

Verlag van de internationale conferentie in Oslo

Polystyreenschuim erkende wegfundering in Noorwegen

door ir. W. de Wijs en ir. H. Hengeveld (TAUW Infra Consult, Deventer)

Voor het funderen van (weg)constructies zijn twee eigenschappen van de grond van belang: de draagkracht en de zettingsgevoeligheid. De draagkracht van de ondergrond moet zo groot zijn dat de constructie niet zal bezwijken. Zettingen van wegconstructies zijn acceptabel mits zij niet zo groot zijn dat het functioneren van de constructie in gevaar komt. Omdat aanzienlijke zettingen meestal samen gaan met grote zettingsverschillen, wordt ernaar gestreefd de zetting te beperken. Bij grote zettingsverschillen vermindert de veiligheid voor het verkeer en het comfort van de weggebruikers.

Weinig draagkrachtige, zettingsgevoelige bodems komen in Noorwegen onder meer voor in de lager gelegen gebieden, waar door de zee en door rivieren klei is afgezet of waar veenvorming heeft plaatsgevonden. Het gaat om zeer slappe klei met een hoog percentage fijne deeltjes en een hoog watergehalte ('quick clay') en om niet-cohesieve materialen met een hoog percentage organische stoffen. Deze bodems komen vooral voor in de dichter bevolkte gebieden van het land, waar het grootste deel van het Noorse wegennet ligt.

Er bestaat een aantal mogelijkheden om bij het aanleggen van wegconstructies in slappe, zettingsgevoelige gebieden stabiliteitsverlies te voorkomen en zettingen te beperken:

- het tracé verleggen, zodat het gebied met de slechte ondergrond niet meer wordt doorsneden;
- het toepassen van een grondverbetering bijvoorbeeld met behulp van chemische injectie;
- het vervangen van de slechte grond door een goede grondsoort;
- het verbeteren van de eigenschappen van de grond, door vooraf een tijdelijke extra belasting aan te brengen;
- het ontlasten van de grond.

Alle genoemde technieken zijn met succes toegepast. In concrete situaties moet een keuze worden gemaakt aan de hand van een vergelijking waarin met name de kosten worden betrokken.

Het ontlasten van de ondergrond is een in Noorwegen vaak toegepaste, goede en relatief goedkope manier

geweest om wegconstructies in slappe gebieden aan te leggen. Het wegcunet wordt gevuld met licht materiaal, waarop de wegconstructie wordt aangelegd. In Noorwegen is ervaring met de volgende lichte ophoogmaterialen:

- bast en zaagsel;
- vliegas;
- geëxpandeerde kleikorrels;
- geëxpandeerd polystyreenschuim.

Een keuze voor één van deze materialen wordt gemaakt aan de hand van technische overwegingen en op grond van een kostenvergelijking. Technische overwegingen zijn o.a. de toegestane belastingverhoging op de ondergrond, de uitvoeringsmethode en de sterkte/stijfheid van de constructie.

Bij de kostenvergelijking wordt rekening gehouden met materiaalkosten, de transportkosten, de kosten per eenheid gewichtsvermindering en de verwachte kosten van onderhoud.

In Noorwegen wordt sinds het begin van de jaren zeventig regelmatig geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS) toegepast als funderingsmateriaal voor wegconstructies. Het gaat dan om wegconstructies in gebieden met een weinig draagkrachtige, zettingsgevoelige ondergrond. Met polystyreenschuim, dat zeer licht is in verhouding tot andere funderingsmaterialen, is het mogelijk stabiliteitsverlies van de ondergrond te voorkomen en zettingen te beperken.

De ervaringen met de gerealiseerde constructies in Noorwegen zijn zeer goed; het funderen van wegen op geëxpandeerd polystyreenschuim is daar een bekende techniek.

In juni 1985 hebben het Norwegian Road Research Laboratory (de Noorse Dienst Weg- en Waterbouwkunde) en de Norwegian Plastic Federation (de Noorse EPS-fabrikanten) in Oslo een internationale conferentie gehouden over het toepassen van polystyreenschuim in wegfunderingen.

In dit artikel dat een samenvatting van de conferentie is, ligt op de methodiek, de uitgangspunten en de criteria, nodig voor het dimensioneren van wegfunderingen van polystyreen, de nadruk. Tevens wordt ingegaan op het belang van de Noorse ervaringen voor de wegenbouw in Nederland en op de mogelijke toekomstige toepassingen van geëxpandeerd polystyreenschuim.

Redactie

Polystyreen is door zijn zeer lage volumegewicht ($0,2$ à $0,3$ kN/m³) voordelig in situaties waar belastingverhoging op de ondergrond moet worden voorkomen en bij grote transportafstanden (zie figuur 1).

