

J

Lättbetong med expanderad polystyren som ballast

En förstudie

Christer Molin
Björn Syvertsen

Förord

Studien har finansierats av SBUF, utvecklingsanslag nr 11175.

Vi vill framföra ett tack till följande personer för värdefulla erfarenheter:

Mikael Wänqvist, EPS Cement AB

Anders Wikström, Inventa i Norrköping AB (Thermozell)

Benny Björk, Byggmästare i Falun AB

Ignacy Jakubowicz SP Polymerteknik i Borås

Folke Björk, KTH avd. byggt teknik (polymerkemi)

Nacka den 31 mars 2003

Björn Syvertsen
Projektledare (Betongteknik AB)

Christer Molin
Utredningsman (egen konsultverksamhet)

Innehållsförteckning

Förord	2
Bakgrund	4
Syfte	5
Tillverkning av expanderad polystyren	5
Tillverkning av polystyrenballast	5
Blandning och gjutning	6
Litteraturgenomgång	6
Iakttagelser under platsbesök	10
Diskussion	12
Sammanfattande råd, omdömen och kommentarer vid en husentreprenad	15
FoU-behov	16
Litteraturförteckning	16

Bilagor

1. Fotografier
2. SP-rapport, Återvunnen EPS som ballast

Bakgrund

Cellplast har använts under några årtionden i byggbranschen som isoleringsmaterial. Den har dock brukats som emballage under längre tid.

Cellplast är ett samlingsnamn för: vinylcellplast (PVC), uretancellplast (PUR), styrencellplast (EPS) och fenolcellplast (PF).

I denna studie beaktas expanderad polystyren (EPS) som ballast till lättbetong. Polystyrenen expanderas med pentangas. Materialet jäses upp femtio gånger med hjälp av vattenånga. EPS består till 98 % av luft, som är innesluten i små celler. Hållfastheten är låg 0,5–2 MPa, mätt vid 10 % deformation.

Det finns ett överskott av förbrukad EPS på marknaden. Materialet är lätt och hydrofobt och har för ett isolermaterial hyfsad hållfasthet. Det borde därför vara en tilltalande tanke att återanvända materialet som lätt ballast i betong. Särskilt som materialet uppges vara mindre störande på hälsa och miljö än många andra plaster.

I denna studie kallar vi blandningen av kulor av expanderad polystyren, cement och vatten för EPS-betong. Fingrus kan eventuellt ingå i mindre mängd.

EPS-betong har börjat användas som bjälklagsfyllning, platta på mark och andra markarbeten

Det råder emellertid en viss osäkerhet på marknaden vad materialet egentligen går för:

- Leverantörerna har inte ännu utfört tillgängliga systematiska provningar av alla relevanta materialegenskaper.
- Kvalitetskontrollen vid EPS-kulestillverkningen och blandningsproceduren på platsen samt uppumpningen av det färdiga materialet till gjutstället är inte helt färdigutvecklade.
- En del skadefall har inträffat med sättningar och sprickor som följd. Orsaken är ej helt klarlagd, är det blandnings- och transportutrustningen, gjutningen eller själva materialet som spökar?
- EPS i sig har små emissioner. När den blandas med det alkaliska cementet och vattnet kan emissioner tillkomma, som förmodligen avtar först efter tillräcklig uttorkning.
- Hur kan EPS-betong i sin tur återanvändas? Kan de vitt skilda materialen skiljas åt?

Det finns ett tydligt intresse bland golventreprenörer och andra att använda EPS-betong. Den är lätt, gjutbar och avjämningsbar. Man kan såga, borra och spika i materialet.

Dagens leverantörer av materialet är små och har begränsade resurser för kvalitetskontroll och produktutveckling av material- och produktionsteknik.

Syfte

Studien syftar till belysning av dagens kunnande om lättbetong med expanderad polystyren som ballast i Sverige men också i viss mån utomlands.

Nomenklatur

Lättbetong med expanderade polystyrenkulor som ballast benämns i studien EPS-betong, polystyrenbetong eller cellplastbetong. En vedertagen benämning är ej ännu fastställd. I de avslutande punkterna har främst polystyrenbetong valts.

Tillverkning av expanderad polystyren

Råvarorna till polystyren är bensen och eten som utvinns genom krackning av råolja. Eten skickas in i flytande bensen under tryck vid 90°C med aluminiumkloridkatalysator. Då bildas etylbensen. Den dehydreras sedan till styren genom att passera en katalysator vid 600°C. Den bildade styrenen raffinerar genom destillation.

Huvudparten av all polystyren tillverkas med masspolymerisationsmetoden. För tillverkning av expanderbar polystyren används en suspensionspolymerisationsprocess. Man erhåller polystyrenkulor med diametern 0,3–3 mm. Dessa kulor torkas, sorterar och ytbehandlas för att erhålla sina specifika egenskaper. Bromerat flamskyddsmedel tillsätts eventuellt.

Polystyren tillverkas inte i Sverige men i våra grannländer och på kontinenten.

I Sverige konsumeras varje år ca 800 000 ton plast. Av denna mängd är endast en liten del expanderad polystyren, ca 1 %. Räknat i volym har vi dock att göra med en imponerande mängd, ca 200 000 – 300 000 m³ per år.

Tillverkning av polystyrenballast

Ballasten kan antingen vara framtagen ur återvunnen polystyren från sopsortering dvs. förpackningar av olika slag samt byggavfall i form av bitar av olika skivor eller komma direkt i form av små kulor från själva tillverkningsprocessen.

I första fallet rivs plastbitarna med rivjärn som ger hålstorleken 0–8 mm stora kulor. Det är då svårt att få en förutbestämd ballastgradering.

I det andra fallet utgår man från små kulor av en bestämd storlek som fått absorbera pentangas. När dessa värms i fuktmetad ånga frigörs pentangasen och ersätts med luft och därmed expanderar kulorna. Det är möjligt att styra storleken på kulorna till önskad ballastfraktioner.

Kulorna behandlas kemiskt så att de kan fördela sig jämt i betongen och samtidigt få en tillfredställande vidhäftning.

Blandning och gjutning

Polystyrenbetong består av expanderad polystyren som ballast, cement, vatten och eventuella tillsatsmedel och tillsatsmaterial. Materialen blandas i en specialbyggd tvångsblandare under kort tid. Den färdigblandade betongen pumpas för det mesta till gjutstället med en tryckluftspump eller en skruvpump. Betongen rinner inte ut men den formas och dras av på konventionellt sätt till avsedd nivå. Den uppges vara gångbar dagen efter. Arbetbarheten är tilltalande på grund av den låga vikten och formbarheten. Ytan blir grov och något dammande efter eventuellt slitage och måste i golvsammanhang beläggas med t.ex. betong eller avjämningsmassa.

Litteraturgenomgång

Les bétons de polystyrene expansé

Rapporten beskriver det arbete som utförts på forskningsinstitutet CERIB mellan 1980 och 1985 om lättbetong baserad på expanderad polystyrenballast.

