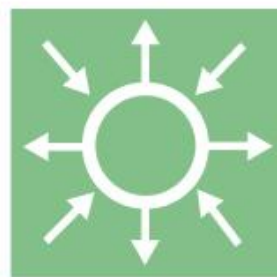
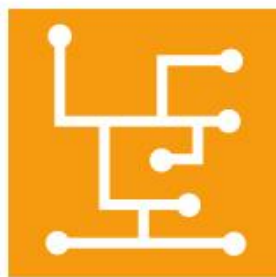




Low Energy Nuclear Reactions

Informationssammanställning beträffande ett
omdiskuterat fenomen

Elforsk rapport 13:90



Margaretha Engström, Vattenfall Research & Development AB

Sten Bergman, StonePower AB

15 November 2013

Low Energy Nuclear Reactions

Informationssammanställning beträffande ett
omdiskuterat fenomen

Elforsk rapport 13:90

Margaretha Engström, Vattenfall Research & Development AB

Sten Bergman, StonePower AB

15 November 2013

Förord

Elforsk som är elbranschens gemensamma FoU-bolag, har till uppgift att samla elbranschen kring frågor som kan vara av strategisk vikt och få stor inverkan på morgondagens energisystem. Programområdet Omvärld och System inom Elforsk skannar av pågående forskning och utveckling för att kunna förbereda branschen på viktiga genombrott samt bygga nödvändig kunskap för att ifrågasätta eller bejaka vidare utveckling.

Low Energy Nuclear Reactions, LENR, är ett område som fått ökad uppmärksamhet under de senaste två till tre åren. När ett dussin företag framför att de ägnar sig åt att kommersialisera LENR-tekniken, kan detta möjligen indikera att något oväntat upptäckts och att denna upptäckt i framtiden eventuellt kan komma att påverka energitillförseln i samhället.

För Elforsk handlar det således inte om att ta ställning till om fenomenet LENR existerar eller inte, utan att vara förberedd om det oväntade skulle inträffa. Teoribildningen bakom fenomenet är ännu inte klarlagd och verifieringen av funktionen i praktisk tillämpning har pågått och pågår.

Denna rapport, som är skriven av Margaretha Engström på Vattenfall Research and Development och Sten Bergman, StonePower AB, är en översiktlig sammanställning av uppgifter som på olika sätt kommit fram kring LENR-tekniken. I rapporten görs ingen värdering om vetenskaplig sanningshalt.

Stefan Montin
Programområde Omvärld och system
ELFORSK
2013-11-15

Sammanfattning

Står vi på tröskeln till en ny era när det gäller hållbar och miljövänlig energitillförsel? Finns det något nytt runt hörnet som skulle kunna revolutionera vårt sätt att producera värme och el och att driva morgondagens fordon? Det är frågor som nu aktualiserats genom att området *Low Energy Nuclear Reactions (LENR)* återigen fått ökad uppmärksamhet.

Denna rapport är en översiktlig genomgång av området Low Energy Nuclear Reactions eller som det ibland kallas *Kall fusion*. Apparater och anordningar, som uppges vara baserade på LENR-tekniken, börjar nu visas upp på några olika håll i världen. Energiutbytet från dessa anordningar uppges i vissa fall kraftigt överstiga den tillförda energin som behövs för att starta och stabilisera processen. Om detta stämmer – vilket har ifrågasatts av många – står vi inför det oväntade, att det kanske finns en ny process som vida överträffa konventionell bränslebaserad energiomvandling. Dessutom uppges anordningarna fungera utan nämnvärd miljöbelastning. Eller är de resultat som nu redovisas konsekvenser av felmätningar och önsketänkanden?

Något av det som hänt inom området:

- Andrea Rossi, en italiensk uppfinnare och kemist har utvecklat en reaktor kallad E-Cat. Det är en till synes enkel apparat, bestående av ett metallrör som innehåller en liten katalysator av nickelpulver i nanostorlek. Röret fylls vid start med bl.a. små mängder väte och uppges kunna producera ett betydande värmeöverskott under flera månader. Företaget som utvecklar Rossis anordning, Leonardo Corporation, hävdar att deras reaktorer snart är "vetenskapligt" validerade och färdiga för marknads lansering.
- Det grekiska bolaget Defkalion, vilket numera finns i Kanada, hade från början ett samarbete med Andrea Rossi, men har gått sin egen väg i att utveckla sin väte-nickel-reaktor Hyperion. Defkalion har annonserat att deras teknik kommer att lanseras under år 2014.
- Brillouin Energy Corporation, ett amerikanskt bolag, hävdar att de uppfunnit vad de kallar den kontrollerade elektroninfångningsreaktionen.

- Joseph Papp, menade redan på 70-talet att energi kunde utvinnas genom kompression och elektromagnetisk stimulering av ett ädelgasplasma. Papp och hans sentida efterföljare som Rohner, Klostermann och Weber m.fl. hävdade att de kunde utvinna energi ur en konventionell kolvmotor med hjälp av väte, ädelgaser, blixurladdning och eventuellt elektromagnetisk resonans.
- Erik Lerner, plasmafysiker i USA, har sedan 90-talets början hävdade att det går att bygga en billig elproduktionsanläggning genom att magnetiskt komprimera protoner och grundämnet bor för att direkt generera el från de bildade heliumkärnorna. Han kallar sin apparat för Dense Plasma Focus (DPF) Machine. Experiment har bl.a. genomförts i Chile och det finns även marknadsagenter igång. Forskningen baseras på privata bidrag.
- Fleischmann och Pons, beskrev 1989, hur de lyckats skapa "kall fusion" med hjälp av Palladiumelektroder i en elektrolyt av tungt väte. Det har dock varit svårt att upprepa deras experiment och den kalla fusionen svalnade av ytterligare.

Vad har nu dessa gemensamt? Jo de är möjligen olika exempel på LENR- tekniken eller varianter därav. Vetenskapliga valideringar pågår nu några håll för att bekräfta funktioner, hantera de ingenjörsmässiga aspekterna samt förstå de fysikaliska mekanismer som ligger bakom.

I kapitel 2 beskrivs några av de modellförklaringar som florerar kring LENR- tekniken och visar inom vilka forskningsområden som framsteg möjligen kan förväntas.

I kapitel 3 behandlas hur långt valideringarna har kommit (av dem som planerar kommersialisering inom kort), samt vem som har validerat vad. Skeptiker hävdar att mycket är osant. Uppfinnare försöker dölja sina hemligheter för att inte kunskapen ska bli allmäntillgänglig innan man nått marknaden. Patenten som tas undanhåller det mest väsentliga i förklaringarna.

I kapitel 4 tas olika tillämpningar upp, baserade på framförallt de nickel-väte baserade LENR-tekniska uppfinningarna. Vad skulle kunna bli resultatet av lyckade demonstrationer och provdrifter?

I kapitel 5 behandlas specifikt de frågor som skulle kunna beröra elindustrin. Vad är konsekvensen av små billiga värme/el produktionsanläggningar?

I kapitel 6 diskuteras några av de mer generella slutsatser som författarna drar av den pågående utvecklingen och dagsläget när det gäller valideringar.

I kapitel 7 och 8 återfinns en del referenser som inte ges i löpande text

Summary

Are we on the verge of a new era when it comes to environmental and sustainable power generation? Is there anything new coming up around the corner, which could revolutionize our way in generating heat and electricity and driving tomorrow's vehicles? Those are the questions that have arisen owing to the field Low Energy Nuclear Reactions (LENR) again has been shown attention.

This report is an overview of the field Low Energy Nuclear Reactions or what it sometimes is called Cold Fusion. Devices and arrangements, which are declared to be based on the LENR technology, are now beginning to being demonstrated at some different locations in the world. The energy efficiency of those devices is said to substantially exceed the supplied energy needed to start and stabilize the process. If this is right – which is in question by many – we are confronted with the unexpected, that there is perhaps a new process which by far surpasses conventional fuel based energy conversion. Furthermore the devices are said to work without any appreciable environmental disadvantage. Or are those results now being shown consequences of error measurements and wishful thinking?

Innehåll

1	Introduktion	1
1.1	Finns det ett nytt slags energiomvandling	1
1.2	Hur det hela startade	2
1.3	En kontroversiell forskning.....	3
2	Kunskapsläget om LENR	4
2.1	Vad avses med LENR tekniken?	4
2.2	Vilka är förklaringsmodellerna?	6
2.2.1	Förklaringsmodeller rörande klotblixtar och andra plasmoider.....	7
2.2.2	Några Förklaringsmodeller kring ultrakalla neutroner.....	8
2.2.3	Andra förklaringsmekanismer kring låg-energi fusion	9
2.2.4	Rydberg- och Bose-Einstein-tillstånd som inslag i kärnreaktionerna	10
2.2.5	Hidetsugu Ikegamis hypotes om pycnonukleär fusion	12
2.3	Hur mycket satsas på LENR utvecklingen?	13
2.3.1	FoU-insatser inom den akademiska världen och av myndigheter...	13
2.3.2	FoU inom företag	14
2.4	Pågående forskning inom LENR området.....	15
2.4.1	Trovärdighet hos praktiska försök	16
2.5	EU-forskning	17
2.6	Kommersialiseringsläget.....	18
2.7	Applikationer av intresse	20
3	Validerade energianläggningar	21
3.1	Validerade plasmamaskiner	21
3.2	”Validerade” nickel-väte LENR-anläggningar.....	22
3.2.1	E-Cat Leonardo Corporation	22
3.2.2	Hyperion Defkalion Green Technologies	24
3.2.3	BEC Brillouin Boiler™ Brillouin Corp.....	25
3.2.4	CIHT-cellen – BlackLight Power	26
3.2.5	NANORTM Jet Energy	28
4	Tänkbara tillämpningar av LENR-tekniken	29
4.1	El- och värmeproduktion	29
4.2	Fordonstillämpningar	29
4.3	Flyg och rymdtillämpningar.....	30
4.4	Transmutation av radioaktivt avfall.....	31
4.5	Konsumentprodukter	32
5	Frågor för elindustrin	33
5.1	Marknadsscenarioer	34
5.2	Miljö och säkerhetsfrågor.....	35
5.2.1	Okända negativa egenskaper	36
5.2.2	Säkerhetsfrågor.....	37
6	Slutsatser	38
6.1	Var står forskningen kring LENR tekniken idag?	38
6.2	Var finns förklaringen/-arna?	38
6.3	Var ligger de största utmaningarna?	39
7	Referenser	40

7.1 Artiklar, rapporter och protokoll.....	40
7.2 Webbssidor	44
8 Bilagor	47
8.1 Patent	47
8.1.1 USA	47
8.1.2 Asien.....	48
8.1.3 Europa	48

1 Introduktion

Kan man bygga apparater som är billiga, säkra och genererar värme och el till en bråkdel av dagens kostnad? Kan dessa apparater användas till stationära och/eller mobila tillämpningar? Är de säkra och uthålliga?

I denna rapport beskrivs översiktligt en handfull sådana tekniker, som på sätt och vis kan klassas in i grenen *Low Energy Nuclear Reactions (LENR)*. Men eftersom mycket av det som beskrivs nedan ännu inte validerats och accepterats av vetenskapvärlden finns betydande frågetecken. Men frågan är om det nu trots allt håller på att växa fram ny kunskap som kanske ger stöd åt förhoppningen om Low Energy Nuclear Reactions? Konsekvenserna av eventuella genombrott kan bli betydande.

1.1 Finns det ett nytt slags energiomvandling

Kvantfysikens genombrott i början av förra seklet ledde till utveckling av dagens kärnteknik. Under de senaste 70 åren har vi lärt oss att både tekniskt och kommersiellt behärska många fissionsprocesser och vi försöker nu utveckla fusionstekniken inte minst genom ITER-projektet.

Samtidigt har det på några håll i världen pågått försök att utveckla LENR-tekniken. Det är ett område som av många betraktas med stor skepsis och i princip omöjligt att förverkliga och än mer omöjligt att förklara med dagens kunskaper. Utvecklingen har framförallt drivits av experimenterare och entreprenörer. Kunskapen om vad som har uppnåtts har inte spridits i de normala akademiska sfärerna utan ofta via andra media. Uppfinnare har ofta ställts mot etablerade vetenskapsmän och LENR-tekniken har mer än en gång refuserats som rena falskri eller önsketänkanden. Ändå kan en del av de resultat som redovisats inte utan vidare förkastas. Kärnreaktioner kan förmodligen inträffa i speciella miljöer som vi ännu inte förstår. Kärnfysikens lagar gäller självklart även i dessa miljöer.

Den 23 mars 1989 presenterade forskarna Fleischmann och Pons sin sensationella upptäckt att energi kunde utvinnas i en elektrolyt av tungt väte med palladiumelektroder. Neutroner uppgavs här spela en viktig roll. Begreppet "kall fusion" myntades och många etablerade forskargrupper kastade sig raskt över ämnet för att repetera och verifiera experimenten. Ytterst få uppges ha lyckades med bedriften vid den tiden och ärendet svalnade så småningom.

