

Användning av expanderat glas som brandskydd inom petrokemisk industri

Henry Persson och Michael Rahm

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



Användning av expanderat glas som brandskydd inom petrokemisk industri

Henry Persson
Michael Rahm

Abstract

Cellular glass as a fire protection measure in petrochemical industry

This report summarizes the findings from a preparatory study with the objective to demonstrate the potential benefits of using cellular glass as a fire protection measure in the petrochemical industry. The fundamental idea is to place a layer of the cellular glass, in the form of e.g. small granulates, pellets or cubes, in a bund area and, in the case of a spill, the cellular glass will float on top of the spilled product forming a “solid” foam layer. This can create three very significant risk reduction effects: 1) a decreased probability for ignition, by reducing the fuel evaporation 2) a reduction in the fire intensity, should ignition occur and, 3) an increase in the time available for the extinguishing operation and lessening of the heat exposure of the fire fighting personnel during such an operation.

This report summarizes existing experience in using cellular glass for fire protection and the results from some fire demonstration tests which very clearly show the reduction in fire intensity when using expanded glass compared to a free burning situation. The report also poses questions that need further investigation in order develop guidelines for the use of expanded glass as a fire protection measure.

Key words: Cellular glass, foam glass, fire protection, petrochemical industry

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2010:40
ISBN 978-91-86319-77-9
ISSN 0284-5172
Borås 2010

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Förord	5
Sammanfattning	6
1 Inledning och bakgrund	7
1.1 Risker vid hantering av brandfarlig vara	7
1.2 Hur kan brandrisken reduceras	9
1.3 Expanderat glas som brandskydd	10
1.4 Expanderat glas som skydd av LNG-spill	11
2 Expanderat glas – tillverkningsprocess, typer och användningsområden	15
2.1 [®] HASOPOR Skumglas	16
2.2 FOAMGLAS [®] PFS	17
3 Resultat av demonstrationsförsök	18
3.1 Fribrinnande försök	19
3.2 Expanderat glas ([®] HASOPOR) – låg bränslenivå, 150 mm granulatbädd	21
3.3 Expanderat glas ([®] HASOPOR) – flytande, 150 mm granulatbädd	22
3.4 Expanderat glas ([®] HASOPOR) – flytande, 200 mm granulatbädd	23
3.5 Expanderat glas (FOAMGLAS [®] PFS) – flytande	25
3.6 Expanderat glas ([®] HASOPOR) – dämpning av brinnande yta	26
3.7 Kommentarer till försöksresultaten	27
4 Synpunkter från diskussioner vid seminarium	29
4.1 Materialbeständighet hos expanderat glas	29
4.2 Optimering som brandskyddsapplikation	29
4.3 Praktisk användning	31
4.4 Regelverk	31
4.5 Utökade användningsområden	31
5 Förslag till fortsatta insatser	32
6 Referenser	32
7 Bilaga 1 Teknisk information/produktblad [®]HASOPOR Skumglas	34
8 Bilaga 2 Teknisk information/produktblad FOAMGLAS[®] PFS	35

Förord

Denna förstudie har finansierats av BRANDFORSK med syfte att sprida kunskap kring möjligheten att använda expanderat glas (skumglas) som brandskydd inom petrokemisk industri.

SP Brandteknik ansökte under våren 2009 om medel för att utvärdera möjligheterna att använda expanderat glas som brandskydd inom petrokemisk industri. Projektet var tänkt som ett första steg där man kvantitativt skulle utvärdera skyddseffekten av olika typer av expanderat glas för att skapa grund för bl.a. rekommendationer för dess användning.

BRANDFORSK beslöt dock att bordlägga projektansökan då man inte ansåg sig ha kunskap att bedöma potentialen av expanderat glas utifrån existerande underlag. För att i ett första steg öka kunskaperna kring idéerna att använda expanderat glas som brandskydd, beviljades efter en förnyad ansökan medel att genomföra ett 1-dagars seminarium med bl a praktiska demonstrationsförsök där berörda intressenter kunde ges mer information och även vara med att diskutera och påverka eventuella framtida forskningsinsatser.

Vi vill härmed tacka Brandforsk för den finansiella stöttningen av projektet, HASOPOR Hammar AB samt Pittsburgh Corning Scandinavia AB för medverkan och bidrag med två olika typer av expanderat glas till försöken samt Glasforskningsinstitutet (Glafo) för medverkan vid seminariet. Sist, men inte minst, tackar vi också de ca 30 intressenter som tog sig tid att medverka vid seminariet.

Sammanfattning

Expanderat glas, ofta också benämnt skumglas, kan utgöra ett mycket effektivt brandskydd i invallningar och motsvarande utrymmen där risk för brand kan uppstå i spill av brandfarlig vara.

Expanderat glas, i form av mindre granulat, pellets eller formade kuber kan vara ett mycket enkelt, billigt och tillförlitligt passivt brandskydd för att minimera konsekvenserna av ett spill. Ett lager av expanderat glas läggs t ex i en invallning och i händelse av ett spill kommer det expanderade glaset att flyta ovanpå bränslet och på det sättet bilda ett ”fast skumtäck”. Detta medför att förångningen från bränslet minskar och om antändning sker, minskar brandintensiteten mycket påtaglig vilket också underlättar en släckinsats.

Denna rapport är en summering av de presentationer, demonstrationsförsök och diskussioner som avhandlades vid ett 1-dagsseminarium vid SP Brandteknik 2010. Syftet med seminariet var att ge deltagarna mer kunskap om vad expanderat glas är och hur det används i dagsläget och vad som finns gjort när det gäller brandskyddstillämpningar.

De praktiska brandförsök som genomfördes visade mycket tydligt på den reducering av brandintensiteten som kan uppnås vid ett bränslespill jämfört med helt fribrinnande förutsättningar. Vid seminariet diskuterades även behovet av ytterligare kunskap för att expanderat glas skulle kunna utgöra ett alternativ till olika tänkbara brandskyddsåtgärder.

Några av dessa frågeställningar var bl a materialegenskaper såsom vattenabsorption vid en långvarig användning utomhus, inverkan av kyla och andra problem vintertid, inverkan på invallningsvolymen, i vilken mån det expanderade glaspartiklarnas storlek och form kan ändras för att underlätta utflytnad på en bränsleyta. Även praktiska aspekter ur användarsynpunkt är naturligtvis mycket viktiga såsom tillgänglighet inom skyddade invallningar, möjlighet att upptäcka eventuella spill och läckage, möjligheter att hålla rent i invallningar etc.

1 Inledning och bakgrund

Syftet med denna förstudie har varit att öka kunskaperna kring möjligheterna av att använda expanderat glas (skumglas) som ett brandskydd inom petrokemisk industri.

Förstudien har omfattat att planlägga och genomföra ett 1-dagarsseminarium där konceptet med expanderat glas som brandskyddsåtgärd presenterades mer i detalj.

Denna rapport syftar till att ge en sammanfattning av de presentationer, branddemonstrationer som deltagarna på seminariet fick se samt de reflektioner och diskussioner som kom upp under dagen.

Nedan ges en kort bakgrundsbeskrivning till den brandskyddsproblematik där expanderat glas kan utgöra ett intressant alternativ till andra mer konventionella brandskyddsåtgärder, som t ex fasta kylsystem, skumsläcksystem och brandskyddsisolering. Där beskrivs också kortfattat varför just expanderat glas bedöms som den mest intressanta produkten.

I kapitel 2 ges därefter mer information kring vad expanderat glas är, hur det tillverkas och olika användningsområden. I kapitel 3 ges en summering av de försök och erfarenheter som finns när det gäller användning av expanderat glas i brandskyddssammanhang. I kapitel 4 ges en summering av de demonstrationsförsök som genomfördes under seminariet följt av en sammanställning (kapitel 5) av de diskussionspunkter som togs upp under dagen. Rapporten avslutas med ett förslag till fortsatta forskningsinsatser vilka syftar till att ta fram mer kunskap som dels kan användas av skumglasindustrin för att optimera produkterna för detta användningsområde, dels att ta fram rekommendationer kring användning av expanderat glas för att underlätta för berörda industrier, räddningstjänster och myndigheter.

1.1 Risker vid hantering av brandfarlig vara

Hantering och lagring av brandfarliga vätskor innebär en påtaglig risk för brand. Industrin har genom lång erfarenhet utvecklat förebyggande brandskyddsåtgärder och rutiner vilket gjort att antalet brandtillbud är förhållandevis lågt. Det förekommer dock incidenter med omfattande spill av brandfarlig vara i t ex invallningar där risken för antändning har varit betydande.

Om ett öppet spill antänds, erhålls momentant en mycket kraftig brand- och värmepåverkan på angränsade objekt. Detta kan i sin tur snabbt leda till skador på rörledningar, ventiler etc. vilket leder till ytterligare spill men det kan också resultera i explosioner och/eller fullt utvecklade cisternbränder. Släckresurser för dessa spillbränder skall finnas men i praktiken kan det många gånger ta lång tid innan en släckinsats inleds vilket kan innebära att branden redan börjat sprida sig vilket ökar behovet av ytterligare släckresurser, osv.

Brandförloppet och risken för brandspridning beror till viss del på egenskaperna hos berörda produkter. Bensin har t ex ett mycket högt ångtryck och en låg flampunkt (ca - 40 °C) och producerar vid ett öppet spill mycket snabbt stora mängder brandfarliga ångor och risken för antändning är uppenbar.

När det gäller risken för att en spillbrand i t.ex. en invallning skall leda till en spridning av branden till angränsande objekt såsom de cisterner som finns i den aktuella eller angränsande invallningar så beror även detta på dessa produkters egenskaper. I en sluten tank eller cistern som är fylld med bensin är risken för antändning av bränsleångorna inne

i cisternen inte så stor. Detta beror på att koncentrationen av bränsleångor normalt sett ligger över brännbarhetsområdet (ca 0,6-8 %-vol) på grund av det höga ångtrycket, dvs det är för ”fet blandning” inne i tanken. Detta innebär ofta att branden begränsas till ventilationsöppningar där bränsleångorna pressas ut och kan blandas ut med luft till brännbar koncentration¹).

I dessa situationer kan dock produkter med lägre flyktighet och högre flampunkt utgöra en större risk för brandspridning. Produkter såsom etanol och etanolbränslen (t.ex. E85), som numera fått en kraftigt ökad användning, är exempel på en sådan typ av produkt. Flampunkten för ren etanol är ca 12 °C och dess brännbarhetsområde är ca 3,3-19% vol. I en sluten tank eller cistern erhålls denna koncentration inom ett temperaturområde från ca 12 °C upp till ca 40 °C, dvs de bränsleångor som finns inne i cisternen är brännbara under en större del av den varma årstiden. Vid blandningar av etanol och bensin innebär bensinens höga flyktighet en ökad bränslekoncentration vilket medför att temperaturområdet för brännbar blandning successivt förskjuts mot lägre temperaturer. För E85 av sommarkvalitet uppnås brännbar bränslekoncentration inom ett temperaturområde från ca -18 °C upp till ca +2 till +5 °C [1].

Om bränsleångorna inne i en exponerad cistern är inom brännbart område kan de naturligtvis antändas förutsatt att det finns en tändkälla. Detta kan t ex vara flammor som tar sig in via ventilationsöppningar eller att temperaturen hos cisternens mantelplåt blir så hög att produktens självantändningstemperatur (AIT- Auto Ignition Temperature) uppnås. Tidsförloppet för antändning och därmed brandspridning kan variera avsevärt beroende på brandens intensitet, produktens egenskaper, produktens temperatur, fyllnadsgrad, etc. När det gäller ren etanol finns försök genomförda som visar att antändning kan ske inom mindre än 5 minuter om cistern/tankväggen utsätts för direkt flampåverkan och förutsättningarna i övrigt är ”gynnsamma” för att erhålla en antändning [2].

