer.

Energiomdannelsen sker ved, at den ene ende af energimaterialet placeres ved varmekilden – eksempelvis overskudsvarme i et udstødningsrør. Inde i energimaterialet vil en række "ladningsbærere" pga. varmen bevæge sig mod den kolde ende. Derved opstår der en spændingsforskel over materialet, som kan udnyttes. En gruppe nye og lovende termoelektriske materialer, som har lave varmeledningsbidrag fra atomerne, er de såkaldte klatrasiler. Et forskersteam på Aarhus Universitet har arbejdet intensivt med at forstå, hvorfor

varmeledningsevnen er så lav i klatrasiler. Brugen af neutronsprejningsteknikker har været central i dette arbejde, hvor neutronens særlige egenskaber udnyttes. Den øgede forståelse gennem neutronsprejningsexperimenter har muliggjort, at nye, forbedrede termoelektriske materialer kan designes.

Konstruktionen af ESS vil åbne helt nye muligheder i forståelsen af energimaterialer. Det vil således blive muligt at følge materialer under virkelige arbejdsbetingelser. Dette vil være specielt interessant for energilagringmaterialer såsom batterier og hydrogenlagringsmedier, hvor op- og afladning vil kunne undersøges direkte. Brændselsceller og magnetiske materialer, som omdanner energi, vil også kunne undersøges under realistiske arbejdsbetingelser. Brændselsceller omdanner kemisk energi i brint til elektrisk strøm, mens magnetiske materialer i motorer omdanner elektrisk strøm til mekanisk energi.



Energiomdannelsen af overskudsvarme i et udstødningsrør ved hjælp af nye energimaterialer.

4 ESS - en saltvandsindsprøjtning for dansk erhvervsliv

Med ESS bliver Øresundsregionen samlingspunkt for nogle af de bedste forskere fra hele verden. Det bidrager til at bringe Danmark helt i front, når det gælder viden og kompetencer på det materiale- og bioteknologiske område. Samtidig repræsenterer ESS også en investering i Øresundsregionen og for Danmark som helhed, der vil få en række afledte effekter i form af nye arbejdspladser, bosætning af højt uddannet arbejdskraft samt øgede muligheder for salg af produkter og serviceydelser til ESS. ESS er på den måde en saltvandsindsprøjtning til den generelle erhvervsudvikling i Danmark

4.2 Økonomiske perspektiver ved ESS i Øresundsregionen

Med en samlet konstruktionspris på 11 mia. kr. og et årligt driftsbudget på omkring 800 mio. kr. udgør ESS en betydelig investering, men Danmark bidrager kun med 12,5% af omkostningerne. Det skyldes bl.a., at en international forskningsfacilitet som ESS ikke finansieres af Danmark og Sverige alene, men også modtager bidrag fra de øvrige europæiske medlemslande. Jo større de øvrige medlemslandes bidrag er, jo større er den økonomiske gevinst for værtsnationerne.

Erfaringerne fra CERN, ILL, ESRF og JET (forsøgsfacilitet, Fusionsforskning i England) viser således, at der er meget betydelige gevinster ved at huse en stor international forskningsfacilitet. Eksempelvis tilflyder en meget stor andel af faciliteternes indkøb af varer og tjenesteydelser værtslandenes virksomheder (se tekstboks). På samme måde vil det store antal ESS-ansatte - hvad enten de er danske eller udenlandske - bidrage til økonomien i Øresundsregionen.

På den måde er der en række økonomiske gevinster for Danmark og Øresundsregionen, som er direkte knyttet til driften af ESS-faciliteten. Det er selvfølgelig

vanskeligt at give en præcis vurdering af, hvor store disse effekter er. Men en række analyser af eksisterende forskningsfaciliteter i Europa kan give et billede af de økonomiske gevinster ved at huse store forskningsfaciliteter.

En af de mest tilbunds gående analyser af de direkte økonomiske effekter ved at huse store forskningsfaciliteter er en ældre undersøgelse fra det engelske videnskabsministerium. Analysen bygger på erfaringerne fra fire af Europas store forskningsinfrastrukturer: CERN, ILL, ESRF og JET (OST, 1993). Undersøgelsen konkluderer, at disse direkte økonomiske gevinster ved et værtskab beløber sig til mellem 40 pct. og 70 pct. af faciliteternes årlige driftsbudget (se tekstboks). Det er en betydeligt større gevinst end værtsnationernes årlige bidrag til faciliteterne, der ligger mellem 4 pct. og 32 pct.