Idag, år 2013, pågår försök med en kommersiell utveckling inom LENR-området. Andrea Rossi med sin Energikatalysator, E-Cat, är ett exempel. I slutet av 1980-talet bedrev en forskare från universitetet i Turin, Italien, Don Borghi, enkla experiment med nickel och väte. En rapport släpptes under 1993 från experiment som gjorts vid CEN Laboratorier i Recife i Brasilien kring hans experiment där bl.a. neutroner och stor energiutveckling kunnat observeras.¹

Andra experiment, ungefär samtida, påstods resultera i att nickel och väte vid flera tillfällen orsakade explosioner av en storleksordning, som troligen inte kunde förklaras av den lilla vätgasmängd som fanns tillhands. Frågan är om det på något sätt frigjorts energi som inte härrör från den kemiskt bundna energin i vätet.

1.2 Hur det hela startade

Vi har valt att gå tillbaks till mitten av 1980-talet då vissa spektakulära experiment genomfördes i USA och som på olika sätt dokumenterats.

Joseph Papp genomförde experiment baserat på en vanlig förbränningsmotor. Kolvutrymmet i motorn gjordes om och istället för bensin matades en ädelgasblandning in bestående av helium, argon, krypton och xenon. Maskinen som utvecklades fick benämningen "The Noble Gas Engine" och namnet syftade på ädelgaserna. Papp och medarbetare (bl.a. John Rohner) kunde uppvisa att maskinen (som är väldokumenterad i sitt patent) kunde drivas utan några bränsletillsatser i ca 3 månader.

¹ C. Borghi, C. Giori, A.A. Dall'Ollio, *Experimental Evidence of Emission of Neutrons from Cold Hydrogen Plasma?*, American Institute of Physics (Phys. At. Nucl.), vol 56, no 7, 1993.

Motorn gav ca 40-50 kW effekt kontinuerligt. Ibland kunde 100-200 hk utvinnas under de månader som maskinerna testades. Detta spektakulära experiment ifrågasattes av vetenskapsvärlden.

Efter Papps död 1989 fortsatte hans medhjälpare, John Rohner, utvecklingen mot det som kom att bli "The Plasmic Transition Machine".²

Runt 1985 kom Dr. Eric Lerner, plasmaforskare ifrån USA upp med ett förslag kring en s.k. Dense Plasma Focus Machine (DPF)³. Principen byggde på acceleration av protoner, magnetisk kompression och bombardemang av boratomer i en relativ liten begränsad volym. DPF-tekniken validerades dock endast partiellt. Intressant var dock att Lernalers idé kom från astrofysikaliska betraktelser hur galaxer roterar och bildar energi, samt att apparaten uppgavs kunna generera el direkt.

1.3 En kontroversiell forskning

LENR-fenomenet uppges ha många egenskaper som liknar supraledning och supraflöde. Dessa fenomen består av ett kollektivt uppträdande av elementarpartiklar, vilka visar sig som kvasipartiklar såsom fononer, plasmoner och polaritroner.

I många av de hypotetiska förklaringarna till LENR ingår kvasipartiklar såsom fononer, polaritroner och plasmoner. Plasmafenomen kan också medverka i vissa av processerna. Elektriska och magnetiska fält kan där via olinjariteter kopplas ihop via plasmaresonanser. Bildandet av neutroner kan ske via olika hypotetiska modeller. Det ska understrykas att vilka fenomen som än förekommer måste de ge upphov till kärnreaktioner för att få ut kinetisk energi.

²http://peswiki.com/energy/PowerPedia:Joseph_Papp%27s_Noble_Gas_Engine (2013-10-15)

³ Lerner E., *Magnetic self-compression in laboratory plasmas, quasars and radio galaxies*, Part I, *Laser and Particle Beams* (1986) vol 4, part 2; pp 193-213

2 Kunskapsläget om LENR

"Kall Fusion" blev ett hett ämne under våren 1989. Forskarna Fleischmann och Pons kom i rampljuset den 23 mars 1989 då de hävdade att de experimentellt visat att långsamma neutroner kunde produceras med hjälp av palladiumelektroder i en elektrolyt av tungt väte. Men försöken har ifrågasatts och varit svåra att upprepa. Under de senaste åren förefaller intresset för "kall fusion" eller LENR som det nu kallas ha ökat. Man kunde i slutet av 2012 räkna in ca 1700 publicerade artiklar inom området.

2.1 Vad avses med LENR tekniken?

Hittills har ingen validerad teori eller förklaringsmodell kunnat presenteras som ger stöd för LENR. Ett skäl kan helt enkelt vara att Low Energy Nuclear Reactions inte kan inträffa. En annan orsak skulle kunna vara att:

- Experimenten kring LENR har utförts på olika och icke repeterbara sätt, (vilket inte följer praxis med att utföra likadana experiment på flera oberoende laboratorier för att undanröja mätfel etc.).
- Fenomenet är kraftigt olinjärt. Ibland sägs samma experimentuppställning ha givit stort energiutbyte, ibland inget.
- Eller så är det något helt annat som försiggår

Genom heuristik har ökad kunskap nåtts om förutsättningarna för att generera ett energiutbyte från processer som av vissa beskrivs som LENR. Dock saknas distinkta vetenskapliga utvärderingar av dessa försök.

De resultat som redovisats från olika försök med apparater som uppges fungera enligt LENR-tekniken antyder följande:

- Det kan inte vara enbart kemisk energi, då den rapporterade energiutvecklingen är av flera storleksordningar högre än vad som kan fås ur kemiska bindningar.
- Det kan inte vara kärnenergi av det kända slaget, då det inte blir radionuklider som rest och inte heller har

uppmätts snabba neutroner eller gammastrålning. Både fission, som vi känner från dagens kärnkraftverk, och termonukleär fusion, som vi känner från solen, kan uteslutas. Vad som är känt är att mycket speciella förutsättningar av metall i nanoskala krävs för reaktion. Vilken roll metallen har är inte känt.

Tilltron till funktionen hos LENR är med andra ord omdiskuterad och i vissa kretsar hårt kritiserad. Det finns dock uppgifter som gör gällande att forskare redan på tidigt 1900-tal kan ha skapat LENR-effekter.⁴ Som exempel kan nämnas att den svenske fysikern John Tandberg 1927 hävdade att han hade lyckats smälta samman väte under tryck till helium i en elektrolytisk cell med palladiumelektroder, men han fick inte det patent han hade sökt.

När Martin Fleischmann och Stanley Pons, gjorde sina försök med kall fusion använde de palladium och deuterium i en elektrolytisk miljö. De tidigaste experimenten med LENR fortsattes med användning av palladium och deuterium i en elektrocell. Andra provade varianter med andra katalytiska material. Mycket få personer rapporterade lyckade försök och då i ett fåtal experiment. LENR-effekten var vid den tidpunkten inte replikerbar.

Allteftersom har även andra metaller visat samma fenomen som med väte och palladium.⁵ Dessutom har LENR-process i torr miljö utvecklats där väte packas i gasform i en metall.

Kombinationen nickel och väte tillämpades först av professor Francesco Piantelli. Flera andra italienska professorer har sedan forskat med nickel och väte tillsammans med nanomaterial som Sergio Focardi och Francesco Celani men även amerikanska professorn George Miley.

Om vi antar att fenomenet LENR existerar så är kanske nickel-väte-LENR den process som ligger närmast en kommersialisering

⁴Friedrich Paneth and Kurt Peters, *Über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium*, Naturwissenschaften 14 (43): 956–962, en artikel som senare drogs tillbaka.

⁵ Se F. Celanis presentation på CERN Colloquium den 22 mars 2012, <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?resId=3> & materialId=slides & confId=177379, där även övriga presentationer finns på <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=177379>

för energitillämpningar. Mot den bakgrunden behandlar denna rapport huvudsakligen valideringar av nickel-väte-reaktorer, förutom annan information som kan vara av intresse för fortsatta undersökningar av LENR-tekniken ur energiindustrins perspektiv.

Kunskapen om LENR-tekniken från tillverkarna är inte av oberoende slag. (Se kapitlet om valideringarna nedan). Den enda med oberoende forskare genomförda valideringen är gjord av forskare från Bologna Universitet tillsammans med svenska forskare från Uppsala Universitet och KTH. Men den omfattar endast energiutbytet. Kvar finns många frågetecken ur industriellt perspektiv, förutom en accepterad teoretisk förklaring av hela processen.

Det bör vara av betydande intresse för energimarknadens aktörer om det går att utveckla och kommersialisera LENR-tekniken. En sådan utveckling skulle öppna för nya affärsmöjligheter, men skulle samtidigt utmana existerande struktur av energisystemet. En central fråga är också tidsperspektivet för de utrustningar som påstås vara nära kommersialisering, då långa ledtider utmärker energiinvesteringar, ur såväl planering och drifttagning som avskrivningstider. Att tekniken förefaller att vara skalbar nedåt gör den förstås ytterst intressant i tillämpningar med distribuerad elproduktion. I ett energi- och klimatperspektiv skulle LENR-tekniken –givet att det går att utveckla tekniken – kunna få oanad betydelse.

2.2 Vilka är förklaringsmodellerna?

Det har spekulerats i att LENR-fenomen kan förekomma i vitt skilda miljöer. Det innebär också att förklaringarna till dessa fenomen är vitt skilda. I många fall saknas vetenskaplig stringens. I några fall saknas förklaringar helt. För att ge en bild hur olika forskare, uppfinnare och innovatörer ser på saken, ges nedan ett axplock av de hypotetiska förklaringsmodeller som nu florerar. Urvalet är författarnas eget val. Om "ny fysik" behövs handlar det om fenomen som kan uppträda i speciella miljöer. Den grundläggande fysiken kan inte ändras.

Förklaringsmodellerna som beskrivs nedan är inte helt slumpmässigt utvalda. De speglar några modeller som på ett eller annat sätt möjligen kan understödja varandra då det kan

finnas logiska samband och eventuellt möjliga orsakskedjor. Kritiken mot en del modellansatser är att de bryter mot etablerade principer. Några andra teoretiska förklaringar bygger på antagandet att standardmodellen för elementarpartiklar inte är adekvat, vilket strider mot den etablerade vetenskapliga uppfattningen.⁶

2.2.1 Förklaringsmodeller rörande klotblixhtar och andra plasmoider

Klotblixten har under lång tid fascinerat människan. Hur kan ett ljusklot bildas, röra sig genom fasta material som väggar och dylikt? Vad gjorde att Papps och andra senkomna plasmamaskiner tycks fungera?

Clint Seward, vid Electron Power System i USA, har beskrivit hur dessa plasmoider (klotblixhtar) möjligen kan formas i naturen genom bl.a. en inledande blixurladdning⁷. Det uppkomna magnetfältet fångar in elektronerna och ger dessa slutna ringegenskaper, som i sin tur skapar en ringström som underhåller sig självt. (Maxwells ekvationer tar hand om både geometrier och tidsderivator.)

Andra forskare, som till exempel Sanduloviciu⁸ har experimentellt påvisat ett mycket ovanligt fenomen, som uppträder i plasmasammanhang. Nämligen något som bara människan förmår i naturen; att entropin minskar i systemet. Plasmata har med andra ord en förmåga att självorganisera sig och bilda ett system som inte uppvisar större oordning om det släpps loss utan skapar ordning ur kaos. Intressant är att notera förmågan hos plasmoiden att skapa en negativ (dynamisk) resistans. Med andra ord skulle ett plasma i så fall kunna bli "supraleddande". (Är detta något som kanske kan förklara de extremt höga magnetfält som ibland kan observeras i tornados?)

Det kan också nämnas att Amerikanska försvaret via DARPA satsar på FoU inom klotblixtområdet, där man ska forska för att

⁶Exempelvis Einstein-Cartan-Evans, ECE, teorin, se <http://drmyronevans.files.wordpress.com/2013/10/paper230.pdf>

⁷Seward. C et al., *Ball Lightning explained as a stable plasma toroid*, <http://www.electronpowersystems.com/>

⁸Sanduloviciu et al., *Non-linear phenomena in plasma as a consequence of self-organization*, Dept. of Plasma Physics, Al.I. Cuza Univ., 6600 Iasi, Romania

som de skriver "understanding and quantifying the interaction of electromagnetic and acoustic waves with the plasma in flames".

I DARPA:s plan för 2013 står det vidare: "Experimentally attempt 3-D observations of HF-induced plasma structures and potentially determine relative HF power absorption for different altitudes, frequencies and geophysical conditions".

I Joseph Papps "Noble Gas Engine" skapas ett toroidformat plasma. I denna komprimeras en ädelgas, vilken då troligtvis också joniseras. En högspänningspuls genererar ett magnetfält och ett elektronplasma bildas (kanske på det sätt som Seward påstår?) Genom att tillföra en radiofrekvent elektromagnetisk strålning i frekvensintervallet 50-350 MHz exciteras systemets resonanser.

Detta är förklaringsmodeller kring initierandet av LENR-processen, vilket dock inte säger något om vilka kärnreaktioner som ger energin.

