

**Znalecký posudek
o poruchách laminované podlahoviny FORTIT ve
[REDAKCE] + Doplněk zna-
leckého posudku**

51 stran + 3 strany

1. 4. 1981 + 1. 5. 1981

Ing. CSc Richard A. B a r e š
o/o Ústav teoretické a aplikované mechaniky
Československé akademie věd
Vyšehradská 49, 128 49 P r a h e 2

Čj. Z 86/211/81
Praha, 14. 1981

Z n e l e c k ý p o s u d e k

o poruchách laminované podlahoviny Patix ve [REDACTED]
[REDACTED]

V srpnu 1980 byl jsem požádán o provedení znaleckého posudku poruch syntetických podlahovina prováděných n.p. Fricostav ve [REDACTED]

V září 1980 dostal jsem písemnou objednávku n.p. Fricostav, závod č. 1 pod čj. SPÚ-74/80 ze dne 19. 9. 1980 tohoto znění: "Odvolaваме se na předbežné informativní jednání o Vani dne 21. 8. 1980 o havarijnom stavu patixových podlah na [REDACTED] [REDACTED] s žiadame o vypracovanie znaleckého posudku o príčinách narušenia podlahovej konštrukcie. Tento znalecký posudok potrebujeme pre zistenie zodpovednosti a pre prípadné riadenie o náhrade škody a pre arbitráž.

Podklady technicko-výrobné, prípadne dodávateľské
Vám predložíme podľa Vašich potrieb.

Honorár za vypracovanie znaleckého posudku Vám uhradíme
podľa príslušnej vyhlášky č. 37/67 Zb.

S ohľadom na to, že senatórium už bolo uvedené do pre-
vádzky, Vás žiadame o vykonanie posudku v dobe čo najkratšej".

V
Dne 23. 10. 1984 som provedl jsem prohlídku objektu na místě
za přítomnosti zástupce investora s. Kostelníka, hlevního pro-
jektanta stavby a zástupce dodavatele podlahovin.

Dodavatel stavby byly Pozemní stavby Žilina, subdodava-
tel podlahovin n.p. Priemstav, závod 1.

Současně jsem byl seznámen přítomnými zástupci s projek-
tem a informován o některých skutečnostech o provádění stavby.

Rovněž jsem odebral vzorky podlahoviny k analytickým
rozborům a vzorky podkladních vrstev ke zjištění jejich vlh-
kosti. Vzorky kapalin z některých výdutí byly odebrány zástup-
cem prováděcího závodu za přítomnosti zástupce investora již
dříve a byly znalcem převzaty téhož dne.

N á l o z

Ke zjištění předepsané technologie provádění podlahoviny
vyžádal jsem si od jejího dodavatele technologický předpis.

Podle sdělení vedoucího střediska povrchových úprav s. Set-
váků národní podnik Priemstav vlastní předpis nemá a použí-
vá technologického předpisu pro podlahovinu Fortit nár. pod.
Armabeton Praha z května 1976 s tím, že namísto směsi prysky-
řice ChS Polyester 104 a 200 používá stejné množství polyes-
terové pryskyřice označené jejím výrobcem Povážskými chemický-
mi závody Žilina jako "Syntetická podlahovina Patix 225".

Protože jsem neměl k dispozici údaje o složení této prys-
kyřice, požádal jsem výrobce PCHZ Žilina o poskytnutí techno-
logického reglementu pro výrobu Patixu 225 a 211. Technologic-
ký reglement č. 200 se dvěma doplňky (změnami z 15. 11. 1978
a 13. 6. 1979) mi byl zaslán 5. 1. 1981.

Novostavba je v současné době již plně v provozu. Konstruk-
ce budovy je ocelová, na nosných prvcích jsou položeny tvaro-
vané plechy, na nichž je uložena nosná betonová deska.

Skladba stropní a podlahové konstrukce byla v projektu ve
většině případů navržena takto:

skladba G 1 (shora)

PVC	0,5 cm
cementová malta	1,8 cm
beton	3,5 cm
lepenka se slepovanými přesahy	0,3 cm

pěnosilikátové tvárnice	7,5 cm
hobra	1,5 cm
konstrukční betonová deska	
skladba G 2 (shora)	
PVC	0,5 cm
cementová malta	1,8 cm
beton	5,0 cm
lepenka se slepenými přesahy	0,3 cm
izolační kordové desky	2 x 3,0 cm
hobra	1,5 cm
konstrukční betonová deska	

Cementová malta o tloušťce 1,8 cm byla provedena pouze v některých částech z počátku stavby, později již byl prováděn podkladní beton v jedné vrstvě o tloušťce 5,3 cm (skladba G 1).

Namísto PVC bylo později rozhodnuto projektantem se souhlasem investora provést bezspárou litou podlahovinu Patix na bási polyesterové pryskyřice, ve skutečnosti byla provedena bezspárá podlahovina z pryskyřice Patix laminovanou skelnou rohoží.

Projekt celkového uspořádání ani detailů jsem neměl k dispozici a nemohu ani posoudit míru shodnosti skutečného s projektového uspořádání. Rovněž jsem neměl k dispozici stavební dění

a nemohou posoudit způsob provádění stavby a některé rozpory ve tvrzeních projektanta a investora např. o časové návaznosti jednotlivých prací (doba zastřešení apod.).

Na celém stropě je zavěšen snížený podhled. Ve vzniklém meziatropním prostoru jsou umístěny různé instalační rozvody, včetně vzduchotechniky (klimatizace) a vytápění. Tento prostor není nijak komunikovaný s okolním prostředím a lze předpokládat, že zejména v teplem období teplota v něm dosahuje značně vysokých hodnot (odhadem, podle obdobných staveb, 35-45^oC).

Po celém obvodu budovy jsou ve všech patrech provedeny balkony (lodžie), jejichž úroveň proti úrovni podlahy v budově je zvýšena o cca 10 cm (obr. 1).

Po uvedení objektu do provozu počly se podle údaje investora po 1/2 až 1 roce objevovat v podlahovině puchýře různého průměru, neplněné kapalinou. Kapalina po náhodném nebo úmyslném proděravění vytéká a pryskyřičnatí. Na některých místech dosahovaly výdutě v průměru 100 a více mm a byly rozsety řídkěji (obr. 2,3), na jiných místech se objevily výdutě menší, o průměru 5 - 20 mm, v hustém rozsevu (obr. 4). V jedné místnosti (společenský sál) došlo k netypickému sloupávání povrchové vrstvy podlahoviny (obr. 5,6).

V době prohlídky byl konstatován největší výskyt puchýřů v okolí míst s možným průnikem vlhkosti do podlahy, např. v blíže-

kosti sociálních zařízení, v blízkosti balkonových dveří apod. Na jiných místech, zejména tam, kde byly puchýře větších průměrů, nebyla zjištěna žádná zjevná souvislost s druhem provozu.

V některých místnostech byla již podlahovina rekonstruována (stržením původní a položením nové), bez prokazatelného úspěchu.

Ke zjištění vlhkosti podkladních vrstev byly provedeny na dvou místech sondy ručním odsekáním a odebrané vzorky jednotlivých vrstev byly bezprostředně uloženy do polyetylenových lahví. S ohledem na probíhající provoz byly vzorky odebrány v místech, které nejméně provozu překážely, nikoliv místech s největším výskytem puchýřů.

První vzorek byl odebrán na chodbě ve IV. podlaží proti místnosti č. 428 (místo "A"), druhý vzorek v místnosti č. 437 (místo "B").

Vzorky odebrané podlahoviny z obou míst jsou na obr. 7 a 8 (pohled na lící i rubovou stranu). Z obou obrázků je zřejmé, že tloušťka povrchové vrstvy je značně silná (dosahovala až 10 mm), rovněž vrstvy vyrovnávací dosahují velkých tloušťek. Nosná vrstva (ze skelnou stříží) není dokonale prosycena pryskyřicí ve všech místech (viz obr. 8 b) a je ve srovnání s ostatními vrstvami tenká, i když přibližně tak, jak předpokládá technologický předpis. Velké tloušťky vyrovnávací a povrchové vrstvy svědčí také o tom,

že předepsaná rovinnost betonového podkladu nebyla dodržena. Od betonu se podlahovina odděluje snadno, s povrchovou vrstvičkou vytvořenou na povrchu betonu z vyplavených lehkých porfílů cementu a šterkopísku (vápno, jíl). Tato povrchová vrstvička nebyla sřejmě před pokládáním podlahoviny odstraněna.

Puchýře (výdutě) menšího průměru jsou vytvářeny pouze vrchní (povrchovou) vrstvou podlahoviny (případně spolu s vyrovnávací vrstvou), jsou-li tyto dostatečně tenké, tedy nad nosnou vrstvou vystuženou skelnými vlákny; v těchto místech dochází tedy k oddělení nosné a povrchové vrstvy.

Neproto tomu, zejména tam, kde tloužka povrchové vrstvy, případně vyrovnávací vrstvy je nadměrná, jsou puchýře (výdutě) vytvářeny celou podlahovinou; v těchto místech došlo tedy k oddělení podlahoviny od betonové podložky.

Odebrané vzorky jednotlivých vrstev podlahy byly bezprostředně po odběru zváženy, aby se vyloučilo případná nepřesnost odparem vody do doby analýzy v laboratorii.

Vzorek 1 a 2 byl z místa A, vzorek 3, 4 a 5 z místa B. Hodnoty zjištěných vlhkostí jsou uvedeny v tabulce 1.



