

**Znalecký posudek
o příčinách poruch plastbetonů**

67 stran

3. 12. 1983

- Odvětví: - stavby obytné, průmyslové,
zemědělské
(spec.: stavební konstrukce
betonové, železobetonové
a konstrukce z plastických
hmot)
- stavební materiály
(spec.: aplikace plastických
hmot ve stavebnictví)
- ceny a odhady
(spec.: odhady nemovitosti)

Čj. 2 108/238/83

Praha, 3. prosince 1983

Z n a l e c k ý p o s u d e k

o příčinách poruch plastbetonu Betoplast v [REDACTED]

Dne 5. února 1982 při osobní návštěvě nástupců KPIČO
Energoprojekt Ing. Krychtálka a Ing. Makovce v ÚTAM a 12. února
1982 dopisem zn. 11600/078/MK byl jsem požádán o vypracování
znaleckého posudku o příčinách poruch podlahoviny z polyestero-
vého plastbetonu v místnostech prádelny č. 135, 108 a 107
v přímém provozu jaderné elektrárny V 1 v Jaselských Bohuni-
cích. Po prostudování dodaných podkladů provedl jsem prohlídku
porušených podlah za přítomnosti Ing. Makovce a pracovníků EBO
dne 7. 5. 1982. Protože tento den přes předběžný příslib ne-
mohly být z provozních důvodů odebrány vzorky podlahoviny k la-
boratornímu vyšetření, bylo provedení posudku odloženo.

Dne 9. 8. 1983 byla objednávka obnovená a uzavřena dohoda
o provedení práce mezi Energoprojektem a znalcem ev. čís. 29/83-
PP se stejnou náplní jako dříve. Další návštěva na místě a odběr
vzorků plastbetonu i podkladního betonu byly uskutečněny 7. říj-
na 1983 za přítomnosti Ing. Makovce a Ing. Krychtálka. Odběru
vzorků se dále účastnili pracovníci EBO: Ing. Feik /HI RB/ a
Ing. Kubala /ZV/. Zápis o odběru vzorků je uveden v příloze.

K posudku byly použity tyto podklady:

1. situační výkres reklamovaných místností se zakreslením zařízení - zdrojů tepla, se zakreslením průběhu trhlin zjištěných v lednu 1980 a záznamem o měření teplot /poznámka: při prohlídce místností dne 26. ledna 1982 bylo za účasti provozovatele konstatováno, že průběh trhlin se v uplynulých dvou letech nezměnil a nové nevznikly/
2. prováděcí výkresy dotčené části objektu
3. tabulka teplot, naměřených v reklamovaných místnostech ~~visle na našem zjištění~~
4. posudek Ing. Jozefa Ladislava Híveše, CSc, ~~připojeny~~ připomínky EGP k posudku a odpověď autora posudku k těmto připomínkám
5. technologický předpis ARMABETONU pro podlahovinu BETOPLAST platný v době provádění
6. nový předpis ARMABETONU z prosince 1980 - pro informaci o technologii nabídnuté pro další jaderné elektrárny
7. arbitrážní rozhodnutí St. arbitráže ČSSR ve sporu FE/EJB/1/80-Hr a FE/EJB/39/80-Hr z 15. 10. 1981
8. výpis z tabulky limitních hodnot vlastností a namáhání podlahoviny Betoplast, obsažené v souborné dokumentaci povrchových úprav JE-V 1 z roku 1975
9. zápis o jednání z 26. 1. 1982 popisující současný stav
10. podmínky realizace podlahovin plastového typu v objektech JE-V2 /Energoprojekt, zn. 11600/MK/Dř z 30.9. 1982/
11. zápis z třetího projednání "bezchybného projektového řešení" z 8. 2. 1982

12. zápis z jednání o čtvrté konzultaci k bezchybnému řešení podlahy z 12. 2. 1982
13. Bezchybné projektové řešení podlahoviny /Energoprojekt/ z 26. 2. 1982
14. Technologický předpis np. Armabeton "Podlahoviny se syntetických pryskyřic" z ledna 1979
15. Technologický předpis np. Armabeton "Podlaha Betoplast" z června 1973 a TEP 12/76
16. Technické podmínky pro "podlahu Betoplast" z ledna 1977
17. R.A. Bareš: Polyesterové plněné systémy, 1978, ÚTAM-ČSAV, Praha
18. R.A. Bareš "Všeobecné posouzení technologie a užití podlahoviny Fortit a Betoplast," odb. expertiza, Praha, únor 1979
19. V. Čermák, Z. Háječ, J. Mleziva "Vytvrzování nenasyčených polyesterových pryskyřic I," Plasty a kaučuk 11, 1974, č. 6, str. 165-168
20. R.A. Bareš - Pozemní stavby č. 11/1980
21. R.A. Bareš - Stavivo, č. 6,7,8,9,10/1980
22. R.A. Bareš - Stavební ročenka 1980, SNTL, 1979
23. J. Mleziva - Polyester, SNTL, 1978
24. St. Bechyně - Technologie betonu, sv. 5, SNTL, 1961
25. R.A. Bareš - Znalecké posudky Z 98/223/21, 786/211/81 a další.

S ohledem na to, že při identifikaci poruch se není možné obejít bez řady chemických analýz, byl přizván ve smyslu § 10, odst. 2 zák. 36/67 Sb s výslovným souhlasem zadavatele pro spolupráci konzultant - specialista analytik, Ing. Jar. Novák z VŠCHT Praha.

Veškerá nezbytná zařízení, přístroje a materiály potřebná k analýzám a dalším zkouškám byly ve smyslu § 14 zák. 36/67 Sb zapůjčeny

nebo poskytnuty bezplatně Ústavem teoretické a aplikované mechaniky ČSAV a Vysokou školou chemicko-technologickou v Praze.

N á l e z

1. Popis objektu, historie vzniku poruch a dosavadních opatření V provozní budově [REDAKCE]

[REDAKCE] byly v rozsahu 24 tis.m² provedeny plastbetonové podlahoviny na bázi polyesterových pryskyřic. V některých místnostech došlo v poměrně krátkém období po dokončení podlahovin příp. zahájení provozu ke vzniku poruch, které se z vnějšího pohledu projevovaly především trhlinami povrchové /nášlapné/ vrstvy a jejím miskovitým zdviháním u takto vytvořených okrajů. V jiných místnostech byl konstatován vznik podobných poruch později. V dalším období byl pozorován vznik odlišného vnějšího projevu poruch podlahoviny v některých místnostech: vznik výdutí různého průměru, od několika milimetrů k desítkám centimetrů, z nichž po proražení /např. provozem/ vytéká sirupovitá lepkavá kapalina.

První poruchy vzniklé v na sebe navazujících místnostech objektu 803 čís. 135 /žehlárna/ o ploše cca 100 m², čís. 108 /prádelna pracovních oděvů a prádla z volné zony elektrárny/ o ploše cca 50 m² a čís. 107 /žehlárna prádla z prádelny čís. 108/ rovněž o ploše cca 50 m² byly postupně reklamovány /26. 6. 1979, 3. 10. 1979, 7. 1. 1980 a 14. 1. 1980/ investorem a posléze byly předmětem arbitrážních sporů FE/HJB/1/80-Hr a FE/EJB/39/80-Hr vedených u Státní arbitráže ČSSR /státní arbitr JUDr. Róbert Hrebénár/

Během arbitrážního řízení bylo komisionálně za přítomnosti žadatele /investora/ i odpůrce II. provedeno na místě měření teploty na přívodních potrubích, kondenzačních nádobách, konzolách přívodového potrubí i nádob a na podlaze /30. 1. 1980, 6. 2. 1980, 7. 2. 1980 a 11. 2. 1980/ s těmito výsledky:

přívodní potrubí	116 - 140°C, prům. 125,6°C
kondenzační nádoba	107 - 139°C, prům. 122,8°C
konzola přívodního potrubí	32 - 55°C, prům. 33,4°C
konzola kondenzační nádoby	43 - 52°C, prům. 45,4°C
podlaha	29 - 34°C, prům. 31,4°C
vzduch	prům. 24°C

Měření rychlosti náběhu teplot podlahy a konzol pod kondenzačními nádobami bylo provedeno za účasti BGP /s. Michálek/ a IVES /ss. Straka, Kubela, Machovič, Matuš/ dne 6. 3. 1980 ze "studeného stavu" v 7,15 hod. do "horkého stavu" v 8,00 hod. s těmito výsledky /po 15 min./:

konzoly v místnosti 135	26°C - 32-39°C - 39-44°C - 48-44°C
podlaha v místnosti 135	25 - 30-31 - 32 - 31-32
konzola v místnosti 107	24 - 28 - 32 - 32
podlaha v místnosti 107	24 - 27 - 29 - 29
podlaha v místnosti 108	24 - 24 - 24 - 24

Státní arbitráž dále rozhodla o nezbytnosti požádat o provedení znaleckého posudku příslušnou odbornou organizací; v dalším však ve smyslu § 24 zák. 36/67 ustanovila znalce ad hoc, nezapsaného do seznamu, Ing. Ladislava Híveče, CSc, pracovníka Katedry chemické technologie silikátů Chemicko-technologické fa-

kulty SVST Bratislava^{x/}. Tento pracovník vyhotovil posudek "Stúdium trhlínkovania podlahovej hmoty Betoplast" 3. 6. 1981 /28 stran/ a ďalej "Odpověď na připomínky Ing. Makovce" 25.9.1981 /10 stran+15 příloh/.

Státní arbitráži bylo uloženo odpovědět na tyto otázky:

1. odpovídá podlahová hmota Betoplast, kterou je vytvořena podlahovina v místnostech 107, 108 a 135 objektu 803 JE - V 1 z hlediska složení a postupu při pokládání a vytváření podlahoviny podmínkám stanoveným příslušnou normou, technologickým postupem či jiným předpisem, upravujícím její správné složení a pracovní postup?
2. je možno použít hmotu Betoplast i v takových případech, kdy na ni budou působit nepravidelné lokální tepelné výkyvy do teploty 80 - 100°C
3. jestliže má hmota Betoplast správné složení a byla zhotovena předepsaným způsobem, je odolná proti nepravidelným a lokálním teplotním výkyvům a v jakém rozsahu?
4. v čem vidí odborný znalec příčinu praskání hmoty Betoplast v místnostech 107, 108 a 135 obj. 803 JE - V 1
5. svůj celkový názor na příčiny praskání Betoplastu.

O předložené "Studii" ... a "Odpovědi ..." bude pojednáno zvlášť v kap. 9.

x/ § 24 zák. 36/67 Sb umožňuje státnímu orgánu ustanovit znalcem osobu nezapsanou do seznamu v případech, kdy
a/ není pro daný obor znalec do seznamu zapsán
b/ znalec zapsaný do seznamu nemůže úkon provést
c/ jestliže by provedení úkonu znalcem zapsaným do seznamu bylo spojeno s nepřiměřenými obtížemi nebo náklady
d/ jde-li o posouzení zvlášť složitých odborných otázek.
Takto ust. novený znalec musí složit slib podle § 6, odst. 2 zák. 36/67 Sb, což v daném případě lze nahradit písemným prohlášením

V průběhu arbitrážního sporu podal ještě odpůrce II /generální dodavatel stavby/ arbitrážní žádost proti svému subdodavateli np. Armabeton Praha, který podlahovinu prováděl.

Z arbitrážního rozhodnutí jsou dále uvedeny hlavní okolnosti, které byly jeho podkladem:

- námitky ke znaleckému posudku se zamítají, protože "Posudek je vypracovaný a to povolnou autoritou /SVST/"
- "k prasknutí hmoty Betoplast došlo až po zahájení provozu v uvedených místnostech"
- "Betoplast byl z hlediska technologicko-stavebního proveden správně"
- praskliny na Betoplastu jsou "přímý důsledek tepelné zátěže a šoků, které tato hmota, i správně vytvořená, nesnáší".

Podle rozhodnutí Státní arbitráže ČSSR z 19. 10. 1981 není za vady zodpovědný generální dodavatel stavby /Hydrostav np. Bratislava/ a tedy ani subdodavatel podlahoviny /Armabeton np. Praha/ a zodpovědnost nese generální projektant /Energoprojekt Praha/, kterému bylo uloženo též zpracovat "bezchybné projektové řešení podlahy v místnostech 107, 108 a 135 objektu 803 JB - V 1".

Souborné řešení povrchových úprav, jako součást projektu Energoprojektu /zák. čís. 23 - 5622 - 20 - 331 z prosince 1975/ uvádí podlahovinu Betoplast jako třívrstvou podlahovinu ve jmenovité tloušťce 20 mm, prováděnou podle oborového technologického předpisu GŘ Průmyslové stavitelství Brno, zpracovaného Armabetonem /jako provádějícím podnikem/ v červnu 1973 ve formě TEP - 12/73. Složení směsi, způsob provádění a kontroly jsou obsaženy podrobně v tomto předpisu. Předpokládané vlastnosti podlahoviny jsou uvedeny

měření teplot /citovaných v arbitrážním rozhodnutí/ a měření rychlostí jejich náběhu /provedeného 6.3. 1980/. Toto řešení spočívá jednak v úplném odstranění stávající podlahoviny a podložky a znovuvybudování stejné podlahoviny Betoplast na novou podložku, jednak v úpravách uložení a izolaci potrubí a kondenzačních nádob tak, aby teplota na jejich povrchu nepřesáhla 50°C a jejich vzdálenost od podlahy /s níž nesmí být přímo ve styku případně podpory/ byla min. 5 cm u potrubí $\varnothing 1''$ a u větších předmětů přiměřeně více a konečně v provozních úpravách zahrnujících úpravu odtoků /výtoků/ z praček a odstředivek, k vybudování keramikou obloženého odtokového žlabu a v jednoznačných předpisech pro mytí, oplachování, větrání atd. zajišťujících, že nedojde k náhlým teplotním změnám podlahoviny.

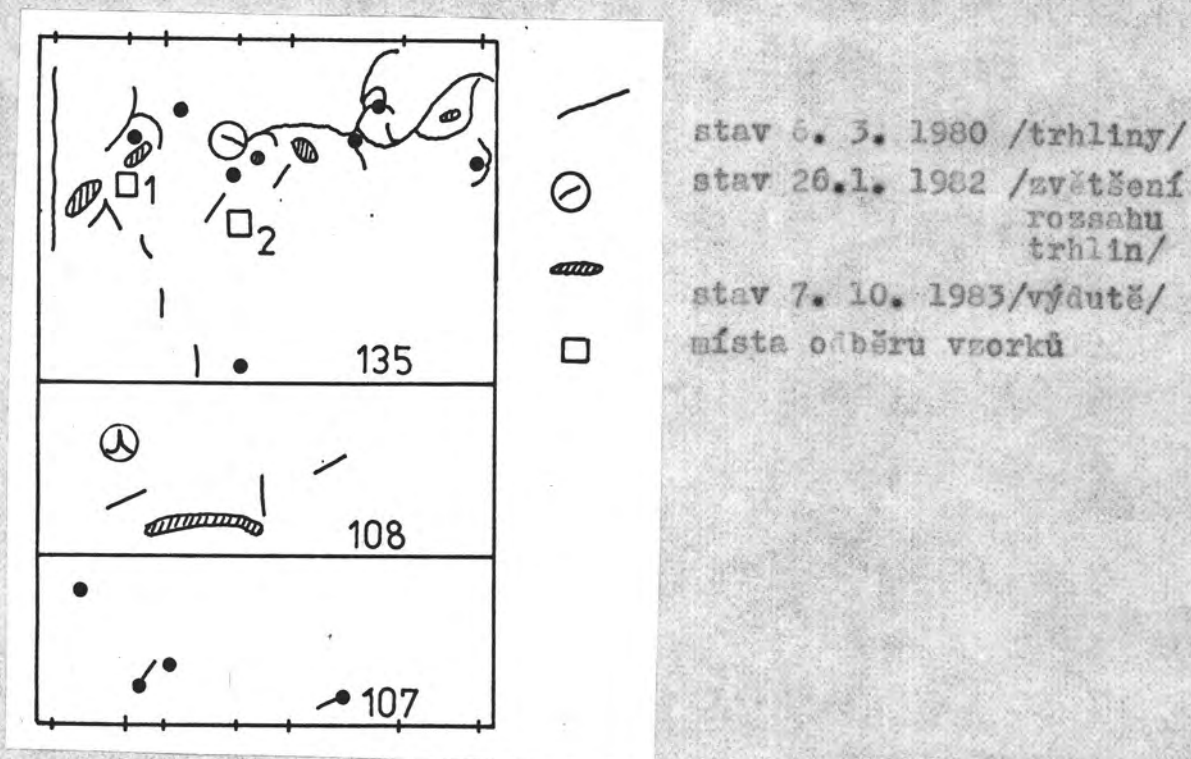
Vyžadované technické vlastnosti jsou:

tloušťka	23 mm \pm 5 mm
tloušťka vyrovnávací + nášlapné vrstvy	2 - 5 mm
hmotnost podlahoviny	50 - 60 kg/m ²
pevnost v tlaku	min. 50 MPa
pevnost v tahu za ohybu	min. 14 MPa
přilnavost k podložce	min. 1,5 MPa
odolnost proti působení teplot	
dlouhodobě	$-20^{\circ}\text{C} - +70^{\circ}\text{C}$
krátkodobě	max. 80°C
při časově změně max. $1^{\circ}\text{C}/1$ min. a změně v rovině podlahoviny	
max. $1,5^{\circ}\text{C}/0,1$ m, příp. max. 40°C v jedné místnosti.	

Do dne prohlídky a odběru vzorku /7. 10. 1983/ nebyly žádné rekonstrukční práce provedeny a se zahájením oprav se počítá až po uvedení prádelny JE V-2 do trvalého provozu.

2. Vývoj a stav poruch

Stav poruch ze dne 6. 3. 1980 byl zaznamenán ve skizze Energoprojektu z 20. 7. 1981, archivní čís. BGP 413 - 1 - 047086, poř. čís. a třídicí znak P3.803/001 a je schematicky uveden v dalším obrázku. Při prohlídce prováděné zástupci Energoprojektu za účasti IVES dne 26. 1. 1982 bylo zjištěno jen malé rozšíření rozsahu trhlin, při prohlídce 7. 10. 1983 za přítomnosti zástupců Energoprojektu, IVES a znalce nebyly nalezeny podstatné změny v rozsahu trhlin, na řadě míst však byly zjištěny výdutě o \varnothing 1 až průměru jednoho až několika desítek centimetrů, zejména v okolí míst s trhlinami.