2.2.2 Några Förklaringsmodeller kring ultrakalla neutroner

En i LENR-världen ganska välciterad förklaringsmodell ges av Preparata, Widom och Larsen, eller W-L teorin⁹, som den brukar benämnas. I korthet går den ut på:

- Genom tillförsel av energi (i form av värme eller elektromagnetisk energi) skapas s.k. ytplasmoner. När dessa fås i resonanstillstånd växelverkar de skapade plasmonerna (tungt elektronerna) med protoner eller neutroner. I teorin sägs kalla neutroner (med ultralågt rörelsemängd) och neutrinos bildas.
- De kalla neutronerna transmuterar omgivande ämnen, väte och t.ex. nickel, som då bildar nya (instabila/eller stabila) isotoper plus elektroner och anti-neutrinos. Av

⁹W-L Teorin; se t.ex. <http://newenergytimes.com/v2/sr/WL/WLTheory.shtml> och deras förklaring av neutronproduktion i Y N Srivastava, A Widom, L Larsen, A primer for electroweak induced low-energy nuclear reactions, PRAMANA – journal of physics, vol. 75, No. 4, October 2010, sid. 617-637, A Widom, L Larsen, Ultra low momentum neutrons catalyzed nuclear reactions on metallic hydride surfaces, European Physical Journal C – Particles and Fields, vol. 46, No 1, April 2006, 107-112 samt A. Widom, J. Swain, Y.N. Srivastava, *Weak Interaction Neutron Production Rates in Fully Ionized Plasmas*, <http://arXiv:1305.4899v1> [hep-ph] 19 May 2013

vätet bildas alfapartiklar (dvs. heliumkärnor). Här menar teoriskaparna att elektroninfångning i protoner och neutroner är processen då plasmonerna har hög energi, dvs. omvänt betasönderfall.

- Bildningen av tyngre instabila nuklider leder till att dessa sönderfaller i sin tur. Strålningen absorberas i materialet och sägs omvandlas till värme. Den frigjorda energimängden håller systemet igång, samt att det blir en hel del över också, som kan tas ut i värme eller el. Den eventuella gammastrålning som bildas i samband med vissa transmutationer omvandlas av ytplasmonerna till IR-fotoner (alltså värmestrålning). Viss mjuk röntgenstrålning kan eventuellt också sippra ut.

Det kan påpekas att en forskare vid NASA, Joseph Zawodny, tagit patent på en metod att producera tunga elektroner (US 20110255645A1). Detta görs genom stimulerad resonans av ytplasmoner/polaritoner på elektriskt ledande ytor.

2.2.3 Andra förklaringsmekanismer kring låg-energi fusion

Hanno Essén, vid KTH, har fört fram följande idé/modell som tänkbar förklaring bakom lågenergi nukleära reaktioner och speciellt för Rossi-typen med nickelpulver-väte:

- Alla material emitterar elektroner när de värms. Ett metallpulver kommer således att innehålla ett elektronplasma i området mellan metallpartiklar och tätheten ökar ju högre temperaturen är. Ett sådant system kommer att bli starkt polariserat och speciellt nickel, som är välkänt för att lösa upp H₂-molekyler i individuella atomer.
- Det är känt att plasma kan kollapsa över en given täthet, som kallas Greenwald gränsen¹⁰. Zuin¹¹ m.fl. har nyligen beskrivit att detta sker när den magnetiska fältenergitätheten kommer upp i paritet med elektronens

¹⁰ M. Greenwald, *Density limits in toroidal plasmas*, Plasma Phys. Control Fusion 44 (2002) R27-R80

¹¹ M. Zuin et al., *A first principles explanation for the density limit in magnetized plasmas*, arXiv:1001.4480 [physics.plasma-ph] (2010)

vilomassaenergitäthet. Essén¹² menar att då kommer den magnetiska energin kraftigt att dominera över den elektriska.

- I detta plasma, som då domineras av mycket hög magnetisk energitäthet, kommer "filamentation" att äga rum.¹³ Det uppstår spontana trådliknade utväxter av strömbanor och magnetfält. (Kanske likt soleruptioner?). Dessa utväxter förgrenar sig och man skulle kunna observera elektroner som sticker iväg. Elektroner som möjligen kan ha relativistiska hastigheter.
- Snabba elektroner och utväxter producerar normal s.k. Pinch (nyp-effekt). Denna nypningseffekt, som beror på att det magnetiska fältet komprimerar strömmen och kan för tillräckligt snabba elektroner innebära att dessa medför att Coulombbarriären bryts ned för de laddade partiklar som är närvarande¹⁴. Eftersom Coulombbarriären är det största problemet inom fusionsplasmafysiken (och normalt kräver temperaturer kring miljontals grader) kan denna mekanism vara av synnerligt stort intresse. I det heta fusionsplasmata är Pincheffekten inte stabil. I metallpulverplasmata kanske det pågår slumpmässiga pincher som kommer och går, men tillräckligt många för att en och annan fusion ska hinna ske?

Pinchen ger i så fall så höga elektrontätheter vid kärnorna att antingen Coulombbarriären kan passeras för fusionering mellan protoner och/eller neutroner och atomkärnor, eller att någon annan transmutationsprocess inträffar.¹⁵

2.2.4 Rydberg- och Bose-Einstein-tillstånd som inslag i kärnreaktionerna

Flera teorier tar upp förutsättningar för att kvanttunnling genom Coulombbarriären ska kunna ske.

¹² H. Essén, *Classical diamagnetism, magnetic interaction energies and repulsive forces in magnetized plasmas*, Europhysics Letters (EPL) 94, (2011) pp. 47003-1-5

¹³ <http://www.plasma-universe.com>

¹⁴ H. Essén, *The exact Darwin Lagrangian*, Europhysics Letters (EPL) 79, (2007) pp. 60002-1-3

¹⁵ H. Essén, *Catalyzing Fusion with Relativistic Electrons*, arXiv:physics/0607138v1 [physics.plasm-ph], July 2006

Energiimpulser av oscillerande nanoplasman (plasmoner) eller mekanisk oscillation (fononer) ger upphov till förtätning av vätet till supertungt väte. Där kan joniserad materia kondensera till Rydbergtillstånd.¹⁶ Här förmodas dipolmoment ge upphov till ett elektriskt fält (plexitroner) som katalyserar fusionen av vätekärnor eller deuteriumkärnor vid rätt frekvens genom att tunnla igenom Coulombbarriären.

Shukla-Eliasson-effekten innebär att en ny elektrisk potential uppstår skärmad av degenererade elektroner, vilka har samband med Bohms kvantpotential och till andra egenskaper hos elektronsambanden. Genom denna negativt laddad potential är det möjligt för positivt laddade partiklar och joner att kombineras i atomstrukturer i nanoplasman, så väl som för kritiska punkter och fasövergångar i nanoplasman.¹⁷

Defkalions Hyperionreaktor förklaras med att vätemolekyler joniseras till exciterade vätetillstånd där Rydbergatomer ingår. Vätet antas upplösas till protoner och elektroner, där acceleration av de laddade partiklarna ger upphov till magnetfält. Tillverkaren har uppmätt magnetfältstoppar på 1,6 Tesla som varade några sekunder efter varje högspänningspuls. Där antas supraledande Bose-Einstein-kondensat av protoner accelereras av högspänningspulserna som initierar processen.¹⁸ Protonerna sägs kunna bilda par som växelverkar i heltalsspin som bildar bosonkluster. I vad som kallas Bosenova sker deutron-deutron-reaktioner som bildar He-4. Detta sker med nanoexplosioner. Restmaterial med flera olika nuklider tyder på att den höga energitätheten i sin tur kan ge upphov till fissionsprocesser.

¹⁶ Väte i Rydbergtillstånd beskrivs t.ex. i Leif Holmlid, *Largeion-cluster H_N^+ of Rydberg Matter: Stacks of planar cluster H_7* , International Journal of Mass Spectrometry, Vol. 300, Issue 1, 30 January 2011, pp. 50-58, Rydbergmaterial tas även upp som en förklaring i Pekka Soininens LENR-uppfinning, vilken beskrivs i patentansökan WO2013076378 A2

¹⁷ P. K. Shukla, B. Eliasson, *Novel attractive force between ions in quantum plasmas*, Phys. Rev. Lett. 108, 165007 (2012); Erratum: PRL 108, 219902(E) (2012); PRL 109, 019901 (E) (2012)

¹⁸Yeong E. Kim, John Hadjichristos, *Theoretical Analysis and Reaction Mechanisms for Experimental Results of Hydrogen-Nickel Systems*, Purdue Nuclear and Many Body Theory Group (PNMBTG) Preprint-PNMBTG-10-2013(October 2013) Invited paper presented at ICCF-18, University of Missouri, July 21-27, 2013

2.2.5 Hidetsugu Ikegamis hypotes om pycnonukleär¹⁹ fusion

Till skillnad mot den termonukleära fusionen som sker på solen, finns en fusion som sker på grund av tryck, pycnonukleär fusion. Astrofysiker har visat att i ultratäta material kan fusionsreaktioner observeras ned till temperatur på absoluta nollpunkten. Dessutom har dessa pycnonukleära reaktioner visats vara märkbara i laboratorier där explosiva kedjereaktioner av fusionen är möjliga.²⁰

Neutronproduktion har även rapporterats vid de experiment som genomförts med protonstrålar mot litium under ledning av professorn Hidetsugu Ikegami från universitetet i Osaka. Resultatet från samarbetet mellan universiteten i Uppsala och Osaka finns dokumenterat i olika rapporter från 2002 till 2006. Försöken resulterade i ett energiutbyte som inte kunde förklaras med vanlig termonukleär fusion. Detta är de kända experimentella försök inom LENR-området i Sverige som presenteras i *Ultradense Nuclear Fusion in Metallic LithiumLiquid*.²¹

I beskrivningsmodellen av pycnonukleär fusion som gjorts av Ikegami i *The Nature of the Chemonuclear Transition*²² förklarar Ikegami hur kemonukleär fusion är en pycnonukleär fusion, vilken alltså är känd från astrofysiken. Deuteroner i keV-området tränger in i litiumatomernas s-orbitalelektronmoln och bildar intermediära LiD-atomer. Vid denna energinivå dominerar kärnkollisionerna över den elektroniska i dämpningsprocessen. Energin hos deuteronerna räcker till att komprimera molekylen till cirka 7 % av ursprungsvolymen, därav namnet pycno som betyder tät. Detta innebär en formering av de båda kärnorna innanför de nu gemensamma K- och L-elektronskalerna med ett avstånd på mindre än 1 pm. Det fusionerade atomtillståndet gör en adiabatisk övergång till kärnfusionsreaktion med en viss sannolikhet som bestäms av Gamow-faktorn, dvs. sannolikhetsfaktorn för två atomkärnors möjlighet att komma över Coulombbarriären för att genomgå en kärnreaktion.

¹⁹Pycno=tät

²⁰ S. Son, N.J. Fisch, *Pycnonuclear reaction and possible chain reactions in an ultradense DT plasma*, Physics Letters A 337 (2005) 397–407

²¹H. Ikegami, T. Watanabe, R. Pettersson och K. Fransson, *Ultradense Nuclear Fusion in Metallic Lithium Liquid*, A report on research performed at the R&D Center, Sakaguchi E.H VOC Co. under the auspices of the Swedish Energy Agency, ER 2006:42

²²H. Ikegami, *The Nature of the Chemonuclear Transition*, TSL note, Uppsala 2012

Processen kan betraktas inom ramen för termodynamiken för kemiska reaktioner i utspädda lösningar. Arrhenius ekvation för spontana kemireaktioner tillämpas. Arrhenius ekvation bestämmer en kemisk reaktions hastighet vid en viss temperatur genom att utgå från aktiveringsenergin och sannolikheten för lyckosamma kollisioner mellan molekylerna. Förändringen i Gibbs fria energi i exponenten av förstärkningsfaktorn är negativ i det presenterade fallet med reaktionen mellan deuteroner och litium till LiD. Följaktligen kan en förstärkning av $e^{(-\Delta G/kT)}$ med många storleksordningar av kärnfusionsreaktioner i den metalliska litiumvätskan förverkligas.

Det är lätt att falla in i svårbegripliga vetenskapliga resonemang, som omfattar kvantfysik, plasmafysik, kvantelektrodynamik, m.m. Ovanstående resonemang avser endast att beskriva några hypotetiska mekanismer, som teoretikerna laborerar med. Experimentalisterna bryr sig kanske något mindre åt teorierna, så länge saker går åt rätt håll och explosionerna är kontrollerbara.

Sammanfattningsvis kan sägas att bland alla de förklaringsmodeller som florerar kring LENR-fenomenen kan det vara möjligt att det är samma fenomen som yttrar sig på olika sätt, eller olika fenomen som yttrar sig på samma sätt eller olika fenomen som yttrar sig på olika sätt. Helt möjligt är dock att vissa gemensamma karakteristiska går att urskilja. Dessa kommer att behandlas på slutet. Ikegamis modell förklara i varje fall hur kärnreaktioner kommer till stånd, även om vägen dit är full av oklarheter.

2.3 Hur mycket satsas på LENR utvecklingen?

Satsningar på LENR är svåra att uppskatta då inga offentliga siffror finns angivna med undantag från ett fåtal fall. Därför ges nedan endast några exempel.