Produkternas egenskaper påverkar också brandförloppet och möjligheterna till en effektiv släckinsats. Det finns bl a försök som indikerar att värmestrålningen från en etanolbrand (och sannolikt också många andra kemikalier) kan bli betydligt högre än från en motsvarande brand i bensin, diesel eller motsvarande. Detta innebär i sin tur en ytterligare ökad exponering, både av kringliggande objekt och den räddningstjänstpersonal som skall försöka kontrollera och släcka branden.

När det gäller släckning är brandsläckningsskum i princip den enda tillgängliga släckmetodiken för större vätskebränder. Etanol och många andra kemikalier inom petrokemisk industri har dock den egenskapen att de är vattenblandbara (polära) vilket försvårar en släckinsats. Brandsläckningsskum består i princip av 97-99% vatten vilket gör att vanligt skum omedelbart kommer att lösas upp i en vattenblandbar produkt och därmed erhålls inget skumtäck. Det finns sk alkoholresistenta skumvätskor för släckning av dessa produkter men då krävs att skummet kan påföras mycket mjukt på den brinnande bränsleytan. Detta kan vara mycket svårt att åstadkomma vid cisternbränder eller större spillbränder i invallningar där skummet påförs med hjälp av en skumkanon.

¹ Om cisternen kyla kraftigt kan detta leda till att luft sugas in som skapar en brännbar blandning som i sin tur kan leda till en explosion. Cisterner med inre flytande tak innehåller dock oftast bränslekoncentration långt under brännbarhetsgränsen i cisternens topputrymme men koncentrationen kommer att öka på grund av uppvärmning av bränslet vilket på sikt kan medför att en brännbar blandning inne i cisternen erhålls.

1.2 Hur kan brandrisken reduceras

Intensiteten hos en vätskebrand styrs av en växelverkan mellan förångningen av bränsle från vätskeytan och värmestrålningen från flammorna över vätskeytan. Vid antändning av en produkt med låg flampunkt, t ex bensen, finns redan brännbara ångor ovanför hela vätskeytan och antändningen av hela ytan sker inom loppet av någon sekund. Flammorna medför omedelbart en hög värmestrålning tillbaks mot ytan vilket ökar förångningshastigheten ytterligare och inom någon minut erhålls ett nytt jämviktsläge där vätskeytan har nått sin kokpunkt vilket leder till att avbrinningshastigheten blir konstant. För bensen uppgår den till i storleksordningen 5-8 mm/min, bl a beroende av brandytans storlek.

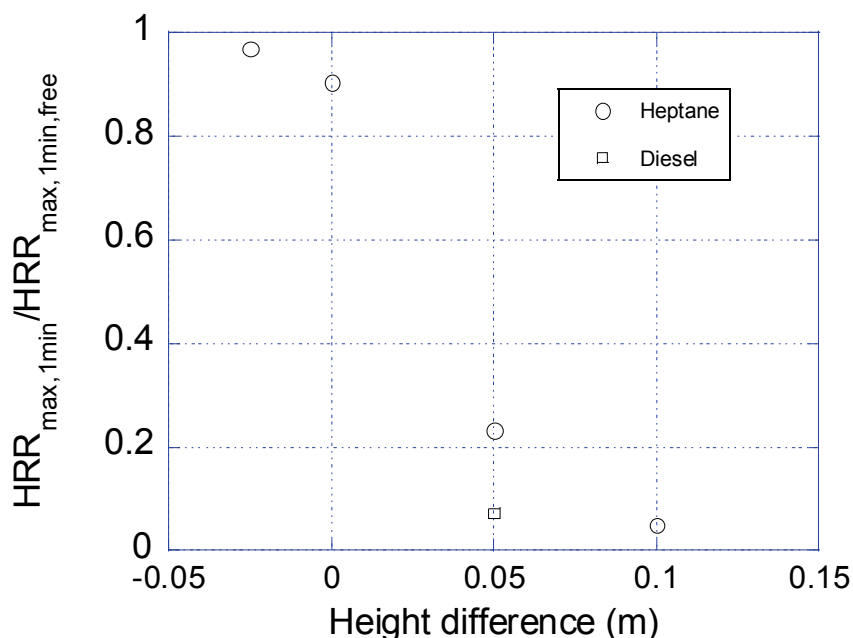
Ett effektivt sätt att reducera intensiteten är således att reducera återstrålningen från flammen till bränslet. Det vanligaste sättet att åstadkomma detta är med brandsläckningsskum, där skummet bildar ett täcke som förhindrar återstrålning. Skum har dock den egenskapen att det bryts ner kontinuerligt, dels genom att en del vatten dränerar ut medan en del förångas och försvinner upp i flammorna. Det utdränerade skummet bidrar till att kyla den brinnande bränsleytan vilket ytterligare sänker förångningshastigheten och därmed bidrar till minskad brandintensitet. Eftersom skummet bryts ner kontinuerligt måste dock skumpåföringen dimensioneras så att den överstiger nedbrytningshastigheten av skummet. Med rätt dimensionering och påföringsmetodik kommer brandytan successivt att täckas av skum. Med rätt skumkvalitet och tillräckligt lång skumpåföringstid kommer skumtäcket att bli så tjockt och tätt att det förhindrar kontakt mellan bränsleångorna och luft och en total släckning uppnås.

Förångning från en bränsleyta respektive återstrålningen från branden kan även reduceras med andra metoder än brandsläckningsskum. En metod, som är relativt vanlig inom industrin för att reducera avdunstning/värmeförluster/luft från fria vätskeytor, är att täcka ytan med ett eller flera lager av plastbollar. Exempel på sådana tillämpningar är tempererade vätskebad, swimmingpooler, vattenbassänger på reningsverk, se Figur 1. Undersökningar visar att ett lager av plastbollar kan minska avdunstningen med ca 90% [3].



Figur 1 Plastbollar är ett vanligt sätt att reducera avdunstning, lukt, värmeförluster från vätskeytor [3].

När det gäller brandskydd går det naturligtvis inte att använda plastbollar utan då krävs ett inert och värmetåligt material. Försök vid SP har visat att vanlig makadam kan ha en kraftigt dämpande effekt så länge makadamen täcker bränsleytan [4-5]. Totalt genomfördes sju försök i ett 3,14 m² (Ø 2 m) stort bål varav två fribrinnande och fem med makadam (32-64 mm). Resultaten från försöken summeras i Figur 2 där den relativa brandintensiteten i förhållande till fribrinnande förutsättningar redovisas som funktion av höjdskillnaden, dvs avståndet mellan makadamytan och bränsleytan. Höjdskillnaden 0 i diagrammet innebär således att bränsleytan och makadambädden var i nivå med varandra vid försöksstart och det negativa värdet visar att bränsleytan var 2,5 cm över makadambädden. Som framgår av diagrammet erhålls en dämpning på ca 75% vid 5 cm höjdskillnad och ca 95% vid 10 cm höjdskillnad med heptan som bränsle. Ett försök med diesel och 5 cm höjdskillnad visar att dämpningseffekten var större för diesel och att dämpningseffekten således också är bränsleberoende.[4]



Figur 2 Figuren visar kvoten mellan uppmätt maximal brandeffekt (1 min medelvärde) vid användning av makadam och helt fribrinnande förutsättningar vid olika höjdskillnader mellan makadamyta och bränsleyta [4].

Även andra skyddskoncept som bygger på samma ide existerar på marknaden, bl a där strimlad aluminiumfolie använts som utgångsmaterial för att forma en nät som i sin tur placeras i ett kärl eller mindre invallning som skydd av en öppen bränsleyta [6].

1.3 Expanderat glas som brandskydd

Både makadam och aluminiumnät som beskrivits ovan, har den begränsningen att om vätskespillet är så omfattande att höjdskillnaden blir för liten eller att det bildas en fri vätskeyta så minskar också skyddseffekten snabbt.

Den mest optimala lösningen vore således att kunna kombinera ett brandsläckningsskums förmåga att flyta på bränsleytan med t ex makadamens temperaturtåligt och kemiska beständighet. På detta sätt erhålls ett permanent skydd som inte påverkas av brand samtidigt som den låga densiteten säkerställer en tillräcklig höjdskillnad för att få en bra

skyddseffekt. Det är utifrån dessa aspekter och önskemål som expanderat glas utgör en mycket intressant brandskyddsalternativ.

Expanderat glas kan alltså, i form av granulat, pellets/kulor eller kuber, vara ett mycket enkelt, billigt och tillförlitligt passivt brandskydd för att minimera konsekvenserna av ett spill. Om ett lager av expanderat glas läggs t ex i en invallning kommer detta i händelse av ett spill att flyta ovanpå bränslet och på det sättet bilda ett ”fast skumtäck”. Detta leder i sin tur till tre riskreducerande effekter:

- Förångningen från bränslet reduceras avsevärt vilket innebär att sannolikheten för att det uppstår en brännbar gasblandning vid ytan eller i omgivningen reduceras.
- Brandintensiteten blir betydligt mindre än vid fribrinnande förhållanden om antändning erhålls, vilket minskar värmeexponeringen mot angränsande objekt och därmed risken för brandspridning.
- Minskad brandintensitet innebär också mer tid för andra skyddsåtgärder och en släckinsats. Släckinsatsen kommer också att underlättas då brandpersonalen utsätts för betydligt mindre värmepåverkan.

Jämfört med traditionella brandskyddsåtgärder så kan man se flera generella fördelar med expanderat glas:

- Expanderat glas är ett passivt skydd som fungerar dygnet runt
- I händelse av en antändning av ett spill reduceras branden automatiskt från första stund och ett fribrinnande förhållande uppstår aldrig
- Glaset påverkar inte invallningsvolymen i någon större grad (men måste naturligtvis beaktas)
- Regnvatten kan dräneras ut på normalt sätt via existerande system
- Kostnaden är sannolikt låg i förhållande till t ex ett fast vattensprinklerssystem
- Det expanderade glaset behöver inget underhåll*)
- Expanderat glas har generellt sett stor bärighet vilket innebär att driftspersonal fortfarande kommer att kunna ha i princip fritt tillträde i invallningen*)
- Expanderat glas klarar höga temperaturer och åldras inte*)
- Expanderat glas har slutna celler vilket minimerar absorption av vatten eller brännbara vätskor
- Expanderat glas har låg vikt och är lätt att avlägsna vid behov

*) Beständighet avseende erosion, frostsprängning, mekanisk nötning mm förefaller vara bra men detta behöver utredas ytterligare.

1.4 Expanderat glas som skydd av LNG-spill

Idén om att kunna nyttja expanderat glas ur brandskyddssynpunkt är inte ny. Expanderat glas utvärderades av Shell Research redan i början av 1980-talet med inriktning mot att kontrollera spillbränder från LNG (Liquified Natural Gas) [7-8].

