

# VLASTNOSTI VÝROBKŮ

technická příručka



Katalog výrobků  
 Rošty a poklapy  
 Zábradlí, schodiště a žebříky  
 Kabelové nosné konstrukce  
 Dimenzování profilů  
**Vlastnosti výrobků**



<b>Profil firmy</b> .....	2
<b>Tažené kompozity PREFEN, jejich složení a výhody</b> .....	3
Technologie výroby tažených profilů .....	3
Materiálová struktura .....	3
Vláknové výztuže .....	3
Pryskyřice .....	3
Výhody profilů PREFEN .....	4
<b>Základní vlastnosti profilů PREFEN</b> .....	4
Výrobní řady profilů PREFEN .....	5
Vliv teploty .....	5
Vliv ultrafialového (UV) záření .....	6
Anizotropie a homogenita .....	6
<b>Porovnání s tradičními materiály</b> .....	6
<b>Ekonomické srovnání PREFENu s jinými materiály</b> .....	7
<b>Oprava povrchu a údržba</b> .....	7
<b>Opracování</b> .....	8
Přímocharé řezání .....	8
Vrtání .....	8
Stříhání .....	8
Frézování .....	8
Soustružení .....	8
Řezání závitů v kompozitech .....	8
Broušení .....	9
<b>Spojování kompozitních profilů</b> .....	9
<b>Nerozebíratelné spoje</b> .....	9
Lepení .....	9
Nýtování .....	9
Lepená spojení závrtnými šrouby .....	9
Lepená spojení pomocí šroubů a matic .....	9
<b>Rozebíratelné spoje</b> .....	10
Spojení závrtnými šrouby .....	10
Spojení pomocí šroubů a matic .....	10
Spojení přes kompozitní prvky .....	10
Spojení přes ocelové prvky .....	11
Uchycení sloupů zábradlí .....	12
<b>Způsoby spojování profilů</b> .....	13
<b>Zásady uložení nosníku na beton</b> .....	13
<b>Chemické odolnosti</b> .....	14

## PROFIL FIRMY

*Hlavním cílem firmy je uspokojovat potřeby našich zákazníků výrobou kompozitních výrobků a konstrukcí, které se vyznačují vysokou užitnou hodnotou a jsou vhodné pro použití v provozech zatížených korozivním prostředím, event. tam, kde jsou výhodou další specifické vlastnosti kompozitních materiálů.*



**PREFA KOMPOZITY, a. s.** vyrábí kompozitní profily a konstrukce od roku 1998. Výroba profilů je založena na technologii kontinuálního tažení (pultruze z anglického slova pultrusion), převzaté od jednoho z největších světových výrobců společnosti Strongwell z USA. Tato technologie umožňuje vyrábět profily s obsahem výztuže až přes 70 %. Z hlediska mechanických vlastností tak vznikne materiál u něhož je dominantní vysoký součinitel poměru pevnosti a měrné hmotnosti. Kromě tažených profilů se zde vyrábí i ručně laminované a lité prvky jako jsou například poklopy, pororošty a další. Firma vlastní velký počet forem pro pultruzi, čímž je schopná zajistit široký sortiment profilů pro zhotovení všech typů konstrukcí. Organizačně je firma členěna na vedení, oddělení nabídek a řízení zakázek, na středisko výroby, na obchodní oddělení a na středisko inovací, vývoje a výzkumu. V oblasti vývoje spolupracuje závod s předními výzkumnými ústavami a technickými vysokými

školami. Několik projektů bylo úspěšně řešeno i s podporou státních institucí (GAČR a MPO ČR).

### **Svým zákazníkům nabízíme:**

**Kompletní sortiment výrobků** od profilů, přes plošné prvky, kompozitní výrobky až po kompletní konstrukce.

**Služby** podporující konstrukční návrhy, dimenzování, projektování a montážní práce. V neziskové oblasti je to vedení diplomantů a doktorandů z VŠ.

### **Standardní výrobky jsou:**

- pochůzná rošty (skládána a lité)
- poklopy a šachtové komplety
- zábradlí
- žebříky nástěnné
- žebříky opěrné
- schodiště
- kabelové systémy a další prvky pro energetiku
- nosné konstrukce

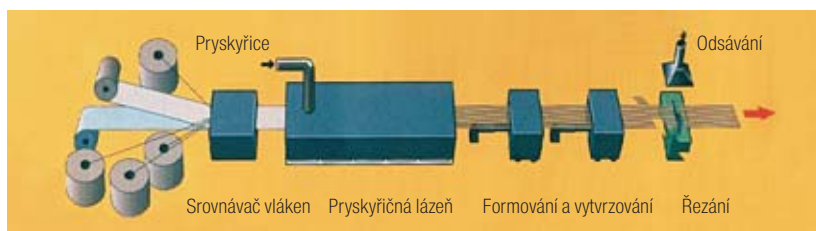
- lávky, můstky, přechodové schůdky
- architektonické doplňky
- protihlukové stěny
- prvky pro vodní toky
- standardní profily
- aerační systémy pro technologii čištění odpadních vod
- prvky pro zesilování stavebních konstrukcí

### **Mezi nestandardní výrobky patří:**

- zákaznické tažené profily
- zákaznické laminované prvky
- konstrukce a výrobky podle požadavků
- normé stěny
- střešní konstrukce

# TAŽENÉ KOMPOZITY „PREFEN“, JEJICH SLOŽENÍ A VÝHODY

*Kompozitní materiály (dále jen kompozity) jsou často zjednodušeně nazývány „sklolamináty“. Což vede k vnímání kompozitů jako materiálů, které se vyrábí laminováním (plátováním) rohoží s náhodným uspořádáním skelných vláken. Většina profilů je však vyráběna kontinuálním tažením s uspořádaných skelných vláken. Tímto způsobem výroby je dosaženo vysokých pevností profilů v hlavním směru jejich namáhání. Použitý typ pojiva určuje další mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti výsledného profilu.*



## TECHNOLOGIE VÝROBY TAŽENÝCH PROFILŮ

Pultruze je proces kontinuální výroby vyztužených pryskyřic různých tvarů a délky tažením. Vstupní materiál je směs tekuté pryskyřice a vláknové výztuže. Proces zahrnuje tažení materiálu přes vyhřívanou ocelovou formu pomocí tažného zařízení. Vyztužující materiál, převážně skelné vlákno, je ve formě rovingu a plošných rohoží. Tato vlákna navinutá na cívkách vstupují do srovnávače, jehož funkcí je rovnoměrné rozmístění rovingu v průřezu a správné umístění rohoží. Všechny profily PREFEN kromě plných tyčí mají na povrchu tenkou netkanou povrchovou polyesterovou roušku. Tato rouška obaluje skleněnou výztuž a navíc, nasycena pryskyřicí, tvoří obal, který zvyšuje jednak odolnost proti vniknutí chemikálií, UV záření

a vylepšuje i estetický vzhled kompozitu. Povrchová rouška zabraňuje tomu, aby po poškození povrchu vyčnívala skleněná vlákna ven.

V dalším zařízení se vlákna, rohože a rouška smáčí ve směsi pryskyřice, plniva, barviva, katalyzátoru, popř. dalších přísad pro zlepšení materiálových vlastností výsledného profilu.

Po výstupu z lázně má polotovar už podobný tvar jako výsledný profil. V předtvarovací formě se vytlačuje přebytečné pojivo, profil se postupně tvaruje a vstupuje do vytvrzovací formy. V této vyhřívané formě probíhá termosetická reakce a profil se vytvrzuje. Na výstupu z formy je hotový profil tažen podávacím zařízením a dělen na požadované délky, většinou šestimetrové.

## MATERIÁLOVÁ STRUKTURA

### VLÁKNOVÉ VÝZTUŽE

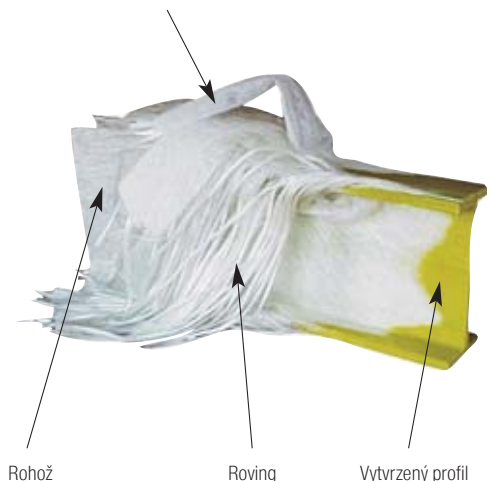
Kontinuální skleněné rohože	Skleněná vlákna, vzájemně, neuspořádaně propletená a spojená dohromady malým množstvím lepidla. Rohož má v profilu ten význam, že jej vyztužuje i v ostatních směrech než v podélné ose, kde je dominantní výztuhou roving.
Roving – kontinuální vlákna	Jsou to kontinuální svazky dlouhých jednosměrně orientovaných skleněných vláken. Každý svazek obsahuje 800–4000 jednotlivých vláken průměru cca 20 μm. Počet svazků používaných v jednotlivých profilech se liší a dosahuje množství od desítek až do více než 2000.

### PRYSKYŘICE

Isoftalový nenasycený polyester	Nejvíce používaná pryskyřice, která poskytuje dostatečnou odolnost proti korozi ve většině běžných aplikací.
Vinylester	Speciální pryskyřice, která má vyšší pevnost a tuhost než isopolyester, více odolává vyšším teplotám a odolává širšímu spektru chemických látek.

PREFEN je registrovaná značka řady standardních pultrudovaných profilů vyrobených z polymerní pryskyřice a vláknové výztuže společností PREFA KOMPOZITY, a. s. Sortiment profilů PREFEN se skládá z více než 50 druhů kompozitních profilů, z nichž každý má speciální, originální tvar odpovídající nejlépe typům namáhání, pro který je daný profil určen.

Ochranná polyesterová rouška



## VÝHODY PROFILŮ PREFEN

Kompozitní tažené profily PREFEN nabízejí uživatelům vysoké užité vlastnosti, mezi které lze bezpochyby zařadit:

- **Vysoká pevnost** – pevnost v hlavním směru je srovnatelná s ocelí. Kompozity byly úspěšně aplikovány jako nosné konstrukce různých druhů (pochůzní, střešní, nosné)
- **Nízká hmotnost** – váží o 80 % méně než ocel a o 30 % méně než hliník. Konstruktivní profily PREFEN mohou být snadno dopraveny na stavbu i v nepřístupných oblastech, je

s nimi snadná manipulace i bez těžké techniky. Lze dokonce provést částečné sestavení modulů konečné konstrukce mimo staveniště a dopravit je na místo v celcích, což výrazně ovlivňuje rychlost výstavby.

- **Odolnost proti korozi** – PREFEN nepodléhá korozi a je odolný proti širokému spektru chemikálií od uhlovodíků až k silným kyselinám. Odolnost proti korozivním prostředím dělají z těchto profilů nejvhodnější materiál pro aplikace v chemickém průmyslu, v úpravách vody a čistíčkách odpadních vod.
- **Nevodivost** – Jako vynikající elektrický izolant má PREFEN navíc velmi nízkou tep-

lotní vodivost. Povrchová rezistivita je standardně sice v řádu, který neodpovídá předpisům v podzemních dolech, ale přidáním speciální přísady lze tento požadavek splnit.

- **Elektromagnetická transparentnost** – PREFEN je transparentní pro elektromagnetické vlnění v širokém spektru radiofrekvencí, mikrovlnných frekvencí, atd.
- **Rozměrová stálost** – Koefficient teplotní roztažnosti profilů je menší než u oceli a mnohem menší než u hliníku.
- **Hořlavost** – standardně stupeň C1, na přání B nebo A.

## ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI PROFILŮ PREFEN

Mechanické vlastnosti	Jednotky	Hodnoty
Mezní pevnost v tahu	MPa	240–700
Modul pružnosti v tahu	GPa	18–40
Mezní napětí v tlaku	MPa	240–450
Modul pružnosti v tlaku	Gpa	19
Mezní pevnost v ohybu	MPa	240–1000
Modul pružnosti v ohybu	Gpa	11,0–40
Modul pružnosti ve smyku	GPa	2,9
Smykové napětí krátkého nosníku	MPa	31,0
Otlačení	MPa	240
Poissonovo číslo	–	0,33

Fyzikální vlastnosti	Jednotky	Hodnoty
Barcolova zkouška tvrdosti	–	45
24hodinová absorpce vody	%	max. 0,6
Měrná hmotnost	kg/m <sup>3</sup>	1700–1900
Koefficient délkové roztažnosti	10 <sup>6</sup> mm <sup>-1</sup> °K <sup>-1</sup>	6

Elektrické vlastnosti	Jednotky	Hodnoty
Odolnost proti el. oblouku	sekundy	120
Dielektrická pevnost	kV/mm	1,4
Dielektrická konstanta	60 Hz	5,6
Povrchová rezistivita	Ω	10 <sup>12</sup> –10 <sup>5</sup>

Požární vlastnosti	Hodnoty
Kyslíkový index Vo	S retardérem až 42
Index šíření plamene po povrchu	23 mm/min (bez retardéru)
Stupeň hořlavosti	S retardérem až A – nehořlavé
UL tepelný index	130 °C

Hygienické vlastnosti: Vybrané profily PREFEN vyhovují požadavkům Vyhlášky MZ ČR č. 37/2001 Sb, o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do styku s pitnou vodou.



## VÝROBKOVÉ ŘADY PROFILŮ PREFEN

Konstrukční profily PREFEN vyrobené tažením jsou standardně vyráběny v několika modifikacích podle typu použité pryskyřice a dalších s tím spojených mechanických a fyzikálních vlastností.

ŘADA PREFEN 505	
pryskyřice	isofталový polyester
standardní barva	světle šedá
UV inhibitor	ano
použití	všeobecné
ŘADA PREFEN 525	
pryskyřice	isofталový polyester s retardérem hoření na stupeň B
standardní barva	světle šedá
UV inhibitor	ano
použití	všeobecné pro sníženou hořlavost
ŘADA PREFEN 535	
pryskyřice	isofталový polyester s retardérem hoření na stupeň A
standardní barva	světle šedá
UV inhibitor	ano
použití	všeobecné pro nehořlavost
ŘADA PREFEN 536	
pryskyřice	isofталový polyester s retardérem hoření na stupeň A
standardní barva	tmavě šedá
UV inhibitor	ne
elektrostatika	ano
použití	všeobecné pro nehořlavost a zamezení vzniku statické elektřiny
ŘADA PREFEN 605	
pryskyřice	vinylester
standardní barva	šedá
UV inhibitor	ano
použití	konstrukce v silně korozivním prostředí
ŘADA PREFEN 625	
pryskyřice	vinylester s retardérem hoření na stupeň B
standardní barva	šedá
UV inhibitor	ano
použití	speciální pro energetiku
ŘADA PREFEN 700	
pryskyřice	epoxidová s uhlíkovými vlákny
standardní barva	černá
UV inhibitor	ne
použití	speciální pro vyztužování konstrukcí

Poznámka:

Kromě standardních profilů PREFEN nabízí PREFA KOMPOZITY i zákaznické profily. Tyto zákaznické profily se od standardních profilů liší tvarem, použitou pryskyřicí, typem výztuže, barvou, povrchovou úpravou, konstrukcí výztuže, atd. Konstruktoři mohou volit jednotlivé parametry podle konkrétních požadavků konečné aplikace, pro zvýšení pevnosti, tuhosti, opracovatelnosti, tepelné odolnosti, odolnosti proti korozi, atd. viz zákaznické profily v této sekci. Specifické požadavky konzultujte se zástupci firmy PREFA KOMPOZITY, a. s.

## VLIV TEPLoty

Kompozitní profily jsou mnohem citlivější na vliv vyšších teplot než kovy. Standardní profily PREFEN by neměly být použity při trvalých teplotách nad 70 °C. Oproti tomu si drží své mechanické vlastnosti i při velmi nízkých teplotách.

	Teplota [°C]	PREFEN	
		polyesterový	vinylesterový
Pevnost v tahu [v % vztaženo k pokojové teplotě]	40	85	90
	50	70	80
	70	50	80
	80	nedoporučeno	75
	90	nedoporučeno	50
Modul pružnosti [v % vztaženo k pokojové teplotě]	40	100	100
	50	90	95
	70	85	90
	80	nedoporučeno	88
	90	nedoporučeno	85

Tyto hodnoty materiálových degradací vlivem tepla jsou platné pro standardní pryskyřice. Jsme však schopni vyrábět zákaznické profily na bázi pryskyřic s výrazně vyšší teplotní odolností a s dobrými mechanickými vlastnostmi i pro teploty přes 200 °C.

## VLIVY ULTRAFIALOVÉHO (UV) ZÁŘENÍ

UV záření je běžně součástí slunečního záření a je nebezpečné nejen lidem, ale prakticky všem materiálům, u kterých napadá povrchy s velkou intenzitou. U kovů podporuje oxidaci (korozi) a u organických látek, kterými jsou i námi používané pryskyřice, způsobuje rozpad chemických vazeb, zvláště pokud jsou méně stabilní. Skelná výtzuha není UV zářením ovlivňována a sama o sobě jej silně pohlcuje. Je to tedy pouze pryskyřice, která je v kompozitech náchylná k působení UV záření.

**V tažených kompozitech PREFEN jsou dvě ochrany proti působení UV záření!**

**Syntetická povrchová rouška** používaná při výrobě profilů slouží ke zvýšení odolnosti proti působení tohoto záření, především

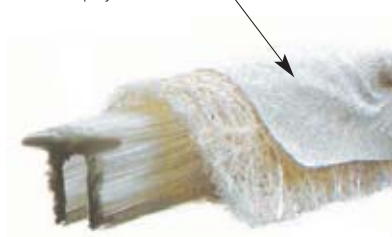
### ANIZOTROPIE A HOMOGENITA

Tažené kompozitní profily nejsou ve své podstatě ani homogenní (skládají se z minimálně dvou podstatně odlišných komponentů – z pryskyřice a výtzuhy) ani izotropní (mají obecně různé vlastnosti v různých směrech). Výsledkem je skutečnost, že mechanické vlastnosti profilů PREFEN jsou

k potlačení jevu, který se nazývá „vykvétání vláken“, a který je důsledkem chemické degradace pryskyřice vlivem UV. Je vyrobena z polyesteru a je umístěna těsně pod povrchem profilu.

**UV stabilizátory** jsou ve výrobové řadě PREFEN aplikovány jako přísady. Jsou to nízkomolekulární látky, které absorbují UV záření a tím zvyšují odolnost pryskyřice (pojiva) proti jeho působení.

Ochranná polyesterová rouška



závislé na směru zatížení (podélný, příčný).

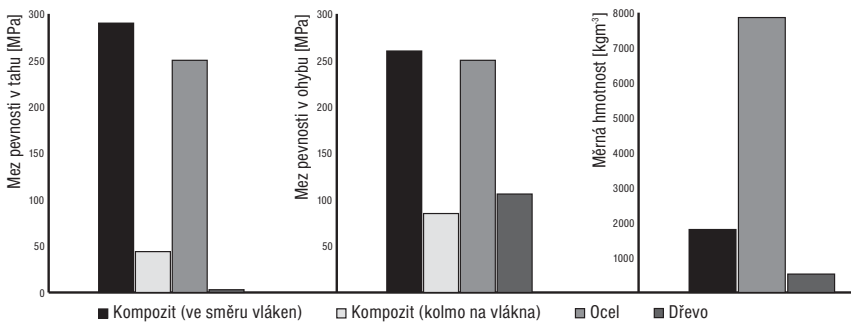
Je tudíž důležité při navrhování uvažovat s napětím v jednotlivých prvcích konstrukce jak ve směru podélném tak příčném.

Pro lepší pochopení rozdílu mezi skloláknovým polyesterovým kompozitem a tradičními materiály slouží následující tabulka.

Poznámka:

Jedním z důsledků působení UV záření je i postupná změna barevného odstínu, jejíž rychlost a intenzita závisí na druhu barvy a použitém barvivu. I když postupná změna sytosti barvy profilu je nežádoucí, nemá žádný vliv na mechanické vlastnosti kompozitního profilu. Použití nátěrů na bázi polyuretanových barev tento efekt prakticky eliminuje. V důsledku neexistence koroze nedochází k internímu poškození nátěru, který má mnohem vyšší životnost, než je tomu u kovů s vnitřní korozi.

## POROVNÁNÍ S TRADIČNÍMI MATERIÁLY



Vlastnost	Jednotky	Kompozitní profily	Ocel	Vysoce legované slitiny	Hliník	Dřevo	PVC
Mez pevnosti v tahu	MPa	II 290–1000 ⊥ 44–95	250–500	690	150	2,89	40–60
Modul pružnosti v tahu	GPa	II 18–42 ⊥ 5,5	210	179	69		2,8–3,3
Mez pevnosti v ohybu	MPa	II 260–1000 ⊥ 85–220	250–500	690	3100	106	70–110
Modul pružnosti v ohybu	GPa	II 11–42 ⊥ 5,5	210	179	69	6,9	2,8–3,3
Měrná hmotnost	kg m <sup>-3</sup>	1716–1937	7860	8968	2546	526	1440
Součinitel délkové teplotní roztažnosti	K <sup>-1</sup>	6,0×10 <sup>-6</sup>	12×10 <sup>-6</sup>	12×10 <sup>-6</sup>	22×10 <sup>-6</sup>	30×10 <sup>-6</sup>	80×10 <sup>-6</sup>
Měrná tepelná vodivost	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	0,58–0,63	50	46–50	210	0,2	0,15–0,25
Vnitřní rezistivita	Ω m	3,8×10 <sup>12</sup>	0,2–0,8		0,028		>10 <sup>16</sup>
Dielektrická pevnost	kV mm <sup>-1</sup>	1,3–2,3					40–50

# EKONOMICKÉ SROVNÁNÍ PREFENU S JINÝMI MATERIÁLY

Jednoduché srovnávání kilogramových cen vláknových kompozitů s tradičními materiály však není správné. Nejen kvůli rozdílné měrné hmotnosti, ale především pro velmi různé užité vlastnosti jednotlivých materiálů a celých konstrukcí.

Jak je uvedeno v 2. kapitole, kompozity mají celou řadu vynikajících vlastností. Jednou z nich je poměr **pevnosti k měrné hmotnosti** a na tomto kritériu je založena následující úvaha. V tabulce se porovnávají vláknové kompozity s nejpoužívanějšími standardními materiály jako je ocel, beton, dřevo, atd. Hodnoty jsou kromě betonu a dřeva vztaženy na čtvercovou trubku 50×50 mm.

$$\text{Krit1} = \frac{\text{pevnost}}{\text{měrná hmotnost}} \quad [\text{užitná vlastnost}]$$

Údaje, uvedené v předposledním sloupci, ukazují na hodnotu této užité vlastnosti. Čím je číslo vyšší, tím je materiál z tohoto pohledu kvalitnější. Všimněte si, že nejlépe zde vychází uhlíkový kompozit (1875), je velmi pevný a velmi lehký, naopak nejhůře vychází železobeton (2,1) se svojí vysokou hmotností oproti malé pevnosti.

Pro důkladnější posouzení je však nutné vzít v úvahu i cenu materiálu. Oba extrémy totiž mají i opačně extrémní ceny, uhlíkový kompozit 650 Kč/kg a železobeton 5 Kč/kg.

Druhé kritérium v sobě zahrnuje cenu takto:

$$\text{Krit2} = \frac{\text{Krit1}}{\text{cena}} \quad \left[ \frac{\text{množství užité vlastnosti}}{\text{za jednotku ceny}} \right]$$

Výsledky jsou uvedeny v posledním sloupci (krit2) a opět platí, že čím vyšší je toto číslo, tím je materiál výhodnější z hlediska pevnosti, hmotnosti a ceny. V tomto žebříčku vede uhlíkový kompozit s koeficientem 2,5 a hned za ní následuje sklovláknový kompozit s hodnotou 2,2 t. j. asi o 13 % nižší. Ocel bez povrchové ochrany se dostala až na třetí místo za oba typy kompozitů, které se vyznačují dlouhou bezúdržbovou životností. K uvedeným cenám je nutné ještě dodat, že důležitou roli zde hraje tvar porovnávaných profilů. Zatímco u kompozitních profilů je závislost kg ceny na velikosti a tvaru profilu malá, u nerezové oceli se pohybuje ve velkém rozmezí.

Poznámka:

Obě kritéria tedy srovnávají uvedené materiály jen podle pevnosti a měrné hmotnosti v závislosti na ceně. Mnohem zajímavější by bylo srovnání podle ostatních kritérií, například podle provozní životnosti, nutných nákladů na montáž a na údržbu, podle jednotlivých vlastností.

*Samotné složení těchto materiálů (pryskyřice a vláknová výtzuha) napovídá, že vzhledem k vyšším cenám vstupních surovin bude i cena hotového profilu vysoká. Průměrná kilogramová cena sklovláknových kompozitních profilů a polotovarů s polyesterovou maticí se pohybuje od 150 do 200 Kč/kg. K tomu je nutné přičíst další náklady na jejich zpracování, tj. výrobu konstrukcí.*

	Měr. hm.	Pevnost	Modul pružnosti	Cena	Krit1	Krit2
	10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	MPa	GPa	Kč/kg	pevnost/hustota	krit/cena
Kompozit-sklo	1,8	720	19	180	400,0	2,2
Kompozit-C	1,6	3000	200	650	1875	2,9
Železobeton	2,4	5	1,5	5	2,1	0,4
Ocel	7,8	300	210	40	38,5	1,0
Ocel pozink	7,8	300	210	50	38,5	0,8
Ocel metal.	7,8	300	210	60	38,5	0,6
Nerezová ocel	7,8	550	200	100	70,5	0,7
Hliník	2,5	150	70	110	60,0	0,5
Dřevo	0,52	2,89	7	10	5,6	0,6
PVC	1,4	50	3	300	35,7	0,1

Porovnání kompozitních profilů s tradičními materiály podle užité vlastnosti a podle cen (v roce 2005)

## OPRAVA POVRCHU A ÚDRŽBA

**Drobná poškození:** obrousit až po obnažení vláken, odstranit prach, rovnoměrně nanést pryskyřici (doporučuje se použít pryskyřici shodnou s maticí) a vytvrdit. Pryskyřice může být zahuštěna plnivem (kaolín, cement).

**Podélné trhliny delší než 100 mm:** poškozená plocha se obrousí, odstraní se prach a aplikuje se dvousložkové epoxidové lepidlo a vhodný prvek k přelátování.

**Ruční přelaminování:** defekt přebrousit, aplikovat pryskyřici prosycenou tkaninou a přebrousit povrch.

### Údržba povrchu

Pultrudované kompozitní materiály jsou vysoce odolné povětrnostním podmínkám a jsou vysoce odolné chemickým vlivům, proto u neopracovaného povrchu není potřeba žádného ochranného nátěru! Pro dekorativní účely je vhodné používat polyuretanové nebo akrylátové barvy.



## OPRACOVÁNÍ

*Kompozitní materiály mají z hlediska obrábění úplně jiné vlastnosti než kovové materiály. Proto je vhodné mít, při optimalizaci řezných podmínek obrábění, na paměti tyto specifické vlastnosti kompozitů:*

- podmínky tvoření třísky ovlivňují podstatně více kvalitu a stav obrobené plochy než u obrábění kovů,
- měrný řezný odpor je mnohem nižší než při obrábění kovů, proto jsou i nižší řezné síly a příkony strojů,
- kompozity mají nízkou tepelnou vodivost, teplo vznikající při řezání není odváděno ani materiálem ani třískou – nadměrně tepelně zatěžován je nástroj,
- nesmí se překročit kritická teplota při řezání, teplota změni strukturu materiálu
- součinitel tření je nízký,
- skleněná vlákna působí na nástroj abrazivně, je nutné volit nástroje s odolností vůči otěru (např. povlakované destičky u soustružení a frézování),
- nedoporučuje se chlazení pomocí klasické

- emulze na bázi oleje ale jen vodou,
- chlazením se může zvýšit řezná rychlost, řezná plocha je hladší, snižuje se prašnost,
- řez musí být kontinuální bez přerušování,
- jakost povrchu je závislá na geometrii nástroje – především úhlu čela,
- poměr řezné rychlosti a posuvu by měl být optimální, viz T-v diagram,
- vysoký posuv vede k praskání a lasturovitému vyštěpování,
- vysoká řezná rychlost a teplota ovlivňuje negativně strukturu plochy,
- tepelná roztažnost kompozitů ovlivňuje přesnost obrobků,
- při řezání dochází k značné tvorbě prašných částic ze sklených vláken, proto je nutné zajistit důkladné odsávání, popř. i chlazení vodou.

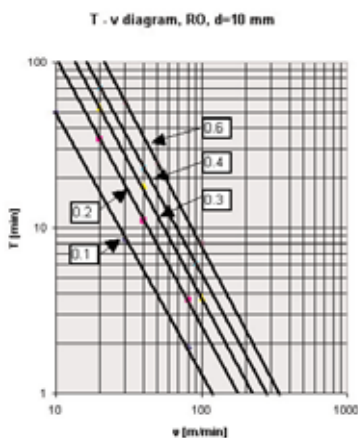
### PŘÍMOČARÉ ŘEZÁNÍ

Používají se podobné nezubové nástroje jako při opracování kovů, nejlépe diamantové kotouče nebo flexibilní kotouče na kov, kámen nebo beton. Někteří výrobci již nabízejí speciální kotouče pro kompozity.

### VRTÁNÍ

Vrtání je nepoužívanější způsob obrábění kompozitních materiálů. Už jen z toho důvodu, že jedna z možností spojování profilů je mechanický způsob pomocí šroubů, nýtů, popř. v kombinaci s lepením. Pro běžné práce je dostačující standardní šroubovitý vrták z rychlořezné oceli (RO). U větších sérií se doporučuje nástroj s břity ze slinutých karbidů (SK).

**Doporučené řezné rychlosti pro:**  
**rychlořeznou ocel v = 60–80 m/min**  
**břity ze SK v = 300–1200 m/min**



Vzhledem k tomu, že vrtání bude jeden z nejčastějších způsobů obrábění kompozitních materiálů, uvádíme **diagram T - v závislosti**, kde:

T je trvanlivost nástroje [min] pro různá opotřebením hřbetu (**VB=0,1 až 0,6 mm**)  
**v je řezná rychlost [m/min].**

Tyto údaje platí pro vrták o průměru d=10 mm a posuv s=0,19 mm/ot.

### STŘÍHÁNÍ

Pomocí mechanických nůžek je možné stříhat desky pouze do tloušťky 3 mm, nástroj se však rychle otupí.

### FRÉZOVÁNÍ

Používají se nástroje s břity ze slinutých karbidů, keramických destiček nebo diamantové, obrobený povrch není hladký. Tento způsob opracování není příliš běžný.

### SOUSTRUŽENÍ

Kompozitní materiály lze bez potíží soustružit, přičemž se může použít převážná část nástrojů jako pro obrábění kovů. Materiály nástrojů z rychlořezné oceli jsou vhodné jen pro kratší operace a menší série. Nástroje s břity ze SK, z diamantu nebo s vyměnitelnými destičkami (klasickými, povlakovanými i keramickými) se přednostně doporučují, pro jejich vyšší trvanlivosti a lepší kvalitu obrobené plochy. Tolerance rozměrů při obrábění kompozitů jsou srovnatelné s tolerancemi u kovových obrobků. Řezné rychlosti a posuvy nástrojů mohou být podobné jako při obrábění mosazi nebo hliníku.

#### Jakost povrchu:

Nejllepší jakost obrobené plochy se dosáhne **při upnutí nástroje nad osu rotace** obrobku. Důvodem je to, že se snižuje možnost vytrhávání skelných vláken. Jakost povrchu příznivě ovlivňuje i **chlazení vodou**. K lepšímu povrchu také přispívá vhodné zaoblení břitu nástroje,

nástroj má tak s obrobkem větší délku styku. Ostrý břit nástroje vede k vytrhávání materiálu obrobku. U osazení je požadavkem spíše zaoblený přechod než ostrý. Řezné rychlosti by měly být nastaveny podle požadavku na jakost povrchu, jsou závislé na tvrdosti materiálu obrobku a na druhu použitého nástroje. Proces řezání by měl být rovnoměrný a nepřerušovaný. Pokud by se nástroj při soustružení zastavil, zanechá v tomto místě rýhu.

### ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ V KOMPOZITECH

Závity vyřezané z kompozitních materiálů nejsou vhodné pro přenášení velkých sil. Řezáním závitů se přetrhají kontinuální skelná vlákna a materiál v obrobeném místě tím ztrácí své mechanické vlastnosti. Velikost axiálních sil, které mohou závity přenášet jsou limitovány dovoleným napětím pojiva (asi 50 MPa).

**Pevnějšího, ale zato nerozebíratelného spojení se dosáhne v kombinaci s epoxidovými lepidly.**

Pro řezání závitů se mohou použít standardní závitová oka, závitníky a soustružnické nože, jako mazací médium se doporučuje mýdlová popř. čistá voda. Při řezání závitů do slepých děr dbejte na dostatečnou vůli mezi koncem závitníku a dnem. Při kolizi by snadno mohlo dojít k porušení kompozitního materiálu.

## BROUŠENÍ

Opracování brusným kotoučem  
Strojní broušení (na kulato nebo na plocho) pultrudovaných profilů se nedoporučuje. Broušení kruhových profilů by se mohlo podařit jen se speciálním zařízením. U běžného broušení má vzniklý prach tendenci vytvořit spečené objemové těleso, které by mohlo brzdit brusný kotouč.

Bude-li broušení přece jen vyžadováno, je nutné použít hrubý brusný kotouč a chlazení vodou, které zároveň odplavuje částice.

### Opracování brusným papírem

Opracování pultrudovaných profilů brusným papírem je možné. Nejlepší výsledky jsou se

### Po obrábění kompozitních materiálů doporučujeme:

Řezné plochy ošetřit pryskyřicí. Skryjí se obnažená skelná vlákna a zároveň se povrch stane izolantem proti pronikání kapalin a vlhkosti do materiálu. Ošetření řezných ploch i děr je obzvláště nutné při použití profilů do agresivního prostředí. Důvodem je certifikovaná vlastnost kompozitů PREFEN, t. j. absorpce vody za 24 hod. max. 0,6 % hmotnostního přírůstku. Při obrábění kompozitů vzniká prach, sice s nekarzinogenními částicemi, zato poměrně dost dráždivý sliznice. Proto je nutné zajistit dostatečně výkonné sací zařízení s nastavitelnou sací hubicí.

smirkovým papírem (č. 40–80) a při vysokých rychlostech pohybu (kotouče nebo pásu). Přítlačná síla musí být malá, při velkém tlaku na brusivo by se mohlo pojivo zahřát na teplotu, která způsobí změnu jeho struktury.

Kvalitní a lesklou plochu dosáhneme navlhčeným jemným brusným papírem (ručním i strojním leštěním).

# SPOJOVÁNÍ KOMPOZITNÍCH PROFILŮ

## NEROZEBÍRATELNÉ SPOJE

### LEPENÍ

Před spojením kompozitů lepením je nutné styčné plochy připravit, t. j. znečištěné plochy se okartáčují a očistí.

#### Postup při lepení:

1. Odstranit povrchovou pryskyřičnou vrstvu a roušku pomocí brusného papíru, popř. pískováním tak, aby se objevila vyztužující vlákna.
2. Otřít prach, vzniklý po broušení. Vyvarovat se dotyku očištěných ploch prsty.
3. Namíchat lepidlo v poměru s tvrdidlem dle doporučení výrobce.
4. Nanést na obě styčné plochy tenkou vrstvu lepidla. Ujistit se, že jsou zakryta všechna skelná vlákna, která se objevila po broušení.
5. Vhodným přípravkem přiměřeně zatížit lepený spoj.

Pro lepení kompozitů lze použít většinu dvousložkových epoxidových pryskyřic a lepidel a laminačních polyesterových pryskyřic.

#### Základním kritériem pro jejich použití jsou:

**Mechanické vlastnosti** – Polyesterové pryskyřice lze použít pokud nejsou kladeny vysoké nároky na pevnosti spojů (pevnost ve smyku <5 MPa). V ostatních případech je nutné použít epoxidové materiály.

**Teplota** – Epoxidy lze použít pouze za teplot vyšších než 10 °C (včetně nočních teplot). Při teplotách nižších (maximálně však do 0 °C) lze použít pouze polyesterové pryskyřice. Při takto nízké teplotě je ovšem nutné počítat s výrazně prodlouženou dobou vytvrzování.

PREFA KOMPOZITY, a. s. používá ChS Epoxy 371 vytvrzovaný tvrdidlem P11 (100:6,5), případně jeho zimní verzi P23 (100:7). Tento materiál vyhovuje v celé řadě parametrů:

mechanické pevnosti (pevnost ve smyku teoreticky až 20 MPa), chemická odolnost, je vhodný pro přímý styk s potravinami a pitnou vodou.

#### Vytvrzování

Hlavní podíl vytvrzovacích reakcí proběhne do 24 hod./23 °C. Po této době lze s výrobkem manipulovat. Úplného dotvrzení je dosaženo po 7 dnech/23 °C. Až po této době ho lze plně mechanicky a chemicky zatěžovat. Vytvrzování lze urychlit: 24 hod./23 °C a min. 8 hod./50–60 °C.

#### Vliv nízkých teplot

Není doporučováno vytvrzovat epoxidové pryskyřice při teplotách nižších než 15 °C. Lze říci, že reakce probíhá i pod touto teplotou, avšak velmi pomalu a pod 0 °C se zastavuje. Stejně pevnosti spoje ve smyku je dosaženo: 2 dny/20 °C = 5 dnů/15 °C = 10 dnů/10 °C = 14 dnů/0 °C

#### Plniva do pryskyřice

ChS Epoxy 371 lze plnit minerálními plnivými (křemenný písek, kaolín, portlandský cement, hliníkový prášek). ChS Epoxy 371 je silně viskózní materiál, ovšem pro lepení na svislých plochách je nutné ho plnit tixotropními přísadami jako je aerosil. Je nutné brát v úvahu ovlivnění některých mechanických vlastností. Vesměs plniva zvyšují pevnost v tlaku a snižují pevnost ve smyku. Pokud při vmíchávání plniva dojde k vnesení vzduchových bublinek do materiálu, dojde k zhoršení pevnosti lepeného spoje. V případě aerosilu k tomu dochází při provozních podmínkách vždy a pevnost ve smyku poklesne až na 1/3 původní hodnoty.

### NÝTOVÁNÍ

Pro nerozebíratelné spoje se může použít metoda nýtování. Nýty mohou být různých rozměrů, tvarů a materiálů (ocelové – většinou nerezové, hliníkové, mosazné i měděné).

Pevnost nýtovaného spoje se zvýší slepením styčných ploch. Pro rozložení napětí po nýtování se někdy doporučuje použít podložky.

Podobně jako u vrtání se i zde doporučuje použít o něco větší průměr nástroje než je jmenovitý průměr nýtu.

### LEPENÁ SPOJENÍ ZÁVRTNÝMI ŠROUBY

Pokud není požadován přenos větších sil, je možné zvolit způsob spojení pomocí samořezných šroubů v kombinaci s lepením. Pak samořezné šrouby plní funkci ustavení součástí v požadovaných polohách během vytvrzování lepidla. Do korozivního prostředí se použijí šrouby z nerezavějící oceli, popřípadě se mohou hlavy šroubů ochránit vrstvou polyesteru nebo epoxidu.

### LEPENÁ SPOJENÍ POMOCÍ ŠROUBŮ A MATIC

Nejpevnějšího spojení kompozitních materiálů se dosáhne kombinací dobře provedených šroubových spojů a lepení se správně připravenými plochami.

Materiály se mohou spojovat šrouby s maticemi, nebo sešroubováním s protikusem, ve kterém je vyřezán závitový otvor (ne pro přenos větších zatížení – tento způsob není rozšířený). Zalepit se mohou také vlastní závitové plochy. Spoj se zpevní a navíc je utěsněn proti vniknutí vlhkosti.

## ROZEBÍRATELNÉ SPOJE

### SPOJENÍ ZÁVRTNÝMI ŠROUBY

Pokud není požadován přenos větších sil, je možné zvolit způsob spojení pomocí samořezných šroubů. Do korozivního prostředí se použijí šrouby z nerezavějící oceli, popřípadě se mohou hlavy šroubů ochránit vrstvou polyesteru nebo epoxidu.