2.3.1 FoU-insatser inom den akademiska världen och av myndigheter

Ett universitet som har en satsning på LENR är University of Missouri. De har inrättat Sidney Kimmel Institute for Nuclear Renaissance (SKINR) efter en donation på 5,5 MUSD från filantropisten Sidney Kimmel. Institutet inrättades i april 2012

som en enhet inom avdelningen för fysik och astronomi vid University of Missouri, rapporterade direkt till vice kansler för forskning Dr. Robert V. Duncan.²³

Exempel på FoU-medel för militär forskning är DARPA:s (U.S. Department of Defense) budget för 2013 och 2014. Exempelvis området *Fundamentals of Nanoscale and Emergent Effects and Engineered Devices* har en budget på 5,159 miljoner dollar för 2013 och 6,5 miljoner dollar för 2014. Programinnehållet beskriver bl.a. att programmet ska "söka förstå och utnyttja fysiska fenomen för utveckling av mer effektiva och kraftfulla anordningar. Detta omfattar utveckling av apparater och strukturer för att möjliggöra fotoniska apparater vid multipla våglängder, konstruera palladium mikrostrukturer med stor deuteriumladdning för att studera absorptionstermodynamik och effekter, samt möjliggöra realtidsdetektering så väl som analys av signaler och molekyler och ursprung av emergent uppträdande i korrelerande elektronanordningar".

2.3.2 FoU inom företag

Ett exempel på hur FoU finansieras hos tillverkarföretag är Brillouin Energy Corp. De har kapital till ett "andra steg" på 20 MUSD som ett villkorat avtal med Sunrise Securities of New York, NY (www.sunrisecorp.com):²⁴

- I Sunrise:s erbjudande ingår ett köp av 15 % av BEC:s "post-money", villkorat om BEC går fram och slutför lyckosamma tester av sin reaktor NHB™ vid SRI
- Sunrise erbjuder även villkorat en preliminär överenskommelse om förvärvning av åtminstone en "strandad tillgång" av en konventionell eldad småskaligt kraftverk (5-10 MW) med existerande konventionell kraftvärmeutrustning, och ersätta gamla pannan med Brillouin:s heta reaktor NHB™, tillsammans med förnyelse av ett elkontrakt eller ångvärmekontrakt med en industri eller ett kraftbolag

²³ http://iccf18.research.missouri.edu/files/day2/SKINR_Overview.pdf

²⁴ <http://www.slideshare.net/ssusereef70/brillouin-bus-sum4512>

- Nyckelexperter anslutna till Sunrise, inklusive tidigare Director of the California Public Utilities Commission (CPUC):s oberoende kraftdivision, har redan erbjudit möjliga kandidater för uppköp som är tillgängliga till en försumbar kostnad och som redan har elkontrakt
- Vid lyckosam testning av NHB™ vid SRI, kommer Sunrises erbjudande på 20 MUSD att finansiera en fullständig kommersiell lansering av denna affärsmodell med "merchant power supplyretrofit"

2.4 Pågående forskning inom LENR området

Idag finns över 1000 vetenskapligt granskade artiklar om LENR, ibland anges storleksordningen till 1700 artiklar. Många av dessa kan läsas på hemsidan <http://lenr-canr.org>. De flesta behandlar palladium och deuterium i elektrolytisk miljö, då det var den reaktionen som 1989 beskrevs av Fleischmann och Pons. Tyngdpunkten av de discipliner forskarna inom området tillhör, är elektrokemi, fasta tillståndets fysik, nanoteknik, analytisk kemi och kvantelektrodynamik.

LENR hittas inte i de situationer som kärnfysiker normalt arbetar med. Alltså företrädesvis kärnprocesser där neutroner rör sig ganska snabbt (2000-3000 m/s). Med uteslutningsmetoden kan man tro att LENR är en komplex fysikalisk process (kanske ingår där svag växelverkan)²⁵ och inte en normal kärnfysikalisk stark växelverkanprocess såsom fission och fusion. Det sker transmutationer av väte till helium och även av tyngre ämnen i vissa LENR-experiment. Hur detta i detalj förlöper är svårt att säga då processen i vissa fall inträffar i kristallint material i skalan 2 till 10 nanometer, eventuellt större, med pulser av rätt frekvens eller i "dusty plasmas" eller ädelgasplasmor.

Många konkurrerande förklaringar finns. En validerad teoretisk förklaring tar antagligen många år att finna. Processen att först hitta fenomen, vilka inte kan förklaras teoretiskt förrän senare, är den gängse vägen för transformativ kunskap. Dock hindrar inte brist på teoribildning kring LENR att tekniken marknadsintroduceras. För att bli marknadsgodkänd behövs

²⁵Ett exempel på en sådan komplex växelverkan beskrivs i j. Swain, A. Widom, Y.N. Srivastava, Electrostrong Nuclear Disintegration in Condensed Matter, <http://arXiv:1306.5165v1> [nucl-th] 19 June2013

säkerhetscertifikat från en godkännandeorganisation, t.ex. Underwriters Laboratories, UL. Leonardo Corporation fick ett sådant säkerhetscertifikat för den industriella versionen av E-Cat på 1 MW av SGS.²⁶

2.4.1 Trovärdighet hos praktiska försök

Men med trial-and-error-metoden har forskare kommit långt. På Internet finns recept med material och processförklaring för hur LENR-experiment kan utföras.²⁷ Ett exempel är Pirelli-experimentet i elektrokemisk miljö, som har genomförts av lärare och studenter vid Leopoldo Pirelli industrihögskola i Rom och som finns beskrivet på nätet.²⁸ I ett av försöken i reaktorn Athanor uppnåddes överskottsenergi på 400 %.

Svårare är det att i egen regi utföra experiment med den torra gasversionen med nickel och väte. För detta krävs kunskaper bl.a. om geometriska förhållanden av nickelbehållare, kornstorlek på pulvret samt amplitud och frekvens på elektrisk puls för att starta processen. Dessutom krävs kunskaper om att kontrollera processen så att den inte slutar i en explosion (vilket hänt ett otal gånger). Därför bör djupare kunskaper införskaffas om hur denna kommersiella nickel-väte-process fungerar. Av de nedan beskrivna valideringarna av kommersiella processer, är så vitt känt endast två utförda av forskare som inte finansierats av de bolag vars apparater validerats. Det handlar om utrustningar från Defkalion och Leonardo Corporation. Valideringen av Defkalions Hyperion-reaktor utfördes dock av en industriforskare med det kommersiella bolagets personal närvarande.

MIT har haft öppna kurser om LENR-tekniken i januari 2012 och 2013.²⁹ På kursen 2012 demonstrerades LENR-utrustning från Jet Energy, vilken enligt uppgift fungerade i ett halvår.³⁰ På konferensen ICCF-18 vid Missouri University sändes en test från Milano 23 juli 2013 där Defkalion visade upp funktionen av sin

²⁶SGS Italia S.p.A., Voluntary Certificate of Compliance with Safety Requirements of Directive 2006/42/EC (Annex SGS I)

²⁷T.ex. på <http://22passi.blogspot.se/2012/04/lathanor-delliis-pirelli-di-roma-1.html>

²⁸ Se bildserie på http://roma.repubblica.it/cronaca/2012/04/19/foto/il_reattore_costruito_dagli_studenti-33583028/1/

²⁹ <http://student.mit.edu/searchiap/iap-BD6D0CF8E170B284E0400312852F4A61.html>, 2013-08-19

³⁰ <http://cdn.coldfusionnow.org/wp-content/uploads/2012/12/HagelsteinPdemonstra.pdf>, 2013-08-19

Hyperionreaktor publikt.³¹ Detta ska ses som att ett kommersiellt bolag visar sin produkt under utveckling. Det finns ett testprotokoll från den publika demonstrationen.³²

Ett allmänt accepterande av LENR-teknikvalideringar kommer först när LENR-apparater har testats på från tillverkare oberoende plats och av oberoende forskare. Dessutom krävs antagligen en öppenhet om alla ingående material och parametrar för att kunna tolka apparaternas uppträdande. Trovärdighet i breda lager kommer först ifall andra LENR-tillverkare gör demonstrationer av sina utrustningar. Hittills har ingen fullständig oberoende demonstration av alla parametrar i en LENR-reaktor genomförts. Forskare från Bologna och Uppsala Universitet hade endast möjlighet att studera energiutbytet från Leonardo Corporations Hot-Cat-reaktor i december 2012 respektive mars 2013, se resultat under avsnitt "*Validerade nickel-väte LENR-anläggningar*".

2.5 EU-forskning

ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development) har i olika EU-sammanhang framfört behov om att satsa EU-forskningsmedel på LENR. Exempel på detta är ett förslag på materialforskning för LENR inom EU³³ och mötet arrangerad genom Amalia Sartori, ordf. för utskottet ITRE vid Europaparlamentet och ENEA-kommissionären Giovanni Lelli 3 juni 2013.³⁴ Vård för mötet var medlemmen vid ITRE-kommittén Edit Herczog.

På mötet presenterades samarbetet i LENR-forskning mellan ENEA i Italien, Stanford Research International och Energetics LLC i USA sedan 2004. The Naval Research Laboratory, NRL, I USA anslöt till samarbetet 2008 och sedan 2010 är även the University of Missouri involverad i forskningssamarbetet. Vid

³¹ Se sändningen på <http://new.livestream.com/triwu2/Defkalion-US>

³² Hyperion devise Functional & Performance Test Plans & Test Results, test code: 3.2.30, http://iccf18.research.missouri.edu/files/day2/Protocol_and_test_results.pdf 2013-08-19

³³ Johan Veiga Benesch (Ed), *Forward Looking Workshop on Materials for Emerging Energy Technologies*, EUR 25350 EN, European Union 2012

³⁴ Se ENEA:s hemsida <http://www.enea.it/it/Ufficio-Bruxelles/news/new-advancements-on-the-fleischmann-pons-effect-paving-the-way-for-a-potential-new-clean-renewable-energy-source>, där deltagarnas presentationer finns.

mötet gjordes även en genomgång av palladium-deuterium-forskare om LENR:s reproducerbarhet och verkliga effekt. Deltagarna var från USA elektrokemisten Michael McKubre (Stanford Research International, SRI), Robert Duncan (Vice Chancellor for Research, University of Missouri) och Graham Hubler (Director of the Sidney Kimmel Institute for Nuclear, University of Missouri), från Italien deltog Vittorio Violante (LENR Research Coordinator, ENEA och professor vid Universitàdegli Studi di Roma Tor Vergata, Rom) samt från tyskland deltog Konrad Czerski (professor vid Uniwersytet Szczeciński, Poland och Technische Universität Berlin).

2.6 Kommersialiseringsläget

Ett antal företag planerar att kommersialisera produkter som de uppger baseras på LENR-tekniken. Deras produkter kommer antagligen att lanseras på energimarknaden innan en teoretisk allmänt accepterad förklaring finns. Marknadsintroduktion är beroende av många faktorer, bl.a. funktionaliteten och teknikmognad, säkerhet, patenträttigheter, ekonomi, miljöfördelar samt acceptans hos politiker och allmänhet.

Leonardo Corporation har tre typer av apparater: E-Cat, Hot-Cat (högtemperatur-E-Cat) och en apparat som kontrolleras med gas. Hot-Cat-apparaten är designad för elgenerering i kombination med ångturbin. De har lanserat den industriella 1 MW-anläggningen för värmeproduktion kallad E-Cat, vilken enligt uppgift från företaget, kan levereras fyra månader efter beställning. Företaget uppges, till sin amerikanska delägare, ha levererat tre anläggningar, en E-Cat för värme, en E-Cat med gasstyrning samt en Hot-Cat för elproduktion. Dessa tre anläggningar har den amerikanska delägaren enligt uppgift från företaget vidarelevererat till kund, oklart till vilka.

Defkalion Green Technologies har två huvudspår i lanseringen av sin teknik: apparater för energiomvandling respektive licensiering av sin teknik till tillverkare av konsumentprodukter vars produkter behöver energi för sin funktion. De hävdar att de har licensierat sin teknik till ungefär 20 företag för drift av produkter av olika slag. Två av dessa företag har presenterats såsom en av Europas största biltillverkare och ett av världens största mobiltelefonföretag. Hyperion planeras bli färdig för marknadsintroduktion under

2014 i effektområdet 10 kW till 1 MW+ med ett COP (Coefficient of Performance), dvs. energiutbyte, på 6 – 18.

Vid den publika demonstrationen under ICCF-18 från Milano den 22 juli 2013 var teknikupställningen och instrumenteringen under full kontroll av Defkalion. På grund av problem med att avgasa reaktorn, som uppgavs vara känslig för små mängder av andra gaser än väte, gav den endast ett COP på 2. Man hade då inte tagit hänsyn till entalpiinnehållet i ångbildningsvärmerna, vilket hade givit ett avsevärt högre COP.

Brillouin Corporations apparat benämns BEC Brillouin Boiler™. De har fått 20 MUSD i venture kapital från Sunrise Securities Corporation i New York City för att utrusta ett kolkraftverk med en LENR-driven ångpanna i storleken 5-10 MW.³⁵ I uppgörelsen ingår nyckelexpertis som står i kontakt med Sunrise, där tidigare direktören för den oberoende kraftdivisionen på the California Public Utilities Commission, CPUC, redan har erbjudit möjliga förvärvskandidater, tillgängliga för minimala kostnader, med befintliga elkontrakt. När Brillouin har en utvecklad reaktor för industriellt bruk är inte känt.

BlackLight Powers teknik är en våt elektrolytisk cell, där väte ur förångat vatten används som energikälla. Deras teknik sägs kunna generera elektricitet direkt utan mellanliggande värmegenerering. BlackLight Power har dessutom en torr process, vilken är anpassad för värmeproduktion och ångdriven elproduktion. Även här är planerna okända för marknads lansering.

Jet Energys apparat NANOR™ med konstruktören Mitchell R. Swartz är än så länge i demonstrationsfasen.