Bakgrunden var en ökad hanteringen av LNG och därmed också ett behov av att utveckla ett skyddskoncept för att kunna hantera ett spill respektive en spillbrand av LNG i invallningar runt cisterner respektive pumpanläggningar. Sannolikheten för spill av LNG är mycket låg, men skulle om det inträffar, snabbt generera ett stort gasmoln som driver iväg med vinden och om det antänds leda till en ”flashback” som antänder poolen med LNG-spillet. Släckning av en stor poolbrand i ett LNG-spill är en mycket svår uppgift och skulle kräva mycket stora resurser. Det finns också alltid en risk för återantändning eftersom avgasningen kommer att fortgå. Taktiken har därför varit att finna en metodik där man kan reducera intensiteten av branden och istället låta den brinna ut under

kontrollerade förhållanden. Forskningen var primärt inriktad mot användningen av lättskum eftersom tungskum snarare medförde en högre brandintensitet då det utdränerade vattnet tillförde energi till LNG-spillet som har en kokpunkt på $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Försöken visade att lättskum kunde utgöra ett bra skyddskoncept och på basis av försöken utarbetades dimensioneringsregler, mm. En nackdel med lättskum var dock att skummet hela tiden förbrukades av brandpåverkan och att det kunde åtgå stora mängder skum för att hålla en brand från ett större spill under kontroll en längre tid. Andra problem som uppmärksammades var att skumnedbrytningen ökade ytterligare i händelse av regn samt att problem uppstod med att skummet blåste bort vid högre vindhastigheter.

Mot denna bakgrund sökte man efter ett alternativt skyddskoncept som grundade sig på ett ”fast skum” bestående av ett obrännbart, fast material med låg densitet vilket skulle kunna placeras i invallningen och därmed utgöra ett permanent skydd. ”Skumtäcknet” skulle också kunna reduceras till i storleksordning 10-20 cm att jämföras med 1-2 m lättskum. Utgående från dessa önskemål gjordes valet att använda expanderat glas av typen FOAMGLAS[®] från Pittsburgh Corning. Med en densitet på ca 130 kg/m^3 var densiteten endast ca $1/3$ av densiteten hos LNG. Ytterligare fördelar var att cellstrukturen i princip var helt tät och att materialet hade en mjukningstemperatur på ca $730\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vid de försök som genomfördes användes dels ett material bestående av 20-40 mm kuber (förförsök) och dels ett spillmaterial i form av granulat med en storlek på ca 10-40 mm [8].

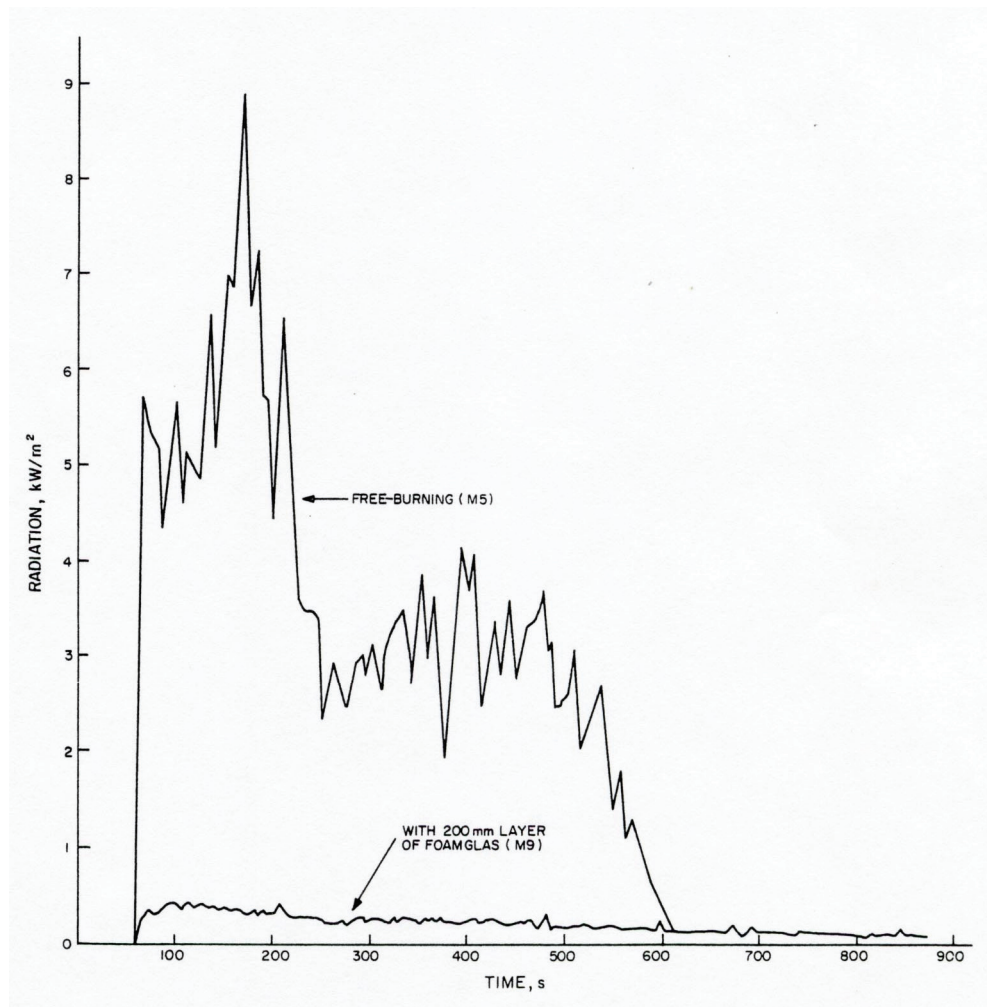
Två förförsök genomfördes först i bål med 1,8 m i diameter. Bålet placerades på lastceller för att kunna mäta avbrinningshastigheten och runt bålet placerades strålningsmätare. Försöket inleddes med ett 200 mm lager av expanderat glas varefter ett fribrinnande försök genomfördes. Avbrinningshastigheten uppmättes till ca $0,049\text{ kg/m}^2\text{ s}$ med expanderat glas respektive $0.59\text{ kg/m}^2\text{ s}$ vid fribrinnande förhållanden.

Vid förförsöken noterade man att det expanderade glasets eventuellt skulle kunna frysa fast vid botten på grund av den kraftiga nedkylningen från LNG-spillet, speciellt om marken eller granulaten var våta när spillet inträffade. Som en lösning på denna problematik förpackade man därför inför följande storskaliga försök granulaten i säckar av polyeten.

De storskaliga försöken omfattade fyra brandprov, två fribrinnande och två med expanderat glas, vilka genomfördes i en invallning av lera med måtten 6 x 6 m. I det första försöket med expanderat glas användes ett lager på ca 100 mm, där granulaten förpackats i säckar med måtten 160 mm x 600 mm. Ett avstånd på ca 20-50 mm lämnades mellan säckarna för att säkerställa ett fritt flöde för LNG-spillet. Ca 2000 kg med LNG användes vid försöket vilket motsvarade ett bränsledjup på ca 120-125 mm före antändning och ett fritt djup på ca 70-100 mm under säckarna. Trots att marken var mycket våt noterades inga problem utan samtliga säckar flöt upp till ytan. Strålningsmätningar på 27 m avstånd visade att maximal strålning uppgick till ca 12-17% jämfört med fribrinnande förhållanden.

Nästa försök genomfördes med ett 200 mm lager av expanderat glas med en granulatstorlek på ca 10-15 mm. Det expanderade glasets var förpackat i säckar med måtten 900 x 550 mm, placerade i fyra lager. Fria ”kanaler” mellan säckarna förhindrades genom att säckarna i varje lager vreds 90° i förhållande till varandra. Försöket var planerat att genomföras Januari men blev försenat med en dryg månad pga. tekniska problem. Detta medförde att leran i invallningen blivit mycket ”vattensjuk” och att en del säckar läckt in vatten. Tyvärr hade man inte tid att byta ut säckar, etc. utan försöket kördes ändå. 4000 kg LNG fylldes i invallningen vilken motsvarade ett bränsledjup på ca 200-250 mm före antändning. De flesta säckar flöt upp till ytan men ca 30-50% av säckarna i bottenlagret fastnade i ett lager av ca 50-100 mm frusen lera. Värmestrålningen

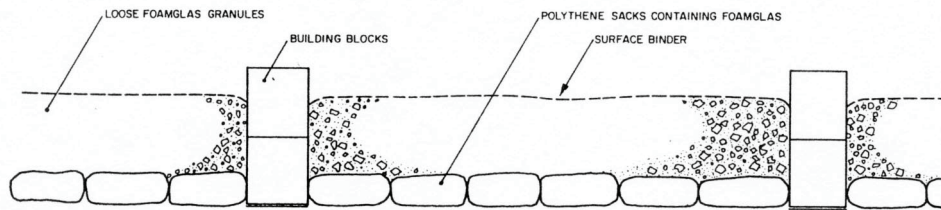
mättes på samma sätt som tidigare och i detta fall uppmättes en dämpning på ca 95% trots de besvärliga förutsättningarna, se Figur 3.



Figur 3 Uppmätt värmestrålning vid skydd av ett LNG-spill med 200 mm expanderat glas jämfört med fribrinnade förhållanden. Brandytan var 6 x 6 m och 4000 kg LNG användes i respektive försök. (Kopia av Figur 4 i ref [8], med tillåtelse från Springer Science and Business Media).

Slutsatsen från försöken var att ett lager på 200 mm expanderat glas gav ett mycket bra skydd och gav ungefär samma skyddseffekt som ett 1-2 m skumtäckte med lättskum. Försöken visade också att skyddseffekten var bestående under en lång tid och efter försöket konstaterades en mycket begränsad påverkan på det expanderade glaset och en stor del kunde återanvändas. Baserat på försöken utarbetades ett koncept för användning av expanderat glas i LNG-invallningar. Förslaget innebär att endast ett lager med säckar innehållande expanderat glas skulle placeras på invallningens botten. Därefter skulle 100-150 mm med löst granulat av expanderat glas fyllas ovanpå dessa för att uppnå en total tjocklek på minst 200 mm, se Figur 4. Eftersom densiteten hos det använda expanderade glaset var låg föreslog man också att spraya ytan med ett tunt lager av asfaltmassa för att undvika erosion av topplagret på grund av bl.a. vind. Asfaltmassan skulle dock inte vara helt tät utan att det medgav att regn eller bränsle kunde rinna ner till invallningens botten. För att bl.a. medge tillträde till invallningen föreslogs också att lägga upp rader med cementblock, som därmed kunde utgöra ”gångplattformer”. Man föreslog också att

placera någon form av nät på invallningens överkant för att hålla kvar det expanderade glaset i händelse av en överfyllnad.



Figur 4 Förslag till "installation" av expanderat glas i en LNG-invallning (skissen ej skalenlig) (Kopia av Figur 7 i ref [8], med tillåtelse från Springer Science and Business Media).

Slutsatsen från försöken var att expanderat glas hade många fördelar jämfört med konventionella brandskyddsåtgärder. Det utgör ett permanent passivt skydd och "installationen" är enkel och sannolikt betydligt billigare än konventionella metoder. Man noterar också att trots att försöken körts mot LNG, finns det inget som talar emot att även använda principen för andra bränsletyper. Även det expanderade glaset kan eventuellt ersättas mot andra produkter med liknande egenskaper om sådana dyker upp i en framtid.

Efter försöken installerades expanderat glas som brandskyddssystem vid en större LNG-terminal i Europa [9]. Trots de positiva resultaten verkar dock inte expanderat glas fått någon större genomslagskraft som skydd i LNG-anläggningar, utan i de flesta fall har sannolikt skyddet baserats på användning av lättskum. Under senare år har dock utbyggnader och ombyggnader av LNG-terminaler, i kombination med regelverk [10-11] som ger begränsningar i anläggningen inom områden där höga strålningsnivåer kan förväntas, skapat ett förnyat intresse för användning av expanderat glas. I oktober 2006 genomförde därför Pittsburgh Corning Corp. i samarbete med BP försök med FOAMGLAS® PFS i en invallning med måtten 3 x 3 x 1,2 m vid Texas A&M University i USA [9]. Det expanderade glaset, som hade formen av små kuber förpackade i plastförpackningar (se vidare kapitel 2.2), placerades ut i ett lager på invallningens botten (22 paket/m²). Dessutom placerades ytterligare ett lager i invallningens centrum som motsvarade 10% av mängden i bottenlagret. Tillsammans beräknades att detta efter antändning skulle skapa ett lager på ca 200 mm. LNG fylldes i invallningen och antändes vilket innebar att plasten runt paketen smälte och det expanderade glaset frigjordes. Skyddseffekten i form av reducerad strålningsintensitet och flammhöjd var mycket dramatisk. Även upprepade släckövningar genomfördes med pulversläckare och visade på mycket förenklade förutsättningar jämfört med fribrinnande förhållanden.