Avsikten var i första hand att utveckla och studera ett gjutbart material som kan avformas tidigt, ha god värmeisoleringsförmåga och en densitet om högst 400 kg/m³.

Nedan redovisas resultat från utförda provningar med en inblandning av 180 kg/m³ cement och 90 l vatten. Största kulstorlek var 4–5 mm hos den expanderade polystyrenen.

Tryckhållfasthet för densitet 300–800 kg/m³ är 1–6 MPa.

Draghållfasthet är 0,5–1,0 MPa.

Halva tryckhållfastheten erhålles efter 7 dygn, full hållfasthet efter 60 dygn.

Vidhäftningshållfastheten är ca 0,2 MPa

Elasticitetsmodulen för 300 kg/m³ blir 15 MPa.

Krympningen för 300 kg/m³ blir 5 % i vanlig inomhusmiljö och 1 % i fuktmättad miljö.

Värmeledningskoefficienten för 400 kg/m³ är 0,1 W/m³.

Under vatten absorberas för 300 kg/m³ knappt 20 volymprocent vatten.

Rapporten redovisar ingående tillverkning av block, fasadelement, takpannor och balkar. Man pekar särskilt på materialets många fördelar vid elementtillverkning

Betongblandning Thermozele som alternativ vid ny- och ombyggnad

I examensarbetet påpekas materialets tilltalande egenskaper såsom lätthet, gjutbarhet och värmeisolerande förmåga.

Provningar visade att permeabiliteten är ungefär densamma som för betong.

Den termiska längdutvidgningskoefficienten är 0,6 mikrometer per m och grad C.

Man pekar på att EPS-betongplattor kröker sig vid uttorkning om materialet inte har god vidhäftning till underlaget.

Det noteras också att EPS som innehåller flamskyddsmedel bör undvikas.

Materialet uppges inte vara kapillärbrytande. Exempelvis för platta på mark måste detta beaktas. Vidare noteras att kunskaper om uttorkningsförloppet är bristfälliga.

I rapporten påstås att de metoder som i dag används i vanlig betong för att mäta fukthalten är alltför missvisande. Vår erfarenhet pekar dock på att platsuttagna provkroppar ger relevanta värden i boxar med spegelkondensmätare.

Expanded polystyrene concrete

Inledande forskning kring polystyrenbetong rapporterades av Köhling 1959. På den tiden var materialet ej ekonomiskt tilltalande som andra typer av betong med lätt billig ballast. Under 70-talet ökade intresset för materialet på grund av ökade krav på värmeisolering i husbyggnader. Den expanderade polystyrenen uppfanns förmodligen i Sverige på 30-talet men började först att tillverkas i England och USA.

Den expanderade polystyrenen tillverkas av granulat som expanderas eller av en vätska som utsätts för högt tryck följt av expansion under vanligt atmosfärstryck. Pentan är den vanligaste och bästa medlet för expansion. Under expansionen ökar granulatstorleken ungefär 50 gånger. Ett enskilt granulat kan bli 6 mm i diameter. Densiteten för granulatet varierar mellan 15–25 kg/m³. Massiv expanderad polystyren i plattor och skivor har värden mellan 30–75 kg/m³.

Expanderad polystyrengranulat blir elektrostatiskt laddat under tillverkningen, vilket gör granulatet hydrofobt och därmed svårt att väta under blandningen till betong. En annan svårighet är skillnaden i densitet mellan övriga material i blandningen. Vidhäftningsförbättrande medel erfordras därför.

För densiteten 200 till 1 000 kg/m³ redovisas 0,2 till 6,0 MPa tryckhållfasthet. Värmekonduktiviteten för densiteten 200 till 800 redovisas 0,05 till 0,25 W/m K

Polystyrengranulatet ökar värmemotståndet avsevärt samtidigt som det minskar värmekapaciteten. Därför orsakar cementshydratationen högre temperatur och snabbare temperaturökning i polystyrenbetong än i betong tillverkad med konventionell stenballast. Man bör undvika temperaturer över 75°C, t.ex. genom byte till långsamt hårdnande cement eller minskning av materialtjockleken.

Vanliga provningsmetoder för konsistens och arbetbarhet är inte direkt användbara.

Polystyrenbetong separerar inte under vanlig transport eller hantering.

Konventionella metoder för gjutning, bearbetning och avjämning kan användas. Stavvibrering används inte.

Förlängd fukthärdning kan behövas för att alltför snabb krympning med sprickbildning skall undvikas.

Polystyrenbetongen kan nå 95 % av 28-dygnshållfastheten efter 7 dygn. Vanlig betong når ungefär 70 % efter samma tid.

Polystyren betong absorberar mer vatten än betong. Mängden minskar vid ökad densitet.

Permeabiliteten tycks vara av samma storleksordning som normalviktbetong. Applikationer redovisas ingående avseende förtillverkade fasadelementet.

Leichtbetong aus EPS-Recyklat, eine wirtschaftliges alternative

Intresset för polystyrenbetong har ökat bland annat på grund av krav på återvinning av den plast som används till förpackningar. Priset för denna restprodukt är tämligen låg. Även energibesparingsskäl ligger bakom det ökande intresset.

Avgörande för polystyrenbetongens hållfasthet är den hårdnade cementpastan. Viktig för främst andra egenskaper är plastkornens form, storlek och ytstruktur.

Det krävs 125 kg polystyren för att erhålla ungefär 10 m³ lättviktsballast. Densiteten uppgår då till 12 till 15 kg/m³. Ballasten påverkar inte styrkan på polystyrenbetongen. Kornstorleken rör sig mellan 0,5 och 2,5 mm.

Kornen tillverkas så att de får en rå yta (styropor). Därmed behöver inte vidhäftningsbefrämjande medel tillsättas.

Luftporbildande, skumbildande, vattenreducerande, konsistensstyrande och vättande medel används även vid polystyrenbetong. Försiktighet med eventuella negativa kombinationseffekter är nödvändig.

Filler såsom stendamm, filterdamm, tegelmjöl etc., kompatibla med cement har visat sig lämpliga särskilt om de innehåller glaskomponenter.

Alkaliresistent glasfiber och polypropylenfibrer har en gynnsam inverkan på sprickreduceringen

Två system för vägg tillverkning i Tyskland redovisas.

Some properties of structural light-weight concrete

Lättballast har blandats med vanlig betong. Lättballasttyperna Leca, expanderad polystyrene och vermiculite har undersökts inom området 1 400 till 2 150 kg/m³. Korresponderande hållfasthetsvärden blir 5 till 32 MPa. Förhållandet hållfasthet/densitet blir ungefär 15.0, 9.5 och 8.0 för respektive lättballast. Leca är det bäst lämpade materialet ur hållfasthetssynpunkt.

