

Status for integrerede lavenergiløsninger til nye bygninger

1.1.1 Energivinduer

Energivinduer omfatter almindelige vinduer og tagvinduer/ovenlys, men ikke glasfacader og –tage, som behandles separat. Døre nævnes ikke specifikt, men mange af de samme forhold, der gør sig gældende for vinduer, gælder også for døre.

I energimæssig henseende skiller energivinduer sig ud fra den resterende isolerede klimaskærm ved at de også bidrager med et varmetilskud til bygninger via solindfald, hvilket har væsentlig betydning for energiforbruget i lavenergibygninger med lille varmetab. Isoleringsevne og solenergitransmittans er afgørende ved boligbyggeri, mens den primære funktion i kontorbyggeri er at tilføre dagslys og skærme for solen.

1.1.1.1 Beskrivelse af delområde

Materialer og delelementer, der indgår i energivinduer, er:

- Ramme/karmkonstruktioner (træ, plast, aluminium, træ/aluminium mv.).
- Glas (klart floatglas, energiglas, solafskærmende glas, hærdet glas, glas med lavt jernindhold osv.)
- Energiruder
- Specielle ruder (aerogel ruder, vakuumruder, ”smarte” ruder)
- Gasfyldninger (atmosfærisk luft, argon, krypton eller xenon)
- Afstandsprofiler (aluminium, stål, rustfrit stål eller plastkomposit)
- Solafskærmningselementer
- Glaslister, tætningslister, fugebånd, diverse hængsler, beslag mv.

Almindelige gammeldags termoruder er ikke nævnt ovenfor, da salget af energiruder i 2006 udgjorde hele 92 % af det samlede salg af ruder. Grundlaget for den store andel af energiruder er en aftale fra 2003 mellem Energistyrelsen og Glasindustrien om udfasning af gamle termoruder, som er et mønstereksempel på en vellykket frivillig aftale (i stedet for lovindgreb) mellem offentlige myndigheder og industrien.

Bygningsdele i form af hele konstruktioner, der indgår i energivinduer, er:

- Hele vinduer
- Ramme/karmkonstruktioner
- Energiruder
- Specialruder
- Tagvinduer og ovenlys
- Solafskærmning

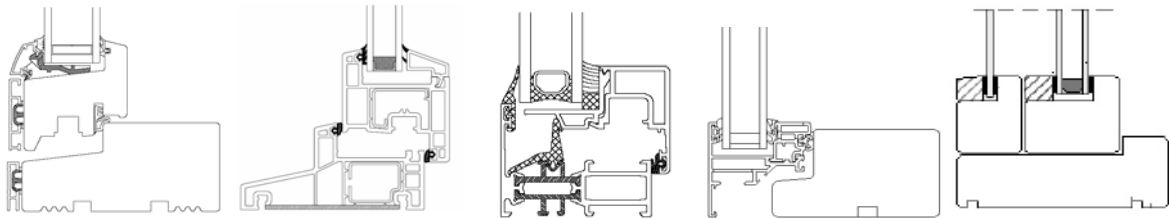
Bygningsdelene beskrives i det følgende:

Hele vinduer

Der findes en stor produktion af vinduer i Danmark i form af ramme/karmkonstruktioner og ruder. Selve produktionen af råglaset mm til fremstilling af ruder foregår primært i udlandet. Vinduer kan enten være faste eller oplukkelige. Der skelnes mellem forskellige vinduestyper

baseret på de primære materialer, der indgår i ramme/karmkonstruktionen, og som typisk er træ, plast, aluminium, træ/aluminium eller kompositmaterialer. Hertil kommer vinduer med koblede eller gående rammer. En særlig vinduestype er ventilationsvinduer, hvor der via ventiler trækkes luft ind hulrummet mellem to adskilte lag glas/ruder. Ventilationsvinduer kan derved sørge for naturlig ventilation med forvarmning og der er mulighed for at indbygge solafskærmning. Ventilationsvinduer omtales ofte som vinduer med multifunktioner, ligesom der tales om glasfacader med multifunktioner. Ventilationsvinduer er kendt og udbredt i Rusland og Finland, men har først for nylig fået opmærksomhed i Danmark. Der er pt. udviklet to typer af danske producenter.