Under November 2007 genomfördes ytterligare ett försök i samarbete med Mary Kay O'Connor Process Safety Center (MKOPSC) vid Texas A&M University, denna gång i en ca 65 m² (ca 10 x 6,7 x 1,2 m) stor invallning [12-13]. Vid försöket simulerades ett kontinuerligt LNG-spill på ca 475 l/min (125 gpm) ner i invallningen under 60 min och totalt användes ca 28300 l (7477 gallons). Försöket var uppdelat i fyra faser med syfte att, 1) placera ut paketen med FOAMGLAS® PFS, 2) utvärdera reduktionen av den gasmolnbildning som erhålls vid ett spill, 3) utvärdera reduktionen av värmestrålningen mot omgivningen vid en brand samt, 4) utvärdera släckmöjligheterna med pulver. Fas 3 och 4 upprepades dessutom en gång innan försöket avbröts.

De slutsatser som drogs av försöken var att FOAMGLAS® PFS var effektiv när det gällde att kontrollera en spillbrand och bedömdes vara likvärdig eller t o m bättre än vad som kan åstadkommas med en kontinuerlig påföring av lättskum med en påföringshastighet på 10 l/m² min. Detta är baserat på att mängden expanderat glas vid försöken utgjordes av ett fullt lager plus ca 17% extra distribuerat över ytan som ett andra lager. Det noterades att

där det var dubbla lager så förhindrades antändning av plastemballaget i det undre lagret. Man drog därav slutsatsen att dubbla laget skulle ge ytterligare förbättrat skydd och skulle också kunna betraktas som en säkerhetsfaktor. Det expanderade glaset gav en skydd som inte medförde några påtagliga variationer i brandintensiteten och fungerar på ett säkert sätt utan att några ytterligare insatser eller ytterligare påföring behövs. Efter antändning kontrollerades brandintensiteten på mindre än 10 sekunder och även släckning kunde uppnås på mindre än 10 sekunder med ett pulveraggregat innehållande ca 55 kg. Man noterade vidare att FOAMGLAS® PFS inte var tillräckligt för att helt kontrollera en gasmolnsspridning. Det expanderade glaset ger en isolering och skyddar mot solinstrålning men tillför ingen värme till de bildade gaserna så att dessa får bättre lyftkraft vilket till viss del erhålls med lättskum. Man rekommenderar därför installation av både FOAMGLAS® PFS och lättskum för att åstadkomma ett maximerat skydd.

2 Expanderat glas – tillverkningsprocess, typer och användningsområden

Expanderat glas (skumglas, engelska cellular glass respektive foam glass) har funnits som en kommersiell produkt sedan 1930-talet. Vid den tiden användes endast rent glas som råvara. I dagsläget är sker tillverkningen genom utnyttjande av olika typer av returglas, i vissa fall upp till 98% i den färdiga produkten [14].

Grundprincipen för att tillverka expanderat glas bygger på att generera en gas inne i glaset vid en temperatur på mellan ca 700 °C och 900 °C genom tillsatts av ett jäsmedel. Genom gasbildningen skapas en cellstruktur och en porös produkt. Det expanderade glaset kan antingen tillverkas utifrån en smält glasmassa eller sintrade glaspartiklar. I det senare fallet måste glastråvaran vara blandat med jäsmedlet så att det expanderar vid uppvärmningen.

Tillverkningsprocesserna är ofta patentskyddade varför det är svårt att få fram detaljerad information om tillverkningsprocessen. En av de viktigare delarna i processen är att styra uppvärmningen så att jäsningen sker jämt i hela materialet. Vid 700-900 °C utgör den upphettade glasmassan en viskös vätska där jäsmedlet startar en gasbildning. Glasmassan måste ha tillräckligt hög viskositet så att gasbubblorna stannar kvar inne i glasmassan. Vid för hög temperatur stiger bubblorna till ytan och försvinner varvid glasmassan kollapsar igen. Ett annat problem för att nå en hög och jämn kvalitet är att styra uppvärmningshastigheten. För snabb uppvärmning kan ge upphov till sprickbildning medan en för långsam uppvärmning kan medföra att gasbildningsprocessen startar innan glasmassans viskositet blivit så låg att medger en expansion. I vissa fall kan den begränsade värmeledningsförmågan ner i inmatat råmaterial medföra en överhettning på ytan innan värmen når ner i underliggande material. Detta medför att ytan kollapsar och ger en ojämnhet i kvaliteten.

Som jäsmedel används bl a kalciumsulfat (CaSO_4) och kalciumkarbonat (CaCO_3). Även partikelstorleken hos jäsmedlet har en påverkan på den bildade cellstorleken och därmed det expanderade glasets karaktäristik och egenskaper. För att få en jämnare jäsprocess sker i vissa fall processen under ett svagt övertryck. Cellstorleken påverkar densiteten vilket i sin tur påverkar det expanderade glasets egenskaper. Lägre densitet, dvs större cellstorlek, innebär bättre isolerförmåga medan en liten cellstorlek innebär ökad tryckhållfasthet.

Expanderat glas tillverkas i princip i tre olika former:

1. **Lösa bitar (granulat)** av expanderat glas vilka bildas genom att glaset vid avsvälning spricker eller bryts sönder till bitar av varierande storlek och form. Kan till formen liknas vid makadam.
2. **Block, skivor, eller formade detaljer** där det expanderade glaset gjuts i formar och/eller ges en slutlig utformning genom att det kapas och formas till slutligt utseende.
3. **Pellets**, där processen kontinuerligt producerar sfäriska pellets i en pelletsmaskin med en efterföljande roterande ugn. Pelletsen används ofta som utgångsmaterial för tillverkning av olika typer av block, paneler, balkar, etc.

BRE-rapporten [14] hade som syfte att undersöka om det finns en potential för att utveckla marknaden för expanderat glas i UK genom att inleda tillverkning av produkter för byggnads/konstruktionssektorn. Rapporten ger en mycket bra överblick av marknaden, olika tillverkare, befintliga användningsområden, etc. och rekommenderas för den intresserade.

De två tillverkare som medverkat vid seminariet är HASOPOR Hammar AB, inriktad mot produktkategori 1 och Pittsburgh Corning, inriktad mot kategori 2 ovan och dess produkter och deras användningsområde beskrivs något utförligare i följande kapitel.

2.1 [®]HASOPOR Skumglas

[®]HASOPOR Skumglas är ett lättfyllnadsmaterial producerat av återvunnet glas [15] och utgör ett alternativ till användning av lättklinker och cellplast. Tillverkningen sker i en stor plan ugn där krossat returglas blandat med ett jäsmedel smälts och tillåts expandera. När den expanderade glasmassan lämnar ugnen och svalnar uppstår spänningar som gör att glasmassan spricker och bildar ett granulat med en storlek på ca 10-60 mm. De materialegenskaper som nämns vara av intresse för ett lättfyllnadsmaterial är:

- Låg densitet
- Isolerande
- Hög bärighet och stabilitet
- Dränerade
- Kapillärbrytande material.

Produkten tillverkas av HASOPOR Hammar AB och produktionen sker vid en fabrik i Hammar (Askersunds kommun) vilken är belägen i anslutning till Svensk Glasåtervinnings (SGÅ) anläggning. Inom HASOPOR-koncernen finns även en fabrik i Norge. Ca 80% av försäljningsvolymen går till större väg- och anläggningsprojekt medan resterande 20% används vid husprojekt och industribyggnation. Materialet kan levereras i storsäck (1,3 alt 3 m³) eller direkt i bulkform med en lastbil vilket medför ca 120-130 m³ per leverans. Den kvalitet som säljs i Sverige och som användes vid försöken är betecknad ”[®]HASOPOR Lätt”.

För mer information, se bilaga 1 respektive www.hasopor.se. Det finns även en handbok publicerad av Sveriges geotekniska institut (SGI) [16] där användningen av expanderat glas (skumglas) i mark och vägbyggnad beskrivs. Handboken ger en bra bild av produktens användningsområden och rekommendationer för olika utföranden samt en beskrivning av de egenskaper och kvalitetskrav som är viktiga i dessa sammanhang. I handboken berörs även återanvändning alternativt deponering, miljöpåverkan, etc.



Figur 5 [®]HASOPOR Skumglas är ett lättfyllnadsmaterial i granulatform med granulat med en storlek på ca 10-60 mm. Den kvalitet som användes vid försöken ([®]HASOPOR Lätt) har en korndensitet på ca 300 kg/m³ (torr) och en bulkdensitet på ca 180 kg/m³.

2.2 FOAMGLAS[®] PFS

Som tidigare beskrivits i kapitel 1.3 är FOAMGLAS[®] PFS en produkt speciellt framtagen som brandskydd vid spill av LNG. Produkten består av enskilda kuber med måtten 37 x 37 x 44 mm. Dessa förpackas i en plastförpackning bestående av krymplast och därefter dubbla lager av en UV-resistent PE-plast. Varje förpackning innehåller 125 kuber (staplade 5 x 5 x 5) vilket ger förpackningen en storlek av ca 190 x 190 x 235 mm. För leverans förpackas paketen i wellpapp-kartonger innehållande 18 paket.

För att erhålla optimal skydd i t ex en invallning skall paketen placeras jämte varandra så att de täcker hela ytan, vilket motsvarar 22 paket per m². Dessutom skall ytterligare 10 % placeras ut ovanpå bottenlagret vilket ger totalt ca 24,8 paket/m². För att inte förhindra dräneringen i invallningen rekommenderas att paketen placeras på ett metallnät eller motsvarande placerat ca 50 mm ovan invallningens bottenyta.

FOAMGLAS[®] PFS tillverkas av Pittsburgh Corning Corporation som internationellt sett är en av de ledande tillverkarna av isolermaterial gjort av expanderat glas och där FOAMGLAS[®] PFS endast utgör en mycket liten del av försäljningsvolymen. De primära produkterna är olika typer av högvärdiga isoleringsmaterial speciellt inriktat mot användning inom petrokemisk industri, både onshore och offshore. Isoleringen är användbar både inomhus och utomhus samt över och under mark. Materialet används dels i form av skivor eller block men även som formgjutna element för isolering av rör, rörböjar, ventiler, etc. De materialegenskaper som nämns vara av primärt intresse för dessa applikationer är bl a [17]:

- Temperaturanvändningsområde (kontinuerlig temperatur) från -268 °C till +468 °C.
- Helt impermiabelt, dvs motståndskraftigt både mot vatten och vattenånga
- Icke korrosivt
- Obrännbart, absorberar ej brännbara vätskor

- Resistent mot de flesta industriella reagenser
- Dimensionsstabil under stora temperatur- och fuktighetsområden
- Hög tryckhållfasthet
- Motståndskraftigt mot skadedjur, mikrober och mögel
- Innehåller inga fibrer, CFC eller HCFC

Tillverkningen av FOAMGLAS® PFS sker i USA. För mer information, se bilaga 2 respektive www.foamglas.com.



Figur 6 FOAMGLAS® PFS består av enskilda kuber med måtten 37 x 37 x 44 mm. Dessa förpackas i en plastförpackning bestående av dubbla lager av en UV-resistent PE-plast. Varje förpackning innehåller 125 kuber (staplade 5 x 5 x 5) vilket ger förpackningen en storlek av ca 190 x 190 x 235 mm. Ett paket väger ca 1,9 kg.