Controlling freezing and thaw durability of structural grade concrete with recycled expanded polystyrene aggregate

Inblandning av expanderad polystyren ökar betongens frostbeständighet. Den dynamiska elasticitetsmodulen ökade med 1,6 till 8,6 %. Efter 440 cykler av nedfrysning och upptining kunde inga skador noteras. Frostbeständigheten ökade med ökad andel expanderad polystyren.

EPS-betong

Tammerfors tekniska högskola har gjort en sammanställning över rubricerat material. På nästa sida framgår blandningsförhållanden för materialet vid olika forskningsprojekt.

Sammanställningsjämförelse

Av tabellen framgår blandningsförhållanden för EPS-betong i olika forskningsprojekt.

Forskare	Densitet (kg/m ³)	EPS		Cement	Sand	Vatten (l/m ³)	EPS-kornstorlek (mm)
		(m ³)	(kg)				
Prostyren	210	1,104	27,0	150	–	75	3...5
(Tjeckien)	380	1,104	27,0	225	36	100	3...5
	635	0,880	21,5	280	96	115	3...5
TTKK	300	1,200	–	250	–	100	4
	350	1,200	–	300	50	120	4
	500	1,200	–	500	50	200	4
Branz	600	1,000	–	350	–	180	–
(Nya Zeeland)	800	0,900	–	400	180	180	–
VTT	200	0,550	–	150	–	51	2...3
	300	0,550	18,0	230	–	70	2...3
	500	0,500	18,0	400	–	105	2...3
	600	0,460	16,0	400	50	105	2...3
	800	0,400	15,0	400	120	120	2...3

Kornstorleken på den använda polystyrencellplasten varierade, liksom kvaliteten. I Prostyrens, VTTs och TTKKs forskningsprojekt var polystyrencellplasten tillverkad av återvunnet material.

VTT anger att minicementhalten i alla densiteter var 150 kg/m³, vald kornstorlek 2–3 mm. Vid massiva konstruktioner rekommenderas en inblandning av 70–80 % masugnsslagg för minskad värmeutveckling.

Materialet uppges ha god väderbeständighet.

Man har erhållit följande resultat då återvunnen polystyren har använts:

Densitet, kg/m ³	200	300	400	500	600
Tryckhållfasthet, MPa	0,2	0,2	0,4	0,7	1,0
Krympning Portland, ‰	5	5	4,5	3,5	3
Krympning blandning, ‰	2,5	2,3	2	2	2

Enligt VTT är de huvudsakliga användningsområdena ytterväggar, mellanväggar, isolerskivor, installationsgolv och tjälisolering.

Branz

Man blandade in flygaska. Den gjorde materialet lättare att bearbeta. Även sand blandades in. Tryckhållfastheten för provkroppar blev något lägre för återvunnen än för ren polystyren som ballast.

Tryckhållfasthet och krympning vid olika densiteter redovisade i sammanfattad form:

Densitet, kg/m ³	600	1 000
Tryckhållfasthet, MPa	0,5	4,9
Krympning, ‰	2,7	1,3

WBW GmbH

Det tyska företaget tillverkar materialet med en kornstorlek på ballasten om 3–5 mm.

Tryckhåll , krympning och värmekonduktivitet vid olika densiteter redovisad i sammanfattad form:

Densitet (torrt tillstånd) kg/m ³	250	350	750
Tryckhållfasthet MPa	0,3–0,4	0,4–0,5	1,2–1,5
Värmekonduktivitet W/mK	0,07–0,09	0,11–0,14	0,22–0,29

Vid densiteten 300–500 kg/m³ hade materialet 5–10 så stor krympning som Siporex, Lecablock och betong

Egenskapsjämförelse framgår nedan:

	<i>Tryckhållfasthet</i> <i>MPa</i>	<i>Värmekonduktivitet</i> <i>W/mK</i>	<i>Krympning</i> <i>%</i>
EPS-betong (500 kg/m ³)	0,07	0,10	2
Siporex	1,7	0,11	0,3
Lättklinkerblock	3	0,23	0,6
Trä	–	0,14	–
Golvbetong K30	30	1,5	0,6

Iakttagelser under platsbesök

Bostadsproduktion på Lidingö

I badrum och anslutande tvättrum består golvuppbbyggnaden av:

- Klinker i fästmassa
- Tätskikt av gummitfärg i två strykningar, tättningsremsa mellan golv och vägg
- Avjämningsmassa 25–35 mm med eluppvärmning
- Lättballastbetong (expanderad polystyren) ca 150 mm
- Stomljuddisolerande matta av polyeterskum 5 mm
- Hålbjälklag av betong.

Polystyrenbetongen ersatte den projekterade cementstabiliserade lättklinkern (Leca) främst på grund av produktionstekniska skäl. Den förstnämnda betongen kunde pumpas. Vidare var den lättare att lägga ut och avjämna.

Några månader efter rollning av tätskiktet uppstod sprickor mellan vägg och golv, särskilt i hörnen.

Först tolkades detta som bristande utförande hos själva fogen. Visst fanns brister men dessa orsakade inte sprickproblemet.

I själva verket hade hela golvet krökt sig konvext med höjdpunkt på mitten och lågpunkter i hörnen. Detta bekräftades av provhål ned till hålbjälklaget. Ett hålrum på ca 10 mm hade uppstått där.

Men vad hade egentligen hänt? I skadeutredningen utkristalliserades så småningom förklaringen. Golvkonstruktionen är i princip ett flytande golv på grund av ljudmattan som förhindrar vidhäftning med hålbjälklaget.

Polystyrenbetongen har stor krympning. När tätskiktet lagts sker uttorkningen endast nedåt. Det uppstår en differenskympning i polystyrenbetongen. Avjämningsmassan har dessutom betydligt mindre krympning än polystyrenbetongen. Bägge dessa orsaker gör golvöverbyggnaden något längre i överkant än i underkant och därmed kröker sig golvet konvext. Krökningen upphör när uttorkningskrympningen har upphört.

Tättningsremsan mellan golv och vägg uppgavs kunna klara en rörelse på 2 mm. I vårt aktuella fall fanns rörelser över 10 mm. Sprickor i remsan uppstod särskilt i hörnen. Där fanns också duschen. Vatten kunde sugas in kapillärt i vägg med gips, plywood och isoleringsmaterial, vilket också skedde.

För att helt tekniskt tillfredsställande kunna åtgärda detta krävdes borttagning av all klinker, kakel, avjämningsmassa och polystyrenbetong dvs. i princip en fullständig ombyggnad med evakuering av hyresgäster under ett antal veckor.

Kontorshus i Barnängen

Äldre industribyggnad med hög takhöjd byggdes om till kontor.

Golvet består av:

- Linoleum eller parkett
- Avjämningsmassa, gipsbaserad ca 20 mm
- Lättballastbetong (expanderad polystyren) 80–150 (få ställen 300) mm
- Stomljudsisolering matta av polyeterskum 10 mm.

Lättballastbetongen valdes främst för att klara kanalisation till el och data i golvet. Man avstod från traditionellt uppstolpat datagolv av ljudskäl.