Nedenfor er der vist eksempler på typiske danske vinduer.



Typiske vinduer på det danske marked har en isoleringsevne, der er ca. en faktor 7 til 10 dårligere end den isolerede klimaskærm. Derimod giver vinduer som nævnte i modsætning til ikke-transparente isolerede bygningsdele anledning til et solenergitilskud, der i vinterperioden næsten helt kan udnyttes til rumopvarmning i boliger, mens det i sommerperioden for det meste af tiden er uønsket. I bygninger, der ikke er opvarmningsdominerede (f.eks. kontorbyggeri), er solenergien gennem vinduer ofte uønsket en stor del af året, da de interne varmekilder er tilstrækkelige til at opretholde den ønskede temperatur.

De energimæssige egenskaber for vinduer afhænger både af varmetabet ud gennem vinduet, udtrykt ved U-værdien, og solenergitilskuddet ind gennem vinduet, udtrykt ved g-værdien. Forskellen mellem de to bidrag er energitilskuddet eller energibalancen. I forbindelse med energimærkningsordningen for ruder er der udviklet en formel til beregning af vinduer og ruders energitilskud baseret på energitilskuddet til et referencehus, der svarer til et typisk dansk parcelhus.

Formlen for energitilskuddet er:

$$E_{\text{reference}} = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U \quad (\text{kWh/m}^2 \text{ pr. år})$$

Energитilskud for typiske ét-rammede vinduer på det danske marked ligger på mellem minus 40 og 50 kWh/m² pr. år, altså svarende til et resulterende varmetab. Til sammenligning har en typisk ydervægskonstruktion med en U-værdi på 0,20 W/m²K, svarende til krav til tilbygninger i de nye energibestemmelser, et energitilskud på ca. minus 18 kWh/m²/år (beregnet med samme formel), svarende til et væsentligt mindre resulterende varmetab. Derfor er ydervægge isoleret set en energimæssigt bedre løsning end en ydervægskonstruktion, men fordelene ved vinduer i form af udsyn og dagslys mv. er imidlertid indiskutable. Desuden kræver de nye energibestemmelser at der tages hensyn til dagslysniveauet for alle andre bygninger end boliger i form af en dagslysfaktor på mindst 2 % ved alle arbejdspladser, hvilket stiller krav til glasandel, glastype mm.

Ramme/karmkonstruktion

Rudedelen har tidligere været det energimæssige svage led i vinduet, så der har historisk set været lille fokus på de energimæssige egenskaber af ramme/karmkonstruktioner. Udbredelsen af energiruder har ændret på dette, så ramme/karmkonstruktionen nu er den del af vinduet, hvor varmetabet er størst. For eksempel findes der mange udbredt anvendte ramme/karmkonstruktioner med et varmetab, der er ca. en faktor 2,5 større end varmetabet fra en energirude. Ramme/karmkonstruktionens bidrag til det samlede varmetab er betydeligt, da glasandelen typisk er 60-80 % og ramme/karmandelen derfor 20-40 %.

Energiruder

Almindelige energiruder er defineret som forseglede 2-lags ruder med et energiglas indvendigt med en lavemissionsbelægning samt en "tung" gasfyldning af f.eks. argon, der nedsætter ledning og konvektion. Ruder kan også være udformet som koblede rammer med ét lag energiglas eller en løsning med et lag almindeligt glas eller energiglas plus en energirude (som vist i figuren ovenfor yderst til højre). Energiruder indeholder et afstandsprofil i rudekanten, der holder afstand mellem glassagene og sørger for at ruden kan forsegles. Der benyttes en passende glasafstand, der er optimeret mht. isoleringsevnen. Gasfyldninger i energiruder er typisk ædelgassen argon i form af ca. 90 % argon og 10 % atmosfærisk luft. Typiske varmetekniske data for en 2-lags energirude er en U-værdi på 1,2 og en g-værdi på 0,63. Energiruder fås også med 3-lag glas, hvilket imidlertid forøger rudens vægt med 50 %, og således stiller større krav til ramme/karmkonstruktionens styrke, men den er støjmessigt en bedre løsning end en 2-lags rude. Typiske varmetekniske data for en 3-lags energirude er en U-værdi på 0,7 og en g-værdi på 0,63. U-værdien kan presses ned på 0,5 ved anvendelse af gassen krypton i hulrummene.