4.3 ESS skaber innovation

ESS vil ikke alene have betydning for omsætningen hos regionens hoteller og øvrige virksomheder.

Fleere undersøgelser peger på, at der er en række meget betydelige indirekte eller afledte effekter, der opstår i kølvandet på en stor international forskningsfacilitet, og som i mange tilfælde overstiger de direkte effekter, der kan henføres til facilitetens drift og etablering. Det drejer sig typisk om effekter, der opstår i samspillet mellem faciliteten og det regionale erhvervsliv, og bl.a. resulterer i etableringen af nye højteknologiske virksomheder, styrket arbejdsmarked for højtuddannede samt bedre muligheder for virksomhedernes F&U-aktiviteter.

I både Danmark og Sverige har der været udarbejdet analyser, der belyser såvel de direkte som indirekte gevinster ved at huse ESS (se tekstboks s. 24).

Effekter ved at huse forskningsfacilitet for værtsland					
	JET (UK)	CERN (F)	CERN (CH)	ILL (F)	ESRF (F)
Andel af kontrakter til værtsland (pct.)	50 (anslået)	33	24	73	54
Værtslands andel af ansatte på facilitet (pct.)	57	50	14	62	56
Værtslands andel af driftsudgifter (pct.)	10,9	17,4	4,4	32,5	27,5
Samlet økonomisk bruttobidrag (pct. af årligt driftsbudget)	54	47		69	41

Kilde: OST 1993

Analyserne viser, at de samlede gevinster for de to værtslande overstiger de udgifter, der er forbundet med værtskabet. Det skyldes ikke mindst de effekter, som ESS vil få for jobskabelsen og den erhvervsmæssige udvikling i både Danmark og Sverige.

ESS skaber således en række enestående muligheder for at udvikle Øresundsregionen til en førende videnregion. Det gælder ikke mindst på det bio- og materialeteknologiske område, hvor en række af de væsentlige forudsætninger allerede er på plads. Regionen huser således en række førende universiteter og et stort antal innovative medicinal- og bioteknologiske virksomheder. Med ESS og MAX IV i Lund, XFEL i Hamburg og Astrid II i Aarhus vil en række af verdens førende materiale- og biovidenskabelige forskningsfaciliteter blive lokaliseret i bekvem afstand fra danske universiteter og virksomheder. Det vil styrke mulighederne for at tiltrække topforskere til regionen og gøre danske forskningsmiljøer til attraktive samarbejdspartnere for udenlandske forskningsmiljøer og virksomheder.

Fremtidens værktøj for dansk erhvervsliv

Når en forskningsfacilitet som ESS vil få så stor betydning for den erhvervsmæssige udvikling og innovation, så skyldes det i stort omfang, at kravene til danske virksomheders tekniske og videnskabelige kompetencer er under forandring. Inden for den seneste årække har en vifte af videnskabelige landvindinger gjort det muligt at styre og manipulere processer helt ned på nanoniveau. Det betyder, at det er muligt at udvikle nye funktionelle materialer, der er mere robuste, holdbare og miljøvenlige end dem, vi kender i dag. På samme måde er det muligt at designe elektroniske kredsløb, der er så små, at de kan injiceres i menneskekroppen, eller få behandlingsformer, der virker så præcist, at det medicinske præparat først aktiveres, når det kommer frem til den syge del af kroppen.

Det er en udvikling, som i høj grad også kommer til at påvirke danske erhvervsaktiviteter. Derfor vil evnen til at designe og fremstille materialer, komponenter og systemer helt ned i nanoskalaen blive

en stadigt mere central konkurrenceparameter for et stort antal virksomheder. Mange danske virksomheder vil derfor være afhængige af at kunne analysere og ”karakterisere” materialer og processer på et langt mere detaljeret niveau, end det hidtil har været tilfældet. Og her kommer ESS til at spille en vigtig rolle. ESS bliver selvfølgelig ikke det eneste værktøj eller eksperimentelle teknik, som virksomhederne får behov for. Men ESS vil blive en af de vigtigste og mest avancerede faciliteter, når det gælder om at analysere og ”karakterisere” hårde, bløde og biologiske materialer.