**Pro spojení kompozitů nejsou vhodné klasické šrouby do dřeva!**

### SPOJENÍ POMOCÍ ŠROUBŮ A MATIC

Spojení konstrukčních částí z kompozitních materiálů pomocí šroubů a matic má několik výhod (stejný technologický i montážní postup jako u klasických materiálů, snadná kontrola pevnosti spoje a možnost demontáže), ale i několik úskalí, kterých by se měl konstruktér – projektant vyvarovat. Jedná se zejména o pečlivé zvážení umístění děr pro šrouby, kde nesprávně

navržené dimenzování, t. j. přílišná blízkost děr od hrany profilu, konce profilu, nebo rozteče děr pro šrouby může způsobit havárii konstrukce z důvodu vytržení části materiálu kompozitního profilu nebo enormního zvýšení smykových sil a následné delaminace. Doporučuje se také používání větších podložek pro zmenšení otláčení.

### SPOJOVÁNÍ PŘES KOMPOZITNÍ PRVKY

PREFA KOMPOZITY, a. s., Brno, pro námi vyráběné kompozitní profily spojované kompozitními spojovacími prvky doporučuje následující pravidla pro poměr průměru díry pro šroub ke vzdálenosti os od hran:

Vzdálenost osy	Rozmezí	Optimální
a) vzdálenost osy díry šroubu od konce profilu	2,0–4,5	3,0
b) vzdálenost osy díry šroubu od boční hrany profilu	1,5–3,5	2,0
c) rozteč šroubů	4,0–5,0	5,0

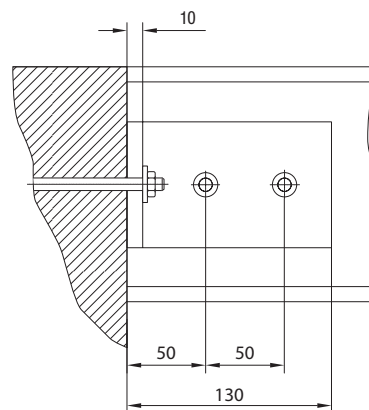
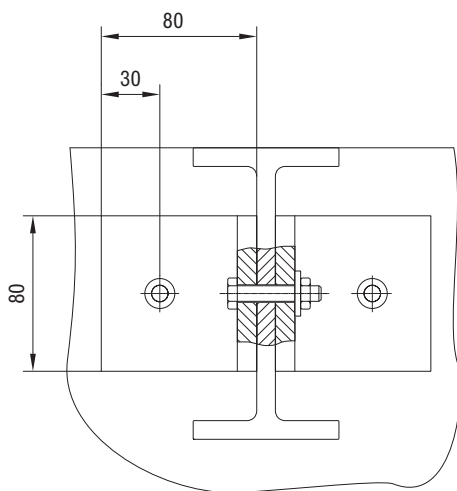
Šroub	Rozmezí	Optimální
1a) M10	20–45 mm	30 mm
1b) M10	15–35 mm	20 mm
1c) M10	40–50 mm	50 mm
2a) M12	24–54 mm	36 mm
2b) M12	18–42 mm	24 mm
2c) M12	48–60 mm	60 mm

Příklad pro běžně používané šrouby M10 a M12:

Kotvení standardních kompozitních nosníků PREFEN pomocí kompozitních spojovacích L-prvků je znázorněno na následujících obrázcích:

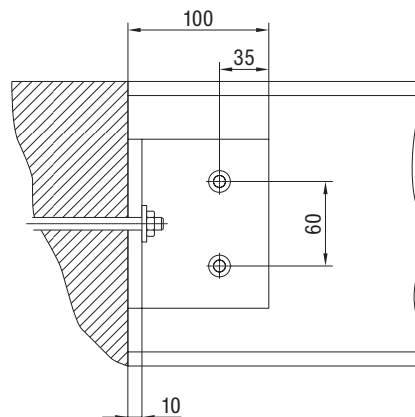
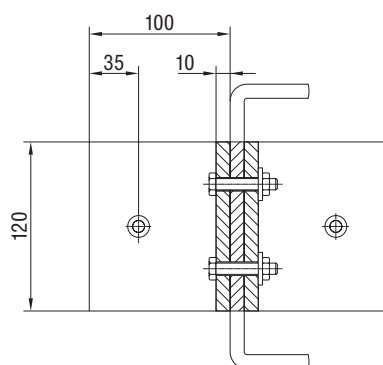
Čelné přikotvení nosníku ke stěně pro kotvy i šrouby M10, velké podložky

- I 140×140×10
- I 152×76×10
- Ic 152×125×10
- Uc 152×43×10



Čelné přikotvení nosníku ke stěně pro kotvy i šrouby M10, velké podložky

- I 300
- U 200



## SPJOVÁNÍ PŘES OCELOVÉ PRVKY

PREFA KOMPOZITY, a. s., pro své vyráběné kompozitní profily spojované nerezovými prvky doporučuje pro standardní spojení nerez-kompozit-nerez používat pro spojování šrouby M8 a pružné podložky příslušné kvality a pro kotvení kotvy M12 mechanické nebo chemické příslušné kvality. Výpočet a návrh kotev je uveden v technické příručce „Ochranné zábradlí PREFASAF“ v části, která pojednává o kotvení sloupů pomocí ocelových patek.

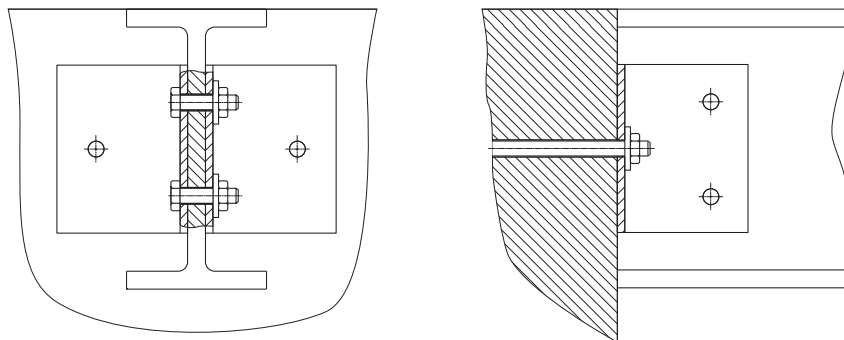
Používání spojovacích šroubů M8 je omezeno tloušťkou příslušného kompozitního profilu min. 10 mm. Pro menší tloušťky je nutné použít šrouby M10. Standardní provedení kotevních a spojovacích elementů je uvedeno na výkresu „Typové kotevní a spojovací profily“ a „Typová spojovací deska“.

### Příklad použití ocelových kotevních profilů

„Typ A“: pro profily I 152, I 140, U 152c, I 152c

„Typ E“: pro profily I 300c, U 200

„Typ G“: pro profil I 103c



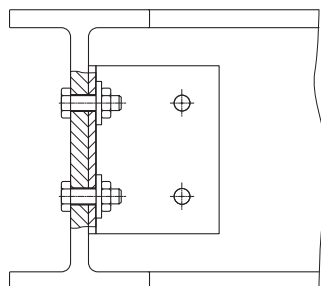
### Příklad použití ocelových kotevních profilů

„Typ B“: pro profily I 152, I 140, I 152c, U 152c

„Typ C“: pro profily I 152, I 140, I 152c, U 200

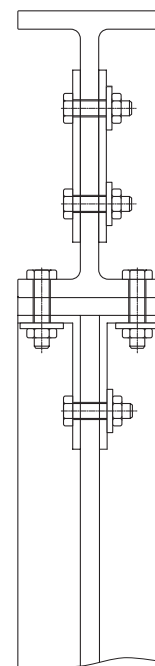
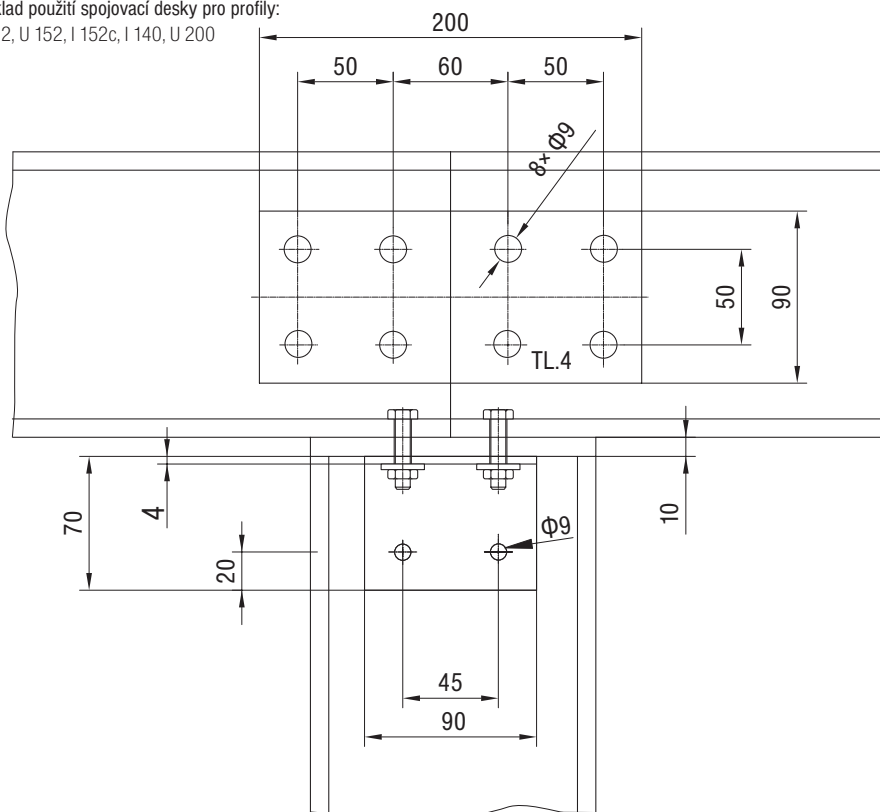
„Typ D“: pro profil U 200