Energitilskuddet for en almindelig 2-lags energirude er 15 kWh/m² pr. år (beregnet med formlen ovenfor), mens den er 35 kWh/m² pr. år for en tilsvarende almindelig 3-lags energirude. Energitilskuddet er således 20 kWh/m² pr. år. større for 3 lags ruden. Det positive energitilskud betyder at energiruder tilfører mere energi end den taber og isoleret set sparer de derfor på varmeregningen. Hvis man betragter en situation hvor der ses bort fra solvarmetilskud, f.eks. svarende ca. til en skyggefuld nordvendt placering, kan beregnes et varmetab på henholdsvis 108 og 63 kWh/m² pr. år. for en 2-lags og 3-lags rude. Man sparer altså et varmetab på 45 kWh/m² pr. år. ved at bruge en 3-lags energirude. Dette illustrerer at 3-lags energiruden er bedre end 2-lags ruden ved en skyggefuld placering, hvorfor det energimæssigt er bedst at differentiere på rudevalget i lavenergibygninger og særligt boliger.

Specielle ruder

Aerogelruder er 2-lags forseglede ruder, hvor hulrummet mellem glassene er udfyldt med et højisolerende transparent materiale kaldet silica aerogel og evakueret til et tryk på 10⁻³ atm, hvorved varmeledningsevnen for aerogelen når ned under 0,01 W/mK. Materialet i sig selv bremser for varmetrålingen, hvorved U-værdien er ligefrem proportional med tykkelsen af aerogelen. Desuden har aerogelen en høj solenergitransmittans, hvilket betyder, at der med 20 mm glasafstand kan opnås en center U-værdi på ca. 0,5 W/m²K samtidig med en solenergitransmittans på ca. 0,7, hvilket er alle andre rudeløsninger overlegent. Materialets optiske egenskaber er ikke så gode som almindelig ruder, idet udsynet er let tåget eller sløret.

Vakuumsruder er forseglede ruder med lavemissionsbelægninger, hvor trykket i hulrummet er lavere end 10⁻⁷ atm, hvorved varmeledning og konvektion ophører. Teoretisk set er det muligt at opnå en center U-værdi omkring 0,5 W/m²K ved anvendelse af kun to lag glas, hvorved vægtproblemet med 3-lags energiruder er løst. Varmeovergangen bremses ved anvendelse af

to lavemissionsbelægninger. For at ruden ikke skal klappe sammen, er der anbragt en række jævnt fordelte små afstandsklodser mellem de to glaslag.

Smarte ruder også kaldet Smart Windows, når de er del af en vindueskonstruktion, er ruder med specielle optiske egenskaber, der kan reguleres eller styres efter de aktuelle behov. Derved kan sollys- og solenergitransmittansen nemt varieres uden brug af solafskærmning, hvilket giver muligheder for forbedringer i indeklimaet og lavere energiforbruget til belysning, opvarmning og køling. Et eksempel på smarte ruder, som allerede i dag findes på markedet, er elektrokrome ruder, hvor de optiske egenskaber af en belægning på den ene glas i en tolags rude kan varieres efter behov, når den udsættes for en lille elektrisk spænding. Der findes også andre typer såkaldte kromogene, smarte ruder, der reagerer på lys, gas og temperatur. Et andet eksempel på smarte ruder er flydende krystal ruder (eller på engelsk: Liquid crystal (LC) glazings). Prototyper på anden generations flydende krystal ruder er for nyligt udviklet i et EU-projekt. Der kan skiftes mellem 3 forskellige indstillinger svarende til transparent, reflektiv eller translucet, styret ved hjælp af en elektrisk spænding. Der findes første generations produkter af flydende krystal ruder på markedet i dag, som kan skifte fra translucet til transparent.