Samspil og samarbejde om ESS

Med en lokalisering i Øresundsregionen vil danske virksomheder være bedre stillet end mange af deres udenlandske konkurrenter. Nærheden til ESS vil give danske virksomheder en række fordele, som vil gøre det lettere at anvende ESS og også vil styrke virksomhedernes adgang til den forskning, der gennemføres på faciliteten. Det skyldes bl.a., at det bliver mindre besværligt og tidskrævende at gennemføre eksperimenter på ESS sammenlignet med andre faciliteter i Europa eller USA.

Enkelte store virksomheder vil selv være i stand til at gennemføre deres eksperimenter på ESS. Neutronspredning er imidlertid et komplekst analyseværktøj, der forudsætter kompetencer, som kun de største og mest forskningstunge virksomheder kan forventes at opbygge. Derfor foretrækker de fleste virksomheder at gennemføre deres eksperimenter i samarbejde med universitetsforskere. Erfaringerne fra andre store forskningsfaciliteter peger således også på, at langt hovedparten af virksomhederne gennemfører deres eksperimenter i samarbejde med universitetsforskere.

Det har derfor stor betydning for dansk erhvervsliv, at der i den kommende årrække opbygges meget betydelige kompetencer på neutronspredningsområdet i og omkring Øresundsregionen. ESS DMSC i Køben-

havn udgør i den sammenhæng et helt centralt aktiv for danske virksomheder. Centret vil kunne bistå virksomheder med at fortolke og analysere de eksperimentelle data. En proces, som ofte er meget kompliceret og stiller store krav til virksomhedernes kompetencer inden for neutronteknologien.

Koncentrationen af et stort antal eksperter og øvede ”neutronbrugere” i Øresundsregionen giver dermed dansk erhvervsliv en betydeligt lettere adgang til ESS-faciliteten, end det er tilfældet i andre lande. Forudsætningen vil i mange tilfælde være, at der opbygges tætte samarbejdsrelationer mellem danske virksomheder og de forskellige forskningsmiljøer i Danmark. Danske universiteter vil dermed fungere som en slags formidlere af neutronteknologien til dansk erhvervsliv.

Etableringen af synkrotronfaciliteten MAX IV i Lund udgør i den sammenhæng en ekstra fordel for regionens virksomheder. Neutron- og synkrotronteknologien komplementerer på mange måder hinanden. Mange af de virksomheder, som har behov for at gennemføre eksperimenter på ESS, vil også have behov for at supplere deres ”neutroneksperimenter” med andre analyseteknikker. Derfor vil samlokaliseringen af ESS og MAX IV udgøre et betydeligt aktiv for såvel dansk forskning som dansk erhvervsliv.

Arbejdsmarked for højtuddannet arbejdskraft

Et andet område, hvor ESS vil få betydning for dansk erhvervsliv er udbuddet af højtuddannet arbejdskraft. ESS bliver samlingssted for et stort antal forskere og teknikere. Dermed øges udbuddet af mulige ”jobkandidater”, og danske virksomheder vil få lettere ved at få fat i specialiseret arbejdskraft på en lang række områder.

En analyse fra CBS peger således på, at etableringen af ESS vil styrke den lokale talentpulje i Øresundsregionen og styrke danske virksomheders

Danske og svenske analyser af samfundsøkonomiske perspektiver ved ESS

Den danske analyse, som er udarbejdet af konsulentfirmaet Copenhagen Economics, sammenligner gevinsterne af et dansk ESS-værtskab med gevinsterne af en alternativ investering i forskning og udvikling i Danmark. Copenhagen Economics peger i deres analyse på, at der er to markante forhold, som adskiller investeringen i ESS i Lund fra en almindelig dansk forskningsinvestering. For det første finansieres en meget stor andel af etableringsomkostningerne af andre europæiske lande og er på den måde med til at geare den danske investering i ESS. For det andet bliver ESS placeret uden for Danmark, hvilket påvirker den såkaldte nærhedsfaktor, der beskriver betydningen af Danmarks nærhed til forskningen ved ESS sammenlignet med et alternativt forskningsprojekt. Vurderingen af, om ESS er en fordelagtig samfundsøkonomisk investering, afhænger derfor dels af størrelsen af nærhedsfaktoren, dels af omfanget af den

udenlandske gearing af en dansk ESS-investering. Til trods for at der er betydelige usikkerhedselementer forbundet med denne beregningsform, er det vurderingen i analysen, at de samlede danske gevinster ved ESS i Øresundsregionen er betydeligt større, end hvis forskningsmidlerne anvendtes til et alternativt forskningsprojekt i hovedstadsområdet.