De toepassing van polystyreenschuim (geëxtrudeerd of geëxpandeerd) als funderingsmateriaal voor wegconstructies is ontstaan uit de behoefte om wegen te isoleren ter voorkoming van vorstschade.

In de jaren zestig is uitgebreid onderzoek gedaan naar de eigenschappen van polystyreen. Er is met name veel aandacht besteed aan de duurzaamheid.

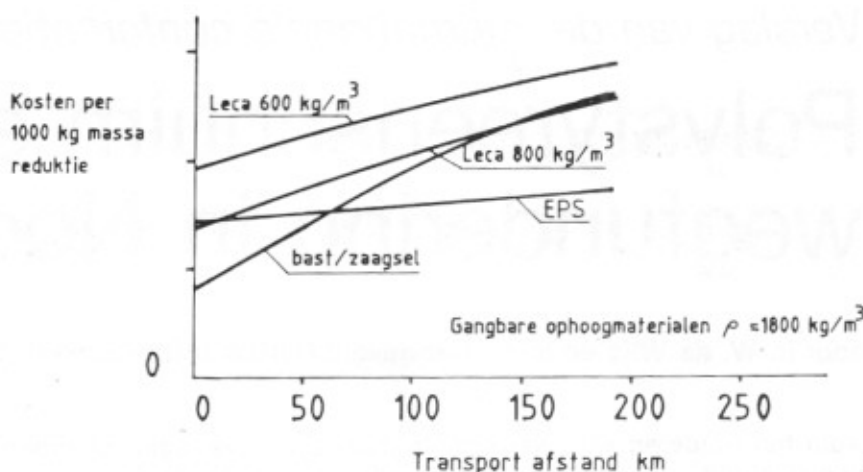
Sindsdien is ongeveer 150 km weg geïsoleerd met platen polystyreen. Meestal is hiervoor geëxtrudeerd polystyreen (XPS) met een volumegewicht van circa $1,0$ kN/m³ gebruikt. Dit omdat geëxtrudeerd polystyreen stijver is en minder water opneemt dan geëxpandeerd polystyreen. De lagere materiaalkosten van geëxpandeerd polystyreen waren niet doorslaggevend, omdat de laagdikte bij toepassing als isolatie gering is (50 mm). Uit onderzoek waren de eigenschappen, die van belang zijn voor toepassing in wegconstructies bekend. Zo was het duidelijk dat het technisch mogelijk was om de laag polystyreen te vergroten van 0,05 m naar 0,50 m of zelfs naar 5,0 m.

Van deze kennis heeft het Norwegian Road Research Laboratory gebruik gemaakt bij het toepassen van geëxpandeerd polystyreen met een volumegewicht van $0,15$ à $0,30$ kN/m³ als 'vul'-materiaal. Polystyreen met zo'n laag volumegewicht was als isolatie nog niet toegepast.

Materiaaleigenschappen

Geëxpandeerd polystyreenschuim is een polymeer dat wordt gemaakt uit de grondstoffen ethyleen en benzeen. Het monomeer styreen is dus een organische stof die wordt gepolymeriseerd onder toevoeging van een drijfgas. Het polymeer expandeert onder invloed van warmte en kan op deze manier iedere gewenste vorm krijgen.

De kwaliteit van het eindproduct wordt bepaald tijdens het expanderen. Het volumegewicht van het geëxpandeerde schuim is één van de belangrijkste eigenschappen. In de (Nederlandse) praktijk worden



Figuur 1. De kosten van lichte ophoogmaterialen bij verschillende transportafstanden [3]

Tabel 1. Eigenschappen van geëxpandeerd polystyreen [5]

Eigenschap	Eenheid	Dichtheid		
		[kg/m ³]	15 - 20	20 - 25
Sterkte:				
druksterkte	[N/mm ²]	0,08 - 0,12	0,10 - 0,16	0,16 - 0,22
treksterkte	[N/mm ²]	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5	0,5 - 0,6
Wateropname:	[vol. %]			
1 dag onder water		0,2 - 0,5	0,2 - 0,4	0,2 - 0,4
7 dagen onder water		0,4 - 0,8	0,3 - 0,7	0,3 - 0,7
240 dagen onder water		2,0 - 4,0	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0
Capillaire opzuiging		geen	geen	geen
Stabiel in temperatuurgebied	[°C]	-200 - +90	-200 - +90	-200 - +90
Zelfontbranding	[°C]	300	300	300
Smeltpunt	[°C]	100 - 120	100 - 120	100 - 120

Bron: Sundolitt [1].

blokken geëxpandeerd polystyreenschuim gemaakt met volumegewichten van $0,15$ tot $0,35$ kN/m³.

De volgende karakteristieke eigenschappen hangen samen met het volumegewicht:

- druksterkte;
- elasticiteitsmodulus;
- wateropname.

In tabel 1 zijn voor een drietal kwaliteiten polystyreenschuim de waarden gegeven [1].