Tagvinduer og ovenlys

Ovenlys kan være plane, kuppel- eller pyramideformet, hvælvet eller være udformet som såkaldte rytterlys, og kan være placeret i plane tage eller tage med hældning. Tagvinduer og særligt ovenlys er blevet forbedret betydeligt de senere år, således at alle typer ovenlys på markedet i dag kan fås med U-værdier under $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, som dog kræver at en energirude samt ca. 50 mm indbygget kuldebroisolering i ramme/karmkonstruktionen. Ovenlys konstrueres ofte så transmissionsarealet er betragteligt større end lysmålet (hullet i taget), da inddækningshøjden, dvs. højden over tagdækningen, typisk er 300 mm. Rudedelen i ovenlys er ofte placeret betydeligt forskudt i forhold til isoleringslaget i tagkonstruktionen. Derved er linietabet i samlingen mellem tag og ovenlysvindue relativt stort.

Solafskærmning

Solafskærmning skal naturligvis ses i sammenhæng med vinduer. Solafskærmning er skodder, persiener, rullegardiner mv. med det formål at nedsætte solindfaldet om dagen, særligt i sommerperioden, og om natten at tillade natkøling med udeluft gennem eksempelvis en nedrullet persienne. Om vinteren bør solafskærmning som udgangspunkt være inaktiv, men det afhænger af den interne varmelast og bygningens varmetab. Solafskærmningsløsninger kan om natten hjælpe med til at begrænse varmetabet, da den relativt stillestående luft mellem solafskærmningen og ruden virker som ekstra isolering. Udvendig solafskærmning er klart den mest effektive placering, hvilket gælder både mht. g-værdi og reduktion af U-værdi. Udvendig solafskærmning kan tilbageholde 85-90 % af solindfaldet, mens U-værdien typisk forbedres med ca. 10 % i nedrullet position.

1.1.1.2 Screening (udviklings- og forskningsmuligheder)

Hele vinduer

Typiske danske vinduer har som omtalt et energitilskud på minus 40-50 kWh/m² pr. år. Der findes enkelte danske vinduer, der har et energitilskud på minus 25. Typiske passivehus vinduer har et energitilskud på minus 10, mens de bedste udenlandske vinduer ligger på plus 10. Der er således store udviklingsmuligheder.

Det er muligt med forholdsvis enkle tiltag at videreudvikle danske vinduer med 2-lags energirude til nulenergivinduer i form af smallere og bedre isolerede ramme/karmprofiler, isolerende rudekantprofil og anvendelse af jernfattigt glas. Med en 3-lags energirude kan der endda udvikles plusenergivinduer.

Der er gode optimeringsmuligheder ved forskning og udvikling af bedre egenskaber for ventilationsvinduer og andre tilsvarende vinduer med multifunktioner.

De generelle energimæssige egenskaber af vinduer afhænger af materialer og konstruktion, form og størrelse, glasandel samt orientering og skyggeforhold. Den optimale vinduesløsning for en lavenergibygning vil derfor som oftest være en kombination af højisolerede vinduer og mindre isolerede vinduer med stor glasandel og solenergitransmittans. Der er derfor behov for metoder og værktøjer til at integrere vinduer i det samlede byggeri.

Ramme-karmkonstruktioner

Med udbredelsen af energiruder, er ramme/karmkonstruktionen nu den del af vinduet, hvor varmetabet er størst. Ramme/karmkonstruktionen udgør en stor del af det totale vinduesareal, og har et varmetab, der er større end ruden. For at opnå en samlet lav U-værdi, har der i længere tid været påpeget et behov for at reducere varmetabet fra ramme/karmkonstruktionen.