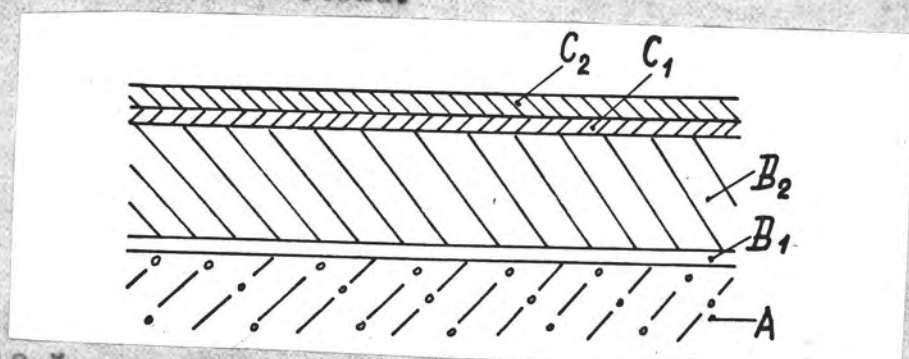


Obr. 1 Schéma rozmístění poruch a míst odběru vzorků

Poruchy se dosud projevovaly převážně trhlinkováním povrchové vrstvy a jejím miskovitým zviháním od nosné vrstvy plastbetonu a to vešměs u různých ukončení podlahoviny /základů, podpěr, gul, poklopů, prostupů atd./, jak ukazují obr. 2 - 8, ale i v některých částech

souvislé plochy /obr. 9/.

Při odběru vzorků bylo zjištěno, že povrchovou vrstvu, která je relativně tuhá, lze snadno oddělit v jisté hloubce /1 - 5 mm/ od plastbetonu; plastbeton je, zejména v této hloubce nesoudrný, s malou kohezní pevností, lepavý a silně zapáchá hořkými mandlemi a styrenem /vrstva B 2 v obr. 10/. Krycí /nášlapná/ vrstva má tloušťku cca 1 - 2 mm, celá povrchová vrstva /nášlapná C 2 + vyrovnávací C 1 / je tlustá 2 - 3 mm. Spojovací vrstva /B 1/ je bez subjektivně zjistitelné poruchy, pevná a lpí dokonale na penetrované vrstvě betonu. Hloubka penetrace podložky /A/ činí cca 3 mm a zasahuje kromě neodstraněné povrchové vrstvičky betonu s vyplavenými lehkými podíly cementu a štěrkopísku v tloušťce cca 1 mm i vlastní beton. Při odběru vzorku penetrovaná vrstva betonu zůstává pevně připojena ke spojovací a nosné vrstvě plastbetonu a odděluje se od nepenetrovaného betonu.



Obr. 10 Mezi podlahou: C 2 - povrchová vrstva, C 1 - vyrovnávací vrstva, B 2 - nosná vrstva, B 1 - spojovací vrstva, A - cementový beton s penetrací.

Výskyt těchto poruch je lokalizován převážně v blízkosti oken /místnost čis. 135/. Vydutě jsou vyplněny mezi povrchovou a nosnou vrstvou lepkavou kapalinou, zapáchající stejně jako nosná vrstva plastbetonu.



Obr. 2 Trhlina postupující od vyvýšených základů



Obr. 3 Trhliny postupující od podpěr kondenzačních nádob



Obr. 4 Trhliny postupující od rohu guly



Obr. 5 Trhliny postupující od rohů poklopů



Obr. 6 Trhliny a m skovité zdvihání povrchové vrstvy u trubních
prostupů



Obr. 7 Trhliny postupující od porušené povrchové vrstvy při od-
běru vzorku



Obr. 8 Trhlina povrchové vrstvy s miskovitě se zdvihajícími okraji



Obr. 9 Soustava trhlin v souvislé ploše, mimo ukončení a tepelné zdroje

Při provádění sond k odběru vzorků byla zjištěna tato skutečná skladba podlahy:

Betoplast 25 mm
cementový potěr 40 mm
vodotěsná izolace
výplňový beton se zbytky různých stavebních materiálů /vysekáno do hloubky cca 100 mm/

Nebyla posuzována shodnost skutečného a projektovaného řešení, když nebyl k dispozici úplný projekt ani stavební deník; pro vyžadované posouzení příčin poruch podlahoviny nejsou však tyto skutečnosti rozhodující.

4. Podlahovina

Podlahovina Betoplast podle jejího technologického předpisu se skládá ze dvou částí:

- nosné vrstvy složené ze spojovací vrstvy a vlastního plastbetonu, ukládané na vytvrzený penetrační nátěr
- povrchové úpravy, složené z vyrovnávací vrstvy a nášlapné vrstvy.

Podlaha je zdravotně nezávadná, těžko hořlavá /pož. třídy C - 1/, hodí se pouze pro vnitřní prostory, provádí se v barvách červeno-hnědé, okrové, zelené, šedé.

Pro přípravu Betoplastu se používají:

- směs polyesterových pryskyřic /nenasyčených polyesterů rozpuštěných ve styrenu/ ChS Polyester 104 a

ChS Polyester 200; namísto ChS Polyester 104 mohou být ve směsi s ChS Polyester 200 použity speciální polyesterové pryskyřice, jako jsou ChS Polyester 111, 150, 220 a další,

- nebo samostatně změkčená polyesterová pryskyřice ChS Polyester 114
- katalyzátor P - VI /50%ní roztok methyloxyklohexanonperoxidu v methyloxyklohexanolu a dibutylftalátu/
 - urychlovač I/40 /40%ní roztok kobaltnaftarátu v toluenu/
 - plnivo křemičitého typu, suché, složené z-písku PBT
-jemných sklářských
písků a moučky jako JUK
 - přísady - barviva jako kysličníky železa, chromitý, titaničitý
/titanová běloba/
 - tixotropní přísady jako aerosil 380
 - pomocné materiály - aceton techn.
 - styren monomer
 - parafin 52/54
 - Lukoil M 10

Složení jednotlivých vrstev a postup podle technologického předpisu n.p. Armabeton Praha je následující:

Penetrační nátěr:

ChS Polyester 104	90 hm.d.
ChS Polyester 200	10 hm.d.
aceton techn.	100 hm. d.
P-urychlovač I/40	1 hm. d.
P-iniciátor VI	2-4, doporučeno 3 hm.d.

Mosná vrstva

ChS Polyester 104	75 hm.d.
ChS Polyester 200	25 hm.d.
P-urychlovač I/40	1-2, doporučeno 1 hm.d.
P-iniciátor VI	2-4, doporučeno 3 hm. d.
g nocol	2 hm.d.
písek JUK	70 hm.d.
písek PBT	630 hm.d.

Nejdříve se smíchá základní směs ChS 104, ChS 200, P I/40; z ní se odebere 8 kg a přidá P VI v množství 200 cm³ /100 - 300 cm³ podle teploty/, promíchá a přidá 5 kg JUK. Z této směsi se odebere cca 1,5 kg a rozprostře jako spojovací vrstva před kladením plastbetonu. Ke zbytku se přidá písek PBT /50 kg/, promíchá a ukládá bezprostředně na spojovací vrstvu.

Vyrovnávací vrstva

ChS Polyester	104	90 hm.d.
ChS Polyester	200	10 hm.d.
P-urychlovač I/40		1-2, doporučeno 1 hm.d.
P.iniciátor VO		2-4, doporučeno 3 hm.d.
signocel		5 hm.d.
aerosil		1 hm.d.
JUK		100 hm.d.
roztok PAR-5		1 hm.d.

NÁŠlapná vrstva

ChS Polyester 104	90 hm.d.
ChS Polyester 200	10 hm.d.
P-urychlovač I/40	1-2, doporučeno 1 hm.d.
P-iniciátor VI	2-4, doporučeno 3 hm.d.
signocel	5 hm.d.
roztok PaR-5	5 hm.d.

Parafinový roztok PAR 5

styren	100 hm.d.
parafin 52-54	5 hm.d.
lukocil M 10	0,2 hm.d.

Podklad má být podle tohoto technologického předpisu z cementového betonu min. tl. 4 cm, vyzrálého min. 28 dní, celistvý, soudržený, nepopraskaný, neodutý, s pevností min. 17 MPa, s rovinností ± 3 mm/2m. Beton musí být proveden ze zavhlé směsi, povrch zatřen dřevěným hladítkem, nesmí být zaprašován cementem, uhlazen ocelovým nebo plastovým hladítkem, znečištěn asfaltem, oleji nebo nátěrovými hmotami. Beton podlahy musí být naprosto suchý /max 5% hm. vlhkosti/ a musí být zajištěno, aby jím nemohla prostupovat vlhkost k penetračnímu nátěru /rubu podlahoviny/ a to ani v době provádění, ani v době užívání podlahoviny.

Okraje dilatačních spar, přísnaných pracovních spar a všechna ukončení ve vrátech, dveřích atd., tedy i tam, kde podlahovina navazuje na jiný druh podlahovin apod., musí být osazeny ocelovým úhelníkem tak, že jeho vodorovné rameno směřuje od spáry nebo ukončení k podlahovině a jeho povrch je v úrovni povrchu podlahoviny.

Optimální podmínky pro provádění jsou 20°C a do 60% RV. Teplota podkladu nesmí klesnout pod 10°C a přesáhnout 20°C, teplota prostředí po celou dobu provádění a min. 1 týden před zahájením prací a 28 dní po dokončení nesmí klesnout pod 15°C.

Schematické uspořádání konstrukce podlahoviny je na obr. 10; spotřeby materiálů na 1 m² jsou následující:

A - penetrace - $0,5 - 1 \text{ kg/m}^2 = 0,5 - 1 \text{ mm}$
/ 100 kg/m^3 /

B 1 - přechodová /"mastná"/ vrstva $0,8 \text{ kg/m}^2 = 0,5 \text{ mm}$
/ 1275 kg/m^3 /

B 2 - základní vrstva - $33 \text{ kg/m}^2 = 16 \text{ mm}$
/ 2100 kg/m^3 /

C 1 - vyrovnávací vrstva $2,5 \text{ kg/m}^2 = 2,5 \text{ mm}$
/1000 kg/m^3 /

C 2 - povrchová vrstva $1,5 \text{ kg/m}^2 = 1,5 \text{ mm}$
/1000 kg/m^3 /

celková tloušť. 21,0 mm

5. Obsah vlhkosti v podlaze

Pro zjištění vlhkosti podkladního betonu byly na dvou místech v místnosti 135 provedeny ručním odsákním sondy a vzorky jak podlahoviny, tak betonu /podložky i výplňového betonu pod izolací v případě sondy 1 a podložky v případě sondy 2/ uloženy bezprostředně do polyetylenových lahví. Vzorek čis. 1 byl odebrán v místě mezi dvěma velkými výdutěmi, vzorek čis. 2 v místě zdanlivě dobrém, v dostatečné vzdálenosti od jakýchkoli vnějších poruch. Vzorky betonu byly ihned zváženy a po vysušení 48 hod. při $130 - 140^\circ\text{C}$ /do konstantní hmotnosti/ byly zjištěny hodnoty obsažené vlhkosti podle další tabulky.

Vzorek	Popis vzorku	Obsah vlhkosti v % suché hmotnosti	Množství volné vody v $1/\text{m}^2$ x/	Množství volné vody nad rovnovážnou vlhkost v $1/\text{m}^2$ xx/
1 a	Podložka tl. cca 4 cm	9,14	8,0	5,4
1 b	Výplňový beton do hl. cca 10 cm	6,41	161	85
2	Podložka tl. cca 4 cm	8,92	7,8	5,2

x/ Za předpokladu objemové hmotnosti podložky $2\ 200 \text{ kg/m}^3$ a výplňového betonu $1\ 500 \text{ kg/m}^3$ při stejné průměrné vlhkosti v celé tloušťce

xx/ Za předpokladu rovnovážné vlhkosti 5% hmotn.

Z dosažených výsledků nelze spolehlivě soudit, zda vodotěsná izolace pod podlahou je bezchybná, neboť kapacita výplňového betonu v tloušťce 140 cm pro nasycení vodou je ohromná /cca 500 - 600 l vody na každý m²/. Sondy na celou tloušťku výplňového betonu z provozních důvodů nelze provést. Za předpokladu, že nasycenost výplňového betonu vodou je stejná v celé tloušťce jako ve zkoumaných vrstvách cca 10 cm pod izolací /což je s ohledem na prakticky nulový teplotní spád mezi horní a spodní plochou konstrukce stropu značně pravděpodobné/, lze považovat nalezenou vlhkost za zabudovanou. Její hodnota odpovídá i praktickým poznatkům při délce vysýchání, které doba výstavby obvykle umožňuje /20/. Naproti tomu vlhkost podlahy je nadměrná, větší než by odpovídala přirozenému vyschnutí za 28 dnů od její výroby a je nanejvýš pravděpodobné, že valná část přítomné vlhkosti je dodatečně do podlahy vnesena mokřím provozem v důsledku poruch povrchové vrstvy. Nasvědčuje tomu i skutečnost, že výdutě, charakteristické pro probíhající hydrolyzu pojiva podlahoviny /jež je možná jen za přítomnosti dostatečného množství vody/, vznikly teprve po cca 3 letech provozu prádelny.

6. Teplotní poměry

Teplotní spád v podlaze o tloušťce více než 2 m, s ustálenými teplotními podmínkami prostor pod i nad podlahou, bude z dlouhodobého pohledu minimální. Tím zřejmě nebude v důsledku teplotního spádu docházet k větší cirkulaci vlhkosti ve stropním systému a zejména /i za předpokladu porušení izolace pod podlahou/ nebude vlhkost ze spodních vrstev transportována a soustřeďována pod nepropustnou podlahovinu. Z uvedeného lze vyvodit, že s největší pravděpodobností vlhkost přítomná ve výplňovém betonu

Z dosažených výsledků nelze spolehlivě soudit, zda vodotěsná izolace pod podložkou je bezchybná, neboť kapacita výplňového betonu v tloušťce 140 cm pro nasycení vodou je ohromná /cca 500 - 600 l vody na každý m²/. Sondy na celou tloušťku výplňového betonu z provozních důvodů nelze provést. Za předpokladu, že nasycenost výplňového betonu vodou je stejná v celé tloušťce jako ve zkoumaných vrchních cca 10 cm pod izolací /což je s ohledem na prakticky nulový teplotní spád mezi horní a spodní plochou konstrukce stropu značně pravděpodobné/, lze považovat nalezenou vlhkost za zabudovanou. Její hodnota odpovídá i praktickým poznatkům při délce vysychání, které doba výstavby obvykle umožňuje /20/. Naproti tomu vlhkost podložky je nadměrná, větší než by odpovídala přirozenému vyschnutí za 28 dnů od její výroby a je nanejvýš pravděpodobné, že valná část přítomné vlhkosti je dodatečně do podložky vnesena mokřím provozem v důsledku poruch povrchové vrstvy. Nasvědčuje tomu i skutečnost, že výdutě, charakteristické pro probíhající hydrolýzu pojiva podlahoviny /jež je možná jen za přítomnosti dostatečného množství vody/, vznikly teprve po cca 3 letech provozu prádelny.

6. Teplotní poměry

Teplotní spád v podlaze o tloušťce více než 2 m, s ustálenými teplotními podmínkami prostor pod i nad podlahou, bude z dlouhodobého pohledu minimální. Tím zřejmě nebude v důsledku teplotního spádu docházet k větší cirkulaci vlhkosti ve stropním systému a zejména /i za předpokladu porušení izolace pod podložkou/ nebude vlhkost ze spodních vrstev transportována a soustřeďována pod nepropustnou podlahovinu. Z uvedeného lze vyvodit, že s největší pravděpodobností vlhkost přítomná ve výplňovém betonu

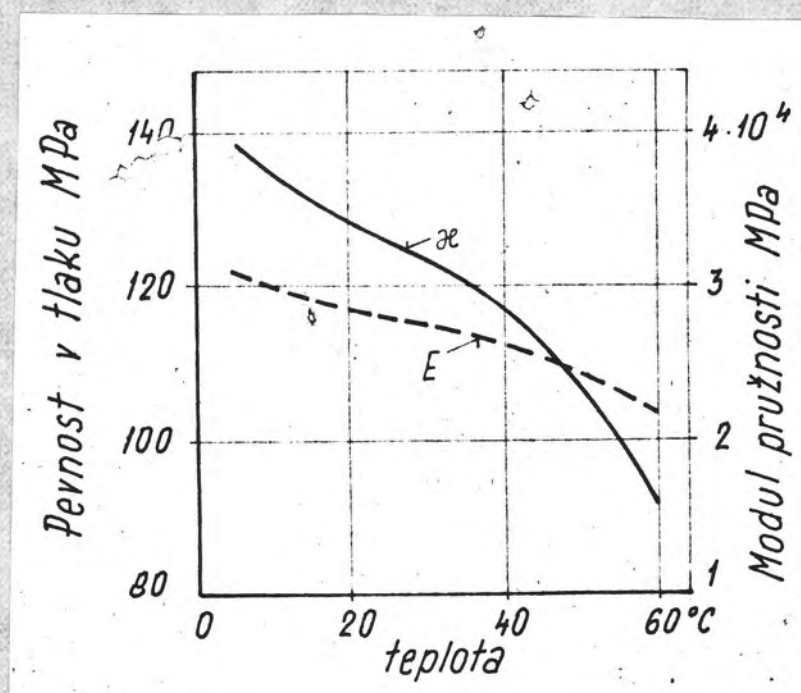
Z dosažených výsledků nelze spolehlivě soudit, zda vodotěsná izolace pod podložkou je bezchybná, neboť kapacita výplňového betonu v tloušťce 140 cm pro nasycení vodou je ohromná /cca 500 - 600 l vody na každý m²/. Sondy na celou tloušťku výplňového betonu z provozních důvodů nelze provést. Za předpokladu, že nasycenost výplňového betonu vodou je stejná v celé tloušťce jako ve skoumaných vrchních cca 10 cm pod izolací /což je s ohledem na prakticky nulový teplotní spád mezi horní a spodní plochou konstrukce stropu znáčně pravděpodobné/, lze považovat nalezenou vlhkost za zabudovanou. Její hodnota odpovídá i praktickým poznatkům při délece vysýchání, které doba výstavby obvykle umožňuje /20/. Naproti tomu vlhkost podložky je nadměrná, větší než by odpovídala přirozenému vyschnutí za 28 dnů od její výroby a je nanejvýš pravděpodobné, že valná část přítomné vlhkosti je dodatečně do podložky vnesena mokřím provozem v důsledku poruch povrchové vrstvy. Nasvědčuje tomu i skutečnost, že výdutě, charakteristické pro probíhající hydrolyzu pojiva podlahoviny /jež je možná jen za přítomnosti dostatečného množství vody/, vznikly teprve po cca 3 letech provozu prádelny.

6. Teplotní poměry

Teplotní spád v podlaze o tloušťce více než 2 m, s ustálenými teplotními podmínkami prostor pod i nad podlahou, bude z dlouhodobého pohledu minimální. Tím zřejmě nebude v důsledku teplotního spádu docházet k větší cirkulaci vlhkosti ve stropním systému a zejména /i za předpokladu porušení izolace pod podložkou/ nebude vlhkost ze spodních vrstev transportována a soustřeďována pod nepropustnou podlahovinu. Z uvedeného lze vyvodit, že s největší pravděpodobností vlhkost přítomná ve výplňovém betonu

a podložce zatím nepůsobila ani chemicky ani fyzikálně /roz-
kličujícím účinkem/ přímo na polyesterovou podlahovinu. V po-
sledním období pozorované výdutě v okolí trhlinami porušených
míst souvisí zřejmě s průnikem další /oplachové/ vody do systé-
mu. Svědčí o tom ostatně i okolnost, že penetrace, případně
spojovací vrstva podlahoviny není narušena a podle subjektiv-
ního hodnocení v odkrytých sondách má požadované vlastnosti.

Působení změny teploty prostředí proti teplotě rozevře
/teplotě, při níž byla podlahovina zhotovena/ má dvojitý účinek.
Při zvyšující se teplotě dochází k vyšší polymerační konverzi,
provázené dalším polymeračním smrštěním. Relaxace napětí od
tohoto smrštění v tuhé podlahovině /zejména její povrchové
vrstvě/ je pomalá a při rychlém zvyšování teploty mohou vzniklá
napětí dosáhnout značných hodnot, i když pracovní diagram poly-
esterového polymeru se teplotou výrazně mění /obr. 11 a 12/.

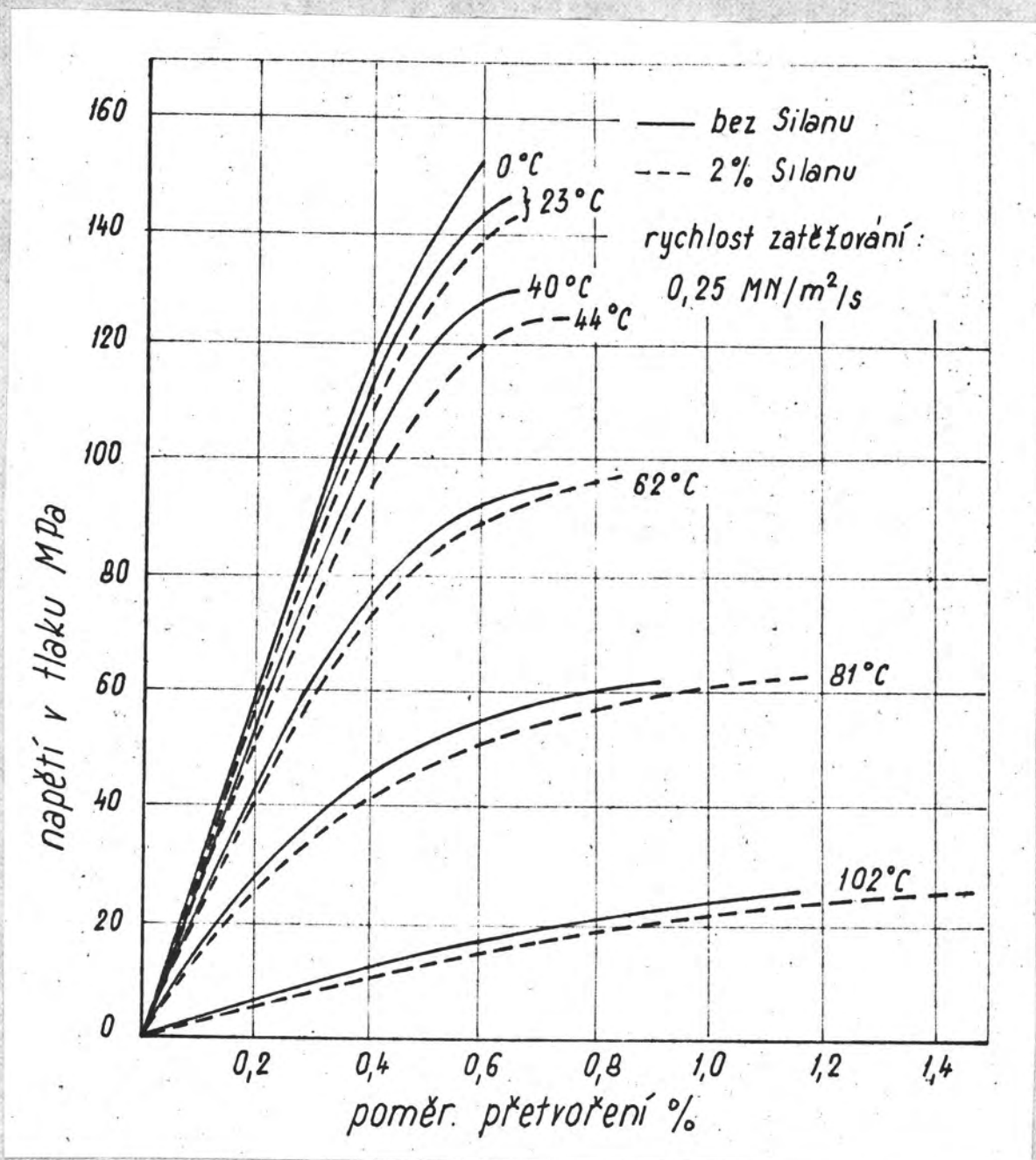


Obr. 11 Vliv teploty na pevnost a modul pružnosti polyesterové
pryskyřice /17/

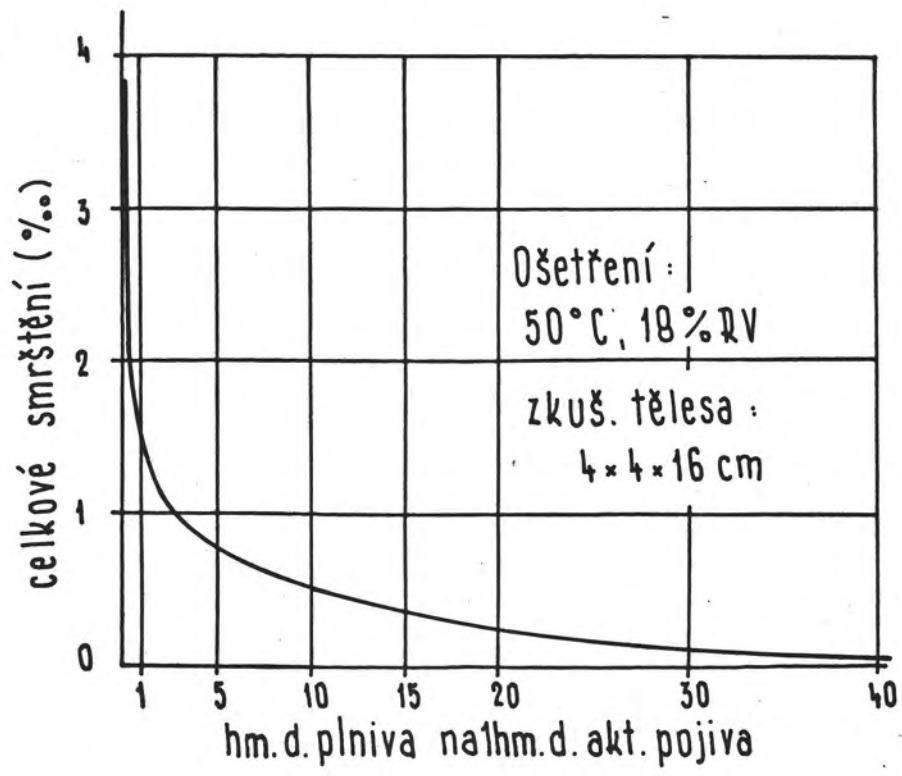
Předpokládáme-li, že celkové délkové smrštění použitého systému je 6 ‰ /obr. 13/ a že konverze před tepelným namáháním byla 20% a po tepelném namáhání při 60°C dojde ke 100% konverzi, zbývá na dodatekové smrštění cca 1,2 ‰. Modul pružnosti polyesterové pryskyžice klesne z původních cca 3,4 GPa při 20°C na cca 0,7 GPa při 60°C. Neuvažuje-li se creep /jehož specifická hodnota dosahuje u plastbetonu v poměru 1 : 10 při 60°C cca 10/MPa $\cdot 10^6$ za jeden den a cca 25/MPa $\cdot 10^6$ za 40 dní, u plastbetonu v poměru 1 : 3 však již 55/MPa $\cdot 10^6$ za 40 dní /viz obr. 14/ vyvolá v zatvrdlém systému dodatekové smrštění napětí $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 10^3 = 0,84$ MPa, které nemůže při dobrém provedení způsobit ani vznik trhlin, ani odštělení povrchové od nosné vrstvy plastbetonu /ani kdyby se neuvažovalo protisměrné působení vlivem teplotní roztlačnosti/.

Druhý účinek změny teploty se projevuje délkovou změnou podle součinitele teplotní roztlačnosti /obr. 15/. Při ohřevu nemá v rozsahu teplot do + 80°C škodlivý účinek, protože současné smrnutí /snížení modulu/ umožní potřebné stlačování /neboť volnému roztlačení je bráněno odporem spodní vrstvy, obvodového ukončení a různých výstupků/ bez vzniku poruch. Nebezpečnější je snižování teplot, neboť povrchová vrstva je se stejných důvodů jako předešle roztlačována. Nebezpečnější přitom je snižování teploty z normální /rodové/ teploty než ze zvýšené teploty po předchozím ohřátí pro nevýhodnější přetvárné charakteristiky. Součinitel teplotní roztlačnosti nosné vrstvy /ve složení pojivo ku plnivo = 1 : 8 hmotnostně/ cca $2,2 \cdot 10^{-5}$ /°C, průměrná hodnota součinitele teplotní roztlačnosti povrchové vrstvy je $7,5 \cdot 10^{-5}$ /°C. Hodnota modulu pružnosti povrchové vrstvy je při normální a nižších teplotách cca $35 \cdot 10^2$ MPa, nosné vrstvy cca $200 \cdot 10^2$ MPa. Průběh vodorovných smykových napětí po výšce podlaho-

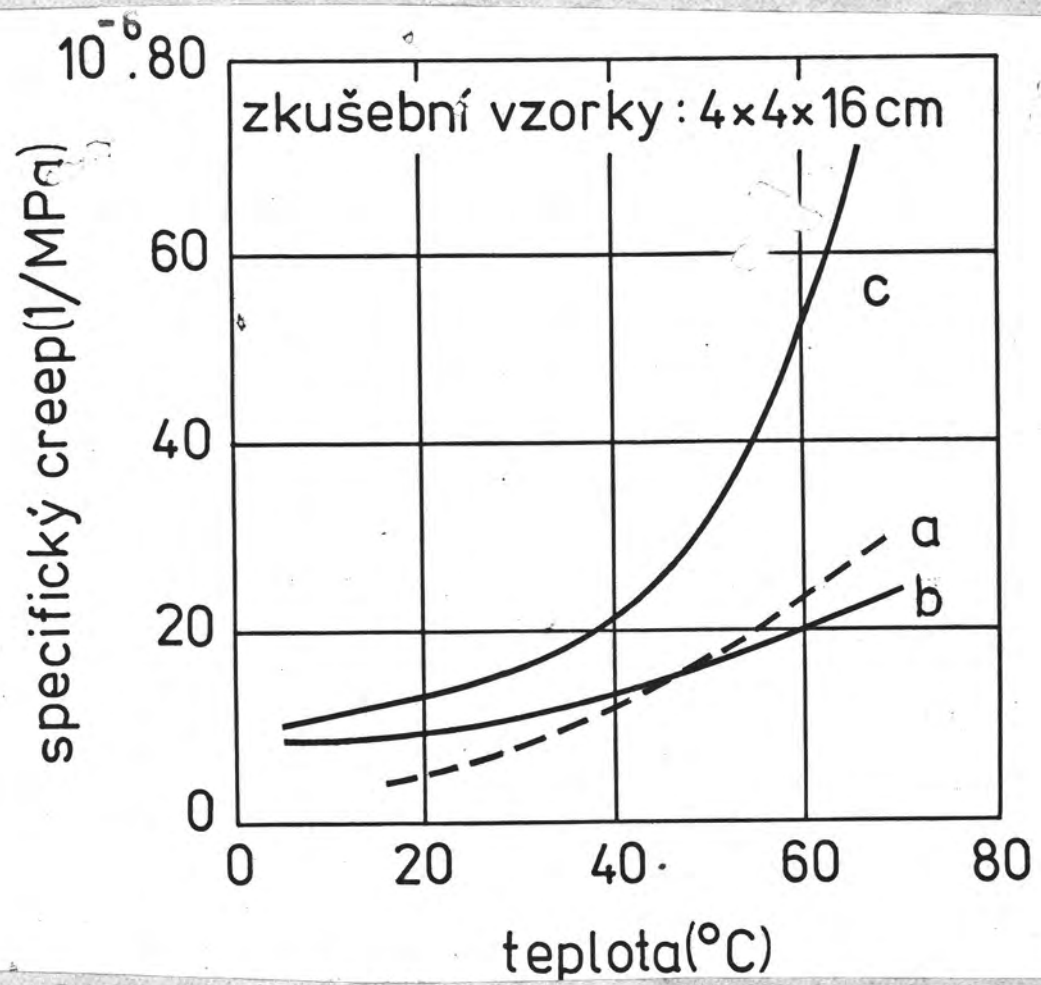
viny /1 podkladu/ není lineární; maximální hodnoty dosahuje v okolí kontaktní zony odlišných vrstev a k odlehlým okrajům vrstev se parabolicky snižuje, pokud existuje dokonalé spojení vrstev /obr. 15/. V případě nedokonalého spojení nebo nespojení se normální napětí mění ve vrstvách po výšce jen málo,



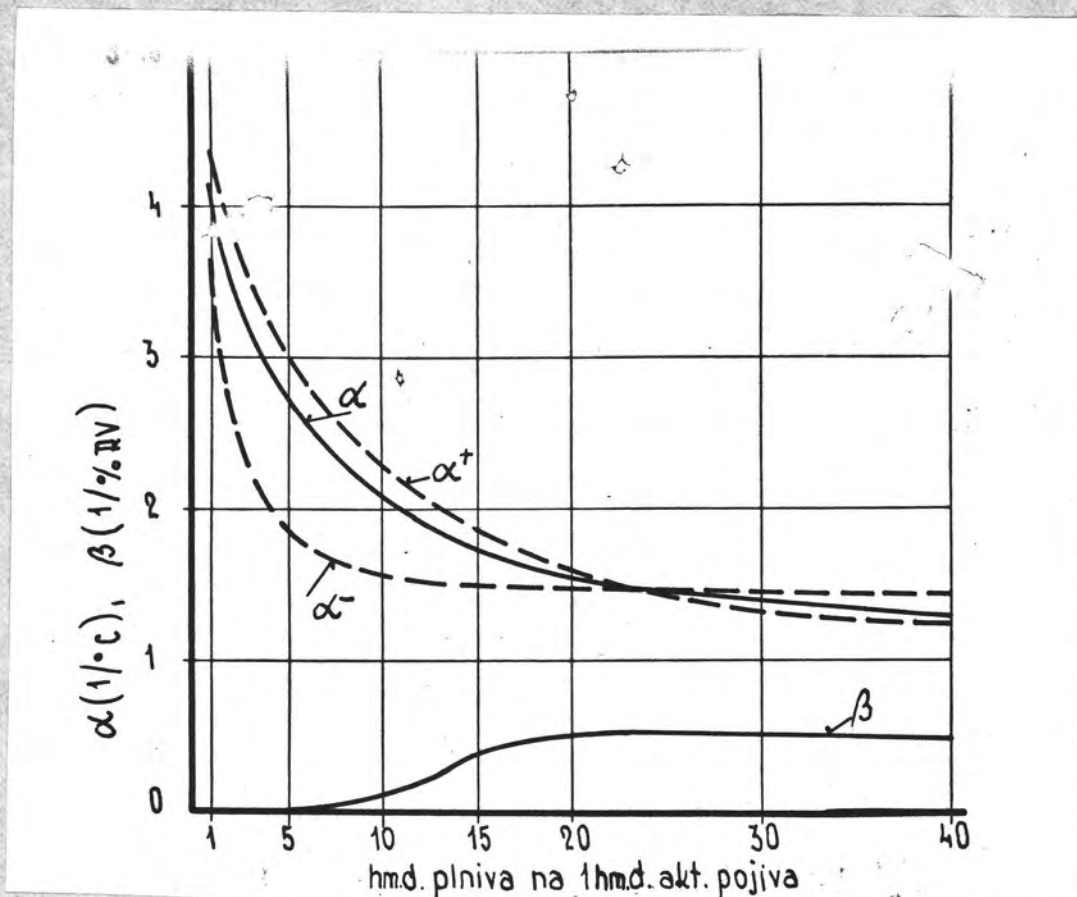
Obr. 12 Změna pracovních diagramů polyesterového plastbetonu /s obsahem oca 13% pryskyřice/ s teplotou /22/