LENUCO, vars apparat idag genererar 100-300 W, planeras i kommersiell skala på 3 kW till 30 kW under 2013/14. Ägaren George H. Miley har det första amerikanska LENR-patentet, som utfärdades 24 juli 2012: US 8 227 020.

³⁵ Se sid. 14 i presentationen <http://www.slideshare.net/ssusereef70/brillouin-ppt-technical32712>

NicHEnergy, ett FoU-företag startad av Francesco Piantelli, har en utrustning vilken idag genererar 10 – 100 W. Metalenergy är systerföretaget som planerar att kommersialisera tekniken.

2.7 Applikationer av intresse

Skulle LENR-tekniken visa sig fungera och vara repeterbar, kontrollerbar och skalbar finns en mängd applikationsområden där den skulle kunna tillämpas. Eftersom vi idag inte kan säga något om kostnaderna för de kommersiella anläggningar som kan bli aktuella (i stor skala) måste vi göra en grov hypotetisk ansats. När det gäller investeringskostnaderna kan vi anta att tillverkarna tillämpar marknadspriser för sina utrustningar, men så att de blir mycket konkurrenskraftiga till etablerade energikällor. Själva materialet till reaktorerna samt väte och nickel har dock låga kostnader. Driftkostnader uppgår, om vi utgår från nickel-väte reaktioner, till kostnaden för nickelpulver och väte/deuterium påfyllnad. De olika konstruktionerna som figurerar har dock sannolikt olika sätt att hantera bränslepåfyllnad m.m. Ursprungsladdningen kommer sannolikt också att kunna påverkas i olika applikationer. Ett stationärt kraftverk kan få större volym, och längre driftcykel. Ett fordon kanske mindre.

3 Validerade energianläggningar

Då många experiment genomförts under lång tid, men först på senare tid börjat klassas som LENR, har vi valt att beskriva validering av några energianläggningar, som kan hänföras till klassen okända fenomen, men med en tänkbar koppling till eventuella kärnprocesser. Vi tar också upp några av de initiala experimenten, som har ren plasmafysikalisk bakgrund och de som hänförs till senare experiment, vilka kollektivt går under benämningen LENR-teknik.

3.1 Validerade plasmamaskiner

En av de maskiner som finns dokumenterad och delvis officiellt validerad är Joseph Papps "Noble Gas Engine". Papp, som under 70- och 80-talet arbetade med bröderna Robert och Tom Rohner. "The Rohner Group" har fortsatt arbeta med Papps maskin och några videofilmer finns att tillgå.³⁶

I den vetenskapliga valideringen, som bl.a. genomfördes av Richard Feymann, vid CalTech, så arbetade Papp med Jimmy Sabori, samt bröderna Tom och Robert Rohner. Valideringen blev omdiskuterad då maskinen exploderade. Maskinutvecklingen fortsatte efter Papps död 1989 med olika mekaniska varianter på Papps originalmaskin. Det är oklart om dessa validerats. John Rohner fick patent på en "Plasmic Transition Process Motor" den 18 nov 2009 (US20110113772A1)

Heinz Klostermann kom så småningom in i bilden och tog 2006 dessutom ett eget patent (US7076950B2). Flera olika utvecklingsbolag har varit aktuella, men det är oklart vad som substantiellt har kommit ut. I december 2012 kunde en plasmamaskin, ganska lik Rohners senare modeller ses i ett Tyskt patent. Detta patent (DE102011103832A1), av Jürgen Weber, bygger på en nickelkolv och vätgas. Huruvida denna har byggts eller ej är oklart. Vad som framgår är dock att vätgasen måste värmas till temperaturer mellan 150-500°C.

³⁶ <http://pappengine.com/videos.htm>

3.2 "Validerade" nickel-väte LENR-anläggningar

Vi har i vår genomgången funnit åtta "översikter" av själva LENR-processen som sådan. En av dessa genomfördes av Edmund Storms och publicerades 2010 i Naturwissenschaften.³⁷Förutom dessa processvalideringar finns ett antal valideringar av mer eller mindre utvecklade anläggningar för kommersialisering, vilka är de som presenteras nedan. Validering av energigenerering i nedanstående rapporter gäller förhållandet utgående användbar energi dividerat med tillförd energi som benämns COP (Coefficient Of Performance).

3.2.1 E-Cat Leonardo Corporation

Leonardo Corporation har flera offentliga valideringar för sina LENR-apparater, varav endast en, den sista, är gjord av en oberoende tredje part. De olika apparaterna beskrivs på deras hemsida.³⁸

Den industriella 1 MW E-Caten har en säkerhetscertifiering av SGS Italia S.p.A. Den första valideringen är inte utförd av en oberoende tredje part då den är publicerad av Leonardo Corporation. Rapporten med namn *Report on the internal test performed on the "Hot Cat"* är daterad den 16 juli 2012. Utförare av valideringen var Fabio Penon, M. Eng. inom kärnkraft och produktspecifikationsspecialist, Fulvio Fabiani, M. Eng., samt David Bianchini, M.Sc. i fysik och strålmätningsspecialist. Testet varade i 6,48 timmar och med en medeleffekttäthet mellan 58 och 117 kW/kg samt en energitäthet på mellan 378 till 758 kWh/kg. COP är inte beräknat i rapporten, men i den konstateras att energin som avges inte kan vara från kemiska reaktioner.

Nästa rapport från Leonardo Corporation är daterad 9 oktober 2012 och testet är genomförd av Fabio Penon. Reaktorn studerades i självförsörjande tillstånd under 118 timmar. Effekttätheten kalkylerades till 163,4 MW/kg. Tillförd energi var 278,4 kWh och producerad energi 3 357 kWh, vilket ger ett COP på 11,7. Leonardo Corporations egna Hot Cat-tester har ifrågasatts när det gäller elektrisk mätning av tillförd effekt till

³⁷ Edmund Storms, *Status of cold fusion*, Naturwissenschaften October 2010, Volume 97, Issue 10, pp 861-881

³⁸ Leonardo Corporations produktbeskrivningar på <http://ecat.com/ecat-products/ecat-1-mw> och <http://ecat.com/ecat-products/ecat-ht-hot-cat-prototype>

processen. När processen körs i självförsörjande mod gäller inte detta motargument.

Den med oberoende forskare genomförda valideringen är gjord med avseende på energiutbytet under perioden den 13 – 17 december 2012 av Giuseppe Levi, Bologna University, Evelyn Foschi, Bologna, samt under 18 – 23 mars 2013 av Giuseppe Levi, Bologna University, Evelyn Foschi, Bologna, Torbjörn Hartman, Bo Höistad, Roland Pettersson och Lars Tegnér, Uppsala Universitet, samt Hanno Essén, KTH.³⁹ Resultatet i denna validering var bl.a. högt energiutbyte, hög energitäthet samt ingen detekterad strålning.

Valideringen visade att energi från Hot-Cat inte enbart kan vara av kemisk natur. Det ska påpekas att av kommersiella skäl fick inte forskarna tillgång till alla fakta. Därför har vetenskapssamhället kritik mot hur testen utfördes.

Det första testet:

Utrustningen drevs med en energiförbrukning på 35 kWh och genererade netto 160 kWh. Värmen i form av konvektion och strålning från en Hot Cat beräknades. Som resultat uppnåddes en effekttäthet på 7 kW/kg och energitäthet på 680 kWh/kg, vilket innebär att en Hot-Cat ger mer än konventionella energikällor. I detta test blev $COP = 5,6 \pm 0,8$

Det andra testet:

Utrustningen drevs med 33 kWh och genererade netto 62 kWh. Den beräknade effekttätheten var 530 kW/kg och energitätheten $61 \cdot 10^3$ kWh/kg. I detta test blev $COP = 2,6 \pm 0,5$.

Vid båda testerna stoppades reaktor avsiktligt och inte på grund av bränsleförbrukning. Således ska de beräknade energitätheterna anses som lägre än vad de verkliga värdena är. Den Hot-Cat som forskarna validerade visade sig med konservativa antaganden ha en energitäthet på cirka 100 000

³⁹ Giuseppe Levi, Bologna University, Evelyn Foschi, Bologna, Torbjörn Hartman, Bo Höistad, Roland Pettersson och Lars Tegnér, Uppsala Universitet, samt Hanno Essén, KTH, *Indication of anomalous heat energyproduction in a reactordevice*, arxiv.org/abs/1305.3913v3

gångar bensin och en effekttäthet på cirka 1000 gånger den för bensin.

Forbes har publicerat ett Ragonediagram där Bolognairesultatet är inritat, se:

<http://www.forbes.com/sites/markgibbs/2013/05/20/finally-independent-testing-of-rossis-e-cat-cold-fusion-device-maybe-the-world-will-change-after-all/>

3.2.2 Hyperion Defkalion Green Technologies

Defkalion Green Technologies reaktor Hyperion testades av Michael A Nelson, som är en oberoende energikonsult, med ett förflutet som NASA-anställd under 30 år. Han genomförde testet inte som NASA-anställd, utan som representant för New Energy Foundation (en organisation utan ekonomisk vinning och som bildades 2002 samt baserad i staten New Hampshire) och som betalade testet. Hyperion har även demonstrerats för den grekiska regeringen.

I Michael A. Nelsons testsammanfattning, vilken publicerades den 18 okt 2012 slås följande fast:

1. Apparaten genererade överskottsenergi.
2. Demonstration av att Defkalion kunde ha full kontroll över reaktionen med att starta den, stoppa den, öka samt minska den.
3. Reaktionen är beroende av vätgas.
4. Reaktorns innehåll avlägsnades och vägdes till 59 gram, av vilket det mesta var keramisk behållare. Reaktionen visade sig avge mer energi än från en kemisk reaktion från känd mängd med motsvarande massa, vilket tyder på att en kärnreaktion är inblandad.
5. Det fanns felområden associerade med alla data som inte ännu är helt säkerställda.
6. Defkalion är uppriktiga i sina försök med noggranna mätningar och i att demonstrera sin tekniks prestanda med sin tillit att de kan uppnå ett COP >1 under en tillräckligt lång tid för att utesluta möjligheten till en kemisk reaktion. Vid en preliminär blick på faktaunderlag har reaktorn haft en god drift på COP >3.

Enligt försäljningsargumenten på produktblad från Defkalion framhålls:⁴⁰ "Nickel and hydrogen, electric power heating, chemical assisting preheating media not to be disclosed, max pressure 150 bar, continuous use temperature max 1100° C, COP better than 1:25 for 5-11 kW series A and C, better than 1:35 for 10-45 kW series B and D."

Dessa höga tal på energiutbyte har inte verifieras offentligt ännu. Obekräftade uppgifter nämner att tidigare tester visat ett COP > 20.

3.2.3 BEC Brillouin Boiler™ Brillouin Corp.

Flera forskare har menat att deuteriumfusion kan ha uppträtt i vissa metallhydrider. BEC menar att det kan finnas andra mekanismer som frigör bindingsenergin i t.ex. helium.

En hel del experimentella resultat påminner om de som kan kopplas ihop med deuteriumfusion, exempelvis mängden helium som bildas, värmeproduktionen m.m. Dessutom produktionen av tritium.

Deuteriumfusionen ligger ganska nära som hypotes. Ingen gammastrålning bildas. Inga snabba neutroner kan observeras. Likaså behövs inga energinivåer för att bryta ned Coulombbarriären. Brillouins hypotes går bl.a. ut på att det skulle vara möjligt att:

- Driva reaktionen på betydligt färre protoner i metallmatrisen än de 85 %+ som andra grupper behöver
- Starta reaktionsprocessen på millisekunder, snarare än att vänta på okända faktorer som kosmisk strålning
- Frigöra överskottsvärme och producera helium genom att använda protoner istället för deutroner
- Driva reaktionen i vanligt palladium, nickel eller wolfram
- Öka effektuttaget i högtrycks/högtemperaturkonstruktioner

⁴⁰Defkalion Green Technologies produktblad kring Hyperion Series A, B, C och D tillgänglig på http://aromapress.com/~defkalio/wp-content/uploads/2013/01/2011-11-30_Hyperion-Spec-Sheet.pdf

Brillouin Energy Corporations apparat, BEC Brillouin Boiler™, har två valideringar av oberoende testutförare.⁴¹ De är dock antagligen betalda av Brillouin Energy Corp. och rankas därför inte som "tredje partsvalideringar".

En av dem är genomförd av Los Alamos National Laboratories. Den andra av Dr. Michael McKubre från Stanford Research International (SRI), vilken även anslöt sig därefter till deras rådgivande styrelse.⁴²

3.2.4 CIHT-cellen – BlackLight Power

BlackLight Powers kontinuerliga process för kraftproduktion konverterar vanlig vattenånga (H₂O) till elektricitet, syre och en ny, mer stabil form av väte som av företaget kallas hydrino. Denna frigör mer än 200 gånger mer energi än vad rent väte ger vid förbränning, enligt Dr. Randell Mills, Chairman, CEO och President of BlackLight Power, Inc., samt uppfinnaren av BlackLight Powers process.

Dr Mills säger att BlackLight Power har nått en viktig milstolpe i uppskalningen av processen, som typiskt ger en förstärkning (COP) på mer än 10 ggr över lång tid och i skalan 10 W.