Isoleringsevnen kan forbedres ved at isolere i eventuelle tilstedeværende hulrum, udskifte eller tilføje massivt materiale med isoleringsmateriale, opdele store hulrum til mindre hulrum eller erstatte metal-afstivningsprofiler med profiler i andre materialer med lavere varmeledningsevne. En mulighed er også smallere ramme/karmkonstruktioner, der alt andet lige giver både et forøget solenergitilskud samt mindre varmetab.

Beregninger viser at der kan opnås store energibesparelser med højisolerede vinduer med 3-lags energiruder, men der kan også opnås en pæn reduktion ved brug af vinduer med smallere profiler og 2-lags energirude. Da disse vinduer må formodes at være billigere end de højisolerede og desuden har fordele mht. dagslys og æstetik vil det være relevant at iværksætte en udvikling af flere vinduesprodukter med smalle profiler og i første omgang 2-lags energirude, som senere kan forbedres med 3-lagsrude.

Energiruder

Screening er opdelt på de delelementer, der påvirker rudens energimæssige egenskaber:

Gasfyldning: Påvirker varmetabet ved ledning og konvektion. Gasfyldningen er i energiruder typisk ædelgassen argon. Gasserne krypton og xenon kan nedbringe varmetabet yderligere, men de er dyre og rent energiøkonomisk kan det kun i særlige tilfælde forsvares at bruge dem. Det skal dog bemærkes at den optimale glasafstand er væsentligt mindre ved brug af f.eks. krypton, hvor den er ca. 10 mm, mens den er 15-16 mm ved brug af argon. Derved bliver ruden tyndere, hvilket kan være en betydelig fordel. Ovennævnte glasafstande gælder ved standardbetingelser (20°C inde og 0°C ude), men disse kan være betydeligt anderledes ved andre temperaturforskelle, hvilket ikke er blevet dyrket i detaljer for ruder med mere end 2 lag glas.

Lavemissionsbelægning: Nedsætter varmetabet ved varmestråling. Bløde lavemissionsbelægninger til forseglede ruder fås med emissivitet på 0,03-0,04, som er meget tæt på 0. Udviklingspotentialer er altså næsten udtømt, hvilket betyder at en U-værdi på 1,0 er den laveste værdi, der kan opnås for gasfyldte 2-lags ruder.

Jernfattigt glas: Absorptionen af solenergi ved passage gennem et almindeligt 4 mm floatglas er ca. 10 %, hvoraf en lille del efterfølgende transmitteres ind i bygningen via indirekte stråling, så der netto tabes 8 %. Jernfattigt (jernfrit) glas kan næsten fjerne absorptionen af solenergien i glasset, idet den reduceres til ca. 2 %. Dette øger g-værdien betragteligt, men også lystransmittansen øges og der opnås en mindre farvning af det transmitterede lys, som er en effekt, der får større betydning jo flere glaslag eller tykkere glas, der anvendes. Et stykke normalt stykke glas har et grønligt skær som skyldes jernoxider. Jernfattigt glas er et relativt dyrt, hvilket betyder at anvendelsen fortsat er begrænset. Der er dog kommet et nyt lavenergiglas på markedet med en ny forbedret blød belægning som giver en lavere U-værdi og for at kompensere for et reduceret sollys- og varme transmittans er det udført med et reduceret jernindhold. Dette glas kan fås til samme pris som det normale lavenergiglas.

Antirefleksbelægning: Reflektansen for ubelagte glasoverflader kan reduceres væsentligt ved at anvende en antirefleksbehandling. Antirefleksbehandlet glas har en solenergitransmittans, der ligger 5 % højere end et tilsvarende ubehandlet glas, hvilket resulterer i en forøgelse af glassets g-værdi. Gevindsten ved refleksbehandling er på niveau med benyttelse af jernfattigt glas. Både processen til fremstilling af jernfattigt glas og antirefleksbehandlet glas kan gøres bedre og tilnærmes jernfrie og refleksfrie glas løsninger, men det er tvivlsomt om det er rentabelt. Mulighederne skal derfor primært ses som løsninger, der uproblematisk (bortset fra prisen) kan benyttes i vinduer til lavenergibygninger.