Avjämningsmassan göts dagen efter, då var lättballastbetongen gångbar enligt uppgift från polystyrenbetongleverantören, för att undvika konkav krökning.

Den gipsbaserade avjämningsmassan visade sig emellertid inte klara hjulbelastningar från rörliga ställningar som användes för takarbete för kommande entre-solvåning.

Inga speciella problem uppstod under första ombyggnadsetappen enligt arbetsledningen. Prisbilden för golvet ansågs acceptabel.

Karolinska sjukhuset

I ett föreläsningrum på bottenvåningen har vatten trängt in i fyllningen av aska. Dränering saknades vid yttervägg samtidigt som vatten kunde rinna från en mindre bergknalle bredvid.

Fyllningen, som också innehöll diverse skräp och avloppsrör, avlägsnades.

Ett nytt golv byggdes:

- Golvatta

- Avjämningsmassa med plastfibrer och ett armeringsnät med diametern 4 mm och c 150 som gjutits i två etapper, totalt 30–40 mm
- Lättballastbetong 300 mm på mark och betong.

Lättballastbetongen hade jordfuktig konsistens men var ändå inte svår att lägga ut eller avlämna.

Avjämningsmassan göts en dag efter utläggningen av lättballastbetongen.

Endast kort tid hade gått vid plastbesöket varför man endast kan konstatera att golventreprenören var tillfredställd med det praktiska arbetet.

Bostadsproduktion i Hammarby sjöstad

Golven i de flesta rummen var uppbyggda av:

- Parkett (och plastfolie), linoleum eller klinker
- Avjämningsmassa 20 mm med glasfibernät eller armeringsnät med diametern 4 mm och c 150
- Stomljudsisolerande matta av polyeterskum 5 mm
- Lättballastbetong (expanderad polystyren) 40–60 mm
- Hålbjälklag av betong

I lättballastbetongen drogs elledningar m.m. Ett flertal våningar var lagda utan några större problem. Krav för att gå på och belägga lättballastbetongen var en temperatur på minst 17°C.

Vindsvåning på Hantverkargatan

Golvet bestod av:

- Parkett på plastfolie
- Avjämningsmassa
- Lättballastbetong (expanderad polystyren) ca 300 mm
- Stomljudsmatta på glespanel (brandgolv av tegel var bortrivet).

Sättningar hade uppstått i golvet snett över golven, storleksordning 20 mm. Dessa visade sig gå längs ingjutna stråk av ledningsgrupper. Det fanns sprickor i stråken och lättballastbetongen saknades delvis under ledningarna. Någon utredning om orsaken till sättningen gjordes ej. Eftersom lättballastbetongen var helt torr byttes endast golvbeläggningen och sättningarna jämnades av.

Diskussion

Polystyrenbetong fyller ut ett tomrum i den uppsättning av lättbetonger som finns på marknaden idag. Skumbetong, i princip med tensider uppblåst cementpasta eventuellt med sandtillsats, är en likartad produkt egenskapsmässigt. Men materialet har hittills inte visat sig produktions tekniskt gångbart i någon större skala. Det har emellertid polystyrenbetong gjorts i viss mån i t.ex. Tyskland. Och även i viss mån i Sverige.

I äldre byggnader kan man finna träinblandad betong. Fyllningen är ofta slagg, aska eller något annat restmaterial. Vanligast i modern produktion är lättklinker typ Leca. Den kan var löslagd eller cementstabiliserad. Den löslagda Lecan kan blåsas upp från markplanet till aktuell våning. Det uppstår mycket mörkt damm. Den cementstabiliserade kärnas ofta med hisshjälp till rätt plan.

Med polystyrenbetong kan pumptransport till ganska höga höjder användas samtidigt som det är lätt att lägga ut och jämna av.

Både skumbetong och polystyrenbetong har förhållandevis stor uttorkningskrympning. Den är 5–10 gånger så stor som en normal betong med tung ballast. Uttorkningen sker också snabbare än vanlig betong.

Krympningen kan innebära bom och sprickbildning. Eftersom styrenbetongen oftast täcks med annat material, t.ex. avjämningsmassa på golv behöver krympningseffekterna inte innebära någon nackdel. Massan fördröjer dessutom uttorkningen, vilket minskar risken för skador.

En allvarlig effekt av ensidig uttorkning är krökning, konvex eller konkav. Effekten är vanligast för golvuppbbyggnad som utgör flytande golv, dvs. ingen vidhäftning mot ett fast underlag (till exempel betongbjälklag).

En pågjutning av polystyrenbetong exempelvis 200 mm tjock, som läggs på plastfolie och får ligga fritt i inomhusklimat kommer att kröka sig konkavt. Hörn och kanter kommer att resa sig eftersom överdelen av styrenbetongen vid ett visst tillfälle har krympt mer än underdelen på grund av olika krympningsgrad. Det tar lång tid innan underdelen torkat ut lika mycket som överdelen.

Samma verkan fast tvärtom erhålls om man förhindrar uttorkningen uppåt av vattentätt skikt i t.ex. i badrum. Om vidhäftning mellan det fasta underlaget, t.ex. mot det bärande betongbjälklaget, förhindras kommer pågjutningen att kröka sig konvext av differensskrympningen.

Dessutom läggs oftast tätskiktet på en avjämningsmassa som har betydligt mindre krympning än polystyrenbetongen. Krympningen i polystyrenbetongens övre del förhindras till stor del därmed. Den konvexa krökningen förstärks.

Sättning uppstår längs kanter och hörn mot väggar. Den blir störst i hörn. En tättningsremsa mellan golv och vägg uppges klara en rörelse om 2 mm. Sättningar större än 10 mm har observerats, vilket innebär uppenbar risk för att otätheter skall uppkomma. En lyckad ombyggnad är mycket svår att genomföra eftersom det tunna rollade gummiskiktet lätt går sönder vid rivning av klinkerplattor och kakelplattor. Det är dessutom mycket svårt att skarva.

I förstudien har inte framkommit huruvida uppumpningen till de olika gjutställena har betydelse för materialets stabilitet efter gjutningen. Två skilda tekniker används, dels uppblåsning, dels skruvning. Det finns obekräftade antydningar att någon störning kan inträffa som ger vågliknande ojämnheter efter en viss torktid. Detta uppges ha inträffat då skruvpump har använts. Om det finns något samband är dock oklart.

Det verkar som de miljömässiga egenskaperna hos materialet inte normalt inger några invändningar. Viss återanvänd expanderad polystyren kan dock innehålla bromerade flamskyddsmedel. Det är vissa produkter som används i en del impor-

terat förpackningsmaterial och i byggsammanhang som av brandskäl har denna reproduktionsstörande kemikalie. Noggrannare kontroll och omhändertagande av denna variant är önskvärd, så att den inte blandas in i den vanliga polystyrenen. Visserligen gjuts polystyrenen in i cementpastan, där den ligger kvar tills byggnaden rivs eller byggs om. Men därefter kan en diffus spridning ske på någon depони. Det kan gå så illa att, om det konstateras att det finns bromerade flamskyddsmedel i bjälklagens polystyren vid framtida rivning, så måste rivningsmassorna betraktas och hanteras som farligt avfall.

Inom en snar framtid är det troligt att attityden mot bromerade flamskyddsmedel och andra typer av hormonimiterande giftiga ämnen skärps. De ackumuleras i kroppen och är speciellt farliga för det mänskliga fostret i dess tidiga utvecklingskede. Det kan verka i mycket mindre koncentrationer än vad vi är vana vid då man jämför med andra typer av gifter. Det är därför angeläget med en kemisk provning som gör det möjligt att sortera bort kontaminerad polystyren.

Sammanfattande råd, omdömen och kommentarer vid en husentreprenad

- Polystyrenbetong är ett lätt, pumpbart, gjutbart och någorlunda starkt material. Hållfastheten är normalt 0,5–3 MPa. Pumpkapaciteten är tillfredsställande.
- Det går lätt att såga och borra i materialet.
- Materialet är värmeisolerande och i klass med vanlig autoklaverad lättbetong. Isoleringförmågan ökar med minskad densitet.
- Materialet är inte brännbart.
- Den ljuddämpande förmågan är något begränsad på grund av låg densitet och styvhet. Detta går att kompensera för detta med lämplig konstruktionsutformning.
- Materialet är inte kapillärbrytande. Men det är diffusionsöppet.
- De millimeterstora polystyrenkornen innehåller vart och ett ett mycket stort antal täta celler. Utrymmet mellan dessa celler kan efter lång tid i våt miljö fyllas med vatten. Detta ger ökad densitet.
- Uttorkning sker snabbare än i vanlig betong.
- Materialet krymper betydligt mer, 2–6 %, än vanlig betong/avjämningsmassa. Begär alltid uppgift om krympningsegenskaper före gjutning.
- Verkan av differenskrämpning kan bli förhållandevis stor. Vid uttorkning uppåt uppstår konkav krökning. Vid uttorkning nedåt konvex krökning. Lämpliga åtgärder för att förhindra skadlig verkan: låt polystyrenbetongen vidhäfta till bjälklaget eller förhindra ensidig uttorkning.
- Krökning kan också uppstå på grund av avjämningsmassans och polystyrenbetongens olika krympningsegenskaper. Enklaste motverkande åtgärd är att låta polystyrenbetongen vidhäfta till bjälklaget.
- Ovan beskrivna krökningar kan orsaka stora sättningar vid vägg, då särskilt i hörn, i storleksordningen 10 mm.
- Många plaster innehåller bromerade flamskyddsmedel. Polystyrenbetong kan innehålla detta medel. Även om det är tillsatt i små mängder, blir det totalt sett i en husbyggnad en onödig framtida ganska stor miljöbelastning. Begär garantier för att bromerade flamskyddsmedel inte ingår.
- För övrigt har polystyrencellplast en tilltalande miljöprofil jämfört med många andra plaster.
- Materialet har en konkurrenskraftig prisbild.

FoU-behov

Den mest uppenbara kunskapsbristen för en lyckad entreprenad är materialets krympningsegenskaper. Krympning/krökning som funktion av tid och gängse konstruktionsutförande bör studeras i full skala hos en tillverkare. Vissa förenklade och bekräftande fuktmekanikberäkningar bör också göras. Initiativ och delfinansiering tas lämpligen av en eller flera tillverkare i samarbete med intresserad entreprenör.

Litteraturförteckning

Dutruel F et al. 1986. Les betons de polystyrene expanse. CERIB, Publication Technique n82.EPERNON 1986.

Mårtensson T 2000. Betongblandningen ThermoZell som alternativ vid ny- och ombyggnad. KTH, Byggnadsteknik, Examensarbete no 297. Stockholm 2000.

Cook DJ 1983. Expanded polystyrene concrete. Concrete Technology and Design volyme 1 New concrete materials, Surrey University Press. Surrey 1983.

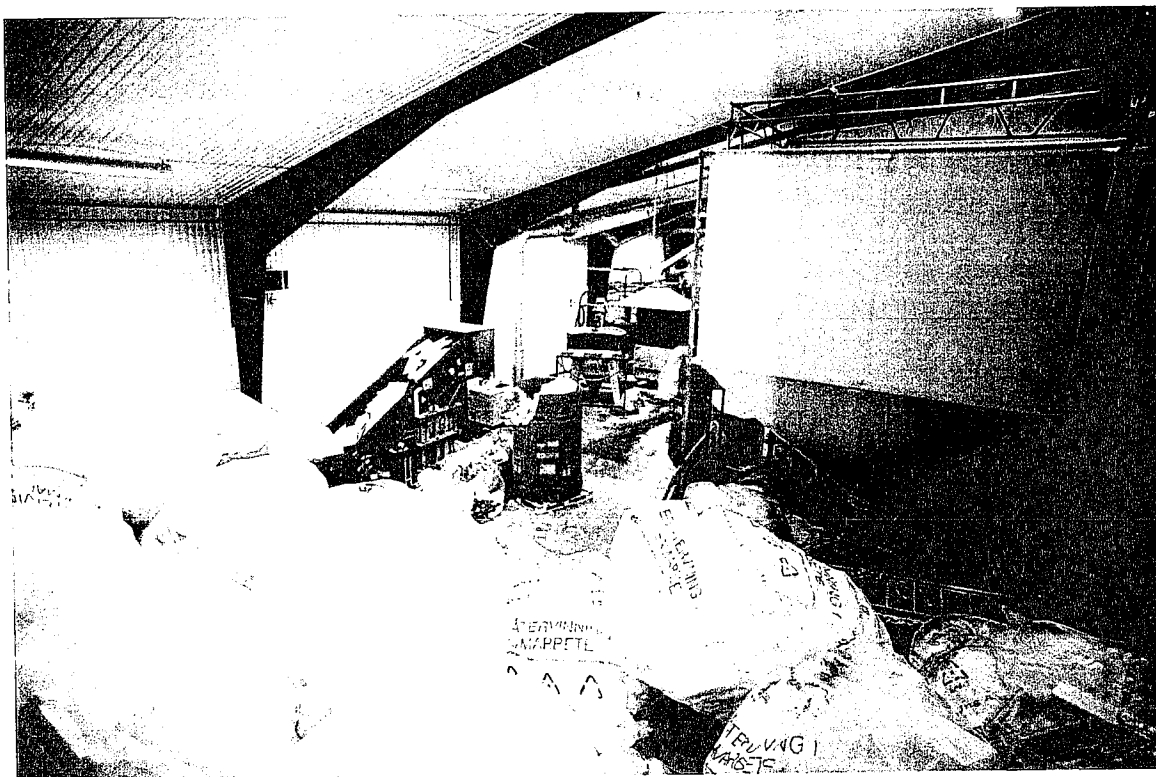
Hohwiller F 1992. Leichtbeton aus EPS- Recyclat, eine wirtschaftliches alternative? Concrete and precasting plant and technology, issue 9/ 1992.

Cook DJ 1983. Expanded polystyrene concrete. Concrete Technology and Design volyme 1 New concrete materials, Surrey University Press. Surrey 1983.

Imam M et al. Some properties of structural lightweight concrete. International symposium on structural lightweight aggregate concrete. Proceedings. Sandefjord, Norway June 1995.

Benjamin et al. 2000. Controlling freeze and thaw durability of structural grade concrete with recycled expanded polystyrene aggregate. Second international symposium on structural lightweight aggregate concrete. Kristiansand, Norway.

TTKK 2001. EPS- betong. Studie utförd på Tammerfors tekniska högskola, avd för Byggnadsteknik. Tammerfors 2001.

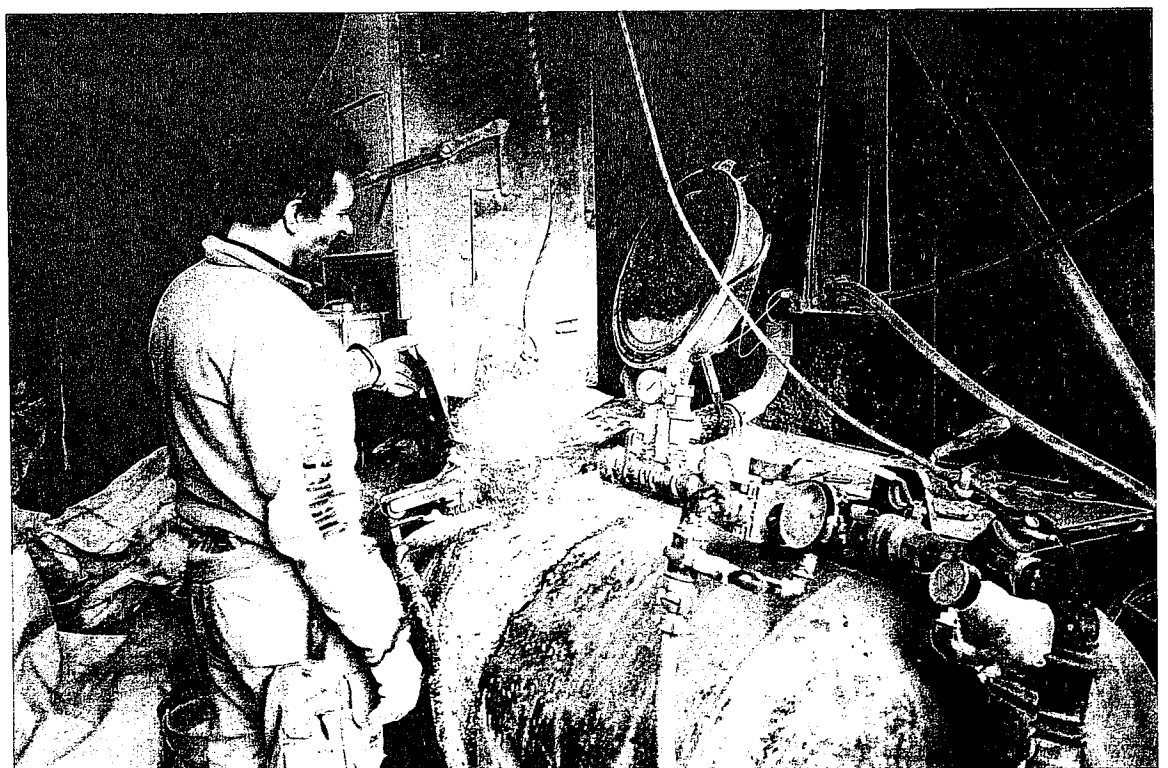


Återvunnen cellplast
rivs och processas
till lämplig lättballast

Polystyrenbetong i
säckar, 17 kg 50 liter



Tvångsblandare med
Spiralskruv fylls på
platsen med expanderad
polystyren, cement
och vatten



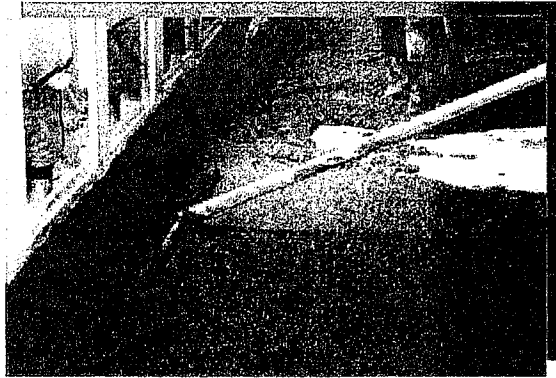


Pumpning av polystyren-
Betong, rörskena och
rätskiva för utdragning
till vald nivå.





Utförande



Utförande

Utförande

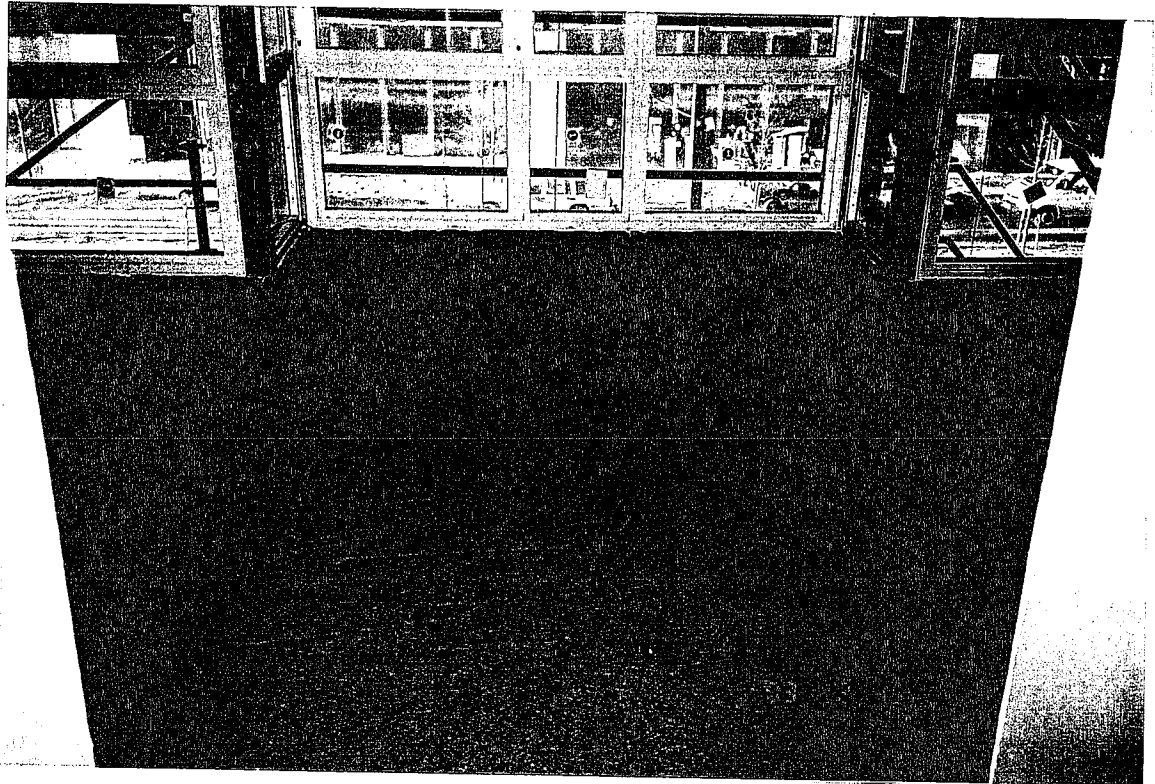


Pumpbil

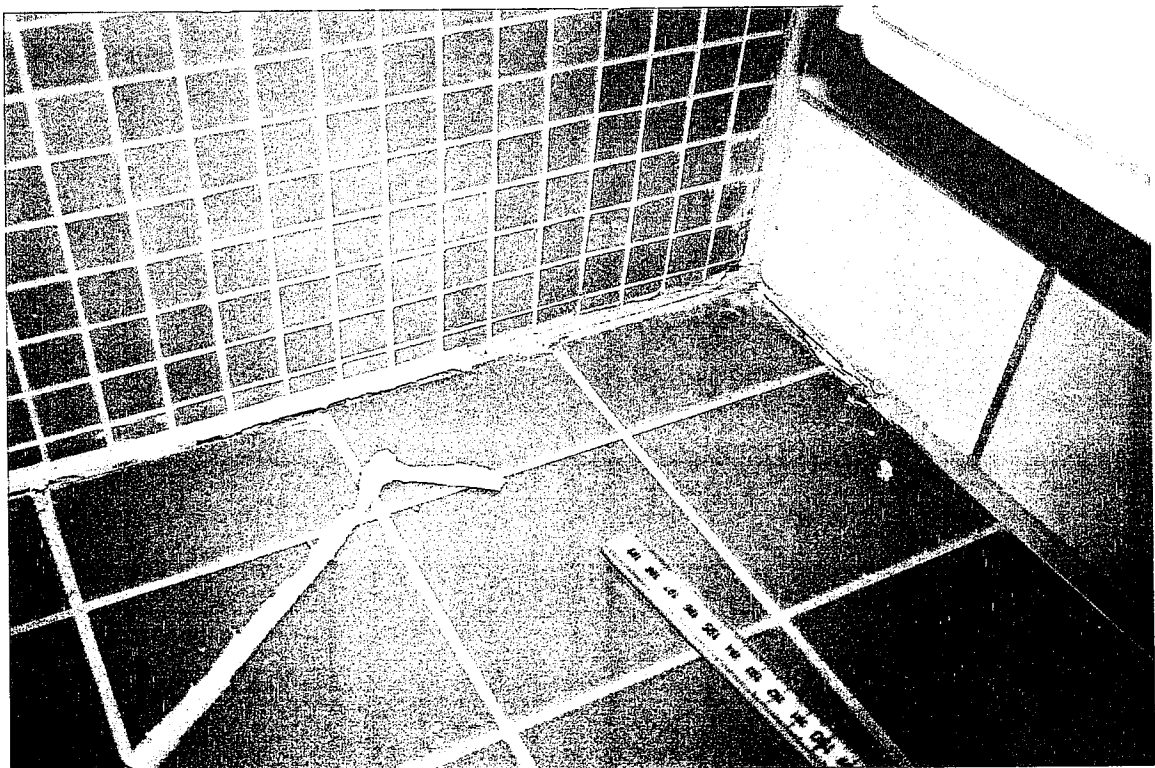




Finjustering av yta och nivåer med sloda, laser och rätskiva.



Utlagd och avjämnad polystyrenbetong innan spackling med avjämningsmassa.



Sättningar i hörn i våtrum orsakade av polystyrenbetongens krympning/krökning.



Ihopblandning av säckad polystyrenbetong och vatten. Utläggning i liten skala.



Ing firma Christer Molin
Fridhemsgatan 66B
112 46 Stockholm

Handläggare, enhet / <i>Handled by, department</i>	Datum / <i>Date</i>	Beteckning / <i>Reference</i>	Sida / <i>Page</i>
Ignacy Jakubowicz, Polymerteknik, ij	2003-02-18	F303549	1 (4)

Återvunnen EPS som ballast i betong

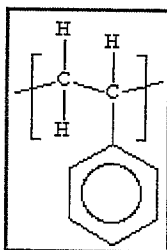
Uppdrag

Att beskriva vissa tekniska aspekter i samband med inblandning av uttjänt EPS i betong. Bl a följande frågor skulle belysas:

- Finns flamskyddsmedel i EPS:n, risk för att den trots allt är inblandad
- Betänkligheter i samband med tillverkningen av EPS- kulorna.
- Åsikter om tillsatsmedel, t ex för jämn fördelning av kulorna.
- EPS:ens mekaniska stabilitet under gjutningen, t ex vid pumpning i slangar.
- Förmodade emissioner vid uttorkningen.

Omfattningen skulle vara högst en dags arbete.

Allmänt



EPS är en förkortning för Expanderad Polystyren. Andra benämningar är Styrencellplast och Poly(fenyleten). Den kemiska formel är $(C_6H_5CH=CH_2)_n$. Materialet EPS är en cellplast som består av mer än 95 % luft, innesluten i små polystyrenceller.

Råmaterialet vid tillverkning av EPS är små polystyrenpärlor med en diameter av 0,5 – 1,5 mm som får absorbera 4-8 % pentangas. Vid uppvärmning med ånga börjar pentan att koka, polymeren blir mjuk och polystyrenpärlor expanderar (jäser) upp till ca 50 gånger sin ursprungliga volym. Denna process kallas förskumning och efter utjämning av temperatur och tryck har materialet en cellstruktur med slutna celler. Nästa steg är gjutning. Produkter av EPS gjuts i huvudsak på tre olika sätt: blockformning, stränggjutning och formgjutning. Vid blockformning gjuts block i formar. Efter gjutningen skärs blocket till skivor i önskade dimensioner med glödtrådar. Vid stränggjutning bestäms bredd och höjd vid gjutningen. Skivorna kapas sedan till önskad längd. Formgjutning innebär att produkterna formas av skraddarsydda verktyg i automatmaskiner. Metoden används nästan uteslutande vid förpackningstillverkning.

Vid förskumningen bestäms densiteten på den färdiga produkten och vid gjutningen får produkten sin slutgiltiga form.

Egenskaper

Tryckhållfastheten är den viktigaste mekaniska egenskapen och beror starkt av materialets densitet. I tabellen nedan anges några riktvärden.

Densitet [kg/m ³]	Tryckhållfasthet, korttid, [kPa]	Tillåten last för max 3 % deformation på 50 år, [kPa]
20	100	40
25	150	50
30	200	75
35	250	85
40	300	110

En liten initial krypning inträffar vid alla stressnivåer, men det finns ingen långtidskrypning under ett visst kritiskt värde.

LÖSLIGHET:

EPS är löslig i ett antal organiska lösningsmedel, bl a aromater, halogenerade kolväten och ketoner men olöslig i vatten.

Miljöaspekter vid tillverkning av EPS

Inverkan av styren, en monomer som EPS tillverkas av, på hälsan har studerats ingående. Myndigheter i USA och Europa har bestämt att det inte skall klassas som cancerframkallande. Vid höga doser kan dock styren vara ohälsosamt varför det finns ett hygieniskt gränsvärde som dock ligger klart över de verkliga nivåerna.

Vid tillverkning av EPS används oftast pentan som jäsmedel. Pentan är en ganska lättflyktig vätska som kontinuerligt bildas genom naturliga processer t ex genom anaerob nedbrytning av växtdelar. På grund av pentanets låga stabilitet omvandlas det i atmosfären genom fotokemiska reaktioner till koldioxid och vatten. Pentangas frigörs vid tillverkning och bearbetning av EPS och därigenom bidrar till utsläpp av lättflyktiga organiska föreningar (VOC). Ungefär två tredjedelar avgår vid tillverkningen. Det hygieniska nivågränsvärde under en arbetsdag är 1800 mg/m³. Den sista delen frigörs under de första veckorna. Pentanhalten är högst direkt efter tillverkningen och avtar därefter kontinuerligt. Efter ungefär en månad är så gott som all pentan borta. Nyproducerad EPS skall normalt hanteras i väl ventilerade utrymmen.

Emissionsmätningar m h a FLEC-metoden av fritt exponerad EPS visar följande värden efter 26 veckor:

Xylen:	21 µg/m ² h
Styren:	<5 µg/m ² h
Aromatiska kolväten:	<5 µg/m ² h

Brandegenskaper

EPS är en organisk kolväteförening och därigenom brännbar. Vid fullständig förbränning bildas koldioxid och vatten. Om förbränningen är ofullständig bildas även kolmonoxid (CO) och sotpartiklar med kraftig rökutveckling som följd. Även om EPS är brännbar används den i de flesta byggsammanhang skyddad mot utrymmen där människor vistas varför användningen av brandhämmande medel i EPS är starkt begränsad i Sverige. För att göra EPS svårantändlig tillsätts normalt ca 0,5 % alifatisk bromförening (Plast- och Kemibranscherna). Enligt "Plastics additives handbook" är det Hexabromcyklododekan det vanligaste brandhämmande medlet som används i EPS i halter 2-4 viktsprocent.

Kemikaliebeständighet

EPS har god beständighet mot alkalisk miljö (t ex puts eller betong) och syror. Dock kan EPS angripas av en del organiska lösningsmedel och oljor. De mekaniska egenskaperna påverkas inte av vatten eller fukt vid t ex markisolering. I tabellen nedan graderas beständigheten mot de vanligaste kemikalierna.

Utmärkt beständighet	Baser, utspäda syror, mineraloljor
God beständighet	Vegetabiliska oljor
Begränsad beständighet	Koncentrerade syror, alkoholer
Dålig beständighet	Alifatiska, aromatiska och halogenerade kolväten, aldehyder, estrar, ketoner, oxiderande ämnen

Temperaturbeständighet

EPS är stabil vid normal hantering men mjuknar vid temperaturer över +70 °C och smälter vid upphettning. Högsta rekommenderade temperatur för kortidsanvändning är därför +70 °C och för långtidsanvändning +60 °C. Vid temperaturer över 200 °C sönderdelas materialet. I luft är polystyren en relativt stabil polymer varför för många applikationer behövs inga antioxidanter. Icke desto mindre kan tillverkningsprocessen skada materialet. Låga koncentrationer av antioxidanter skyddar materialet mot nedbrytning som kan leda till minskning av molekylvikten. Detta är särskilt viktigt för EPS som kräver ett minimum av 280.000 g/mol i molekylvikt för att cellstrukturen inte skall kollapsa.

Sammanfattning och synpunkter

Grundkonceptet är att blanda in uttjänt förbehandlad EPS som ballast (istället för sand) i betong. Tidigare har EPSCement, precis som andra materialtillverkare, använt sopsorterad EPS i form av cellplast emballage, isoleringsskivor osv. Dessa sorteras manuellt och rivs ned till kulform i rivmaskinen. Storleken på kulorna, fraktionerna, styrs av hålstorleken i rivaren. Denna metod har dock sina nackdelar vad gäller kvalitetsstyrning. En hålstorlek på 8 mm ger 0-8 mm stora

kulor utan möjlighet till exakt styrning av fördelningen däremellan. Detta kan medföra stora variationer i tryckhållfasthet. En annan nackdel är att EPS kulornas yta blir uppruggad under rivningen vilket kan påverka mekaniska egenskaper och leda till en högre vattenabsorption som i sin tur kan ha negativa effekter.

Idag återvinner företaget polystyren som det själva expanderar vilket medför en bättre möjlighet till kvalitetssäkring. För denna metod har man polystyrenpärlor av en bestämd storlek som får absorbera pentangas. När dessa värms i fuktmatad ånga frigörs pentangasen och ersätts med luft, polystyrenpärlorna expanderar och bildar kulor vars storlek kan styras. All EPS förbehandlas sedan med ämnen som ger en god vidhäftning och uttorkning med byggcement.

För blandning av EPSCement används speciella tvångsblandare och tryckluftspumpar. På byggarbetsplatsen blandas den förbehandlade EPS med byggcement och vatten. Eftersom EPS och cement har väldigt olika vikt och karaktär är valet av pumpmetod av yttersta vikt. Pumpmetoder som leder till att EPS komprimeras får inte användas då komprimerad EPS kommer att expandera.

Sammanfattningsvis kan sägas att arbetsmiljöproblem vid tillverkningen är relativt små och risken att det finns flamskyddsmedel i svenska produkter av EPS är liten. Jämn fördelning av kulorna beror mestadels av storleksfördelningen hos kulorna och blandningsmetod. Mekaniska egenskaper är beroende av EPS kulornas storlek och densitet, förhållandet mellan andelen EPS, cement och vatten, förbehandlingen samt blandningsmetoden. Beständigheten hos EPS i den aktuella miljön är god enligt den vetenskapliga litteraturen men om det betyder 50 år, 100 år eller mer är det svårt att säga. Nedbrytning av EPS som medför allt för stor minskning av molekylvikten kan leda till kollaps av celler. En annan intressant fråga är långtidskrypning hos den färdiga produkten som funktion av temperatur och belastning.

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Polymerteknik



Ignacy Jakubowicz
Tekniskt ansvarig