Nu planerar företaget enligt uppgift en 100 W anläggning samt tror att en 1,5 kW apparat för hushållsanvändning kommer att vara i drift redan under 2013.⁴³

BlackLight Powers cell har validerats under 30 till 70 dagars kontinuerlig drift av sex olika konstellationer av enskilda och grupper av forskare, som de anser vara oberoende. De har sina doktorsexamina från universitet såsom MIT och Caltech.

Varifrån dessa forskare har fått betalt för sina valideringar är inte känt. Därför kan följande uppgifter från sex valideringsprotokoll inte anses vara tredjepartsvalideringar.

⁴¹ Se <http://nextbigfuture.com/2012/04/brillouin-had-los-alamos-and-sri.html> 2013-08-19, bild 13 i presentationen:<http://www.slideshare.net/ssusereef70/brillouin-ppt-technical32712> samt <http://episin.blogspot.se/2011/07/brillouin-energy-reactor-being-tested.html>, 2013-08-19

⁴² Styrelsen för Brillouin Energy presenteras på <http://brillouinenergy.com>

⁴³ Se BlackLight Powers hemsida <http://www.blacklightpower.com>

K.V. Ramanajachary var professor i kemi och biokemi på Rowan University. Hans expertområden är metallers oxidationskemi, elektriska och magnetiska egenskaper hos material samt jonledande polymerer och oxider. Professor Ramanajachary fann att CIHT-celler hade ett COP mellan 1,6 och 7,35.

Terry Copeland, en kemiingenjör från MIT, som har arbetat på Duracell och andra batteritillverkare samt på Altair Nanotechnologies Inc., utvärderade CIHT-celler under två tillfällen i november och december 2011. Dr Copeland fann att COP var mellan 2 och 5,5.

Henry Weinberg var vid valideringstillfället professor i kemiteknik och kemisk fysik samt professor i materialteknik vid California Institute of Technology, och har en långt CV inom akademi med olika professurer vid olika universitet. Professor Weinberg fann att CIHT-cellen hade ett COP = 10.

Ett team från Fortunes 500-företagslista med US DOD-rådgivare, som bestod av en FoU programdirektör som arbetat för NASA, en Ph.D. i fysik och en Ph.D. i kemi med bränslecellsexpertis. Dessa forskare fann att CIHT-celler med nickel hade under 5 – 27 dagar COP > 2 efter stabilisering, men några även över 300. Cellerna med molybden i stället för nickel hade ett COP upp till 2420.

Nick Glumac var professor vid University of Illinois i maskinteknik sedan augusti 2007. Han genomförde valideringen i egenskap av teknikkonsult hos Mahomet. Professor Glumac fann energiutbyten från 10 och uppåt. Cellerna med molybden gav ett COP ~ 2000, medan nickelcellerna hade efter 17 dagar COP mellan 9,1 och 14,4.

Två Ph.D. från the ENSER Corp. har gjort en utvärdering. ENSER är ett företag som arbetar åt den amerikanska militären med missilbatterier. De har 25 forskare inom elektrokemi. James K. Pugh är ENSERs tekniske direktör. Han är expert inom fysikalisk organisk kemi och elektrokemi. Ethirajulu Dayalan är en forskarkollega inom elektrokemi som arbetat åt bl.a. NASA och US Army. Dessa båda forskare fann att CIHT-celler hade ett COP ~ 100.

3.2.5 NANORTM Jet Energy

Jet Energys apparat NANOR™ i mW-området testades vid MIT under januari – juni 2012 och visades upp publikt. Utrustningen uppgavs ha ett COP på 12-14 under testperioden.⁴⁴.

Deras LENR-reaktor visar på liknande energi- och effekttätheter som Leonardo Corporations hot-cat, vilket framgår av Ragonediagrammet på deras hemsida: <http://world.std.com/~mica/cft.html>, under rubriken "Why is cold fusion so important?" Grafen presenterades den 23 juli 2013 vid konferensen ICCF18.

⁴⁴ <http://nextbigfuture.com/2012/06/mit-lenr-device-publicly-running-for-6.html>
2013-08-19

4 Tänkbara tillämpningar av LENR-tekniken

4.1 El- och värmeproduktion

Om LENR tekniken fungerar som den uppges idag är högst tänkbara applikationer fjärrvärmeproduktion samt värme- och ånggenerering till industriella processer. Orsaken till att utrustning troligen skulle komma först till ingenjörstata kunder är säkerhetsaspekter. Leonardo Corporation har endast säkerhetscertifikat till 1 MW-anläggningar samt har fortfarande en process på gång för säkerhetscertifikat för mindre anläggningar till villakunder. Förtaget förväntas sig att privatkundmarknaden tar fart om erfarenheterna från industri-kundernas anläggningar blir goda. LENR-utrustning, om den fungerar, skulle i framtiden kunna konkurrera mot såväl fjärrvärmesidan som slutkundssidan, t.ex. vara ett alternativ till värmepumpar och bioenergi.

Även anläggningar för elgenerering är tänkbara. Ett exempel är Hot Cat för elgenerering som testades i Bologna. Även här kan man förvänta att industrikundernas erfarenheter förväntas ligga till grund för säkerhetscertifiering för privatkundmarknaden. Från USA förekommer uppgifter om planer att reinvestera i gamla kolkraftverk genom att byta ut kolpannor mot LENR-reaktorer. LENR-utrustning kan i framtiden tänkas konkurrera med såväl fossil- och kärnkraftgenerering som elförsäljning till privat- och industrikunder. Företaget Kresenn uppges ha utveckling på gång för LENR-drift av datacentraler.⁴⁵

4.2 Fordonstillämpningar

Om LENR tekniken fungerar kan en viktig tillämpning bli fordonsdrift. Papps ursprungsmaskin utgick från en vanlig förbränningsmotor. Rohners, Klostermann och Webers konstruktioner är alla motortillämpningar med kolvar och svänghjul. Explosionskammaren är dock utbytt mot plasmautrymmet.

⁴⁵ Se <http://www.kresenn.com/> 2013-08-19

LENR-reaktor för bildrift studeras också av LENR Cars Sàrl i Lausanne.⁴⁶ Konstruktionen som visas på hemsidan påminner om övriga LENR-apparater med skillnaden att den ska ge elektricitet. Möjligen görs detta via termoelektrisk omvandling. Alternativ som värmekälla i Stirlingmotorer omnämns också när det gäller fordonsdrifter. LENR Cars Sàrl har en patentansökan vid namn Low Energy Nuclear Thermoelectric System, US 2013/0263597 A1, med publikationsdatum 10 oktober 2013.

Det finns uppgifter om att Toyota och Honda har investeringar i LENR-forskning för att producera LENR-drivna bilar.⁴⁷ Toyota har även samarbete med forskare vid universiteten i Osaka och Kobe.⁴⁸ Om och i så fall när tillämpning i fordon blir aktuellt, blir det i konkurrens med el-, biogas- och hybridfordon.

För bl.a. militära transporter har SPAWAR, NRL, DARPA, DTRA och DIA bedrivit forskning kring LENR.⁴⁹ DIA publicerade den 13 november 2009 rapporten *Technology Forecast: Worldwide Research on Low-Energy Nuclear reactions Increasing and Gaining Acceptance*, där de konstaterar: "... the military potential of such high-energy-density power sources is enormous. And since the U.S. military is the largest user of liquid fuel for transportation, LENR power sources could produce the greatest transformation of the battlefield for U.S. forces since the transition from horsepower to gasoline power."⁵⁰

4.3 Flyg och rymdtillämpningar

NASA och Boeing undersöker möjligheter med framtida LENR-drift för ekologisk drift av flyg, som beskrivs i NASA-rapporten: NASA/CR-2012-217556 Subsonic Ultra Green Aircraft Research Phase II: N+4 Advanced Concept Development.⁵¹ En viktig

⁴⁶ Nicolas Chauvin, *LENR Powered Electric Vehicles*, Proceedings ILENRS -12, Williamsburg, USA, July 1-3, 2012

⁴⁷ <http://coldfusiondevices.com/cold-fusion/cold-fusion-devices-to-power-cars-in-the-future>

⁴⁸ <http://energycatalyzer3.com/news/toyota-is-active-in-cold-fusion-research-again,2012-10-01>

⁴⁹ Dessa organisationer är Space and Naval Warfare Systems Command, U.S. Naval Research Laboratory, Defense Advanced Research Projects Agency, Defense Threat Reduction Agency samt Defense Intelligence Agency vars publikationer kan hämtas från www.lenr-canr.org

⁵⁰ DIA-080911003, sid. 6

⁵¹ Rapporten finns på

http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120009038_2012008934.pdf

aspekt är hur flyget skulle kunna utvecklas om bränslevikten reduceras till nästan noll.

För militära flygtillämpningar ses möjligheten att utveckla överljudsplan som har nästan obegränsad körsträcka. För rymdtillämpningarna ses återanvändbara bärraketer ökad nyttolast (50 % mer) inget underhåll och möjlighet att bygga allt mindre rymdskepp. NASA studerar därför LENR-drift av rymdsonder.⁵²

4.4 Transmutation av radioaktivt avfall

Transmutation av nuklider som finns i använt kärnbränsle till stabila nuklider har utförts vid Mitsubishi Heavy Industries av Yasuhiro Iwamura.⁵³ Dessa experiment har oberoende replikerats av Toyota Central Research and Development Laboratories.⁵⁴ Även Osaka och Iwate Universitetet i Japan har replikerat försöken.⁵⁵ Bland annat har lyckosamma experiment genomförts med transmutation av $^{133}\text{Cs}_{55}$ till $^{141}\text{Pr}_{59}$ och $^{88}\text{Sr}_{38}$ till $^{96}\text{Mo}_{42}$.

Francesco Piantelli har en patentansökan för behandling av radioaktivt avfall, WO/2013/046188 –*A Method and a device for treating radioactive material*, med publiceringsdatum 4 april 2013. SPAWAR har 16 april 2013 erhållit patent US 8 419 919 med rubriken *System and method for generating particles* där "Generated particles may be captured by other nuclei to create new elements, to remediate nuclear waste...". Om denna transmutationsmetod kan utföras i större skala och med rimlig ekonomi, kan det vara en möjlighet att oskadliggöra de nuklider

⁵²Xiaoling Yang and George H. Miley, *A Game-Changing Power Source Based on Low Energy Nuclear Reactions (LENRs)*, presentation at NETS 2012, March 19-23, 2012

⁵³ Y. Iwamura, *Observation of Nuclear Transmutation Reactions induced by D₂ Gas Permeation through Pd Complexes*, in Eleventh International Conference on Condensed Matter Nuclear Science, Marseille, France 2004 samt

<http://indico.cern.ch/getFile.py/access?resId=5&materialId=slides&confId=177379>

⁵⁴ Presentation av Yasuhiro Iwamura vid American Nuclear Society LENR session 2012-11-14 i San Diego, vilken kan ses på videon på <http://www.lenr-coldfusion.com/2012/12/09/yasuhiro-iwamura-ans-presentation-lenr-transmutation/>

samt vetenskaplig publicering: T. Hioki, N. Takahashi, S. Kosaka, T. Nishi, H. Azuma, S. Hibi, Y. Higuchi, A. Murase, T. Motohiro, *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Study on the Increase in the Amount of Pr Atoms for Cs-Ion-Implanted Pd/CaO Multilayer Complex with Deuterium Permeation*, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 107301 (8 pages), DOI: 10.7567/JJAP.52.107301

⁵⁵ <http://www.e-catworld.com/2012/12/report-toyota-replicates-mitsubishi-lenr-transmutation-experiment/> 2012-12-07

från dagens kärnkraftbränsle, som inte kan användas som bränsle i generation IV-reaktorer.

4.5 Konsumentprodukter

Defkalion har uttalat att de licensierar sin teknik till olika tillverkare av konsumentprodukter. Själva kommer de enligt uppgift att kommersialisera sin teknik för fartygsfrakt. Om detta lyckas innebär det en konkurrens med el för laddning av mobiltelefoner och drift av flyttbara konsumentprodukter av olika slag. Alex Xanthoulis, VD för Defkalion, har deklarerat att:⁵⁶

- Samarbete pågår med sex företag för utveckling av speciella applikationer. Många av dessa företag ingår i de främsta 10 företagen i världen inom sitt område. Applikationer som berörs är: obemannade luftfarkoster, datorer, varmvattenberedare, elgenerering, växthus, fartygsdrift, bilar, vattenavsaltning/rening och stora turbiner.
- Licensavtal för tillverkning av konsumentprodukter är signerade med företag i Italien, Frankrike, Grekland (Defkalion 50 %), Kanada och Sydafrika. 1 300 företag i cirka 78 länder är intresserade. Licenspriset har tidigare varit 40,5 MEUR.

⁵⁶ <http://matslew.wordpress.com/2013/07/24/comments-on-defkalion-reactor-demo-in-milan/> 2013-08-15

5 Frågor för elindustrin

LENR-effekter synes kunna påvisas i laboratorieexperiment. Vad som saknas är bevis för att energiomvandlingsprocessen lämpar sig för industriell el- och värmeproduktion.

Erfarenheter från utveckling av andra tekniker visar att praktiska problem kan uppstå på vägen fram till kommersialisering. Därför är osäkerheten stor om och när kommersialisering kommer att ske.