Voor de toepassing van polystyreen in wegconstructies zijn daarnaast de volgende eigenschappen van belang:

- duurzaamheid

Van polymeren is bekend dat zij ontleiden onder invloed van ultraviolet

licht en dat zij verweken bij hogere temperaturen. Bij toepassing in wegconstructies zijn deze eigenschappen niet van invloed op de levensduur, omdat licht-toetreding is uitgesloten en omdat de temperatuur laag is.

- chemische resistentie

Polystyreenschuim is oplosbaar in benzine en andere oliederivaten; bij toepassing in wegconstructies moet het polystyreen worden beschermd tegen deze stoffen. Hiertoe kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van een eenvoudig folie.

In tabel 2 is aangegeven tegen welke stoffen EPS bestand is [5].

- onbrandbaarheid

Polystyreen is leverbaar in de kwali-

teiten zelfdovend en niet-zelfdovend. In de meeste gevallen wordt op grond van kostenoverwegingen de niet-zelfdovende kwaliteit toegepast. In bijzondere omstandigheden met grote risico's of hoge kans op brand moet natuurlijk de zelfdovende kwaliteit worden toegepast;

— *langeduur sterkte*

Uit diverse onderzoeken is gebleken dat de eigenschappen van polystyreen die van belang zijn voor toepassing in wegconstructies niet noemenswaardig veranderen in de loop der tijd. In tabel 3 is dit weergegeven.

— *toleranties*

Het polystyreen wordt meestal geleverd in blokken van 0,5 x 1,0 x 3,0 m. De blokken worden in verband gestapeld. De maatafwijking van de blokken moet kleiner zijn dan 5 mm om opwippen en dergelijke te voorkomen.

Van iedere levering moet steekproefsgewijs worden gecontroleerd of de vereiste kwaliteit is gehaald.

In Noorwegen wordt in de wegenbouw overwegend polystyreen-schuim met een dichtheid van 25 kg/m³ toegepast.

Dimensionering

Bij het ontwerpen van wegconstructies op polystyreen zijn de volgende criteria van belang [2]:

— het gewicht van de gehele wegconstructie moet zo laag zijn dat de stabiliteit van de ondergrond niet in gevaar komt;

— de door het gewicht van de wegconstructie veroorzaakte zettingen moeten beperkt zijn. In Noorwegen worden geringe zettingen van 0,05 à 0,10 m geaccepteerd;

— de wegconstructie op het polystyreen moet wat sterkte betreft in staat zijn om de verkeersbelasting over te brengen naar de ondergrond;

— de vervormingen ten gevolge van de verkeersbelasting moeten beperkt zijn, opdat de levensduur van de verharding voldoende groot is.

Tijdens de conferentie werd vanuit de Noorse situatie de nadruk gelegd op het grondmechanisch evenwicht en op het beperken van de zettingen. Uitgangspunt voor de berekeningen zijn het gewicht van de verhardingsconstructie boven het polystyreen en de gewenste aanleghoogte van

Tabel 2. Chemische resistentie van geëxpandeerd polystyreen [5]

Stof	bestand tegen	voorwaardelijk bestand tegen	niet bestand tegen
aceton			*
alcohol	*		
ammonia	*		
anhydride	*		
asfaltbitumen		*1)	
benzine			*
cement	*		
chloor	*		
creosootolie		*2)	
dieselolie			*
gips	*		
kalk	*		
kunststoffen zonder weekmaker	*		
lijm		*2)	
magnesium	*		
metalen	*		
micro-organismen	*		
oplosmiddelen			*3)
paraffineolie			*
pentachloorfenol		*2)	
salpeterzuur 50%	*		
spijsolie			*
teeroliën			*
terpentine			*
ultraviolette straling	*4)		
vaseline			*
verf		*2)	
waterstofperoxyde	*		
zeep	*		
zoutzuur 35%	*		
zwavelzuur 95%	*		

1) = gedurende zeer korte tijd wanneer de contacttemperatuur niet hoger is dan 110°C.

2) = wanneer de oplosmiddelen geheel verdampt zijn.

3) = zoals bijvoorbeeld in asfaltbitumenoplossing.

4) = bij niet permanente blootstelling.

Bron: PS-hardschuim in de bouw; Uitgave van Stybenex.

de weg. De dikte van het pakket polystyreen en de diepte van het cunet worden bepaald aan de hand van de toelaatbare belastingen op de ondergrond.

Hierbij wordt rekening gehouden met de opwaartste kracht die ontstaat, als het polystyreen (gedeeltelijk) in het grondwater ligt. In alle gevallen moet worden nagegaan of de constructie bij de hoogste grondwaterstand die kan optreden, niet opdrijft.