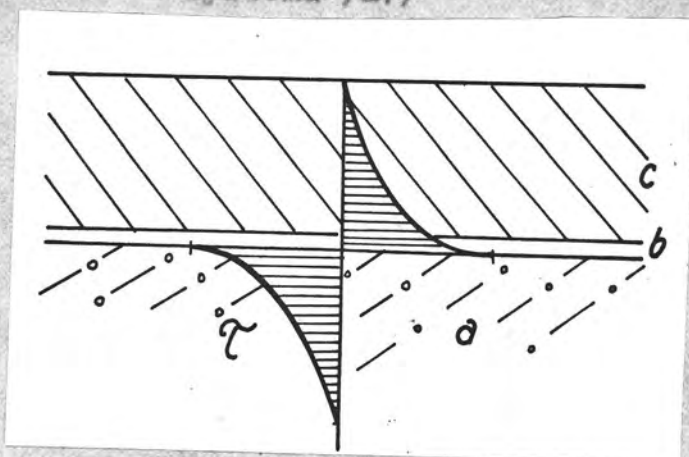
Obr. 13 Průběh lineárního smrštění polyesterových systémů v závislosti na obsahu plniva /17/



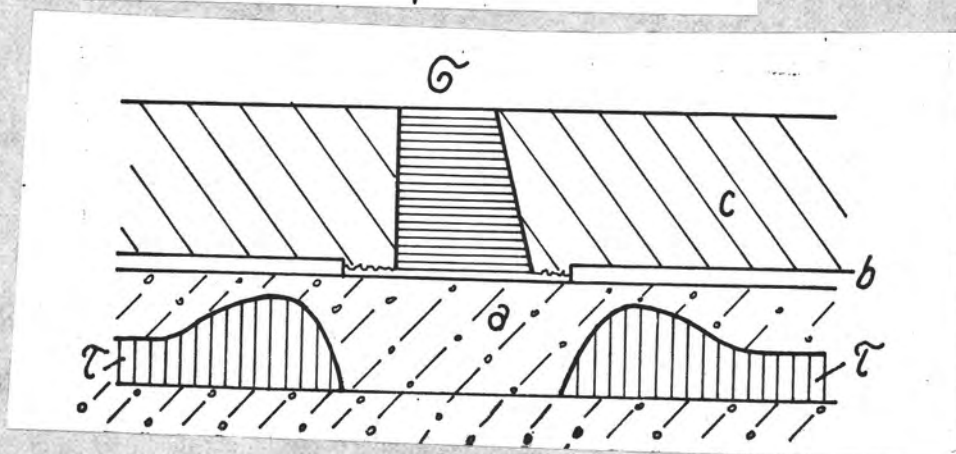
Obr. 14 Vliv teploty na specifický creep po 40 dnech zatížení /22/
a - epoxidový plastbeton $\sigma/\sigma_c \approx 0,6$, poj.:plnivo 1:4 hm.
b - polyesterový plastbeton $\sigma/\sigma_c = 0,2$, poj.:plnivo 1:10 hm.
c - polyesterový plastbeton $\sigma/\sigma_c = 0,2$, poj.:plnivo 1:8 hm.



Obr. 15 Součinitel teplotní roztažnosti pro kladné /0 až + 80°C/, záporné /0 až - 20°C/ teploty a průměrná hodnota pro teploty - 20°C až + 80°C podle složení směsi polyesterového systému /17/



Obr.16 Průběh smykových napětí po výšce vrstev



Obr.17 Průběh normálních napětí v horní vrstvě a smykových napětí na styku s druhou vrstvou při lokálním porušení přilnavosti

avšak na okrajích nespojeného místa /stejně jako u každého ukončení, např. prostupů, dilatací/ vznikají vysoké koncentrace vodorovných smykových napětí, dosahující podle okolností /tloušťky vrstev, fyzikálních vlastností vrstev atd./ až pětinaobek průměrné hodnoty smyku /obr. 17/. To prokazuje větší zranitelnost podlahoviny a její menší odolnost různým vlivům v každém místě, ve kterém její kontinuita /nebo kontinuita spojení vrstev/ je přerušena. Proto je důležité, aby nosná vrstva plastbetonu měla trvale vyadované vlastnosti /pevnost, modul pružnosti/ a byla zárukou dokonalého spojení nosné a povrchové vrstvy.

Polymerační smrštění je ve všech směrech rovné přibližně snížení teploty o 10°C , což je svázáno s poměrným přetvořením nosné vrstvy $2,2 \cdot 10^{-4}$, povrchové vrstvy $7,5 \cdot 10^{-4}$. Rozdíl přirozených přetvoření je $5,3 \cdot 10^{-4}$ a v důsledku kompozitního působení bude namáhána povrchová vrstva tahem, nosná vrstva tlakem a mezi oběma vrstvami bude působit smykové namáhání. Zanedbáme-li pro jednoduchost /a s ohledem na to, že vstupní hodnoty jsou stejně pouze přibližné, protože nemohou být bez rozsáhlých experimentálních prací a odběru velkého množství vzorků z předětné podlahoviny přesně stanoveny/ přetvoření způsobená vzájemným namáháním vrstev a předpokládáme-li pro výpočet nejnižších a nejvyšších přípustných teplot před dosažením pevnosti nejlabilnějšího místa systému

u povrchové vrstvy:	pevnost v tahu	40 MPa
	pevnost v tlaku	150 MPa
	Poissonův součinitel	0,40
	modul pružnosti	3 500 MPa
u nosné vrstvy :	pevnost v tahu	12 MPa
	pevnost v tlaku	30 MPa

Poissonův součinitel 0,25

modul pružnosti při 20°C 20 000 MPa

při 70°C 8 000 MPa

u styčné spáry mezi povrchovou a nosnou vrstvou:

$$\text{pevnost ve smyku } \frac{40+12}{2} = 26 \text{ MPa}$$

$$\text{smykový modul } \frac{217,5 \cdot 10^2}{2/1 + \frac{0,25+0,40}{2}} = 82 \cdot 10^2 \text{ MPa}$$

získáme při základní /rodové/ teplotě podlahoviny 20°C následující hodnoty.

Záporné teploty: z namáhání styčné spáry je nejnižší přípustná teplota

$$t \cdot 5,3 \cdot 10^{-5} + 75 \cdot 10^{-5} = \frac{26}{82 \cdot 10^2}$$

$$t = 40,9^\circ = 41^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{min}} = 20 - 41 = -21^\circ\text{C}$$

Při této teplotě je namáhání jednotlivých vrstev podlahoviny:

$$\text{povrchová vrstva } 51 \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 35 \cdot 10^2 = 13,4 \text{ MPa} < 40 \text{ MPa}$$

$$\text{nosná vrstva } 51 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 200 \cdot 10^2 = 22,4 \text{ MPa} < 35 \text{ MPa}$$

~~Kladné teploty~~

Kladné teploty: z namáhání styčné spáry je nejvyšší přípustná teplota

$$t \cdot 5,3 \cdot 10^{-5} - 75 \cdot 10^{-5} = \frac{26}{82 \cdot 10^2}$$

$$t = 73,9^\circ\text{C} = 74^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{max}} = 20 + 74 = +94^\circ\text{C}$$

Při této teplotě je namáhání jednotlivých vrstev podlahoviny:

$$\text{povrchová vrstva } 64 \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 35 \cdot 10^2 = 16,8 \text{ MPa} < 150 \text{ MPa}/20^\circ\text{C}$$
$$< 30 \text{ MPa}/90^\circ\text{C}$$

$$\text{nosná vrstva } 64 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 200 \cdot 10^2 = 29,16 \text{ MPa} > 12 \text{ MPa}/20^\circ\text{C}$$

Při snížení modulu na hodnotu odpovídající 90°C /8 000 MPa/ je

$$64 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 80 \cdot 10^2 = 11,26 \text{ MPa} > 7 \text{ MPa}/90^\circ\text{C}$$

Nosná vrstva vyhoví nejvyššímu zvýšení teploty /bez uvažování ocrepu/

$$t \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 80 \cdot 10^2 = 7$$

$t = 39,7^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C}$, takže nejvyšší přípustná teplota nosné vrstvy je 60°C .

Uvedený rozbor je však pouze statický pohled na věc a týká se napětí vznikajících při rovnoměrném ohřevu jako důsledek rozdílných součinitelů teplotní roztažnosti s uvážením zbytkových napětí od smrštění. Ve skutečnosti teplota jednotlivých částí podlahoviny bude rozdílná podle vzdálenosti od zdroje tepla a celý jev bude v dynamické rovnováze, v závislosti na měrném tepu a vodivosti jednotlivých částí a čase. Ze stejných předpokladů jako předešle vyplývá, že nejvyšší přípustný rozdíl teplot povrchové a nosné vrstvy je cca 60°C , což je hodnota natolik vysoká, že za normálních podmínek provozu, jak plyne z dalšího rozboru, nemůže být nikdy překročena.

Kovové podpěry potrubí a kondenzačních nádob jsou uloženy v betonu podložky a procházejí bez ochrany podlahovinou, s níž jsou v přímém kontaktu. K vpředu zmíněným velkým horizontálním smykovým napětím přítomným u každého ukončení s nerovnoměrného polymeračního smrštění, přistupují smyková napětí od změny teploty. Od ohřevu jsou naštěstí opačného znaménka a bez překročení pevnosti ve smyku lze připustit zvýšení teploty podpor o 36°C . Na druhé straně za kumulace nepříznivých podmínek již samotné smrštění, může na volném okraji vyčerpat pevnost styku ve smyku /cca 30 MPa/ a i poměrně malé snížení teploty /o $6^{\circ} - 10^{\circ}\text{C}$ / vyvolá smykové napětí na volném okraji dalších 14 - 25 MPa. Jakékoli prudší ochlazení konzol /nap. postříkem studenou vodou/ může tedy při daném provedení být pří-

činou oddělení vrstev, zdvihání povrchové vrstvy a její trhlin-
kování. Způsob provedení podporuje technologickému předpisu
np. Armabeton, podle něhož:

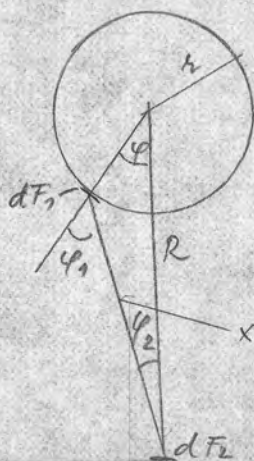
- a/ veškeré prostupy instalací se zvýšenou teplotou je třeba
oddělit od přímého styku s podlahovinou izolační vložkou
- b/ veškeré ukončení /tedy i kolem prostupů/ je třeba zajistit
úhelníkem s vodorovnou přírubou otočenou směrem k podlaho-
vině.

ani jedno opatření nebylo v daném případě realizováno.

6.1 Dělnky sálavého tepla

K získání představy o účincích sálavého tepla ze zdrojů
umístěných níže než podlahou /trubky, spojovací příruby, nádo-
by atd./ je proveden následující stručný rozbor.^{x/}

Uvažujme tepelný zdroj o teplotě T_1 a ploše F_1 kruhovéo-
ho tvaru /o průměru r /, jehož střed je vzdálen od povrchu pod-
lahoviny o R . Potom vertikální tepelný tok
je dán vztahem



$$Q = \frac{c_1 c_2}{c_0} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \iint_{F_1, F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{\pi R^2} dF_1 dF_2$$

$$x^2 = R^2 + r^2 - 2Rr \cos \varphi$$

x/ K přesnému stanovení všech účinků tepla /či již sálavého nebo
sdíleného vedením či přestupem/ bylo by vhodné vypracovat sa-
mosvatnou studii specializov. ným pracovištěm /např. VVÚSZ Praha/,
aby podmínky tepelného zatěžování bezesparých plastových podlah
byly jednou provždy jednoznačně stanoveny. Posavadní údaje v rúz-
ných podmínkách uvedené jsou vždy jen dílčí a navzájem opačně
rozdílné, což svědčí o jejich stanovení bez hlubšího rozboru.

kde C_1, C_2 jsou součinitelé záření tělesa a podlahoviny a C_0 je součinitel záření absolutně černého tělesa.

Ze schématu plyne, $\varphi_1 = \varphi + \varphi_2$, $dF_1 = r d\varphi$ a dále

$$\sin \varphi_2 = \frac{\lambda \sin \varphi}{a^2 + R^2 - 2R\lambda \cos \varphi}$$

kde λ je součinitel tepelné vodivosti.

Koeficient úhlového záření je dán výrazem

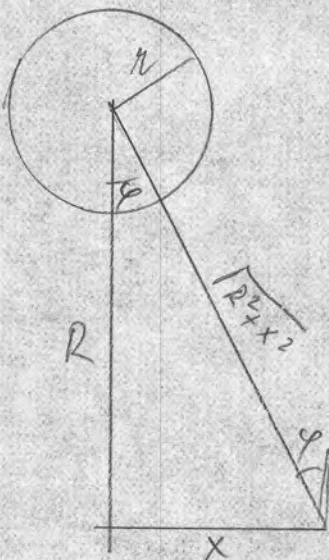
$$\psi = \int \frac{\cos \varphi_1}{\pi R^2} dF_1 = \int_0^{\arccos \frac{\lambda}{R}} \frac{\cos(\varphi + \arcsin \frac{\lambda \sin \varphi}{a^2 + R^2 - 2R\lambda \cos \varphi})}{\pi (a^2 + R^2 - 2R\lambda \cos \varphi)} r d\varphi$$

jestliže $r \ll R$ lze psát

$$\psi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos \varphi}{\pi R^2} r d\varphi = \frac{r}{\pi R^2}$$

Změna tepelného toku v horizontálním směru vyplývá z rovnice

$$dQ = \frac{C_1 C_2}{C_0} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \frac{R}{(\sqrt{R^2 + x^2})^3} \frac{r}{\pi} dx$$



Pro použité materiály jsou hodnoty součinitelů

$$C_0 = 5,768 \text{ Jm}^2 \text{ s}^{-1} \left[\text{K}/100 \right]^{-4}$$

$$C_1 = 3,95 \quad \text{"/ocel/"}$$

$$C_2 = 3,48 \quad \text{"/podlahovina/"}$$

Pro teplotu zdroje 140°C a různé teploty podlahy jsou hodnoty součinitele

$$K_1 = \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

v další tabulce:

T_1	T_2	K_1
20	140	220
30	140	206
40	140	145
50	140	182
60	140	168

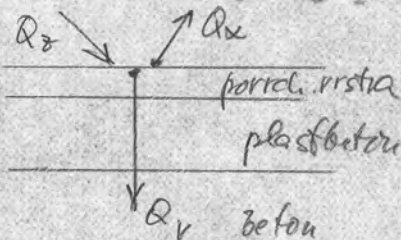
Pro průběh K_1 lze podle toho zvolit vztah $K_1 = 220 - 1,4(t_{ip} - 20)$,
kde t_{ip} je vnitřní povrchová teplota.

Hodnoty součinitele $K_2 = \frac{R}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$ a jemu úměrného w jsou pro
dvě vzdálenosti R vypočteny v další tabulce:

\sqrt{h}	$R = 0,1 \text{ m}$	w	$R = 0,2 \text{ m}$	w
0,0	31,8	1	7,9	1
0,01	31,5	0,98	7,9	0,99
0,05	22,7	0,71	7,2	0,7
0,1	11,2	0,35	5,7	0,71
0,2	2,8	0,09	2,8	0,35
0,3	1	0,03	1	0,12

Při $t'_{ip} = 30^\circ\text{C}$ jsou hodnoty dopadajícího výkonu Q_z
300 W/m^2 pro $R = 0,1 \text{ m}$ a
98 W/m^2 pro $R = 0,2 \text{ m}$.

Odházející výkony při uspořádání podle schématu jsou:



Q_x = do vzduchu /přes součinitel
tepelného přestupu $\alpha = 8/$
 Q_v = dovnitř konstrukce /se součini-
telem tepelného přestupu $k = 0,97/$

Při zdroji vzdáleném svým středem 100 mm nad podlahovinou
vychází pro

$$Q_z = 1,17 \cdot 220 - 1,4 / t_{ip} - 20 /$$

$$Q_x = 8 \cdot /t_{ip} - 20 /$$

$$Q_v = 0,97 /t_{ip} - 20 /$$

s podmínky $Q_z = Q_x + Q_v$

$$t_{ip} = 20 + \frac{257 \cdot w}{1,04 \cdot w + \alpha + k}$$

a průběh teplot v podlahovině v horizontálním směru /při teplotě zdroje 140°C a výchozí teplotě podlahoviny a podkladu 20°C uvádí další tabulka^{x/}:

x /m/	0	0,05	0,1	0,2	0,3
t _{1p}	44,2	38,0	29,2	22,5	21,0

Při zdroji vzdáleném svými středem 200 mm nad podlahovinou vychází obdobně

$$Q_g = 0,29 \left[220 - 1,4 / t_{1p} - 20 / \right]$$

$$t_{1p} = 20 + \frac{63,8 \cdot w}{0,41 w + \alpha + k}$$

x /m/	0	0,05	0,1	0,2	0,3
t _{1p}	26,5	26,1	24,6	22,5	20,8

Protože se ve výpočtu nepočítá s příčnými tepelnými toky, lze vzdálenost R = 0,2 m považovat za vyhovující při ustáleném teplotním stavu. Při náběhu vzniká navíc příčné namáhání povrchové vrstvy teplotním spádem 1,4°C na její tloušťku /3 mm/.

Hopak při vzdálenosti teplotního zdroje 10 mm nad podlahovinou /v některých případech skutečně dosahované např. neizolovanými přírubami vedení, stejně jako v experimentu autora "Studie",

x/ Ukázané hodnoty představují značně povolené maximální hodnoty, udávané nyní např. v tabulce a obsažené v běžném projektovém řešení / 13 /. Tyto hodnoty jsou však neodůvodněně nepřiznivé; reálnější pro nejvyšší přípustný horizontální spád je hodnota 1°C/0,01 m.

bude dosahovat teplota podlahoviny pod zdrojem nejméně 100°C a bude dosahovat teplota podlahoviny pod zář. ... nejméně 100°C a teplotní spád^v horizontálním směru bude mnohonásobně přesahovat teplotní spád horizontálním směru bude mnohonásobně přesahovat hodnoty získané např. při vzdálenosti 100 mm /cca 75°C na 200mm/. hodnoty získané např. při vzdálenosti 100 mm /cca 75°C na 200mm/. Takovéto namáhání teplotou může dosáhnout nebo převýšit mezní vlastnosti /pevnost v soudržnosti styku, pevnost v tahu vlastnosti /pevnost v soudržnosti styku, pevnost v tahu plastbetonu/ podlahoviny a může tedy vyvolat poruchy i při jejím dokonalém provedení.