Valideringen av Leonardo Corporations Hot Cat utfördes av flera universitetsforskare på egen hand. Även om akademisk kritik har riktats mot universitetsforskarnas validering, förefaller den mycket trovärdig.⁵⁷ En Hot-Cat arbetar vid hög temperatur, varvid mycket av energin avges som strålning.

Tidigare LENR-uppställningar har mätts med kalorimetri, där flödeskalorimetri har visat sig ge de noggrannaste resultaten. Kalorimetri passar bra för lägre temperaturer som avger energi i form av konvektion. Antagligen har därför den krångligare mätmetoden med strålningsmätning valts för validering av hot-cat. Forskarna har i artikeln framfört att de har gjort konservativa beräkningar, varvid ingen tvekan finns om att ett stort energiutbyte var resultatet från den Hot-Cat de mätte. Många frågor återstår kring LENR-utvecklingen. Om utvecklingen är framgångsrik är några av dessa frågor:

- Vilka prestandavariationer kan förväntas mellan massproducerade enheter?
- Vilka prestandavärden kan garanteras förutom ett positivt energiutbyte?
- Hur går processen till?

⁵⁷ Göran Ericsson, Stephan Pomp, *Comments on the report "Indications of anomalous heat energy production in a reactor device containing hydrogen loaded nickel powder" [arXiv:1305.3913] by G. Levi, E. Foschi, T. Hartman, B. Höistad, R..Petterson, L. Tegnér, H. Essén, arXiv:1306.6364v1 [physics.gen-ph]*

- Hur säker är utrustningen?
- Kan man lita på en tillgänglighet?
- Är utrustningen reglerbar?
- Vilken kompetens behöver de som driver och underhåller en LENR-anläggning?
- Kommer LENR att främst användas för el- och värmeproduktion för försäljning eller i utrustning som kräver energi?
- Vilken produktionskostnad för el och värme kan förväntas?
- Hur snabbt kan LENR-tekniken introduceras på energimarknaden?
- Vilka möjligheter och hot utgör den för olika aktörer på marknaden?

5.1 Marknadsscenarioer

Är det möjligt att spekulera i framtida marknadsscenarioer i detta läge? Möjligen går det, men förutsättningarna är oklara. Existerar LENR i praktiken? Är tekniken robust? Är det så att inga externa neutroner, magnetfält, gammastrålning etc. kommer ut? Kan apparaterna styras utan att löpa amok? Givet att ingenjörerna löser ovanstående problem, kan en grov skiss om en tänkt marknad målas upp. Högst troligt kommer i en första fas värmeproduktionen att bli intressant för industrier, bostadsområden och kanske på sikt för enskilda hushåll. Likaså i tredje värden för t.ex. avsaltning av havsvatten till låga kostnader.

Elproduktion, antingen direkt eller indirekt kan bli intressant i steg två. Här kan direktomvandling eller omvandling via Stirlingmotorer, alternativt termojoniska omvandlare bli aktuella. Kanske magnetohydrodynamisk (MHD) elomvandling kan bli aktuell? Allt hänger på kostnaden för att skapa höga temperaturer billigt.

Idag pågår en utveckling mot elektrifiering av fordonsflottan. De scenarier som målas upp pekar mot en stor andel batteribilar och laddhybrider år 2030. Möjligheten skulle ett genombrott för LENR kunna förändra denna bild.

5.2 Miljö och säkerhetsfrågor

LENR-teknikens positiva egenskaper (om den fungerar kommersiellt) finns angivna som skäl till att minst ett dussintals företag håller på att utveckla den. Om LENR-tekniken blir framgångsrik, har den möjligtvis följande fördelar:

- Inga koldioxidemissioner
- Inga miljöfarliga kemiska substanser
- Ingen spridning av radioaktivitet
- Ingen joniserande strålning (åtminstone inte utanför apparaterna)
- Så gott som uthållig (extremt lite material behövs, och LENR-apparater drivs med nickel med fördelen att världens nickeltillgångar är rikliga)
- Låg produktionskostnad (insatsvarorna nickel och vatten har låg kostnad)
- Små och kompakta enheter (Lätta att placera på olika platser)
- Modulär teknik och passande för storskalig kraftgenerering (lätt att skala upp och ner)

I matrisen på nästa sida jämförs olika energislag vad gäller graden av koldioxidneutralitet, förnybarhet och uthållighet.

	Koldioxid-neutralitet	Förnybarhet	Uthållighet
Fossila bränslen	Nej	Nej	Nej
Kärnkraft (fission)	Ja	Nej, men mycket uran i oceaner	Nej
Biomassa, trä utan askåterföring	Ja, vid återplantering	Ja, men påverkar mineralinnehållet i mark	Nej/Ja, beror på markförutsättningar och ja vid inga sociala hinder
Biomassa, trä med askåterföring	Ja, vid återplantering	Ja	Ja, vid inga sociala hinder
LENR	Ja	Nej, men inga bränslebegränsningar	Ja, vid inga sociala hinder
Sol och vind	Ja	Ja	Ja, vid inga sociala hinder
Vattenkraft	Ja	Ja	Ja, vid inga sociala hinder

5.2.1 Okända negativa egenskaper

Vilka de negativa egenskaperna är, förblir okända tills industriella användare får tillgång till reaktorer för testning i de applikationer som tekniken är tänkbar för. Laboratorieprov på universitet räcker inte för att hitta teknikens baksida, även om de behövs innan industriell testning. De nackdelar som finns måste undersökas, eftersom kunskap om dessa än så länge inte är offentligt undersökta. Det finns knapp information om processdetaljer (p.g.a. patentansökningar och immateriella rättigheter).

LENR-processen tycks kräva precisa förhållanden för att fungera, vilket gör att säkerhetsfrågor måste klargöras. Uppgifter finns om att höga elektriska och magnetiska fält genereras, vilket kan innebära behov av skärmning.⁵⁸ Vilken teknikstatus olika

⁵⁸ Se bild 5 av Y. Kim och J. Hadjichristos på <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/handle/10355/36783> 2013-08-12

konstruktioner av LENR-apparater har, är ett område som kommer att diskuteras inom energikretsar om LENR-företagen lyckas lansera sina produkter.

LENR-teknikens eventuella konkurrenskraft till övriga energikällor beror inte enbart på ekonomiska förutsättningar, utan även de miljömässiga och hur de värderas. Tabellen på föregående sida tar upp jämförelser av olika miljöaspekter. Förutom dessa uppges LENR vara fri från skadliga utsläpp till luft och mark samt ger ingen miljöfarlig aska.

5.2.2 Säkerhetsfrågor

En viktig aspekt runt LENR tekniken är förstås hur säker tekniken är. Vilka effekter kan uppstå? Kan det bildas neutroner och hur mycket gammastrålning kan komma ut? Finns problem med explosioner och hur håller man apparaterna stabila med tillräckliga säkerhetsmarginaler? Alla dessa frågor måste rimligen lösas på ett ingenjörsmässigt acceptabelt sätt innan tekniken kan komma till användning.

6 Slutsatser

Vilka är de slutsatser som kan dras från pågående forskning och utveckling när det gäller fenomen som har beröring med LENR?

6.1 Var står forskningen kring LENR tekniken idag?

Idag handlar LENR tekniken inte längre om på vad man tror eller inte. Det handlar mer om att vara konstruktivt skeptisk och acceptera att vissa LENR-apparater tycks avge mer energi än de rimligen borde med klassiska antaganden om bakomliggande processer. Det kommer säkert att dröja innan alla aspekter kring denna teknikgren har uttömts. Idag pågår en hel del valideringar av LENR-tekniken. Olika apparater finns patenterade. Några har byggts. En hel del har testats i mer eller mindre oberoende försök. Studier pågår inom försvarsindustrierna, rymdindustrin m.fl. Olika företag håller på med tester. Några universitet börjar ge kurser och andra ger sig i kast med olika grundläggande studier som kan ha koppling till LENR. Vilket företag som kommer först med att kommersialisera tekniken återstår dock att se.

6.2 Var finns förklaringen/-arna?

Det är för stunden svårt att bedöma graden av vetenskaplighet bakom de prov, valideringar och resultat som presenteras. Men, kanske är det av underordnad betydelse? "Resultat är resultat" och teorier får komma sen. LENR-tekniken skulle möjligen kunna stå för ett banbrytande paradigmskift inom energisektorn. De satsningar som nu görs borde mana till eftertanke och en försiktig men positiv skepticism. Baserat på material som vi gått igenom i denna studie indikerar att de redovisade LENR-fenomenen kan sammankopplas med:

- Starkt icke-linjära processer
- Förekomst av elektromagnetiska fält
- Stimulering av systemens olika egenresonanser i plasma eller fast tillstånd

- Plasmafenomen i helt eller delvis joniserade gaser samt s.k. dusty-plasmas
- Höga energiutbyten genom olika tänkbara kärnreaktioner, transmutationer etc.

6.3 Var ligger de största utmaningarna?

Om LENR fungerar beroende på kvantfysikaliska processer är det troligtvis någon olinjär effekt som är inblandad. Högst troligt också någon elektrodynamisk effekt med resonanser inblandade. Detta medför att uppskalningseffekter kan vara svåra att kontrollera. Likaså verkar antalet styrparametrar och reglering inte helt lätta att få samstämmiga. Hur sker samverkan mellan termiska och elektriska processer?

E-Cat-reaktorn, som Leonardo Corporation utvecklat, behöver extern värme för sin funktion. Denna externa källa förefaller också vara nödvändig för att kunna styra anläggningen på ett säkert sätt. Andra LENR-apparater bygger på exitering av systemets resonanser. Kunskapen kring hur dessa väljs, styrs och regleras är fortfarande affärshemligheter som inte går att utläsa ur patentskrifter. Sammantaget visar detta att utmaningarna för LENR-tekniken, om den skulle fungera, är en komplex process, men nödvändigtvis inte komplicerad. Ett troligt utvecklingsscenario är att en hel del trial-and-error-försök återstår för att om möjligt behärska en precis reglering och repeterbarhet. Säkerhetsfrågorna måste utredas noga. Speciellt förekomsten av högenergetiska partiklar och strålning, magnetfält m.m.

7 Referenser

7.1 Artiklar, rapporter och protokoll

Johan VeigaBenesch (Ed), *Forward Looking Workshop on Materials for Emerging Energy Technologies*, EUR 25350 EN, European Union 2012

C. Borghi, C. Giori, A.A. Dall'Ollio, *Experimental Evidence of Emission of Neutrons from Cold Hydrogen Plasma?*, American Institute of Physics (Phys. At. Nucl.), vol 56, no 7, 1993.

F. Celanis presentation på CERN Colloquium den 22 mars 2012, <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?resId=3&materialId=slides&confId=177379>, där även övriga presentationer finns på <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=177379>

Nicolas Chauvin, *LENR Powered Electric Vehicles*, Proceedings ILENRS -12, Williamsburg, USA, July 1-3, 2012

Terry Copeland, *Catalyst Hydrino Transition (CIHT) Electrochemical Cell Validation*, November and December 2011

DIA 08-0911003, 2009-11-13, with the title *Technology Forecast: Worldwide Research on Low-Energy Nuclear reactions Increasing and Gaining Acceptance*

DIS Scientific & Technical Memorandum 55/2/00

Clemmow Dougherty, *Electrodynamics of Particles and Plasmas*, John Wiley & Son, 1969

Göran Ericsson, Stephan Pomp, *Comments on the report "Indications of anomalous heat energy production in a reactor device containing hydrogen loaded nickel powder" [arXiv:1305.3913] by G.Levi, E.Foschi, T.Hartman, B.Höistad, R.Pettersson, L.Tegnér, H.Essén, arXiv:1306.6364v1 [physics.gen-ph]*

H. Essén, *Catalyzing Fusion with Relativistic Electrons*, [arXiv:physics/0607138v1](http://arxiv.org/abs/physics/0607138v1) [physics.plasm-ph], July 2006

H. Essén, *Classical diamagnetism, magnetic interaction energies and repulsive forces in magnetized plasmas*, Europhysics Letters (EPL) 94, (2011) pp. 47003-1-5

H. Essén, *The exact Darwin Lagrangian*, Europhysics Letters (EPL) 79, (2007) pp. 60002-1-3

M.W.Evans, H. Eckardt, D.W. Lindstrom, *New ECE equation from the fundamental definition of the tetrad and application to low energy nuclear reaction*, avseddattpublicerasi Journal of Foundations of Physics and Chemistry 2013 2 (1)

Fitzgerald M., *Quarterly Journal of the Meteorological Society, First Quarter 1878*, Publisher The Royal Society, London, 1878, pp 160-161.