„Typ F“: pro profil I 103c



### Příklad použití spojovací desky pro profily:

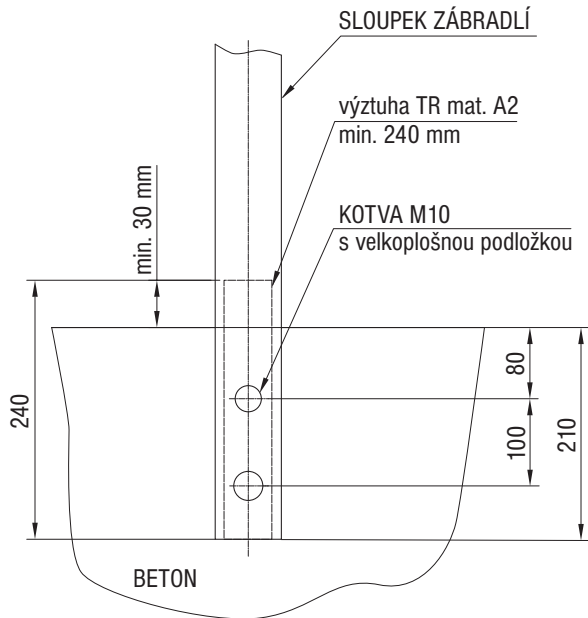
I 152, U 152, I 152c, I 140, U 200



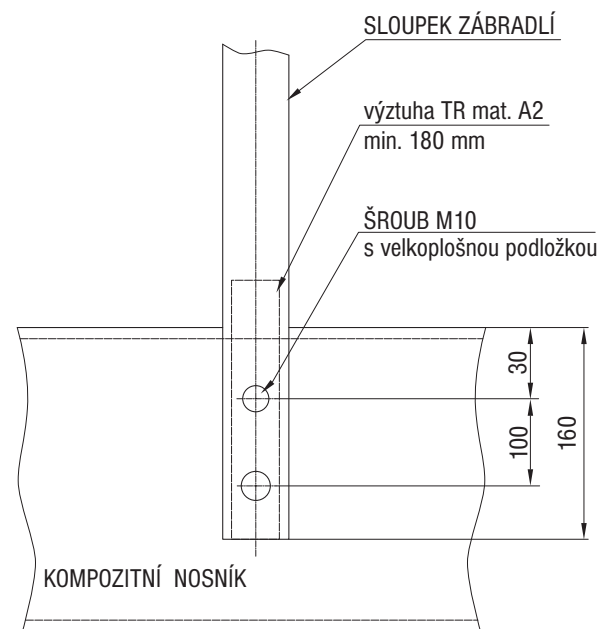
## UCHYČENÍ SLOUPKŮ ZÁBRADLÍ

Sloupy zábradlí PREFASAF jsou z kompozitní trubky 50×50×5 mm. Kotví se třemi základními způsoby: z boku (do betonu nebo do nosného profilu), shora do betonu do kapsy a shora přes ocelovou patku.

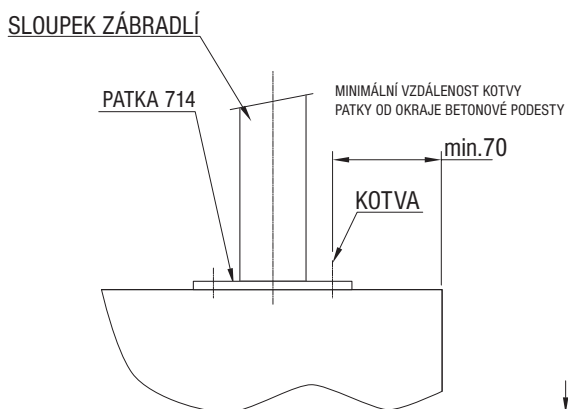
Boční kotvení do betonu



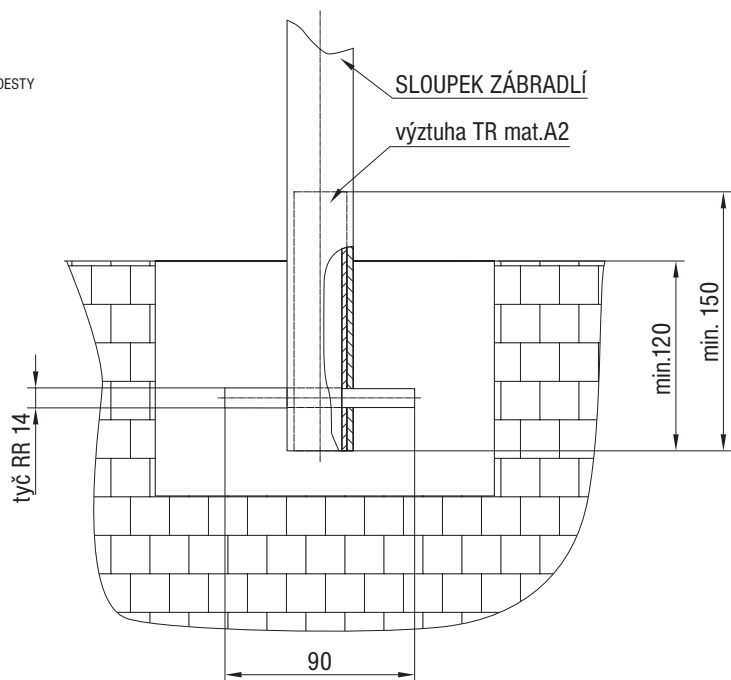
Boční kotvení do kompozitního profilu



Kotvení shora přes patku

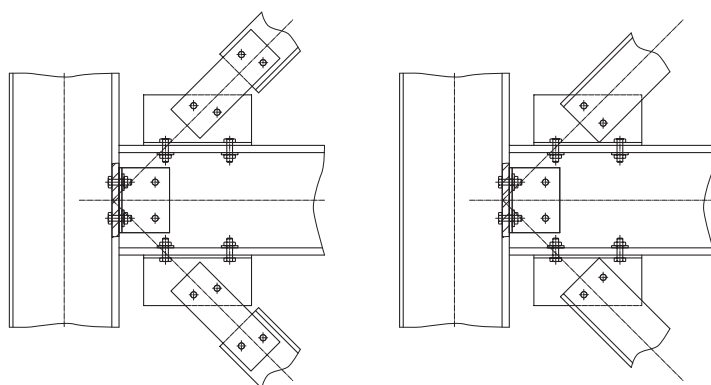
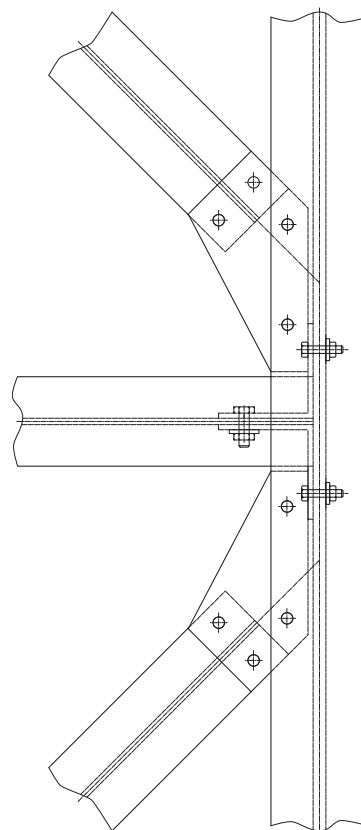
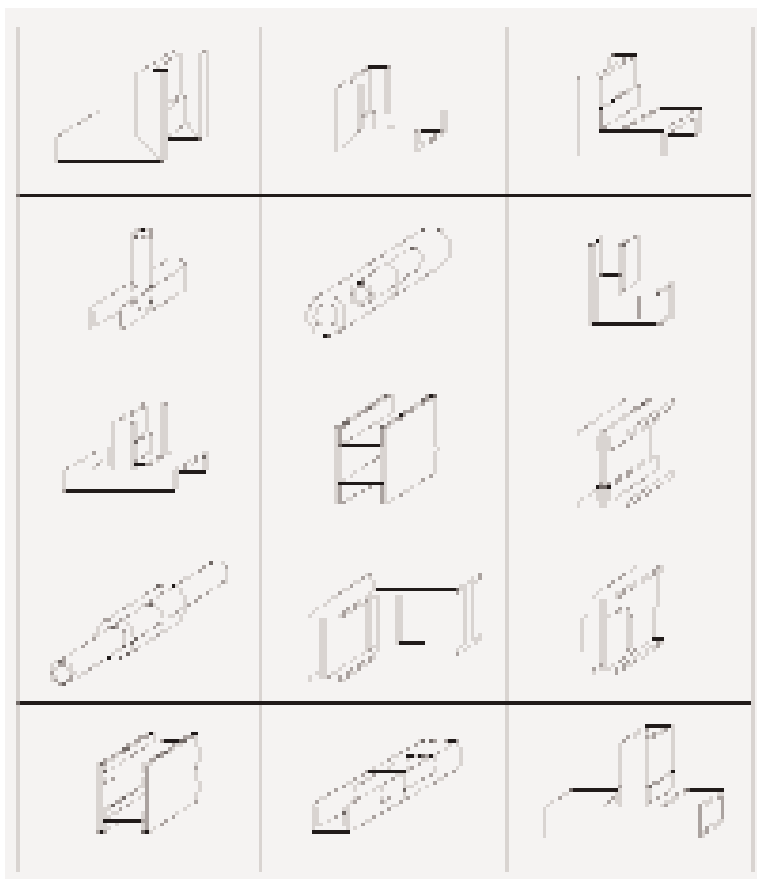


Kotvení do kapsy



# ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ PROFILŮ

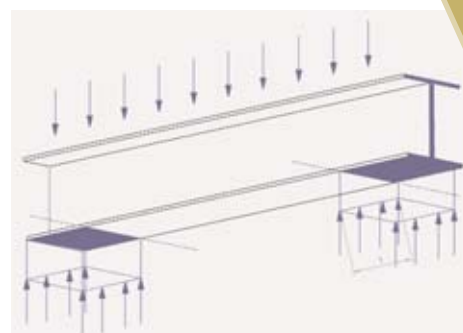
Na obrázcích jsou uvedeny typické konstrukce spojování různých kompozitních profilů. Jako vyztužující a spojovací elementy jsou voleny opět součásti vyrobené ze standardních profilů. Spoje mohou být jen lepeny nebo pro větší pevnost ještě sešroubovány, popř. snýtovány.