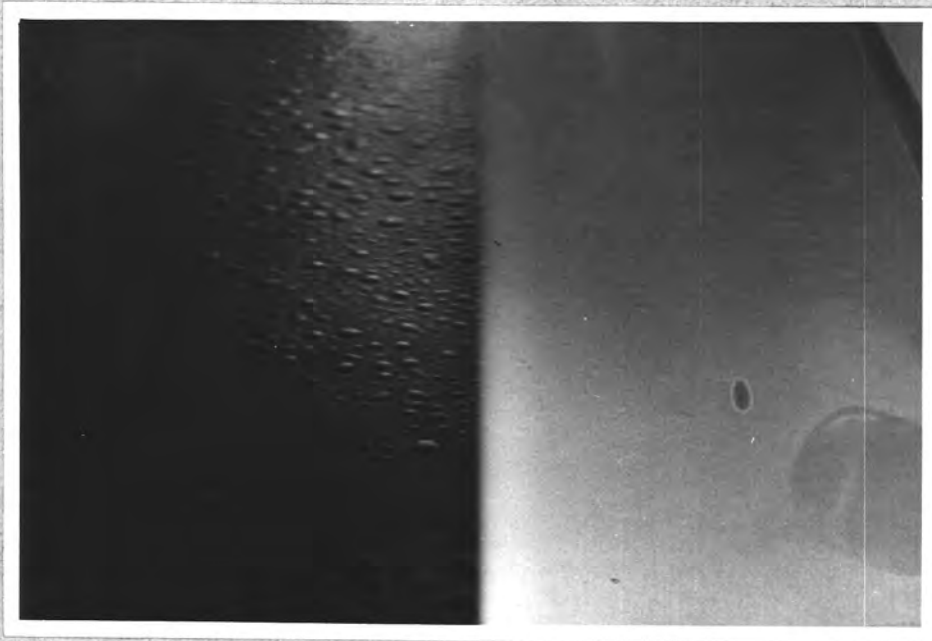
Obr. 1 Úroveň balkonů /lodžii/ je zvýšena proti úrovni místností o cca 10 cm



Obr. 2 Velké výdutě v podlahovině v některých místnostech



Obr. 3 Velké výdutě v podlahovině na chodbách



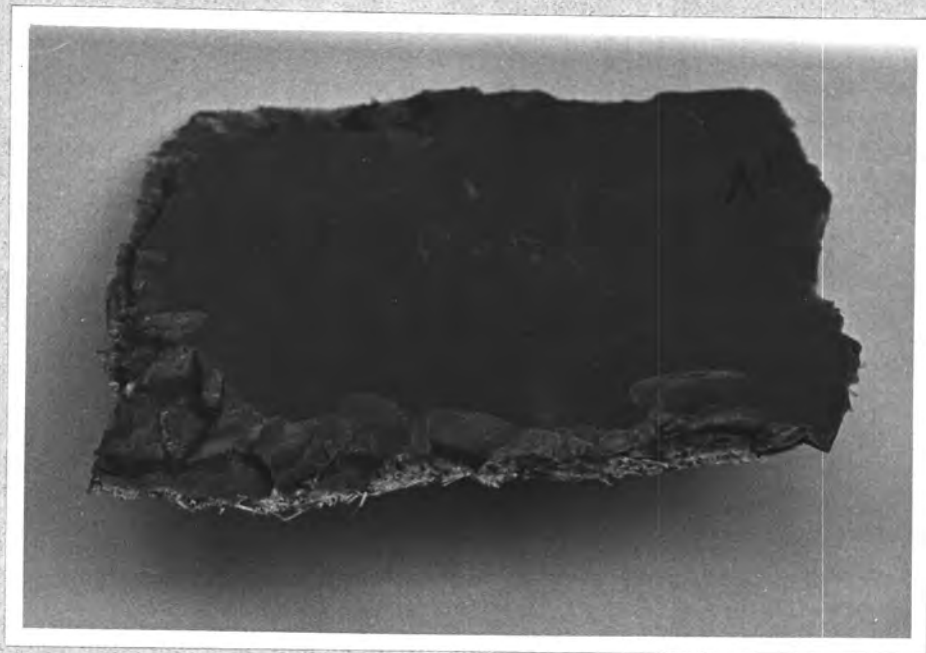
Obr. 4 Hustý rozsev malých výdutí v podlahovině v některých místnostech



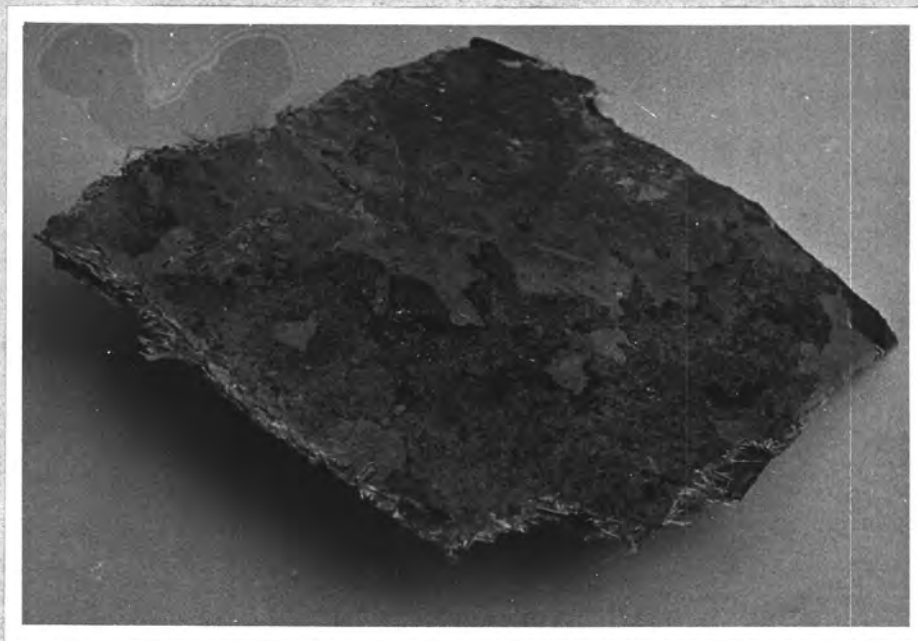
Obr. 5 Odloupávání povrchové vrstvy podlahoviny ve společenském sále



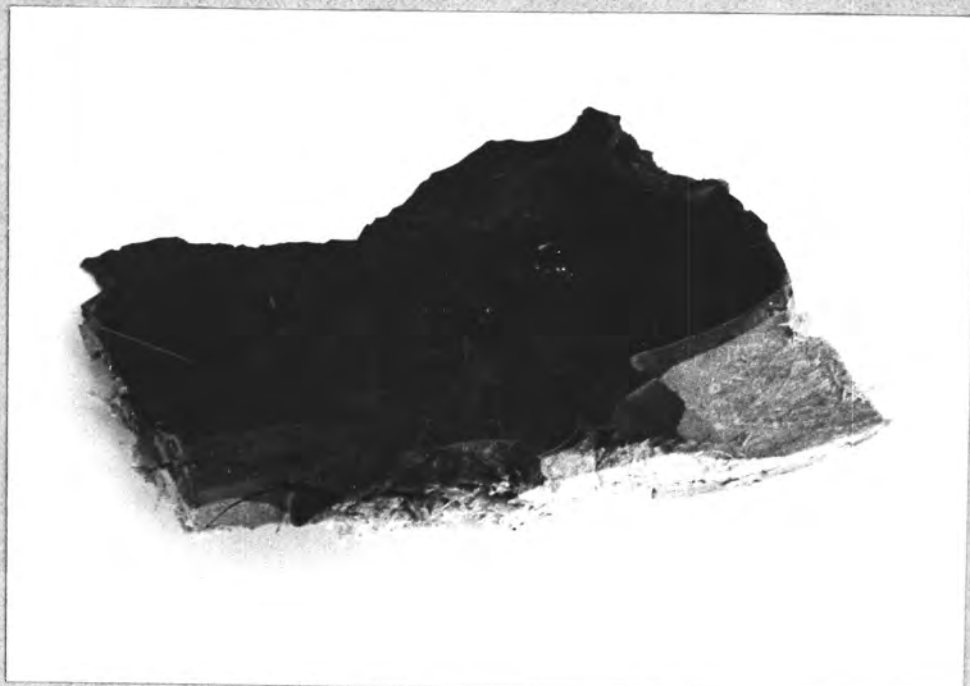
Obr. 6 Výdutě v podlahovině ve společenském sále



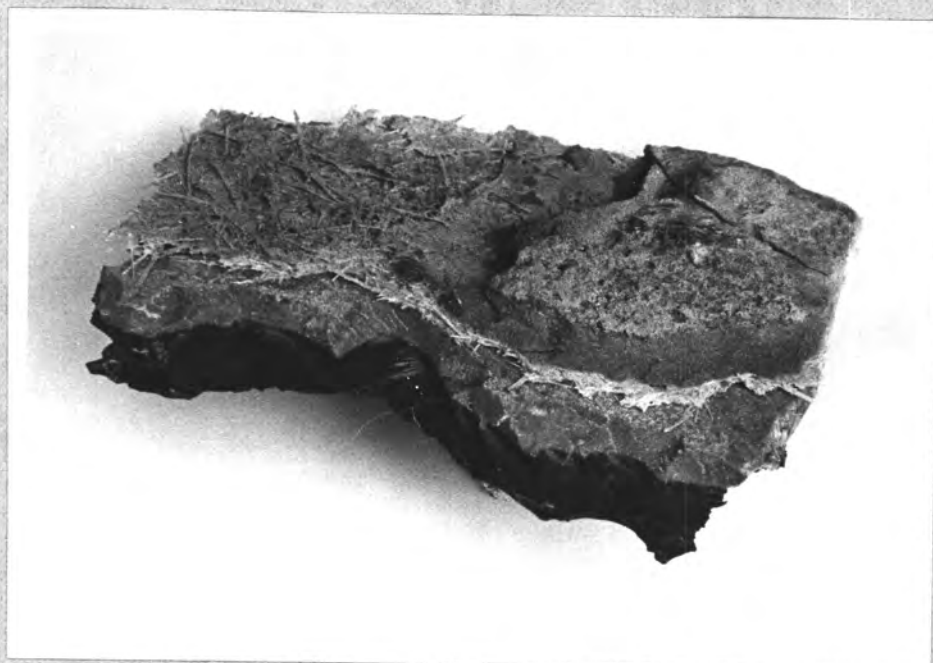
Obr. 7a Vzorek odebrané podlahoviny v místnosti č. 428 (pohled na lícni stranu)



Obr. 7b dtto jako obr 7a (pohled na rubovou stranu)



Obr. 8a Vzorek odebrané podlahoviny z místnosti č. 437 (pohled na lící stranu)



Obr. 8b dtto jako obr. 8a (pohled na rubovou stranu)

Tabulka 1

Vzorek č.	Vrstva	obsah vlhkosti v % suché hmotnosti
1 a	cementová malta + podkladní	
	beton	6,40
1 b	hobra	19,33
2	pěnosilikát	34,41
3	pěnosilikát	34,83
4	cementový potěr + podkladní beton	6,75
5	hobra	46,37

Ze předpokladu, že rovnovážná vlhkost betonu je 3%, pěnosilikátu 25% a hobry 5% a při objemové hmotnosti postupně 2.200, 400 a 1000 kg/m³ jsou odpovídající množství přítomné, chemicky nevázané, volně komunikovatelné vody v jednotlivých vrstvách podle tab. 2.