De verhardingsconstructie bestaat

in Noorwegen meestal uit een laag beton van 0,10 à 0,15 m direct op het polystyreen. Deze laag is gewapend met een eenvoudige krimpwapening. De laag beton heeft twee functies:

— de laag beton is een stijve plaat waardoor de verkeersbelasting sterk wordt gespreid. De dikte van de lagen boven het beton kunnen hierdoor minder dik en dus lichter zijn;

— de laag beton beschermt het polystyreen tegen door de verhardingsconstructie sijpelende oliederivaten. De totale dikte van de verhardings-

constructie boven het polystyreen moet zo klein mogelijk zijn uit het oogpunt van gewichtsbesparing en kosten. De dikte is echter aan een minimum gebonden omdat 'icing', dat wil zeggen het bevriezen van water op het oppervlak ten gevolge van uitstraling, moet worden voorkomen. De warmtecapaciteit van de weg moet groot zijn omdat nalevering van warmte vanuit de ondergrond nauwelijks optreedt. Polystyreen is immers isolerend.

In de Noorse situatie moet het pakket op het polystyreen tenminste 0,40 à 0,50 m dik zijn en is dan als volgt opgebouwd:

- 0,10 à 0,15 m asfalt - 0,15 à 0,25 m gravel - 0,10 à 0,15 m beton.

Deze constructie die in Noorwegen onder meer in autosnelwegen en in drukke stadsautowegen wordt toegepast, is zeer degelijk. In figuur 2 is een doorsnede van een dergelijke constructie gegeven. De kosten van het aanbrengen van een laag beton zijn echter hoog. Wanneer men op grond van kostenoverwegingen geen laag beton wil toepassen, dan moet tijdens het ontwerp meer nadruk worden gelegd op de wegbouwkundige aspecten.

Gesteld moet worden dat het ook mogelijk is om een goede verhardingsconstructie te ontwerpen zonder gewapend beton. Dan is echter wel een nauwkeurige analyse van de verkeersbelasting nodig om te kunnen nagaan of de vervormingen van het wegdek niet te groot zullen zijn. Berekeningen kunnen inzicht geven in de te verwachten levensduur van een constructie op EPS.

Deze benadering is zeker nodig wanneer het polystyreen als alternatief moet dienen voor een eenvoudig en relatief goedkoop zandlichaam. Dit kan het geval zijn bij het bouwrijp maken van gebieden met een slappe zettingsgevoelige bodem van veen of slappe klei.

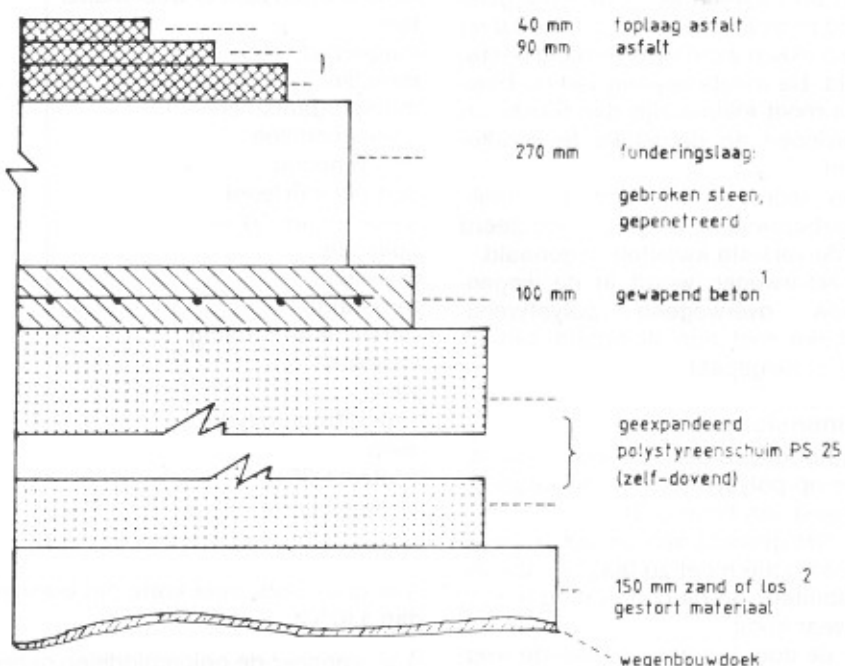
Door de verharding te funderen op polystyreen kunnen zettingsvrije wegconstructies worden ontworpen. Dit heeft als voordeel dat meteen na het bouwrijp maken met de woningbouw kan worden begonnen en dat de onderhoudskosten van de verhardingsconstructies laag zijn [4].