## ZÁSADY ULOŽENÍ NOSNÍKU NA BETON

Podklad pro uložení kompozitních profilů na beton, nebo jiný pokladový materiál musí být hladký, rovný a bez ostrých hran. V případě nerovností, které se nedají odstranit, nebo je-li pochybnost o nerovnosti, by měla být mezi nosník-profil a podpěru položena vrstva gumy. Doporučované zásady pro uložení nosných kompozitních profilů jsou následující:

- 1) délka uložení nosníku na jakýkoliv podklad je min. polovina výšky profilu,
- 2) měrný tlak na podpěrné uložení má být menší než 5 MPa,
- 3) je-li měrný tlak větší než 5 MPa, je nutné použít pryžovou podložku tloušťky minimálně 4 mm.



# CHEMICKÉ ODOLNOSTI

	Vinylester 20 °C	Vinylester 66 °C	Polyester 20 °C	Polyester 70 °C
Acetanhydrid	N	N	N	N
Aceton	N	N	N	N
Alkoholy	O	150 °C O	N	150 °C
Akrylonitril	N	N	N	N
Butylalkohol	O	N	N	N
Benzen	N	N	N	N
Benzen 5 % v keroseru	O	O	O	N
Benzín – automobilový	O	O	O	N
Benzín – ethyl	O	O	O	N
Benzín – letecký	O	O	O	N
Benzín – kyselý	O	O	O	N
Benzoan sodný	O	O	O	N
Benzylalkohol	O	N	N	N
Benzylchlorid	N	N	N	N
Bifluorid sodný	O	49 °C *	O	N
Bisíran sodný	O	O	O	O
Bisiřičitan sodný	O	O	O	O
Biuhličitan sodný	O	O	O	O
Bromistan sodný	O	60 °C *	O	O
Bromid draselný	O	38 °C *	O	N
Bromid litý	O	O	O	O
Bromid sodný	O	O	O	O
Bromovodík, g, w	O	O	N	N
Buthylenglykol	O	O	O	O
Butylalkohol	O	66 °C *	N	N
Citrat amonný	O	49 °C *	O	N
Cyklohexan	O	49 °C *	O	N
Čpavek, 1 (0–10 %)	O	38 °C *	N	N
Čpavek, g	O	38 °C *	N	N
Cukrová třtina (35 DOP)	O	O	O	N
Detergenty	O	150 °C O	O	150 °C O
– sulfatované	O	O	O	N
– sulfonované	O	O	O	N
Dibromfenol	N	N	N	N
Dibutylether	O	49 °C *	N	N
Diethylenglykol	O	O	O	N
Difosforečnan amonný	O	O	N	N
Difosforečnan sodný	O	O	O	O
Dichlorbenzen	N	N	N	N
Dichlorethylen	N	N	N	N
Dichroman draselný	O	60 °C *	O	N
Dichroman sodný	O	O	O	O
Dimethyl ftalát	O	O	N	N
Diocetyl ftalát	O	O	N	N
Dipropylenglykol	O	O	O	N
Dodecylalkohol	O	O	N	N
Dusičnan amonný	O	O	O	O
Dusičnan draselný	O	O	O	O
Dusičnan hlinitý	O	O	O	O
Dusičnan hořečnatý	O	O	O	N
Dusičnan mědný	O	O	O	O
Dusičnan nikelnatý	O	O	O	O
Dusičnan olovnatý	O	O	O	N
Dusičnan sodný	O	O	O	O
Dusičnan stříbrný	O	O	O	O

**Vysvětlivky:** g – plyn, l – kapalina, d – suchý, w – mokrý, N – neodolný, O – odolný, \* – maximálně doporučené teploty

	Vinylester 20 °C	Vinylester 66 °C	Polyester 20 °C	Polyester 70 °C
Dusičnan vápenatý	0	0	0	0
Dusičnan zinečnatý	0	0	0	0
Dusičnan železitý	0	0	0	0
Dusičnan železnatý	0	0	0	0
Estery mastných kyselin	0	0	0	0
Ethylacetát	N	N	N	N
Ethylalkohol (10 %)	0	66 °C *	N	N
Ethylalkohol (100 %)	0	N	N	N
Ethylbenzen	N	N	N	N
Ethyleter	N	N	N	N
Ethylenglykol	0	0	0	0
Fenoly	N	N	N	N
Flourid amonný	0	49 °C *	N	N
Flourid chloritý	N	N	N	N
Flourid mědný	0	0	N	N
Flourid sodný	0	49 °C *	N	N
Fluorokřemičitan sodný	0	49 °C *	N	N
Fluorovodík, g	0	N	N	N
Formaldehyd	0	0	0	N
Fosforečnan amonný	0	49 °C *	N	N
Fosforečnan sodný	0	0	0	0
Glukóza	0	0	0	0
Glycerin	0	0	0	0
Hexametafosforečnan sodný	0	38 °C *	N	N
Heptan	0	0	0	N
Hexalenglykol	0	0	0	0
Hexan	0	0	0	N
Hydraulická kapalina	0	0	0	N
Hydrosíran amonný	0	49 °C *	N	N
Hydrosíran hořečnatý	0	0	0	N
Hydrosiřičitan vápenatý	0	0	0	0
Hydrosiřičitan – bělidlo	0	49 °C *	N	N
Hydrouhličitan amonný	0	49 °C *	0	N
Hydrouhličitan draselný	0	60 °C *	0	N
Hydroxidy (0–20 %)	0	0	0	150 °C N
Hydroxid amonný (0–10 %)	0	49 °C *	0	N
(20 %)	0	49 °C *	N	N
Hydroxid barnatý	0	50 °C *	N	N
Hydroxid draselný	0	66 °C *	N	N
Hydroxid hlinitý (0–5 %)	0	49 °C *	0	N
Hydroxid hořečnatý	0	60 °C *	N	N
Hydroxid sodný (0–5 %)	0	66 °C *	N	N
(50 %)	0	66 °C *	N	N
Hydroxid vápenatý	0	49 °C *	0	N
Hypochloritan sodný	0	66 °C *	0	N
Chemické pokovení	0	0	N	N
Chlor, g, dry	0	0	N	N
Chlor, g, wet	0	0	N	N
Chlor, l	N	N	N	N
Chlor, voda	0	0	N	N
Chlorečnan kyseliny octové	N	N	N	N
Chlorečnan sodný	0	0	0	N
Chlorečnan vápenatý	0	0	0	0
Chlorid barnatý (5 %)	0	0	0	
Chlorid cínatý	0	0	0	0



	Vinylester 20 °C	Vinylester 66 °C	Polyester 20 °C	Polyester 70 °C
Chlorid ciničitý	0	0	0	0
Chlorid draselný	0	0	0	0
Chlorid hlinitý	0	0	0	0
Chlorid hořečnatý	0	0	0	0
Chlorid kademnatý	0	0	0	N
Chlorid měďný	0	0	0	0
Chlorid nikelnatý	0	0	0	0
Chlorid olovnatý	0	0	0	N
Chlorid rtuťnatý	0	49 °C *	0	
Chlorid rtuťný	0	0	0	N
Chlorid sodný (5 %)	0	0	0	66 °C 0
Chlorid uhličitý	0	38 °C *	N	N
Chlorid vápenatý	0	0	0	66 °C 0
Chlorid železitý	0	0	0	0
Chlorid železnatý	0	0	0	0
Chloritan sodný (25 %)	0	0	0	N
Chlornan sodný	0	49 °C *	0	N
Chlornan vápenatý (2 %)	0	49 °C 0	0	N
Chlorobenzen	N	N	N	N
Chloroform	N	N	N	N
Chlorovaný vosk	0	0	N	N
Chlorovodík, g, w	0	0	N	N
Chlorovodík, g, d	0	0	N	N
Chroman sodný	0	0	0	0
Isopropylalkohol (10 %)	0	66 °C *	N	N
Isopropylalkohol (100 %)	0	N	N	N
Isopropylamin	0	38 °C *	N	N
Isopropylpalmítan	0	0	0	0
Kamenec	0	0	0	0
Kerosén	0	0	0	N
Kokosový olej	0	0	0	N
Křemičitan sodný	0	0	0	N
Kukuřičný cukr	0	0	0	N
Kukuřičný olej	0	0	0	N
Kukuřičný škrob	0	0	0	N
Kyanid měďný	0	0	N	N
Kyanid sodný	0	0	0	N
Kyanovodík	0	0	0	N
Kyanoželezitan draselný	0	0	0	0
Kyanoželezitan sodný	0	0	0	0
Kyanoželeznatan draselný	0	0	0	0
Kyselina arsenitá	0	0	0	N
Kys. benzensulfonová (30 %)	0	0	0	0
Kys. benzoová	0	0	0	N
Kys. bromovodíková (0–25 %)	0	0	0	N
Kys. citrónová	0	0	0	0
Kys. dusičná (0–5 %)	0	150 °C 0	0	0
(5–20 %)	0	120 °C 0	N	N
Kys. fluoroboritá (10 %)	0	49 °C *	N	N
Kys. fluorokřemičitá (0–20 %)	0	0	N	N
Kys. fosforečná	0	0	0	0
Kys. ftalová	0	0	0	0
Kys. hydrogenfluoro-křemičitá	0	0	N	N
Kys. chlorná (0–10 %)	0	0	N	N
Kys. chlorooctová (0–50 %)	0	38 °C *	N	N

**Vysvětlivky:** g – plyn, l – kapalina, d – suchý, w – mokrý, N – neodolný, 0 – odolný, \* – maximálně doporučené teploty