Tabulka 2

Vzorek č.	Vrstva	Množství volné vody l/m ²
1 a	cementová malta + podkladní	
	beton	3,00
1 b	hobra	2,19
2	pěnosilikát	9,72
3	pěnosilikát	9,89
4	cementový potěr + podkladní beton	4,37
	hobra	6,20

Předpokládáme-li v konstrukčním betonu, z něhož nebyl vzorek odebrán (o tloušťce 8 cm) vlhkost pouze 6%, je odpovídající množství volné vody v něm $5,28 \text{ l/m}^2$.

Celkové množství volné vody (nad rovnovážnou vlhkost) ve stropní a podlahové konstrukci pod nepropustnou podlahovinou tedy činí

v místě A $20,15 \text{ l/m}^2$

v místě B $25,70 \text{ l/m}^3$

Namísto projektované podlahoviny Patix o tloušťce 3 mm byla v celém projektu provedena podlahovina vystužená skelnými vlákny podle technologického předpisu n.p. Armebeton pro podlahovinu Fortit, který je používán i v n.p. Priemstav. Tloušťka této podlahoviny je předpokládána 3 - 5 mm. Ve skutečnosti celková tloušťka podlahoviny zjištěná v sondách však činí 10 - 20 mm. Zásnou o důvodu změny nebyl znaleci předložen; z jednání se zástupci investora i projektanta je však zřejmé, že změna byla všemi zúčastněnými akceptována. Z technického hlediska je podlahovina Fortit rozhodně podstatně kvalitnější a trvalejší než podlahovina Patix, kterou v potřebné rovinnosti ani nelze provést bez předchozí úpravy (vyrovnání) podložky.

Podle údaje dodavatele podlahoviny namísto čistých polyesterových pryskyřic předpokládaných technologickým předpisem n.p. Armebeton byl použit Patix 225. Stejná pryskyřice středně acetonem byla použita i pro penetrační nátěr.

Podlahovina Fortit se pokládá ne základní penetrační nátěr a skládá se třech vrstev:

- nosné (která je vyztužená sekeným skelným provazcem)
- vyrovnávací
- povrchové.

Při nerovnosti podložky lze provést nejdříve její opravy a vyrovnání polyesterovým plestbetonem nebo tmelem.

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

Penetrační nátěr

ChS Polyester 104	90 objemových dílů
ChS Polyester 200	10 objemových dílů
aceton	100 objemových dílů
P- urychlovač 1/4	1 objemový díl
P- katalyzátor VI (podle teploty prostředí a podkladu tak, aby počátek gelatinace byl za 2 hod.)	1-4 objemových dílů

Nosná vrstva

ChS Polyester 104	90 objemových dílů
ChS Polyester 200	10 objemových dílů

P- urychlovač I/40 1,5 objemových dílů
P- katalyzátor VI (podle teploty prostředí a podkladu tak, aby počátek gelatinace nastal cca po 30 min/. 2-4 objemových dílů

Do nosné vrstvy se pokládá rohož ze skelných pramenů. Během zpracování se hutnicí válečky namáčejí ve styrenu. Množství skelné výstuže je min. 600 g/m². Množství pryskyřičné matrice není udáno; vzhledem k celé podlahovině činí obsah skelné výstuže min. cca 12% váh.

Vyrovnávací vrstva

ChS Polyester 104	90 objemových dílů
ChS Polyester 200	10 objemových dílů
P-urychlovač I/40	1,5 objemových dílů
P-katalyzátor VI	2,4 objemových dílů
pigment	3 objemové díly
Aerosil 380	0,1-2 objemových dílů
písek JUK	20 objemových dílů
roztok parafinu	0,5 objemových dílů

Roztok parafinu se připraví za tepla předem ve složení

styren	10 v.d.
parafin 52/53	5 v.d.
Lukoil M 10	0,2 v.d.

Povrchová vrstva (tloušťka do 1 mm)

ChS Polyester 104	90 objemových dílů
ChS Polyester 200	10 objemových dílů
pigment	3 objemové díly
P-urychlovač 1/40	1,5 objemových dílů
P-katalyzátor VI	2-4 objemové díly
Aerosil 380	1 objemový díl
parafinový roztok	5 objemových dílů

Podklad má být podle tohoto technologického předpisu z cementového potěru tloušťky min. 4 cm, s pevností 170 kg/cm^2 , zhotovený ze z a v l h l é směsí, uhlezený dřevěným hledítkem, s rovností vyhovující ČSN 74 45 05, se z a j i š t ě n í m proti pronikání vlhkosti od podkladu k povrchu, vyzrálý a s a c h ý, nezaščištěný, neporušený).

Optimální podmínky pro provádění jsou 20°C a RV do 60%. Teplota podkladu nesmí přesáhnout 20°C a klesnout pod 10°C , teplota prostředí má být minimálně 15°C .

Jednotlivé složky použité v daném případě pro přípravu směsi jsou (podle reglementu č. 200 PCHZ Žilina z 1. 7. 1976 a jeho dodatků).

Patix 225 - nenasycená polyesterová pryskyřice, tj. roztok nenasyceného polyesteru na bázi dietylenglykolu, propylenglykolu, anhydridu kyseliny ftalové a maleinové v monomerním styrenu (množství styrenu

max. 30% hmot.). Polyesterová pryskyřice Patix 225 je směsí pryskyřice Patix 211 (na bázi diethylenglykolu) a Patix 324 (na bázi monopropylenglykolu) v molárním poměru 1:1.

Přísady jsou suchý mletý vápence a titanová běloba typu Rutil.

Pryskyřice Patix 324 je monopropylenglykol- fumarát - O -
- ftalový polyester zředěný styrenem s přísávkem parafinu v poměru vstupních surovin hmotnostně cca 1:0,59 : 0,88 : 1,18 : 0,003, stabilizovaný 0,045% hydrochinonu.

Pryskyřice Patix 211 je diethylenglykol- fumarát - O -
- ftalový polyester zředěný styrenem s přísávkem parafinu v poměru hmotnostním cca 1:0,38 : 0,58 : 0,58 : 0,0004, stabilizovaný cca 0,13% hydrochinonu, přičemž přidávaný styren je již předstabilizovaný (45 mg hydrochinonu na 1 kg styrenu).

Homogenizace obou směsí (v hmotnostním poměru násled 1 : 0,92) se provádí cca 4 hod.; do směsi se pak přidá 1 % titanové běloby typu rutil a 9% mletého vápence (hmotnostně) a znovu se mísí po dobu 4 hodin. Viskozita výrobku se může pohybovat v rozmezí 400 - 1400 Pa s (při 20°C), čís. kyselosti max. 40 mg KOH/g.

Při přípravě penetračního roztoku z Patixu 225 povoluje reglement, je-li viskozita vyšší než očekávaná, dále dopředit získaný výrobek styrenem podle instrukcí mistra.

P katalyzátor 5 - dibenzoylperoxid (s obsahem aktivního kyslíku 7,5 až 9%) (TPD 32 - 128 - 62) podle reglementu 200, podle TPD 57 - 0,15 - 77 je to methylcyklohexanonperoxid.

P urychlovač III - roztok kobaltooktenu v lékařském benzínu, obsah kobaltu 3,5 až 4,5% (PDM 32 - 836 - 75).

P urychlovač IV - složení neudáno, obsah kobaltu 3,8 až 4,2% (PDM 32 - 919 - 77).

Druh spresece skelných vláken není znám.

Dřívější zkušenosti s podlahovinou Fortit ukázaly, že poruchy s vydutými máše způsobit vedle fyzikálního (rozklínujícího) účinku přetlaku vodních par např. také hydrolyza (tj. reakce způsobená vodou) polyesterové pryskyřice. Kapalina přítomná v puchýřích byl vždy vodný roztok dvojmocných alkoholů (glykolů), kovových solí a nepatrných množství dalších organických látek.

Vzorky kapaliny odebrané z puchýřů v různých částech objektu byly analyzovány tak, aby byla ověřena možná fakta o složení kapaliny při vzniku hydrolyzy a nalezeny případně další látky, jež by mohly ovlivnit vznik poruch. Že takové látky v kapalině existují ukazuje i její charakteristický zápach, který není způsoben glykoly (které jsou bez zápachu).

Vzorky kapaliny byly zkoumány vždy metodou plynové chromatografie jakožto konečnou identifikační metodou. Úprava vzorku před chromatografií v chromatografu byla provedena tak, aby se hledané látky nakoncentrovaly. K tomu účelu bylo vyzkoušeno několik postupů:

1. Přímé dávkování kapaliny do přístrojů (bez úpravy vzorku)
2. Acetylace
3. Redukce
4. Sloupcová chromatografie
5. Extrakce ethyletherem
6. Zpracování bílého náletu (odparku z kapaliny)
7. Chromatografie na iontoměničích

Ad 1. Přímým dávkováním vzorku do přístroje (pnechromatograf PYE) byl stanoven obsah vody. Obsah glykolu byl stanoven na elektronickém integrátoru Spectrafyzic - minigrátor + plynový chromatograf PYE model 104/64. Získané hodnoty obsahuje tab. 3.

Tabulka 3

Vzorek	H ₂ O	PG	DEG	ostatní látky vápenaté sole	ostatní látky
1	69,6%	1,6%	12,9%	1,8%	zbytek
2	70%	1,9%	18,5%	1,2%	- " -

Ad 2. Vodný roztok byl acetylován přebytkem acetonhydridu v pyridinu. Byla získána směs acetátů PG a DEG se značným množstvím dalších minoritních látek. Tato směs se však nehodí k dalšímu zpracování pro svou složitost a nevhodný poměr složek.