Den svenske analyse er udarbejdet af Lund Business School og søger at estimere det samlede samfundsøkonomiske afkast af en investering i ESS for det svenske samfund – herunder også de dynamiske effekter i form øget erhvervsudvikling og tiltrækning af virksomheder fra udlandet. Undersøgelsen konkluderer, at ESS i Øresundsregionen samlet vil generere en årlig nettogevinst på 4,3 mia. SKK til det svenske samfund. Svarende til ca. 6.000 job (ITPS 2005).

muligheder for at rekruttere højtuddannet arbejdskraft (Valentin 2007). Det vil gøre Danmark til en mere attraktiv lokalitet for såvel indenlandske som udenlandske videnvirksomheder. Og det vil styrke danske virksomheders muligheder for at kunne anvende ESS og den forskning, der gennemføres på faciliteten.

Teknologiudvikling i dansk erhvervsliv

ESS vil efterspørge avancerede højteknologiske produkter og serviceydelser. I mange tilfælde findes de ikke på markedet og skal derfor udvikles specielt til ESS. Danske virksomheder vil få store muligheder for indgå i dette udviklingsarbejde. Det vil skabe danske arbejdspladser, men det vil også bidrage til at styrke

de teknologiske kompetencer i dansk erhvervsliv. Det stiller selvfølgelig krav til danske virksomheders kompetencer, men der er samtidig også en mulighed for at udvikle og opbygge nye kompetencer, som kan anvendes på andre markeder.

Erfaringerne fra CERN viser eksempelvis, at en del leverandørvirksomheder benytter samarbejdet med CERN til at teste nye produkter eller udvikle nye teknologier og koncepter, som kan anvendes på andre forretningsområder. Et lignende billede tegner sig for andre typer infrastruktur. F.x viser en nyere undersøgelse af danske virksomheders kontrakter med det europæiske rumagentur (ESA), at samarbejderne har stor betydning for virksomhedernes viden- og teknologi-

opbygning og skaber øgede indtjeningsmuligheder på andre forretningsområder. Og for hver krone, en dansk virksomhed får i kontrakter med ESA, øges deres omsætning med 4,5 kroner.

Erfaringen fra eksisterende forskningsfaciliteter i Europa og USA viser endvidere, at der ofte opstår nye videnbaserede virksomheder i tæt tilknytning til forskningsfaciliteten - enten som højt specialiserede underleverandører til faciliteten eller som spin-off fra forskningsaktiviteter forbundet med infrastrukturen. Også i Danmark er der eksempler på højteknologiske spin-off virksomheder, som er opstået i tilknytning til en dansk forskningsfacilitet. Virksomhederne Danfysik og JJ X-ray er således opstået i tilknytning til danske forskningsfaciliteter og er i dag specialiserede inden for produktion af udstyr til avancerede forskningsfaciliteter (se tekstboks).

Når det gælder ESS, vil der højst sandsynligt også være muligheder for at få etableret forskellige former for højteknologiske spin-off virksomheder. Og nærheden til ESS åbner mulighed for, at nogle af disse højt specialiserede videnvirksomheder også kan etableres på den danske side af Øresund.

Tiltrækning af videnvirksomheder

ESS vil ikke alene have betydning for de virksomheder, som allerede findes i Danmark. Kombinationen af ESS og spidskompetencer i såvel erhvervsliv som forskningsverdenen vil gøre Øresundsregionen til en attraktiv lokalitet for udenlandske videnvirksomheder. Det gælder ikke mindst på det bio- og materialeteknologiske område, hvor danske universiteter har opbygget en række internationale førerpositioner, og hvor der findes et stort antal virksomheder, som er med helt fremme, når det gælder udvikling af nye lægemidler, bioteknologiske komponenter til fødevarerproduktion og nye energiteknologier.

Højteknologisk virksomhed med afsæt i forskningsmiljø på Risø

Den danske virksomhed Danfysik, der producerer avancerede partikelacceleratorer, er et godt eksempel på betydningen af avanceret forskningsinfrastruktur. Virksomheden blev etableret i 1960'erne og havde oprindeligt en tæt tilknytning til forskningscentret RISØ, hvor Danfysik var involveret i udviklingen af en række avancerede videnskabelige instrumenter - en viden, som bl.a. blev opbygget i tæt tilknytning til forskningsmiljøet ved den tidligere DR3-reaktor.