Afstandsprofiler: Anvendelse af afstandsprofiler i bedre isolerende materialer end de normalt anvendte aluminiums- eller stålprofiler, såkaldte ”varme kanter”, er øget betydeligt over de senere år. De bedre isolerende materialer er f.eks. plastkomposit og rustfrit stål. Varme kanter giver særligt anledning til energibesparelser i trævinduer med relativt godt isolerende ramme/karmkonstruktioner. Bedre isolerende afstandsprofiler / rudekanter kommer således først rigtigt til sin ret, når de indgår i vinduer med velisolerede ramme/karmkonstruktioner. Anvendelsen på markedet i dag er derfor også typisk afhængig af isoleringsevnen af ramme/karmkonstruktionen.

Glaslag: Antallet af glaslag har indflydelse på U-, τ - og g-værdi. Jo flere lag glas med eller uden lavemissionsbelægninger, der er i ruden, jo mindre varmetab og lys- og solindfald. Det vil være oplagt at udvikle en 3-lags energirude med optimerede energimæssige egenskaber, herunder hensyntagen til konstruktive og monteringsmæssige problemer, som følge af en 50 % forøgelse af vægten. 3-lags ruder har bedre lydisolerede egenskaber end 2-lags ruder. Muligheden for anvendelse af yderligere et ekstra fjerde glaslag er begrænset, da der umiddelbart af holdbarhedsmæssige årsager ikke kan anvendes mere end to lavemissionsbelægninger i ruden. Dette skyldes at en lavemissionsbelægning absorberer en del af solenergien, hvorved glaslaget varme op. I en 3-lags rude er de to belægninger derfor placeret på det yderste hhv. det inderste lag glas, hvor den absorberede varme nemt afgives. Men i en 4-lags rude med en tredje belægning kan dette ikke lade sig gøre og der vil derfor være risiko for termisk brud i ruden, eller der må anvendes hærdet glas, hvilket vil betyde en fordyrelse af vinduet. En alternativ 3-lags løsning er en 2+1 eller 1+2 løsning, hvor der til energiruden tilføjes et ekstra glaslag ud- eller indvendigt. En mulighed var også en 2+2 løsning. Udvendig kondens på højisolerede ruder er et problem, der er betydeligt større for 3-lags energiruder frem for 2-lags energiruder. En mulig løsning er en hydrofil belægning på det yderste lag glas, som får kondensvand til at flyde ud på ruden, så forvrængningen af lyset bliver mindre, hvorved det vil være muligt at se ud. En anden løsning er brug af

solafskærmning/skodder om natten til at holde den udvendige overfladetemperatur over dugpunktet.

Specielle ruder

Aerogel ruder og vakuumruder er særlige teknologier, der har mere langsigtede forskningsmæssige potentialer, og omtales ikke yderligere, da der for nuværende er behov for at kigge på de relativt store energisparepotentialer, der foreligger ved videreudvikling og nytænkning af de eksisterende teknologier. Det samme gælder smarte ruder, der er en lovende teknologi, som for nuværende stort set kun benyttes i soltag i dyre biler, men som formentlig i fremtiden vil finde større udbredelse i byggeriet.

Solafskærmning

Der er behov for udvikling af dynamiske og integrerede solafskærmningsløsninger i kombination med udluftning, som kan bidrage til bedre udnyttelse af dagslys og solvarme uden gener fra direkte solstråling. Der er behov for at udvikle en høj grad af automatik og brugervenlig styring (herunder mht. støj) for at udnytte mulighederne optimalt.

Tagvinduer og ovenlys

Tagvinduer og ovenlys er generelt et varmeteknisk svagt element i bygninger, men der er behov for og gode muligheder for at forbedre de varmetekniske egenskaber. Mulighederne ligger primært i en minimering af transmissionsareal og kuldebroer set i forhold til fugt-, varmetekniske og arkitektoniske krav mv. Desuden er der muligheder i udvikling af generelt bedre løsninger på integration af ovenlys i tagkonstruktioner.