Ad 3 Několik miligramů vodného roztoku bylo redukováno přebytkem hydridu lithno-hlinitého $/LiAlH_4/$ a reakční směs acetylována acetanhydridem. Získaná směs látek nebyla rovněž vhodná pro plynovou chromatografii.

Ad 4 Vodný roztok byl nalit na kolonu aktivovaného silikagelu a vymýván z kolony chloridem uhličitým. Eluát z kolony neobsahoval glykoly. Stanovení jednotlivých složek pomocí plynové chromatografie a hmotové spektrometrie neposkytlo žádné vhodné výsledky.

Ad 5 Vodný roztok byl vytřepán několikrát ethyletherem. Po odpaření etheru byl zbylý extrahovaný podíl acetylován a studován opět pomocí plynové chromatografie s napojeným hmotovým spektrometrem. Ani v tomto případě nebylo dosaženo žádných pozitivních výsledků.

Ad 6 Volným odpařením vzorku na vzduchu se získá odparek ve formě bílého až nahnědlého náletu, který se také nachází přímo kolem proražených výdutí podlahoviny. Nálet byl extrahován ethyletherem. Extrakt obsahoval pouze propylenglykol a diethylenglykol. V etheru nerozpustný zbytek uvolňoval zahříváním další glykoly; z toho se dá soudit, že část glykolů je v odpareku vázána pravděpodobně ve formě vápenatých solí. Vyžháním náletu byl získán kysličník vápenatý /sráží se kyselinou šťavelovou/. Nálet ve vodě rozpuštěný dává s kyselinou šťavelovou pouze nepatrný sákal, což může být dalším potvrzením toho, že vápník je s glykoly jistým způsobem komplexně vázán.

Ad 7. Vodný roztok byl nalit na sloupek iontoměníše DOWEXu 1 x 2 převedeného do OH^- cyklu a po eluci neutrálních látek byly kyseliny ze vzorku vytěsněny 1N /Normální/ kyselinou solnou, odpařeny od elučního činidla a esterifikovány methylalkoholem a 3% plynného chlorovodíku. Analýsa pomocí plynové chromatografie a hmotové spektrometrie přinesla jen dílčí výsledky; byla zjištěna kyselina fumarová, maleinová a ftalová.

Tabulka 3 a další rozborů potvrzují, že skutečně došlo v podlahovině k hydrolyze pryskyřice, při níž se uvolnily chemicky vázané glykoly.

Informativní posouzení mechanických vlastností podlahoviny, zejména její chování za zvýšených teplot ukázalo rozdíly proti obvyklému standartu /vysoká tvárnost, vysoké mezí přetvoření, termoplastické chování za tepla/, což vedlo k podezření na chybné chemické složení pryskyřice. Byl proto proveden rozbor pryskyřice z krycí vrstvy podlahoviny a současně i rozbor čerstvé, monomerní pryskyřice Patix 225, kterou dodal dne 8. 1. 1981 ze svého skladu výrobce podlahoviny /včetně iniciátoru a urychlovače/.

Ke zjištění stupně polymerace pryskyřice v podlahovině byl zjištěn chloroformový extrakt: činil 11,1% hmotnostně.

Botnavost pryskyřice z podlahoviny ve vodě po 200 hodinách činila 2,4% hmotnostně.

Po laboratorním provedení kyselé hydrolysy pryskyřice z podlahoviny byly zjištěny tyto látky:

- diethylenglykol
- malé množství propylenglykolu
- kyselina ftálová
- vápenaté soli.

Z pokusu nebylo možno jednoznačně posoudit, zda vápenaté soli byly zaneseny do pryskyřice z betonového podkladu, nebo jsou z uhlíkatanu vápenatého použitého jako plniva pryskyřice jejím výrobcem.

Analýza jak tekutiny a výdutí, tak podlahoviny ukázala podstatně menší množství propylenglykolu než diethylenglykolu, ačkoli podle výrobního reglementu pryskyřice Patix 225 mělo být jejich množství srovnatelné.

Díle byla prověřena tepelná stálost pryskyřice v podlahovině. Po zahřátí na 100°C vzorek se počal drobit, změkla bylo možno jej lehce tvarovat. Změněný tvar si po vychladnutí ponechal.

Stejný výsledek byl získán i na vzorku vyrobeném laboratorně podle předpisu z dodaného Patixu 225; tím lze vyloučit vliv špatného míšení složek nebo zpracování při kladení podlahoviny. Rovněž není příčinou tohoto jevu hydrolyza.

^{dane!}
Z dosažených pryskyřice byly připraveny laboratorně
plastbetonové vzorky 4 x 4 x 16 cm v tomto složení:

písek 1900g
Patix 225^{x/} 150g
iniciátor 6,75g /4,5%/
urychlovač 1,5 g /1%/

Pro ošetření vzorku byly použity tyto režimy:

- a/ sedm dnů 20°C
- b/ sedm dnů 20°C + 4 hodiny 80°C + pět dnů 20°C

Výsledky /objemová hmotnost, pevnost v tahu za ohybu
a pevnost v tlaku/ jsou v tabulce 4 srovnány se standardními
výsledky získanými z ChS Polyesteru 104 /9/.

ošetření	kg/m ³	K _K		K ₀₄	
		MPa	%	MPa	%
a/	1999	30,9	62	8,6	77
b/	1988	38,2	76	10,3	92
standart	~ 2010	~ 50,0	100	~ 11,2	100

x/ Patix byl v nádobě rozsažen do dvou částí: spodní část
/cca 1/5 / byla světlešedá, vysokoviskozní, horní část
/cca 4/5 / tmavěji šedá, nízkoviskozní. Před použitím
byl Patix dokonale shomogenisován

Při chemickém rozboru byla zpracovávána současně pryskyřice s podlahoviny, laboratorně polymerované pryskyřice a nespolymerované pryskyřice, čímž kromě jiného se prokáže stejnorodost /nebo rozdílnost/ složení pryskyřice v různých obdobích / v daném případě je časový rozdíl dodávek pryskyřice více než 1 rok/.

Vzorky byly metanolizovány a metodou plynové chromatografie stanoveny jednotlivé komponenty: kyseliny ftalová, fumarová a maleinová, po silylaci pak propylenglykol a dietylglykol. V nehydrolyzovaném vzorku byl stanoven styren. U polymerovaných vzorků byla stanovena kyselina ftalová, poměr propylenglykolu a dietylglykolu a nesítěný nehydrolyzovatelný zbytek.

Výsledek rozboru nespolymerované pryskyřice je následující:

styren	17,4%
fumarová kys.	17,2%
maleinová kys.	20,8%
ftalová kys.	6,8%
dietylglykol	21,7%
propylenglykol	0, %
zbytek	15,6%

Zbytek představují netěkavé látky, které byly ustanovení plynové chromatografie. Mohou to být plnidla, nečistoty v surovinách, polyadukty vzniklé při polykondenzaci apod.

Zpolymerované vzorky daly obdobné výsledky:

obsah ftalové kyseliny 4,3% u vzorku podlahoviny
. 4,5% u pryskyřice zpolymerované
v laboratoři

oba vzorky jsou téměř bez propylenglykolu

zpolymerovaný nehydrolyzovatelný zbytek činil

. 60,5% u vzorku podlahoviny
. 71 % u pryskyřice zpolymerované
v laboratoři

Protože součet polymerovatelných komponent, tj. styrénu, kyseliny fumarové a maleinové, a zbytku tvoří u nezpolymerovaného vzorku 70%, jsou hodnoty získané analýzou zpolymerovaných vzorků v relaci a to, orientačně, i pro vzorek podlahoviny.

Dle výrobního reglementu by složení pryskyřice Patix 225 mělo být asi toto :

styren	32,6%
fumarová kys.	16,0%
maleinová kys.	0 %
ftalová kys.	24,3%
propylenglykol	10,7%
dietylglykol	16,3%

Zpolymerovaný zbytek po hydrolýze by sice měl být asi 50% + nečistoty, což je srovnatelné s vyšetřovanými vzorky, avšak ze složení především směsi látek, jež jsou schopny polymerace,

vyplývá, že chemická struktura a charakter zesíťení jsou naprosto odlišné. Z toho plyne nejenom změna mechanických vlastností, ale především odlišná /snížená/ odolnost polymeru chemickým vlivům včetně vody.

Při nedostatku styrénu ve směsi je zesíťení nedostatečné. S rostoucím množstvím styrénu roste i množství zreagované fumarové kyseliny při polymeraci. K zesíťení veškeré fumarové kyseliny dojde při molárním poměru styrénu : fumarové kyseliny 6 : 1. Kyselina maleinová reaguje hůře než fumarová a k jejímu zesíťení nedojde ani při dostatku styrénu. S klesajícím obsahem styrénu se značně snižuje odolnost polymeru vodným prostředím.

Ve všech zkoumaných vzorcích je podstatně menší obsah propylenglykolu než dietylenglykolu, což svědčí o tom, že systém obsahuje podstatně větší množství Patix 211 než Patixu 324. To je příčinou menší pevnosti /větší tvárnosti/ a menší chemické odolnosti; stejný účinek má i zvýšený obsah maleinové kyseliny. Přítomnost maleinové kyseliny svědčí o tom, že nedošlo jen ke změně poměru komponent, ale i ke změně reakčních podmínek při přípravě polyesteru. Při přípravě polyesterové pryskyřice za správných technologických podmínek /teplota, čas/ musí nejméně 90% maleinové kyseliny přejít na fumarovou. Na přesmyk maleinové kyseliny na fumarovou má vliv nejen pracovní teplota při polyesterifikaci ale i použitý glykol.

Nejlépe dochází k přesmyku při použití propylenglykolu a nejhůře při použití dietylglykolu.

Rovněž snížení množství ftalové kyseliny má nepříznivý vliv; největší pevnosti se dosáhne, obsahuje-li přyskyřice stejné molární množství fumarové a ftalové kyseliny.