6.2 Účinky vedení tepla kovovými podporami

Z provedeného výpočtu a se srovnání s dříve uvedenými výsledky /kap. 6.1/ lze vyvodit, že při teplotě podpor ve styku s podlahovinou nad 30°C dojde již k nepřijatelným teplotním spádům /ve smyslu nových podmínek/ a při teplotě vyšší než 60°C k nepřijatelným namáháním /převyšujícím pevnost některé části podlahoviny/. Protože při ustáleném teplotním stavu budou teploty podpěr u podlahy jen o málo nižší než u potrubí, bude tato nejvyšší přípustná teplota přestoupena skoro vždy a vzniklá namáhání mohou vyvolat poruchy i při dokonalém provedení podlahoviny.

6.3 Účinky plošného namáhání podlahoviny vzduchem nebo oplachovou vodou

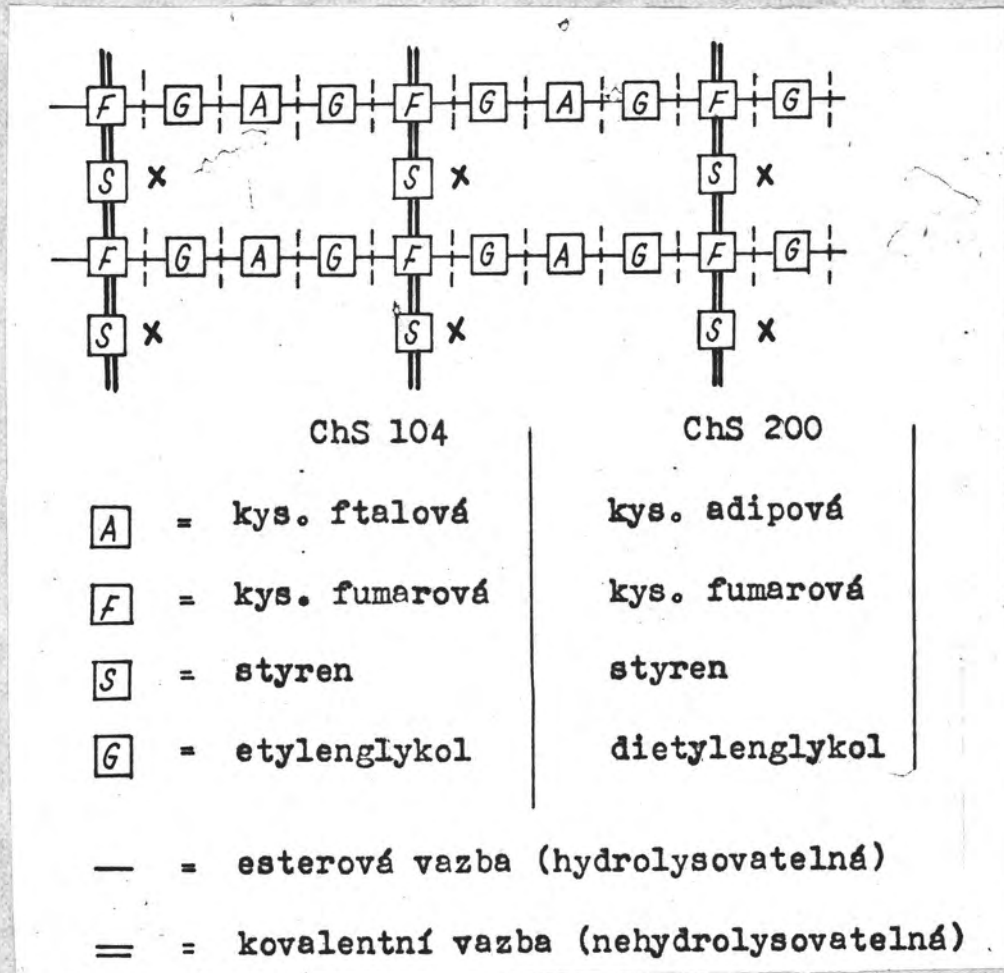
Z provedeného přibližného výpočtu lze uzavřít, že ochlazení vzduchem bez ohledu na původní teplotu podlahoviny /v běžných provozních podmínkách/, vzduchu v místnosti a venkovní teplotu vzduchu vyvolá z nedbatelné namáhání podlahoviny je-li kratší než 10 min. /krátkodobé vetrání okny/. Naopak při delším působení proudů studeného vzduchu může již docházet místně /např. u jakýchkoli ukončení/ ke spádům vyšším, než jsou povoleny novými podmínkami $1^{\circ}\text{C}/1 \text{ min}$ / a namáhání od těchto změn může přestoupit pevnost některé části podlahoviny i při jejím dokonalém provedení.

/např. při teplotě venkovního vzduchu, proudícím otevřenými okny do místnosti, pod -10°C dojde ke kritickému ochlazení povrchu podlahoviny již po cca 30 min./.

Vzhledem k výrazně většímu přestupu tepla z vody než ze vzduchu je namáhání podlahoviny splachováním horkou nebo studenou vodou /případně výtoky horké nebo studené vody z praček, odstředivek a pod. zařízení/ značně nepříznivější. Povrchová vrstva podlahoviny se ohřeje nebo ochladí na teplotu vody již po několika minutách a teplotní spády vertikální i horizontální mohou být výjimečně vysoké. Provedené přibližné výpočty prokázaly, že napětí v podlahovině od toho vznikající /zejména při použití studené vody/, v závislosti na čase kontaktu vody s podlahovinou, mohou způsobit v některých částech podlahoviny napětí, přestupující mezní hodnoty, a vyvolat poruchy i při dokonalém provedení podlahoviny.

7. Mechanismus tvrdnutí polyesterových systémů

Stavba zesítěného polymeru s pryskyřic používaných pro výrobu plastbetonové podlahoviny je schematicky znázorněna na obr. 18; obr. 19 podrobně popisuje polyesterovou pryskyřici ChS 104.

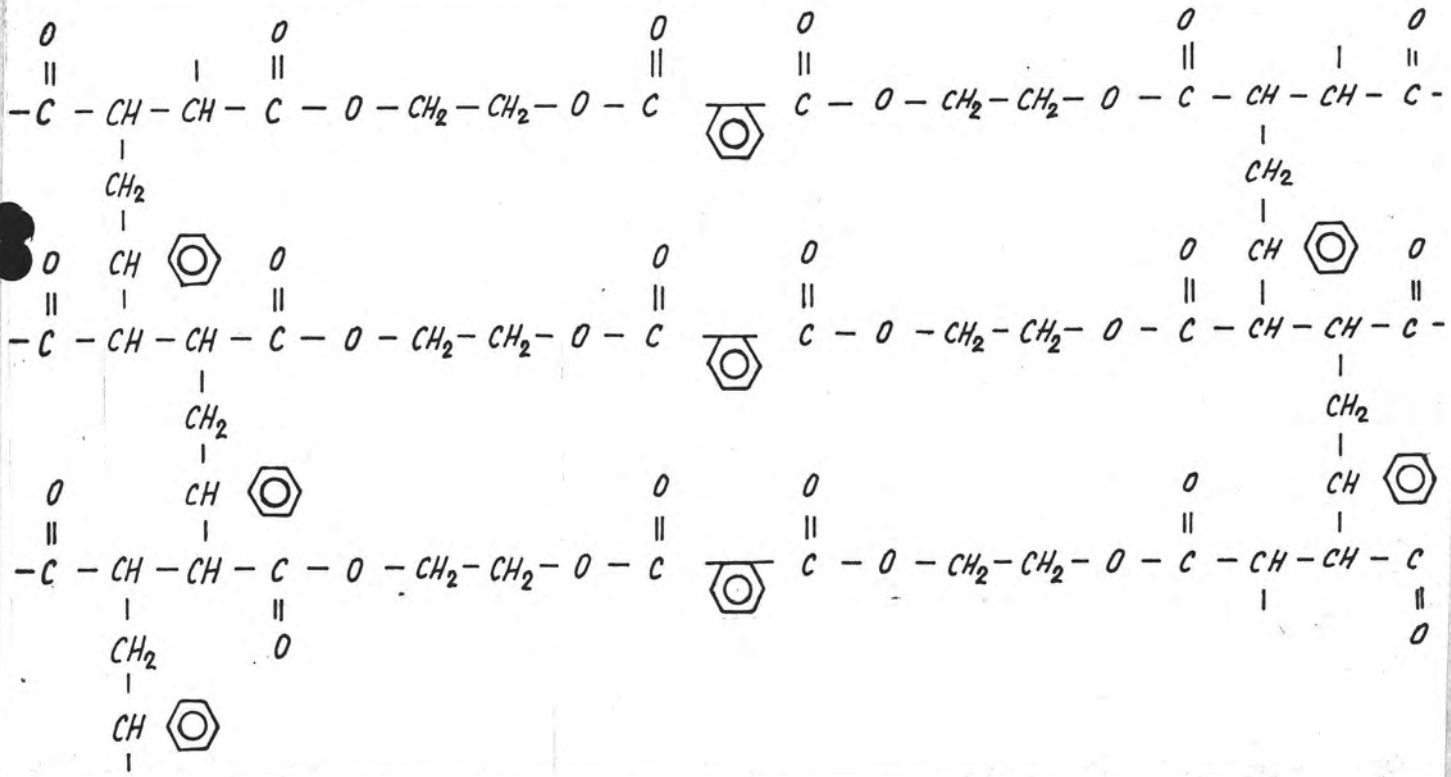


Obr. 18 Stavba zesítěného polymeru s polyesterových pryskyřic ChS 104 a ChS 200

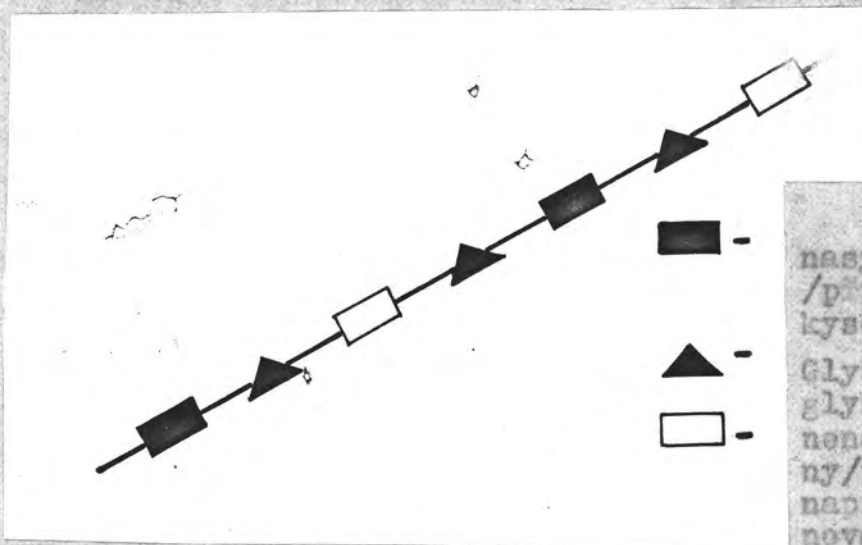
Při správném průběhu polymerační reakce dochází postupně k zesíťení polyesterových řetězců /obr. 20 a/ příčnými vazbami mezi fumarovou kyselinou přes styren obr. 20 b, c/. Nasycené kyseliny dikarbonové, jako kyselina ftalová a adipová se dají hydrolyzou nebo metanolizací odštěpit, kyselina fumarová neopak nikoliv. Metanolizací dobře vytvrzeného produktu nelze tedy zjistit

teměř v řádné kvantum fumarové kyseliny /ve formě metylesteru/.

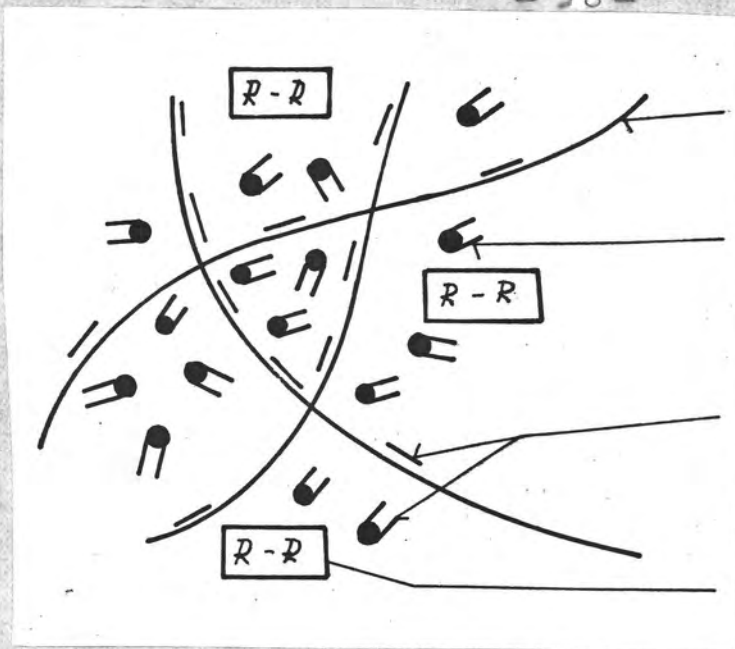
Při nedostatečném nebo pomalém vytvrzení dochází působením kyslíku k oxidaci části styrenu /obr. 21 a/ a k tzv. falešnému tuhnutí. Vzniká polymerní styrenperoxid a po rozkladu takového



Obr. 19 Polyeste ová pryskyřice ChS 104



Obr. 20 a Řetězec nenasyčeného polyesteru



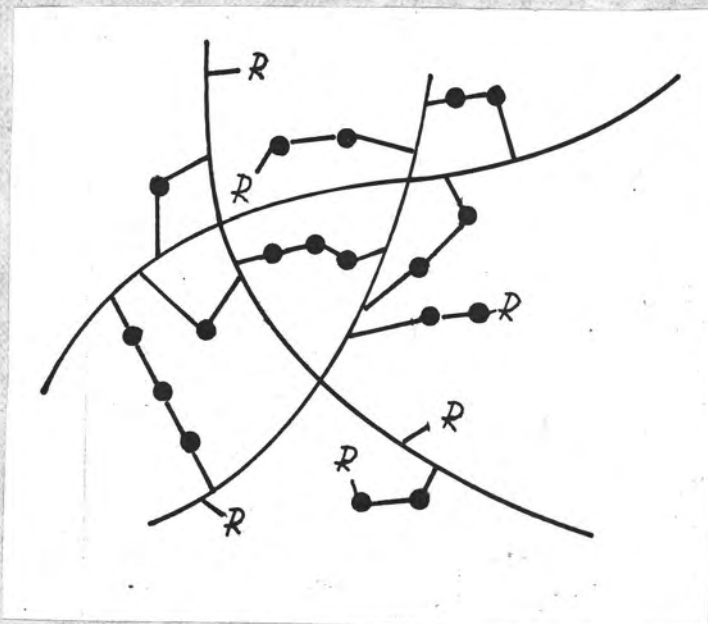
nenasycený polyester /viz
schema na obr. 20 a/

monomerní ředidlo /styren/,
obsahující dvojnou vazbu schop-
nou polymerace

reakce schopné dvojně vazby

tužidlo /peroxid/- rozpadá se
při zvýšené teplotě nebo po
přidání urychlovače

Obr. 20 b Polyesterová pryskyřice po sáření složek

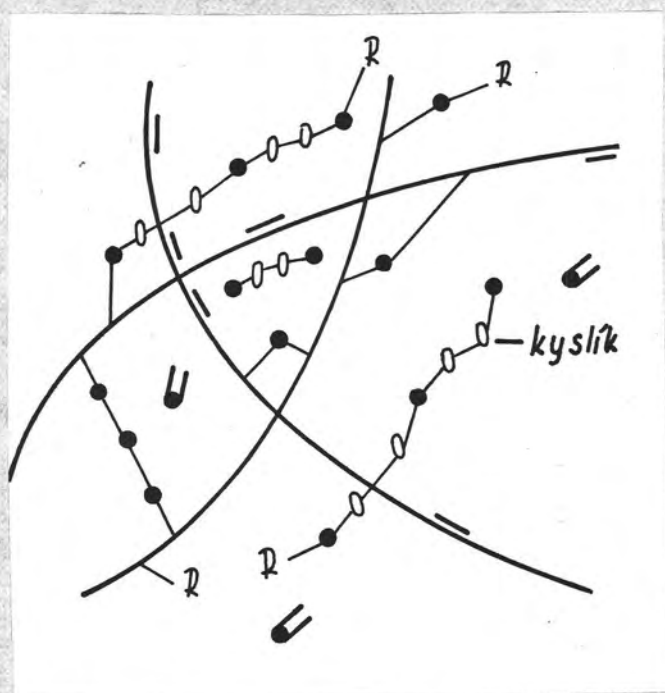


Uvolňující se energie tužidla
rozštěpuje dvojně vazby, vy-
tváří se spoje styrenových ře-
tězců polyesterifikací nenasy-
cené dikarbonové kyseliny
/např. kyseliny fumarové/ a
polya alkoholu/dietylenglykolu,
etylenglykolu/ a vzniká třídi-
mensionální spojení polyestero-
vých řetězců; tím dochází k vy-
tvrzení pryskyřice

Obr. 20 c Vytvršená polyesterové pryskyřice

Obr. 20 Schéma regulárního vzniku polyesterového polymeru

produktu lze při analýze nalézt benzaldehyd, fenyletylenglykol
a další látky, jež mohou být sami novými inhibitory polymerní
reakce. Jev je nevratný, u systému porušeného oxidací nelze již
žádným postupným způsobem obnovit polymeraci polyesterové prysky-
řice, vznik příčných vazeb a vytvoření pevného polymeru. Po odtě-
vání odpařitelných látek nebo další oxidací rozkladných produktů



Obr. 21 a Nedokonale vytvršená polyesterová pryskyřice

Obr. 21 b Zcela inhibovaná a oxidovaná /nestvrdlá/ polyesterová pryskyřice

Obr. 21 Schéma vzniku neregulárního polyesterového polymeru

při volném působení vzdušného kyslíku může původně změkklý produkt zdánlivě stvrdnout; jeho pevnost a chemická odolnost /včetně vody/ je však vždy řádově nižší než při dokonalém vytvršení.