1.1.1.3 Koblinger (sammenhænge mellem forskningen og byggeerhvervets teknologiske udfordringer)

Energistyrelsen har i regi af Projekt Vindue (1998-2004) økonomisk støttet projekter vedr. etablering af energimærkningsordninger for ruder og vinduer samt udarbejdelsen af et omfattende kompendiemateriale om ruder og vinduers energimæssige egenskaber og muligheder for forbedringer. Dette udgør samlet set et godt grundlag for videre forskning og udvikling af energimæssigt bedre danske vinduer.

I Tyskland er der gennem en årrække udviklet ramme/karmkonstruktioner med væsentligt bedre varmeisolerende egenskaber end de danske løsninger, idet der bl.a. er anvendt deciderede isoleringsmaterialer i konstruktionen. En betydelig svaghed ved de tyske er dog at profilerne er relativt brede, typisk ca. 130-140 mm, hvilket begrænser tilførslen af solvarme og lys betydeligt.

En åbenlys dansk mulighed er derfor at udvikle både bedre isolerende og smallere ramme/karmkonstruktioner. Der er gennemført en række danske forskningsprojekter på området for bedre isolerende og smalle ramme/karmkonstruktioner, men uden at resultaterne er blevet brugt i konkret produktudvikling. Desuden er der på DTU konstrueret prototyper på forslag til fremtidens vinduer med smal og velisolerende ramme/karm i form af nulenergi- eller plusenergivinduer, som peger på store forbedringsmuligheder. Danske vinduesproducenter har på det seneste taget udfordringen op og de foreløbige resultater har været gode. Samtidigt understøttes udvikling af et nyt fælles udviklingsprojekt mellem BYG.DTU og vinduesproducenterne om nye typer energivinduer af kompositmateriale.

Udfordringen er desuden taget op internationalt i projektet RE-FRAME (New Window Framing Technologies for Aerogel and Other Highly Insulating Glazing). RE-FRAME er et

EU-finansieret forskningsprojekt, der har haft deltagelse af 8 institutioner og firmaer fra Danmark, England, Holland, Schweiz og Tyskland. Projektet er startet op i 2002 og er afsluttet primo 2007.

Projektets mål har været at udvikle ramme/karmsystemer med en U-værdi på 0,6 W/m²K, der kan matche højisolerende rudeløsninger. Det er yderligere et mål, at U-værdien for et standard størrelse vindue (1,23 x 1,48 m) heller ikke må overstige 0,6 W/m²K, hvorfor der i projektet også har været fokuseret på reduktion af den lineære kuldebro i forbindelse med afstandsprofilet og rude/karmsamlingen. Da projektet naturligvis er stærkt præget af det europæiske marked med en meget stor andel af indadgående vinduer, har det vist sig vanskeligt at reducere ramme/karmhøjden.

Der er realiseret en funktionsmodel af et indadgående dreje/kip vindue med en ramme/karmbredde på ca. 80 mm. Den beregnede U-værdi for ramme/karmkonstruktionen ligger mellem 0,60 og 0,65 W/m²K. Den lave U-værdi er opnået ved at udnytte rudens stivhed og styrke kombineret med limning af karmprofilet til ruden. Ramme og karm udføres i kompositmateriale som f.eks. glasfiberarmeret polyester, samt lavdensitet PUR-skum. Ramme/karmkonstruktionen kan anvendes til traditionelle ”varme kanter”, men der arbejdes også med rudekantløsninger af celleglas samt andre tiltag til reduktion af den lineære kuldebro. Med en kantløsning af f.eks. celleglas er vinduets samlede U-værdi beregnet til ca. 0,62 W/m²K med en U-værdi for ruden på 0,55 W/m²K.

1.1.1.4 Behov og muligheder (byggeerhvervets behov og muligheder for forskning, teknologiudvikling og uddannelse)

Der er et stort behov for energimæssigt bedre danske vinduer til lavenergibygninger. Dette skal ses i lyset af nye skærpede energibestemmelser, udsigten til yderligere skærpselser og hensynet til konkurrencedygtighed i forhold til udlandet, hvor der må forventes et voksende marked for lavenergiløsninger.