S ohledem na to, že mezistrop není odvětráván a slouží k zakrytí různých vaduchotechnických a teplovedných vedení, lze očekávat rozdíl teplot spodního lícce stropní konstrukce a horního lícce podlahy minimálně 15 až 20°C. Poslední hodnota je v dalších úvazích použita /i když v některých místech může být rozdíl teplot vyšší/.

Bylo již dříve jednoznačně prokázáno, že obdobné poruchy se vyskytují především tam, kde teplotní spád je negativní /tj. s klesající teplotou zdola nahoru/, pokud se v konstrukci současně vyskytuje opakovaně nebo trvale vlhkost nad rovnovážnou hodnotou /pro dané podmínky prostředí/.

Na základě zkušeností s obdobnými případy poruch podlahoviny Fortit na nevyschlých podkladních vrstvách a podle podrobných analýz tam provedených bylo upuštěno od dalších podrobných fyzikálních zkoušek podlahového systému a podlahoviny /difuze vodních par systémem po různé úpravě povrchu, změkčení podlahoviny ve výtudích hydrolytickými produkty apod./ a výsledky dříve obdržené byly přiměřeně aplikovány i pro tento případ.

Při shrnutí získaných poznatků lze mít za prokazané,
že

- podkladní části podlahového systému jsou poměrně značně provlhčeny, když obsahují 20 - 25 l volné vody /nad rovnovážnou hodnotu vlhkosti/.
- vlhkost podkladních částí je jednak primární, tj. vnesená do systému mokřím výrobním procesem a nedostatečně vysušená před pokládáním podlahoviny nebo sekundární, vnesená do podlahy provozem /chybně izolovanými mokřimi provozy, chybným řešením balkonů a satčkaním dešťové vody atd./.
- odvětrání podkladních vstev /počínaje od dnešního mokrého stavu/ je v prostorách s normálními vlhkostními a teplotními podmínkami proces dlouhodobý /mnohaletý/
- výdutě vznikají většinou uvnitř podlahoviny, pod nepropustnou vyrovnávací, resp. krycí vrstvou
- kapalina ve výdutích obsahuje hydrolytické produkty, jež jsou důkazem pozdějšího porušení podlahoviny; nejsou naopak obsaženy odpadní produkty oxidace a chloroformový extrakt je v mezích normy, což svědčí o tom, že došlo k žádné polymeraci poliva podlahoviny a potvrzuje, že vrchní vrstvy stropního systému /minimálně podle ky byly při kladení podlahoviny dostatečně vyschlé a dále, že v do-

bš kladení podlahoviny neexistoval podstatný negativní teplotní spád /sdola nahoru/.

- negativní spád na stropním systému /sdola nahoru/, existující po zahájení provozu zejména v zimním období podporuje difuzi vlhkosti stejným směrem, t.j. až k nepropustné podlahovině: protože spodní vrstvy podlahy /hobra, pěnosilikát/ poskytují velký zásobník vlhkosti, lze očekávat její trvalý přísun odspodu směrem k podlahovině a trvalé fyzikálně i chemicky nepříznivé působení na podlahovinu.
- tloušťka podlahoviny je vyšší, než je předepsána technologickým předpisem; svědčí mimo jiné o tom, že rovinnost podlahy nevyhovovala pořádkům technických podmínek pro podlahovinu. Podstatně vyšší tloušťka povrchové vrstvy podlahoviny svědčí o tom, že nebyl důsledně při provádění dodržen technologický předpis: Namísto provedení vyrovnávací vrstvy a jejího přebroušení k dosažení dokonalé rovinnosti byla rovinnost povrchu dosažena nanesením silné vrstvy Patixu 225.
- parafin, obsažený v Patixu 225, který je určen pro jednovrstvou samorozlévací podlahovinu, vede ke snížení soudržnosti vrstev u vícevrstevných podlahovinových systémů /jako je Fortit/ i ke snížení soudržnosti se sklenou výstuží vzhledem k tomu, že při polymeraci je parafin vytlačován k vnějším i vnitřním povrchům systému.

- nedošlo k chybě při míšení nebo zpracování podlahoviny.
- použitá pryskyřice Patix 225 hrubě neodpovídá svým složením výrobnímu reglamentu a má tím zhoršené vlastnosti mechanické i chemické.
- na základě časově-teplotní analogie může docházet k poměrně značnému creepu podlahoviny vyrobené z použité pryskyřice a to i při poměrně malých mechanických namáháních.

P o s u d e k

1. Podlahovina

Technologický předpis pro výrobu podlahoviny Fortit /TP n.p. Armabeton/ neobsahuje takové nedostatky, které by mohly způsobit poruchy podobného druhu, jako se objevily na předmětné stavbě.

Složení jednotlivých vrstev je v podstatě správné; povolené rozmezí některých složek /iniciačního systému/ předpokládá vysokou kvalifikaci provádějících pracovníků. Nedosta-

tek iniciačního systému může umožnit oxidaci přítomného styrenu, přidání vznik reakčních produktů oxidace /viz znalecký posudek čj. Z 44/154/77 / může částečně nebo zcela inhibovat další polymeraci. Chemická analýza kapalin a vřutí však prokázaly nepřítomnost splodin oxidace /benzaldehydu, formaldehydu, fenyletylenglykolu/, tedy k podávkování iniciačního systému nedošlo. Rovněž nedošlo k inhibici polymerace přítomností jiných látek, např. vody.

✓ V době klázení podlahoviny musel být proto povrch podložky dostatečně vyschlý a hlavně musely být teplotní poměry ^{na} pod strepním systémem natolik vyrovnané, že nedocházelo k intenzivní difuzi vodních par s vlhkostí přítomné v ípadně ve spodních vrstvách podlahového systému směrem k podlahovině, nebo docházelo k tomu tak pomalu, že úpiná polymerace jednotlivých vrstev podlahoviny nebyla narušena.

Předávkování iniciačního systému ovlivní i své mechanické vlastnosti podlahoviny a zejména životnost směsi, nemůže ale vyvolat vzniklé poruchy.

Rovněž hodnota chloroformového extraktu podlahoviny /menší než 12 /potvrdila, že došlo k dostatečnému stupni vytvrzení polyesterové pryskyřice.

Podlahovina sama je pro daný provoz vyhovující; splňuje v podstatě požadavky technologického předpisu a na normálních

podlínok má vysokou životnosť. V danom prípade je teda na mieste hľadať príčiny vzniku ch poruch iné, než v obyčajných zložení, prípravy na o provedení podlahoviny, i ktorý nelze vyloučiť nepriame nepriaznivé spolupůsobení prítomného parafínu. Parafín obsažený vo všetkých vrstvách podlahoviny /prítomný již v Patixu 225/ môže pôsobiť jako separátor a vést k menší soudržnosti jednotlivých vrstev podlahoviny i menší soudržnosti pryskyřice a plátna.

Požadavky na podklad, obsažené v TP, zahrnují všechny nezbytné parametry: rovnost, pevnost, čistotu, suchost a nábranu proti pronikání vlhkosti k podlahovině odspodu. Požadavky však nejsou konkrétně specifikovány, což může vést ke sporám při jejich výkladu. Rozhodující je, že je třeba nábránit pronikání jakékoli vlhkosti pod tlakem k rubu podlahoviny /která je prakticky zcela voda a paronepropustná a difuzním odporem 716 torr, m². h/g/ stejně, jako je třeba tomu nábránit v běžné jiné nepropustné podlahoviny /např. ličí podlahoviny Patix, Sadurit, Linolea, PVC atd./. Závisí proto jednak na množství transportované /chemicky vázané/ vlhkosti v celém stropním systému a jednak na tepelném spádu, který /až na kapilární síly/ může být příčinou transportu vlhkosti, případně její komprimace. Jestliže není provedena v systému voda- a paronepropustná izolace, stává se přirozeně součástí systému i prostor pod stropem, případně podlahou.

Tloušťka podlahoviny je podstatně vyšší, než předepisuje technologický předpis / ~ 3 mm/; zejména nadměrná je tloušťka povrchové vrstvy /viz obr.7 a 8/. Zvětšení tloušťky podlahoviny není však v příčině souvislosti se vzniklými poruchami. Zvýšená vnitřní napjatost a kompozitní působení je eliminováno neobvykle "měkkou" pryskyřicí, jež byla použita. Důsledkem je, že nevznikly nikde v podlahovině trhliny.

2. Suroviny k výrobě podlahoviny

Použitá polyesterová pryskyřice /Patix 225/ se liší svým složením a stavbou od polyesterových pryskyřic, předepsaných v technologickém předpisu pro podlahovinu Fortit n.p. Armabeton. Jde zejména o nahrazení etylenglykolu, propylenglykolem a adipové kyseliny ftalovou.

V technologickém reglementu PCHZ Žilina není jednoznačný obsah styrenu v pryskyřici, není jednoznačný doporučený / a dodávaný / vytvrzovací systém /jak iniciátor tak urychlovač/. Reglement také umožňuje poměrně značnou nejednotnost jednotlivých částí, což je např. dáno velkým povoleným rozptylem viskozity. Rovněž práškové přísady, zejména pak mletý vápeneč mohou mít na kvalitu a životnost i vytvršené pryskyřice značný

vliv. Je dokonce možné, že se přítomností vody v podlahovině přítomný aleť vápence urychluje hydrolytický proces. Také přítomnost parafinu má nepříznivě ovlivňovat soudržnost vrstev a soudržnost s plávkem přesto, že reglement umožňuje použití Patixu pro laminování. Navíc rozbor kapalin ve vřutích a spolymerovaných i nespolymerovaných pryskyřic prokázal, že složení Patixu neodpovídá předepsanému složení /nesprávný poměr komponent, nedokonalé vedoucí reakce, odlišný poměr Patixu 211 a 324, malý obsah styrenu/.

3. Stropní systém jako celek

Stropní systém je nezbytné chápat jako celek, žádnou z vrstev nelze posuzovat pouze odděleně od ostatních. Vliv na chování stropního systému má kromě běžných vlastností /účinnost, tepelně a zvukově izolační schopnost atd/ difuzní propustnost, stupeň vodního nasycení, teplotní gradient a vzájemná interakce jednotlivých částí.

3.1 Stupeň vodního nasycení

V daných teplotních podmínkách lze uvažovat rovnovážnou vlhkost konstrukčního i podkladního betonu hodnotou 3%, pěnosilikátu 2% a hobry 5%. Množství nebytové vody podle vlhkosti

odebraných vzorků bylo uvedeno v nálezu: šiní 20 až 25 l/m² půdorysné plochy.

Při předpokládaném vodním součiniteli 0,6 a množství cementu 400 kg/m³ je množství vody vnesené výrobním postupem průměrně 31 l/m²; na hydrataci se spotřebuje cca 10 l/m², takže v systému zbývá 21 l/m². Z toho cca 9 l připadá na rovnovážnou vlhkost a zbylých 12 l/m² by mělo být vysušením odstraněno. Zkušenost ukazuje, že klopením hutného betonu při ošetřování se vnesená vlhkost zhruba udržuje na stejné úrovni, případně, jsou-li přítomny ve stropním systému nasázkové vrstvy, celková vlhkost se zvyšuje až do maxima možného nasycení. Porovnání vypočtených hodnot se skutečně naměřenými ukazuje na to, že došlo před pokládáním podlahoviny jen k velmi nedokonalému vysušení /povrchovému/ stropního systému nebo k jeho dodatečnému nasycení vnikem vody z různých netěsností /dešťová voda, sociální zařízení/. Vlhkost je v systému dnes uzavřena, když podlahovinou nemůže odcházet prakticky žádná a plechovým pohledem konstrukce /ve sparách/ jen nepatrně.

Výměna vlhkosti mezi systémem a okolím je v izotermických podmínkách /kdy teplota systému a okolí se neliší/ dána vlhkostním gradientem na rozhraní; těmito podmínkami se přibližuje období mimo topnou sezonu v objektu nebo před prvním uvedením vytápění do provozu. Za těchto podmínek u n e i s o - l o v a n é h o systému převažuje odchod vlhkosti, systém

Je vysušována. Vysušování trvá dlouho, měsíce až roky. Je-li však v prostředí velká, může dojít k vyvolání vlhkosti systému, jeho vlnutí. Podstatně složitější je vysušování v případě, kdy se jedná o podlahový systém s nepropustnou podlahovinou prakticky nedochází /4/.

týden, takže k vysušení 1 litru vody v 1,5-2 týdny. V případě vyššího teplotního spádu /30-60°C/ před položením podlahoviny by došlo k vysušení 1 litru vody z 1 m² za 1 týden; za předpokladu tohoto teplotního spádu došlo by k vysušení 1 litru vody z 1 m² za 1 týden; za předpokladu tohoto teplotního spádu došlo by k vysušení 1 litru vody z 1 m² za 1 týden.

V případě, kdy teplotní spád působí, že se jedná o podlahový systém s nepropustnou podlahovinou, větší vodní pára lze stanovit přibližně 1 kvantitativní množství difundující H₂O /viz např. /7/ /. Tak např. tok vodních par nahoru /polyesterovou podlahovinou/ je cca 0,0030 kg/m².týden 1/ , tedy k vysušení 1 litru vody z 1 m² by bylo zapotřebí 333 týdnů! Tok vodních par nahoru před položením podlahoviny je podle zvolených předpokladů 0,2-0,6 kg/m².týden, takže k vysušení 1 litru vody z 1 m² by bylo zapotřebí 1,5-2 týdnů. V případě vyššího teplotního spádu /30-60°C/ před položením podlahoviny by došlo k vysušení 1 litru vody z 1 m² za 1 týden; za předpokladu tohoto teplotního spádu došlo by

1/ Za předpokladu rozdílu teplot podlahy a okolí 30°C a při vlhkovostním rozdílu 17 torr

těmto podmínkám se přibližuje období mimo topnou sezónu v objektu nebo před uvedením vytápění do provozu/. Za těchto podmínek u n e i s o l o v a n é h o systému převažuje odchod vlhkosti, systém je vysušován. Vysušování trvá dlouho, měsíce až roky. Je-li však relativní vlhkost okolního prostředí velká, může dojít i ke zvyšování vlhkosti systému, jeho ~~vlhkosti~~ vlhnutí. Podstatně složitější jsou vlhkostní poměry ve stropním systému při působení teplotního gradientu, tj. většinou při vytápění objektu. Jsou-li teplotní zdroje u spodního povrchu konstrukční desky, je pohyb vlhkosti usměrněn k hornímu, ochladnějším povrchu; k vysýchání zabudované vlhkosti v systému s nepropustnou podlahovinou ^{prakticky} nedochází ⁴ [viz např. 27].

Na základě jednoduchého výpočtu [viz např. 27] ~~znal. posudek čj. Z 21/123/75/~~ lze mít za prokázané, že difusní tlaky, vzniklé negativním rozdílem teplot nad a pod stropem /v daném případě až ²⁰ ~~30~~ °C, zejména v zimním, tj. vytápěném období/ způsobí transport vlhkosti k hornímu povrchu. Podle difusních vlastností materiálu podlahového systému vůči vodní páře lze stanovit přibližně i kvantitativní množství difundující H₂O [viz např. 37] ~~znal. posudek 248/158/78/~~. Tak např. tok vodních par nahoru /polyesterovou podlahovinou/ je cca 0,0030 kg/m².týden^{1/}, tedy k vysušení 1 l vody z 1 m² by bylo zapotřebí 333 týdnů! Tok vodních par nahoru před položením podlahoviny je podle zvolených předpokladů 0,2-0,6kg/m².týden, takže k vysušení 1 l vody z 1 m² by bylo zapotřebí 1,5-5 týdnů. V případě vyššího teplotního spádu /^{30-60°C} ~~nad 30°C~~/ před položením podlahoviny by došlo k vysušení 1 l vody z 1 m² cca za 1 týden; za předpokladu tohoto teplotního spádu došlo by /^{např.} k vysušení v systému ^{např.} přítomné nadbytečné vody ²⁰ - 25 týdnů, při menším teplotním spádu úměrně méně; závislost není přitom lineární.

1/ Za předpokladu rozdílu teplot podlahy a okolí 30°C a při vlhkostním rozdílu 17 torr.

k vysušení v systému nalezení nadbytečné vody za 20-25 týdnů, při menším teplotním spádu dále méně; závislost není přitom lineární.

Budíž připomenuto, že předchozí hodnoty jsou odhadnuty ve smyslu uvedených údajů. Přesné určení doby vysušení nelze s ohledem na celou řadu předem neznámých parametrů určit. Ve skutečnosti nelze vyloučit ani dřívější /např. v důsledku i horizontální difuze/, ani pozdější /např. vlivem neideálních teplotních podmínek, nebo zpomalením na vložené vrstvě lepenky/ vysušení stropního systému a o skutečném stavu je nutné se přesvědčit zkouškou /4/.

Z horního roboru vyplývá, že k vysušení konstrukcí a podlahových vrstev na rovnovážnou vlhkost za ideálních podmínek teplotních a vlhkostních by bylo zapotřebí v daném případě, kdy vrstva lepenky výrazně zpomaluje vyfokání vodou prosycených izolčních vrstev nejdříve za 12-36 měsíců od dokončení běžného ošetřování betonu klopením; teprve po této době by bylo možno uvažovat o kladení nepropustné podlahoviny. Při neideálních podmínkách by se tato doba ještě značně prodloužila. Vysušení cementného, 4-5 cm tlustého cementového potěru, odděleného od spodních vrstev vodotěsnou izolací /nikoliv jen vrstvou lepenky jako v daném případě/, na rovnovážnou hodnotu lze za běžných stavebních podmínek, očekávat za 4-6 týdnů od skončení ošetřování, realizovaného vlhkými rohožemi nebo překrytím polyetylenovou folií /nikoliv prostým klopením/. V daném

případě nebyla realizována vodotěsná izolace pod podložkou, beton byl ošetřován sřejmě běžnou technologií krepáním, nelze vyloučit ani pozdější zvlhčení dešťovou vodou a k pokládání podlahoviny došlo nepochybně podstatně dříve, než mohl být celý podlahový systém vysušen. Navíc v daném případě působí hobra i pěnositikát jako rezervoár vlhkosti, která se pouze zpomaleně dostává přes vrstvu lepenky difuzí do podložky; kapilární vzáhlání vlhkosti je lepenkou znemožněno. Tím lze vysvětlit/spolu s progresivním chemickým rozkladem popsaným v kap. 3.2/ i okolnost, že k poruchám dochází až po poměrně dlouhé době od položení podlahoviny; dochází k nim teprve tehdy, když koncentrace vlhkosti pod podlahovinou dosáhne rosného bodu, kdy nastává kondensace vlhkosti, nasycení vlhkosti alkalickými ionty a betonu i a podlahoviny samé /vápencové mikroplnivo/ a k příznivým podmínkám pro hydrolyzu polyesterového pojiva a rozkládání vrstev.

Z uvedeného lze mít za prokázané, že nebyly splněny technické podmínky pro použitou nepropustnou podlahovinu, když před položením nebyly dostatečně vyschlé všechny vrstvy podlahového systému a nebo nebyla provedena parotěsná zábrana pod podložkou. Bylo již zmíněno představení, že v některých částech nelze vyloučit ani pozdější přísun vlhkosti do podlahového systému, po položení podlahoviny. I zde nebyly tedy splněny technické podmínky nepropustné podlahoviny tím, že nebylo zabraňováno pronikání vlhkosti od podkladu k podlahovině.

3.2 Chemické působení

Patix 225, vyráběný n.p. Povážské chemické závody Žilina a určený k výrobě samorozlévací bezesparé podlahoviny představuje určitý typ nenasyčené polyesterové pryskyřice. Při správném složení jde v podstatě o směs dvou typů nenasyčených polyesterových pryskyřic Patix 211 a Patix 324 v hmotnostním poměru 1 : 1 a plnivových přísad. Patix 211 jsou cca dva díly nenasyčeného polyesteru diethylen-glykolmaleinátového typu, rozpouštěné v jednom dílu reaktivního monomeru styrenu, Patix 324 jsou cca dva díly nenasyčeného polyesteru propylenglykolmaleinátového typu, rozpouštěné v jednom váhovém dílu reaktivního monomeru styrenu. Vytvrzování těchto pryskyřic spočívá v radikálové kopolymeraci dvojných vazeb obou jejich složek, iniciované nejčastěji ketonperoxydy v kombinaci s kovovými mydly jako urychlovači.