De kosten van het weglichaam van polystyreen worden dan vergeleken met de kosten van een traditioneel

Tabel 3. Invloed van de ouderdom op de eigenschappen van geëxpandeerd polystyreenschuim

Eigenschap	Eenheid	Oud EPS	Initiële waarde
dichtheid	kg/m ³	23,3	25,0
druksterkte bij 10% vervorming	N/mm ²	0,18	0,18
elasticiteitsmodulus bij samendrukken	N/mm ²	7,04	7,60
treksterkte	N/mm ²	0,41	0,35
elasticiteitsmodulus bij buigen	N/mm ²	12,90	11,34
buig/treksterkte	N/mm ²	0,43	0,43

Bron: Polystyrene Factory Kokhoku Chemical Ind. Co., Ltd. [1].



1 - wapeningsnet ϕ 5 mm, 150x150 mm

2 - om de ondergrond goed vlak te kunnen maken

Figuur 2. Doorsnede over een wegconstructie op polystyreen ter plaatse van een oprit naar een viaduct

zandlichaam. Op grond hiervan moet er dan naar worden gestreefd, de verhardingsconstructie op het polystyreen zo licht mogelijk te maken. Dit om de dikte van het pakket polystyreen te beperken.

In figuur 3 is een doorsnede over een dergelijke constructie gegeven. Van belang voor de getekende constructie is dat een deel van het polystyreen beneden de gemiddelde grondwaterstand ligt. Bij het dimensione-

ren van de constructie is daarom rekening gehouden met de opwaartse kracht op het polystyreen. Deze constructie is representatief voor wat in het westen van Nederland zal worden gemaakt.

De kostenafweging is in deze situaties kritisch. Veelal zal toepassing van polystyreen alleen aantrekkelijk zijn als naast aanlegkosten ook rente- en onderhoudskosten worden beschouwd.

Bij toepassing van polystyreen als licht ophoogmateriaal in Noorwegen is de kostenafweging vaak minder kritisch; de kosten van de constructie met polystyreen worden namelijk vergeleken met die van een kunstwerk. Toepassing van polystyreen, inclusief de dure verhardingsconstructie met beton, is dan al snel goedkoper.

Uitvoering

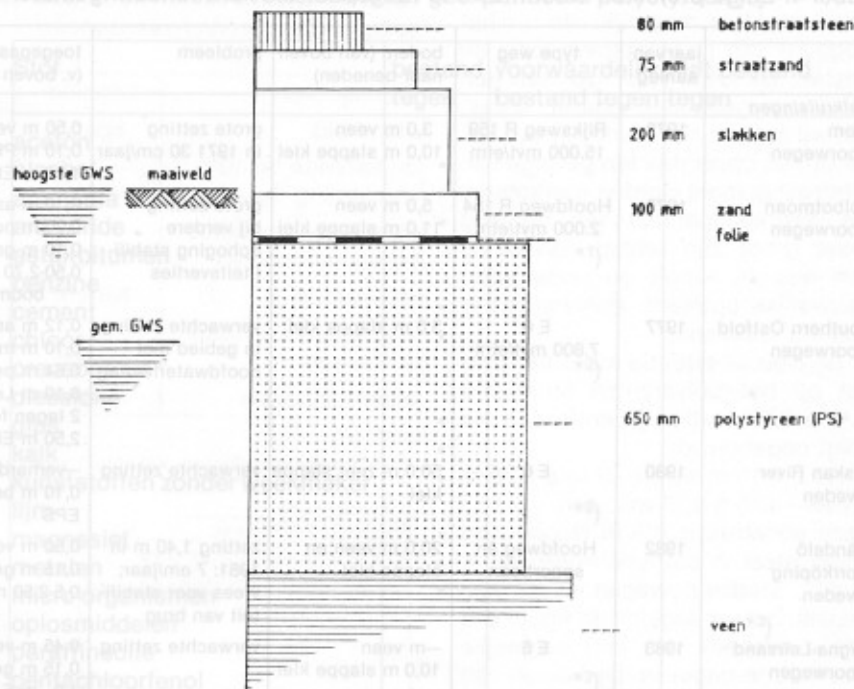
De blokken polystyreen hebben afmetingen van ongeveer 0,5 x 1,0 x 3,0 m. Een dergelijk blok van PS25 weegt 375 N (37,5 kgf) en kan dus gemakkelijk door twee mensen worden gehanteerd. In de ophoging worden de blokken in verband gestapeld. Tussen de verschillende lagen worden meestal kramplaten gelegd om ondermeer onderling verschuiven tijdens de uitvoering te voorkomen. De blokken kunnen eenvoudig op maat worden gezaagd met een kettingzaag.

Onder het polystyreen moet de bodem goed vlak zijn. Hiertoe kan een laag schoon zand worden aangebracht die moet worden verdicht en geëgaliseerd. De zettingen na het gereedkomen van de constructie worden beïnvloed door bovengenoemde aspecten van de uitvoering. Het grondwater moet tijdens de aanleg beneden de onderkant van het polystyreen staan, totdat het polystyreen voldoende is geballast en opdrijven van de constructie niet meer kan optreden. Hiertoe zal in een groot aantal gevallen bemaling en drainage moeten worden toegepast. In de praktijk is gebleken dat ook de volgende punten van belang zijn:

- het polystyreen moet op het bouwterrein zodanig worden opgeslagen dat het niet kan wegwaaien;
- niet-zelfdovend polystyreen moet worden beschermd tegen vuur en vonken (bijvoorbeeld van las-apparaat). Een partij niet-zelfdovend polystyreen is niet te blussen als het eenmaal brandt.