Der er dog også en række betydelige barrierer for realiseringen af energimæssigt bedre vinduer, såsom holdninger til lysindfald, det danske design, valgfrihed vedr. funktion mv., generel konservatisme hos forbrugere og branche, manglende tro på et marked for bedre vinduer og høj pris på lavenergi- og jernfattigt glas. Det er vigtigt at få bearbejdet disse barrierer samtidig med de mere varme- og konstruktionstekniske aspekter.

Der er redegjort for muligheder for at udvikle bedre danske vinduer, som vil være bedre både energimæssigt samt i forhold til den moderne arkitekturs æstetik, når man sammenligner med nuværende state-of-the-art i form af typiske tyske 3-lagsvinduer til passivhuse, hvor især den markante ramme/karmkonstruktioner er problematisk. Der må forventes en betydelig efterspørgelse efter bedre danske vinduer i fremtiden, også i udlandet og særligt EU, hvor betydeligt skærpede energikrav til bygninger er på den politiske dagsorden. Blandt andet kan nævnes England, hvor der er udmeldt Zero-Carbon Housing fra 2016 og tilhørende gradvise skærpselser i 2010 og 2013.

For at sikre energieffektive og samtidigt byg- og salgbare løsninger, er der behov at igangsætte tværfaglige forsknings- og udviklingsaktiviteter, hvor vindues- og rudeproducenter samarbejder tæt sammen med forskere, rådgivende ingeniører og arkitekter.

Der er identificerede følgende behov og muligheder for forskning og udvikling:

- Ramme/karmkonstruktioner af nye bedre materialer til smalle og højisolerede profiler.
- Vinduer med multifunktioner i form af ventilation, integreret solafskærmning, varierende optiske og isolerende egenskaber i form af persiener, skodder, elektrokrome ruder mv.
- Alternative rudeløsninger; 3-lags forseglede rude, 1+2 rude, 2+1 rude, 2+2 rude, integrering og anvendelse af elektrokrome glas m.v.
- Indbygning af vinduer med fokus på varmetab og solindfald.
- Simple projekteringsværktøjer, der integrerer vinduesløsninger i det samlede byggeri

Det kan nævnes at CE-mærkning af termoruder bliver obligatorisk fra d. 1. marts 2007. CE-mærket viser at produktet opfylder de deklarerede egenskaber i den tilhørende standard (DS/EN 1279), dvs. er målt eller beregnet på samme måde og dermed kan direkte sammenlignes, og kan anvendes inden for EU-markedet. Standarden betyder en skærpelse af stort set alle krav, herunder f.eks. gas diffusion over tid. Fra 2008 bliver det obligatorisk for danske producenter af vinduer og yderdøre at CE-mærke deres produkter. En af konsekvenserne af CE-mærkningen er at de energimæssige data ændrer sig. Derfor vil det være meget relevant med en videndatabase for ruder, vinduer og yderdøre, hvor de energimæssige egenskaber er opdateret iht. standarden. En videndatabase vil kunne knyttes til udviklingen af simple projekteringsværktøjer.

1.1.1.5 Fokusområder

Fokusområderne for de relevante forskningsinstitutioner vil være baseret på tidligere og igangværende FoU projekter. Det kan nævnes at BYG.DTU's fokus tidligere bl.a. har været udvikling af bedre vinduer til nyt og eksisterende byggeri i relativt tæt samarbejde med producenter af ruder og vinduer, herunder detaljerede beregninger og prøvninger af energimæssige og optiske egenskaber. SBI er har været betydeligt engageret i det beslægtede område vedr. glasfacader og solafskærmnings- og dagslyssystemer, hvor et fokusområdet særligt er dagslys. Teknologisk Institut har ekspertise og faciliteter til dimensionering og prøvninger af glas, ruder og vinduer og døre. Der er behov for et tæt samarbejde mellem forskningsinstitutioner og industrien.