Gennem årene har Danfysik været involveret i udviklingen af en lang række forskningsfaciliteter i hele verden. Det gælder ikke mindst inden for udviklingen af synkrotronstrålingsfaciliteter, hvor virksomheden bl.a. har været ansvarlig for opbygningen af faciliteter i bl.a. Australien, Canada og Tyskland. Ud over udvikling og produktion af avancerede acceleratorer og komponenter til forskningsverdenen har Danfysik også været involveret i udviklingen af de såkaldte partikelterapi-anlæg, der er en ny metode til behandling af kræft, og som omfatter udviklingen af nye, avancerede partikelacceleratorer. Denne aktivitet blev i 2009 udskilt i en selvstændig virksomhed.

Erfaringerne fra den eksisterende neutronfacilitet Institute Laue Langevin (ILL) i Grenoble viser da også, at tilstedeværelsen af lokale universiteter og flere internationale forskningsfaciliteter har tiltrukket en lang række højteknologiske virksomheder, som har placeret deres F&U-afdelinger i lokalområdet (Valentin 2007).

En opgørelse fra omkring 2000 viser således, at der i Grenoble er etableret omkring 240 højteknologiske virksomheder, der beskæftiger ca. 5.500 ansatte (Druilhe 2000). Grenoble er således blevet hjemsted for et større antal udviklingsafdelinger for højteknologiske virksomheder, der er lokaliseret i regionen pga. det stærke forskningsmiljø, der findes her.

5 Synergi mellem dansk forskning, erhvervsliv og ESS

ESS skaber en lang række muligheder for at styrke Danmark som vidensamfund. Men effekterne af ESS opstår imidlertid ikke af sig selv. ESS vil i stort omfang kunne fungere, selv om dansk (og svensk) erhvervsliv og forskning ikke bidrager til facilitetens udvikling og drift. Skal dansk forskning og erhvervsliv høste gevinsten af det dansk-svenske værtskab, er det vigtigt, at vi er parate til at anvende faciliteten, og at der bygges bro mellem danske forskningsmiljøer, virksomheder og ESS.

Parathed i danske forskningsmiljøer

Selv om der går nogle år, før ESS-faciliteten står klar, er der behov for, at danske universiteter begynder at forberede sig. Neutronspredning bruges i dag af omkring 130 danske forskere. Der er derfor behov for at uddanne flere neutronbrugere, forskere såvel som studerende. Det tager tid at uddanne nye neutronbrugere, og det tager tid at integrere nye analysemetoder som neutronspredning i etablerede forskningsområder. Derfor er det helt afgørende, at der igangsættes en bred uddannelsesindsats allerede nu, gående fra egentlige ph.d.-programmer til afgrænsede kurser og uddannelsesforløb for både studerende og forskere.

I den sammenhæng er det ikke mindst vigtigt at styrke erhvervslivets viden og kompetencer på neutronområdet. Det kan eventuelt ske gennem afgrænsede efteruddannelsesforløb for virksomhedernes medarbejdere eller gennem den eksisterende erhvervs-ph.d.-ordning, der kan bruges til at uddanne forskere med speciale i neutron-, synkrotron- og røntgen-laserteknologier.

Brobygning mellem danske universiteter og ESS

En af de helt afgørende betingelser for, at Danmark kan udnytte potentialerne ved ESS, er, at der byg-

ges bro mellem ESS og det danske samfund. Dansk forskning og danske universitetsmiljøer indtager i den sammenhæng en vigtig position, dels fordi der er behov for at sikre et omfattende samarbejde mellem dansk forskning og ESS, dels for at danske universitetsmiljøer kan agere som brobyggere mellem ESS og dansk erhvervsliv.

En mulighed er at styrke brobygningen gennem såkaldte shared positions, hvor forskere, der er ansat på ESS, også får mulighed for at varetage en deltidsansættelse på et dansk universitet. Det vil give ESS-forskerne en fast tilknytning til det akademiske miljø på et universitet og vil samtidig åbne for, at danske forskningsmiljøer vil få lettere adgang til state of the art ekspertise og instrumenter på ESS. Der findes mange forskellige modeller for et sådant samarbejde og afhænger selvfølgelig af muligheder og behov hos såvel ESS som de involverede universiteter. I nogle situationer er det endda tilstrækkeligt, at ESS-forskerne er tilknyttet et universitet som adjungeret lektor eller professor uden undervisningsforpligtigelse. Der har allerede vist sig betydelig interesse for denne model blandt de første ESS-ansatte forskere. Derfor er det vigtigt at sikre, at der skabes muligheder for disse typer af delte stillinger.