V nálezu bylo prokázáno, že došlo k alkalické hydrolyze spolymerované polyesterové pryskyřice v podlahovině; k hydrolyze přitom nemůže dojít /ani v daném případě pryskyřice vadného složení/ bez přítomnosti dostatečného množství vody.

Hydrolyzu umožňují vápenaté soli jednávané z podkladních vrstev volnou vodou (je-li je přítomna ve značném množství), jednak přítomné ve formě plniva, které váží rozkladné

produkty a tím posunují reakční rovnováhu ve prospěch hydrolyzy. Na první pohled se zdá, že není možné, aby voda obstarala reakční tyk uhlíkatu v penatého s pryskyřicí, neboť jeho rozpustnost ve vodě je malá, asi 12 mg na 1 litr. Dochází zde však k jevu, který je u vápenatých solí v přírodě velmi rozšířený. Voda v sobě rozpouští kysličník uhlíčitý ze vzduchu a takto nasycená kysličníkem uhlíčitým reaguje s uhlíkatem vápenatým za vzniku kyselého uhlíkatu vápenatého, který je ve vodě rozpustný a může být transportován k pryskyřici. Nemá sice alkalickou reakci, takže nemůže přímo způsobit hydrolyzu, ale může vázat kyseliny vzniklé z polyesteru působením vody, čímž se porušuje chemická rovnováha mezi polyesterem a vodou. Dochází tu vlastně k pomalé hydrolytické reakci katalyzované přítomností kovových iontů. Reakcí kyselého uhlíkatu vápenatého s organickou kyselinou se uvolní kysličník uhlíčitý, který reaguje s dalším uhlíkatem vápenatým za vzniku kyselého uhlíkatu vápenatého. Tento mechanismus je pozoruhodný tím, že z jedné molekuly kyselého uhlíkatu vápenatého vzniknou dvě molekuly kysličníku uhlíčitého, které reakcí s uhlíkatem vápenatým dají dvě molekuly kyselého uhlíkatu vápenatého, čímž stoupá koncentrace vápenatých solí v roztoku. Jelikož vše probíhá v uzavřeném systému podtlaku, nemůže přebytek kysličníku uhlíčitého uniknout, ale rozpouští se pod tlakem ve vodě uzavřené v podlaze. Za zvýšeného tlaku se mohou probíhat i chemické reakce jejich rychlost je na atmosferického tlaku nulová. Tím lze

uspokojivě vysvětlit hydrolyzu i bez přítomnosti silných alkalií.

Batování povrchové vrstvy ve vodě bylo zjištěno velmi nízké. Tím vznik významné hydrolytické reakce v této vrstvě je nepravděpodobný. Naproti tomu relativně velká hodnota vnitřního povrchu v nosné vrstvě podlahoviny /vytlučené sekaným skelným vláknem/ a tím značná nasáklivost /minimálně kapilárními silami po vlákních skla/ umožňuje poměrně rychlou hydrolyzu pryskyřice této vrstvy. Nejtypičtější průběh hydrolyzy lze očekávat u penetrační vrstvy v důsledku velké styčné plochy pryskyřice s alkalickým prostředím /betonem/, zejména potom tehdy, nebyla-li odstraněna s betonem podložky před kladením podlahoviny jeho povrchová vrstvička, bohatá volným vápnem. Výsledkem tohoto hydrolyzačního procesu, který probíhá jak bylo shora ukázáno nejprve velmi pomalu a teprve časem se urychluje, je zřejmě nejprve snížení penetrační vrstvy a buď separace podlahoviny od podložky, nebo transport hydrolytických spločin pod tlakem nosnou vrstvou podlahoviny /na současného jejího porušení/ k povrchové vrstvě. Dlouhodobým působením těchto nasáklivých podrovaných směsí již tak velmi tvrdé pryskyřice hydrolytickými spločinami dochází pak postupně k vytvoření výdutí až k dosažení rovnováhy. To může nastat buď proražením povrchové vrstvy a odchodem komprimovaných částek, nebo takovým zvětšením výdutě,

při které dojde k tak podstatnému zřídnutí polymerní sítě /třeba i vnitřním porušováním/, že je umožněna dostatečná difuze par a účinné vyrovnání tlaků.

Termoplastický charakter použitých pryskyřic je příčinou, že na nákladě teplotně - časové analogie je schopna pod napětím dlouhodobě působícím se značně, bez zjevné poruchy, přetvářet a po eliminaci tohoto napětí si ponechat deformovaný tvar. Do původního stavu bylo by možno jí vrátit buď působením opačného napětí po stejnou dobu /a za stejných chemických podmínek okolí/, nebo působením zvýšené teploty.

V nálezu uvedených zembory bylo prokázáno, že nedošlo k inhibici polymerace, že systém byl řádně spolymerován a že poruchy vznikly až na spolymerovaném systému.

4. Projekt

Projekt neobsahoval žádná podrobná ustanovení o vysušení celého stropního systému před pokládáním podlahoviny ani opatření k zabránění vniku výrobní vlhkosti při mokřích procesech do stropního systému.

Pod podlahkou nebyla navržena vodotěsná izolace /s přibližně stejnou difusní propustností vodním parám jako podlahovina/ a navržená izolační vrstva s lepenky s přelepenými spoji

spíše systému uškodila, než prospěla; vzniká vody do spodních vrstev nasobrní, stejně jako nasobrní difuzí vlhkosti. Difuzí vlhkosti ze spodních vrstev k horním však již téměř zcela zpoznalí, čímž vřračně zpoznalí i vysušování celého systému /před položením podlahoviny/. /4/

Podlahovina a stejné složení podkladních vrstev bylo navrženo i u sociálních zařízení. Protože tuto podlahovinu nelze provádět se soklíky a podlahovina se ukončuje v jiného podlahového systému stejně jako u stěn v ostré, přímé spáře, může docházet - pokud není provedena speciální úprava - k nasobrní vody podél této spáry pod podlahovinou při provozu a tak ještě ke zvláštní primární nasobrní vlhkosti.

Okolo celé budovy ve všech patrech jsou vybudovány loděje, jejichž dřevěná je zvyšena o 10 cm proti dřevní podlahě uvnitř budovy. Tento detail - velmi neobvyklý a v zásadě nesprávný - může vést k relativně snadnému průniku dešťové vody netěsnostmi a nedokonalostmi izolací, spádů stě. a lodějí do stropního systému ve vnitřních prostorách budovy a opět ke zvláštní obsahu vlhkosti ve stropě.

Oprávněnost obou posledních dvou potvrzuje i skutečnost, že výskyt poruch /vřadit/ lze pozorovat ve většině o právě v blízkosti popsaných zdrojů sekundární vlhkosti.

5. Prognóza dalšího vývoje

Protože porušující účinek popsaných vlivů je společně fyzikální i chemický /difuzní přetlak, hydrolýza, smáknění, sbotnění, usnadnění difuze spodními vrstvami podlahoviny/ a v celém stropním systému sáštávají podmínky a příčiny poruch v podstatě nezměněny, lze očekávat další růst /rozšiřování/ poruch a zvětšování dosavadních výdutí ještě v dlouhém období /v letech/.

Pouhé odstranění podlahoviny a její nahrazení novou /v krátkém období od stržení/ není smyslu /ani při použití dokonalých polyesterových pryskyřic/, ke stejnému poruchám musí zákonitě dojít v kratším či delším intervalu opět. Nahrazení polyesterového systému jiným, např. epoxidovým nebo jinou nepropustnou bezespárou podlahovinou za daných podmínek skýtá také jen nepatrnou naději na bezporuchový stav. Nedošlo by sice např. k hydrolýze pryskyřice a vytváření malých výdutí, ale k poruchám poněkud jiného charakteru, např. odtržení od podložky, vzniku velkých výdutí, popraskání křehké nebo sviněné plastické podlahoviny atd.

Lze rovněž očekávat, že nároky vznikající sekundární vlhkostí do stropního systému se budou s časem, se stáří budovy, rozšiřovat a poruchy podlahoviny urychlovat, nebudou-li provedena účinná rekonstrukční opatření. Opatření tohoto druhu jsou technicky proveditelná.

6. Použitá literatura

1. R. A. B a r e š - Znalecký posudek čj. Z 44/14/77
2. R. A. B a r e š - Znalecký posudek čj. Z 21/123/75
3. R. A. B a r e š - Znalecký posudek čj. Z 48/158/73
4. R. A. B a r e š - Pozemní stavby č. 11/1980
5. R. A. B a r e š - Stavivo č. 6, 7, 8, 9, 10/1980
6. R. A. B a r e š - Stavební ročenka 1980, SNTL, 1979
7. J. M i c e š i v a - Polyester, SNTL, 1978
8. Technologický регламент č. 200 pro výrobu Patix 211 a Patix 225 - Pov. chemické závody Žilina, 1976
9. R. A. B a r e š - Technologie jiných plastbetonů, 7. dílčí zpráva
Makromolekulární hmoty jako konstrukční materiál v inženýrském stavitelství, ÚSTAN ČSAV, 1964
10. Technologický předpis č. 8 - Litá podlahovina Patix 224 n.p. Priemstav Bratislava, 1975
11. Technické podmínky TPD 57-013-77 "Samoregulovací pryskyřice tvrditelná - Syntetická podlahovina Patix 225" n.p. Pov. chem. závody Žilina
12. Technické podmínky laminované podlahoviny Fortit n.p. Armabeton Praha, 1977
13. Technologický předpis - Podlahovina Fortit n.p. Armabeton Praha, 1976
14. R. A. B a r e š - Polyesterové pláňové systémy, ÚSTAN-ČSAV 1978 /HS10/78 /

S á v ě r

1. Základní příčinou poruch laminované podlahoviny z polyesterové pryskyřice Fatix 225 v prostorách Státního sanatoria v Bratislavě, projevujících se vaničkou menších i větších výduť, je nadsušná vlhkost, uzavřená v celém stropním a podlahovém systému při současném působení negativního teplotního spádu ve stropním systému /pokles teploty od středního k hornímu povrchu/. V důsledku teplotního spádu, vyvolaného především tím, že mezistrop s různými rozvody je uzavřen a teplota v něm, zejména v topném období je podstatně vyšší než teplota u podlahy nad ním, dochází k postupnému transportu vlhkosti ze spodních vrstev systému k podlahovině.

2. K poruchám došlo působením fyzikálních sil při difuzi vyvolané teplotním spádem na současném působení chemického /alkalického hydrolyza/; nejde o znehodnocení penetrační vrstvy, pak a stává průnik alkalické vlhkosti bakterijní nečistotami spodní vrstvy /laminované/ Fatixu, následovaný vytvářením ložných /štěpných/ tržin mezi nosnou a povrchovou vrstvou /při větším přetlaku a větší přímé vlhkosti i k vytváření ložných tržin mezi podlahovinou a podložkou/, v další fázi pak hydrolyza polyesterové pryskyřice v nosné vrstvě, znehodnocení povrchové vrstvy a pod dlouhodobým přetlakem její puchýlování.

nosti dříve uvedené vysušení stropního systému i po stržení podlahoviny je proces dlouhodobý /několikaletý/ a nepří-
chází proto z praktických důvodů do úvahy

- trvalé zabránění negativního teplotního spádu ve stropním systému; jestliže se zajistí trvale, aby teplotní spád byl pozitivní /horní povrch teplejší než spodní/, nedojde k difuzi usavěné vlhkosti k podlahovině a jejímu fyzikálnímu a chemickému narušování. V takovém případě lze očekávat, že další rozvoj poruch nebude pokračovat a vlhkost usavěná v systému se postupně, během velmi dlouhého období, vysuší. Zajištění pozitivního teplotního spádu se může docílit např. tím, že prostor mezystropu bude trvale klimatizován a teplota v něm udržována na cca 16-18°C.
- zabránění difuze vlhkosti k podlahovině vodotěsnou izolací; tento přístup by znamenal odstranění podlahoviny a podložky, položení parotěsné izolace, vybudování nové podložky, její vyschnutí a položení nové podlahoviny. V podmínkách provozu tato úprava je zřejmě těžko proveditelná. Bylo by možno ovšem uvažovat i odstranění všech vrstev podlahového systému až k nosnému betonu, položení nových tepelně a zvukově izolačních vrstev, parotěsné izolace, podložky a podlahoviny. V tomto smyslu je možné též po stržení podlahoviny položení parotěsné izolace, další podložky a podlahoviny. Přitom je otázkou, zda by nedošlo k přetížení nosné konstrukce a jak

by bylo možno vyřešit problém vyfoučené dřevně celého podlaží.

- použití jiné podlahoviny, která nepodléhá chemickému poškození v přítomnosti vlhkosti; takové řešení může však být považováno pouze za experimentální, neboť nepříznivé fyzikální působení přetlaku par by zůstalo nezměněno. Snad by mohla odolat bez vnějších poruch pouze podlahovina z epoxidového plastbetonu v tloušťce min. 2 cm s povrchovou úpravou z těžé pryskyřice, příp. z plastbetonu s pojivem z některého vhodného kopolymeru /např. epoxi-metakrylát/. V žádném případě nelze použít v tuzemsku vyráběné epoxidové pryskyřice ředěné styrenem, příp. jiným nereaktivním ředidlem. I v této alternativě by vznikly jisté potíže se směsí výškové dřevně podlaží. Při použití tenkovrstvé podlahoviny na bázi termoplastů /např. PVC krytina/, stejně jako s elastomerů /pryžová krytina/ lze oprávněně očekávat, že by došlo k odtržení od podložky a vývoji výdutí a vln.
- použití podlahoviny s menším difuzním odporem, např. keramickou dlažbu apod., jež by umožnila postupné vysušení stropního systému a příp. pozdější položení bezesparé podlahoviny /po vysušení/.

Ze všech možných alternativ rekonstrukce se tak zdá nejprůtelnější cesta zabezpečující trvale pozitivní teplotní spád ve stropním systému klimatizací rezistivního prostoru.

V případě společenské místnosti jde o sřejmou poruchu technologie provádění podlahoviny /krycí vrstvy/. K poruše mohl přispět i obsah parafinu ve spodních vrstvách podlahoviny, případně nevhodné složení použité pryskyřice. Opravu lze provést přebroušením celé místnosti tak, aby byla nejen odstraněna povrchová vrstva, ale i vrchní část spodní vrstvy /s vytěsněným parafinem/, a položení nové povrchové vrstvy.



[Handwritten signature]
R. A. B a r e š

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. 86/81 znaleckého deníku.

Znalečné a náhradu nákladů (náhradu mzdy) účtuji podle připojené likvidace na základě dokladů čís. 86/12, 3/81



Ing. ČSo. Richard A. B a r e š
c/o Ústav teoretické a aplikované mechaniky
Československá akademie věd
Vyšehradská 49, 128 49 P r a h a 2

Čj. Z 86/213/81

Praha, 1.5.1981

D o p l ě ň ě k z n a l e c k é h o p o s u d k u
o poruších laminované podlahoviny Patix ve Státním sanatóriu
v Bratislavě

Vzhledem k tomu, že předání znaleckého posudku bylo vázáno konkrétním termínem konání schůzky zainteresovaných stran /dne 8. 4. 1981/, nebylo možno provést další analýzy, jež by podrobněji identifikovaly nedefinovaný sbytek z rozboru vzorku plastbetonu po metenolyse /viz str. 25 posudku/. Aby nezůstala neobjasněna žádná okolnost, bylo --s ohledem k závažnosti problému-- proto pokračováno v analýsách i po předání posudku. Výsledek těchto dodatkových analýz obsahuje tento "Doplněk", který se stává nedílnou součástí původního posudku z 1.4.1981.

Pryskyřice Patix se chemicky skládá z pěti hlavních komponent: fumarové kyseliny, italové kyseliny, propylenglykolu, dietylenglykolu a styrenu. S výjimkou styrenu jsou tyto složky chemicky vázány do formy esterů. Pro potřebu jejich stanovení je třeba ester chemicky rozložit. Estery se rozkládají hydrolýsou, která může být katalyzována kyselé nebo alkalicky. Jako další metoda přichází v

úvahu hydrogenace karbonylových skupin. Z kyselin se stanou alkoholy a ester se rozpadne. Podrobným ověřením metod bylo zjištěno, že žádná z nich není ideální, protože se vždy některé z komponent kazí a výsledky jsou do jisté míry zkreslené.

K původnímu rozboru /str. 25 posudku/ bylo použito kyselá hydrolysy, která je při rozboru esterů nejrozšířenější. Další pokusy ukázaly, že estery kyseliny ftalové se kyselé hydrolysuji obtížně a proto zjištěné hodnoty po hydrolyse jsou proti skutečnosti nižší a zůstává poměrně značný, bližší nedefinovatelný zbytek.

Bylo proto v dalším použito alkalické hydrolysy. Pryskeřice byla zahřívána s metanolickým roztokem hydroxydu draselného asi 2 hod. Potom ná sada byla sneutralisována plynným chlořovodíkem, který byl v přebytku, aby katalysoval převedení vyloučené ftalové kyseliny na metylester, který byl stanoven plynovou chromatografií. Množství ftalové kyseliny podle toho bylo zjištěno 21,3 % hm., což téměř odpovídá receptuře výroby pryskeřice. Pro stanovení ostatních komponent se však tato metoda nehodí, protože se při ní kazí glykoly.

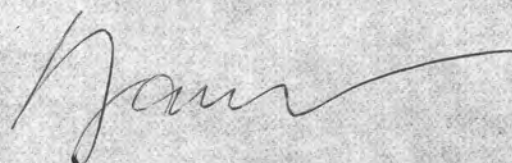
K ověření výsledků byla použita i třetí metoda, využívající redukce karbonylových skupin: vzorek pryskeřice byl zahříván s litiumaluminiumhydridem v eteru asi 4 hod., potom rozložen 15% vodným roztokem hydroxydu sodného. Po odpaření eteru následovala silylace silylačním činidlem, sestávajícího z trisetylchlorsilanu, hexametyldisilaneu a pyridinu. Vzniklé produkty byly stanoveny plynovou chromatografií. Výsledky opět nedaly komplexní obraz, protože kyseliny maleinová a fumarová se částečně zhydrogenovaly na nasycenou kyselinu jantarovou a kyselina ftalová dala nepravděpodobně vysokou hodnotu patrně proto, že je chemicky nejstálější.

Poměr propylenglykolu a dietylenglykolu byl sjištěn 1:1 hm. /má být 1:1,6hm./ a oba glykoly dohromady dávaly asi 20% /9,6 a 10,2/. I když se prokázalo, že není poměr pryskyřic 211 a 324 tak nepřiměřený, jak naznačovala kyselá hydrolyza, přeci je zřejmé, že složení Patixu 225 neodpovídá předepsanému: obsahuje méně kyseliny ftalové a méně dietylenglykolu, méně styrenu a je přítomno značné množství kyseliny maleinové.

Z á v ě r

Ob aktivní kontrola pryskyřice stanovením jejích komponent není snadná a je proveditelná jen kombinací několika nezávislých metod.

Dodatečné chemické zkoušky ukázaly, že s výjimkou styrenu nedošlo k tak výraznému porušení výrobní receptury a hlediska dávkování jednotlivých komponent, jak se zdálo podle výsledků zkoušek kyselou hydrolyzou /str. 27 posudku, 3. odst./, i když bylo prokázáno, že složení Patixu 225 neodpovídá předepsanému. Ostatní výhrady proti technologii výroby v posudku uvedené /např. přítomnost maleinové kyseliny, nedostatek styrenu/, jež jsou hlavními příčinami zhoršení vlastností výsledného produktu, platí v plném rozsahu i nadále.



R. A. B a r e š