Důvodem pomalého vytvrzení může být nedostatek látek iniciujících rozštěpování dvojných vazeb /iniciátoru, urychlovače/, nadbytek styrenu nebo přítomnost inhibitorů zpomalujících vytváření příčných vazeb styrenu na fumarovou kyselinu. Inhibiční media mohou být vnášeny do směsi nejspíše plnivem: Nejčastější inhibiční látkou je voda. Nedostatečně vysušené plnivo /s vlhkostí přes tři procenta/ způsobí již řádově zpomalení vytvršovací reakce, umožňující účinnou oxidaci systému jak vzdušným kyslíkem, tak kyslíkem okludovaným na zrnech plniva nebo vnášeným přímo

do směsi s vodou. Nedostatečné zpracování /zhotovení/ usnadňuje komunikaci kyslíku z ovzduší porovitou strukturou systému. Po reakci přítomných látek se vzdušným kyslíkem způsobují vzniklé oxidační splodiny botnutí nižších polymerů, zvětšování objemu, ztrátu pevnosti systému, změkčení polymerních spojovacích mřížek v systému /nebo povrchové pryskyřičné vrstvy/ a konečně prasknutí povrchové vrstvy a rozpad systému /obr. 21 b/.

Konstrukce podlahoviny betoplast vychází z toho, že nosná vrstva /směs polyesterové pryskyřice s plnivem/ je vysoce pevná a tvrdá, aby mohla převažovat bez větších deformací vnější zatížení, přenášené do ní tenkou vrstvou povrchové úpravy /připravené z prakticky čisté polyesterové pryskyřice/, včetně napjatosti od smrštění a změny teploty. Podstatné snížení pevnosti /tuhosti/ nosné vrstvy nezbytně musí mít za následek poruchu celé podlahoviny, i když povrchová vrstva, případně i spojovací vrstva a penetrace, jsou bezchybné. Proměnný zůstává jen čas porušení, závislý na rozsahu poškození, vzájemných vlastnostech vrstev, vnějších namáháních a dalších vlivech a může kolísat od týdnů do roků po zhotovení podlahoviny.

8. Chemické analýzy podlahoviny

Dřívější zkušenosti s podlahovinami s nenasycených polyesterových pryskyřic / 25/ ukázaly, že nejčastějšími prvotními příčinami poruch jsou jevy chemické povahy a fyzikální příčiny /např. rozkládající účinek přetlaku vodních par nebo překročení pevnosti styku vrstev nevhodným tepelným namáháním/ destruktivní jevy jen podporují nebo urychlují. Proto byla hlavní pozornost věnována chemickým analýzám podlahoviny, jež byly provedeny s použitím nejmodernějších metod a zařízení.

Extrakce byly provedeny v Soxhletově extrakčním přístroji.

Stanovení kovů v popelu směsi bylo provedeno atomovou absorbní spektrofotometrií.

Stanovení volných monomerů bylo provedeno na plynovém chromatografu spojeném s hmotnostním spektrometrem LKB 9000

/fy LKB/.^{x/} Analýza těkavých látek byla provedena "Head space" analýzou.

^{x/} Plynová chromatografie patří k nejdůležitějším dělicím metodám. Plynovou chromatografií jsou rozdělčovány těkavé látky v plyné fázi v soustavě plyn-kapalina. Metoda využívá různé rozpustnosti par analyzovaných složek ve vhodné kapalině, zakotvené na nosiči. Celá analýza probíhá v průtoku nosného plynu a jednotlivé více nebo méně oddělené komponenty jsou vymývány, vhodným způsobem detekovány /např. plameno-ionizačním detektorem/ a registrovány automatickým zapisovacím systémem v závislosti na čase. Doba potřebná od nástřiku vzorku až do vynutí určité komponenty se nazývá eluční čas a je za stejných podmínek analýzy pro každou látku charakteristickou konstantou.

Srovnáním elučních časů se dají tedy se získaných záznamů obdržet podklady pro identifikaci obsažených látek i pro posouzení složitosti analyzované směsi.

Blíže popis chromatografického a hmotnostně spektrometrického stanovení, užitého v daném případě :

Kolona 4,5 m, vnitřní průměr 30 mm, materiál "Sial", plněná 3 % elastomeru "Silicon Gummi - Merck" na "Gas Chrom Q" /zrnění 80/100 mesh/. Průtok nosného plynu He 25 ml/min. Teplota kolony 55 - 250°C s teplotním gradientem 6°C/min. Teplota nástřikového prostoru 300°C. Spojení chromatografické kolony s hmotnostním spektrometrem je provedeno pomocí tryskového separátoru typu Becker-Ryhage.

Cca 10% celkového iontového proudu je využito k detekci chromatografické analýzy. Energie ionizujících elektronů 20 eV je v okamžiku záznamu hmotnostního spektra automaticky přepínána na hodnotu 70 eV. Záznam spekter je pořizován smyčkovým oscilografem na fotografický papír.

Teplota iontového zdroje 300°C, anodový proud 20 μA.

Pro kalibraci záznamového řetězce byl jako vnitřní standard přidáván alifatický uhlovodík n-undekan /C₁₁/, vždy těsně před dávkováním vzorku na kolonu. Semikvantitativní vyhodnocení bylo provedeno s ploch jednotlivých chromatografických vln a standardů.

Vnější charakter porušení podlahoviny, zejména povrchové vrstvy /praskání/, vřdutě/ naznačují především nedostatečnou mechanickou pevnost nosné vrstvy plastbetonu. Měkkost nebo rozpadavost nosné vrstvy po odkrytí gelcoatu a zápach po organických látkách tuto domněnku potvrdily a proto byla na ni při analýzách soustředěna největší pozornost. Nízkou pevnost plastbetonu mohou způsobit v podstatě dvě příčiny:

- velký nedostatek pojiva
- přítomnost nízkomolekulárních látek.

Měkkost, lepkavost a dojem vlhkosti může způsobit pouze druhá z uvedených příčin.

8.1 Označení, popis a úprava vzorku

Vzorky jsou označeny čísly sondy /1 a 2/ a písmenem, určujícím vrstvu podlahoviny: P - povrchová vrstva, N - nosná vrstva.

Vzorky 1N a 2N se výrazně barevně odlišují: vzorek 1N je červený, ve světlejším odstínu proti povrchové vrstvě; vzorek 2N je nažloutlý.

Rovněž se u obou vzorku liší granulometrie plniva. U vzorku 1N jsou obsaženy zrna pod cca. 5 mm v průměru, ve vzorku 2N větší zrna chybí a jsou převážně s průměrem pod 2 mm.

Před vlastní analýzou či chemickou úpravou byly vzorky zbaveny cizorodého materiálu /např. zbytků cementového betonu/ a rozrušeny v porcelánové misce tak, aby neobsahovaly ^{části} než 5 mm.

8.2 Množství pojiva

Vzorky /cca 50 g/ byly žháný v platinové misce při teplotě 550°C v muflové peci po dobu 6 hod. a byl stanoven nespálitelný zbytek.

Úbytek na váze /organický podíl/ činil:

u vzorku 1N . . .	9,56%	
u vzorku 2N . . .	8,25%	
v průměru . . .	8,80%	/tj. hmotnostní poměr pojiva k plnivu 1 : 10,56/

což je o 4 % méně, než odpovídá hmotnostnímu procentu podle technologického předpisu /12,8 %/. Jak vyplývá z obr. 22 je však i při tomto množství pojiva v plastbetonu pevnost dostatečná /12 MPa v tahu za ohybu, 50 MPa v tlaku/ a po v eech stránkách vyhovující.

Z uvedeného lze mít za prokázané, že pojiva v plastbetonu proti technologickému předpisu je o 31% méně; současně je možno konstatovat, že snížení množství pojiva nemůže být příčinou malé pevnosti /měkkości/ odebraného plastbetonu. Snížení množství pojiva však může mít podporující vliv při chemickém namáhání plastbetonu, neboť jeho porozita se tím výrazně zvětší a bude převážně spojitá.

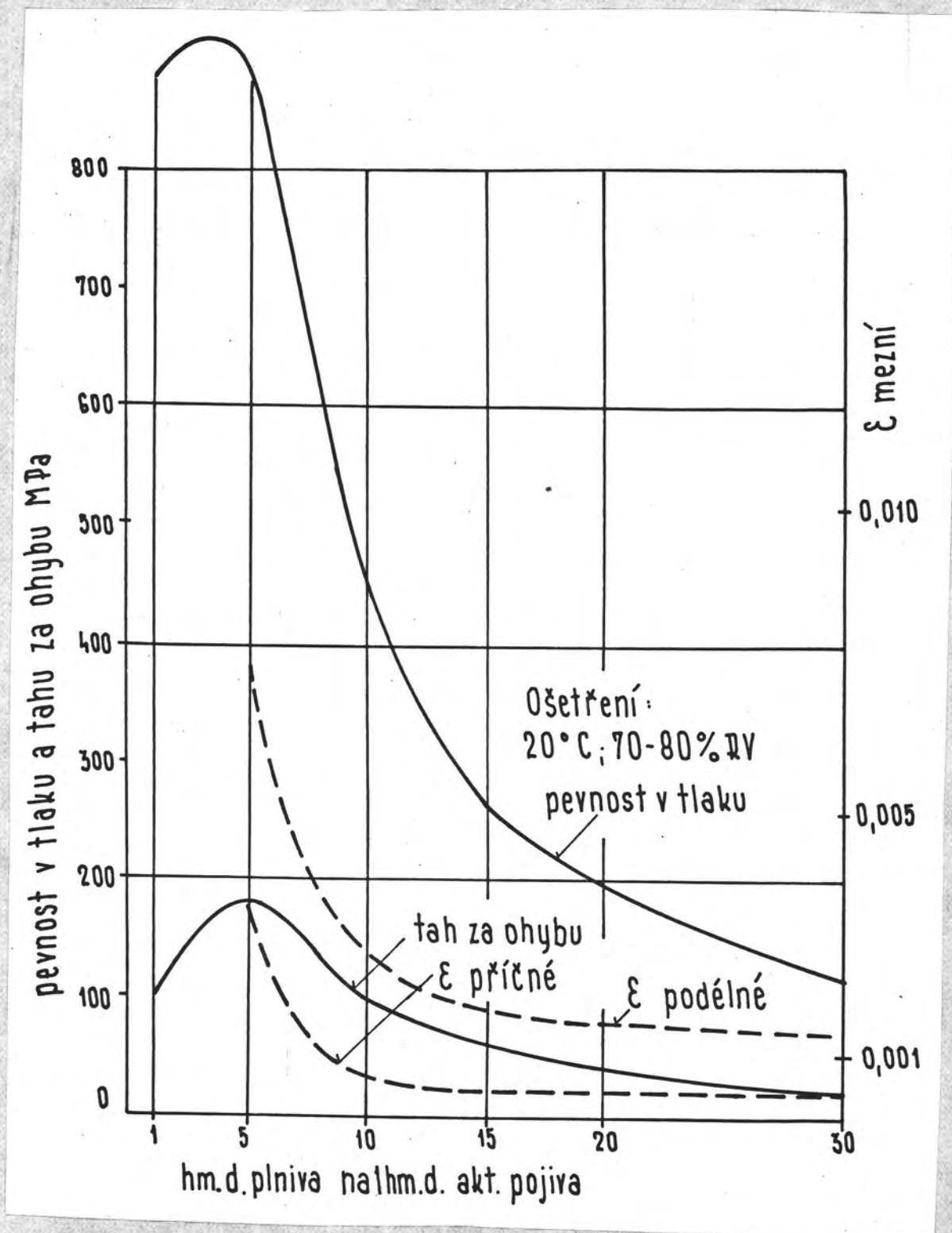
Ke stanovení obsahu Co a Fe ve vyluhu popela získaného kyselinou dusičnou ředěnou 1 : 3 byla použita atomová absorpční spektrometrie. Byla zjištěna tato množství:

Vzorek	Co % x/	Fe % xx/	x/ vztaheno na organický podíl xx/ vztaheno na ne-spalitelný podíl
1N	$4,94 \cdot 10^{-2}$	$4,9 \cdot 10^{-2}$	
2N	$3,67 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	

V nosné vrstvě má být přítomno podle technologického předpisu cca $3,4 - 8,5 \cdot 10^{-2}$ % kobaltu, což v podstatě odpovídá analyzou zjištěnému množství.

V nosné vrstvě může být přítomno podle množství plniva a jeho povoleného znečištění Fe_2O_3 /do 2% hm/ a při probarvení kysličníkem železitým v množství 2 hm.d. na 700 hm.d. plniva až 1,6% Fe. Zjištěné množství je o dva řády nižší, což svědčí o malém znečištění písku Fe_2O_3 .

Množství použitého iniciátoru je stanoveno v kap. 8.3.1 .



Obr. 22 Změna pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu a mezní přetvoření polyesterového plastbetonu se změnou jeho složení /22/

8.3 Přítomnost nízkomolekulárních látek

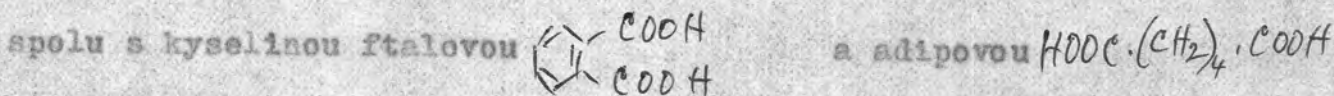
Stanovení bylo provedeno 8 hod. extrakcí vzorků /10 g pro P a 15 g pro N / 50 ml chloroformu v Soxhletově extraktoru po odpaření získaného extraktu do konstantní váhy. Zjištěné hodnoty /v procentech organického podílu vzorku/ jsou tyto:

vzorek	extrakt
1P	12,6%
2P	6,1%
1N	7,1%
2N	17,7%

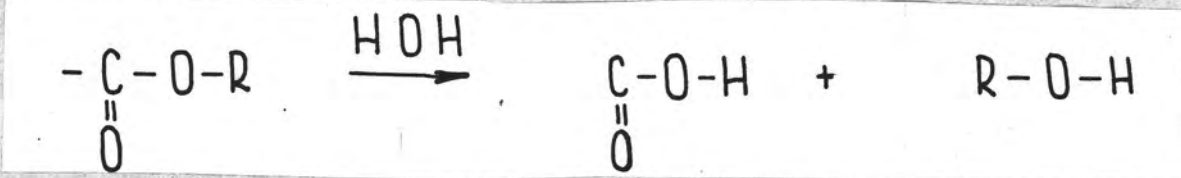
Velikost extraktu je měřítkem polymerace pojiva; extrahovatelný podíl může být tvořen nižšími polymery /oligomery/, nereagovanou pryskyřicí, zbytky výchozích surovin /z výroby pryskyřice, iniciátoru a urychlovače/, nečistotami surovin nebo látkami vzniklými vedlejšími reakcemi při chybách technologie výroby plastbetonu atd., vesměs látkami zhoršujícími vlastnosti výsledného výrobku.

Velikost extraktu dobře vytvrzené polyesterové pryskyřice za normální teploty nemá přesahovat 11 - 12 %. Ze zkoumaných vzorků pouze vzorek plastbetonu 2N vykazuje zvýšenou hodnotu extraktu. U vzorku 1N je zjištěný extrakt sice menší, je třeba však vzít v úvahu, že vzorek je odebrán v místě porušení povrchové vrstvy a že mohlo dojít k vymytí ve vodě rozpustných přítomných částí oplachovou vodou a zanesení těchto látek do cementového betonu podložky. Některé z organických látek byly skutečně v betonu podložky ve stopových množstvích prokázány. Lze mít tedy za prokázané, že pojivo v plastbetonu je nevyhovující, zatímco pojivo povrchové vrstvy /stejně jako spojovací vrstvy a penetrace/ je polymerováno dobře, do dostatečného stupně konverze.

8.3.1 Příčiny vzniku nízkomolekulárních látek



jsou součástí skeletu polyesteru v normálně vytvršenem plastbetonu, přičemž kyselina fumarová je nevratně /kovalentně/ zabudována do polymerní sítě pojiva. Kyselina ftalová a adipová jsou v polymeru vázány na glykoly esterovou vazbou, jež se dá účinkem vody a alkálií /hydrolyzou/



z polymerní vytvršené sítě hydrolyticky odštěpit.

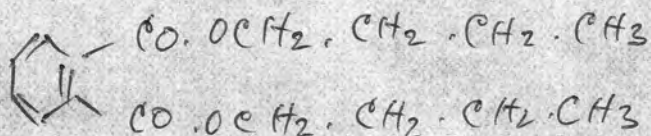
K nedokonalé polymeraci pojiva může dojít ze dvou příčin:

- špatnou jakostí použité pryskyřice a vytvrzujících látek
- chybnou technologií výroby plastbetonu /a přítomností látek, které polymeraci inhibují/.

Prvá příčina nepřichází v daném případě v úvahu, když jak povrchová, tak spojovací vrstva a penetrace, provedené nezbytně ze stejných surovin, jsou dobře vytvrzeny.

Chybná technologie výroby plastbetonu může být způsobena jak nevhodným poměrem složek, zejména nedostatečným množstvím iniciátoru a urychlovače, nasazením inhibujících nečistot atd., tak nedokonalým míšením, neúčinným zpracováním nebo nevhodným prostředím při vytvrzování. Ve všech případech kromě přímého vlivu chyby na nedokonalost polymerace mohou tyto chyby přispívat k dalším chemickým dějům /oxidace, hydrolyza/ nebo je i vyvolat.