En anden metode til at udbygge brobygningen mellem ESS og dansk forskning er gennem uddannelse af ph.d.- og kandidatstuderende. ESS vil løbende beskæftige et større antal ph.d.-studerende, der skal bidrage til den fortsatte udvikling af facilitetens teknologi og de undersøgelsesmetoder, der benyttes på faciliteten. Selv om ESS betaler for disse ph.d.-studerende, skal de tilknyttes et universitet, der står for selve uddannelseselementet i ph.d.-forløbet. Ofte vil det være praktisk at indskrive sig på et universitet i nærheden af faciliteten – eksempelvis et dansk universitet. Det øger brobygningen mellem ESS og dansk

forskning, og det vil bidrage til at øge danske forskeres viden/kompetence om ESS og neutronspreddning.

Partnerskaber

Erfaringerne fra neutronfaciliteterne i bl.a. USA og Grenoble peger på, at etableringen af forskellige former for partnerskaber mellem faciliteterne og de lokale universiteter kan være en effektiv mulighed for at opbygge samarbejdsrelationer.

Etableringen af ESS-partnerskaber kan være med til at sikre overførelse af forskning og teknologi fra ESS til partneruniversiteter i Øresundsregionen og vice versa.

Partnerskaber kan f.eks. have form af et forskningscenter, der skal styrke et særligt forskningsområdes anvendelse af ESS-faciliteten, eller som skal udvikle nye eksperimentelle teknikker. Det har bl.a. været tilfældet med det såkaldte 'Partnership for Structural Biology', der blev etableret i Grenoble som et samarbejde mellem de tre internationale forskingssamarbejder, der findes i Grenoble-regionen. Partnerskabet har haft stor betydning for den stigende anvendelse af neutron- og synkrotronfaciliteter i den biovidenskabelige forskning. Andre former for partnerskaber kan omfatte de laboratorie- og forsøgsfaciliteter, der bl.a. er nødvendige for at klargøre forsøgsmateriale. Eksempelvis har der været peget på, at der er behov for at etablere et såkaldt deutereringslaboratorium, der skal bruges til at forberede forsøgsmateriale. En mulighed kunne være, at universiteter i Øresundsregionen etablerede sådanne laboratoriefaciliteter i samarbejde med ESS og MAX IV. Det ville styrke universiteternes mulighed for at anvende ESS og samtidig sikre en god kontakt og samarbejde med de forskere, der besøger ESS.

På e-science-området vil etableringen af ESS DMSC i København skabe en oplagt mulighed for at opbygge tætte samarbejdsrelationer mellem ESS og danske forskningsmiljøer. Med sine 60-65 ansatte bliver ESS DMSC et af de største e-science-miljøer i

Danmark, og det er derfor oplagt, at der på dette område tages initiativ til at opbygge forskellige brobygningsaktiviteter og partnerskaber, der er målrettet mod ESS DMSC. Det kan fx dreje sig om etablering af fælles forskerskole, samarbejde om udnyttelse af IT-hardware samt forskellige former for samarbejdsinitiativer. På den måde vil danske forskningsmiljøer kunne drage nytte af den betydelige kompetence, der opbygges inden for områder som simulering, dataanalyse samt visualisering.

Fokus på samspil mellem forskning og erhverv

Etablering af partnerskaber mellem ESS og erhvervs-livet medvirker til at sikre, at forskningsresultater med kommercielt potentiale overføres til videnbaserede virksomheder, og at virksomhederne er i stand til at inspirere forskningen på ESS. Danske universiteter indtager en nøgleposition, når det gælder at sikre den nødvendige brobygning og samspil. Erfaringerne fra eksisterende videnregioner viser således med stor tydelighed, at de har været afhængige af en kombination af stærke universitetsmiljøer og et dynamisk samarbejde mellem forskning og erhverv. Det er også tilfældet med ESS. Hvis etableringen af ESS for alvor skal få betydning for den regionale og erhvervsmæssige udvikling i Øresundsregionen, er samarbejdet mellem danske virksomheder og universitetsmiljøer helt afgørende.

Mange virksomheder vil være afhængige af samspillet med et universitet for at kunne benytte ESS. Det skyldes naturligvis, at neutronspreddning er en avanceret eksperimentel teknik, som kræver specialkompetencer, som ikke alle virksomheder råder over. I mange tilfælde vil virksomhederne derfor skulle indgå i forskellige samarbejdsprojekter med universiteter. Gennem netværk og konkrete samarbejdsprojekter får virksomhederne mulighed for at "tappe ind" i de danske universitetsmiljøer og på den måde opbygge viden og netværk på de forskningsfelter, der benytter neutron-

Servicecentre i Grenoble og Tennessee hjælper virksomheder med at bruge neutronfaciliteterne

Center i Tennessee hjælper amerikanske virksomheder med materialeproblemer

Oak Ridge National Laboratory i USA er et amerikansk forskningslaboratorium, der huser forskellige store forskningsinfrastrukturer, herunder den store neutronfacilitet SNS (Spallation Neutron Source) samt HFIR (High Flux Isotop Reactor) og en række af verdens største og mest avancerede computere. For at styrke erhvervslivets innovation på det materialeteknologiske område har laboratoriet i samarbejde med de statslige myndigheder etableret det såkaldte 'High Temperature Materials Laboratory' (HTML), som skal hjælpe virksomheder med at undersøge og analysere "hårde" materialer. Laboratoriet har adgang til neutronfaciliteten SNS og har derudover opbygget et laboratorium med elektronmikroskoper og mindre laserapparatur, der også benyttes til undersøgelse af forskellige materialeprøver.

HTML fungerer som en slags serviceenhed for virksomheder med et konkret problem på det materialeteknologiske område. Hvert år hjælper laboratoriet op mod 40 amerikanske virksomheder med at undersøge og løse et konkret materialeteknologisk problem. Det kan eksempelvis dreje sig om virksomheder, som oplever, at bestemte maskindele går i stykker under bestemte forhold. Laboratoriet hjælper med at undersøge problemet, herunder også design og gennemførelse af de forskellige eksperimenter samt analyse af forsøgsdata. Laboratoriet har adgang til en lang række avancerede analyseredskaber, som virksomheder ikke altid mestrer at betjene. Det gælder ikke mindst neutronfaciliteterne SNS og HFIR, hvor laboratoriet bl.a. hjælper virksomheder med at gennemføre "stressanalyser" af forskellige materialeprøver. HTML udgør på den baggrund en unik støttefunktion for amerikanske virksomheder, der giver adgang til de vigtigste analysemetoder inden for materialekarakteristik og neutronspreddning.

Partnerskab i Grenoble skal øge virksomheders anvendelse af regionens synkrotron- og neutronfaciliteter (GIANT)

Grenoble i Frankrig huser en række af Europas og Frankrigs store forskningsinstitutioner og -faciliteter: Neutron- og synkrotronfaciliteterne ILL og ESRF, det franske atomenergiagentur (CEA) samt den franske sektorforskningsinstitution (CNRS). De fire institutioner råder over nogle af verdens bedste og mest avancerede værktøjer inden for analyse og "karakteristik" af materialer og biologiske prøver. De fire institutioner har etableret et partnerskab, der stiller de forskellige analysefaciliteter til rådighed for private virksomheder. Målet er at gøre det lettere for virksomheder at anvende den række af værktøjer og analyseteknologier, som findes i Grenoble.

Partnerskabet har ansat forskere og teknikere med særlig viden om de forskellige karakteriseringsteknikker. De skal hjælpe virksomheder, der har materialeteknologiske problemer, eller som har behov for at gennemføre avancerede analyser af hårde, bløde eller biologiske materialer.

spredningsteknologi – eksempelvis på det materiale- og bioteknologiske område. Ved de to store neutronkilder i Frankrig og USA har man eksempelvis opbygget partnerskaber, hvor myndigheder, facilitet og regionale videninstitutioner er gået sammen om at oprette særlige servicecentre, som skal gøre det lettere for virksomheder at anvende neutronteknologien. (se tekstboks)

Danske forskere og virksomheder skal være med til bygge ESS

I forbindelse med etableringen og den efterfølgende drift af ESS vil der være mulighed for, at både danske virksomheder og forskere kan bidrage med forskning eller forskellige produkter og serviceydelser. Og selv om en væsentlig del af ESS vil blive konstrueret med in-kind bidrag fra de forskellige partnerlande, så er det forventningen, at både forskere og virksomheder vil få gode muligheder for at være med. Det forventes således, at mere end halvdelen af konstruktionsaktiviteterne vil blive bragt i udbud, således at danske virksomheder får mulighed for at byde på opgaverne. Hertil kommer, at ESS efter konstruktionsfasen har et årligt driftsbudget på omkring 800 mio. kr.

Hjælp til potentielle leverandørvirksomheder

Der er allerede i dag enkelte virksomheder, som har engageret sig i udviklingsarbejdet med ESS. Hovedparten af dansk erhvervsliv har imidlertid kun en meget begrænset viden om, hvordan og hvornår det vil være muligt at kunne bidrage til opbygning og drift af ESS. Det vil derfor være væsentligt at øge danske virksomheders viden og muligheder for at sælge produkter og serviceydelser til ESS. I den sammenhæng er der etableret et 'Big Science sekretariat' ved Risø-DTU, der sammen med Teknologisk Institut har til opgave at hjælpe dansk erhvervsliv med at afsætte produkter og serviceydelser til store internationale forskningsfaciliteter – herunder også ESS. Sekretariatet skal have fokus på alle de forskningsfaciliteter, som

Danmark er medlem af, men vil have særligt fokus på ESS.

'Big Science sekretariatet' skal varetage det generelle informationsarbejde omkring ESS i forhold til danske erhvervsvirksomheder, herunder information om ESS-udbud. Endvidere vil sekretariatet etablere en række virksomhedsgrupper, som med faglig bistand fra bl.a. Risø-DTU og Teknologisk Institut vil undersøge muligheder for danske leverancer til forskningsfaciliteter på en række afgrænsede teknologiområder.

Danske forskere er med til at udvikle design for ESS

Videnskabsministeriet støtter også flere danske forskergruppers deltagelse i den såkaldte ESS Design Update proces, som skal fastlægge det tekniske og videnskabelige design for ESS. Den danske deltagelse i dette udviklingsarbejde betyder, at vi kan sætte et solidt fingeraftryk på den videnskabelige udformning af ESS. Men den vil også sikre viden om ESS-projektet, der kan have stor betydning for danske forskere og virksomheders muligheder for at bidrage til den egentlig konstruktion af ESS.

Der er samlet afsat 36 mio. kr. til den danske deltagelse i ESS Design Update processen. De første ca. 28 mio. kr. blev uddelt i februar 2011 til fem udviklingsprojekter. Omkring halvdelen af midlerne anvendes til opstart og udvikling af ESS DMSC. Der er bl.a. afsat midler til opbygningen af en række computerfaciliteter, som er nødvendige for det indledende udviklingsarbejde. Der er ligeledes givet midler til, at danske forskere skal stå for simulering og beregninger af facilitetens 22 instrumenter. Endelig har en dansk forskergruppe fået ansvaret for udviklingen af en del af ESS' accelerator. Det forventes, at de resterende 8 mio. kr. bliver uddelt i løbet af efteråret 2011.

Visualisering af det nye Nørre Campus i København, hvor også ESS Data Management og Software Center etableres.



Litteraturliste

(ADL 2004): The Economic impact of a large scale science facility in the Yorkshire and the Humber region, Arthur D. Little, November 2004

(Copenhagen Economics 2007): Copenhagen Economics: Samfundsøkonomisk analyse af ESS i Lund, 2007

(Druilhe 2000): Druilhe, Céline & Garnsey, Elizabeth: Emergence and growth of high-tech activity in Cambridge and Grenoble, *Entrepreneurship & Regional Development*, 12 (2000), 163-177

(Hallonsten 2004): Hallonsten Olof, Benner, Mats & Holmberg, Gustav: Impacts of Large-Scale Research Facilities - A Socio-Economic Analysis
School of Economic and Management,
Lund University, August 2004

(OST 2000): Economic Impacts of Hosting International Scientific Facilities
Cabinet Office, Office of Science and Technology & Office of Public Service and Science, April 1993

(Smith 2004): Smith, Helen Lawton: Knowledge Organizations and Local Economic Development: The Cases of Oxford and Grenoble
Regional Studies, Vol. 37.9 pp. 899-909, December 2004

(Valentin 2007): Valentin, Finn: Dansk neutronforskning
Notat om kendetegn for beslutning om medværtsskab for et europæisk storskalaanlæg placeret ved Lund, 2007

(Valentin 2005): Valentin, Finn, Larsen, Maria & Heineke, Nicolai: Neutrons and innovations.
Copenhagen Business School, April 2005

ITPS (2005): The Localization of ESS to Lund – An assessment of long-term growth effects, memo.