	Vinylester 20 °C	Vinylester 66 °C	Polyester 20 °C	Polyester 70 °C
Kys. chlorovodíková (0–37 %)	O	O	O	N
Kys. chlorsírová	N	N	N	N
Kys. chlorsulfonová	N	N	N	N
Kys. chromová (0–20 %)	O	120 °C O	N	N
Kys. chlorovodíková (0–37 %)	O	O	O	N
Kys. chromová (20 %)	O	49 °C *	N	N
(30 %)	N	N	N	N
Kys. fenolsulfonová	N	N	N	N
Kys. fluorovodíková	O	N	N	N
Kys. glukonová	O	O	O	N
Kys. glykolová (70 %)	O	O	O	N
Kys. kaprylová	O	O	O	N
Kys. kyanovodíková	O	O	O	N
Kys. laurová	O	O	O	N
Kys. levulová	O	O	O	N
Kys. maleinová	O	O	O	O
Kys. máselná (0–50 %)	O	O	O	N
Kys. mastné	O	150 °C O	O	150 °C O
Kys. mléčná	O	O	O	N
Kys. mravenčí (10 %)	O	O	O	N
Kys. myristová	O	O		
Kys. octová (0–25 %)	O	O	O	O
(20–50 %)	O	O	O	N
Kys. olejová	O	O	O	O
Kys. o-benzylbenzoová	O	O	N	N
Kys. o-benzyllová	O	O	N	N
Kys. Organické (0–25 %)	O	150 °C O	O	150 °C O
(25–50 %)	O	150 °C O	O	150 °C N
Kys. oktanová	O	O	O	N
Kys. pikrolová	O	O	O	O
Kys. silicilová	O	60 °C *	N	N
Kys. sebaková	O	O	N	N
Kys. seleničitá	O	O	N	N
Kys. sírová (0–30 %)	O	150 °C O	O	150 °C O
(30–50 %)	O	150 °C O	N	N
(50–70 %)	O	120 °C O	N	N
Kys. siřičitá (10 %)	O	100 °C O	N	N
Kys. sulfonová	O	O	O	N
Kys. šťavelová	O	O	O	O
Kys. stearová	O	O	O	O
Kys. sulfanilová	O	O	O	N
Kys. superfosforečná (76 % P2O5)	O	O	O	N
Kys. toluensulfonová	O	O	N	N
Kys. trichloroctová (50 %)	O	O	O	N
Kys. tříslivá	O	49 °C *	O	N
Kys. uhličítá	O	O	O	N
Kys. vinná	O	O	O	O
Lauroylchlorid	O	O	N	N
Lauryl síran sodný	O	O	O	O
Lněný olej	O	O	O	O
Manganistan draselný	O	60 °C *	O	N
Mastné kyseliny	O	O	O	O
Methanol	O	O	O	N
Methylalkohol (10 %)	O	66 °C *	N	N
Methylalkohol (100 %)	N	N	N	N

	Vinylester 20 °C	Vinylester 66 °C	Polyester 20 °C	Polyester 70 °C
Methylisobutylalkohol	O	66 °C *	N	N
Metylisobutylcarbitol	N	N	N	N
Methylisobutylketon	N	N	N	N
Methylstyren	N	N	N	N
Methylenchlorid	N	N	N	N
Methylethylketon	49 °C N	49 °C N	49 °C N	49 °C N
Methyluhličítá celulóza	N	49 °C *	N	N
Monoethanolamin	O	N	N	N
Mořící kyseliny	O	O	O	O
Motorová nafta	O	O	O	N
Mýdla	O	O	O	N
Nafta	O	O	O	O
Naftalen	O	O	O	N
Nitrobenzen	N	N	N	N
Ocet	O	150 °C O	O	150 °C O
Octan barnatý	O	O	N	N
Octan butylatý	N	N	N	N
Octan olovnatý	O	O	O	N
Octan sodný	O	O	O	N
Odpad – papírenský průmysl	O	O	O	N
Olej bavlnářský ze semen	O	O	O	N
Olej	O	O	O	O
Olej surový, sladký	O	O	O	O
Olej surový, sodný	O	O	O	O
Oleje motorové	O	O	O	O
transformátorové	O	O	O	O
minerální	O	150 °C O	O	150 °C O
chlorofenylové	N	150 °C N	N	150 °C N
topné	O	O	N	N
rostlinné	O	O	O	O
Oleum, sírové výpary	N	N	N	N
Olivový olej	O	O	O	O
Oxid chloričitý, g, w	O	O	N	N
Oxid chloričitý,	O	O	O	N
Oxid sírový, vzduch	O	O	O	N
Oxid siřičitý	O	O	N	N
Oxid uhelnatý	O	O	O	O
Oxid uhličitý	O	O	O	O
Pentoxid fosforu	O	O	O	O
Peroxid vodíku (35 %)	O	49 °C *	N	N
Persulfát draslíku	O	O	O	N
Plyn přírodní	O	O	O	N
Ponné hmoty	O	O	O	150 °C N
Polyvinylacetát, latex	O	O	O	N
Polyvinylalkohol	O	38 °C *	O	N
Polyvinylchlorid, latex	O	49 °C *	N	N
Propylenglykol	O	O	O	O
Pyridin	N	N	N	N
Rhodanid sodný	O	O	N	N
Ropa surová	O	O	O	150 °C N
Rycínový olej	O	O	O	O
Řepný cukr	O	O	O	N
Roztoky cukrovarnické	O	O	O	150 °C N
Roztoky galvanizační	O	150 °C O	N	150 °C N
Roztoky odmašťovací	O	150 °C O	O	150 °C O
Roztoky papírenské	O	O	O	150 °C N

**Vysvětlivky:** g – plyn, l – kapalina, d – suchý, w – mokrý, N – neodolný, O – odolný, \* – maximálně doporučené teploty

	Vinylester 20 °C	Vinylester 66 °C	Polyester 20 °C	Polyester 70 °C
Roztoky peroxidové bělicí	0	150 °C 0	0	150 °C 0
Roztoky sodíku	0	0	0	N
Síran amonný	0	0	0	0
Síran barnatý	0	0	0	0
Síran draselný	0	0	0	0
Síran hlinito-draselný	0	0	0	0
Síran hořečnatý	0	0	0	0
Síran chromitý	0	0	0	0
Síran lithný	0	0	0	0
Síran mědný	0	0	0	0
Síran měďnatý	0	0	0	0
Síran nikelnatý	0	0	0	0
Síran sodný	0	0	0	0
Síran vápenatý	0	0	0	0
Síran zinečnatý	0	0	0	0
Síran železitý	0	0	0	0
Síran železnatý	0	0	0	0
Síranatan sodný	0	0	0	N
Sirovodík sodný	0	0	0	N
Sirovodík suchý	0	0	0	N
Sirovodík mokry	0	0	0	N
Sírouhlík	N	N	N	N
Sířičitan amonný	0	49 °C *	N	N
Sířičitan sodný	0	0	0	N
Sířičitan vápenatý	0	0	0	0
Sojový olej	0	0	0	0
Styren	N	N	N	N
Sulfid barnatý	0	0	N	N
Sulfid sodný	0	0	0	N
Sulfid molybdeničitý	0	0	0	N
Sulfid uhličitý	N	N	N	N
Tallový olej	0	66 °C *	0	N
Terpentýn	0	38 °C *	N	N
Tetraboritan sodný	0	0	0	0
Thionylchlorid	N	N	N	N
Toluen	N	N	N	N
Topný olej	0	0	N	N
Tridecylbenzen sulfonát	0	0	0	N
Trichlorethylen	N	N	N	N
Trichlorfenol	N	N	N	N
Trikresylfosfát	0	49 °C *	N	N
Trifosfát sodný	0	0	0	N
Tryskové palivo	0	0	0	N
Uhličitan amonný (10 %)	0	49 °C *	N	N
Uhličitan barnatý	0	0	0	N
Uhličitan draselný	0	60 °C	0	N
Uhličitan hořečnatý	0	0	0	N
Uhličitan sodný (0–20 %)	0	0	0	N
Uhličitan vápenatý	0	0	0	N
Urea, močovina	0	60 °C *	0	N
Vinný ocet	0	0	0	0
Vinylacetát	N	N	N	N
Voda	0	0	0	0
Výpary kys. dusičné	N	N	N	N
Výpary kys. fosforečné	0	0	0	0
8-8-8 fertilizátor	0	0	0	N

<b>POKOVACÍ LÁZŇ</b>	Vinylester 20°C	Vinylester 66°C	Polyester 20°C	Polyester 70°C
<b>Roztok na kadmiování</b>				
3% oxid kademnatý, 6% kyanid draselný, 1% hydroxid sodný	0	49 °C *	N	N
<b>Roztok na mosazení</b>				
3% kyanid mědný, 6% kyanid sodný, 1% kyanid zinečnatý, 3% uhličitan sodný	0	0	N	N
<b>Roztok na poměďování</b>				
4% kyanid mědný, 10,5% měď, 6 % Rochelleho soli	0	0	N	N
45% fluoroboritan měděný, 19% síran měďnatý, 8% kyselina sírová	0	0	N	N
<b>Brite poměďování</b>				
kaustický kyanid	0	49 °C *	N	N
<b>Měděná lázeň</b>				
30% chlorid železitý, 19% kys. chlorovodíková	0	0	N	N
<b>Měděná mořicí lázeň</b>				
10% síran železitý, 10% kyselina sírová	0	0	N	N
<b>Fertilizátor</b>				
dusičnan amonný	0	49 °C *	N	N
<b>Roztok na zlacení</b>				
63% fero kyanid draselný, 2% zlatokyanid draselný, 8% kyanid sodný	0	0	N	N
<b>Roztok na pokovování</b>				
45% chlorid železitý, 15% chlorid vápenatý, 20% síran železnatý, 11% síran amonný	0	0	N	N
<b>Železo a ocel čistící lázeň</b>				
9% kyselina chlorovodíková, 23% kyselina sírová	0	0	N	N
<b>Roztok na polovění</b>				
0,8% kys. fluoroboritá, 0,4% kys. boritá	0	0	N	N
<b>Roztoky na niklování</b>				
8% olovo, 0,4% kys. boritá, 0,8% kys. fluoroboritá	0	0	N	N
11% síran nikelnatý, 2% chlorid nikelnatý, 1% kys. boritá	0	0	0	N
44% síran nikelnatý, 4% chlorid amonný, 4% kys. boritá	0	0	0	N
<b>Peroxidové bělidlo</b>				
	0	0	0	0
<b>Roztok na stříbření</b>				
4% kyanid stříbrný, 7% kyanid draselný, 5% kyanid sodný, 2% uhličitan draselný	0	0	N	N
<b>Galvanické cínování</b>				
18% fluoroboritan cínatý, 7% cín, 9% kys. fluoroboritá, 2% kys. boritá	0	0	N	N
<b>Galvanický roztok</b>				
9% kyanid zinečnatý, 4% kyanid sodný, 9% hydroxid sodný	0	49 °C *	N	N
49% fluoroboritan zinečnatý, 5% chlorid amonný, 6% fluoroboritan amonný	0	0	0	N