3 Resultat av demonstrationsförsök

Vid seminariet genomfördes fem demonstrationsförsök för att visa på den skyddseffekt som kan uppnås med expanderat glas. För att ge deltagarna en referens inleddes demonstrationen med ett fribrinnande försök. I det sista försöket påfördes expanderat glas på en redan brinnande yta.

Det fribrinnande försöket och de försök där ®HASOPOR Skumglas användes genomfördes i ett 1,73 m² bål. Vid försöket med FOAMGLAS® PFS användes ett kvadratisk bål med ytan 0,81m² (0,9 x 0,9 m) för att bättre passa till de kubiska plastförpackningarna.

I samtliga försök användes heptan som bränsle vilket placerades ovanpå en vattenbädd. Låg bränslenivå avser förhållanden där bränsle/vattenmängden var så begränsad att det expanderade glaslet ej flöt på vätskeytan.

För att dokumentera skillnaden i värmepåverkan från det fribrinnande bålet jämfört med försöken med expanderat glas mättes temperaturen vid sidan av bålet med en så kallad plattermometer [18-19]. Plattermometern monterades på 0,5 m avstånd och 0,2 m ovanför bålet kant överkant, se foto i Figur 7.



Figur 7 Försöksbål 1,73 m² med plattermometern monterad på 0,5 m avstånd till höger om bålet.

Plattermometern har utvecklats vid SP och består av en 0,7 mm tjock rostfri stålplåt, Inconel 600, med en frontyta med måtten 100 x 100 mm. Ett mantlat termoelement är svetsat i centrum av plåtens baksida som därefter isolerats. Plattermometern är känslig för både konvektiv värmeöverföring och värmepåverkan genom strålning. Detta innebär att temperaturen hos plattermometern på ett bra sätt representerar den termiska last som skulle kunna erhållas på motsvarande punkt.

Nedan summeras förutsättningarna för respektive försök samt gjorda observationer

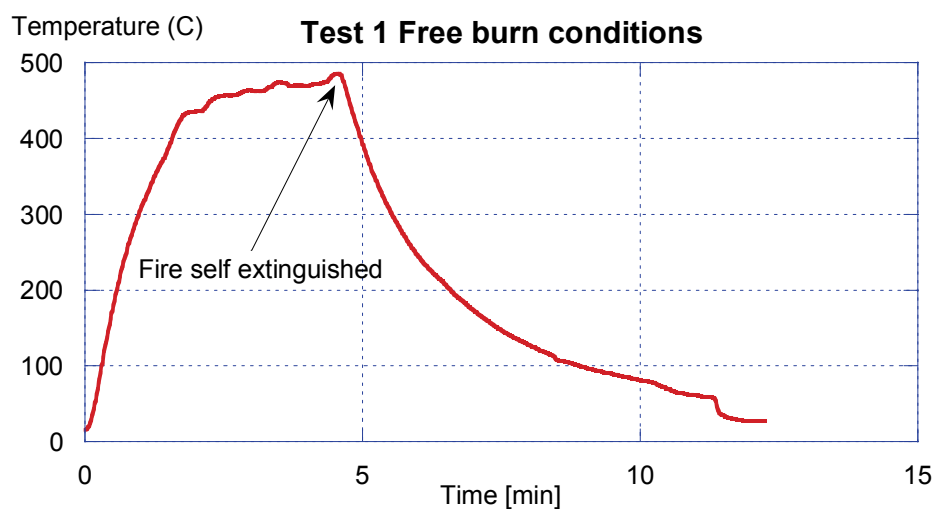
3.1 Fribrinnande försök

Bålet med heptan (30 L) antändes och branden uppnår full effekt inom ca 1 minut. Flamhöjden uppskattas till ca 5-7 m (se Figur 8) och värmestrålningen medförde att personer utan skyddsutrustning har svårt att vistas närmare än ca 8-10 m .

Som framgår av Figur 9 visar mätningarna med plattermometern (PTC) att temperaturen uppgick till ca 450 °C efter ca 2 minuter för att därefter sakta stiga till nästan 500 °C efter ca 4,5 minuter då bränslet började ta slut och brandintensiteten därmed successivt dämpades tills branden självlocknade. I en verklig brandsituation innebär detta att en icke kyld konstruktionsdel, t ex en icke fylld rörledning eller en tankvägg ovanför vätskenivån skulle kunna uppnå en temperatur av samma storleksordning, ca 400-500 °C. Detta innebär i sin tur en temperatur som ligger över termisk tändpunkt för många produkter betecknade som brandfarlig vara.



Figur 8 Vid det fribrinnande försöket var flammhöjden ca 5-7 m och bränslet förbrukades på knappt 5 min, dvs med en avbrinningshastighet på ca 4 mm/min vilket motsvarar en brandeffekt på ca 2,5-3 MW



Figur 9 Uppmätt temperatur med platttermometern 0,5 m från bålkanterna under fribrinnande förhållanden det 1,73 m² stora bålet.

3.2 Expanderat glas ([®]HASOPOR) – låg bränslenivå, 150 mm granulatbädd

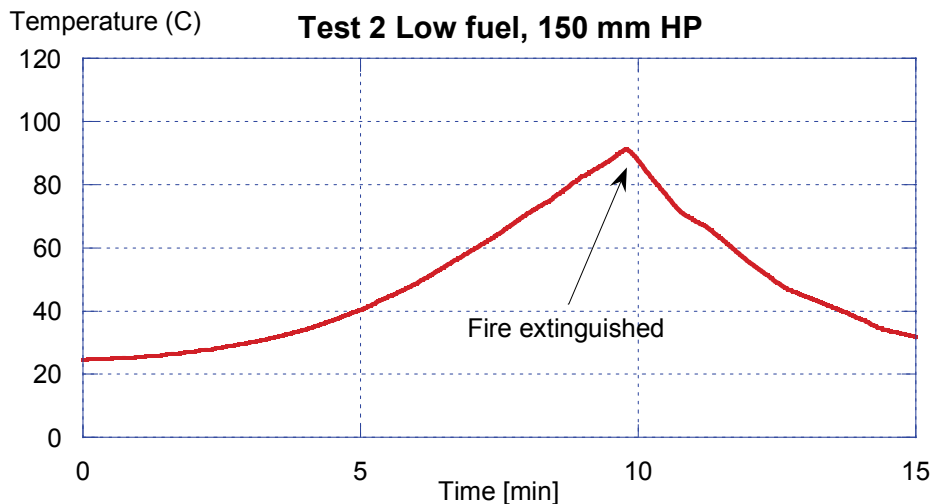
I detta försök (Test 2) hade ca 150 mm av expanderat glas placerats i bålet. Strax före försöket fylldes bålet med 25 L heptan längs bålkanterna. Heptan mängden motsvarar ett bränsledjup på ca 15 mm vid en fri vätskeyta och medförde i detta försök en höjdskillnad mellan vätskeytan och det expanderade glasets yta på ca 12 cm.

Några minuter efter fyllning av bränsle antändes bålet med en tändsticka. Bränsleångorna som fanns mellan granulatet antändes vilket resulterade i en mycket begränsad brand längs delar av bålkanterna med en flammhöjden på ca 0,2-0,3 m, se Figur 10. Efter ca 4 min noteras en mycket långsam ökning av branden, främst längs bålkanterna och maximal flammhöjd uppgår till ca 0,3- 0,5 m. Branden tilltar därefter sakta i intensitet fram till att branden släcks efter knappt 10 minuter. Branden omfattar då större delen av bålkanterna och har delvis också spridit sig lite in över bållytan. Flammhöjden uppskattas till ca 0,5-1,0 m.



Figur 10 Bilder från Test 2 som visar bålet strax efter tändning (vänster) samt efter ca 8 minuter från tändning (höger).

Brandförloppet avspeglas också av temperaturmätningarna i Figur 11 som visar på en långsamt tilltagande temperatur efter ca 4-5 minuter och som sedan ökat till ca 90 °C när provet avbröts. Jämfört med fribrinnande förhållanden var dock branden och därmed temperaturökningen fortfarande mycket begränsad.



Figur 11 Uppmätt temperatur med platttermometern vid försök med en bäddtjocklek av 150 mm [®]HASOPOR Skumglas som vilade på botten av bålet. Branden släcktes manuellt efter knappt 10 min.

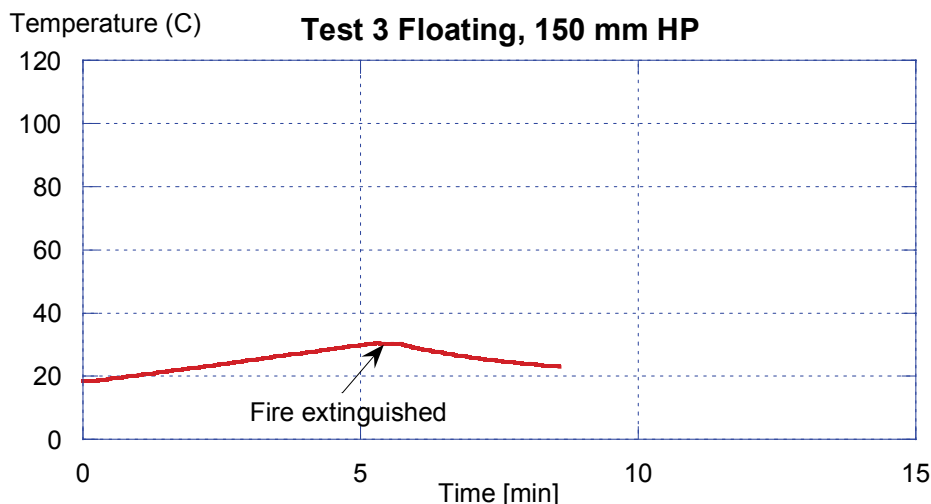
3.3 Expanderat glas ([®]HASOPOR) – flytande, 150 mm granulatbädd

Detta försök (Test 3) var en direkt fortsättning från föregående försök där den enda åtgärden var att fylla på vatten i bålet tills dess att det expanderade glasets flöt på bränsle/vattenbädden så att ytan hos det expanderade glasets var i nivå med bålets överkant. Detta medförde också att höjdskillnaden mellan bränsleytan och det expanderade glasets yta var mindre och uppgick till ca 6 cm.

Vid antändning erhöles inom några sekunder en mycket begränsad brand längs delar av balkanten med en flamhöjd på ca 0,2-0,3 m. Till skillnad från Test 2 kunde inte någon tydlig visuell tendens till förändring av brandintensiteten noteras varför branden släcktes efter drygt 5 minuter, se foton i Figur 12 och temperaturmätningar i Figur 13.



Figur 12 Bilder från Test 3 som visar bålet strax efter tändning (vänster) samt efter ca 3 minuter från tändning (höger)



Figur 13 Uppmätt temperatur med platttermometern vid försök med en bäddtjocklek av 150 mm [®]HASOPOR Skumglas som flöt ovanpå bränsle/vattenbädden så att dess yta var i nivå med bålkanten. Branden släcktes efter ca 5:30 min.