Gerealiseerde projecten

Tijdens de conferentie werden een groot aantal gerealiseerde projecten gepresenteerd. Tot 1980 werd in ongeveer 25 wegeprojecten in Noorwegen EPS toegepast als fundeersmateriaal, met een totaal volu-



Figuur 3. Doorsnede over een zettingsvrije wegconstructie op polystyreen in een veengebied



me van 35.000 m³ per jaar. Sinds die tijd is het gebruik aanzienlijk gegroeid tot 35.000 m³ per jaar. Uit Zweden worden reeds 20 projecten gemeld. In tabel 4 is een aantal van de in Oslo gepresenteerde projecten samengevat.

Toekomstige toepassingen in Noorwegen

Sinds in het jaar 1972 voor het eerst polystyreenschuim is toegepast in Noorwegen is het gebruik jaarlijks toegenomen. In de jaren tachtig is het gebruik sterk gestegen. In 1984

Tabel 4. Enige projecten waarin EPS is toegepast als licht funderingsmateriaal

	jaar van aanleg	type weg	bodem (van boven naar beneden)	probleem	toegepaste constructie (v. boven n. beneden)	hoeveelheid EPS (m ³)	opmerking
Dalkruisingen Flom Noorwegen	1972	Rijksweg R 159 15.000 mvt/etm	3,0 m veen 10,0 m slappe klei	grote zetting in 1971 30 cm/jaar	0,50 m verh.constr. 0,10 m PUR 1,00 m EPS	1700	zetting sinds 1972 8 cm; zetting sinds 1982 nihil;
Solbotmoan Noorwegen	1975	Hoofdweg R 154 2.000 mvt/etm	5,0 m veen 11,0 m slappe klei	grote zetting bij verdere ophoging stabiliteitsverlies	0,10 m asfalt 0,20 m puin 0,10 m gew. beton 0,50-2,70 m EPS boomschors	560	zetting sinds 1975 6 cm;
Southern Ostfold Noorwegen	1977	E 6 7.800 mvt/etm	3,0 m slappe klei	verwachte zetting in gebied met hoofdwaterleiding	0,12 m asfalt 0,10 m macadam 0,64 m puin 0,10 m Leca 2 lagen folie-tot 2,50 m EPS	1700	geen zetting
Viskan River Zweden	1980	E 6	50,0 m zeer slappe klei	verwachte zetting	---verhardingsconstr. 0,10 m beton-tot 2,0 m EPS	1700	geen zetting
Händelö Norrköping Zweden	1982	Hoofdweg en spoorbaan	20,0 m veen en slappe klei	zetting 1,40 m in 1981: 7 cm/jaar; vrees voor stabiliteit van brug	0,50 m verh.constr. 0,15 m gew. beton 0,5-2,50 m EPS	1000	zetting in 3 jaar: 2 cm; vrijwel geen deformatie bij passeren trein;
Lygna-Leirsand Noorwegen	1983	E 6	---m veen 10,0 m slappe klei	verwachte zetting	0,45 m verh.constr. 0,15 m gew. beton 1,0 m EPS	1500	positief
Fittja-Stockholm Zweden	1983	E 6	12,0 m slappe klei	verwachte zetting	0,60 m verh.constr. 0,10 m gew. beton tot 2,5 m EPS; stabilisatie ondergrond	?	geen zetting
Oprit brug/viaduct Lambertseterveien brug Noorwegen	1977	Hoofdweg R 160 5.000 mvt/etm	3,0 m veen 32,0 m slappe klei	verwachte zetting oprit en vrees voor bruggehoofd	0,40 m verh.constr. 0,10-0,50 m Styrofoam tot 4,20 m EPS 1,0 m boomschors	4000	positief na tussentijds herstel m. Styrofoam
Loenga-bridge Oslo Noorwegen	1983	E 6 5.000 mvt/etm	3,0 m ophoging 10,0 à 25,0 m slappe klei	vrees voor stabiliteitsverlies bij vergroting oprit	0,40 m verh.constr. 0,15 m gew. beton tot 5,50 m EPS	2300	1e jr. zetting 1 cm 2e jr. zetting nihil
Vloer bedrijfsgeb. Hokksund Noorwegen	1985	Fabriek	40,0 m slappe klei	zetting vloer fabriek 35 cm; verwachte zetting 70 cm	0,15 m gew. beton 0,30 m zand geotextiel 1,60 m EPS	5000	---

De projecten zijn als volgt te ordenen:

- *Wegen*

- dalkruisingen

- zettingsproblemen ten gevolge van slappe ondergrond;

- hellingen

- afschuivingen van niet stabiele berghellingen;

- opritten naar bruggen of viaduct

- zettingsproblemen - aansluiting aan brugdek;
- stabiliteitsproblemen bij bruggehoofd ten gevolge van gronddruk;

- *Gebouwen*

- vloer/fundering

- zetting en zettingsverschillen van fabrieksvloer;

- Ophoging boven leidingen

- zetting en zettingsverschillen.

werd alleen in Noorwegen 35.000 m³ EPS gebruikt. Verwacht wordt dat aantal en omvang van deze projecten in Noorwegen verder toe zal nemen. In de komende jaren zullen grote projecten worden uitgevoerd, bijvoorbeeld in een ophoging bij Oslo 7000 m³ en in een hoofdweg in de provincie Vestfold 50.000 m³ op diverse locaties. Daarnaast zal EPS in andersoortige projecten worden toegepast. Gedacht kan worden aan [2]:
— toepassingen in gebieden met een hoge grondwaterstand, waarbij EPS geheel of gedeeltelijk in het grondwater ligt;
— toepassingen voor tijdelijke constructies, waarbij gebruik wordt ge-

maakt van de eenvoudige verwerkbaarheid;

— toepassing in constructies die zonder EPS niet mogelijk zijn, zoals bijvoorbeeld voor wegen in ophoging met verticale taluds (zie figuur 4).

Toekomstige toepassingen in Nederland

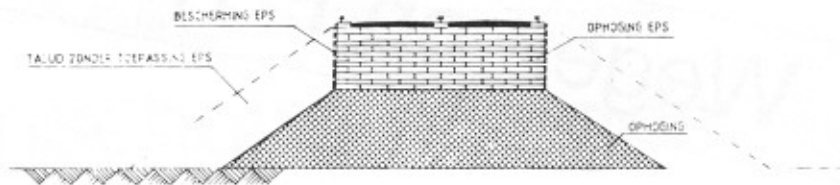
In Nederland is een zelfde ontwikkeling gaande. De eerste constructies zijn aangelegd in het midden van de jaren zeventig. Het zijn voornamelijk kleinere projecten voor particulieren. Genoemd kunnen worden:

- ophogingen boven (onderheide) gasleidingen;
- opritten naar gebouwen;
- ophogingen ter plaatse van (verzakkende) tuinen;
- sportvelden;
- reconstructies van verzakkende wegen.

De laatste jaren zijn ook een aantal grotere projecten met EPS gerealiseerd, onder andere enkele in opdracht van gemeenten. Verwacht wordt dat de goede ervaringen met de gereedgemaakte constructies een stimulans voor de volgende toepassingen zijn. Daarnaast zullen waarschijnlijk andersoortige toepassingen worden gerealiseerd. De Stichting Bouwresearch heeft immers onlangs een rapport gepubliceerd waarin is aangetoond dat toepassing van EPS bij het bouwrijp maken van woongebieden met slappe zettingsgevoelige bodem technisch mogelijk en financieel aantrekkelijk is [4]. In Capelle aan de IJssel wordt binnenkort gestart met de reconstructie van een hele wijk. Hier wordt polystyreen gebruikt omdat bij toepassing van andere, zwaardere materialen grote zettingen zouden optreden. In totaal wordt $\pm 30.000 \text{ m}^3$ polystyreen verwerkt.

Ontwikkelingen ten aanzien van de materiaaleigenschappen

Voor de producenten van EPS is op dit moment alleen de dichtheid van belang. De afnemer aanvaardt het produkt zonder verder mechanische specificaties. De dichtheid van EPS is voor toepassingen in de wegenbouw van weinig belang zolang de orde van grootte dezelfde blijft. De relevante eigenschappen voor toe-



Figuur 4. Doorsnede over een weg in ophoging; de ophoging is van polystyreen

passing als funderingsmateriaal zijn:

- de druksterkte;
- de stijfheid;
- de vochtopname.

Er blijkt een goede correlatie te zijn tussen deze eigenschappen en de verbinding tussen de PS-cellen (sealing). Voorgesteld wordt om onderzoek te doen naar de mogelijkheden polystyreenschuim te maken dat lichter en stijver is dan het huidige EPS. Dit onder andere omdat de kosten van EPS voor meer dan 75% bestaan uit de kosten van de grondstof styreen. Daarnaast moet de vochtopname worden verbeterd. Het is waarschijnlijk dat de vochtopname afneemt bij een toename van de sealing en de dichtheid. Nader onderzoek hiernaar is ook gewenst.

Conclusies

In Noorwegen is sinds het begin van de jaren zeventig ervaring opgedaan met geëxpandeerd polystyreenschuim als funderingsmateriaal voor wegconstructies. In een aantal projecten is aangetoond dat toepassing van het materiaal technisch goed mogelijk en financieel aantrekkelijk is. Ook in Nederland zijn op kleinere schaal goede ervaringen opgedaan met EPS in wegconstructies. Het gaat voornamelijk om projecten waarin EPS is toegepast in taluds en ophogingen waarbij stabiliteit en zettingen problemen opleverden. De verwachting is dat het aantal en de omvang van deze projecten met EPS zal toenemen. Daarnaast wordt verwacht dat nieuwe toepassingen zullen ontstaan. Hierbij wordt onder andere gedacht aan toepassingen voor tijdelijke constructies en aan toepassingen in woongebieden, in uitbreidingsplannen en in stadsvernieuwingsgebieden en voor be-

drijfsterreinen en -hallen. EPS zal een gangbaar materiaal worden in de wegenbouw, ook in Nederland.

Literatuur

- [1] Conference 'Plastic Foam in Road Embankments', lecture of Jermund Vegsund, Sundolitt.
- [2] Conference 'Plastic Foam in Road Embankments', lecture of Geir Refsdal, Norwegian Road Research Laboratory.
- [3] Conference 'Plastic Foam in Road Embankments', lecture of Tor Erik Frydenlund, Norwegian Road Research Laboratory.
- [4] Snel bouwrijp maken, een zettingsvrije methode als alternatief voor integraal ophogen, ir. H. Hengeveld en ir. W. de Wijs. SBR-publikatie nr. 119, augustus 1985.
- [5] PS-hardschuim in de bouw, uitgave van Stybenex.

Wegen op PS-hardschuim

In gebieden met slecht-draagkrachtige gronden worden traditioneel de ophogingen ten behoeve van wegen gemaakt van zand of lichtere ophoogmaterialen, al dan niet in een cunet gestort.

Problemen daarbij zijn: langdurige, grote zettingen, oppersingen bij al te slappe ondergronden, hoge onderhoudskosten en overlast voor het wegverkeer. Bovendien blijven als gevolg van herstelling de zettingen dóórgaan.

Sedert het begin van de '70-er jaren wordt in Noorwegen met succes PS-hardschuim toegepast bij het maken van wegophogingen, eerst ter beperking van vorstschade, later voor de constructie van gehele weglichamen.



PS-hardschuim

PS-hardschuim (hard-polystyreen-schuim) wordt toegepast in blokken met een volumieke massa van 15-20 kg/m³; de zwaarste (sterkste blokken) PS 20 meteen onder het wegdek, de lichtste onderin.

De blokken hebben meestal een afmeting van: 1.0 m breed; 0.5 m dik; 4 m lang en worden op maat gemaakt op de bouw. Ze worden zowel in lengte- als in hoogterichting in verband gelegd.

Na het leggen wordt het geheel afgedekt met een folie (dik ca. 500 m μ) tegen het indringen van aardolie-derivaten.

Hierover komt ca. 0.5 m uitvulzand, waarna het wegdek kan worden aangebracht (klinkers, asfalt, beton). Het talud kan steiler zijn dan traditioneel, maar de helling mag niet groter zijn dan 1:1.

Duurzaamheid

PS-hardschuim onder extreme temperatuurbelasting (een niet-gebalast vlak dak-isolatie in een continentaal klimaat) bleek in de BRD ook na 26 jaar ten aanzien van z'n fysieke eigenschappen niets te hebben ingeboet. In diverse overheidspublicaties uit Noorwegen is de levensduur praktisch oneindig verklaard!

Voordelen

- licht in gewicht, gemakkelijk transport (1 blok PS 20 van 4 x 1 x 0.5 m weegt 40 kg!);
- mininale zettingen van de ondergrond;
- minder ophoogmateriaal in de tijd nodig;
- kleinere horizontale grondzettingen;
- minder oppersingen langs de randen (bebouwing!);
- grotere hoek van natuurlijk talud;

- zetting eerder voltooid!
- minder hinder voor wegverkeer daar reparaties nauwelijks nodig zijn;
- lagere onderhoudskosten wegdek;
- wegen kunnen eerder in gebruik genomen worden, door zettingsvermindering;
- en eerder rendement van de investeringen.

Voor gedetailleerde informatie kunt u verder terecht bij:

Iso Bouw B.V.

Someren
Telefoon 04937-1822

Polycel Industrie van Kunststoffen B.V.

Gouda
Telefoon 01820-15844

Regtuit-Ten Cate B.V.

Oldenzaal
Telefoon 05410-21111

Schulpen Schuim Nijmegen B.V.

Nijmegen
Telefoon 080-771010

Unidek Bouwelementen B.V.

Gemert
Telefoon 04923-78111

V.B.I. Verkoopmaatschappij B.V.

Huissen
Telefoon 085-259015