Nevhodný poměr složek nebyl analyzou prokázán. V kap. 8.2 bylo zjištěno, že množství urychlovače bylo v předepsaných me-
zích. Množství dibutylftalátu /dibutylesteru ftalové kyseliny/



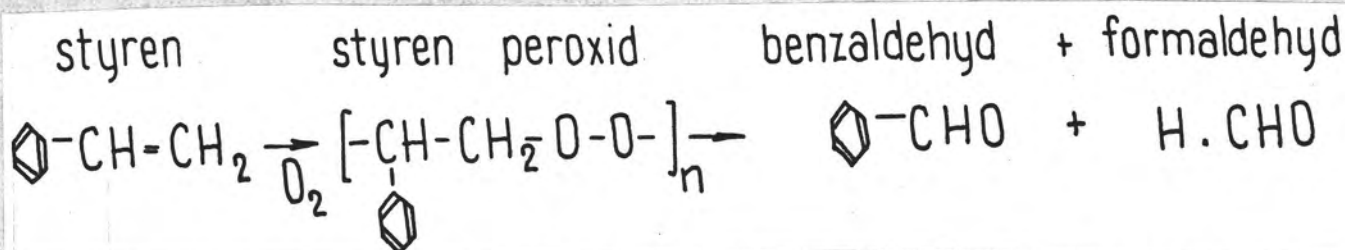
/jehož chemická stálost je prakticky shodná se stálostí vzniklé polyesterové pryskyřice, ale do vytvrzené polyesterové sítě není zabudován a lze jej z vytvrzeného polymeru extrahovat/ bylo zjiš-
těno analyzou zbytečné /0,66% organické části u vzorku 2N, což odpovídá cca 2 hm.d. iniciátoru na použité množství pryskyřice/

Lze mít tedy za prokázané, že poměr iniciátoru a urychlova-
če ve směsi použitých pryskyřic byl správný. Poměr obou pryskyřic
ChS 104 a ChS 200 nelze provedenou extrakcí přesně stanovit, ne-
boť dyetylglykol a adipáty /z ChS 200/ se uvolňují snadně snad-
něji než etynglykol a ftaláty /z ChS 104/. Přesto poměr uvolně-
ných složek ve srovnání se zkušenostmi dřívějších analýz / 25 /
odpovídá přibližně stanovenému poměru obou pryskyřic ve směsi.

Touto cestou nebyla sice prokázána přítomnost volné kyseliny
fumarové ani styrenu v indikovatelném množství, avšak v souvis-
losti s větší hodnotou chloroformového extraktu a přítomnosti
oxidačních zplodin fenyletylglykolu $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$ a kyseliny
benzové lze soudit, že polymerace neproběhla žádaným způsobem a
došlo ke vzniku molekul o menší molekulové váze, než je potřebné
k zajištění žádaných mechanických vlastností polymeru. Jako možný
inhibitor polymerace, který by způsobil nedostatečné zesílení poly-
meru, přichází ^{v úvahu} především voda jako nosič kyslíku. Jiným nositelem
inhibičních látek /např. uhličitany, může být i smetlý písek/.

Inhibice polymerace umožňuje oxidaci styrenu, vápenaté soli přítomné ve vodě v cementovém betonu váží rozkladné produkty a tím se posunuje reakční rovnováha ve prospěch hydrolyzy. To souhlasí i s výsledky analýz stejně jako s pozorováním projevu poruch v čase/, z nichž vyplývá, že prvotní příčinou poruchy byla oxidace styrenu a teprve v další fázi nastoupil /se značného přísunu vlhkosti z vnějšku/ hydrolytický rozklad.

Oxidace styrenu se projevuje nejdříve vznikem chemicky nestálého peroxidického polymeru, který se dále rozkládá na benzaldehyd a formaldehyd:



Benzaldehyd je kapalina, formaldehyd plyn a proto narušují soudržnost struktury materiálu. Benzaldehyd charakteristicky se páchá po hořkých mandlích a ve vyetřovaném narušeném plastbetonu jeho skutečně velmi zřetelně cítit zejména u čerstvě odebraného vzorku i přes intenzivní zápach styrenu.

Působením vzduchu se benzaldehyd oxiduje na kyselinu benzoovou, která je bez zápachu. Proto u vzorků déle exponovaných vzdušnému kyslíku se charakteristický zápach ztrácí /např. též v okolí tržnin nebo porušení povrchové vrstvy po lahoviny/. Současně při otevření povrchu rychle vytěká i formaldehyd.

Peroxid styrenu, jako meziprodukt oxidace, může být - jak již dříve uvedeno - polymerní povahy a jeho vznik může případně vyvolat i dojem žádaného tuhnutí /i když za relativně delší čas/.

Protože jde o polymer chemicky nestálý je tento jev pouze do-
časný; k rozkladu peroxidu styrenu dochází až po určité /delší/
době, po položení krycí vrstvy. Proto "ztvrdnutí" nosné vrstvy
při pokládání podlahoviny nemůže být ještě důkazem o správném
provedení a správném průběhu polymerace.

S uvedeného lze mít za prokázané, že došlo k oxidaci sty-
rénu k nosné vrstvě podlahoviny /s příčin nesouvisejících se slo-
žením směsi/ a následné hydrolyzy oxidací narušeného polymeru.

8.3.2 Kyselá hydrolyza /metanolyza/ extraktu

Ke zjištění dalších monomerních látek jež nejsou kovalentně
vázány v polymeru, byl vzorek podroben kyselé metanolyze a pro-
vedena reesterifikace a silylace.

Extrahované sirupy byly zahřívány po dobu 3 hod. na teplotu
55°C s 20 ml 0,5 N chlorovodíku v metanolu. Roztok byl odpařen za
vakua do sucha, znova rozpuštěn v pyridínu a silylovaném stejně
jako v předchozím případě. Čirý roztok /po sedimentaci NH_4Cl / byl
po přidání vnitřního standardu analyzován GC-MS.

Výsledek stanovení obsahuje další tabulka

vzorek	sloučenina	mg/15 g vzorku	% ze spalitel- ného podílu
1/K	dimetyladipát	0,7	0,05
	dimetylfthalát	0,2	0,01
	dibutylfthalát	3,9	0,28
	etylenglykol	0,4	0,03
	dietylenglykol	2,0	0,16
	fenyletylenglykol	0,5	0,025
2/K	dimetyladipát	0,3	0,02
	dimetylfthalát	0,4	0,03
	dibutylfthalát	3,4	0,45

etylenglykol	0,9	0,07
dietylenglykol	2,4	0,20
fenyletylenglykol	2,6	0,22

vzorek	sloučenina	mg/10 g vzorku	% organických látek
1/P	metyloxyklohexanon	2,4	0,024
	dimetylfumarát	1,8	0,02
	metylbenzoát	1,2	0,01
	dimetyladipát	11,5	0,11
	monometylfthalát	8	0,08
	dimetylfthalát	2,6	0,03
	dibutylfthalát	12,0	0,12
	etylenglykol	6,0	0,06
	dietylenglykol	60,0	1,24
2/P	metyloxyklohexanon	5,2	0,05
	dimetylfumarát	2,6	0,03
	metylbenzoát	3,8	0,04
	dimetyladipát	15,0	0,15
	monometylfthalát	11,0	0,11
	dimetylfthalát	4,3	0,04
	dibutylfthalát	3,8	0,04
	etylenglykol	9,2	0,09
	dietylenglykol	85	0,85

Ve vzorcích nosné vrstvy bylo vedle obdobného množství látek nalezených v extraktu uvolněné i jisté množství kyseliny ftalové. Jiné látky nalezeny nebyly. Naproti tomu ve vzorcích povrchové vrstvy bylo indikováno též jisté množství kyseliny benzoové, svědčící buď též o jistém stupni oxidace styrenu, nebo spíše difuzí benzaldehydu z nosné vrstvy do povrchové /stejí za zdůraznění, že největší rozpad pl. stbetonu byl pozorován několik cm pod povrchovou vrstvou/.

8.3.3 "Head Space" analýza těkavých látek ve vzorcích

Vzorky /10 a 20 g pro P a K resp./ byly umístěny v termosta-
tované nádobě /60°C/ promývané inertním plynem /He-50 ml/min/. Vý-
stup inertního plynu procházel přes sorbční předkolonku plněnou
styrendivinylnbenzenovým kopolymerem "Chromosorb 101". Po skonče-
ní předkoncentrační fáze-sorbce byla předkolonka připevna na vstup
plynového chromatografu a měřově vyčištěna v proudu nosného plynu He
na teplotu 200°C. Dále byla provozována obvyklá GC-MS analýza.

Tato analýza umožňuje stanovit pouze vzájemné poměrné zastou-
pení složek ve směsi. Stanovení ovlivňuje bod varu /těkavost/ slo-
žek směsi, proto je velmi nesnadné nalezené složky kvantifikovat.
Výsledky lze proto použít jen k hrubému odhadu složení.

Z obdržených výsledků je třeba zdůraznit:

- v obou vzorcích 1P i 2P povrchové vrstvy byl nalezen z oxidač-
ních produktu benzaldehyd, ve vzorku 1P zhruba ve dvojnásobném
množství proti vzorku 2P. Ostatní identifikované sloučeniny,
z nichž např. toluenu a styrenu bylo přibližně stejné množství,
byly přítomny v obou vzorcích stejně.
- ve vzorcích plastbetonu je poměrně zastoupení jednotlivých
složek uvedeno v další tabulce.

Vzorek	Styren	Toluen	Benzaldehyd	Neidentifikované uhlo- vodíky
1N	10	1	0	5
2N	1	10	1	100

Uhlovodíky byly zhruba určeny jako lakový benzín. Přítomnost
lakového benzínu a toluenu lze vysvětlit použitím různých urychlo-
vačů: urychlovače P III /rostok kobaltoktoátu v lakovém benzínu/
a urychlovače P I /rostok kobaltnaftenátu v toluenu/.

Použití směsi obou urychlovačů /viz zejména vzorek 2N/ není vhodné /v některých případech může mít i inhibiční účinek/.

8.3.4 Souhrn

Celkové množství nalezených rozkladných produktů /oxidace, hydrolyzy / je ve srovnání s obdobnými posuzovanými peruchami poměrně nízké a nasvědčuje tomu, že technologické chyby při výrobě podlahoviny spočívají spíše v nedostatecích surovin než v pracovním postupu sámém. Nicméně analýzy prokázaly jednoznačně, že došlo k inhibici polymerace nosné vrstvy, k oxidaci styrenu v nespolymerované pryskyřici a k následné hydrolyze nedostatečně zesítěného polyesterového duroplastu. K inhibici kromě předávkování styrenu jako ředidla mohlo dojít převážím medii, vnášenými do směsi hrubozrnným plnivem - pískem /po vydělení části směsi pro spojovací vrstvu/. Která z příčin inhibice měla převahu nelze dnes určit; v každém případě jde o chybu technologickou, ať již při míšení, zpracování nebo použití nevhodných surovin.

9. Dosavadní vyjádření

Na žádost státního arbitra JUDr. Hrebenára byl požádán o vypracování znaleckého posudku Ing. Josef Lad. Hlivoš, CSc, pracovník katedry chemické technologie silikátů ČHTP-SVST Bratislava, nezapsaný do seznamu znalců. Tento pracovník předložil "Studii trhlínkování podlahové hmoty Betoplast", která, přestože formálně nesplňuje požadavky kladené na znalecký posudek /část "nález", "posudek"/, byla v dalším řízení použita jako hlavní důkazní materiál.

V dalším jsou stručně komentovány jednotlivé kapitoly "Studie.."

A/ Granulometrie písku z nosné vrstvy

Provedený rozbor písku je neadekvátní, když největší použité síto bylo 0,20 mm. Písek S 1 používaný v množství 630 hm.d./100 hm.d.

pryskyřice má zrnitost 0,4 - 3,0 mm, s propadem na síť 0,4 mm 11,5%. Písek EJP v množství 70 hm.d./100 hm.d. pojiva má zrnitost 0,10-0,60 s propadem pod 0,10 mm 1,90% a hlavní částí v okolí 0,30 mm /79,3%/. Z výsledku "rozboru", při kterém je zbytek na síti s největšími oky 0,20 mm 95,19%, nelze vyvodit žádný závěr o granulometrii plniva.

Názor zde uvedený, podle kterého autor studie "považuje za jednu z příčin slabší mechanické pevnosti nosné vrstvy Betoplastu" okolnost, že poměr plniva "o uvedené zrnitosti" k pojivu je 7 : 1, nespočívá se zkoumanou otázkou a je kromě toho nesprávný, neboť pevnost plastbetonu tohoto složení dosahuje v tlaku až 80 MPa, v tahu za ohybu až 20 MPa /25/ /podle technologických podmínek min. 50 resp. 10 MPa/, což jsou hodnoty pro dané namáhání více než dostatečné.

B. Studium radioaktivního záření odebraných vzorků

K této části studie nelze mít věcné výhrady, i když byla v podstatě zbytečná a závěry se musí shodovat s očekáváním. Místnosti, odkud vzorky byly odebrány, se nenachází v kontaminované zóně a nemohou vykazovat zvýšenou radioaktivitu.

C. Zkoumání vzorků pomocí RTG

Bylo sjišťováno složení blíže nedefinovaných písků, dále betonu podložky a plastbetonu. Výsledky měření jsou v souladu s očekáváním, pokud jde o kvalitativní zastoupení minerálů; kvantitativní vyhodnocení nebylo provedeno a případným nečistotám, přítomným v plnivu plastbetonu, které by mohly inhibovat polymeraci, nebyla věnována pozornost. Tím tato stanovení ztrácejí smysl a průkaznost a závěry zde vyvozené, že "je zřejmá přítomnost křemene, kterého čistota je vyhovující na přípravu podlaho-

viny" nebo že "použité písky vyhovují ^{pro} použití v plastbetonu" /volně převedeno do češtiny/ jsou nepodložené.

D. Chemické zkoušky

Chemickým zkouškám byly podrobeny vzorky betonu podlahy a použitého cementu. Takové zkoušky by měly smysl především tehdy, jestliže by byla prokázána silná alkalická hydrolyza plastbetonu. Závěr, že "beton a cement neobsahují žádné škodliviny, které by působily destruktivně na Betoplast" není opodstatněný.

E. Derivatografické studium vzorků

Derivatografické studium vzorků v daném případě nemůže přinést žádný nový podklad pro posuzování poruch plastbetonu. Zkoušky betonu potvrzují pouze obecně známá fakta, zkoušky plastbetonu s polivem, které se rozkládá při teplotách pod 200°C, nepřinášejí o plastbetonu žádnou informaci. Závěr, že "zkoumané vzorky neobsahují vážnější škodliviny, které by působily destruktivně na beton podlahy nebo Betoplast" je nepodložený.

F. Měření roztažnosti pochozí a nosné vrstvy Betoplastu

Dosažené výsledky jsou řádově chybné. Roztažnost povrchové vrstvy je ve skutečnosti 7-15 $\cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ /22,23/, roztažnost plastbetonu cca 2,2 $\cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ /22/. Také rozdílnost součinitelů při různých teplotách v daném rozmezí je cca o řád menší než zjištěná.

Provedený experiment s opakovaným zahříváním zkušebního trámečku neodpovídá poměrům podlahoviny; špičky horizontálního smykového namáhání /jež dosahují hodnoty cca pětinae soukru nominální-

ho napětí/, působící ze všech okrajů, zasahují zde prakticky celý průřez. Uvedeno závěry, že v "důsledku toho může nastat destrukce betopl. stové podlahoviny" jsou nepodložené.

G. Studium nesražených dvojných vazeb v podlahovině

Betoplast

Termooxidativní destrukce běžných typů polyesterů přichází v úvahu nejdříve při teplotách nad cca 150°C /pokles pevnosti a popraskání/. Naopak rostoucí teplota do 120°C zvyšuje hustotu sesíťování a dochází ke zlepšení mechanických vlastností.

Studium botnání, měření rozptylu světla a sledování průběhu kopolymerace ukazuje, že zesíťované polyesterové pryskyřice nemají stejnoměrně hustou prostorovou síť. Přítomný styren je relativně špatným rozpouštědlem nenasycených polyesterů, a proto jsou v koncentrovaných styrenových roztocích polyesterové molekuly svinuty až shluknuty v glomeráty velké až 100nm. Při vytvrzování vznikají hustě zesíťované oblasti obklopené méně hustě zesíťovaným materiálem. Dotvrzovací reakce probíhá hlavně v interpartikulárních oblastech a vede k jejich hustšímu zesíťování. To vysvětluje, proč často nepatrné změny obsahu volného styrenu, k nimž při tom dochází, mají tak nápadný vliv na mechanické vlastnosti a chemickou odolnost. Mechanické vlastnosti, botnání, sklon k trhlinkám a tvarová stálost za tepla závisí z velké části právě na těchto méně hustě zesíťovaných interpartikulárních oblastech. /23/

Pevnost polyesterové pryskyřice v tahu se snižuje např. z 32 MPa při 20°C na 3 MPa při 80°C, modul pružnosti z 3,2 GPa na 0,08 GPa, tvrdost /Brinell po 10 sec./ z 67 MPa na 14 MPa, rázová houževnatost se zvýší z 0,27 J/cm² na 2 J/cm². Její tepelná

odolnost /změny vlastností při změně teploty/ závisí na složení výchozího polyesteru, na jeho střední monomerní a na dokonalosti vytvrzení. S rostoucí relativní molekulovou hmotností polyesteru se zlepšují vlastnosti pryskyřice, zejména tvarová stálost za tepla, která kolísá od 40°C /s kyselinou adipovou/ do 60°C /s kyselinou ftalovou/.

Maximální přípustná teplota /bez termooxidačních vlivů/ u polyesterové pryskyřice ChS 104 /podle údajů výrobce/ je 150-185°C, tvarová stálost podle Martense 55-60°C.

Provedeným pokusem nelze získat jakoukoli informaci o neuzreagovaných dvojných vazbách polyesterové pryskyřice a závěr, že "teoretický předpoklad neuzreagování dvojných vazeb byl prakticky dokázán", je nesprávný. Kromě toho pokusem není ani zdaleka modelován skutečný teplotní stav na podlahovině ve vyšetřovaných místnostech jednak proto, že rozhodující veličinou je vzdálenost zdroje sálavého tepla, jednak proto, že pro dynamický popis teplotních vlivů je nezbytné pracovat s rozměrově podobným modelem jako ve skutečnosti /včetně podkladních vrstev/. Proto tento pokus nepodává také žádnou informaci o chování podlahoviny pod vlivem na ní působícího sálavého tepla.

G. Závěr

Z důvodů dříve uvedených je dosažen závěr, že "podlahovina Betoplast na pokrytí místností 107, 108, 135 v objektu 803 jaderné elektrárny V-1 v Jaslovských Bohunicích nebyla vhodně volena" zcela nepodložený.

Rovněž tak odpovědi k jednotlivým otázkám arbitra neodpovídají provedeným "studii":

1/ Studie neprokázala, že "podlahovina Betoplast odpovídá obc-

rovému technologickému předpisu z června 1973",

- 2/ Studie neprokázala, že "hmota Betoplast není možné použít v takovýchto případech"
- 3/ Studie neprokázala, že "hmota Betoplast byla správně uložena podle oborového předpisu z r. 1973", ani že "není odolná proti nepravidelným a lokálním teplotním vlivům",
- 4/ Studie neprokázala, že
 - a/ dochází k termooxidační destrukci
 - b/ d/ Různá tepelná roztažnost povrchové a nosné vrstvy sama o sobě může být důvodem k poruše
 - c/ mechanická pevnost nosné vrstvy při daném poměru pojiva a plniva je při správném provedení nedostatečná

V bodě 5 jsou opakovány závěry z bodů 1 - 4.

Po námitkách Ing. Makovce z Energoprojektu z 20. 6. 81 ke studii Ing. Hivěše, CSc, provedl Ing. Hivěš další experimenty, které popsal ve své "odpovědi na připomínky" z 25. 8. 1981, jež má z větší části netechnický charakter, když obsahuje řadu nevěcných polemik. K řadě bodů bylo již zaujato stanovisko v předchozím komentáři.

Nové jsou studie Betoplastu pomocí infračervené absorpční spektroskopie a UV spáter, zmíněné, ale nedoložené jsou studie Ramanovou absorpční spektroskopií. Byla provedena infračervená spektra různých vrstev Betoplastu a blíže nedefinovaných /ale rozhodně nikoliv pro podlahovinu použitých/ pryskyřic ChS 104 a ChS 200, iniciátoru P VI a urychlovače P-I. Spátra organických látek v infračervené oblasti umožňují zjistit povahu většiny funkčních skupin v přítomných látkách a to podle absorpčních pásů při typických vlnových délkách. Metoda poskytuje pouze kvali-

tativní výsledky a bez spolehlivých standardů nemůže poskytnout dostatek informací ke ^{kvantitativnímu} ~~kvalitativnímu~~ posouzení průběhu polymerace nebo chemické destrukce /oxidací, hydrolyzou/; je proto pro jakékoli posouzení kvality polymeru v předloženém rozsahu nepoužitelná a už vůbec z ní nelze vyvodit závěr, že "složení jednotlivých vrstev podle předepsaného návodu /Betoplast/ je správné", snad jen proto, že "polyestery jsou přítomné ve všech vrstvách", ani že "použité polymery na podlahovinu jsou zřejmě kvalitní a vhodné".

Zcela nereálná je představa, že /po více než roce od provedení a tepelném "ošetření" provozními podmínkami/ "přítomný zejména styren, metylcyklohexanol a dibutylftalát mohou při lokálním přehřátí způsobit lámání povrchové vrstvy".

Další zmiňovanou zkouškou je zjištění pevnosti podlahoviny v tlaku /všech tří vrstev současně/, aniž by byla popsána metodika této neobvyklé zkoušky. Nicméně zjištěná pevnost 25 MPa /na vzorcích "nezasažených lokálním přehřátím"/ neodpovídá ani technologickým předpisem požadovaným 50,0 MPa pro nosnou vrstvu /o níž autor studie ostatně na jiném místě prohlašuje, že její malá pevnost je jednou z příčin poruch/ a nelze tedy vyslovit závěr, že "prakticky pro provoz daných místností postačuje".

Zjištěný spalitelný podíl organických látek v celé podlahovině činil 19,8%, což bez specifikace tloušťky povrchové vrstvy a jejího složení neumožňuje žádný závěr; v nosné vrstvě bylo zjištěno 10,50% organických látek, což je méně než technolog. předpisem stanovených cca 13%, což autor studie přechází bez povšimnutí.

Velmi laická je představa porušení plastbetonu tím, že "při pnutí dojde k roztrhnutí Betoplastu na nej slabším místě a to v ob-

lasti nesreagovaných dvojných vazeb". Stačí si jen uvědomit, že molekulární měřítko odpovídající jednotlivým vazbám je řádu 10^{-8} - 10^{-9} m, zatímco mikrostruktura, o které lze mluvit při vzniku poruch těchto kompozitních systémů /o rozměrech 10^{-1} - 10^{-2} m/ v důsledku lokálních koncentrací napětí je řádu 10^{-5} m.

Přes značný rozsah studie a jejího dodatku a provedení řady zkoušek a experimentů lze k objektivnímu hodnocení přijmout pouze tyto závěry:

- plnivo obsahuje převahu zrn s průměrem nad 0,20 mm,
 - vzorky nemají zvýšenou radioaktivitu
 - podložka je z běžného cementového betonu
 - použité plnivo betonu i plastbetonu je převážně křemičité povahy
 - tepelná roztažnost plastbetonu a povrchové vrstvy je značně rozdílná
 - podlahovina je s největší pravděpodobností vytvořena z polyesterových pryskyřic;
- studii naopak nebyla objektivně prokázána skutečná příčina poruchy plastbetonové podlahoviny.

P o s u d e k

Před hodnocením příčin poruch podlahoviny /ke kterým došlo brzo po zhotovení podlahoviny a které se rozšířily zejména v prvním roce provozu/ jsou shrnuty poznatky získané podrobným rozborem, popsáním v nálezu:

- pl. stbeton je zejména v blízkosti povrchové vrstvy ne-soudržený, lepkavý, silně zapáchající
- povrchová, stejně jako spojovací vrstva a penetrace nevykazují ani subjektivní ani objektivní vady
- obsah vlhkosti v podložce je 8,92 až 9,14% hm., tj. podložka obsahuje 5,2 - 5,4 l/m² volné vody nad rovnovážnou vlhkost. Obsah vlhkosti ve výplňovém betonu je 6,41% hm., tj. výplňový beton obsahuje cca 85 l/m² volné vody nad rovnovážnou vlhkost. Výplňový beton a podložka jsou odděleny vodotěsnou izolací.
- teplotní spád napříč stropu je minimální
- dodatekové smrštění při tepelném vytvrzení polyesterové podlahoviny vyvolá napětí max. 0,84 MPa
- nejnižší přípustná teplota namáhající podlahovinu globálně a dlouhodobě je -21°C
- nejvyšší přípustná teplota namáhající podlahovinu globálně a dlouhodobě je +60°C
- maximálně přípustné zvýšení teploty kovových podpor je o +36°C /na max. 60°C/
- prudké ochlazení kovových podpor i jen o 6 - 10°C je nepřípustné
- nejmenší přípustná vzdálenost potrubí a jiných zařízení s teplotou 140°C od podlahoviny je 100 mm

- nejdelší přípustná doba větrání otevřenými okny za provozu /za chladného počasí/ je 10 min.
- největší přípustné rozdíly teploty oplachové nebo výškové vody, přicházející do přímého styku s podlahovinou jsou $\pm 10^{\circ}\text{C}$ od průměrné teploty podlahoviny
- množství pojiva v nosné vrstvě je o 31% méně /proti technologickému předpisu
- množství urychlovače odpovídá stanovené hodnotě pro použité množství pryskyřice
- množství iniciátoru odpovídá stanovené hodnotě pro použité množství pryskyřice
- chloroformový extrakt nosné vrstvy přesahuje hodnotu pro dobře vytvrzenou polyesterovou pryskyřici za normální teploty o cca 50% , dle povrchové vrstvy je blízko maximální povolené hranice
- polymerace v nosné vrstvě neproběhla žádaným způsobem, došlo k částečné oxidaci styrenu
- příčinou nesprávného průběhu polymerace nosné vrstvy může být /bez možnosti přesného určení/ nedokonalost surovin /nejspíše/, nedostatečné smíšení složek, nedostatečné zpracování /pravděpodobně/; a příčin je vyloučen chybný poměr složek pojiva
- v místech s porušenou povrchovou vrstvou dochází k hydrolyze pojiva
- předchozí posudek "Studie..." a její "Doplňk..." nepřinesly objektivní vyjasnění příčin poruch.

Z uvedených poznatků lze mít za jednoznačně prokázané, že

- základní příčinou poruch plastbetonové podlahoviny v místnostech 135, 108 a 107 JJE V - 1 je chemické narušení nosné vrstvy

- * důsledku oxidace styrenu a následné hydrolyzy pojiva.
- důvody chemického narušení podlahoviny nelze dnes s určitostí identifikovat; podle nepřímých indicií lze soudit, že nejpravděpodobnější příčina je použití vlhkého písku nebo nedostatečné zpracování /chutnění/ nosné vrstvy. Zcela lze vyloučit nedokonalost v dávkování jednotlivých složek pojiva. V každém případě jde však o chybu technologickou
- jinou nespornou příčinou vzniku poruch je nesprávné provedení všech ukončení podlahoviny /u prostupů různých vedení, u kanálů, gul atd./ bez ocelových profilů zakotvených do betonu a překrývajících svou přírubou konec podlahoviny
- teplotní účinky vyvolované jednak sálavým vyzářováním neizolovaných parovodních vedení a kondenzačních nádob, jednak jejich podpor /vedením tepla/ byly příčinou urychlení vnějších poruch podlahoviny, které by stejně dříve nebo později a pravděpodobně v jiném rozsahu vznikly
- v ojedinělých místech, kde potrubí nebo jeho části /např. neizolované příruby/ jsou ve vzdálenosti menší než 100 mm nad podlahovinou může nadměrné teplotní namáhání podlahoviny být i samostatnou příčinou poruch
- teplotní účinky vlivem globálních změn teploty dosažené během provozu předmětných místností nemohou ohrozit trvanlivost podlahoviny, ani mít zvláštní urychlující účinek na vznik poruch
- účinky dlouhodobého ochlazování vzduchem /otevřenými okny za provozu a účinky oplachových nebo odtokových vod s teplotami o $\pm 10^{\circ}$ odlišnými od průměrné teploty podlahoviny mohou být další i samostatnou příčinou poruch

Z provedených rozborů vyplývá, že jedinou objektivně prokázanou skutečností, jejímž následkem m u s e l o ke g l o b á l - n í m poruchám podlahoviny Betoplast došlo, je chemické narušení nosné vrstvy oxidací styrenu, provázené ztrátou pevnosti a soudržnosti.

M í s t n í poruchy u ukončení m u s e l o vyvolat při daném namáhání nesprávné provedení bez kotvících profilů.

M í s t n í poruchy m u s e l y vyvolat i neúměrně nízká /pod 100 mm/ nad podlahovinou umístěné neizolované zdroje sálavého tepla /s teplotou až 140°C./

Jiné zdroje sálavého tepla, umístěné nad podlahovinou ve vzdálenosti 100 - 200 mm, stejně jako nešetrné provozní podmínky /ochlazování vzduchem, oplachy horkou nebo studenou vodou, výtoky horkých nebo studených medií z výrobních zařízení/ poruchy vyvolat m o h l y , ale n e m u s e l y. Nesporně však tyto vlivy vznik poruch u r y c h l i l y.

Z dostupných podkladů n e b y l o naproti tomu shledáno, že příčinou poruch ^{byl} nevhodný návrh podlahoviny do předmětných provozů. Podlahovina Betoplast správně provedená má vysokou pevnost, je nepropustná, bezespará, snadno dekontaminovatelná a při správném užívání s vysokou životností. Omezení platná pro teplotní namáhání podlahoviny Betoplast je nezbytné dodržet i pro každou jinou dostupnou bezesparou podlahovinu.

Vady b y b y l o m o ž n o spatřovat v projektu teplovodních vedení, jestliže byla navržena bez izolací a v malé výšce nad podlahou /znalec neměl k dispozici projekt instalací/ a v projektu provozních zařízení, jestliže nebylo počítáno s odvedem vod přímo do kanalizace. Pokud se liší provedení v tomto smyslu od projektu, jde ovšem o vadu provedení. Za nevhodné lze pokládat podepření in-

stalací /např. kondenzačních nádob/ na podlahu kovovými podpěrami, i když nelze toto uspořádání označit za vysloveně vadné. Technologickým předpisem je uspořádání podlahoviny Beto-plast v takových případech řešeno; toto uspořádání je nevýhodné pro velké množství ukončení jako míst potenciálního zdroje poruch. Pokud vzduchotechnické zařízení není dimenzováno tak, aby za běžného provozu bylo zajištěno předepsané pracovní prostředí /nevyžadující dodatečného větrání okny/, lze jeho projekt považovat za vadný. Pokud na výtocích pro oplachovou vodu v projektu chybí mísící baterie, jde v tomto směru rovněž o vadu projektu.

Provedená šetření a rozbory potvrzují, že podlahovina Beto-plast je plně vyhovující pro provoz v místnostech 135, 107 a 108 objektu [redacted] stejně jako pro převážnou většinu ostatních provozních místností JE. Vlastnostem podlahoviny je však nesbytné přizpůsobit ostatní okolnosti - počínaje kvalitou a úpravou podkladu /podložky/, přes minimalizaci ukončení a jejich řádnou úpravu, až k provozním podmínkám.

Pro bezchybné projektové řešení i provádění podlahoviny Beto-plast v objektech jaderných elektráren však i pro budoucnost je nutná existence podrobného technologického předpisu, zajišťující nejen stejnorodost výrobku dané kvality, ale i možnost kontroly v kterékoli fázi výroby i kontroly hotového výrobku.

Závěrem lze konstatovat, že arbitrážní rozhodnutí Státní arbitráže ČSSR ze dne 19. 10. 1981 bylo založeno na posudku, který nepřinesl objektivní vjasnění příčin poruch a který proto obsahoval chybné závěry. Zmíněné arbitrážní rozhodnutí se týká poruch v poměrně malém rozsahu tří místností; bylo by proto chybou a ke škodě společnosti, kdyby se ze zmíněného rozhodnutí vyžadovalo při případných

jiných sporech, nebo dokonce při projektování dalších objektů nebo při jakékoli generalizaci.

Dále jsou je tĚ uvedeny stručné odpovědi na otázky arbitra znalci na podkladě vyšetřování popsaného v nálezů tohoto posudku.

1. Podlahovina Betoplast v místnostech 107, 108 a 135 nebyla zhotovena podle technologického předpisu.
2. Podlahovina Betoplast není určena podle technických podmínek pro případy, ve kterých dochází k lokálním výkyvům teploty do 80 - 100°C a nelze ji v takových podmínkách použít. Chemicky porušená podlahovina, provedená navíc bez správných ukončení, odolává podstatně menším teplotním namáháním, než připouští technické podmínky.
3. U správně provedené Podlahoviny Betoplast je ve statickém stavu nejnižší přípustná teplota - 21°C, nejvyšší přípustná teplota + 60°C, nejvyšší rozdíl teplot povrchové a nosné vrstvy 80°C. Při dynamickém hodnocení lokálních vlivů nelze odpovědět vzhledem k složitosti problému obecně; je třeba definovat všechny podmínky namáhání, jako např. rychlost proměny teploty, druh sdíleného tepla, druh média při přestupu atd. Nadměrně bezpečná kritéria poskytuje "bezchybné řešení..." /13/, podle kterých nemá přestoupit horizontální teplotní spád v podlahovině 1,5°C na 0,1 m a rychlost teplotní změny 1°C za minutu. Reálnější přípustná hodnota horizontálního teplotního spádu je 1°C/0,01 m.
4. Základní příčinou poruch podlahoviny v daném případě jsou chyby technologie výroby podlahoviny. Další příčinou v omezeném rozsahu je nadměrné lokální teplotní namáhání v místech s neizolovaným potrubím umístěným v menší vzdálenosti než 100 mm od podlahoviny. Vznik poruch podporuje i nevhodné teplotní namáhání podlahoviny v důsledku provozu.
5. Poruchy podlahoviny Betoplast vznikají obvykle v důsledku kumulace několika příčin. Stejně tomu bylo i v daném případě.

Podrobný popis příčin poruch je popsán a zdůvodněn v nálezu. Základní vadou jsou chyby technologické povahy. Plastbeton s oslabenými mechanickými vlastnostmi a špatným ukončením nemůže pak odolávat vysokým namáháním od různých teplotních vlivů. Chybou je, že instalace nebyly úplně izolovány, že byly umístěny nadměrně blízko podlahoviny, že jejich podpěry nebyly izolovány a odděleny od podlahoviny, že příp. navržená vzduchotechnika nestačí k zachování potřebných pracovních podmínek a vyvolává nutnost větrání okny, že pro oplach místností není instalována mísicí baterie, že vývody z výrobních zařízení nejsou odvedeny přímo do kanalizace a provozní podmínky neodpovídají technickým podmínkám podlahoviny Betoplast.

Podlahovina Betoplast /jako ostatně i jiné bezesparé plastové podlahoviny/ vyžaduje pečlivé provedení včetně přípravy podkladů a při užívání je třeba vycházet ze specifických vlastností její vlastních. Při namáhání nepřesahujícím povolené hodnoty má vysokou životnost.



Richard A. Bareš
Richard A. Bareš

Znalecká doložka:

Znalecký posudek jsem podal jako znalec jmenovaný rozhodnutím ministra spravedlnosti ze dne 11. 10. 1967 č. j. ZT 108/67 pro základní obor stavebnictví, pro odvětví staveb obytných, průmyslových a zemědělských a stavebního materiálu.

Znalecký úkon je zapsán pod poř. čís. 108/83 znaleckého deníku.

Znalečné a náhradu nákladů (náhradu mzdy) účtuji podle připojené likvidace na základě dokladů čís. _____