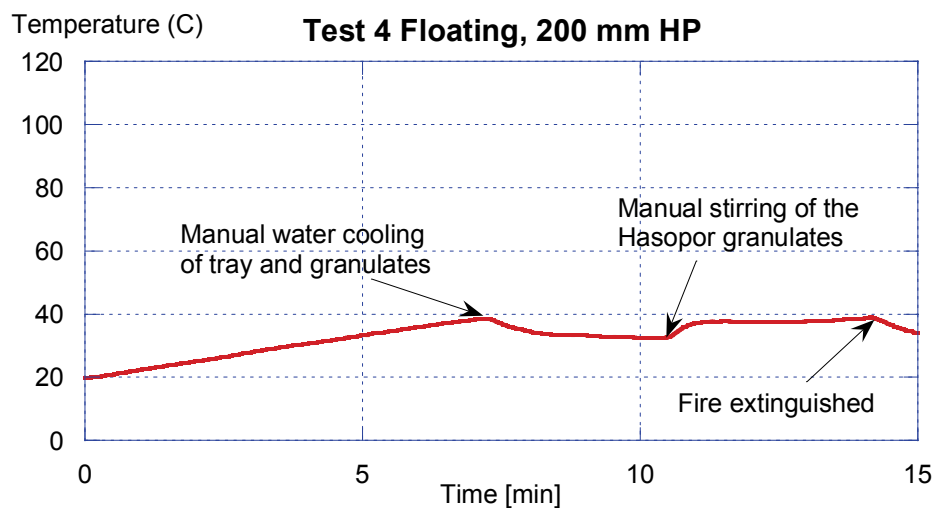
3.4 Expanderat glas ([®]HASOPOR) – flytande, 200 mm granulatbädd

Försöket (Test 4) var en direkt fortsättning av föregående försök där ytterligare ca 5 cm av expanderat glas fylldes på. För att fortfarande behålla ytan av det expanderade glaset i nivå med bålkanten tappades en del av vattenbädden i bålens botten av. Detta medförde att höjdskillnaden mellan bränslet och bäddens ovansida ökade något och uppgick till ca 8 cm.

Vid antändning erhöles inom några sekunder en mycket begränsad brand längs delar av bålkanten med en flamhöjd på ca 0,1-0,3 m, dvs i stort sett samma beteende som i föregående test, se Figur 14. Efter ca 4-5 minuter noteras en viss tendens till något ökad brandintensitet vilket också kan skönjas från temperaturmätningarna i Figur 15 främst beroende på en något ökad flamhöjd, ca 0,2-0,4 m, längs en något större stäcka utmed bålkanten. För att studera i vilken mån uppvärmning av framförallt bålkanten var orsaken till den något ökade intensiteten kylades delar av bålens kant samt granulatbädden med en spridd vattenstråle efter ca 7 minuter vilket snabbt resulterade i en minskad kantbrand. Det kunde dock noteras att branden sannolikt inte kunnat släckas med enbart vattenbegjutning då vattenplymen också ejekterar med luft som underhåller branden. När vattenbegjutningen avbröts efter ca 45 sekunder stabiliserade sig brandintensiteten åter på en låg nivå. Efter ca 10:30 min stördes granulatbädden genom att det expanderade glaset skyfflades undan från bålkanten in mot mitten av bålet under ca 15 sekunder. Detta medförde dels att bränsleytan blev helt exponerad en kort stund innan angränsande granulat flöt tillbaks och täckte ytan, dels att en hel del bränsle följde med skyffeln och på så sätt hamnade på ytan av det expanderade glaset. Brandintensiteten ökade därför snabbt med en flamhöjd på 1-1,5 m. När granulatbädden lämnades orörd igen stabiliserade sig branden igen. Branden släcktes manuellt efter ca 14 min.



Figur 14 Bilder från test 4 som visar bålet strax efter tändning (övre vänster), ca 4 minuter efter tändning (övre höger), efter ca 11 minuter då bädden stördes genom att skyffla undan expanderat glas (nedre vänster) samt efter ca 14 minuter då branden släcktes manuellt (nedre höger).



Figur 15 Uppmätt temperatur med platttermometern vid försök med en bäddtjocklek av ca 200 mm [®]HASOPOR Skumglas som flöt ovanpå bränsle/vattenbädden så att dess yta var i nivå med bälkanten. Vid ca 7 min kylde bälkanten och ytan med vatten och vid ca 10:30 stördes granulatbädden avsiktligt. Branden släcktes efter ca 14 min.

3.5 Expanderat glas (FOAMGLAS® PFS) – flytande

Eftersom FOAMGLAS® PFS är förpackade i kubiska plastförpackningar användes ett kvadratisk bål med en yta på 0,81 m² och kanthöjden 0,25 m. Bålets dimensioner var inte helt optimal för storleken på plastpaketen vilket medförde att det blev en fri yta på ca 10 cm längs ena bålkanterna när 12 paket placerats i bålet. För att kompensera för detta användes lösa kuber från ett öppnat paket vilka placerades längs denna kanten. Det var dock svårt att få samma ”tätpackning” som med de färdiga paketen vilket innebar en något sämre tätningsförmåga längs denna kanten. Vid försöket användes endast ett lager av paket utan de extra 10% såsom rekommenderas i verkliga installationer.

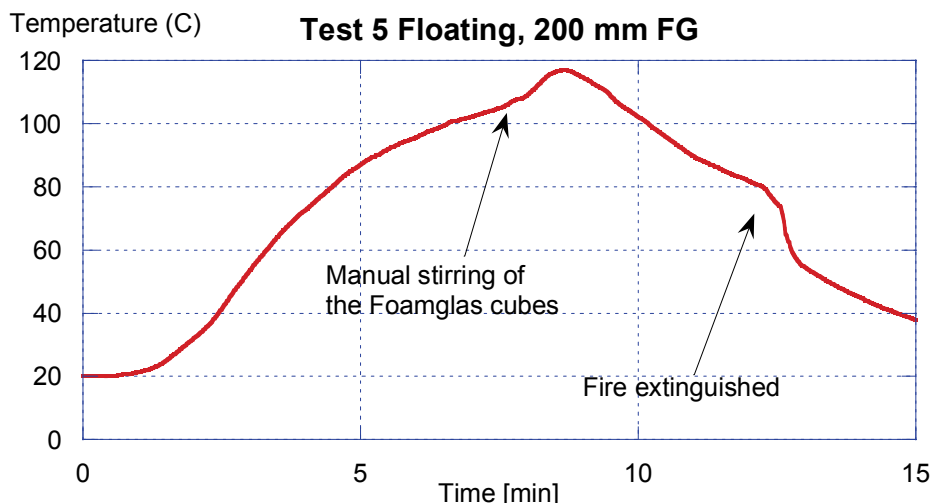
Bålet var fyllt med ca 16 L vatten och 8 L heptan vilket motsvarar ett totalt vätskedjup på ca 30 mm (20+10) under fria förhållanden. Detta innebär att det expanderade glaset kunde flyta fritt och att överkanten av paketen var i nivå med bålkanterna. Eftersom densiteten hos FOAMGLAS® PFS är lägre jämfört med HASOPOR Skumglas och att plastförpackningen i sig medför en ytterligare förstärkt flytkraft innebar detta att höjdskillnaden mellan bränsleytan och paketens ovansida var ca 16 cm.

Vid antändning erhöles en mycket begränsad brand längs delar av bålkanterna och mellan några av paketen med en flamhöjd på ca 0,1-0,3 m. Branden var främst lokaliserad till kanten där bålet tändes eftersom paketen inte slöt helt tätt mot bålkanterna, se Figur 16.



Figur 16 Bilder från test 5 som visar bålet ca 1 minut efter tändning (övre vänster), ca 7 minuter efter tändning (övre höger), efter ca 8 minuter då kuberna rörde runt för att täcka igen spalter mellan kuberna (nedre vänster) samt efter ca 12 minuter då branden släcktes manuellt (nedre höger).

Efter ca 1,5 min hade branden tilltagit något och spridit sig till ytterligare några spalter mellan paketen. Även emballageplasten hade antänts i några paket. Efter ytterligare ca 1 minut hade branden i emballageplasten spridit sig till ca hälften av paketen och låghöjden uppgick till ca 0,5-0,8 m. Branden tilltog därefter igen på grund av att plasten runt paketen antändes och brann upp. Branden tilltar därefter sakta i omfattning, troligen främst på grund av ökande brand i plastemballaget, se Figur 17. Efter ca 8 minuter skyfflades bädden av kuber runt för att täcka igen de spalter som uppstått mellan paketen vilket medförde en ytterligare ökad intensitet under några minuter men som sedan sakta reducerades igen. Branden släcktes efter drygt 12 minuter.



Figur 17 Uppmätt temperatur med platttermometern vid försök med ett lager av förpackad FOAMGLAS® PFS i ett 0,81 m² stort bål (OBS: Bålet ej optimalt för förpackningens mått).

3.6 Expanderat glas (®HASOPOR) – dämpning av brinnande yta

Syftet med detta försök var att se i vilken mån påföring av expanderat glas kan användas för att dämpa ner en redan full utvecklad vätskebrand. Försöket genomfördes i ett förhållandevis litet bål tillverkat av ett avkopat 200 l plåtfat (diameter 0,6 m, höjd 0,58 m) för att säkerställa att det expanderade glaset inte ”bottnade” vid påföringen. I detta försök användes ®HASOPOR Skumglas eftersom detta var i granulatform och då FOAMGLAS® PFS inte ansågs kunna ge ett representativt resultat i denna lilla försöksskala. I detta försök gjordes inga temperaturmätningar.

Vid försöket var bålet fyllt med 85 l (ca 30 cm) vatten och 6 l (ca 20 mm) heptan. Bålet antändes och efter en förbrinntid på ca 1 minut hölls ca 70 liter expanderat glas ner i det brinnande bålet under ca 10 sekunder, se Figur 18. Påförd mängd motsvarade en bäddtjocklek av ca 25 cm.

Före påföring var flamhöjden ca 1,5-2 m och ca 5-10 sekunder efter avslutad påföring var flamhöjden reducerad till ca 0,3-0,5 m. Inom de närmsta minuterna reducerades branden ytterligare något och kvarvarande flammor med en maximal höjd av ca 0,3 m var lokaliserade runt bålens kant.

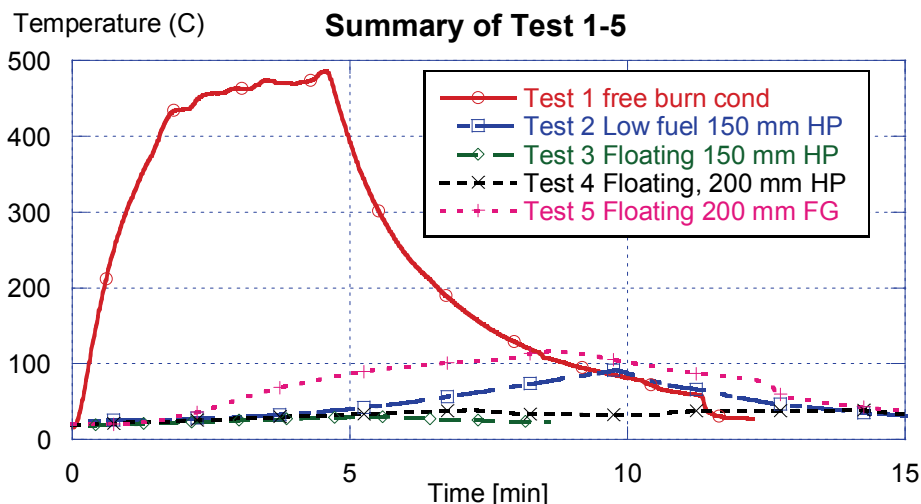


Figur 18 Bilder från Test 6 som visar när det expanderade glaset precis började fyllas på i bålet efter 1 minuts förbrinntid (vänster) och mindre än 1 minut senare när branden dämpats ner (höger).

3.7 Kommentarer till försöksresultaten

Det fribrinnande försöket (Test 1) visade tydligt på den snabba brandutveckling och värmepåverkan som en fribrinnande bränsleyta medför. Trots bålets begränsade storlek innebar det att närvarande deltagare fick stå på ca 8-10 m avstånd för att uthärda värmestrålningen.

De efterföljande försöken (Test 2-5) med expanderat glas visade på ett mycket tydligt sätt den markanta dämpning av brandintensiteten som kan erhållas med ca 150- 200 mm expanderat glas, se Figur 19. Vid dessa försök var flamhöjden mycket begränsad, inledningsvis till mindre än 0,2-0,3 m och i de flesta fall främst lokaliserade till bålets kanter.



Figur 19 Jämförelse av uppmätt temperatur vid sidan av bålet, dels vid fribrinnande förhållanden och del med bränsleytan skyddad av expanderat glas under några olika förutsättningar (Test 2-5).

Vissa skillnader kunde dock noteras mellan de olika försöken. Vid Test 2, där bränslet var placerats på bålets botten, erhöles en långsamt tilltagande brand, främst längs bålets

kanter. Orsaken till detta var sannolikt att lågorna längs balkanten gav en direkt påverkan på den exponerade delen av plåten som var belägen ovanför granulatbädden vilken värmdes upp och transporterade ner värme till bränslet som i sin tur ökade förångningshastigheten något, vilket gav något förhöjd brandintensitet, osv.

I Test 3 och 4, där bädden av expanderat glas flöt på bränsle/vattenbädden, var branden ännu mer dämpad och tendensen till ökad intensitet under försöksförloppet var betydligt mindre. I detta fall var alltså balkanten inte direkt exponerad för flammorna och vatten/bränslebädden var högre vilket medförde bättre kylförmåga av balkanten. I Test 4 framgår också granulatbäddens "självläkande" förmåga då man försökte skyffla undan skumglasets längs kanterna men där detta snabbt flöt tillbaks och dämpade branden igen.

I Test 5 med FOAMGLAS® PFS så framgår det tydligt att det är viktigt med tätpackning av paketen. Direkt efter antändning var branden mycket begränsad där paketen var packade men den brand som uppstod medförde efter hand att emballageplasten runt paketen antändes vilket medförde en ökad brandintensitet i sig. När plasten brunnit undan uppstod spalter på någon/några centimeter mellan paketen vilket i sin tur medförde att även bränsleångorna kunde bidra till en ökad intensitet. Genom att röra om i kuberna kunde dessa spalter delvis tätas men bålens storlek var för liten för att ge helt rättvisande resultat.

I Test 6 framgick också att påföring av expanderat glas på en redan brinnande yta mycket snabbt kan dämpa ner intensiteten och därmed underlätta taktiska släckinsatser. Det använda försöksbålet var dock mycket litet och gav inga svar på granulatens förmåga att flyta ut över en större yta på egen hand. Påföringsmetodiken är naturligtvis också något som måste utvecklas för en praktisk tillämpning.

4 Synpunkter från diskussioner vid seminarium

Generellt sett visade demonstrationsförsöken mycket tydligt på den brandskyddseffekt som expanderat glas kan ge. Vid den diskussionen som följde efter genomförda demonstrationsförsök togs ett antal frågeställningar upp vilka sammanfattas nedan.

Summeringen skall inte ses som ett protokoll av förda diskussioner utan snarare en sammanfattning av de frågor som berördes och som framförallt ansågs viktiga för en mer generell användning.

4.1 Materialbeständighet hos expanderat glas

Vattenabsorption är kanske den viktigaste frågan som berördes mest eftersom produkten vid användning utomhus kommer att vara utsatt för nederbörd. Expanderat glas har generellt sett mycket låg vattenabsorption. Enligt data gällande [®]HASOPOR Skumglas [15] uppgår vattenupptagningen i deras produkter till ca 30%-vikt efter 28 dygn och 40-50 %-vikt efter 68 dygn fullständigt nedsänkt i vatten. Detta kommer att ha en viss påverkan på flytförmågan och därmed också skyddseffekten men å andra sidan återspeglar dessa provningsförutsättningar en mycket extrem situation som inte skall kunna uppkomma i t ex cisterninvallningar som regelbundet skall tömmas på vatten.

När det gäller FOAMGLAS[®] PFS är produkten enligt uppgift helt impermiabel. Frågeställningen har dessutom inte samma relevans då det expanderade glaset är förpackade en tät plastförpackning. Motivet till förpackat material var bl a att undvika fastfrysning i invallningsbotten vilket kan både orsakas av kallt väder men även av LNG-spillet i sig (se kapitel 1.4).

En viktig fråga är alltså om det verkligen föreligger behov av förpackat material då detta sannolikt ökar kostnaden. Möjligheten av att ytelägga det expanderade glaset var också en frågeställning som diskuterades som en lösning om det skulle behövas. Vattenabsorption är alltså en fråga som behöver utredas ytterligare under gällande användningsförutsättningar.

4.2 Optimering som brandskyddsapplikation

När det gäller utformningen av produkten för bästa skyddsförmåga så skiljer sig förutsättningarna beroende på hur materialet hanteras. För optimal funktion vid hantering i bulkform vore det önskvärd med sfäriska granulat/partiklar för att ge minsta möjliga porositet samtidigt som utflytningsförmågan optimeras.

FOAMGLAS[®] PFS är den produkt som är speciellt framtagen för en brandskyddsapplikation och då specifikt för skydd i LNG-invallningar. Genom sin paketering kan produkten placeras ut på ett väldefinierat sätt. Kuberna av expanderat glas inne i paketen innebär en mycket tät packning inne i paketet men spalter uppstår mellan paketen när emballageplasten brunnit av vilket medför ett visst genomsläpp av bränsleångor. En förutsättning för en bra funktion är således att paketen staplas tätt i enlighet med givna installationsrekommendationer.

[®]HASOPOR är primärt framtagen som lättfyllnadsmaterial och en av de primära önskemålen är då att fyllnadsmaterialet skall ge bra stabilitet. Den oregelbundna form

som granulatet har är därför mycket bra ur denna synpunkt men innebär samtidigt sannolikt en begränsad utflytningsförmåga.

Tillverkning av expanderat glas i form av sfäriska pellets finns, bl a i Tyskland, där användningen främst är inriktad mot tillverkning av t ex murblock.

Densiteten hos det expanderade glaset i förhållande till densiteten hos den aktuella brandfarliga varan kommer också påverka skyddsfunktionen då det kommer att styra hur djupt glaset sjunker ner i bränslet, se Figur 20. En låg densitet innebär att höjdskillnaden mellan bränsleytan och glasbädden överkant ökar och innebär sannolikt att tjockleken hos den bädd av expanderat glas som läggs ut eventuellt kan reduceras.

Densiteten hos det expanderade glaset har också en påverkan på materialets tryckhållfasthet. Detta innebär att en låg densitet också innebär ett ömtåligare material vilket kan påverka användningen och tillgängligheten av skyddade områden. En för låg densitet kan också innebära problem med vindpåverkan och att det expanderade glaset blåser bort.

En ytterligare optimering av skumglas är således sannolikt möjlig, både avseende form, densitet, erforderlig bäddtjocklek och hållfasthet.



Figur 20 Foto som visar flytförmågan på vatten för [®]HASOPOR Lätt respektive FOAMGLAS[®] PFS (endast kuber).

4.3 Praktisk användning

De praktiska aspekterna vid användning av expanderat glas, t.ex. i en invallning är naturligtvis mycket viktiga. Åtkomst till utrustning inne i invallningen måste säkerställas samtidigt som möjlighet till visuell inspektion av eventuella läckage är viktigt. I många fall behövs tillträde/ tillsyn dagligen i andra fall veckovis eller med längre intervall. Det expanderade glasets hållfasthet är här avgörande för om man t ex kan gå direkt på glasbädden eller om det behövs någon form av gångplattformar. Risk för personal på grund av halka, ökad fallrisk, etc. är också farhågor som skall beaktas. Aspekter såsom nedsmutsning och rengörning från t ex ansamlade löv eller andra föroreningar, frysrisk vintertid som gör att en del av det expanderade glaset kan frysa fast i botten med därmed minskad effektivitet är också faktorer som behöver utvärderas. Även det expanderade glasets åldringsegenskaper väcker frågor, t ex om glasbädden behöver bytas ut efter ett visst antal år. Vissa cisterner står ej i invallningar i dagsläget och kostnaden för att bygga nya invallningar måste då också beaktas och jämföras mot andra lösningar.

Till viss del finns erfarenheter från de existerande användningsområdena av expanderat glas men det föreligger ett stort behov av att kunna utvärdera ovan nämnda praktiska effekter i fält under olika årstider, dels för att identifiera om det verkligen är problem och i så fall hitta relevanta lösningar.

4.4 Regelverk

Eftersom det expanderat glaset tar upp en viss volym innan glasbädden börjar flyta innebär detta att invallningsvolymen kan påverkas. Störst inverkan erhålls naturligtvis på stora invallningsytor där invallningsdjupet är relativt begränsat ("låginvallningar") medan inverkan blir relativt marginell vid "höginvallningar", t ex betonginvallning runt en enskild cistern. I vilken mån detta skulle kunna innebära att invallningsvolymen behöver utökas kan man inte svara på generellt från myndighetshåll utan behöver beaktas från fall till fall där man väger konsekvenserna av en fullt utvecklad brand gentemot en skyddad invallning men med något för liten volym. I vissa fall kan det sannolikt finnas behov av att montera någon form av nät på invallningskanten för att förhindra att glaset rinner över vid en helt vätskefylld invallning.

4.5 Utökade användningsområden

Detta var en fråga bara berördes marginellt vid seminariet, bl a genom det förenklade demonstrationsförsöket där expanderat glas fördes på en brinnande yta. Den största utmaningen ligger sannolikt i att kunna föra på det expanderade glaset under brandförhållanden och att få detta att flyta ut. Användning av expanderat glas i form av sfäriska pellets skulle dock kunna möjliggöra transport och påföring med hjälp av bulkbil med ett pneumatiskt transportsystem.

Att använda expanderat glas som ett permanent skydd av en produkt, motsvarande t ex ett inre flytande tak i en cistern är sannolikt, i varje fall i dagsläget, ett lågprioriterat användningsområde och som kräver betydligt mer kunskap om absorption av bränsle, hållfasthet, behov av emballering, risk för förorening av produkten, etc.

5 Förslag till fortsatta insatser

Demonstrationsförsöken och tidigare genomförd försök av bl a Shell Research och Pittsburgh Corning visar på ett mycket tydligt sätt den brandskyddseffekt som kan uppnås med expanderat glas.

Diskussionerna på seminariet visar dock att det finns flera frågeställningar som behöver utredas för att nå en mer generell tillämpning av expanderat glas som ett alternativt brandskyddskoncept. Det finns också potential för utveckling för att nå ännu bättre skyddseffekt och utökade användningsområden.

De aspekter som i ett första steg bör utredas vidare i ett eventuellt framtida projekt är:

- Vattenabsorption under realistiska förhållanden.
- Inverkan av olika egenskaper för expanderat glas (storlek, form, densitet, porstorlek, bäddtjocklek), olika egenskaper hos bränslen (densitet, ångtryck, flampunkt) samt samverkanseffekter mellan dessa egenskaper (kapillär stighöjd, flytförmåga) och hur dessa påverkar skyddsfunktionen.
- Skaffa erfarenheter från praktisk användning, både avseende fysisk påverkan av väder/vind/temperatur, etc. samt praktiska användaraspekter (tillgänglighet, inspektionsmöjligheter, bärighet/hållfasthet, etc)
- Utflytbarhet och möjligheten av att påföra expanderat glas på en fullt utvecklad brand

Syftet med fortsatta insatser är att ta fram underlag till rekommendationer som sedan kan ligga till grund för bl a riskanalyser och tillhörande kostnad/nytta-analyser i förhållande till andra tänkbara åtgärder.

6 Referenser

1. Persson, H., et al., *Sammansättning och antändningsegenskaper hos bränsleångor i tankar innehållande E85*. 2007, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut: Borås.
2. Johansson, O., *SKANDIA försök i Loddby, Video tape och personlig kommunikation*.
3. Euro-Matic. *Hollow Plastic Balls for Industrial Applications*. 20100527]; Available from: www.euro-matic.com/hollow.html.
4. Lönnermark, A., et al. *Fire suppression and structure protection for cargo train tunnels: Macadam and HotFoam*. in *3rd International Symposium on Safety and Security in Tunnels (ISTSS 2008)*. 2008. Stockholm, Sweden: SP Technical Research Institute of Sweden.
5. Lönnermark, A. and H. Persson, *Makadam i tunnlar begränsar vätskebränders intensitet*. BrandPosten, 2008(38): p. pp 18-19.
6. FTC. *EXPLO Control & EXCO*. 20100527]; Available from: www.ftcoiltrading.com/petrexco.htm.
7. Lev, Y., *The Use of Foam for LNG Fire Fighting*. Fire Technology, 1981. **17**, no 1: p. 17-24.
8. Lev, Y., *A Novel Method for Controlling LNG Pool Fires*. Fire Technology, 1981. **17**, no 4: p. 275-284.

9. Waaks, N., *Cellular Glass Insulation*, Neal Waaks, Pittsburgh Corning Corp., USA, explores the use of cellular glass insulation for pool fire suppression in LNG facilities. LNG INDUSTRY Autumn 2007, 2007.
10. NFPA 59A: *Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)*, 2009 Edition.
11. EN1473:2007, *Installation and equipment for liquefied natural gas. Design of onshore installations*.
12. Suardin, J.A., Cormier, B.R., Rana, M., Zhang, Y., Mannan, M.S., *Foamglas PFS Application on LNG, Experimental Report, May 1, 2008*. 2008, Mary Kay O'Connor Process Safety Center (MKOPSC), Texas Texas A&M University.
13. Suardin, J.A., Cormier, B.R., Rana, M., Zhang, Y., Mannan, M.S., *Foamglas Pool Fire Suppression (PFS) Application on LNG*, Mary Kay O'Connor Process Safety Center (MKOPSC), Texas Texas A&M University.
14. Hurley, J., *A UK Market Survey for Foam Glass*. 2003, BRE.
15. HASPOR NYTT Nr 1-2008, Hasopor Hammar AB.
16. Eriksson, L., Hägglund, J., *Handbok- Skumglas i mark- och vägbyggnad*. 2008, SGI Statens Geologiska Institut.
17. *FOAMGLAS Insulation Systems for Industrial Applications with operating temperatures of -450F to +900F (-268C to +482C)*, Pittsburgh Corning FOAMGLAS Insulation.
18. Wickström, U., *The Plate Thermometer - A simple Instrument for Reaching Harmonized Fire Resistance Tests*. 1989, SP Swedish National Testing and Research Institute: Borås, Sweden.
19. Wickström, U., *The Plate Thermometer - A Simple Instrument for Reaching Harmonized Fire Resistance Tests*. Fire Technology, 1994(Second Quarter): p. 195-208.

**Egenskaper [®]HASOPOR****[®]HASOPOR lätt****[®]HASOPOR standard**

Kornstorlek	10-50 mm [EN 933-1/EN 933-2]	10-50 mm [EN 933-1/EN 933-2]
Torr densitet, lös packning	180 kg/m ³ [EN 1097-3]	225 kg/m ³ [EN 1097-3]
Dimensionerande densitet, γ^*	3,5 kN/m ³	4,0 kN/m ³
Dimensionerande densitet, γ^{**}	2,7 kN/m ³	3,4 kN/m ³
Inre friktionsvinkel, ϕ för vertikala laster ≤ 120 KPa. Stor statisk treaxialtest	44.5°	-
* Dim. Densitet enligt Håndbok 018 Vegbygging (Statens Vegvesen). ** Dim. Densitet, Vatteninnehåll 30 vikt% (28 dagar nedsänkt i vatten enligt EN 12087). Packningsgrad 1.15.		

Deklarerad Värmekonduktivitet, [λ_D], Torrt material.	0,102 W/mK Packning 15% [EN 12667 & EN 10456]	0,110 W/mK Packning 25% [EN 12667 & EN 10456]									
Korrigerad Värmekonduktivitet [λ], Våt, 25 vikt% fukt.	0,129 W/mK Packning 15% [EN 12667]	0,145 W/mK Packning 25% [EN 12667]									
Kapillärt vattenuppsug efter 50 veckor. Packning 30%	3,9 kg/m ² [EN 1097-10]	12,3 kg/m ² [EN 1097-10]									
Kapillär stighöjd.	< 120 mm [EN 1097-10]	< 170 mm [EN 1097-10]									
Vattenuppsug efter 28 dygn fullständigt nedsänkt i vatten.	31 vikt% [EN 12087]	30 vikt% [EN 12087]									
Långtids (68 veckor) vattenuppsug fullständigt nedsänkt i vatten.	40 vikt% [EN 12087]	50 vikt% [EN 12087]									
Töjning och kryptöjning vid olika spänningsnivåer baserat på prENV 1997-2, Stor Ödometer. Omeddelbar töjning efter dag 1: Kryptöjning från dag 1 och 50 år fram i tid:	<table> <tr> <td>80 KPa</td><td>150 KPa</td><td>250 KPa</td></tr> <tr> <td>2.4 %</td><td>5.1 %</td><td>9.0 %</td></tr> <tr> <td>0.17 %</td><td>0.31 %</td><td>0.60 %</td></tr> </table>	80 KPa	150 KPa	250 KPa	2.4 %	5.1 %	9.0 %	0.17 %	0.31 %	0.60 %	Töjning och kryptöjning för [®] HASOPOR standard ansees vara lika eller bättre en för [®] HASOPOR lätt.
80 KPa	150 KPa	250 KPa									
2.4 %	5.1 %	9.0 %									
0.17 %	0.31 %	0.60 %									
Krossmotstånd vid 20% deformation. [Lös packning]	0.77 N/mm ² [EN 13055-1]	0.92 N/mm ² [EN 13055-1]									
Motstånd mot frysning och tining. - Reduktion i ödometermodul. - Visuellt observerad av sprickor eller sönderfall.		Nej Nej [EN 12091]									
Styvhetsmodul, (dynamiska triaxialförsök)		E-modul $\geq 90\%$ av ett förstärkningslager. Max. Dynamisk vertikal last på toppen av [®] HASOPOR ≤ 75 KPa [prEN 13286-7]									

FOAMGLAS® PFS Pool Fire Suppressant PRODUCT DATA SHEET

FOAMGLAS®
Industry

IMPORTANT: MATERIAL SAFETY DATA SHEETS ARE AVAILABLE AND SHOULD BE READ BEFORE USING THIS PRODUCT.

DESCRIPTION:

FOAMGLAS® PFS Pool Fire Suppressant is a pre-packaged insulation dispersal unit (bag) constructed using multiple pieces of FOAMGLAS® insulation, shrink wrapped and covered in a UV resistant polyethylene bag.

Made of glass without fillers or binders, cellular glass insulation, the core material of the FOAMGLAS® PFS Pool Fire Suppressant, is inorganic and consequently entirely non-flammable. The closed cell structure of cellular glass makes it impermeable to moisture in both liquid and vapor form. This has led to the wide use of cellular glass insulation on piping and equipment requiring fire protection.

Cellular glass also has low coefficients of expansion and thermal conductivity. This unique combination of properties - closed cell structure, inorganic composition and low coefficient of expansion – also renders the material a particularly effective tool for use in LNG pool fire suppression. These properties result in a material that maintains its buoyancy despite extreme temperature conditions. Because it is entirely inorganic, in the event of a pool fire, cellular glass will not burn or produce smoke.

HOW IT WORKS:

When the FOAMGLAS® PFS Pool Fire Suppressant units are in place, during an LNG pool fire the polyethylene bag and shrink wrap are consumed. This releases the individual pieces of FOAMGLAS® insulation which float on the surface of the liquid. As the pieces of insulation spread over the surface of the LNG, the surface area available to the fire for burning is reduced. Flame height and thermal radiation is reduced as a result. Test results have shown that the presence of 200mm (7.9 in.) of cellular glass on the pool surface can achieve up to 95% reduction in thermal radiation, and facilitates extinguishing the fire using appropriate fire control systems.



*TYPICAL PROPERTIES:

PROPERTY	
Color:	Green
Density kg/m ³ (lbs/ft ³):	112 (7.0) ± 5%
Dimensions mm: (in.):	194 x 220 x 191 7.62 x 8.66 x 7.50
Required Units per m ² (ft ²):	24.8 (2.3)
Target Depth of Units mm (in.):	200mm (7.9)

* Properties subject to change. Consult Pittsburgh Corning Corporation

SURFACE PREPARATION:

FOAMGLAS® PFS must be installed such that the bottom of the spill containment area is covered with approximately 22 units per m² FOAMGLAS® PFS units (2 units per ft²) plus 10% additional on top of the bottom layer for an approximate total of 24.8 units per m² (2.3 units per ft²). To allow for proper drainage of rain or other water such as deluge system water that may enter the containment area, FOAMGLAS® PFS shall be installed over an elevated metal grate. The grate shall be elevated a minimum of 5 cm (2 in.) or a height sufficient to allow for the maximum expected depth of storm or deluge water.

APPLICATION:

Starting at one end of the spill containment pit, place the FOAMGLAS® PFS units in loose rows to the ratio of 22 FOAMGLAS® PFS units per m² (2 units per ft²). Place the FOAMGLAS® PFS units directly on the metal grate, with the bag seal on top. Allow

FOAMGLAS® PFS Pool Fire Suppressant PRODUCT DATA SHEET

approximately 25mm (1 in.) of space between each bag. Continue with subsequent rows as above, placing FOAMGLAS® PFS units approximately 25mm (1 in.) apart and allow approximately 25mm (1 in.) between rows until the entire bottom of the containment pit is lined with FOAMGLAS® PFS units. Starting from the center of the containment pit, install the remaining FOAMGLAS® PFS units over top of the rows previously installed, so that the remaining units are centered in the containment pit. For further details see Pittsburgh Corning Corporation Specification for Installation of FOAMGLAS® (PFS) Pool Fire Suppressant (I-PFS-07-06-01).

PACKAGING:

LCL carton – 18 Units per carton

This product data sheet was prepared by Pittsburgh Corning Corporation using generally accepted and appropriate technical information and is not intended to be solely relied upon for specific design or technical applications. All statements are given in good faith but their accuracy and completeness are not guaranteed. They do not constitute and shall not be deemed to make any warranty or representation as to quality, merchantability or fitness for a particular purpose. All products are sold subject to the seller's Standard Terms and Conditions of Sale, which are available on request. Pittsburgh Corning has no control over the elements of design, installation, workmanship or site conditions. Accordingly, the user shall determine the suitability of the products for their intended use prior to purchase and shall assume all risk and liability in connection therewith. Pittsburgh Corning disclaims all liability potentially arising from the use or misuse of this specification. The information contained herein is under constant review and subject to change from time to time.

FOAMGLAS® is a federally registered trademark owned by Pittsburgh Corning Corporation

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 9000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och sex dotterbolag varav CBI, Glafo och JTI ägs till 60 % av SP och 40 % av industrin.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

SP Rapport 2010:40

ISBN 978-91-86319-77-9

ISSN 0284-5172