Nick Glumac, *Final Consultant Report*, January 2012

M. Greenwald, *Density limits in toroidal plasmas*, Plasma Phys. Control Fusion 44 (2002) R27-R80

T. Hioki, N. Takahashi, S. Kosaka, T. Nishi, H. Azuma, S. Hibi, Y. Higuchi, A. Murase, T. Motohiro, *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Study on the Increase in the Amount of Pr Atoms for Cs-Ion-Implanted Pd/CaO Multilayer Complex with Deuterium Permeation*, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 107301 (8 pages), DOI: 10.7567/JJAP.52.107301

Leif Holmlid, *Large ion-cluster H_N^+ of Rydberg Matter: Stacks of planar clusters H_7* , International Journal of Mass Spectrometry, Vol. 300, Issue 1, 30 January 2011, Pages 50–58

Hyperion device Functional & Performance Test Plans & Test Results, test code: 3.2.30, http://iccf18.research.missouri.edu/files/day2/Protocol_and_test_results.pdf

H. Ikegami, T. Watanabe, R. Pettersson och K. Fransson, *Ultradense Nuclear Fusion in Metallic Lithium Liquid*, A report on research performed at the R&D Center, Sakaguchi E.H VOC Co. under the auspices of the Swedish Energy Agency, ER 2006:42

H. Ikegami, *The Nature of the Chemonuclear Transition*, TSL note, Uppsala 2012

Independent Technology Evaluation Study, Phase 1 – Test Plan Development for BlackLight Power CIHT Technology, January 2012

Y. Iwamura, *Observation of Nuclear Transmutation Reactions induced by D2 Gas Permeation through Pd Complexes*, in Eleventh International Conference on Condensed Matter Nuclear Science, Marseille, France 2004

Yeong E. Kim, John Hadjichristos, *Theoretical Analysis and Reaction Mechanisms for Experimental Results of Hydrogen-Nickel Systems*, Purdue Nuclear and Many Body Theory Group (PNMBTG) Preprint-PNMBTG-10-2013 (October 2013) Invited paper presented at ICCF-18, University of Missouri, July 21-27, 2013

Lerner E., *Magnetic self-compression in laboratory plasmas, quasars and radio galaxies; Part I*, Laser and Particle Beams (1986) vol 4, part 2; pp 193-213

Giuseppe Levi, Bologna University, Evelyn Foschi, Bologna, Torbjörn Hartman, Bo Höistad, Roland Pettersson och Lars Tegnér, Uppsala Universitet, samt Hanno Essén, KTH, *Indication of anomalous heat energy production in a reactor device*, 2013-05-16 med senasterevideringen 2013-06-07, <http://arxiv.org/abs/1305.3913v3> [physics.gen-ph]

Lewis E., *Consideration about plasmoid Phenomena and Superconductivity Phenomena*, <http://padrak.com/ine/ELEWIS5.html>

Matsumoto T., *Experiments of One-Point Cold Fusion*, Fusion technology, 24, 332 (Nov 1993)

Michael A. Nelson, John Hadjichristos m.fl., *Test Plans & test Results, Hyperion lab devise Functional & Performance Test Protocol*, September 2012

Friedrich Panethand Kurt Peters, *Über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium*, Naturwissenschaften 14 (43): 956–962.

Fabio Penon, *Report on the internal test performed on the "hot cat"*, 2012-07-16

Fabio Penon, Testprotokoll utgivet av Leonardo Corporation
2012-10-09

James K. Pugh, EthirajuluDayalan, *Evaluation of Electrical Power Generation by BlackLight Power's Catalyst Induced Hydrino Transition (CIHT) Cells*, April 2012

K.V. Ramanujachary, *Validation of Electrical Power Generation by Second-Generation CIHT Technology*, November 2011

SGS Italia S.p.A., Voluntary Certificate of Compliance with Safety Requirements of Directive 2006/42/EC (Annex I)

Sanduloviciu et al., *Non-linear phenomena in plasma as a consequence of self-organization*, Dept. Of Plasma Physics, Al.I.Cuza Univ., 6600 Iasi, Romania

Seward. C et al., *Ball Lightning explained as a stable plasma toroid*, <http://www.electronpowersystems.com/>

P. K. Shukla and B. Eliasson, *Novel attractive force between ions in quantum plasmas*, Phys. Rev. Lett. 108, 165007 (2012); Erratum: PRL 108, 219902(E) (2012); PRL 109, 019901 (E) (2012), DOI: 10.1103/PhysRevLett.108.165007

S. Son, N.J. Fisch, *Pycnonuclear reaction and possible chain reactions in an ultra-dense DT plasma*, Physics Letters A 337 (2005) 397–407

Y. N. Srivastava, A Widom, L Larsen, *A primer for electroweak induced low-energy nuclear reactions*, PRAMANA – journal of physics, vol. 75, No. 4, October 2010, sid. 617-637, DOI: 10.1007/s12043-010-0143-3

Edmund Storms, *Status of cold fusion*, Naturwissenschaften October 2010, Volume 97, Issue 10, pp 861-881

J. Swain, A. Widom, Y. N. Srivastava, *Electrostrong Nuclear Disintegration in Condensed Matter*, [http:// arXiv:1306.5165v1](http://arXiv:1306.5165v1) [nucl-th] 19 June 2013

Henry Weinberg, *CIHT Validation Report*, January 2012

A Widom, L Larsen, *Ultra low momentum neutrons catalyzed nuclear reactions on metallic hydride surfaces*, *European Physical Journal C – Particles and Fields*, vol. 46, No 1, April 2006, 107-112, DOI: 10.1140/epjc/s2006-02479-8

A. Widom, J. Swain, Y.N. Srivastava, *Weak Interaction Neutron Production Rates in Fully Ionized Plasmas*, <http://arXiv:1305.4899v1> [hep-ph] 19 May 2013

X. Yang, G. H. Miley, *A Game-Changing Power Source Based on Low Energy Nuclear Reactions (LENRs)*, presentation at NETS 2012, March 19-23, 2012

M. Zuin et al., *A first principles explanation for the density limit in magnetized plasmas*, arXiv:1001.4480 [physics.plasma-ph] (2010)

7.2 Webbsidor

http://aromapress.com/~defkalio/wp-content/uploads/2013/01/2011-11-30_Hyperion-Spec-Sheet.pdf

<http://www.blacklightpower.com>

<http://brillouinenergy.com/>

<http://cdn.coldfusionnow.org/wp-content/uploads/2012/12/HagelsteinPdemonstra.pdf>

<http://coldfusiondevices.com/cold-fusion/cold-fusion-devices-to-power-cars-in-the-future>

<http://drmyronevans.files.wordpress.com/2013/10/paper230.pdf>

<http://ecat.com/ecat-products/ecat-1-mw>

<http://ecat.com/ecat-products/ecat-ht-hot-cat-prototype>

<http://www.e-catworld.com/2012/12/report-toyota-replicates-mitsubishi-lenr-transmutation-experiment/>, 2012-12-07

<http://www.e-catworld.com/2013/04/celani-warns-of-lenr-explosions-at-low-temperatures/>

<http://www.enea.it/it/Ufficio-Bruxelles/news/new-advancements-on-the-fleischmann-pons-effect-paving-the-way-for-a-potential-new-clean-renewable-energy-source>

<http://energycatalyzer3.com/news/toyota-is-active-in-cold-fusion-research-again>

<http://episin.blogspot.se/2011/07/brillouin-energy-reactor-being-tested.html>

<http://www.forbes.com/sites/markgibbs/2013/05/20/finally-independent-testing-of-rossis-e-cat-cold-fusion-device-maybe-the-world-will-change-after-all/>

<http://indico.cern.ch/getFile.py/access?resId=5&materialId=slides&confId=177379>

http://iccf18.research.missouri.edu/files/day2/SKINR_Overview.pdf

<http://jet.xvm.mit.edu/>

<http://www.kresenn.com/>

<http://lenr-canr.org>

<http://www.lenr-coldfusion.com/2012/12/09/yasuhiro-iwamura-ans-presentation-lenr-transmutation/>

<http://matslew.wordpress.com/2013/07/24/comments-on-defkalion-reactor-demo-in-milan/>

<https://mospace.umsystem.edu/xmlui/handle/10355/36783>

<http://newenergytimes.com/v2/sr/WL/WLTheory.shtml>

<http://new.livestream.com/triwu2/Defkalion-US>

<http://nextbigfuture.com/2012/04/brillouin-had-los-alamos-and-sri.html>

<http://nextbigfuture.com/2012/06/mit-lenr-device-publicly-running-for-6.html>

http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120009038_2012008934.pdf

http://old.enea.it/com/ingl/New_ingl/publications/pdf/Cold_Fusion_Italy.pdf

<http://pappengine.com/videos.htm>

http://peswiki.com/energy/PowerPedia:Joseph_Papp%27s_Noble_Gas_Engine

<http://www.plasma-universe.com>

http://roma.repubblica.it/cronaca/2012/04/19/foto/il_reattore_costruito_dagli_studenti-33583028/1/

<http://www.slideshare.net/ssusereef70/brillouin-bus-sum4512>

<http://www.slideshare.net/ssusereef70/brillouin-ppt-technical32712>

<http://student.mit.edu/searchiap/iap-BD6D0CF8E170B284E0400312852F4A61.html>

<http://world.std.com/~mica/cft.html>

<http://22passi.blogspot.se/2012/04/lathanor-delliis-pirelli-di-roma-1.html>

8 Bilagor

8.1 Patent

Patentering inom LENR-området har pågått under två decennier. Nedanstående är ett urval som har bäring på den process som närmar sig kommersialisering. När fungerande anläggningar finns för offentlig kontroll på marknaden, kan man anta att de patentansökningar som är inlämnade beviljas.

8.1.1 USA

MIT tillkännagav 12 april 1989 sin ansökan om patent baserade på teoretiskt arbete av Peter L. Hagelstein där *Fusion apparatus* WO1990013129 A3 med publiceringsdatum 29 november 1990 ingår. Peter L. Hagelstein har även patentansökt *Methods and apparatus for energy conversion using materials comprising molecular deuterium and molecular hydrogen-deuterium* WO2006128109 A3, publiceringsdatum 11 oktober 2007, WO2006055294 A3, publiceringsdatum 13 december 2007, *Method of and apparatus for thermal energy-to-electrical energy conversion* WO2008017924 A3, 18 december 2008.

University of Utah licensierade 2 december 1993 alla sina LENR-patent till ENECO, ett nytt företag som skapats för att bedriva affärer på LENR-upptäckter, men sade i mars 1998 att det skulle inte längre försvara sina patent.

Leonardo Corporation har en patentansökan i USA, *Method and apparatus for carrying out nickel and hydrogen exothermal reaction*, med publikationsnummer US 2011/0005506 A1 och datum 13 januari 2011.

Francesco Piantellis amerikanska patentansökan har namnet *Thinnano structured layers with high catalytic activity on nickel or nickel alloy surfaces and process for their preparation*, 20120134915 med datum 31 maj 2012.

Brillouin Energy har patentansökningarna: *Drive circuit and method for semiconductor devices* US20070268045 A1, 22 november 2007 samt WO2007137268 A3, 10 april 2008, *Energy*

generation apparatus and method WO2007130156 A1, A2 resp. A3, 6 september 2007, 15 november 2007 resp. 31 januari 2008, EP1971985 A2, 24 september 2008, US20110122984 A1, 26 maj 2011.

BlackLight Powers elektrolytiska process är patentansökt 18 mars 2010, 17 mars 2011 och 30 mars 2012. Deras torra process är patentansökt 28 april 2008, 29 juli 2009, 18 mars 2010, 17 mars 2011 och 30 mars 2012.

Dock har det amerikanska patentverket USPTO avvisat alla patent inom LENR-området. Trots detta har George H. Miley med företaget LENUCO lyckats få ett patent, US 8 227 020 B1 med rubriken *Dislocation site formation techniques* utfärdat 24 juli 2012.

8.1.2 Asien

Det amerikanska företaget Brillouin Energy har patenterat sin LENR-reaktori Kina: Patents Registry, Intellectual Property Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Application No. 09108065.4, Publication No. HK1132580, at http://ipsearch.ipd.gov.hk/patent/ereg/fssr02100.jsp?AH_NO=09108065.

8.1.3 Europa

Francesco Piantelli patentansökte tillsammans med Sergio Focardi och Roberto Habel *Energy generation and generator by means of an harmonic stimulated fusion* med publikationsnummer PCT/IT95/00008 och datum 3 augusti 1995. Nästa patentansökan gällde *Method for producing energy and apparatus therefore*, med publikationsnummer WO2010/058288 och datum 27 maj 2010, vilken beviljades 16 januari 2013 som EP 2 368 252 B1. Den tredje patentansökan av Francesco Piantelli har rubriken *Method and apparatus for generating energy by nuclear reactions of hydrogen adsorbed by orbital capture on a nanocrystalline structure of a metal*, WO/2013/0082/19, 17 januari 2013 med komplettering 7 mars 2013. Patentet *Method for producing energy and apparatus therefore* är det enda för nickel-väte-LENR som gäller inom hela Europa.

Franscesco Celan ihar en europeisk patentansökan på nanostrukturet nickel: *Nanostructured thin layers having high catalytic activity on surfaces of nickel and its alloys and a process for obtaining them* WO2011/016014A2, 7 februari 2012.

Andrea Rossi, Leonardo Corporation, har fått avslag på sin ansökan om europapatent för sin E-Cat, men har en amerikansk patentansökan för den US2011/005506 A1 med publiceringsdatum 13 januari 2011. Han har dock ett italienskt patent, *Processo ed apparecchiatura per ottenere reazioni esotermiche, in particolare da nickel ed idrogeno* MI2008A000629 utfärdat 6 april 2011 med en giltighet till 9 april 2028.

Etiam OY har en patentansökan *Thermal-energyproducing system and method*, WO2013076378 A2, med publiceringsdatum 30 maj 2013.

LENR Cars Sàrl har en patentansökan vid namn *Low Energy Nuclear Thermoelectric System*, US 2013/0263597 A1, med publiceringsdatum 10 oktober 2013.

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FÖRSKNINGS-
OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB