



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**Optimalizace návrhu sanací a rekonstrukcí střešních pláštů  
z hlediska energetické náročnosti**

**Optimalization of design of maintenance and reconstruction of  
roof covers in terms of energy intensity**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Ing. David Kolouch**

Doktorský studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Pozemní stavby

Školitel: doc. Ing. Šárka Šilarová, CSc.

**Praha, 2018**

# PODĚKOVÁNÍ

*Hlavní poděkování bych chtěl věnovat mé školitelce doc. Ing. Šárce Šilarové, CSc. za odborné vedení a konzultace v průběhu celého studia a za odbornou pomoc při zpracování disertační práce.*

*Děkuji prof. Ing. Jozefu Oláhovi, Ph.D. za vedení při absolvování zahraniční stáže na Slovenské technické univerzitě v Bratislavě.*

*Děkuji firmě TOPWET s.r.o. za spolupráci a poskytnutí výrobků pro účely váhových měření.*

*Děkuji společnosti VÚPS za možnost absolvovat stáž v rámci programu EURL3A.*

*V neposlední řadě děkuji mým rodičům Pavlovi Kolouchovi a Marii Sirakové a mé partnerce Kateřině Hercíkové za podporu v průběhu studia.*

*Praha 30.1.2018*

*David Kolouch*



## **PROHLÁŠENÍ**

Jméno doktoranda: Ing. David Kolouch

Název disertační práce: Optimalizace návrhu sanací a rekonstrukcí střešních pláštů z hlediska energetické náročnosti

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval/a samostatně pod vedením školitele doc. Ing. Šárky Šilarové, CSc.

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

Disertační práce vznikla v souvislosti s řešením projektu:

V Praze dne 30.1.2018

.....  
podpis

## **Abstrakt**

Tato disertační práce se zabývá návrhem sanací střešních skladeb plochých střech se zaměřením na minimalizaci energetické náročnosti. Cílem práce je optimalizace návrhu sanace se zaměřením na tvorbu materiálového řešení skladeb střešního pláště z pohledu konstrukčního a z hlediska celkové energetické náročnosti konstrukce. V podrobnější analýze je proto v práci proveden rozbor dat svázaných energií materiálů a jejich vzájemné porovnání. Hodnocení budov z hlediska energetické náročnosti je v současnosti zaměřeno především na provozní energetickou náročnost objektu na vytápění, chlazení, ohřev teple vody, osvětlení a však nezohledňuje energetickou náročnost materiálů, které jsou do konstrukce zabudovávány, po dobu jejich životního cyklu. Právě energie svázané s materiály jsou novým tématem řešení této práce, které dotvářejí celkovou komplexní energetickou náročnost objektu. Hlavním cílem není stanovení hodnot primární spotřeby energií jednotlivých materiálů, ale využití již dosažených výsledků ke stanovení minimalizace celkové energetické náročnosti reálných i teoreticky řešených sanací a rekonstrukcí střešních pláštů. Zásadním požadavkem je v tomto smyslu především životnost a spolehlivost jednotlivých materiálů a skladeb, vliv správného zabudování materiálů na výsledné vlastnosti konstrukce střech objektů a efektivita návratnosti nově vložených energií po rekonstrukci. Zvláštní pozornost musí být věnována také možnosti recyklace a energetické náročnosti s ní spojené. V práci je provedena matematická simulace navrhovaných rekonstrukcí modelových střešních skladeb. Na základě vyhodnocení modelů je proveden výběr dvou nejvhodnějších variant, které jsou zvoleny na základě vyhodnocení energetické efektivnosti. Pro vybrané varianty střešních skladeb je zpracováno komplexní a detailní posouzení střech na modelovém objektu, se stanovením vlivu detailu na celkovou energetickou náročnost střešní skladby.

**Klíčová slova:** střešní plášť, svázané energie, EPD, návrhová životnost, optimalizace návrhu

## **Abstract**

This dissertation thesis deals with design of maintenance of flat roof composition focusing on energy intensity minimization. The aim of the thesis is to optimize the maintenance design focusing on creation of roof cladding layout material solution from the structural point of view and in terms of structure total energy intensity. Therefore, a more detailed analysis analyzes the data of materials bound energies and their mutual comparison. Building assessment in terms of energy intensity is currently focused mainly on building operational energy demands for heating, cooling, hot water heating, lighting although it does not take into account material energy demands which are built into the structure during their life cycle. Just those energies bound to materials are the new topic of the solution in this thesis which completes the whole complex energy demand of the building. The main objective is not determination of primary energy consumption of individual materials but to use already achieved results to determine the minimization of the total energy intensity of the actual and theoretically solved maintenance and reconstruction of roof claddings. In this respect the basic requirement is primarily the durability and reliability of individual materials and compositions, the influence of correct incorporation of materials on the resulting structural properties of roof structures of buildings and returns efficiency of newly added energies after the reconstruction. Particular attention have to be paid also to possibilities of recycling and the energy intensity associated with it. In the thesis there was made a mathematical simulation of designed reconstructions of model roof layouts. Based on model evaluation, a selection of two most suitable variants was made which were chosen on the basis of an energy efficiency evaluation. For chosen variants of roof layout was made a complex and detailed assessment of roofs on the model building, with influence determination of detail on total energy intensity of the roof composition.

**Keywords:** roof cladding, bound energy, EPD, design durability, design optimization



## Obsah

1	Úvod.....	7
1.1	Význam řešené problematiky .....	8
1.2	Cíle disertační práce .....	9
2	Současný stav řešené problematiky .....	10
2.1	Základní pojmy a definice .....	10
2.2	Vlivy působící na střešní pláště.....	12
2.3	Základní požadavky na střešní pláště.....	12
2.4	Sanace a rekonstrukce plochých střešních pláštů .....	15
2.5	Tepelně technické požadavky v ČR .....	17
2.6	Tepelně technické požadavky v zahraničí.....	18
2.7	Tepelné ztráty prostupem konstrukcí a potřeba energie na vytápění .....	21
2.8	Energetické hodnocení objektů – svázané energie .....	22
2.9	Hodnocení energetické návratnosti a efektivnosti.....	28
2.10	Legislativa v oblasti odpadového hospodářství.....	28
2.10.1	Právní předpisy v ČR .....	28
2.10.2	Právní předpisy v Německu, Rakousku a Švýcarsku .....	29
2.11	Produkce stavebního odpadu a jeho využití .....	31
2.12	Využití a recyklace střešního souvrství.....	35
3	Výpočtová a hodnotící část .....	39
3.1	Charakteristická návrhová životnost konstrukce střech .....	39
3.2	Návrhová životnost funkčních vrstev a výrobků.....	39
3.3	Rozbor svázaných energií materiálů a výrobků střech.....	41
3.3.1	Svázané energie tepelně izolační vrstvy .....	42
3.3.2	Svázané energie hydroizolační vrstvy .....	48
3.3.3	Svázané energie klempířských prvků .....	51
3.3.4	Svázané energie výrobků odvodnění a odvětrání střech .....	53
3.3.5	Svázané energie kotevních výrobků.....	54
3.4	Porovnání energetické náročnosti materiálů střech .....	56
3.4.1	Tepelně izolační vrstva.....	56
3.4.2	Hydroizolační vrstva .....	59
3.4.3	Klempířské prvky .....	61
3.5	Optimalizace návrhu rekonstrukcí plochých střech na modelových konstrukcích .....	62
3.5.1	Volba základní modelové konstrukce střechy, upřesnění okrajových podmínek.....	63
3.5.2	Návrh variant rekonstrukcí modelové konstrukce R1 .....	64
3.5.3	Posouzení variant z hlediska tepelně technických a vlhkostních požadavků .....	66
3.5.4	Posouzení variant z hlediska energetické bilance a energetické návratnosti.....	75
3.6	Energetická bilance kompletačních prvků při hodnocení detailu.....	78



3.7	Komplexní energetický návrh rekonstrukce modelové ploché střechy .....	85
3.7.1	Volba modelové velikosti objektu a tvaru střechy .....	85
3.7.2	Posuzované varianty skladeb střešního pláště a vstupní hodnoty výpočtu.....	86
3.7.3	Výpočet svázaných energií plochy střešního pláště .....	88
3.7.4	Výpočet svázaných energií opláštění atiky .....	89
3.7.5	Výpočet svázaných energií prvků odvodnění a odvětrání.....	91
3.7.6	Výpočet svázaných energií mechanického kotvení střešního pláště .....	91
3.7.7	Vyhodnocení energetické náročnosti a návratnosti modelové konstrukce střechy .....	93
4	Hlavní výsledky práce .....	96
4.1	Rozbor energetické náročnosti materiálů, výrobků a jejich životnost.....	96
4.1.1	Návrhová životnost střech .....	96
4.1.2	Zdroje dat svázaných energií.....	96
4.1.3	Svázané energie materiálů.....	97
4.1.4	Svázané energie výrobků.....	99
4.2	Stanovení energeticky optimálních skladeb a energetické návratnosti na modelových rekonstrukcích .....	99
4.3	Komplexní návrh střešního pláště a stanovení vlivu detailu na energetickou náročnost ....	101
4.3.1	Energetická bilance plochy střešního pláště.....	101
4.3.2	Energetická bilance detailu atiky.....	102
4.3.3	Význam hodnocených částí střechy na celkovou energetickou náročnost.....	103
4.4	Doporučení pro další vývoj .....	104
4.4.1	Doporučení pro další rozvoj vědy .....	104
4.4.2	Doporučení pro další rozvoj praxe .....	104
5	Přílohy .....	105
5.1	Příloha č.1 – Analýza materiálových dat PEI.....	105
5.2	Příloha č.2 – Definování energetické náročnosti výrobků PEI .....	109
5.2.1	Svázané energie střešních kotevních prvků EJOT .....	109
5.2.2	Svázané energie střešních výrobků Topwet .....	115
5.3	Příloha č.3 – Vstupní hodnoty výpočtu pro vzájemné porovnání TI.....	147
6	Seznam použité literatury .....	149
6.1	Přehled citované literatury.....	149
6.2	Přehled další použité literatury.....	151
7	Publikace autora .....	153
8	Seznam použitých veličin a symbolů .....	155
9	Seznam použitých zkratk.....	157
10	Seznam grafů.....	159
11	Seznam obrázků .....	161
12	Seznam tabulek.....	162



## 1 Úvod

Střecha je součástí objektu, slouží k zabezpečení požadovaného vnitřního prostředí. Odolává zároveň velkému množství vnějších vlivů, z nichž největší váhu mají teplotní a vlhkostní účinky. Pro bezchybnou funkci střechy po dobu plánované životnosti je rozhodující kvalita projektového řešení, tepelně technický návrh, volba použitých materiálů, technologie provádění a pravidelná údržba.

Sanace a rekonstrukce střešních pláštěů jsou navrhovány v průběhu životnosti z důvodu vzniku poruchy nebo na konci životnosti z důvodu dožití jejích konstrukčních vrstev. Poruchy střešního pláště se nejčastěji projevují ztrátou hydroizolační funkce krytiny a šířením vlhkosti v konstrukci. Při vzniku poruchy a návrhu opatření je nutné splnit základní požadavky na stavby a závazné normové požadavky.

Od března 2011 jsou Nařízením Evropského parlamentu a rady EU č. 305/2011 doplněny základní požadavky na stavby o sedmý požadavek na udržitelné využívání přírodních zdrojů, tedy opětovné využití nebo recyklovatelnost staveb, životnost staveb a použití surovin nebo druhotných zdrojů šetrných k životnímu prostředí. Tento požadavek je podnětem pro posuzování životního cyklu materiálů a vypracování environmentálního prohlášení o produktu. Součástí tohoto prohlášení je deklarování spotřeby svázané energie materiálu, které poskytuje informaci o celkové spotřebě přírodních zdrojů energie během životního cyklu výrobku. Hodnota svázané energie úzce souvisí s konstrukčním a tepelně technickým návrhem střechy. Zahrnutím svázaných energií do komplexního návrhu střech je možné posoudit energetickou efektivitu navržených variant rekonstrukcí plochých střešních pláštěů.



## 1.1 Význam řešené problematiky

Práce se zabývá návrhem rekonstrukcí a sanací střešních pláštů plochých střeš se zaměřením na konstrukční návrh, energetický návrh a možnosti recyklace odpadů ze střeš.

S realizací plochých střeš se historicky setkáváme již v egyptské architektuře s využitím tehdejších dostupných materiálů kamene, dřeva a hlíny. V Persii byla již nosná konstrukce střešy tvořena dřevěnými kulatinami, kde jako vodotěsná krytina byl použit asfalt těžený z Mrtvého moře. V Evropě se s prvními plochými střešami setkáváme v Řecku v 7.-6. století před Kristem, s využitím nosné konstrukce z dřevěné kulatiny a udusané hlíny. Na přelomu 18. a 19. století našeho letopočtu vznikaly předchůdci dnešních asfaltových pásů a začátkem 19. století byla vynalezena dehtová lepenka [1].

Ploché střešy obdobné dnešním konstrukcím byly navrhovány od začátku 20. století s tepelnou izolací převážně ze silikátových materiálů v podobě tvárnice a bez parotěsné vrstvy. U těchto konstrukcí zpravidla nedocházelo k významnému šíření vlhkosti uvnitř konstrukce. Kondenzace vodní páry v konstrukcích se ve větší míře začaly projevoval v 50.-60. letech, s aplikací tepelně izolační vrstvy z expandovaného polystyrenu. Od 70. až 80. let dochází k navrhování střeš obrácených a dvouplášťových a to převážně z důvodu špatných zkušeností se střešami jednoplášťovými s klasickým pořadím vrstev. Od 90. let se s rozvojem nových materiálů začaly střešní pláště opět navrhovat převážně jako jednoplášťové s klasickým pořadím vrstev [2], [3].

Střešní plášť je zatížen vnějšími a vnitřními vlivy, které jsou hlavní příčinou vzniku poruch a snižování životnosti. Příčinou projevu poruchy je především ztráta hydroizolační funkce krytiny a šíření vlhkosti v konstrukci. Četné poruchy plochých střeš jsou příčinou podrobné analýzy jejich vzniku. Při návrhu nutné rekonstrukce musí být zajištěno splnění všech základních požadavků na stavby a závazných normových požadavků.

Jedním ze základních požadavků na stavby je požadavek na úsporu energie, která je hodnocena převážně z hlediska snížení provozních energií, tedy snížením tepelných ztrát při prostupu tepla konstrukcí a potřeby tepla na vytápění. Úspora těchto energií je zajištěna především doplněním střešního souvrství o tepelně izolační vrstvu. Energetické hodnocení dle současných požadavků nezahrnuje do výpočtů základní požadavek na stavby dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011 na využívání přírodních zdrojů, tedy opětovné využití nebo recyklovatelnost staveb, životnost staveb a použití surovin nebo druhotných zdrojů šetrných k životnímu prostředí.

Při komplexním hodnocení úspory energií střešy musí být do výpočtu zahrnuty veškeré energetické vstupy. V praxi opomíjeným energetickým vstupem při výpočtu energetické bilance jsou svázané energie materiálů PEI, které udávají celkovou spotřebu přírodních zdrojů energie během životního cyklu výrobku a jsou zpravidla vyjádřena v megajoulech [MJ]. Zahrnutím svázaných energií do komplexního návrhu střeš je možné posoudit energetickou efektivitu střešních pláštů, určit vliv a význam dílčích částí střešy na celkovou energetickou náročnost.

Rekonstrukci a sanaci střešního pláště nelze provést dle jednoho univerzálního řešení a je třeba věnovat pozornost vždy konkrétnímu návrhu. Pro bezchybný návrh je třeba se rozhodnout na základě konkrétních výchozích podmínek.





## 1.2 Cíle disertační práce

Cíle disertační práce:

- 1) Rozbor energetické náročnosti materiálů a výrobků střešních pláštů se zaměřením na životnost plochých střech.
- 2) Stanovení energetických bilancí střešních skladeb před a po realizaci sanačních opatření, včetně bilance návratnosti nově vložených svázaných energií materiálů.
- 3) Komplexní návrh střešního pláště a stanovení vlivu detailu na energetickou náročnost.

Metodika zpracování disertační práce:

- 1) Analýza materiálových environmentálních dat PEI z dostupných databází a zdrojů. Definování energetické náročnosti výrobků na základě hmotnostního měření a přiřazení hodnot PEI.
- 2) Optimalizace návrhu rekonstrukcí plochých střech na modelových konstrukcích a jejich hodnocení z hlediska konstrukčního a energetického.
- 3) Komplexní a detailní návrh zvolených variant rekonstrukcí střešních pláštů s upřesněním materiálových parametrů. Stanovení významu konstrukčních částí střechy na celkovou energetickou náročnost.



## 2 Současný stav řešení problematiky

Střešní plášť je část objektu zajišťující ochranu před vnějšími a vnitřními vlivy. V současné době je realizovaným střešním pláštěm věnována zvýšená pozornost vzhledem ke zvyšujícím se normovým požadavkům na tepelně technické vlastnosti a k nárůstu projevujících se poruch.

Ucelený návrh řešení by měl být rozdělen do třech základních oblastí:

- **Konstrukční návrh**, zajišťující splnění základních požadavků na stavby, normových požadavků a požadavků na životnost.
- **Energetický návrh**, zajišťující efektivní úsporu provozních energií objektu a optimalizaci návrhu z hlediska komplexního energetického hodnocení.
- **Recyklace a využití odpadů**, pro zajištění snížení odpadů ze střech a šetrnost návrhu k životnímu prostředí.

### 2.1 Základní pojmy a definice

Pro účely této práce jsou vybrány základní definice uvedené v [4] a [5].

- **plochá střecha**  
Střecha se sklonem vnějšího povrchu  $\alpha \leq 5^\circ$ .
- **nosná konstrukce střechy**  
Část střechy přenášející zatížení od jednoho nebo několika střešních pláštěů, doplňkových konstrukcí a prvků i vody, sněhu, větru, provozu apod. do ostatních nosných částí a konstrukcí stavby.
- **střešní plášť**  
Část střechy tvořená nosnou vrstvou střešního pláště, k níž jsou zpravidla přiřazeny některé další vrstvy v závislosti na funkci pláště (vrstva vodotěsnící, tepelněizolační, spádová, podkladní, parotěsnící, expanzní, pojistná, doplňková nebo pomocná vodotěsnící, ochranná, provozní, pohledová, dilatační, separační, spojovací, stabilizační, drenážní, filtrační, hydroakumulační a pohledová).
- **skladba střechy; střešní souvrství; konstrukční princip střechy**  
Uspořádání vrstev do střešních pláštěů a řešení větrání střechy.
- **údržba střechy**  
Udržovací práce vedoucí k obnovení nebo prodloužení funkce volně přístupných prvků a vrstev střech (údržba, případně výměna poškozených částí krytin, obnovovací nátěry, výměny tmelových výplní spár apod.)
- **vodotěsnící vrstva; vodotěsnící konstrukce**  
Zabraňuje pronikání atmosférické, provozní nebo technologické vody do střechy nebo prostředí pod ní.
- **kotevní prvek**  
Bodový nebo líniový upevňovací prvek, přenášející kolmou složku zatížení (např. od sání větru) z kotvené střešní vrstvy do nosné střešní konstrukce (staticky aktivní



kotvy) nebo zvyšující celkovou stabilitu střešního souvrství (pomocné-staticky neaktivní kotvy) a zvyšující třecí sílu mezi kotvenými vrstvami a podkladem.

- **tepelně izolační vrstva; termoizolační vrstva**

Vrstva podílející se významně na dosažení požadovaného teplotního stavu vnitřního prostředí, bránící zejména nežádoucímu úniku tepla vedením z objektů, popř. chránící stavební konstrukce před nepříznivým působením teploty.

- **atika**

Ohraničující konstrukce na okraji střechy vystupující nad přilehlou úroveň střechy; obvykle se používá k zabránění toku vody ze střechy na chráněné konstrukce.

- **návrhová životnost**

Předpokládaná doba, po kterou má být konstrukce nebo její část používána pro stanovený účel při běžné údržbě, avšak bez nutnosti zásadnější opravy.

- **spolehlivost střech**

Spolehlivost střechy je schopnost střechy plnit základní funkce při návrhových podmínkách a při běžné údržbě po dobu plánované životnosti střechy.

- **plánovaná životnost střechy**

Doba, po kterou musí střecha při běžné údržbě a působení běžně předvídatelných vlivů plnit základní požadavky platné v době zpracování projektové dokumentace.

- **životnost (stavby)**

Doba, během níž budou ukazatele charakteristik stavby udrženy na úrovni slučitelné s plněním základních požadavků.

- **životnost (výrobku)**

Doba, během níž budou ukazatele charakteristik výrobku udrženy na úrovni, která umožní, aby správně navržená a provedená stavba plnila základní požadavky (tzn. základní charakteristiky výrobku splní nebo překročí minimálně přijatelné hodnoty, aniž by se tím vyvolaly větší náklady na opravu nebo výměnu). Životnost výrobku závisí na jeho vlastní trvanlivosti a běžné údržbě.

- **trvanlivost výrobku**

Schopnost výrobku udržet požadované ukazatele svých charakteristik po dobu, kdy je vystaven předvídaným zatížením. Při běžné údržbě musí výrobek umožňovat, aby správně navržená a provedená stavba plnila základní požadavky po ekonomicky přiměřenou dobu (životnost výrobku).

- **předvídatelná zatížení**

Eventuální degradační faktory, které mohou nepříznivě ovlivnit soulad stavby se základními požadavky. Zahrnují například teplotu, vlhkost, vodu, UV záření, opotřebení, chemické narušení, biologické napadení, korozi, vliv počasí, mráz, mrznutí-tání, únavu (tj. zatížení spojená s „běžnými“ zatíženími, u nichž lze očekávat, že budou působit na stavbu nebo její části).



## 2.2 Vlivy působící na střešní pláště

### Vliv umístění stavby

Posouzení a návrh střešního pláště přímo souvisí se zeměpisnou polohou, přesným umístěním stavby a jeho orientací vůči světovým stranám. Vnější podmínky působící na střešní plášť jsou rozdílné i na tak malém území, jako je Česká republika. Jedná se především o intenzitu slunečního záření, zatížení větrem, průměrné množství atmosférických srážek, průměrné a extrémní teploty a relativní vlhkosti vnějšího vzduchu. [2]

### Klimatické vlivy

Klimatické jevy střešní konstrukci ovlivňují především ve formě zatížení. Jedná se především o námrazu, déšť, vítr, sníh a kroupy.

Stanovení hodnot klimatických jevů a jejich popis je možné na základě normových požadavků ČSN a Eurokódů, které při zatřídění lokality stavby určují hodnoty těchto zatížení. [2]

### Chemické vlivy

Chemické vlivy můžeme stanovit jako agresivní působení vnějších vlivů na daný stavební materiál. Jedná se především o kontakt různých stavebních materiálů, vnější a vnitřní prostředí. [2]

### Biologické vlivy

Při příznivých teplotních a vlhkostních podmínkách se na i uvnitř střešního pláště mohou intenzivně množit a střešní skladbu degradovat skupiny mikrobů, společenstva řas, mechů a lišejníků. Ty mají velký vliv na snížení životnosti skladby a sekundárně i celého objektu. [2]

### Akustické vlivy

Při návrhu střešního pláště musí být dodrženy hygienické předpisy a technické normy, které udávají hodnoty akustických požadavků. Účelem těchto požadavků je především chránit uživatele budov před nadměrným hlukem z exteriéru nebo okolí budovy před hlukem z objektu a také vytvořit správnou akustiku vnitřního prostoru. [2]

## 2.3 Základní požadavky na střešní pláště

Základní požadavky na stavby jsou stanovené v závazné vyhlášce č. 268/2009 Sb. O technických požadavcích na stavby. Požadavky na střechy jsou uvedeny v normě ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení [4].

Stavba musí být navržena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a současně plnila základní požadavky, kterými jsou:

### Mechanická odolnost a stabilita

Střešní konstrukce musí být navržena tak, aby bezpečně odolávala namáhání od jednotlivých vlivů zatížení nebo jejich kombinací. Nejedná se pouze o zatížení stálé a užitné, ale i zatížení mimořádné v průběhu užívání stavby a zatížení vznikající při realizaci.

Konstrukce musí odolávat nejen z hlediska celkového kolapsu, ale i z hlediska přípustného průhybu v závislosti na provozuschopnosti a funkční způsobilosti celé stavby.



Průhyb konstrukce mění sklonové poměry plochých střešních pláštů a přispívá ke vzniku kaluží dešťové vody. Kompletační konstrukce a technologické zařízení v podstřešním prostoru mohou být samotným průhybem mechanicky poškozovány.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat stavbám náchylným na dynamické namáhání způsobující kmitání konstrukce, které je charakteristické spíše pro lehké střechy s pružnou nosnou konstrukcí. Kmitání je příčinou poruch ostatních kompletačních konstrukcí, především hydroizolačního souvrství.

Významným mezníkem návrhu střešní konstrukce je vliv umístění stavby. Umístěním stavby do konkrétní lokality jsou stanoveny normové hodnoty zatížení větrem, sněhem a hodnoty exteriérové relativní vlhkosti a teploty. Tyto hodnoty mohou být i přes malou rozlohu České republiky velmi rozdílné. V závislosti na stanovených hodnotách vnějších vlivů dochází k přesnému návrhu skladby střešního pláště, k volbě vhodných materiálů a k návrhu stabilizace jednotlivých vrstev.

### **Požární bezpečnost**

Hlavním předpokladem požární bezpečnosti je snižovat riziko vzniku úrazů, zamezovat ztrátám na životech a na majetku. Stavba má být navržena tak, aby byla zajištěna bezpečná evakuace osob, bylo zabráněno šíření požáru a byl umožněn zásah požárních jednotek. Zároveň musí konstrukce odolávat účinkům požáru (shora i zdola) a zachovávat při požáru svou nosnost, celistvost a izolační schopnost (REI). U každého požárního úseku je nutné stanovit stupeň požární bezpečnosti a tomu odpovídající požární odolnost konstrukce.

Vliv stavebních výrobků na rozvoj požáru je stanoven třídami reakce na oheň s označením A1, A2, B, C, D, E a F podle ČSN EN 13501-1. Hodnocení konstrukčních částí se třídí označením DP1, DP2 a DP3.

V případě zasahování střešního pláště do požárně nebezpečného prostoru, ve kterém je nebezpečí přenosu požáru, musí být povrchové úpravy z nehořlavých hmot.

Světlíky a světlovody jsou z požárního hlediska považovány za povrchovou vrstvu střešního pláště.

### **Ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí**

Stavba musí být navržena tak, aby neohrožovala život a zdraví osob nebo zvířat, bezpečnost, zdravé životní podmínky jejich uživatelů ani uživatelů okolních staveb a neohrožovala životní prostředí nad limity obsažené v jiných právních předpisech. Musí být zabráněno především uvolňování látek nebezpečných pro zdraví, přítomnosti nebezpečných částí v ovzduší, nevhodnému nakládání s odpady, výskytu vlhkostí ve stavebních konstrukcích a na vnitřním povrchu, dále pak tepelně izolačních, zvukově izolačních a světelně technických vlastností.

### **Ochrana proti hluku**

Stavba musí zajišťovat, aby hluk a vibrace působící na osoby a zvířata byly na takové úrovni, která neohrožuje zdraví, zaručí noční klid a je vhodná pro prostředí s pobytem osob nebo zvířat, a to i na sousedících pozemcích a stavbách.



Požadovaná vzduchová neprůzvučnost obvodových plášťů budov je dána normovými hodnotami ČSN 730532.

Všechna zabudovaná technická zařízení působící hluk a vibrace musí být v budově umístěna tak, aby byl omezen přenos hluku a vibrací do stavební konstrukce a jeho šíření. A to především u staveb určených pro pobyt osob.

### **Bezpečnost při provádění a užívání**

Stavba by měla být prováděna odbornou stavební firmou. Při provádění a užívání stavby by mělo být zabráněno pohybu nepovolaných osob a měla by být zajištěna ochrana zdraví osob.

### **Úspora energie a tepelná ochrana**

Střešní konstrukce musí splňovat požadavky na šíření tepla, šíření vodní páry a šíření vzduchu konstrukcemi dané normovými hodnotami.

Normou ČSN 73 0540-2 jsou stanoveny požadavky na hodnotu součinitele prostupu tepla a požadavek na nulovou průvzdušnost.

Střecha nad vnitřním prostředím musí být vzduchotěsná.

Nová česká legislativa o náročnosti budov nahrazuje zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií novým zákonem č. 318/2012 Sb., který je platný od 1. ledna 2013. Zákonem jsou definované požadavky pro splnění energetické náročnosti nových i rekonstruovaných budov - §7. Požadavky tohoto zákona jsou od září 2012 právně vynutitelné. Z těchto důvodů stále častěji přistupujeme k rekonstrukcím stávajících staveb se zaměřením především na zateplení obálky budovy. Zateplení objektu má zásadní roli na energetickou náročnost budovy, která je stanovena prováděcí vyhláškou č. 78/2013 sb. s účinností od 1. dubna 2013.

### **Udržitelné využívání přírodních zdrojů**

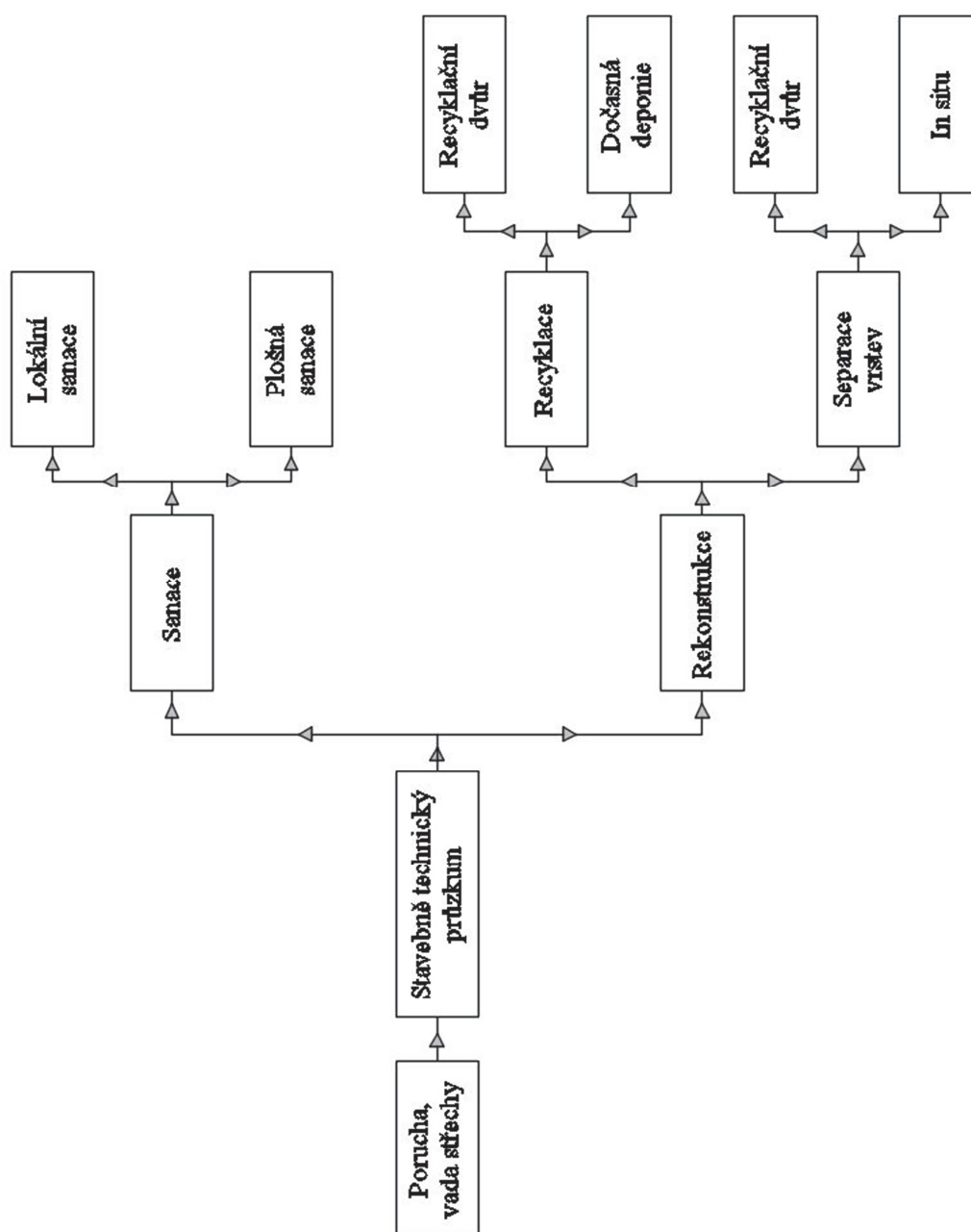
Od března 2011 je stanoven požadavek na udržitelné využívání přírodních zdrojů, které je součástí Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky uvádění stavebních výrobků na trh. Tímto požadavkem musí být zajištěno zejména:

- a) opětovné využití nebo recyklovatelnost staveb, použitých materiálů a částí po zbourání;
- b) životnost staveb;
- c) použití surovin a druhotných materiálů šetrných k životnímu prostředí při stavbě.



## 2.4 Sanace a rekonstrukce plochých střešních plášt'ů

Základním předpokladem před návrhem sanace je podrobná analýza stávajícího stavu střechy zhotovením stavebně technického průzkumu, který zahrnuje získání podkladů projektové dokumentace, zaměření stávajícího stavu a případné provedení sond. Vady a poruchy střešního pláště lze, při zajištění efektivity, ve většině případů sanovat. Postup sanace a rekonstrukce jsem graficky znázornil na obrázku č.1.



Obrázek č. 1, Postup sanace a rekonstrukce



### Sanace střešního pláště [6]

#### a) sanace vodotěsnící vrstvy/konstrukce

- *puchýře*: Způsobené především zabudovanou vlhkostí, difuzí vodní páry nebo zatékáním do konstrukce. Možné je sanovat proříznutím krytiny a následným vysušením uzavřené vlhkosti. Po vysušení je krytina zpětně natavena a přelepena záplatami.
- *nerovnosti*: Projevem nerovností je především vznik kaluží, které mají vliv na degradaci krytiny. Sanace je možná dodatečným vložením spádové vrstvy nebo lokálním použitím sypké směsi.
- *trhliny a nerovnosti*: Živičné krytiny je možné sanovat pomocí směsí modifikovaných asfaltů, případně nástřiky PVC.
- *pochůzná vrstva*: Zpravidla dochází k zatékání u dilatačních spár, prvků odvodnění a klempířských výrobků. Je třeba přistupovat zcela individuálně pro konkrétní poruchy. Zpravidla jsou navrhovány výměny hydroizolační vrstvy a nášlapné vrstvy.
- *fóliové krytiny*: V místech trhlin, zvlnění nebo nekvalitně provedeného spoje se sanace provádí pomocí vložením dodatečné fólie a dolepením spoje.
- *přidání další vrstvy krytiny*: Je možné doplnit souvislou hydroizolační vrstvu při zajištění prostupu vodních par ze střešního pláště.

#### b) sanace vnitřních vrstev střešního pláště

- *uzavřená vlhkost*: Vlhkost je do konstrukce uzavřena zejména při realizaci spádové vrstvy mokřým procesem. Odstranění vlhkosti je možné zajistit zhotovením dodatečných větracích kanálků.
- *doplnění tepelné izolace*: Střechy s nedostatečnou tepelně izolační vrstvou je možné doplnit o souvrství tepelné izolace a hydroizolace nad stávající krytinu při zajištění tepelně technických a vlhkostních požadavků. Možné je použít tepelně izolační vrstvu z extrudovaného polystyrenu bez nové krytiny, se stabilizací přetížením.
- *parotěsná zábrana*: Sanace parozábrany je téměř vždy prováděna s nutností destrukce stávajícího souvrství. Alternativně lze za určitých podmínek aplikovat parotěsný nátěr na vnitřní stranu nosné konstrukce.

### Sanace detailů střešního pláště [6]

Sanace detailů je zcela individuální dle konkrétních poruch a vad. Jedná se zejména o poruchy u atik, větracích komínků, vstupů, světlíků apod. Pro eliminaci závad a zajištění dlouhodobé trvanlivosti je nutné provádět pravidelnou údržbu střechy, která má být v souladu se zamýšlenými cykly obnovy nebo cykly změn některých vlastností vrstev a prvků.

### Volba nového návrhu střešního pláště [6]

V případě neefektivní nebo pracnosti sanace stávajícího střešního pláště je možné přistoupit k řešení technicky náročnějšímu:





- *nový střešní plášť*: Jedná se o kompletní odstranění a novou realizaci střešního pláště. Z hlediska snižování odpadů a šetrnosti k životnímu prostředí má být zhodnocena možnost ponechání původních vrstev. V případě ponechání části původní skladby musí být zaručena dostatečná životnost těchto vrstev.
- *změna konstrukčního řešení*: Jedná se např. o změnu jednoplášťové střechy na střechu obrácenou nebo střechu duo. Další možností je změna jednoplášťové střechy na dvouplášťovou s větranou skladbou nebo opačně.
- *nástavba*: Zhotovení nové nosné konstrukce nad stávající střechem vytvářející novou sedlovou nebo mansardovou střechu. Realizace nástavby může být provedena i jako obytná pro navýšení užité plochy objektu.

## 2.5 Tepelně technické požadavky v ČR

Při návrhu střešního pláště musí být splněny požadavky závazné normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: požadavky, z října 2011 [7]:

### Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Konstrukce a styky konstrukcí v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi \leq 60\%$  musí v zimním období za normových podmínek vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{Rsi}$  [-] splňoval podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$
$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$$

$f_{Rsi,N}$  je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]

$f_{Rsi,cr}$  je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu

### Součinitel prostupu tepla

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla musí být splněna dle podmínky:

$$U \leq U_{N,20}$$

$U$  vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla [ $W/m^2K$ ]

$U_{N,20}$  požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [ $W/m^2K$ ]

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 jsou uvedeny v tabulce č.1.

Tabulka č. 1, Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2

Popis konstrukce	součinitele prostupu tepla $U$ [ $W/m^2K$ ]	
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16



## Šíření vlhkosti v konstrukci

Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce  $M_c$  [ $\text{kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ ] mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce  $M_c = 0$ .

U stavebních konstrukcí, u kterých vodní páry neohrozí její požadovanou funkci je stanoveno omezení ročního kondenzátu tak, aby byla splněna podmínka  $M_c \leq M_{c,N}$ .

Pro jednoplášťovou střechu je stanoven limit zkondenzované vodní páry  $M_{c,N}$  tak, aby byla splněna podmínka  $M_c \leq 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$  nebo 3% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než  $100 \text{ kg/m}^3$ . Pro materiál s objemovou hmotností nižší než  $100 \text{ kg/m}^3$  se použije 6% jeho plošné hmotnosti.

Pro víceplášťové střechy je stanoven limit zkondenzované vodní páry  $M_{c,N}$  tak, aby byla splněna podmínka  $M_c \leq 0,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$  nebo 5% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než  $100 \text{ kg/m}^3$ . Pro materiál s objemovou hmotností nižší než  $100 \text{ kg/m}^3$  se použije 10% jeho plošné hmotnosti.

Ve stavební konstrukci s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované roční páry uvnitř konstrukce  $M_c$ , v  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{rok}$  musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce  $M_{ev}$  v  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ .

## 2.6 Tepelně technické požadavky v zahraničí

### Slovenská republika

Požadavky jsou uvedeny v normě STN 73 0540-2: 2012 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov., Část 2: Funkční požadavky [8].

### Vnitřní povrchová teplota

Stěny a stropy musí v každém místě vnitřního povrchu splnit povrchovou teplotu, která je bezpečně nad teplotou rosného bodu a vylučuje riziko vzniku plísní (odpovídá povrchové relativní vlhkosti vzduchu 80 %). Nejnižší vnitřní povrchová teplota se určí výpočtem pro kritické detaily. Pro návrhovou teplotu vnitřního vzduchu  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  s 50 % relativní vlhkostí, je minimální povrchová teplota pro vyloučení vzniku plísní  $12,6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Pro konstrukce, které ohraničují prostor s relativní vlhkostí vzduchu do 50% je nutné splnit požadavek na teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce.

Tabulka č. 2, Požadavek na teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce dle STN 73 0540-2

Teplota venkovního vzduchu $\theta_e$ [ $^\circ\text{C}$ ]	Teplota vnitřního vzduchu $\theta_i$ [ $^\circ\text{C}$ ]	Teplotní faktor $f_{rsi,N}$	
		$\theta_i = 20^\circ\text{C}$	$\theta_i = 22^\circ\text{C}$
-12	13,1	0,78	0,74
-15	13,1	0,80	0,76
-18	13,1	0,82	0,78



### Součinitel prostupu tepla

Konstrukce střech musí splnit normalizované požadované hodnoty  $U_N$ . U větší změny dokončené budovy, kde to není funkčně, technicky a ekonomicky možné, musejí dotčené konstrukce splnit maximální hodnotu  $U_{max}$ .

Tabulka č. 3, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle STN 73 0540-2

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K]			
	Maximální hodnota $U_{max}$	Normalizovaná požadovaná hodnota $U_N$	Doporučená hodnota $U_{r1}$	Cílová doporučená hodnota $U_{r2}$
Ploché a šikmé střechy	0,30	0,20	0,10	0,10

### Šíření vlhkosti v konstrukci

Posuzování šíření vlhkosti v konstrukci je obdobou posuzování v ČR. Musí být splněny následující parametry:

- Zkondenzovaná vodní pára neohrozí funkci konstrukce
- Limit množství zkondenzované vodní páry za rok musí být menší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok pro jednoplášťové střechy a menší než 0,5 kg/m<sup>2</sup>.rok pro ostatní konstrukce
- Roční množství zkondenzované vodní páry musí být nižší než roční množství odpařitelné vodní páry.

### **Rakouská republika**

Požadavky na energetickou kvalitu budov jsou stanoveny v závazné směrnici OIB-Richtlinie z roku 2015 – úspora energie a ochrana tepla [9]. Kondenzace vodní páry jsou hodnoceny dle normy ISO 13788:2012 [10]. Spolkové země mohou ve svých předpisech stanovit doplňující kritéria a požadované hodnoty.

### Součinitel prostupu tepla

Pro novostavby i rekonstrukce musí být splněny maximální součinitele prostupu tepla dle tabulky č.4.

Tabulka č. 4, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle OIB-Richtline 6

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> .K]
Střechy, stropy pod nevytápěným podkrovím	0,20

### **Spolková republika Německo**

Hlavní normou, která řeší požadavky tepelné techniky je DIN 4108 Tepelná ochrana a úspora energie v budovách [11]. Používá se hodnocení referenční budovy, kde parametry jsou pevně dané v EnEV 2014 [12]. Kondenzaci vodních par řeší německá norma DIN 4108-3 a evropská norma DIN EN ISO 13788 [10].



Tabulka č. 5, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle EnEV2014

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> .K], bytové stavby		Součinitel prostupu tepla $U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> .K], nebytové stavby	
	Ti ≥ 19°C	Ti 12-19°C	Ti ≥ 19°C	Ti 12-19°C
Ploché střechy	0,20	0,35	0,28	0,50

### Polská republika

Splnění tepelně technických požadavků zajišťuje závazné nařízení ministra dopravy a stavebnictví č. Dz.U. 2013 poz. 926, O technických podmínkách, které by budovy měly splňovat [13]. Ve vyhlášce jsou uvedeny požadavky na splnění součinitele prostupu tepla, teplotního faktoru a množství kondenzace. Metody výpočtu jsou hodnoceny dle převzaté evropské normy PN EN ISO 13788 [10].

Tabulka č. 6, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle Dz.U. 2013 poz. 926

Typ konstrukce a teplota interiéru	Součinitel prostupu tepla $U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> .K]		
	od 2014	od 2017	od 2021*
Sřechy			
a) $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
b) $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
c) $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70	0,70

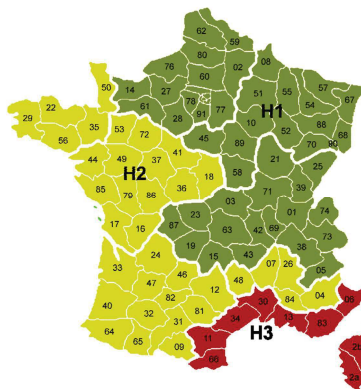
\*V případě budov ve vlastnictví veřejných orgánů je požadavek platný od r. 2019

Vyhláška stanovuje podmínky splnění požadavku na povrchovou kondenzaci vodních par. Povinnost je splnění požadavku teplotního faktoru  $f_{Rsi}$ , který musí být vyšší než kritická hodnota. Kritická hodnota pro vnitřní návrhovou teplotu 20°C a relativní vlhkost vzduchu 50% je rovna 0,72 [-]. Kondenzace uvnitř konstrukce je umožněna v případě, že v průběhu léta dojde k úplnému odpaření a nezpůsobí degradaci konstrukčních materiálů.

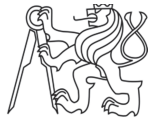
### Francouzská republika

Základním dokumentem pro hodnocení tepelně technických požadavků je závazný předpis z roku 2012 Réglementation thermique.

Požadavek tepelného odporu pro rekonstrukce budov je stanoven nařízením (NOR : LHAL1614615A) ze dne 22. března 2017, kterým se mění nařízení ze dne 3. května 2007. Požadavek je rozdělen na tři klimatické oblasti H1-H3.



Obrázek č. 2, Rozdělení klimatických oblastí, Francouzská republika



Tabulka č. 7, Požadavek na tepelný odpor (NOR : LHAL1614615A)

Konstrukce	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> .K/W]		
	klimatická zóna H1	klimatická zóna H2 (H3 nad 800 m.n.m.)	klimatická zóna H3 do 800 m.n.m.
Střechy do sklonu 60°	4,4	4,3	4
Střešní terasy	3,3		

Tabulka č. 8, Požadavek na tepelný odpor (NOR : LHAL1614615A), od roku 2023

Konstrukce	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> .K/W]		
	klimatická zóna H1	klimatická zóna H2 (H3 nad 800 m.n.m.)	klimatická zóna H3 do 800 m.n.m.
Střechy do sklonu 60°	5,2	4,5	4
Střešní terasy	4,5	4,3	4

## 2.7 Tepelné ztráty prostupem konstrukcí a potřeba energie na vytápění

Pro stanovení energetické efektivity návrhu rekonstrukce je nutné výpočtově vyjádřit potřebu provozních energií, tedy potřebu tepla na vytápění. Úspora provozních energií je rozdíl potřeby tepla vypočtená pro stávající konstrukci a konstrukci po rekonstrukci. Výpočet je možné provést dle následujícího postupu.

### Potřeba energie na vytápění

Potřebu energie na vytápění v návaznosti na výpočet tepelné ztráty prostupem je možné vypočítat pomocí dennostupňové metody. Postup této metodiky není normativně ukotven, přesto poskytuje přesné hodnoty výpočtu. Pro výpočet je nutné zvolit počet dnů otopného období. V ČR je průměrná délka otopného období 242 dní s poměrem při porovnání lokalit 94,2%.

$$Q_{\text{vyt},i} = 24 \cdot 3600 \cdot \Phi_{T,i} \cdot d \cdot (t_{is} - t_{es}) / (t_{is} - t_{ev})$$

$Q_{\text{vyt},i}$	Roční potřeba energie na vytápění [J]
24	Počet hodin v jenom dnu [-]
3600	Přepočet wathodin na jouly [-]
$\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta prostupem tepla skrz konstrukci [W]
d	Počet dnů otopného období v roce [-]
$t_{is}$	Průměrná vnitřní teplota v objektu [°C]
$t_{es}$	Průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]
$t_{ev}$	Výpočtová venkovní teplota [°C]

### Tepelné ztráty prostupem tepla skrz konstrukci

Tepelná ztráta prostupem konstrukcí je tepelný tok skrz konstrukci z vytápěného prostředí do venkovního prostředí. Postup výpočtu dle ČSN EN 12831 tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu [14]:



$$\Phi_{T,i} = A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$$

$\Phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta [W]
$U_k$	Součinitel prostupu tepla [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ]
$\theta_{\text{int},i}$	Návrhová teplota interiéru [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\theta_e$	Návrhová teplota exteriéru [ $^{\circ}\text{C}$ ]

## 2.8 Energetické hodnocení objektů – svázané energie

Požadavky na využívání materiálů šetrných k životnímu prostředí dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011 jsou podnětem k hodnocení jednotlivých výrobků z hlediska dopadů na životní prostředí. To je v praxi prokazováno tzv. Environmentálním prohlášením o produktu (Environmental Product Declaration – EPD), což je „soubor měřitelných informací o vlivu produktu na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu“. Tyto informace jsou získávány metodikou analýzy životního cyklu (LCA) podle norem ČSN EN ISO 14040 [15] a ČSN EN ISO 14044 [16].

V současné době u budov posuzujeme především úsporu energie na vytápění, chlazení, větrání, ohřev TV a osvětlení. Požadavek na využívání materiálů šetrných k životnímu prostředí doplňuje výpočet energetické náročnosti objektu o spotřebu svázané energie – PEI [MJ] (Primary Energy Input) jednotlivých materiálů. Svázané energie materiálu jsou hodnoceny v průběhu celého životního cyklu materiálu:

- těžba surovin včetně transportu
- výroba materiálu
- transport materiálu na stavbu
- zabudování na stavbě
- údržba materiálu po dobu životnosti
- recyklace materiálu, odstranění

Hodnoty svázaných energií jsou mnoha zdroji uváděny s velkými rozdíly, které jsou způsobené chybou vstupních údajů. Přesto tyto údaje poskytují relevantní odborný odhad ekologické, resp. energetické zátěže staveb.

Základní pojmy a definice:

- **EPD**

*Environmentální prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration – EPD) je "soubor měřitelných informací o vlivu produktu (výrobku nebo služby) na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu" (např. spotřeba energií a vody, produkce odpadů, vliv na změnu klimatu, eutrofizaci, rozrušování ozonové vrstvy apod.). Tyto informace se zjišťují metodou analýzy životního cyklu (LCA) podle norem ČSN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044. Mohou být ještě doplněny různými dalšími údaji, jež jsou považovány za podstatné. Dokument (EPD) s těmito údaji musí být veřejně přístupný a údaje v něm obsažené musí být ověřitelné. V podstatě tedy jde o podrobný "průkaz" produktu o jeho vlivu na životní prostředí. [17]*

*citováno z <http://www.cenia.cz>*



- **PEI**

*Svázaná energie, udávající celkovou spotřebu přírodních zdrojů energie během životního cyklu. Jednotka obvykle udávána v MJ. [17]*

*citováno z <http://www.envimat.cz>*

- **LCA**

*Základní metodikou pro hodnocení environmentální kvality produktu je hodnocení životního cyklu – LCA (Life Cycle Assessment). Tato metodika je použitelná na jakýkoliv produkt lidské činnosti, tedy i stavební materiály. Z LCA vychází všechny v současnosti používané metody posuzování environmentálních vlastností stavebních produktů. Liší se především zvolenými systémovými hranicemi a použitou databází.*

*Při hodnocení dopadů "života materiálu" by do posuzování měly vstupovat údaje z celého jeho životního cyklu. Takovýto přístup by pak využíval hranice systému "Cradle to Grave", neboli od kolébky do hrobu, které zahrnují všechny fáze životního cyklu výrobku od těžby primárních surovin, přes výrobu, dopravu, zabudování, až po likvidaci. V poslední době se zmiňuje dokonce přístup "Cradle to Cradle", tedy uzavřený životní cyklus výrobků zahrnující i jejich recyklaci. [17]*

*citováno z <http://www.envimat.cz>*

### **Energetické hodnocení objektů v České republice:**

Energetické hodnocení objektů je v České republice legislativně vyžadováno tzv. Průkazem energetické náročnosti budovy, který je zhotoven podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií (č. 318/2012 Sb.) a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Jde o dokument obsahující informace o energetické náročnosti budovy, která je znázorněna v grafické a číselné podobě. PENB hodnotí budovu z hlediska všech energií vstupujících do budovy, avšak neřeší problematiku svázaných energií použitých materiálů.

V dnešní době jsou dostupné certifikační systémy, které problematiku svázaných energií materiálů zahrnují, ale při svém hodnocení je věnována pozornost především multikriteriálnímu řešení celého objektu. Použití těchto systémů je dnes zcela dobrovolné a jejich význam je převážně ekonomický.

V České republice je využíván např. plně lokalizovaný certifikační systém SBToolCZ, který je založen na mezinárodním hodnotícím rámci SBTool. Národní platforma SBToolCZ je vyvíjena centry CIDEAS a SUBSTANCE při Katedře konstrukcí pozemních staveb na Fakultě stavební ČVUT v Praze.

#### **Kritéria hodnocení certifikačního systému SBToolCZ:**

- E - Environmentální kritéria
- S - Sociální kritéria
- C - Ekonomika a management
- L – Lokalita

Záměrem těchto hodnocení je využívání materiálů šetrných k životnímu prostředí a předpoklad zvýšení kvality vnitřního prostředí a okolí budovy.



Výpočet svázaných energií konstrukce dle metodiky SBToolCZ [18] připouští neúplné hodnocení a to z následujících důvodů:

- Vzhledem k neúplným materiálovým databázím je metodika výpočtu nucena povolit výjimku v případě neobsaženého materiálu. V metodice je napsáno: „*Pokud katalog neobsahuje hledaný materiál, pak je na úvaze auditora zvolit materiál obdobný, který je v katalogu obsažen*“.
- Výpočet dle metodiky SBToolCZ definuje typy materiálů, které nejsou do bilance energetické náročnosti zahrnuty. Jde o materiály finálních úprav (lišty, klempířské prvky, kliky, aj.) a systémy TZB (včetně elektroinstalací). Tyto výrobky a systémy, vzhledem k jejich výrobním surovinám a četnosti, mohou mít vysokou energetickou náročnost a významně ovlivnit celkovou energetickou bilanci.
- Metodika SBToolCZ uvažuje délku životního cyklu budovy 50 let. Tato hodnota odpovídá hodnotě charakteristické návrhové životnosti dle ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Reálná životnost konstrukcí budov je při uvažování drobných oprav a správné údržbě vyšší. Při výpočtech celkové energetické bilance konstrukce není metodikou započítán vliv lidského faktoru a vady jednotlivých výrobků, které mají vliv jak na morální, tak i na fyzickou životnost materiálů a stavby jako celku. Lidský faktor a vady materiálů jsou příčinou opakované nutnosti rekonstrukce. Při rekonstrukci jsou soubory materiálů stavby likvidovány (případně recyklovány) a nahrazovány novými. Tyto nové materiály zvyšují celkovou energetickou bilanci konstrukcí stavby.

V České republice je doposud jediná databáze hodnot EPD Envimat, která přejímá především hodnoty ze zahraniční švýcarské databáze Ecoinvent. Převzaté hodnoty parametrů materiálů vzhledem k obecným názvům materiálů a zahraniční lokaci mohou vykazovat značné odchylky s porovnáním obdobných českých výrobků. Do české databáze se již zapojili někteří výrobci, kteří databázi postupně doplňují o konkrétní výrobky s výpočtem hodnot dle metodiky analýzy životního cyklu (LCA). Počet českých výrobců a výrobků v databázi Envimat však není dosud tak rozsáhlý, aby ji bylo možné využít ke komplexnímu hodnocení budovy nebo její části.

### **Energetické hodnocení objektů v zahraničí**

V zahraničí jsou dostupné různé certifikační systémy multikriteriálního hodnocení budov, které ve svém hodnocení zahrnují i energetickou náročnost. V České republice jsou z těchto systémů využívány především BREEAM a LEED. Jde o certifikační systémy s komplexním hodnocením budovy. Tyto systémy analyzují velké množství kritérií, které stavbu řeší jako celek a na základě bodového nebo procentuálního hodnocení vystaví certifikát kvality.

Používání těchto hodnotících nástrojů je zcela dobrovolné a význam mají především ekonomický a konkurenční.

Primární energie materiálů jsou jedním z mnoha bodově hodnocených kritérií certifikace.





Světové hodnotící nástroje:

- LEED – Využívána v USA a vyvíjena organizací USGBC (U.S. Green Building Council).
- BREEAM – Využívaná ve Velké Británii a vyvíjená výzkumným ústavem BRE (British Research Establishment).
- HQE – Využívaná ve Francii a vyvíjená CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment).
- DGNB a BNB – Využívaný v Německu.
- SBTool – Itálie, Španělsko a Portugalsko využívají národní lokalizaci metodiky SBTool.

V zahraničí je možné hodnoty EPD čerpat např. z:

*Ecoinvent*                      Swiss centre for Life Cycle Inventories  
<http://www.ecoinvent.org/>  
Švýcarsko  
- Přední světová a aktualizovaná databáze dat, která se svým obsahem řadí mezi nejrozsáhlejší. Získání dat je podmíněné zakoupením licence.

*IBO Baustoffdatenbank*                      [www.baubook.at](http://www.baubook.at)  
Rakousko  
- Volně dostupná databáze s velkým množstvím dat bez nutnosti zakoupení licence nebo přihlašování. Dostupné jsou i informace o uvažovaných kritériích výrobců uváděných materiálů.

*ICE databáze*                      [www.bath.ac.uk](http://www.bath.ac.uk)  
Univerzity of Bath, Velká Británie  
- Katedra mechanického inženýrství vydala v lednu 2011 souhrnné tabulky, kde udává svázané energie velkého množství stavebních materiálů.

*Environdec*                      [www.environdec.com](http://www.environdec.com)

*INIES*                      [www.inies.fr](http://www.inies.fr)

*Bauteilkatalog*                      [www.bauteilkatalog.ch](http://www.bauteilkatalog.ch)

*IBU*                      [www.bau-umwelt.de](http://www.bau-umwelt.de)

### **Význam hodnocení dle energetického kritéria**

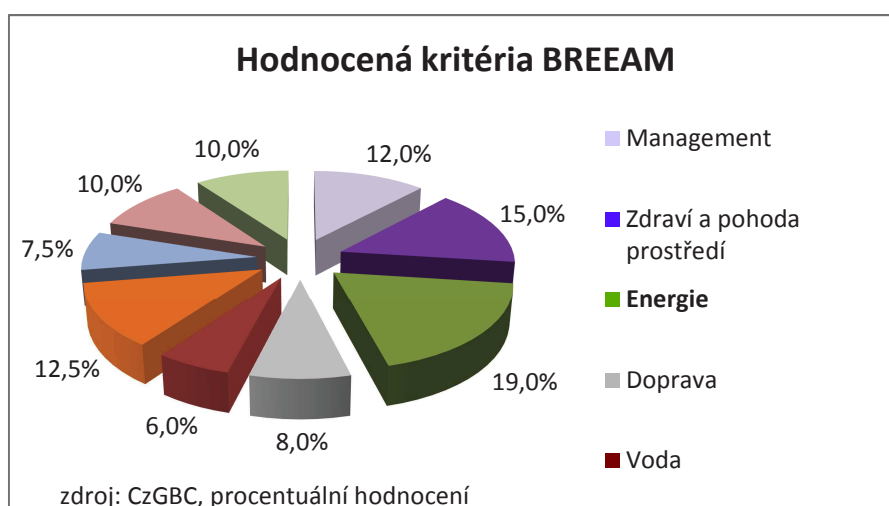
V prosinci roku 1997 byl přijat Kjótský protokol jako mezinárodní smlouva k Rámcové smlouvě OSN o změně klimatu. Průmyslové země se v tomto protokolu zavázaly snížit emise skleníkových plynů o 5,2 % v období (2008-2012). V prosinci 2012 byl přijat dodatek o pokračování tohoto protokolu pro období 2013-2020. EU se v tomto dodatku zavázala snížit



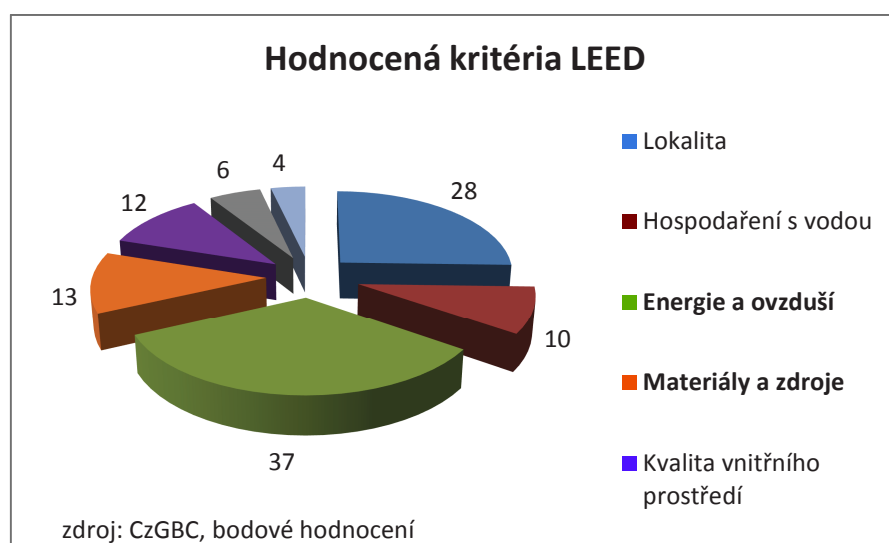
do roku 2020 emise skleníkových plynů o 20% v porovnání s rokem 2009. Česká republika Protokol podepsala 23. 11. 1998 na základě usnesení vlády č. 669/1998 s ratifikací 15. 11. 2001. Ve stavebnictví je tato smlouva základem pro podporování úspor energií v obytném sektoru. Stávající objekty jsou modernizovány se zaměřením na zateplení obálky budovy a snižování provozních energií.

Energetické hodnocení budovy je ve fázi návrhu prokazované průkazem energetické náročnosti PENB, kde jsou hodnocena kritéria dodané energie do objektu související pouze s jeho provozem. Pro komplexnost hodnocení by měly být do výpočtu zahrnuty veškeré energetické vstupy, tedy i svázané energie materiálů související s jejich životním cyklem. Při výpočtu by měla být posuzována energetická výhodnost opatření a energetická návratnost.

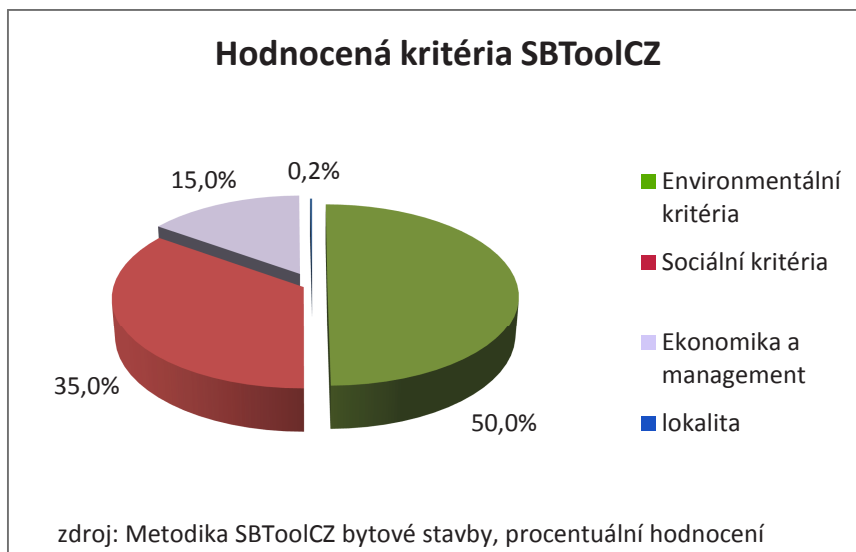
Svázané energie spojené s materiály do svých výpočtů zahrnují hodnotící certifikační nástroje LEED, BREEAM, SBToolCZ aj., jako jedno z hodnocených kritérií. Kritéria a jejich význam jsou sestaveny do následujících grafů.



Graf č. 1, Hodnocená kritéria certifikačního systému BREEAM [19]



Graf č. 2, Hodnocená kritéria certifikačního systému LEED [19]



Graf č. 3, Hodnocená kritéria certifikačního systému SBToolCZ [18]

Environmentální kritéria jsou dle metodiky SBToolCZ pro obytné budovy dělena na dílčí části, které jsou shrnuty v tabulce č.9.

Tabulka č. 9, Struktura environmentálních kritérií SBToolCZ [18]

Struktura environmentálních kritérií	váha
Potenciál globálního oteplování (GWP)	15%
Potenciál okyselování prostředí (AP)	6%
Potenciál eutrofizace prostředí (EP)	2%
Potenciál ničení ozónové vrstvy (ODP)	4%
Potenciál tvorby přízemního ozónu (POCP)	4%
Využití zeleně na pozemku	6%
Využití zeleně na střechách a fasádách	4%
Spotřeba pitné vody	7%
Spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů	<b>21%</b>
použití konstrukčních materiálů při výstavbě	12%
Využití půdy	13%
Podíl dešťové vody zachycené na pozemku	6%

Ze sestavených grafů č.1,2 a 3 a tabulky č.9 je patrné, že kritéria energií a materiálů zahrnují při hodnocení certifikačních systémů významnou část. Z tohoto důvodu je při návrhu střech vhodné zahrnout bilanci svázaných energií materiálů do celkové výpočetní bilance provozních energií budovy a zhodnotit efektivitu a energetickou návratnost.



## 2.9 Hodnocení energetické návratnosti a efektivity

Při návrhu sanací a rekonstrukcí jsou do konstrukce střechy zabudovávány nové materiály, pro které je možné na základě LCA analýzy nebo dostupných databází stanovit hodnotu svázaných energií. Energetickou návratnost a efektivity je možné určit poměrem úspory provozních energií a dodatečně vložených svázaných energií materiálů dle vztahu:

$$n = A_{\text{stř}} \frac{\Sigma \text{PEI}}{\text{EN}_{\text{úsp}}}$$

$n$  = počet let energetické návratnosti [roky]

$A_{\text{stř}}$  = plocha střešního pláště [ $\text{m}^2$ ]

$\Sigma \text{PEI}$  = celkové svázané energie nových materiálů skladby [ $\text{GJ}/\text{m}^2$ ]

$\text{EN}_{\text{úsp}}$  = úspora provozních energií budovy na vytápění [GJ]

Základním kritériem při hodnocení efektivity návrhu je minimalizace doby návratnosti při zajištění konstrukčních a normových požadavků. Návratnost musí být vždy kratší, než je plánovaná životnost konstrukce střechy.

## 2.10 Legislativa v oblasti odpadového hospodářství

Průmyslové a ekonomicky vyspělé země se problematikou odpadového hospodářství významně zabývají teprve v posledních 20ti až 30ti letech. Jde tedy o mladou ale rychle se rozvíjející oblast národního hospodářství. První zákon o odpadech č. 238/1991 Sb. v ČR nabyl účinnosti až v roce 1991. Do roku 1991 nebylo nakládání s odpady legislativně regulováno.

### 2.10.1 Právní předpisy v ČR

Pravidla odpadového hospodářství jsou stanovena zákonem č. 185/2001 Sb. zákon o odpadech, který byl novelizován naposledy v r. 2015. Zákon řeší především pravidla pro předcházení vzniku odpadů a při nakládání s nimi, dodržování ochrany životního prostředí, lidského zdraví a trvale udržitelný rozvoj, omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšení účinnosti tohoto využívání.

Dlouhodobou strategii odpadového hospodářství stanovuje Plán odpadového hospodářství České republiky na období 2015-2024, který byl schválen vládou 22.12.2014. Nařízením vlády č. 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky se v §1 vyhláší závazná část POH ČR pro období 2015-2024.

Zařazování odpadů podle Katalogu odpadů se provádí dle vyhlášky č. 93/2016 Sb. Vyhláška o katalogu odpadů. V příloze vyhlášky je Katalog odpadů rozdělen do 20ti skupin. Stavební a demoliční odpady jsou zařazeny do skupiny č. 17.

V tabulce č. 10 jsou uvedené skupiny odpadů dle Katalogu odpadů pro střechy. Nebezpečné odpady jsou označeny symbolem „\*“.



Tabulka č. 10, Skupiny stavebních odpadů dle vyhlášky č. 93/2016 Sb.

17	STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY STŘEŠNÍCH PLÁŠTŮ
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika
17 01 01	Beton
17 01 02	Cihly
17 01 03	Tašky a keramické výrobky
17 02	Dřevo, sklo a plasty
17 02 01	Dřevo
17 02 02	Sklo
17 02 03	Plasty
17 02 04*	Sklo, plasty a dřevo obsahující nebezpečné látky nebo nebezpečnými látkami znečištěné
17 03	Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu
17 03 01*	Asfaltové směsi obsahující dehet
17 03 02	Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01
17 03 03*	Uhelný dehet a výrobky z dehtu
17 04	Kovy (včetně jejich slitin)
17 04 01	Měď, bronz, mosaz
17 04 02	Hliník
17 04 03	Olovo
17 04 04	Zinek
17 04 05	Železo a ocel
17 04 06	Cín
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu
17 06 01*	Izolační materiál s obsahem azbestu
17 06 03*	Jiné izolační materiály, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky
17 06 05*	Stavební materiály obsahující azbest

### 2.10.2 Právní předpisy v Německu, Rakousku a Švýcarsku

V Německu, Rakousku a Švýcarsku mají dlouholetou tradici v odpadovém hospodářství a patří k vyspělým zemím v oblasti recyklace. Jsou ideálními zeměmi pro získání zkušeností, protože stavebnictví a získávání přírodních surovin jsou téměř shodné s Českou republikou.

#### Německo:

Původní oběhový zákon (kreislaufwirtschaft - und abfallgesetz) z r. 1994 byl nahrazen v roce 2012 zákonem o reorganizaci oběhového hospodářství a nakládání s odpady (Gesetz zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts).

Zásadou tohoto zákona je předcházení vzniku odpadů. Cílem je oběhová ekonomika, zachování přírodních zdrojů, ochrana lidí, životního prostředí a nakládání s odpady.



Zákon definuje hierarchii odpadů jako opatření preventivní ochrany:

- 1) Předcházení vzniku odpadů,
- 2) opětovné použití,
- 3) recyklace,
- 4) jiné využití, např. energetické nebo zásypové,
- 5) odstranění.

Povinností oběhové ekonomiky je recyklovat a využívat odpad. Recyklace a využití odpadu má vždy přednost před jeho odstraněním. Tato povinnost musí být splněna, pokud je to technicky možné a ekonomicky přijatelné.

#### Rakousko:

Zákon o odpadech (Abfallwirtschaftsgesetz – AWG 2002) je základní zákon o nakládání s odpady. Zákon je založen na hierarchii nakládání s odpady obdobně jako v Německu. Odpad dle tohoto zákona je movitým majetkem, kterého se chce majitel zbavit. Druhy odpadů jsou definované směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES.

#### Švýcarsko [20]

Ve Švýcarsku je využívání a odstraňování stavebních odpadů většinou dáno „Technickými směrnici o odpadech“ (TVA) a celou řadou vyhlášek. I když i švýcarský zákon o odpadech se zmiňuje o recyklaci, je to v obecnější rovině a není to nijak konkretizováno na problematiku recyklace stavebních odpadů. Význam a závadnost směrnic ve Švýcarsku jsou zřejmé. Směrnice jsou konkretizací zákonů a jsou zejména určeny jako pokyny pro dozor příslušných kontrolních orgánů na úrovni jednotlivých kantonů.

Zákon o ochraně životního prostředí definuje, že odpadem je ve Švýcarsku definována „Movitá věc, jejíž se chce majitel zbavit nebo jejíž odstranění je ve veřejném zájmu“. Dále je definován pojem odstranění odpadu „Odstranění odpadů zahrnuje jejich využití nebo uložení, dále shromáždění, dopravu, meziskladování a nakládání s nimi. Nakládáním se rozumí každá fyzikální, chemická či biologická úprava odpadu“. V kapitole 4 zákona jsou základní tři pravidla k produkci a nakládání s odpady:

- minimalizace produkce odpadů
- odpady musejí být, pokud je to možné, využívány
- pokud není možné využití odpadů, musejí být odstraněny ekologicky šetrným způsobem

Zákon o odpadech dává švýcarské spolkové radě rozsáhlé pravomoci ve věci využívání odpadů. Např. může předepsat povinnost některé odpady výhradně recyklovat apod. Dále může stanovit např. další podmínky materiálového využívání recyklátů.

Technická směrnice o odpadech (TVA) obsahuje technické a organizační předpisy k omezování vzniku odpadů, jejich využívání a nakládání s nimi. Kromě jiného je v této směrnici dána povinnost separace stavebních odpadů přímo na stavbě „Ten, kdo provádí



stavební nebo demoliční práce, nesmí míchat zvláštní odpady s ostatními a musí ostatní odpady na staveništi separovaně ukládat takto“:

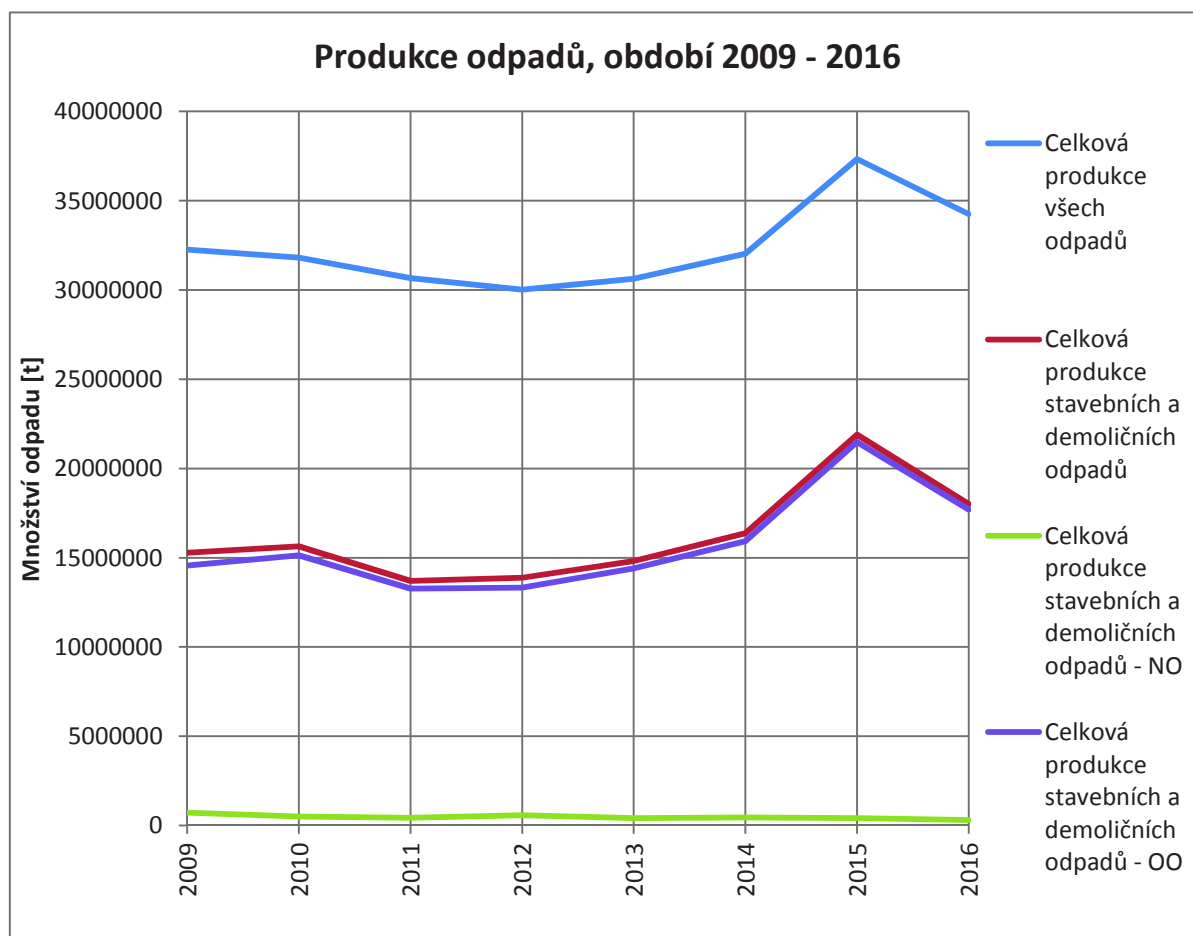
- výkopová zemina a skrývka
- odpady, které mohou být bez další úpravy uloženy na skládkách inertních odpadů
- hořlavé odpady jako dřevo, papír, lepenky, plasty
- ostatní odpady

TVA hovoří i o zániku míšení odpadů za účelem snižování podílu škodlivin (obdobně jako vyhláška 383/2001 Sb. v ČR). Hořlavé odpady musejí být dle TVA energeticky využity – tj. spalovány.

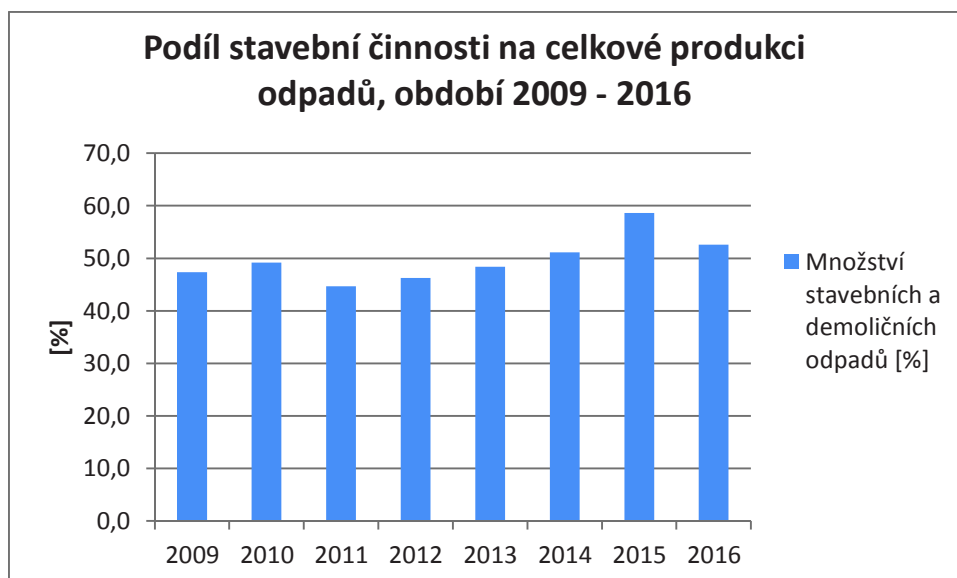
## 2.11 Produkce stavebního odpadu a jeho využití

Pro vyhodnocování odpadového hospodářství je vedena evidence odpadů, která v souladu s evropskými předpisy umožňuje získat informace o produkci odpadů a nakládání s nimi. Agregovaná data o produkci odpadů v České republice poskytuje databáze VISOH zveřejňovaná na webových stránkách Ministerstva životního prostředí [21].

Odpady ze stavebnictví vznikají ze všech činností výstavby, nejvíce realizací rekonstrukcí a demoličních prací. Pro zhodnocení množství produkce odpadů a jejich vývoj jsem dle databáze VISOH sestavil graf č.4 a 5.



Graf č. 4, Produkce odpadů, období 2009 až 2016



Graf č. 5, Podíl stavební činnosti na celkové produkci odpadu, období 2009 až 2016

Z grafů je patrné, že stavebnictví se podílí na celkové produkci odpadů v průměru padesáti procenty. V plánu odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024 [22] je stanoven recyklační cíl pro stavební a demoliční odpady, vycházející ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES, o odpadech. Pro zajištění tohoto cíle jsou stanoveny zásady a opatření.

**Cíl:**

*Zvýšit do roku 2020 nejméně na 70 % hmotnosti míru přípravy k opětovnému použití a míru recyklace stavebních a demoličních odpadů a jiných druhů jejich materiálového využití, včetně zásypů, při nichž jsou materiály nahrazeny v souladu s platnou legislativou stavebním a demoličním odpadem kategorie ostatní s výjimkou v přírodě se vyskytujících materiálů uvedených v Katalogu odpadů pod katalogovým číslem 17 0504 (zemina a kamení).*

**Zásady:**

- a) *Regulovat vznik stavebních a demoličních odpadů a nakládání s nimi s ohledem na ochranu lidského zdraví a životního prostředí.*
- b) *Maximálně využívat upravené stavební a demoliční odpady a recykláty ze stavebních a demoličních odpadů.*

**Opatření:**

- a) *Legislativně stanovit podmínky pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi a tím minimalizovat nebezpečné složky a vlastnosti, přednostně zabezpečit využívání stavebních a demoličních odpadů a jejich recyklaci a zajišťovat vysokou kvalitu následného recyklátu.*
- b) *Řídit se legislativou Evropské unie v oblasti „konce odpadu“, a pokud nebude zpracován příslušný legislativní dokument na úrovni Evropské unie, pak vypracovat*





*dokument přesně stanovující přechod recyklovaného stavebního a demoličního odpadu na výrobek.*

- c) Legislativně zakotvit normy pro jakost recyklátů ze stavebních a demoličních odpadů.*
- d) Zajistit povinné používání recyklátů splňujících požadované stavební normy, jako náhrady za přírodní zdroje, v rámci stavební činnosti financované z veřejných zdrojů, pokud je to technicky a ekonomicky možné.*
- e) Zamezit využívání neupravených stavebních a demoličních odpadů, s výjimkou výkopových zemin a hlušin bez nebezpečných vlastností.*
- f) Zjednodušit pravidla pro využívání upravených stavebních a demoličních odpadů a recyklátů z těchto odpadů na povrchu terénu při zachování vysoké míry ochrany životního prostředí a zdraví lidí.*

*(citováno z POH ČR 2015-2024) [22]*

Z běžných odpadů je třeba vyčlenit tzv. **nebezpečné odpady**. Jsou to odpady, které vykazují alespoň jednu nebezpečnou vlastnost uvedenou v příloze nařízení komise (EU) č. 1357/2014 ze dne 18. prosince 2014. Mezi tyto vlastnosti patří např. toxicita, karcinogenita, infekčnost a ekotoxicita. Nebezpečné odpady jsou uvedeny ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o katalogu odpadů. POH ČR 2015-2024 [22] stanovuje za účelem minimalizace nepříznivých účinků vzniku nebezpečných odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí samostatné cíle, zásady a opatření:

*Cíle:*

- a) Snižovat měrnou produkci nebezpečných odpadů.*
- b) Zvyšovat podíl materiálově využitých nebezpečných odpadů.*
- c) Minimalizovat negativní účinky při nakládání s nebezpečnými odpady na lidské zdraví a životní prostředí.*
- d) Odstranit staré zátěže, kde se nacházejí nebezpečné odpady.*

*Zásady:*

- a) Podporovat výrobu výrobků tak, aby byl omezen vznik nevyužitelných nebezpečných odpadů a tím snižováno riziko s ohledem na ochranu zdraví lidí a životního prostředí.*
- b) Nakládat s nebezpečnými odpady v souladu s hierarchií nakládání s odpady.*
- c) Podporovat technologie na recyklaci a využití nebezpečných odpadů a technologie na snižování nebezpečných vlastností odpadů.*
- d) Důsledně kontrolovat, zda odpad, který úpravou pozbyl nebezpečné vlastnosti, skutečně tyto vlastnosti nevykazuje.*
- e) Nevyužívat nebezpečné odpady a nebezpečný odpad, který přestal být odpadem, na povrchu terénu.*
- f) Zpřísnit podmínky využívání nebezpečných odpadů jako technologického materiálu k technickému zabezpečení skládky.*
- g) Snižovat množství nebezpečných odpadů ve směsném komunálním odpadu*

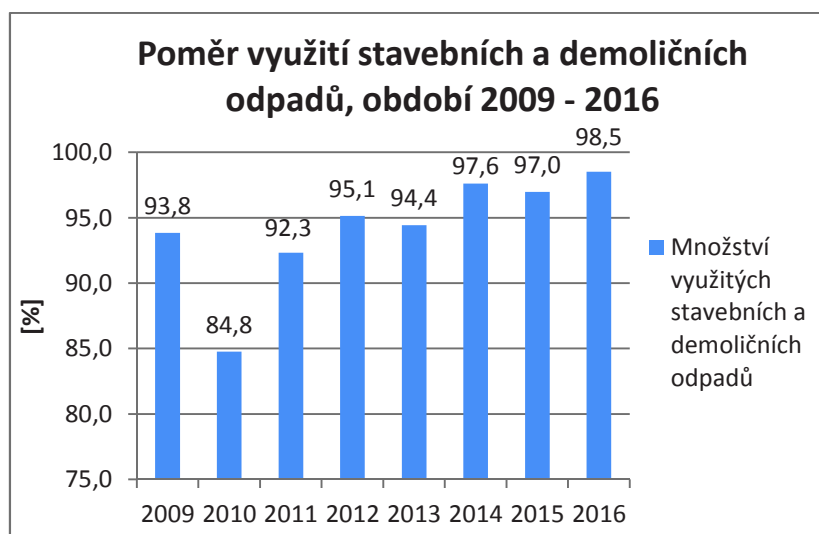


**Opatření:**

- a) Průběžně vyhodnocovat systém nakládání s nebezpečnými odpady na regionální úrovni.
- b) Motivovat veřejnost k oddělenému sběru nebezpečných složek komunálních odpadů.
- c) Ve spolupráci s příslušnými orgány provádět účinnou osvětu o vlivu nebezpečných vlastností odpadů na zdraví člověka a životní prostředí včetně vytvoření metodik.
- d) Zvýšit v případě potřeby počet zařízení na využívání nebezpečných odpadů a zařízení na úpravu odpadů ke snižování a odstraňování nebezpečných vlastností.
- e) Zavést systém podpory pro výstavbu nových inovativních technologií a modernizaci stávajících technologií pro využívání a úpravu nebezpečných odpadů.
- f) Ve spolupráci s Ministerstvem průmyslu a obchodu zavést systém podpory inovativních výrobních technologií směřujících ke snížení množství vznikajících nebezpečných odpadů a odpadové náročnosti technologických procesů.
- g) Podporovat bezpečné odstranění starých zátěží.
- h) Revidovat a nastavit poplatek za skládkování nebezpečného odpadu na odpovídající úroveň s ohledem na reálný ekonomický stav odpadového hospodářství.
- i) Důsledně kontrolovat množství nebezpečných odpadů používaných jako technologický materiál pro technické zabezpečení skládek odpadů.
- j) Legislativně stanovit přísnější podmínky pro udělování pověření k hodnocení nebezpečných vlastností odpadů – zkouška odborných znalostí.
- k) Legislativně stanovit požadavky na osobu odebírající vzorky nebezpečných odpadů určené ke zkouškám k prokázání vlastností odpadu.

(citováno z POH ČR 2015-2024) [22]

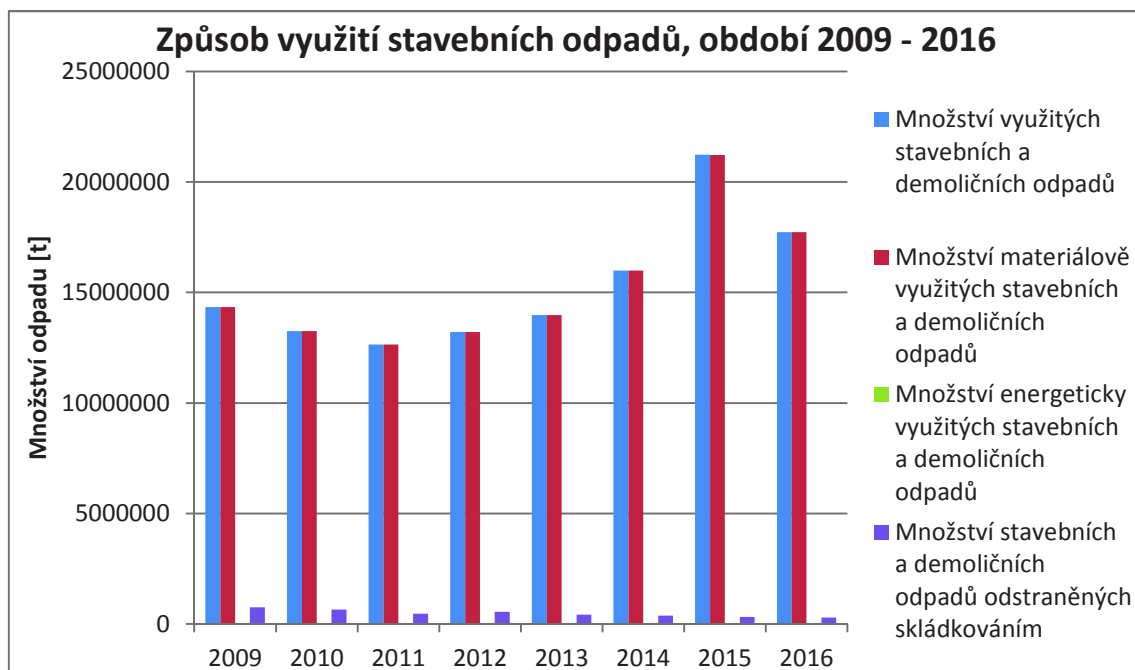
Vysoké množství produkce odpadů ze stavební činnosti je kompenzováno vysokým poměrem využití odpadu. V současné době, je odpad téměř plně využit, především jako zdroj druhotných surovin. Poměr využití stavebních odpadů dle dat databáze VISOH [21] jsem sestavil do grafu č.6, pro období 2009 až 2016. Z grafu je patrné zvyšování poměru využití odpadů v posledních letech.



Graf č. 6, Poměr využití stavebních a demoličních odpadů, období 2009 až 2016



Dle hodnot databáze VISOH [21] jsem sestavil graf využití stavebních odpadů č.7. Dle tohoto grafu je patrné, že převažující množství odpadů je využíváno jako druhotná surovina. Velmi malé množství odpadů je využito energeticky. Nevyužitý materiál je převážně skládkován.



Graf č. 7, Způsob využití stavebních odpadů, období 2009 až 2016

Likvidace a využití stavebního odpadu je řešeno téměř vždy na území státu, ve kterém odpad vznikl. Případnou **přeshraniční přepravu** definuje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1013/2006 o přepravě odpadů s účinností od 12.7.2007. U stavebních a demoličních odpadů zařazených dle katalogu odpadů do skupiny 17, je zakázána v rámci EU jakákoliv přeshraniční přeprava s výjimkou podskupiny 17 04 xx kovy (včetně jejich slitin).

## 2.12 Využití a recyklace střešního souvrství

Na rozdíl od ekologického systému je hospodářský systém založen na jednosměrném toku látek a energií. Přírodní složky jsou upravovány na výrobky určené pro využití nebo spotřebu. Z těchto výrobků vznikají odpady, které se ve formě látkové nebo energetické vracejí zpět do životního prostředí.

Materiálové odpady jsou výrobky, které nedosáhly své užitné hodnoty nebo jí ztratily a byly z tohoto koloběhu vyřazeny. Tyto odpady je možné využívat bez úprav nebo po vhodném zpracování jako druhotné suroviny (přímá a nepřímá recyklace). V případě nevyužití odpadu je tento vylučován do přírodních složek jako škodlivina.

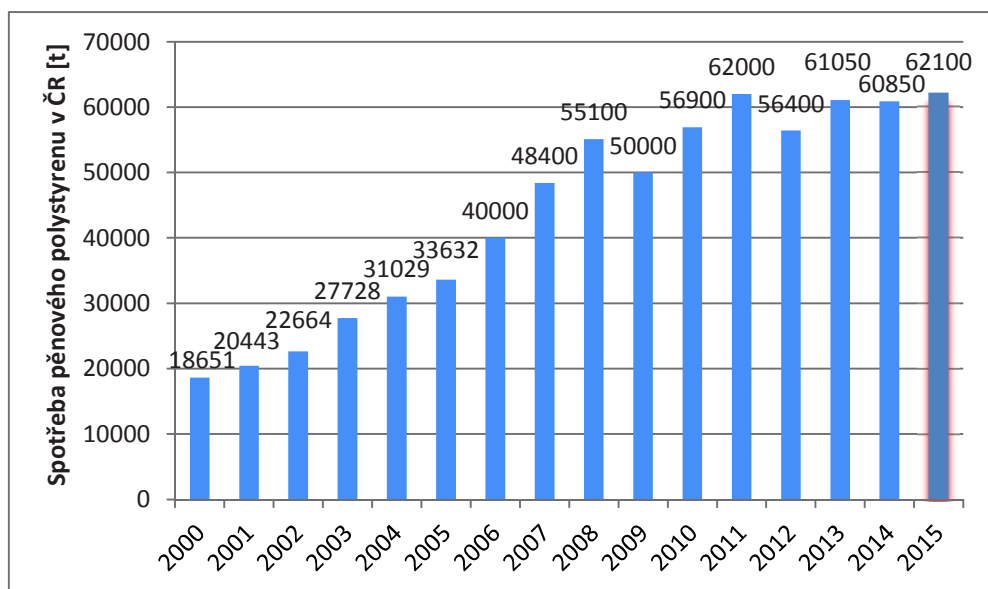
Úpravu odpadů na druhotné suroviny řeší recyklační technologie. Význam slova recyklace je opětovné cyklické využití odpadů a jejich vlastností jako druhotné suroviny ve výrobním procesu. Recyklace umožňuje šetření obnovitelných i neobnovitelných zdrojů a tím ochranu životního prostředí.

Využití stavebních odpadů lze rozdělit na dvě základní skupiny, využití materiálové a energetické.



## Pěnový polystyren

Dle zákona č. 93/2016 Sb., kterým je stanoven katalog odpadů lze pro účely evidence odpadu polystyren zařadit do skupiny 17 0604. Spotřeba pěnového polystyrenu ve stavebnictví se za posledních dvacet let trojnásobila. Navyšování spotřeby je v důsledku ekonomických faktorů s růstem investic do stavebnictví a vyšší podpore evropských dotačních programů. Nárůst spotřeby polystyrenu v ČR je patrný z grafu č.8. Graf jsem sestavil na základě dat Sdružení EPS ČR [23].



Graf č. 8, Spotřeba pěnového polystyrenu v ČR v období 2000-2015

Odpady pěnového polystyrenu vznikají při výrobě materiálu, zabudování výrobku a při odstranění po dožití nebo demolici stavby. Využití polystyrenu, zaříděného do skupiny odpadů 14 0604, je možné pro mnoho stavebních aplikací, především jako druhotné vstupní suroviny.

Stavební polystyreny z převážné většiny obsahují zpomalovače hoření. U starších typů polystyrenů se zpravidla jedná o látku hexabromcyklododekanu HBCDD. Tato látka je zařazena mezi tzv. perzistentní organické znečišťující látky a jedná se o látku škodlivou pro lidské zdraví a životní prostředí. Stavební polystyren obsahující tuto látku je třeba zařadit do skupiny nebezpečných odpadů 17 0603. V případě vzniku odpadu obsahující tuto látku je třeba zabránit vstupu této látky do nových výrobků prostřednictvím recyklace a unikům látky do prostředí. Používání tohoto zpomalovače hoření je u desek XPS od 22. června 2016 zakázáno, zákaz se netýká desek z EPS. Nařízením komise (EU) č. 2016/460 ze dne 30. března 2016 jsou od 30. září 2016 změněna pravidla pro původce odpadů a nakládání s odpadním stavebním polystyrenem v budovách a při jejich výrobě. V případě, že obsah HBCDD v odpadním polystyrenu je v koncentracích větších než 1000 mg/kg, může být pouze energeticky využit (cementárny – v ČR 5 nebo zařízení pro energetické využití odpadů – v ČR 4), spálen (spalovny odpadů – v ČR 22) nebo upraven tak, aby se koncentrace HBCDD v odpadním polystyrenu snížila pod limitní hodnotu 1000 mg/kg. [24]



Níže jsou popsány základní možnosti využití a odstranění polystyrenu:

#### *Recyklovaný polystyren*

Odpad pěnového polystyrenu může být využit jako recyklát při výrobě pěnového polystyrenu, kde množství recyklátu může být až 50 % při zachování požadovaných vlastností. Jedná se zejména o typy polystyrenu s nízkou objemovou hmotností a pevností.

#### *EPS izolační drť*

EPS izolační drť vzniká zpracováním odpadů z obalů, stavebnictví nebo vlastní výroby. Využívá se na drenážní zásypy, výplně stavebních konstrukcí, lehčené betony apod. Recyklovaná drť se třídí dle jednotlivých frakcí.

#### *Výroba ekostyrenu*

Ekostyren je speciálně upravený granulát nebo drť z pěnového polystyrenu, vhodný jako plnivo do tepelně a zvukově izolačních betonů nebo jako přísada do betonu. Je snadno zpracovatelný s vodou, cementem a pískem. Zpracování je možné ručně nebo ve stavební míchačce. Ekostyrenbeton může být ve sřešním plášti využit např. jako spádová vrstva.

#### *Výroba cihel*

Při výrobě keramických tvárníc se recyklovaná drť využívá jako výplň otvorů dutých cihel pro zlepšení izolačních vlastností.

#### *Spalování*

Využití polystyrenu pro recyklaci je nejlepší alternativou odpadového hospodářství. Recyklace je vždy podmíněna ekologickou a ekonomickou efektivitou. V případě neefektivního řešení recyklace jsou plasty pěnové polystyreny likvidovány spalováním za účelem zpětného získávání energie (elektrického proudu nebo tepla). Jeden kilogram pěnového polystyrenu obsahuje tolik energie, jako 1,3 litru topného oleje a má výhřevnost cca 38 MJ/kg. Výhodou spalování je snížení hmotnosti a objemu produkce odpadu a snižování spotřeby fosilních paliv. Nevýhodou spalování je celková cena, zejména pro zajištění požadované funkce technologie, dodržování předepsaných emisních limitů a cena podpůrného paliva pro stabilizaci hoření.

#### *Skládkování*

V odpadovém hospodářství je skládkování nejméně vhodnou variantou. EPS je biologicky inertní, netoxický a stabilní.

### **Tepelné izolace z minerální vlny**

V praxi je v současné době řešeno pouze využití odpadního materiálu minerální vlny z výroby. Odpadní materiál je rozdrčen na recyklační lince a lisován do briket, které jsou následně spotřebovány v peci výrobní linky při tavení vstupních surovin. Briketování a zpětné využití odpadu má vzhledem k vysoké energetické náročnosti převážně význam ekologický než ekonomický.



Stavební odpad z minerální vlny je v současné době převážně skládkován. Problematika využití odpadu jako druhotného materiálu je aktuálním tématem vědy a výzkumu. Ve velké míře se touto problematikou zabývají i výrobci minerální vlny z důvodu očekávání postupného zvyšování množství odpadu z jimi vyrobeného materiálu. Opětovné materiálové využití stavebního odpadu do výroby je podmíněno požadavkem výrobců na využití pouze vlastních výrobků. Možné materiálové využití odpadu minerální vlny je jeho rozdrčením a transformací do betonových nebo cihelných výrobků.

### **Tepelné izolace z pěnového skla**

Tepelná izolace je vyrobena z více než 60% kvalitního recyklovaného skla. Neobsahuje žádná pojiva a je inertní, tedy zcela bezpečná pro životní prostředí. Výhodou tepelné izolace z pěnového skla je především jeho dlouhá životnost a konstantní vlastnosti při zabudování.

Jedná se o materiál s tzv. opakovatelnou recyklovatelností. Odpad z tepelně izolačních desek je možné druhotně využít jako ekologický zásypový materiál nebo tepelně izolační podsypy při zakládání staveb.

### **Hydroizolace asfaltové**

Dle zákona č. 93/2016 Sb., kterým je stanoven katalog odpadů lze pro účely evidence odpadu asfaltové pásy zařadit do skupiny 17 03 02 - Asfaltové směsi neuvedené v 17 03 01. V případě obsahu dehtu, zejména u starých pásů, je nutné asfaltové pásy zahrnout do skupiny nebezpečných odpadů 17 03 01 Asfaltové směsi obsahující dehet.

V ČR se recyklace asfaltů uplatňuje pouze při odstraňování vrchních částí asfaltových vozovek, které se s pomocí dalších asfaltových přísad recyklují a dále použijí pro litý asfalt silnic. Asfaltové pásy ze staveb jsou v ČR likvidovány skládkováním bez jakéhokoliv dalšího využití.

Ve Francii, Itálii a Německu je omezený počet firem, které disponují technologickým zařízením na recyklaci asfaltových pásů. Pro recyklaci jsou stanovené technické parametry odstraňovaného výrobku, tedy nesmí být zcela dožilé.



## 3 Výpočtová a hodnotící část

Ve výpočtové části je efektivnost sanace a rekonstrukce plochých střešních pláštů hodnocena z hlediska konstrukčního a energetického se zaměřením na životnost funkčních vrstev a cyklů obnovy.

### 3.1 Charakteristická návrhová životnost konstrukce střech

Životnost střechy má být požadována investorem s ohledem na význam a funkci objektu. Návrhovou životnost definuje POKYN F, Trvanlivost a směrnice o stavebních výrobcích [5], který vydala Evropská organizace pro technická schválení, ke směrnici Evropské komise o stavebních výrobcích 89/106/EHS.

POKYN F definuje návrhovou životnost dle tabulky 2.1 uvedené v EN 1990:2002 Eurokód – zásady navrhování konstrukcí [25], viz níže tabulka č.11.

Tabulka č. 11, Tabulka 2.1 v EN 1990:2002 Eurokód – Zásady navrhování konstrukcí

Kategorie návrhové životnosti	Charakteristická návrhová životnost (roky)	Příklady
1	10	Dočasné konstrukce <sup>1</sup>
2	10 až 25	Vyměnitelné konstrukční části, např. jeřábové dráhy, ložiska
3	15 až 30	Zemědělské a podobné konstrukce
4	50	Konstrukce budov a jiné běžné konstrukce
5	100	Konstrukce historicky významných budov, mosty a ostatní inženýrské konstrukce

<sup>1</sup> Konstrukce nebo části konstrukcí, které mohou být demontovány za účelem jejich opětovného použití, nemají být pokládány za dočasné.

### Závěr

Nosná konstrukce střech je dle tabulky č.11 zařazena do kategorie návrhové životnosti č. 4 s charakteristickou návrhovou životností 50 let - Konstrukce budov a jiné běžné konstrukce. Doba životnosti 50 let je zvolena i pro následující posuzování z hlediska energetických bilancí.

### 3.2 Návrhová životnost funkčních vrstev a výrobků

Životnost funkčních vrstev a stavebních výrobků je definována v POKYNU F tabulkou převzatou z Pokynu EOTA 002 [26], viz níže tabulka č.12.



Tabulka č. 12, Znárodnění předpokládaných životností (návrhových životností) stavby a stavebních výrobků (z Pokynu EOTA 002)

Předpokládaná životnost stavby (roky)		Životnost stavebních výrobků, která má být předpokládána v ETAGs, ETAs a hENs (roky)		
Kategorie	Roky	Kategorie		
		Opravitelné nebo snadno vyměnitelné	Opravitelné nebo vyměnitelné s určitým větším úsilím	Plná životnost <sup>2</sup>
Krátká	10	10 <sup>1</sup>	10	10
Střední	25	10 <sup>1</sup>	25	25
Normální	50	10 <sup>1</sup>	25	50
Dlouhá	100	10 <sup>1</sup>	25	100

<sup>1</sup> Ve výjimečných a oprávněných případech, např. u některých opravených výrobků, se může počítat s životností 3 až 6 let (pokud schválí EOTA TB nebo popřípadě CEN).

<sup>2</sup> Výrobky nejsou opravitelné nebo vyměnitelné „snadno“ nebo „s určitým větším úsilím“.

Z tabulky pokynu EOTA 002 je možné stanovit návrhovou životnost funkčních vrstev plochých střeš, při uvažování kategorie normální životnosti stavby. Pro určení modelové návrhové životnosti funkčních vrstev střešního pláště jsem sestavil tabulku č.13.

Tabulka č. 13, Předpokládaná životnost funkčních vrstev střeš

Funkční vrstva	Návrhová životnost [roky]
Vodotěsnící vrstva	25
Tepelně izolační vrstva	25
Parotěsnící vrstva	25
Separáčnící a ochranná vrstva	25
Nosná vrstva	50

Funkční vrstvy jsou tvořeny materiály s předpokládanou životností, která by měla být stanovena výrobcem. Zpravidla tyto informace výrobci uváděny nejsou. Předpokládanou životnost materiálů pro střešy jsem shrnul do tabulky č.14, kde životnost je odvozena z návrhové životnosti funkčních vrstev dle pokynu F, přílohy H normy ČSN 73 1901 [4] a zkušeností z praxe. K jednotlivým výrobkům je v tabulce uveden minimální počet cyklů obnovy pro zvolenou posuzovanou dobu životnosti 50 let.

Tabulka č. 14, Předpokládaná životnost materiálů střeš

Výrobek	Návrhová životnost [roky]	Počet cyklů obnovy, pro 50 let
Hydroizolace asfaltové, fóliové	25	1
Tepelné izolace EPS, XPS	25	1
Tepelné izolace skelné, kamenné	25	1
Tepelné izolace pěnové sklo	50	0
Tepelné izolace celulóza	25	1
Parozábrany	25	1
Klempířské prvky - hliník	50 a vyšší	0





Klempířské prvky - TiZn	50	0
Klempířské prvky - měď	50 a vyšší	
Klempířské prvky - poplastované	25	1
Klempířské prvky - pozink	25	1 (při pravidelné údržbě nátěry)
Nátěry klempířských prvků	5	10
Dřevo	50	0
Ocel	50	0 (při pravidelné údržbě nátěry)
Nátěry ocelových konstrukcí	5	10
Nerezová ocel	50 a vyšší	0
Plasty	50	0
Vláknocementové desky	50	0
zdivo, beton, kámen	50 a vyšší	0

### Závěr

Návrhová životnost materiálů funkčních vrstev a materiálů je dle tabulek č.13 a 14 25 nebo 50 let. Pro posuzovanou návrhovou životnost střechy 50 let je uvažován jeden cyklus obnovy všech funkčních vrstev a kompletačních konstrukcí. Materiály s návrhovou životností 50 let je možné ponechat bez uvažování cyklu obnovy pouze v případě, že jeho zabudování a funkce není podmíněna navazujícím materiálem s nižší životností.

Doba životnosti materiálu je teoretická bez uvažování působících vlivů, které snižují jeho životnost. Snížení doby životnosti může být zapříčiněno špatným návrhem konstrukčního řešení, špatnou materiálovou volbou a vadami z neodborné práce. Důsledkem je častější cyklus obnovy a nárůst celkové energetické náročnosti.

### 3.3 Rozbor svázaných energií materiálů a výrobků střech

Hodnoty svázaných energií stavebních materiálů jsou získávány především z analýzy životního cyklu LCA nebo z materiálových databází. Vyhodnocování dat jednotlivých databází je založeno na rozdílných metodikách výpočtu, s rozdílnou lokalizací a technologií výroby. Při vzájemném porovnávání shodných typů produktů jsou hodnoty svázaných energií v závislosti na zdroji dat často rozdílné.

Data základních svázaných energií PEI [MJ/kg] vybraných stavebních materiálů dle databází jsou uvedena v příloze č.1. Data jsou získávána především z databází Envimat, Ecoinvent, Bauteilkatalog a z prohlášení EPD výrobců.

Vypracování EPD ze strany výrobců není v praxi rozšířené, a proto je nutné při hodnocení využívat především dostupné databáze. Omezení těchto databází je především v jejich rozsahu.

Pro účely této práce jsem data svázaných energií PEI z databází použil pro analýzu a upřesnění energetické náročnosti materiálů, které v databázích nejsou přímo uvedeny. Základní jednotkou uvedenou v databázích pro dopočítání těchto hodnot je MJ/kg. Přepočet energetické náročnosti je proveden na 1m<sup>2</sup> hodnocené plochy.



### 3.3.1 Svázané energie tepelně izolační vrstvy

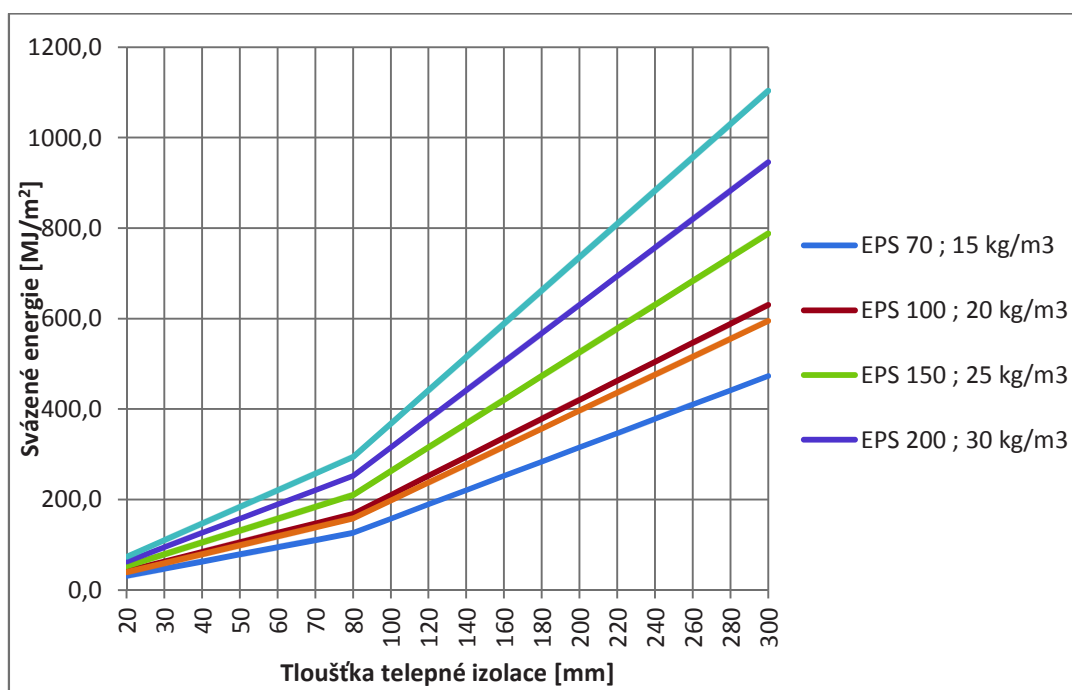
#### Tepelné izolace z expandovaného polystyrenu EPS

Tepelné izolace jsou vyráběné převážně jako desky nebo spádové klíny. Základní surovinou pro výrobu je polymerizovaný styren ve formě perlí, s obsahem 4-7% pentanu – nadouvadec a aditivy. Vyráběn je ve variantách dle pevnosti v tlaku při 10% stlačení v rozmezí 70-200 kPa. Ve stavebnictví se EPS dodává jako samozhášivý s retardéry hoření. Polystyreny vyrobené před 1.10.2015 zpravidla obsahují retardéry hoření HBCDD, které jsou charakterizované jako nebezpečný odpad. V současné době se jako zpomalovač hoření využívá např. Polymeric FR.

Obecně platí, že s narůstající hmotností polystyrenu se zvyšuje pevnost a rozměrová stálost. EPS umístěný přímo pod povlakovou hydroizolační vrstvou musí mít minimální pevnost v tlaku 100 kPa při 10% stlačení. EPS s pevností 70 kPa může být použit pouze u vícevrstvé tepelné izolace jako spodní vrstva. Pevnost v tlaku polystyrenu je vždy nutné volit dle konkrétního zatížení a provozu střechy.

Desky EPS jsou nasákové a nemohou být v trvalém kontaktu s vodou či vlhkostí. V případě absorpce vody výrazně ztrácejí své tepelně izolační vlastnosti. Jsou trvale poškozovány ropnými produkty, ředidly a organickými rozpouštědly. Nesmí být dlouhodobě vystaveny přímému slunečnímu záření, u varianty polystyrenu s obsahem grafitu nesmí být desky vystaveny slunečnímu záření ani při transportu. Desky z bílého polystyrenu nesmí být vystaveny dlouhodobě teplotám vyšším než +80°C, u desek s obsahem grafitu +70°C. Jsou tvarově nepřizpůsobivé a tuhé.

Hodnoty svázaných energií expandovaného polystyrenu na charakteristickou plochu střechy 1m<sup>2</sup> jsem vyjádřil v grafu č.9. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je pro bílý polystyren 105,1 MJ/kg, pro polystyren s obsahem grafitu 99,1 MJ/kg.



Graf č. 9, Svázané energie expandovaného polystyrenu

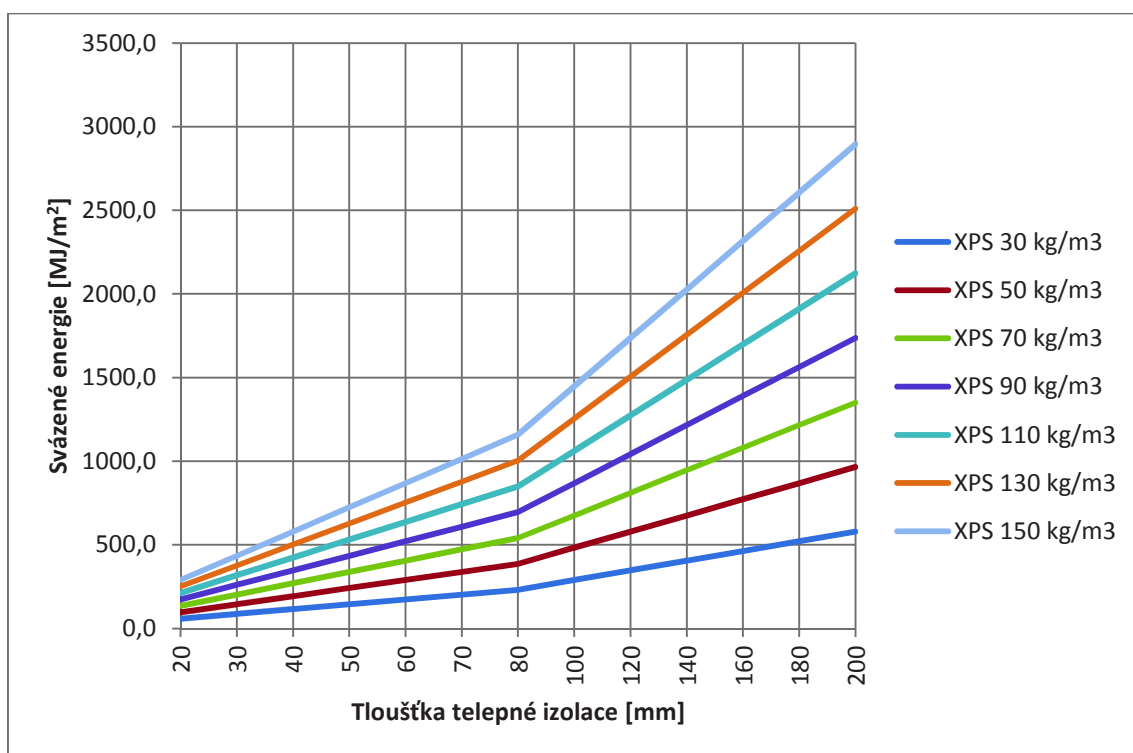


### Tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS

Tepelné izolace jsou vyráběné převážně jako desky. Výrobky extrudovaného polystyrenu se vyrábějí ze stejné základní suroviny, jako tepelné izolace z expandovaného polystyrenu. Liší se především odlišnými doplňkovými surovinami a technologií výroby.

Desky XPS mají vyšší pevnost v tlaku než desky EPS a tepelné izolace z minerálních vláken. Mohou být v trvalém kontaktu s vodou či vlhkostí vzhledem ke své nízké nasákavosti. Nemohou být vystaveny přímému slunečnímu záření a dlouhodobě vystavené teplotám vyšším než +70°C. Jsou tvarově nepřizpůsobivé a tuhé.

Hodnoty svázaných energií extrudovaného polystyrenu na charakteristickou plochu střechy 1m<sup>2</sup> jsem vyjádřil v grafu č.10. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je 99,6 MJ/kg.



Graf č. 10, Svázané energie extrudovaného polystyrenu

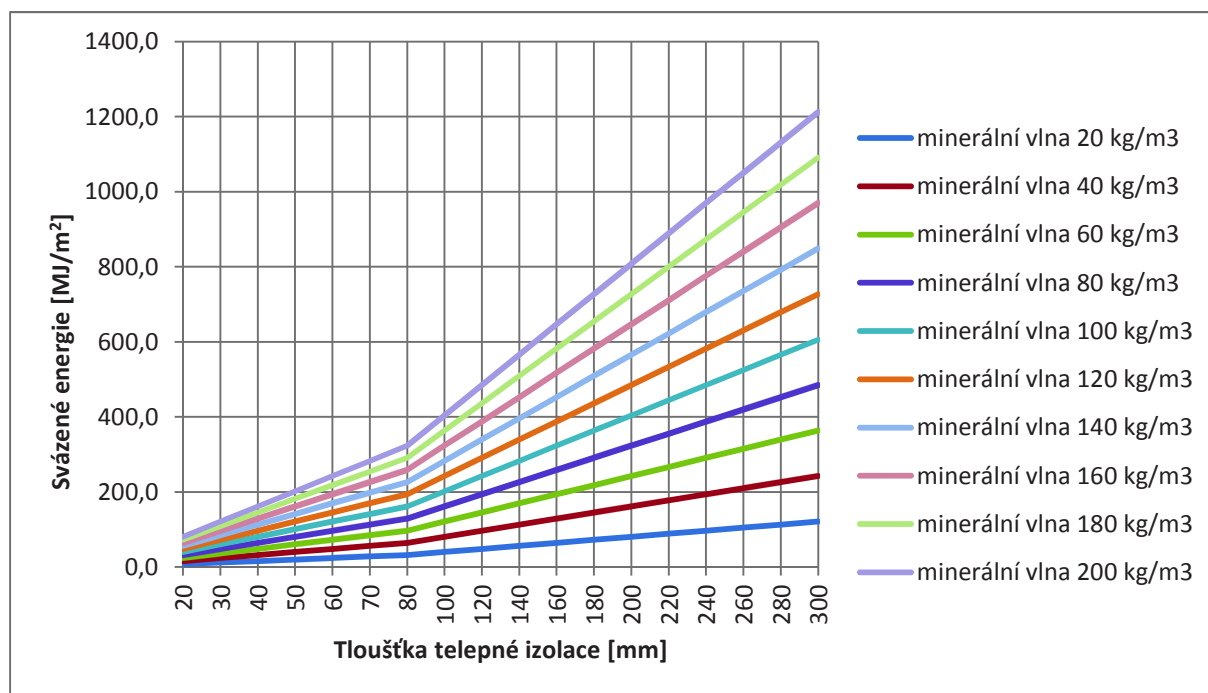


### Tepelné izolace z kamenné minerální vlny

Tepelné izolace kamenné minerální vlny jsou vyráběné převážně jako desky nebo spádové klíny. Základní surovinou pro výrobu je tavenina z čediče a přísad. Tepelné izolace obsahují lubrikační přísady, které zabraňují vyprašování materiálu a hydrofobizační přísady omezující nasákavost.

Desky z minerálních kamenné vlny jsou nasákové a nemohou být v přímém kontaktu s vodou či vlhkostí. V případě absorpce vody výrazně ztrácejí své mechanické a tepelně izolační vlastnosti. Nesmí být dlouhodobě vystavovány slunečnímu záření. Desky se vyznačují vysokou objemovou stálostí s minimální roztažností. Desky jsou vyráběny jako měkké nebo tuhé. Tvarovou přizpůsobivost desky ovlivňuje především objemová hmotnost.

Hodnoty svázaných energií minerální vlny kamenné na charakteristickou plochu střechy  $1\text{m}^2$  jsem vyjádřil v grafu č.11. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je  $20,2\text{ MJ/kg}$ .



Graf č. 11, Svázané energie kamenné minerální vlny

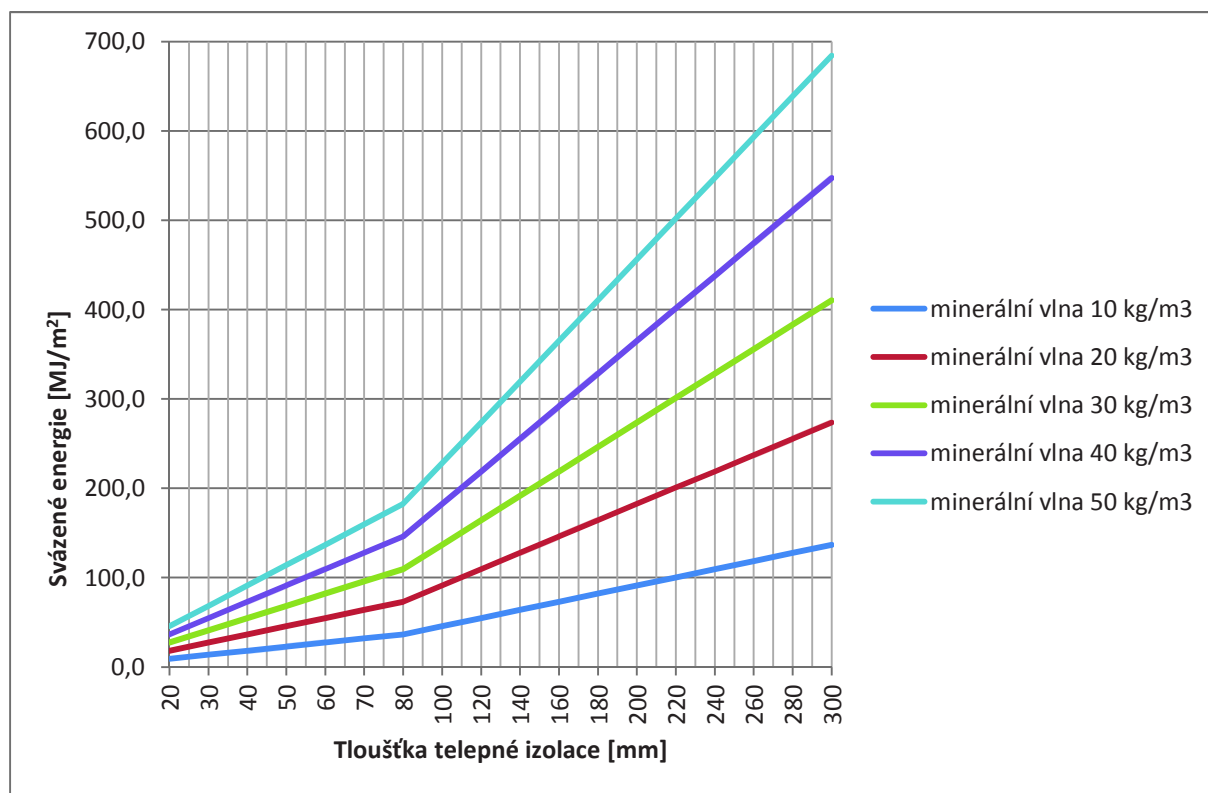


### Tepelné izolace ze skelné minerální vlny

Tepelné izolace ze skelné minerální vlny se zpravidla vyrábějí ve formě rohoží s dlouhými vlákny zajišťující opětovné nabytí své tloušťky po stlačení. Dobré stlačitelnosti je využíváno především při dopravě materiálu, který je dodáván stlačený v roli. Maximální doba stlačení je předepsána výrobcem. Základním materiálem pro výrobu jsou vlákna z taveniny skla a přísady. Tepelné izolace obsahují lubrifikační přísady, které zabraňují vyprašování materiálu a hydrofobizační přísady omezující nasákavost.

Desky ze skelné minerální vlny jsou nasákové a nemohou být v přímém kontaktu s vodou či vlhkostí. V případě absorpce vody výrazně ztrácejí své mechanické a tepelné izolační vlastnosti. Nesmí být dlouhodobě vystavovány slunečnímu záření. Rohože jsou netuhé a tvarově přizpůsobivé.

Hodnoty svázaných skelné minerální vlny na charakteristickou plochu střechy  $1\text{m}^2$  jsem vyjádřil v grafu č.12. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je  $45,6\text{ MJ/kg}$ .



Graf č. 12, Svázané energie skelné minerální vlny

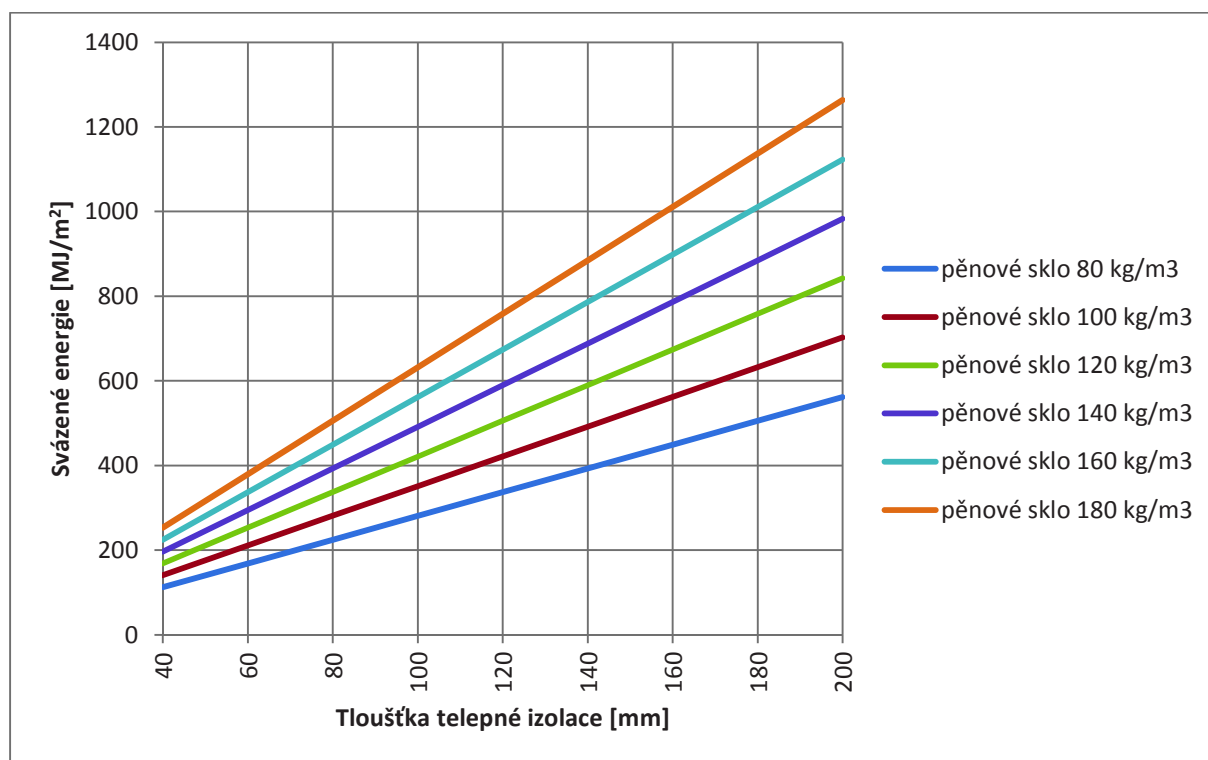


### Tepelné izolace z pěnového skla

Tepelné izolace jsou vyráběné jako tuhé rovné desky nebo tuhé spádové desky. Základní surovinou pro výrobu je aluminio-silikátové sklo s obsahem 60% recyklátu, které se rozemele na jemný prášek a smíchá s dalším uhlíkovým práškem. Při roztavení směsi o teplotě 1000°C dojde k oxidaci částic uhlíku a přeměně na oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , který ve skle vytvoří uzavřené bublinky a zvětší objem produktu až 20x.

Tepelné izolace z pěnového skla se vyznačují vysokou pevností v tlaku a tuhostí. Jsou nenasákavé a nepropustné pro vodní páru. Tuhé desky nejsou mrazuvzdorné, při vyplnění otevřených pórů skla vodou a zvětšení objemu zmrzlé vody dojde k narušení struktury desky a nenávratnému poškození dalších pórů. Desky nesmí být vystaveny prudkým změnám teplot.

Hodnoty svázaných energií pěnového skla na charakteristickou plochu střechy  $1\text{m}^2$  jsem vyjádřil v grafu č.13. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je 35,1 MJ/kg.



Graf č. 13, Svázané energie pěnového skla

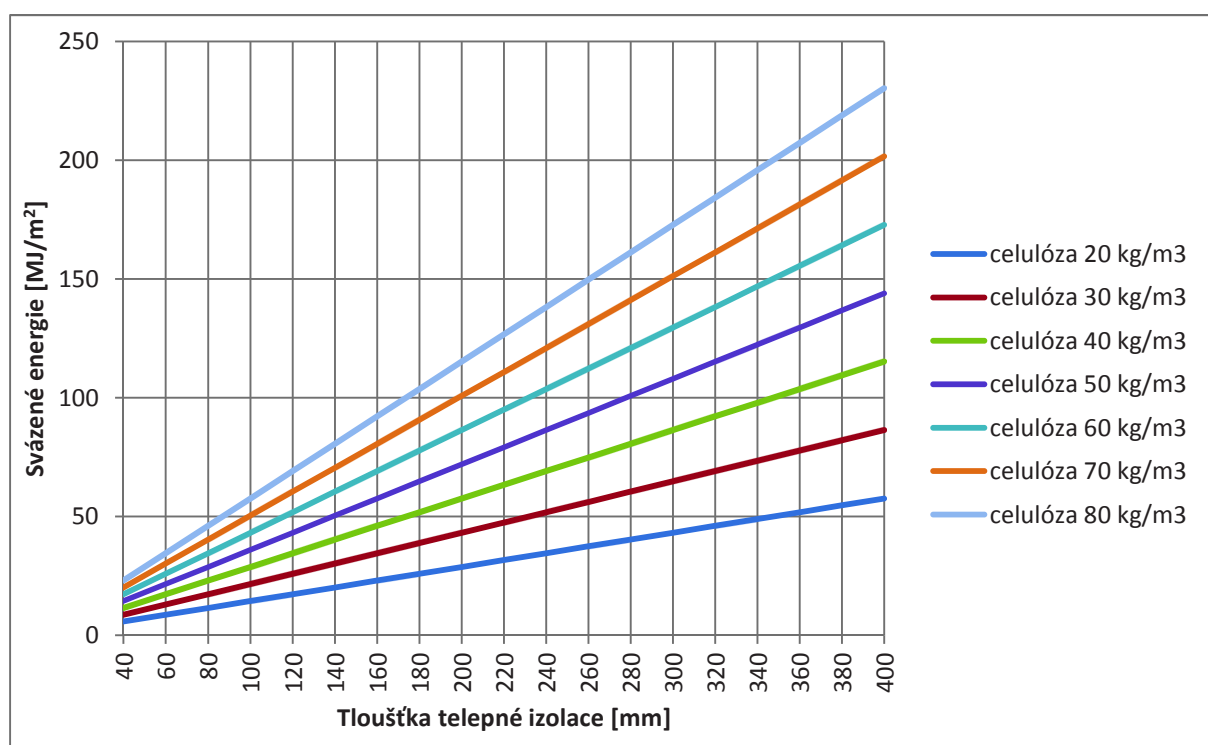


## Tepelné izolace z celulózových vláken

Základní surovinou tepelné izolace z celulózových vláken je novinový papír jako druhotná surovina, která tvoří až 75% celkového objemu produktu. Novinový papír je nahrubo natrhán, rozvlákněn s minerálními solemi a impregnován přírodními produkty proti škůdcům.

Aplikace tohoto materiálu je zpravidla foukáním proudem vzduchu. Využití v oblasti střech je zejména v provětrávaných víceplášťových střechách jako zateplení konstrukce spodního pláště. Tepelná izolace musí být aplikována tak, aby přenášela pouze vlastní tíhu a musí být vždy provedeno takové opatření, aby nedocházelo k pohybům izolantu v důsledku proudění vzduchu.

Hodnoty svázaných energií celulózových vláken na charakteristickou plochu střechy  $1\text{m}^2$  jsem vyjádřil v grafu č.14. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je  $7,2\text{ MJ/kg}$ .



Graf č. 14, Svázané energie celulózových vláken

## Závěr

Sestavené grafy v této kapitole doplňují databázi svázaných energií dle materiálových variant výrobku. Základním parametrem pro výpočet je hodnota svázané energie MJ/kg a konkrétní technické vlastnosti posuzovaných materiálů. Pro přímé využití těchto grafů jsou hodnoty svázaných energií přepočítány na funkční jednotku  $1\text{m}^2$ .

Z grafů je patrné, že energetická náročnost materiálových variant výrobku je přímo závislá na jeho objemové hmotnosti. Se zvyšující tloušťkou materiálových variant izolantu narůstá jejich vzájemný rozdíl energetické náročnosti. Při návrhu izolantu nelze zvolit hodnoty svázaných energií dle databáze a obecně je přiřadit ke všem materiálovým variantám výrobku. Je třeba vždy hodnotit výrobek dle konkrétních materiálových vlastností.



### 3.3.2 Svázané energie hydroizolační vrstvy

#### Asfaltové pásy

Asfaltové pásy se používají převážně jako vodotěsnící nebo parotěsnící vrstva střešního pláště. Patří mezi povlakové vodotěsnící vrstvy, které zabraňují pronikání atmosférické, provozní nebo technologické vody do střechy nebo prostředí pod ní.

Asfaltové pásy se dle provedení dělí na tři základní typy:

- *Asfaltové pásy typu A* – Asfaltem impregnované nosné vložky z hadrové lepenky, celková tloušťka pásu cca 1 mm. Používané na vytvoření podkladní, separační nebo ochranné vrstvy.
- *Asfaltové pásy typu R* – Pásy s nosnou vložkou z hadrové lepenky nebo skelné rohože s oboustrannou krycí asfaltovou hmotou v tloušťce cca 1 mm. Celková tloušťka pásu je v rozmezí 2,5 - 3 mm. Pásy se pokládají do vrstvy horkého asfaltu a nelze je pokládat natavením pomocí plamene. Pro střešní pláště se tyto pásy používaly jako expanzní vrstvy nebo na kašírování expandovaného polystyrenu. Pro konstrukce nových střešních pláštů se již nepoužívají.
- *Asfaltové pásy typu S* – Pásy s nosnou vložkou ze skelné rohože, skelné tkaniny, polyesterové rohože, polyesterové tkaniny a kovové vložky Al. Nosná vložka je oboustranně kryta asfaltovou hmotou v tloušťce větší jak 1 mm. Celková tloušťka pásu je minimálně 3 mm. Použití pásu je zpravidla jako vodotěsnící nebo parotěsnící vrstva střešního pláště, kterou lze natavovat plamenem nebo horkým vzduchem.

Asfaltová krycí vrstva je charakterizována jako vodovzdorná vrstva pásu. Asfalt je viskózní nebo téměř tuhý, prakticky netěkavý. Je téměř rozpustný v toluenu a úplně rozpustný v sirouhlíku. Asfaltové hmoty se vyrábějí oxidovaného nebo modifikované.

- *Oxidované asfalty* – Výroba oxidovaných pásů je od roku 1962. Pro hydroizolační účely je asfalt připravován oxidací ropných surovin vzduchem.
  - a) bez odolnosti proti působení UV záření;
  - b) ohebnost 0°C až 4°C;
  - c) stálost za tepla +70°C;
  - d) bod měknutí +80°C;
  - e) nízká životnost.
- *Modifikované asfalty* – Asfalt, jehož reologické vlastnosti byly při výrobě upraveny chemickými prostředky (kaučuk, syntetické polymery, síra a některé organokovové sloučeniny). V současné době jsou používány dvě základní modifikace APP a SBS.
  - *Pásy vyrobené z asfaltu modifikovaného APP*
    - a) vysoká odolnost proti působení UV záření, nevyžadují povrchovou úpravu;
    - b) ohebnost -15°C;
    - c) stálost za tepla + 130°C;



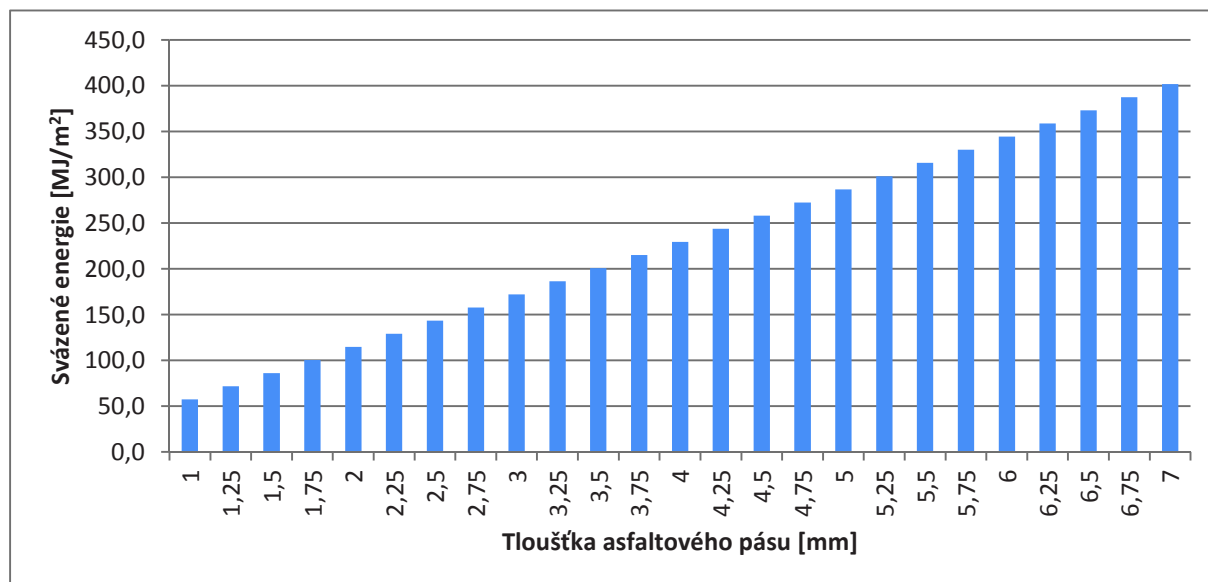


- d) bod měknutí + 150°C
- e) plastická deformace bez vratného efektu;
- f) vysoká životnost.

*Pásky vyrobené z asfaltu modifikovaného SBS*

- a) nízká odolnost proti působení UV záření, vyžadují povrchovou úpravu;
- b) ohebnost -25°C;
- c) stálost za tepla + 100°C;
- d) bod měknutí +120°C;
- e) elastická deformace s vratným efektem;
- f) vysoká životnost.

Hodnoty svázaných energií asfaltových pásů na charakteristickou plochu střechy 1m<sup>2</sup> jsem vyjádřil v grafu č.15. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je 47,8 MJ/kg.



Graf č. 15, Svázané energie asfaltových pásů

### Fólie na bázi mPVC

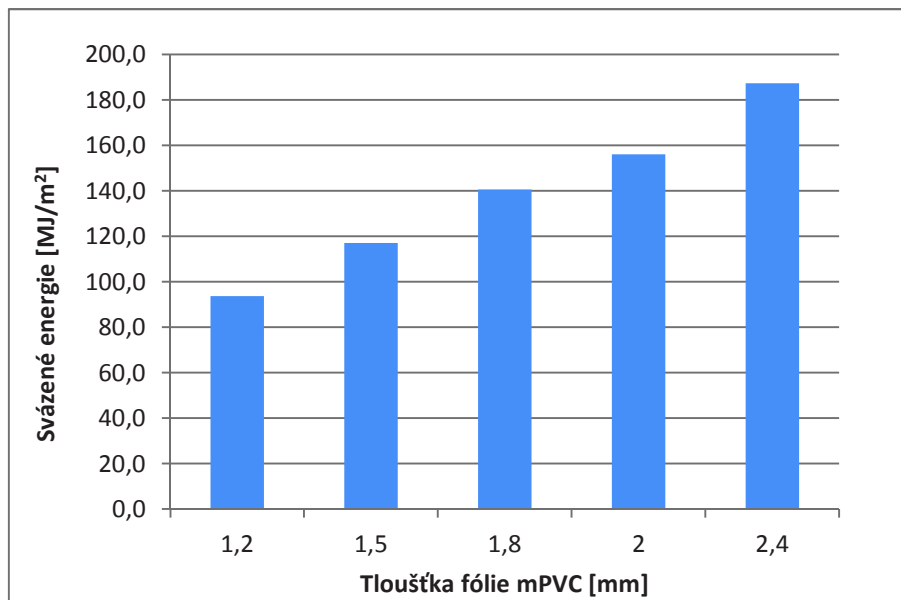
Používají se pro vytvoření hydroizolačních vrstev pláště plochých střech. Hydroizolační pásy se vyrábějí v tloušťkách 1,2 – 2,4 mm. Výztužná vložka může být z polyesterových vláken s tažností cca 8% nebo ze skelných vláken s tažností cca 200%. Výhodnou vlastností tohoto materiálu je vynikající svařitelnost horkým vzduchem, ohebnost a stálost, kterou mu dodávají změkčovadla přidávaná do základní směsi. Změkčovadla mohou být monomerická nebo polymerická.

*Monomerická změkčovadla* – olejovité ftaláty. Ftaláty jsou změkčovadla schopna za určitých podmínek úniku do okolí. K úniku dochází především při dlouhodobém kontaktu s asfaltovými výrobky a pěnovými polystyreny. Zamezení kontaktu materiálů ve střešním plášti je řešeno separačními vrstvami.



*Polymerická změkčovadla* – Jsou změkčovadla méně náchylná k unikání z materiálu a jsou zpravidla snášenlivá s asfalty a pěnovými polystyreny.

Hodnoty svázaných energií fólie mPVC na charakteristickou plochu střechy  $1\text{m}^2$  jsem vyjádřil v grafu č.16. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je  $61\text{ MJ/kg}$ .

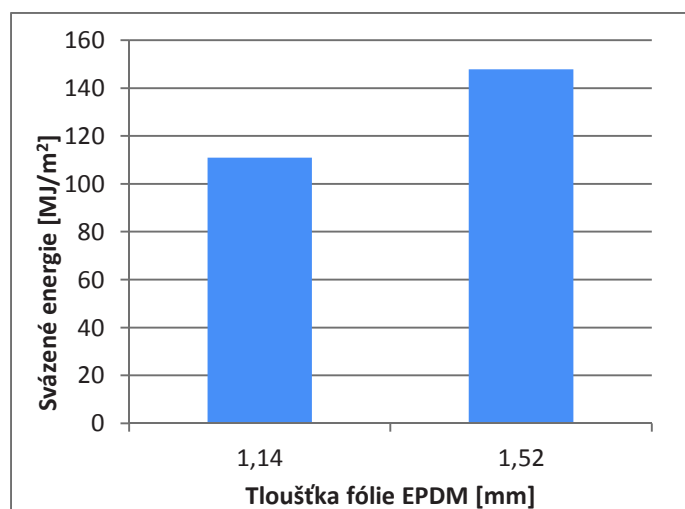


Graf č. 16, Svázané energie fólie mPVC

### Fólie na bázi EPDM

Jsou elastomerní fólie na bázi syntetických EPDM-kaučuků. Fólie mají vynikající pružnost a dlouhou životnost a jsou snášenlivé s asfalty. Spojování pásů je realizováno lepidly nebo spojovacími páskami. Tažnost fólie je až 600%, faktor difúzního odporu cca 30000. Fólie je elastická v rozmezí teplot  $-30^{\circ}\text{C}$  až  $+130^{\circ}\text{C}$ .

Dopočtené svázané energie fólie EPDM na charakteristickou plochu střechy  $1\text{m}^2$  jsem shrnul v grafu č.17. Základní hodnota svázané energie použitá ve výpočtu je  $76\text{ MJ/kg}$ .



Graf č. 17, Svázané energie fólie EPDM



## Závěr

Sestavené grafy v této kapitole doplňují databázi svázaných energií dle tloušťky výrobku. Základním parametrem pro výpočet je hodnota svázané energie MJ/kg a konkrétní technické vlastnosti posuzovaných materiálů. Pro přímé využití těchto grafů jsou hodnoty svázaných energií přepočítány na funkční jednotku  $1\text{m}^2$ .

Existující databáze svázaných energií definují malý rozsah asfaltových pásů a fólií. Pro přesné stanovení energetické náročnosti pásů a fólií je nutné určit jeho tloušťku a hmotnost. Z grafů je patrné, že rozdíl energetické náročnosti asfaltových pásů vzhledem k jejich tloušťce je až 8x, u fólií 2,5x.

### 3.3.3 Svázané energie klempířských prvků

Klempířský prvek je dílensky nebo na stavbě vytvarovaný výrobek z plechu. Sestava klempířských prvků spojených do celku tvoří klempířskou konstrukci, která chrání části stavby vůči atmosférickým vlivům. Jsou zhotoveny převážně z následujících materiálů:

#### *Hliníkový plech*

Základními vlastnostmi hliníkového plechu je nízká hmotnost, dobrá tažnost a odolnost proti vodě i vlivům agresivního prostředí. Tyto vlastnosti jsou předpokladem dlouhé životnosti. Na vzduchu se na povrchu hliníku vytváří tvrdá, pro vzduch nepropustná a nesmyvatelná vrstva oxidu hliníku, kterou je možné zesílit eloxováním. Tato vrstva oxidu chrání kov před další oxidací. Pro klempířské prvky je vhodný zejména z důvodu dobré tvarovatelnosti.

#### *Pozinkovaný plech*

Ocelový plech je vždy nutné chránit proti korozi nátěry nebo pozinkováním. Pozinkování je tenká vrstva chránící povrch před mechanickým a chemickým poškozením a při zpracování plechu nesmí být porušena. K poškození dochází zpravidla poškrábáním a odprýsknutím při ohýbání plechu. Zinek je na povrch ocele nanášen za studena elektrolyticky (galvanické pozinkování) nebo ponořením do roztaveného zinku (žárové zinkování).

#### *Titanzinek*

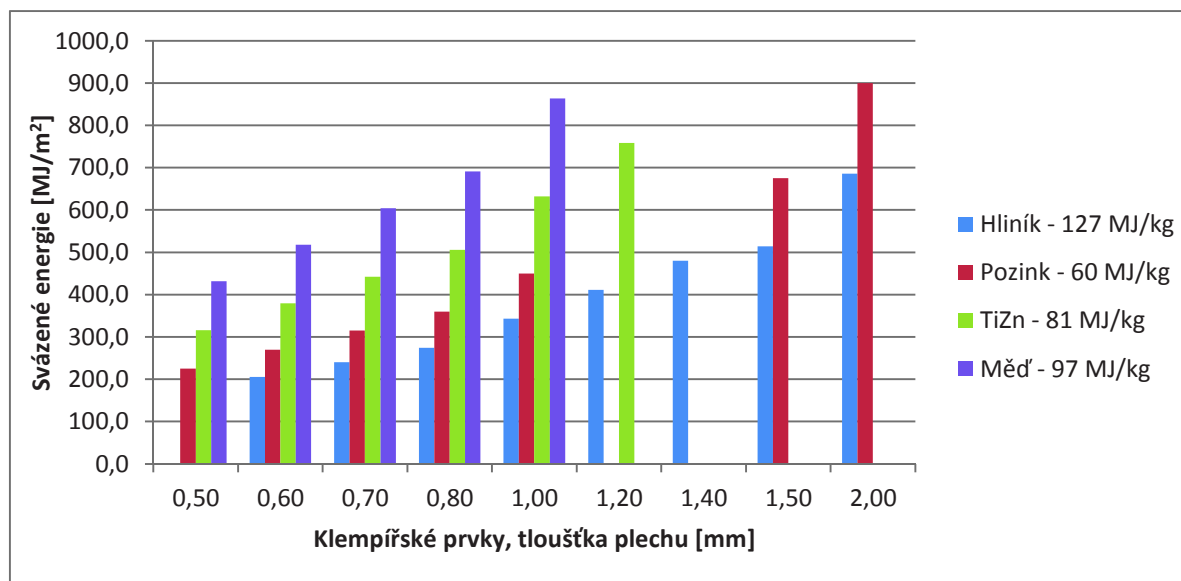
Titanzinkový plech je válcovaný plech vyrobený ze základního materiálu elektrolyticky čistého zinku, který je ve slitině doplněn titanem a mědí. Význam titanu ve slitině je zajištění mechanických a pevnostních vlastností, měď upravuje výslednou barvu patiny. Patina na povrchu vzniká ve třech fázích. V první fázi zinek reaguje s kyslíkem a vytváří na svém povrchu oxid zinku. V druhé fázi působením atmosférické vlhkosti je vytvořen hydroxid zinku, který ve třetí fázi reakcí s oxidem uhličitým ze vzduchu vytvoří patinu uhličitánu zinečného. Patina se na povrchu přirozeně obnovuje, což je předpokladem dlouhé životnosti. Patina může být vytvořena již při výrobě materiálu.

#### *Měď*

Pro klempířské práce je vhodný plech měkký s tloušťkou 0,55 mm, pro krytiny a ostatní prvky (žlaby, roury, římsy) plech polotvrdý tl. 0,6 mm, nevhodný je plech tvrdý. Výhodou pro

klempířské konstrukce je měkkost materiálu a snadné pájení při spojování. Působením atmosférické vlhkosti a oxidu uhličitého se na povrchu vytváří pro vzduch nepropustná a vodou nesmyvatelná vrstva uhličitanu měďnatého, tzv. měďenka, která chrání měď před další korozí. Výhodou mědi je dlouhá životnost.

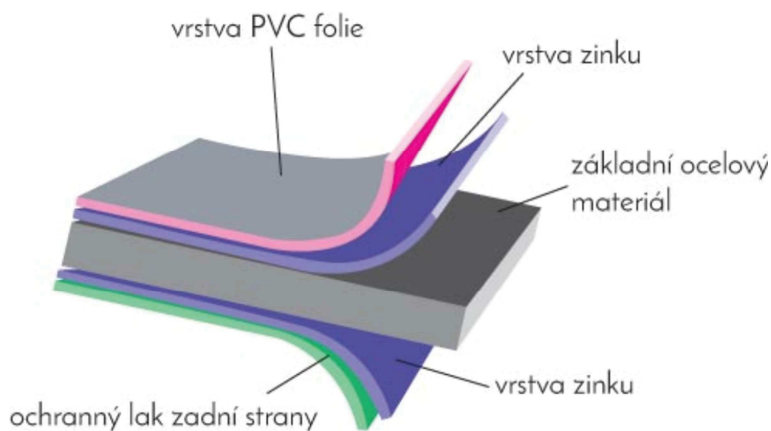
Hodnoty svázaných energií plechů na charakteristickou plochu střechy  $1\text{m}^2$  jsem shrnul v grafu č.18. Základní hodnoty svázaných energií použitých pro výpočet jsou uvedeny v legendě grafu.



Graf č. 18, Svázané energie klempířských prvků

### Poplastovaný plech

Poplastovaný plech je využíván především jako ukončovací a kotvící klempířský prvek při aplikaci hydroizolační vrstvy z fóliových pásů. Je tvořen žárově pozinkovaným plechem tl. 0,55 mm a jednostranným povrstvením z měkčeného PVC tl. 0,6 mm. Spodní strana plechu je chráněna epoxidovým lakem. Skladba poplastovaného plechu je na obrázku č.3.



Obrázek č. 3, Skladba poplastovaného plechu, zdroj: <http://www.klempirskyobchod.cz>

Poplastovaný plech je kompozitní materiál tvořený více vrstvami. Pro jednotlivé vrstvy je možné odečíst hodnoty svázaných energií z přílohy č.1 této práce. Výpočet celkové energetické náročnosti na 1 m<sup>2</sup> poplastovaného plechu jsem zhotovil součtem energetické náročnosti jednotlivých vrstev v tabulce č.15.

Tabulka č. 15, Výpočet svázaných energií poplastovaného plechu [MJ/m<sup>2</sup>]

Vrstva	tloušťka [mm]	objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	svázané energie vrstvy [MJ/kg]	svázané energie vrstvy [MJ/m <sup>2</sup> ]
Vrstva poplastování - mPVC	0,6	1400	60	50,4
Pozinkovaný plech	0,55	7500	60	247,5
Epoxid. ochranný lak	0,1	1200	133,5	16,0
<b>Svázané energie celkem [MJ/m<sup>2</sup>]</b>				<b>313,9</b>

### 3.3.4 Svázané energie výrobků odvodnění a odvětrání střech

Databáze EPD obsahující hodnoty svázaných energií PEI jsou vypracovány pro materiály. Výrobky odvodnění střech jsou zhotoveny ze sestavy prvků, často materiálově rozdílných a proto jejich energetická náročnost není v databázích uvedena.

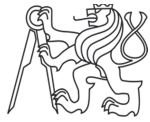
Pro stanovení energetické náročnosti výrobků odvodnění a odvětrání střech, jsem ve spolupráci s firmou Topwet provedl hmotnostní měření 181 výrobků skládajících se z celkem 1112 prvků. K jednotlivým zváženým prvkům jsem přiřadil hodnoty svázaných energií dle dostupných databází a následně stanovil celkovou energetickou náročnost výrobku. Kompletní výpočet svázaných energií výrobků jsem shrnul v příloze č.2.



Obrázek č. 4, Váhové měření jednotlivých prvků odvodnění střech



Obrázek č. 5, Váhové měření jednotlivých prvků odvodnění střech



### 3.3.5 Svázané energie kotevních výrobků

#### Kotevní šrouby

Pro zhotovení databáze svázaných energií kotevních výrobků střeš mi byly společností EJOT poskytnuty hmotnostní data pozinkovaných a nerezových šroubů a talířových podložek. K hmotnostem jednotlivých výrobků jsem přiřadil hodnoty svázaných energií dle dostupných databází a stanovil jejich energetickou náročnost. Kompletní výpočet svázaných energií kotevních šroubů je uveden v příloze č.2. Z výsledků je patrné, že energetická náročnost různých typů výrobků o shodných rozměrech není zásadně rozdílná. Z tohoto důvodu jsem vytvořil tabulku č.16, 17 a 18, ve které je definována průměrná hodnota svázané energie pro obecný kotevní prvek a talířové podložky.

Tabulka č. 16, Svázané energie kotevních šroubů

Průměrné hodnoty svázaných energií šroubů pro mechanické kotvení [MJ/ks]				
	kotvy pozinkované		kotvy nerezové	
Délka	pozink 4,8 mm	pozink 6,3 mm	nerez 4,8 mm	nerez 8,0 mm
35	0,2	0,4		
50	0,3		0,5	
60	0,3	0,5	0,6	
70	0,4	0,6	0,7	
80	0,5	0,7	0,8	1,4
90	0,5		0,9	
100	0,5	0,9	1,0	1,7
110	0,6			
120	0,7	1,3	1,4	2,0
130	0,7			
140	0,8	1,2	1,2	
150	1,2			
160	0,9	1,4		2,8
170	0,9			
180	1,0	1,6		
200	1,1	1,9		3,5
220	1,2	1,9		
240	1,3			4,3
260	1,4	2,4		
280	1,5			5,0
300	1,7	2,8		



Tabulka č. 17, Svázané energie polyethylenových talířových podložek

Průměrné hodnoty svázaných energií talířových podložek pro mechanické kotvení [MJ/ks]	
Délka	polyethylen, průměr hlavy 50 mm
35	0,7
55	0,8
65	0,9
95	1,2
105	1,2
115	1,3
145	1,5
165	1,7
185	1,7
225	2,1
275	2,8
325	3,7
335	3,5

Tabulka č. 18, Svázané energie pozinkovaných talířových podložek

Typ talířové podložky	Svázané energie [MJ/ks]
Pozinkovaná talířová podložka	1,4



Obrázek č. 6, Posuzované kotevní výrobky

### PU lepidla

Jedná se o polyuretanové lepidlo pro lepení izolačních desek a hydroizolační vrstvy. Nanášení lepidla je prováděno za studena a vzhledem k nízkému obsahu rozpouštědel je kompatibilní s většinou materiálů používaných pro střechy. Aplikace tohoto materiálu je omezena maximální výškou stavby cca 30 m. Příklady aplikací lepidla jsou uvedeny na obrázku č.7.



Obrázek č. 7, Aplikace PU lepidla ve střešním souvrství, zdroj: [www.honter.cz](http://www.honter.cz)

Energetická náročnost PEI PU lepidla je dle přílohy č.1 - 99,3 MJ/kg. Objemová hmotnost lepidla je 37 kg/m<sup>3</sup>. Pro výpočet energetické náročnosti na charakteristickou plochu střechy 1m<sup>2</sup> je vzhledem k typu aplikace nutné stanovit spotřebu lepidla. U systému lepení je spotřeba lepidla stanovena pomocí aplikačních tabulek výrobce, které předepisují doporučenou vzdálenost mezi jednotlivými pruhy dle výšky budovy, nikoliv únosnosti spoje.

Hmotnost lepidla dle aplikačních tabulek lepidla INSTA-STIK je 60-150 g/m<sup>2</sup>. Pro účely dalších výpočtů je použita hodnota spotřeby 150 g/m<sup>2</sup>. Výpočet energetické náročnosti na charakteristickou plochu střechy 1m<sup>2</sup> jsem shrnul v tabulce č.19, který je stanoven pro jednu lepicí vrstvu v souvrství střechy.

Tabulka č. 19, Svázané energie PU lepidla – jedna lepicí vrstva

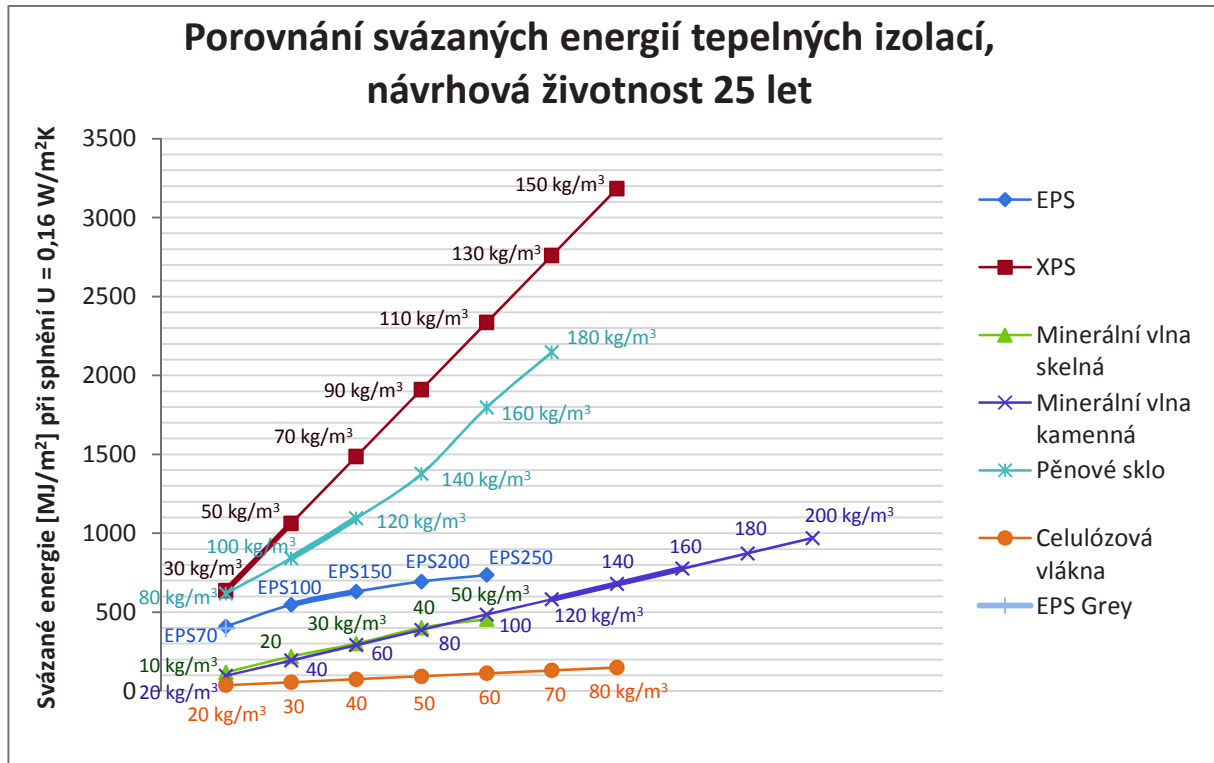
Materiál kotvení	Svázané energie [MJ/ m <sup>2</sup> ]
PU lepidlo, spotřeba 150 g/m <sup>2</sup>	14,9

### 3.4 Porovnání energetické náročnosti materiálů střech

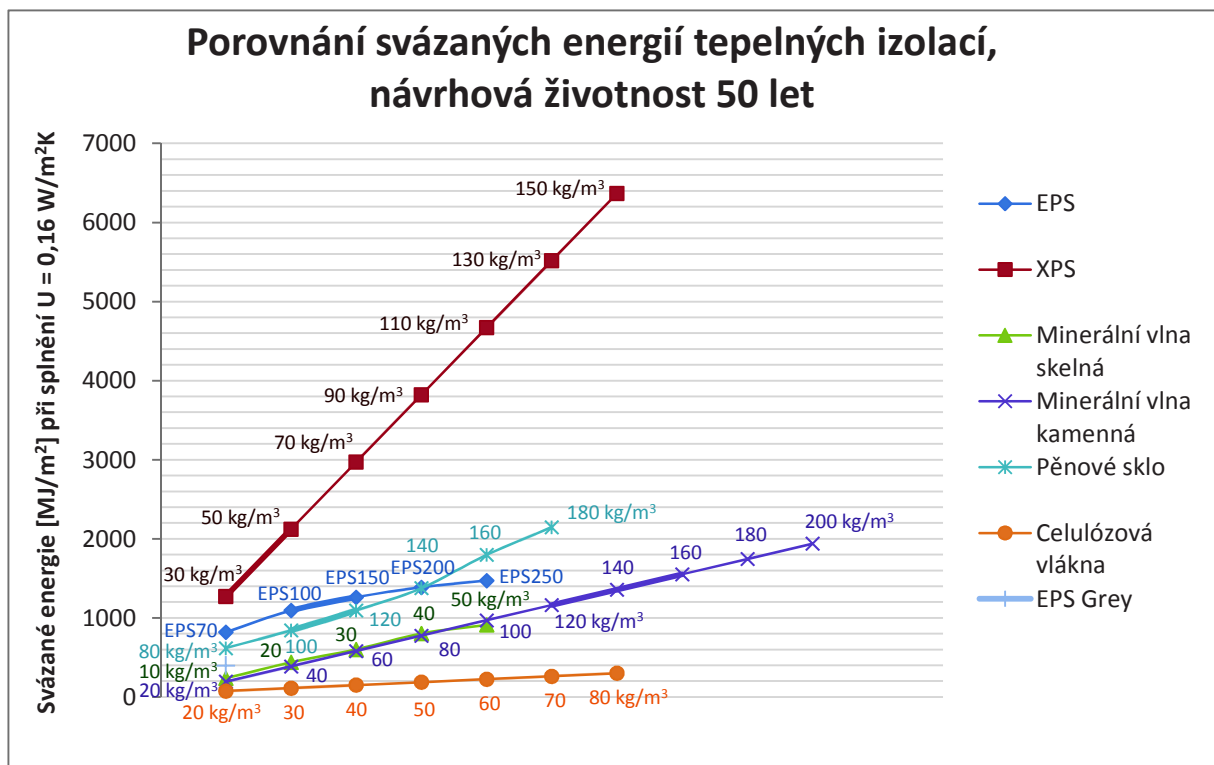
#### 3.4.1 Tepelně izolační vrstva

Pro vzájemné porovnání energetické náročnosti jsem vybral materiály tepelných izolantů, pro které je v předešlé kapitole proveden rozbor svázaných energií. Pro porovnání jsem zvolil hodnotící funkční jednotku 1m<sup>2</sup> střechy, pro kterou tepelný izolant splní požadovaný normový součinitel prostupu tepla  $U = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Zvolené parametry výpočtové tepelné vodivosti a minimální tloušťky tepelné izolace jsou uvedeny v příloze č.3. Porovnání jsem provedl pro návrhovou životnost střechy 25 let a návrhovou životnost střechy 50 let s jedním cyklem obnovy střešního pláště. Výsledky jsem shrnul do grafu č. 19 a 20 a vyznačil tepelné izolace, které jsou v praxi standardně používány pro jednoplášťové ploché střechy.





Graf č. 19, Porovnání svázaných energií tepelných izolací, návrhová životnost 25 let



Graf č. 20, Porovnání svázaných energií tepelných izolací, návrhová životnost 50 let

Nejefektivnější volbou tepelné izolace dle grafu č.19 a 20, z hlediska bilance svázaných energií, jsou celulózová vlákna, která jsou vyráběna z více než 75% recyklovaného papíru. Nevýhodou celulózových vláken pro jednovrstevné ploché střechy je nízká únosnost (pouze

vlastní tíha), která umožňuje aplikaci pouze do konstrukce dvouplášťových střech, tj. zateplení spodního pláště střechy.

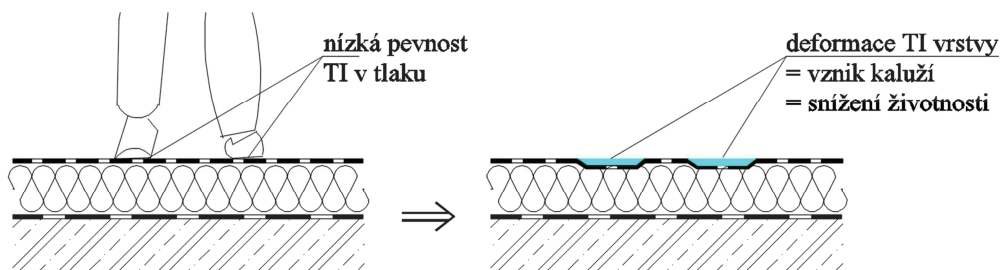
Při uvažování návrhové životnosti střechy (střešního pláště) 25 let je dle grafu č.19 pro ploché střechy nejefektivnější volbou, z hlediska bilance svázaných energií, tepelná izolace z EPS 100, případně kamenná minerální vlna s objemovou hmotností  $120 \text{ kg/m}^3$ .

Pro tepelné izolace z EPS a minerální vlny je možné uvažovat maximální dobu návrhové životnosti 25 let. Výjimkou je tepelná izolace z pěnového skla s životností 50 let. Na grafu č.20 jsou porovnány svázané energie tepelných izolací pro návrhovou životnost střechy 50 let, kde s výjimkou pěnového skla je u tepelných izolací uvažováno s jedním cyklem obnovy. Z grafu je patrné snížení výsledné energetické náročnosti pěnového skla.

Při materiálové volbě tepelně izolační vrstvy jednoplášťových střech je nutné zohlednit způsob využití střechy a konstrukční požadavky:

•Mechanické požadavky

Tepelně izolační vrstva, nad kterou není navržena tuhá roznášecí vrstva, musí mít po celou dobu životnosti pevnost v tlaku, pevnost v tahu a za ohybu odpovídající předpokládanému zatížení. Pevnost v tlaku u EPS a minerální vlny je stanovena jako napětí v tlaku při 10 % stlačení. Pevnost v tlaku úměrně roste s objemovou hmotností izolantu. Příklad deformace tepelné izolace a následný důsledek je uveden na obrázku č.8.



Hmotnost osoby [kg]	plocha boty [m <sup>2</sup> ]	působící zatížení [kPa]
60	0,01	60
70	0,01	70
80	0,01	80
90	0,01	90
100	0,01	100
110	0,01	110
120	0,01	120
130	0,01	130

Obrázek č. 8, Důsledek špatného návrhu TI z hlediska pevnosti v tlaku

Z obrázku č.8 je patrné, že zatížení tepelně izolační vrstvy od osob, které chodidlem působí na ploše  $0,01 \text{ m}^2$  může být až 130 kPa. Nedostatečná únosnost podkladu



způsobuje trvalé deformace na povrchu střešního pláště, které vzhledem k nerovnosti povrchu akumulují vodu a snižují životnost krytiny.

- Požadavky na tuhost dle nosného podkladu

Měkké tepelně izolační materiály jsou více přizpůsobivé pro nerovnosti podkladu. V případě vyšší tuhosti desek je nutné desky rozřezat na lamely.

- Požadavky na nasákavost

Nenasákavé tepelně izolační materiály (extrudovaný polystyren) se navrhuje pro střechy s opačným pořadím vrstev, kdy hydroizolační vrstva je v úrovni pod tepelně izolační vrstvou.

- Požární požadavky

Střecha má být navržena tak, aby byla zajištěna bezpečná evakuace osob, bylo zabráněno šíření požáru a byl umožněn zásah požárních jednotek. Zároveň musí konstrukce odolávat účinkům požáru (shora i zdola) a zachovávat při požáru svou nosnost, celistvost a izolační schopnost.

- Odolnost proti teplotě

V případě lokálního zatížení střechy vyšší teplotou musí být tato část střechy navržena tak, aby zvýšená teplota nezpůsobila degradaci tepelně izolační vrstvy. Např. odraz slunečního záření od prosklených ploch.

## Závěr

Návrh tepelně izolační vrstvy musí být v první fázi zaměřen na splnění základních požadavků na stavby a závazných normových požadavků. Po stanovení těchto požadavků je možné provést výběr vhodné materiálové varianty a efektivně posoudit energetickou náročnost.

Z grafu č.20 je zřejmé, že nejefektivnější volbou tepelně izolační vrstvy, z hlediska bilance svázaných energií, je pěnové sklo s objemovou hmotností  $100 \text{ kg/m}^3$  a návrhovou životností 50 let. Energetické porovnání pěnového skla s ostatními tepelnými izolacemi je nutné zhotovit pro životnost 50 let. V rámci životnosti 50 let musí být u ostatních materiálů tepelných izolací navržen jeden cyklus obnovy po 25 letech. Cyklus obnovy je důvodem výsledné energetické efektivity pěnového skla.

### 3.4.2 Hydroizolační vrstva

Pro vzájemné porovnání energetické náročnosti jsem vybral materiály hydroizolační vrstvy, pro které je v předešlé kapitole proveden rozbor svázaných energií. Pro vzájemné porovnání jsem zvolil funkční jednotku  $1 \text{ m}^2$  střechy.

Cílem návrhu hydroizolační vrstvy je chránit střechu a podstřešní prostor před pronikáním kapalné vody. Pro volbu typu hydroizolační vrstvy byla Českou hydroizolační společností v srpnu 2017 vydána Směrnice ČHIS 01, Hydroizolační technika – Ochrana staveb a konstrukcí před nežádoucím působením vody a vlhkosti [27]. V příloze B této

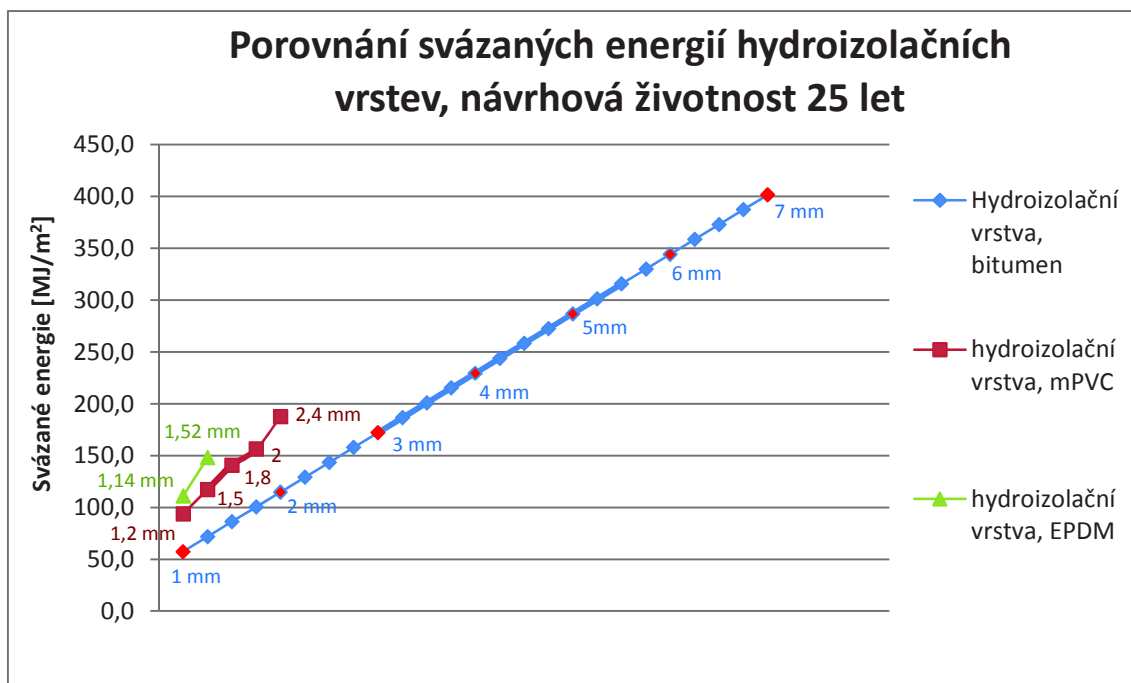


směrnice je uveden doporučený postup návrhu hydroizolační koncepce, dle kterého je určen vhodný typ hydroizolační vrstvy.

Popis postupu návrhu dle přílohy B, směrnice ČHIS 01:

- 1) Stanovit návrhové namáhání konstrukcí vodou
- 2) Uplatnit zásady při rozhodování o tvaru a velikosti stavby, jejím osazení do terénu a o využití prostor uvnitř stavby.
- 3) Stanovit požadavek na ochranu dokončených prostor před dodatečnou stavební činností
- 4) Stanovit hydroizolační požadavek (požadavek na stav chráněného prostředí P a stav ohraničujících konstrukcí K).
- 5) Stanovit opravitelnost R konstrukcí
- 6) Rozhodnout, které hydroizolační konstrukce a která hydroizolační opatření se uplatní v návrhu hydroizolační koncepce. Určit potřebnou účinnost a spolehlivost hydroizolačních konstrukcí.
- 7) Vybrat konstrukce s odpovídající účinností a spolehlivostí. Ověřit jejich vhodnost pro daný druh obálky stavby.

Porovnání materiálů hydroizolační vrstvy z hlediska bilance svázaných energií jsem shrnul v grafu č.21 a vyznačil hydroizolace, které jsou v praxi standardně používány pro jednoplašťové ploché střechy. Výpočet je proveden pro návrhovou životnost 25 let.



Graf č. 21, Porovnání svázaných energií hydroizolačních vrstev, návrhová životnost 25 let

Při vzájemném porovnání výsledků na grafu č.21 lze konstatovat, že energetická náročnost fólie mPVC o tloušťce 2 mm odpovídá energetické náročnosti asfaltového pásu o tloušťce 3 mm.



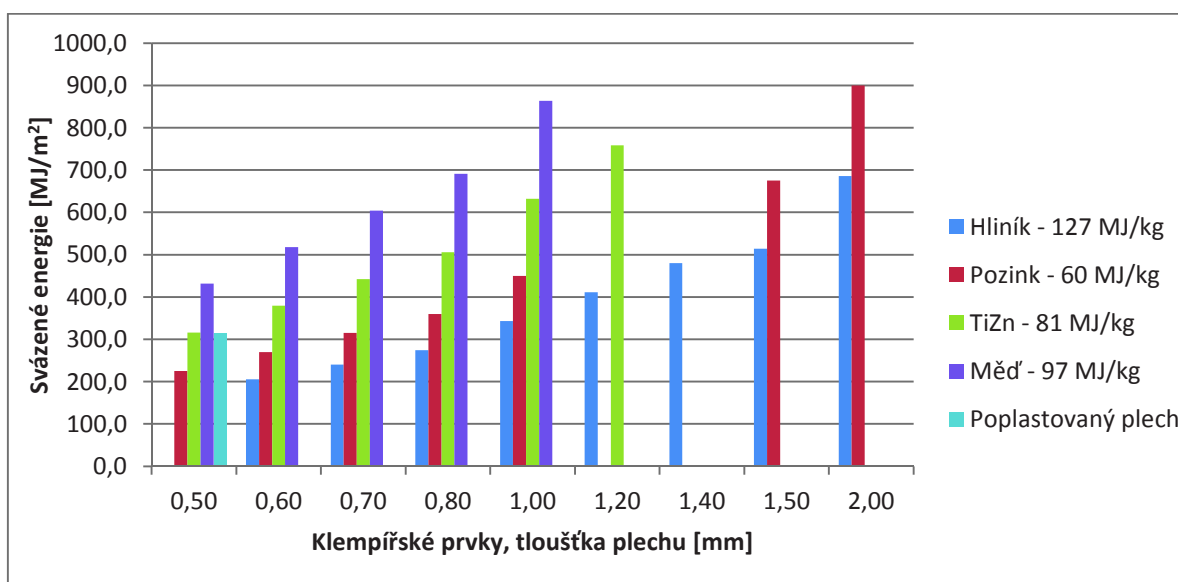
## Závěr

Návrh vhodného typu hydroizolačních konstrukcí a vrstev je možné provádět dle Směrnice ČHIS 01, která porovnává jejich účinnost a spolehlivost z hlediska pronikání vody v kapalném skupenství.

Porovnáním bilancí svázaných energií na grafu č.21 je zřejmé, že efektivní volbou hydroizolační vrstvy je hydroizolační vrstva mPVC.

### 3.4.3 Klempířské prvky

Vzájemné porovnání energetické náročnosti klempířských prvků jsem zhodnotil na funkční jednotku  $1\text{m}^2$  střechy pro návrhovou životnost 25 let. Životnost mědi, hliníku a titan-zinku je možné uvažovat až 50 let, a to pouze v případě, že jeho zabudování a funkce není podmíněna materiálem s nižší životností. Vzájemné porovnání klempířských prvků jsem graficky znázornil na grafu č.22.



Graf č. 22, Porovnání svázaných energií klempířských prvků, návrhová životnost 25 (50) let

## Závěr

Při návrhu klempířských konstrukcí je důležité volit kombinaci materiálů tak, aby byla zajištěna jejich vzájemná kompatibilita při přímém nebo nepřímém kontaktu a nedocházelo ke vzájemnému ovlivňování kovů. Vzájemná kompatibilita musí být zajištěna i pro styk s ostatními stavebními materiály, zejména cementem, sádkou a vápnem. Vzájemné ovlivňování materiálů je hodnoceno v ČSN 73 3610 Navrhování klempířských konstrukcí.

Při porovnání bilancí svázaných energií klempířských prvků v grafu č.22 je nejvyšší energetická náročnost uvedena pro materiál mědi a titan-zinku. Nejnižší energetická náročnost a efektivní volbou z hlediska energií jsou klempířské konstrukce hliníkové. U materiálové volby klempířských prvků je třeba posuzovat životnost materiálů a způsob jejich zabudování. V případě zabudování klempířského prvku s návrhovou životností 50 let na konstrukční prvek o kratší životnosti, musí být uvažována kratší životnost celé konstrukce.



### 3.5 Optimalizace návrhu rekonstrukcí plochých střech na modelových konstrukcích

Návrh vhodného a efektivního řešení rekonstrukcí a sanací střešního pláště je podmíněn kritériem postupného návrhu, při kterém musí být provedeny a zhodnoceny zejména níže uvedené body:

- 1) Seznámení se s původní projektovou dokumentací.
- 2) Stavebně technický průzkum, zaměření a provedení sond.
- 3) Stanovení skladby střešního pláště a určení vlastností stávajících materiálů.
- 4) Zhodnocení stávající konstrukce z hlediska konstrukčních požadavků, závazných tepelně technických požadavků a životnosti.
- 5) Variantní návrh řešení rekonstrukce nebo sanace střešního pláště.
- 6) Posouzení variant z hlediska tepelně technických a vlhkostních požadavků.
- 7) Posouzení variant z hlediska energetické náročnosti a energetické návratnosti.
- 8) Výběr efektivní varianty rekonstrukce nebo sanace střešního pláště.

Pro efektivní hodnocení rekonstrukcí skladeb plochých střech jsem zvolil modelovou konstrukci jednoplášťové ploché střechy R1, u které lze prezentovat hlavní principy a možnosti rekonstrukcí. Pro přehlednost variant návrhu rekonstrukcí jsem vytvořil princip označování skladby, které určuje typ zvolené rekonstrukce a materiálové řešení.

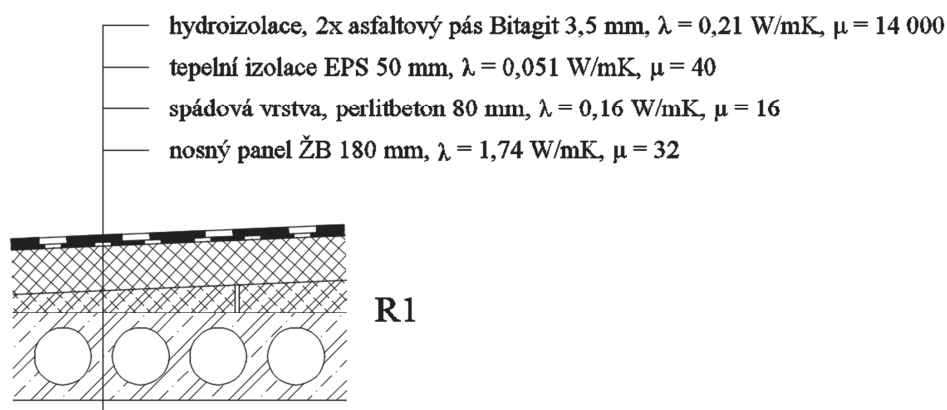
$$RX_z / A_x^y ; B_x^y ; C_x^y$$

- RX - označení stávající skladby, kde X je pořadové číslo zvolené skladby  
z - označení zvolené varianty rekonstrukce  
A - označení hydroizolační vrstvy  
A<sub>x</sub> - upřesnění zvoleného materiálu hydroizolační vrstvy, kde:  
A<sub>1</sub> je hydroizolační vrstva z asfaltového pásu  
A<sub>2</sub> je hydroizolační vrstva z fólie  
B - označení tepelně izolační vrstvy  
B<sub>x</sub> - upřesnění zvoleného materiálu tepelně izolační vrstvy, kde:  
B<sub>1</sub> je tepelně izolační vrstva z EPS  
B<sub>2</sub> je tepelně izolační vrstva z XPS  
B<sub>3</sub> je tepelně izolační vrstva z kamenné minerální vlny  
B<sub>4</sub> je tepelně izolační vrstva ze skelné minerální vlny  
B<sub>5</sub> je tepelně izolační vrstva z pěnového skla  
C - označení parotěsnící vrstvy  
C<sub>x</sub> - upřesnění zvoleného materiálu parotěsnící vrstvy, kde:  
C<sub>1</sub> je parotěsnící vrstva z asfaltového pásu  
C<sub>2</sub> je parotěsnící vrstva z fólie  
y - počet cyklů obnovy materiálu při hodnocení návrhové životnosti 50 let

Účel tohoto hodnocení je výběr energeticky efektivních variant rekonstrukce pro následující komplexní a detailní návrh. V hodnocení této části nejsou uvažovány vrstvy separační, stabilizační, filtrační, expanzní apod. Tyto vrstvy je třeba započítat při následném detailním hodnocení vybraných variant.

### 3.5.1 Volba základní modelové konstrukce střechy, upřesnění okrajových podmínek

Pro účely vyhodnocení efektivní rekonstrukce střechy jsem zvolil modelovou konstrukci s označením R1. Jedná se o jednoplášťovou nepochozí střechu s klasickým pořadím vrstev a se střešním pláštěm tvořeným spádovou vrstvou, tepelně izolační vrstvou z expandovaného polystyrenu a hydroizolační konstrukcí z asfaltových pásů. Modelová konstrukce vč. vlastností materiálů při zabudování je znázorněna na obrázku č.9.



Obrázek č. 9, Modelová konstrukce R1, vlastnosti materiálů při zabudování

Posouzení stávající modelové konstrukce R1 z hlediska tepelně technických a vlhkostních požadavků jsem uvedl v tabulce č.20. Pro výpočet jsou uvažovány okrajové podmínky relativní vlhkosti vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 50$  % s přírážkou  $\Delta\varphi_i = 5$  %. Návrhová vnitřní teplota v zimním období  $\theta_i = 20$  °C s teplotní přírážkou  $\Delta\theta_{ai} = 0,6$  °C. Parametry venkovního prostředí  $\theta_e = -13$  °C (Praha) a relativní vlhkost venkovního vzduchu  $\varphi_e = 84$  %. Výpočet je proveden bez uvažování vlivu systematických tepelných mostů a s vlastnostmi materiálu odpovídající stavu při zabudování, tj. zejména tepelné vodivosti a faktoru difúzního odporu.

Tabulka č. 20, Vyhodnocení tepelně technických a vlhkostních požadavků modelové konstrukce R1

Vypočtené hodnoty	$f_{Rsi}$ [-]	$U$ [W/m <sup>2</sup> .K]	$M_{c,a}$ [kg/m <sup>2</sup> .rok]	
		0,869	0,57	0,215
Normové požadavky	$f_{Rsi,N}$	$U_N$	$M_{ev,a}$	$M_{c,N}$
	0,779	0,24	0,163	0,015
POSOUZENÍ dle ČSN 73 0540-2	vyhovuje	<b>nevyhovuje</b>	<b>nevyhovuje</b>	<b>nevyhovuje</b>

Vyhodnocením výsledků modelové konstrukce R1 v tabulce č.20 lze konstatovat nesplnění závazných normových požadavků dle ČSN 73 0540-2 [7] s výjimkou teplotního faktoru vnitřního povrchu konstrukce.

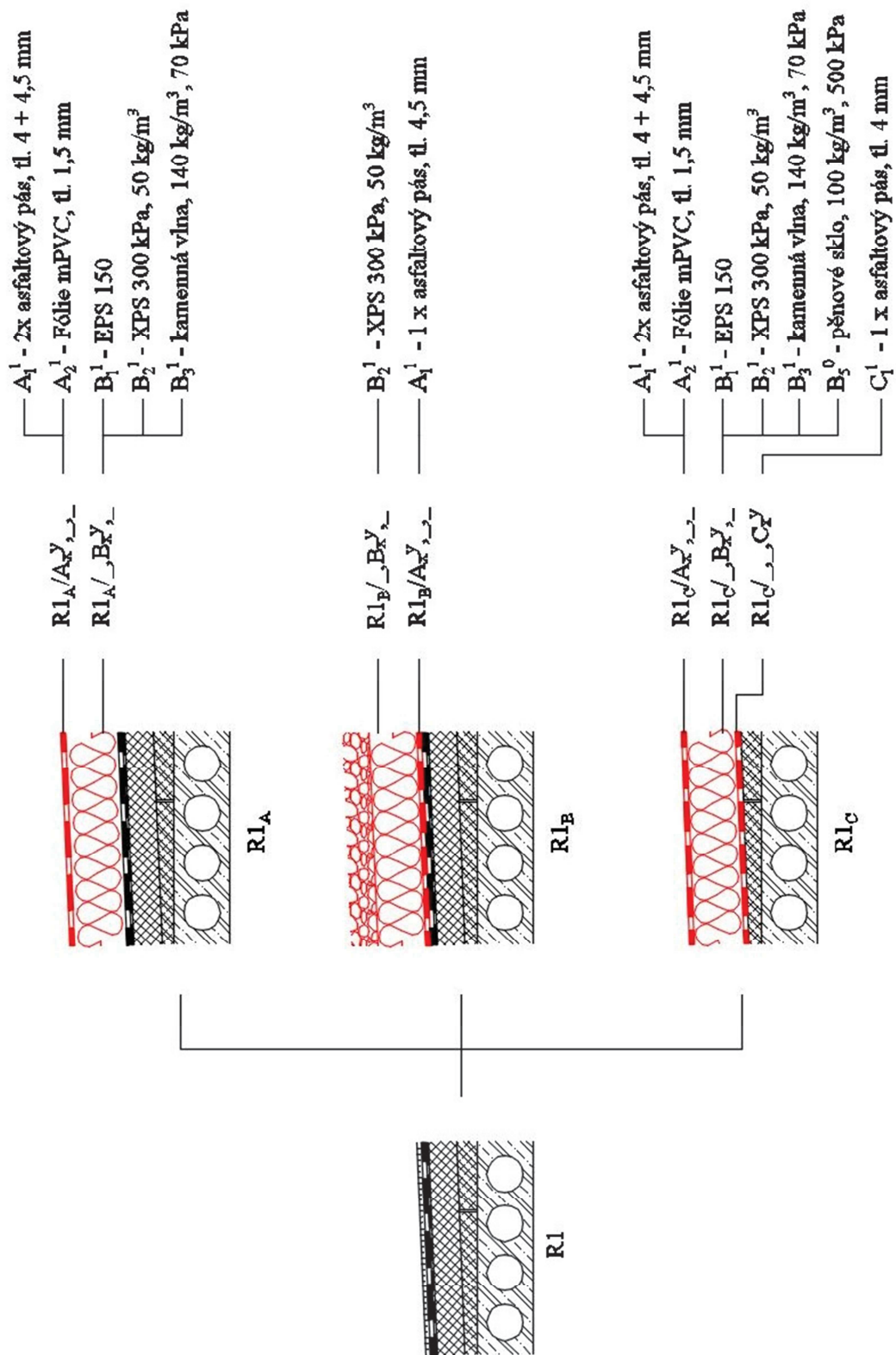


Zvolená modelová konstrukce byla v praxi realizována v průběhu 60.-70. let minulého století, převážně na panelových objektech. V 70.-80. letech se tyto skladby již realizovali s parozábranou. Zabudované materiály, tj. oxidované asfaltové pásy a tepelné izolace bez stabilizace po dobu své životnosti mění své vlastnosti. U oxidovaných asfaltových pásu se s dobou zabudování snižuje zejména faktor difúzního odporu a schopnost zajišťovat hydroizolační funkci. Pro zamezení zatékání docházelo u těchto konstrukcí k plošné sanaci hydroizolačních vrstev, tj. doplnění asfaltového pásu v celé ploše, často i v několika vrstvách. Tento modelový případ neuvažuje změnu vlastností materiálu a popisované plošné sanace hydroizolační konstrukce.

### 3.5.2 Návrh variant rekonstrukcí modelové konstrukce R1

Pro stávající modelovou konstrukci R1 jsem navrhl tři varianty modelových rekonstrukcí R1<sub>A</sub>, R1<sub>B</sub> a R1<sub>C</sub>. Varianta R1<sub>A</sub> a R1<sub>B</sub> je koncipována se zachováním stávajících vrstev, pro variantu R1<sub>C</sub> je navrženo odstranění stávajícího střešního pláště a ponechání spádové vrstvy. Variantní řešení rekonstrukcí modelové konstrukce R1 jsem vyobrazil na obrázku č.10.





Obrázek č. 10, Variantní řešení rekonstrukcí modelové konstrukce R1



#### Varianta R1<sub>A</sub>:

Jedná se o střechu jednoplášťovou tzv. „střecha plus“. Princip této varianty je, že původní hlavní tepelná izolace střešního pláště po rekonstrukci plní funkci doplňkové tepelné izolace. Původní krytina je vyspravena nebo posílena o další hydroizolační vrstvu a v nové skladbě plní funkci parotěsnící. Na hydroizolační vrstvu je položena nová tepelná izolace v poměru min 2:3 a krytina.

Pro zhotovení této varianty je třeba zhodnotit životnost stávajících vrstev střešního pláště tak, aby plnily funkci po dobu minimálně jednoho cyklu obnovy, tj. 25 let.

#### Varianta R1<sub>B</sub>:

Jedná se o skladbu střešního pláště s kombinovaným pořadím vrstev, tzv. „střecha duo“. Jednoplášťová skladba s klasickým pořadím vrstev je doplněna o skladbu inverzní.

Princip této varianty je doplnění hlavní hydroizolační konstrukce o hydroizolační vrstvu bránící prorůstání kořínků rostlin, na kterou je uložena tepelně izolační vrstva odolávající vlivu atmosférických srážek (nenasákavá – XPS).

Pro zhotovení této varianty je třeba zhodnotit životnost stávajících vrstev střešního pláště tak, aby plnily funkci po dobu minimálně jednoho cyklu obnovy, tj. 25 let.

#### Varianta R1<sub>C</sub>:

Jedná se o klasickou jednoplášťovou skladbu s klasickým pořadím vrstev. Je předpokládáno odstranění stávající skladby střešního pláště po úroveň spádové vrstvy, z důvodu špatných technických vlastností vrstev nebo vlhkostních parametrů.

### 3.5.3 Posouzení variant z hlediska tepelně technických a vlhkostních požadavků

#### **Popis posuzované konstrukce**

Navržené varianty rekonstrukcí modelové střešní konstrukce R1 jsem zhodnotil z hlediska závazného normového požadavku na součinitel prostupu tepla a šíření vlhkosti v konstrukci.

Výpočet jsem provedl bez uvažování vlivu systematických tepelných mostů a s vlastnostmi materiálů odpovídající stavu při zabudování. Hodnocení je provedeno pro rozmezí tloušťky tepelně izolační vrstvy nových materiálů 100-300 mm, ze které je následně odvozena minimální tloušťka tepelné izolace při splnění normových požadavků.

*Zvolené okrajové podmínky výpočtu:*

- Relativní vlhkosti vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 50 \%$  s přírážkou  $\Delta\varphi_i = 5\%$
- Návrhová vnitřní teplota v zimním období  $\theta_i = 20 \text{ °C}$  s teplotní přírážkou  $\Delta\theta_{ai} = 0,6 \text{ °C}$
- Návrhová exteriérová teplota  $\theta_e = -13 \text{ °C}$  (Praha)
- Relativní vlhkost venkovního vzduchu  $\varphi_e = 84 \%$

*Zvolené vlastnosti stávajících materiálů:*

- Železobeton:  $\lambda_u = 1,740 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 32$
- Perlitbeton:  $\lambda_u = 0,160 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 16$
- Asfaltový pás Bitagit:  $\lambda_u = 0,210 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 14\,000$
- Expandovaný polystyren EPS:  $\lambda_u = 0,051 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 40$

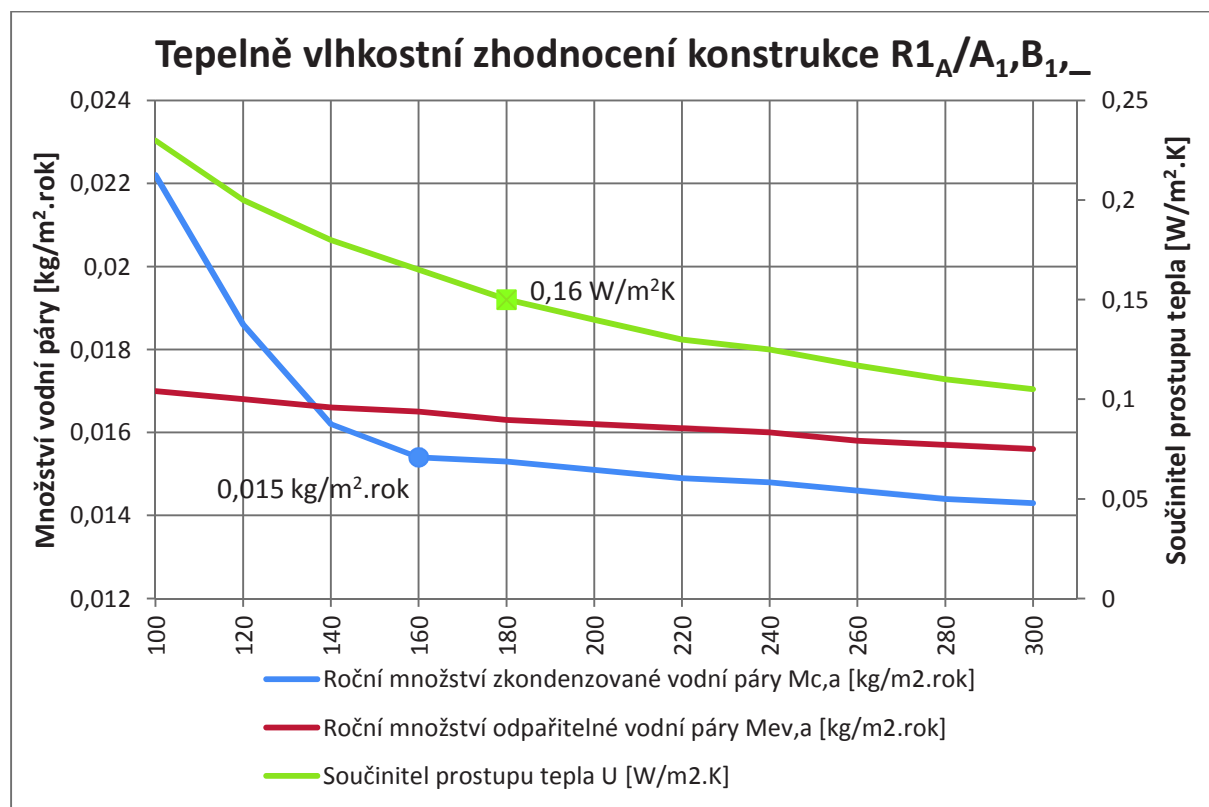


Zvolené vlastnosti nových materiálů:

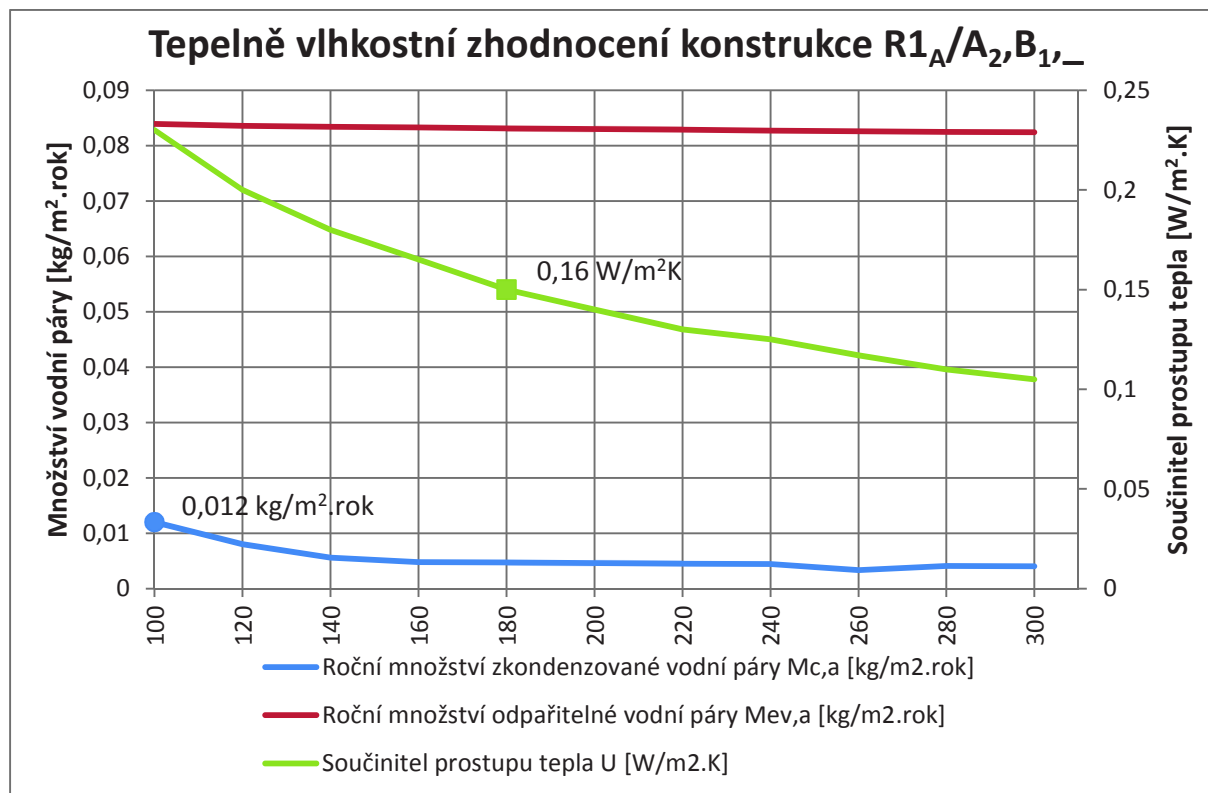
- Parozábrana asfaltový pás:  $\lambda_u = 0,210 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 100\ 000$
- Hydroizolace asfaltový pás:  $\lambda_u = 0,210 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 30\ 000$
- Hydroizolace fólie mPVC:  $\lambda_u = 0,350 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 15\ 000$
- Tepelná izolace EPS 150:  $\lambda_u = 0,038 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 70$
- Tepelná izolace XPS:  $\lambda_u = 0,037 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 100$
- Tepelná izolace XPS inverzní skladba:  $\lambda_u = 0,040 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 100$
- Tepelná izolace kamenná minerální vlna:  $\lambda_u = 0,040 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 1$
- Tepelná izolace pěnové sklo:  $\lambda_u = 0,040 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 800\ 000$

Posouzení variant skladeb z hlediska tepelně technických a vlhkostních požadavků jsem graficky znázornil do grafů č. 23-36, kde jsem vyznačil minimální tloušťky tepelné izolace, kdy modelová skladba vyhovuje požadavkům na součinitel prostupu tepla  $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  a vypočtenému normovému limitu zkondenzované vodní páry  $0,015 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$ .

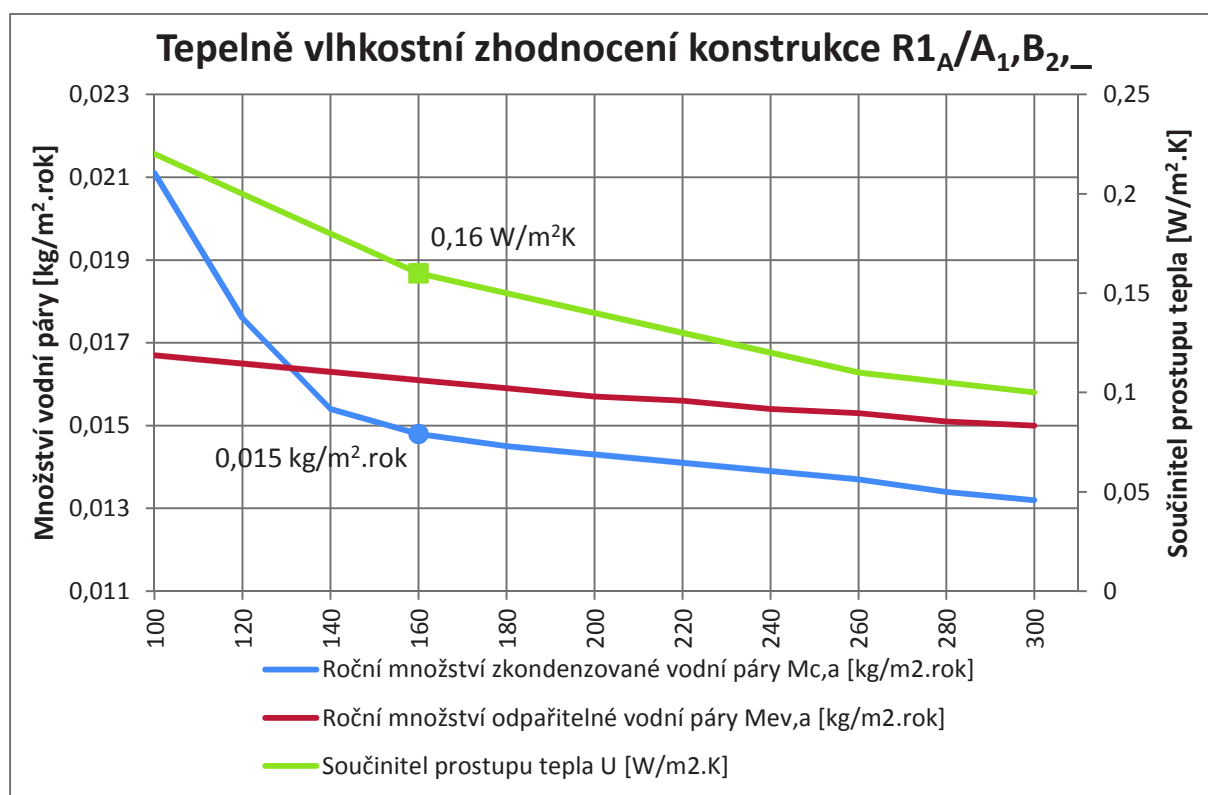
Posouzení varianty R1A:



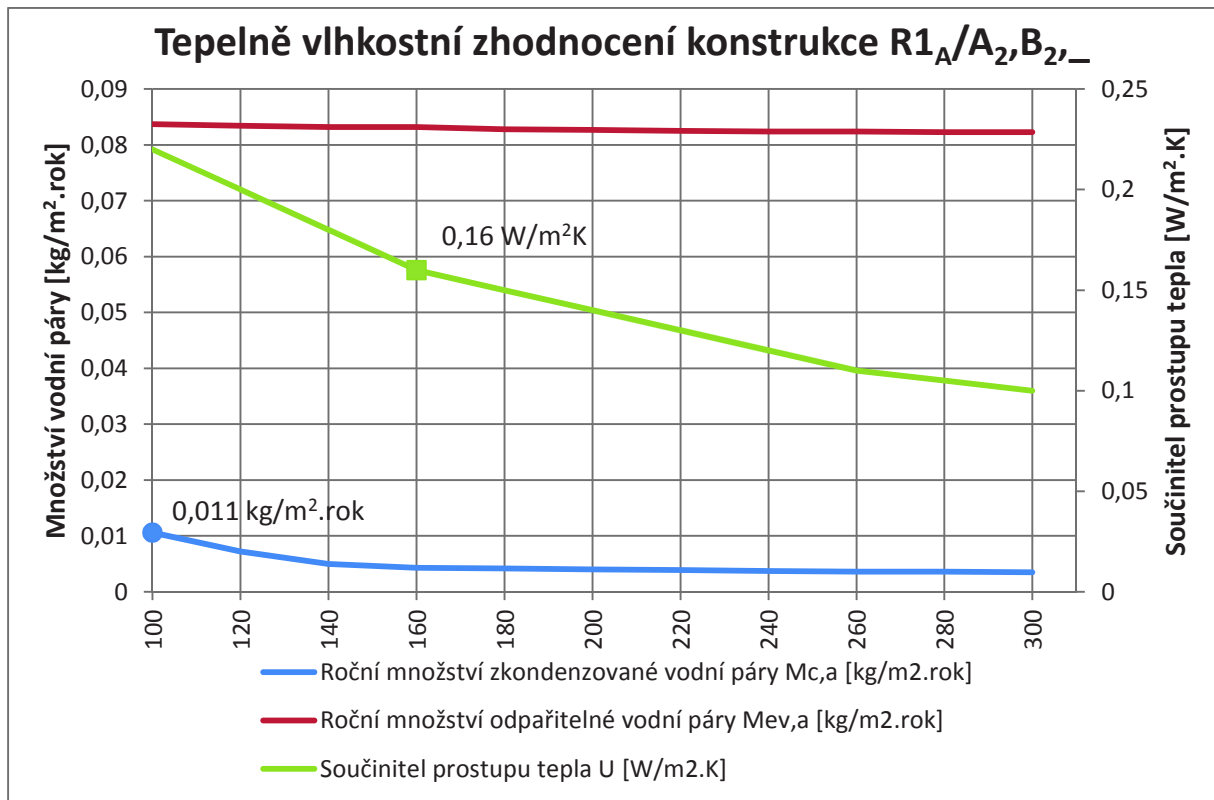
Graf č. 23, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce R1<sub>A</sub>/A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, -



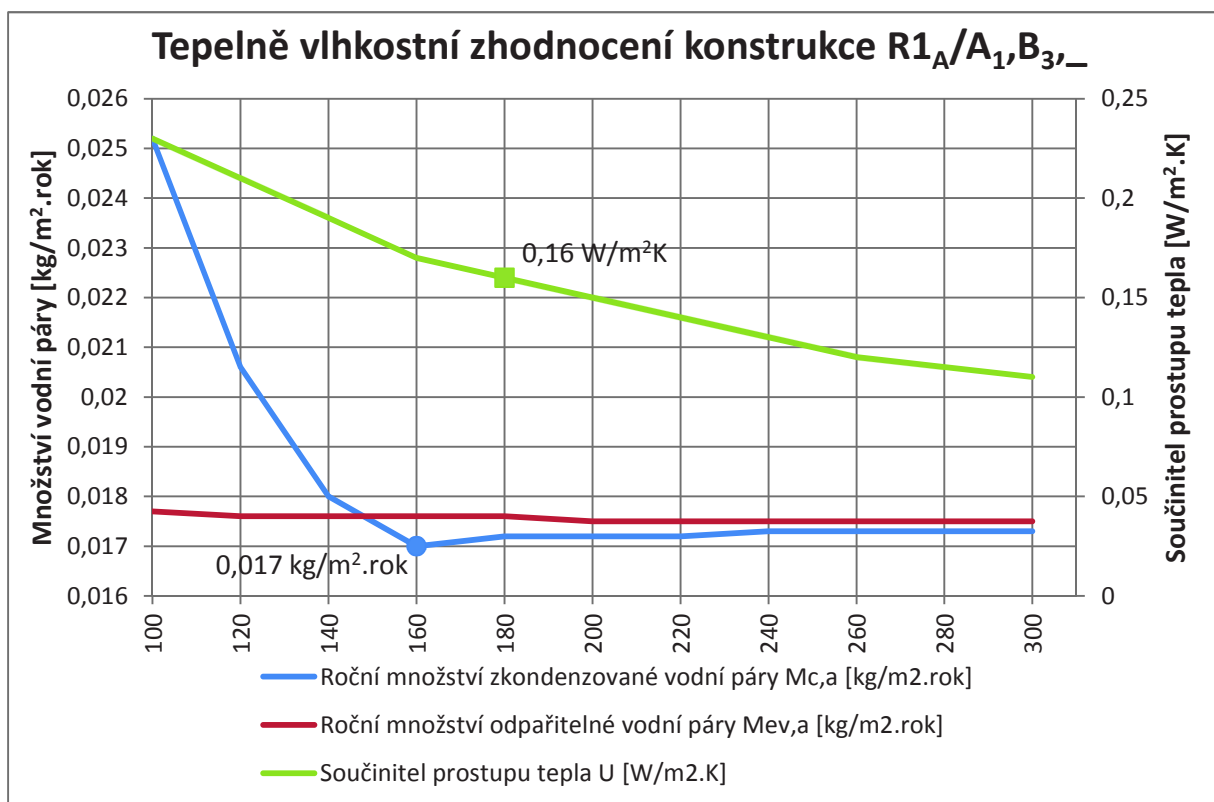
Graf č. 24, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R_{1A}/A_2, B_{1,-}$



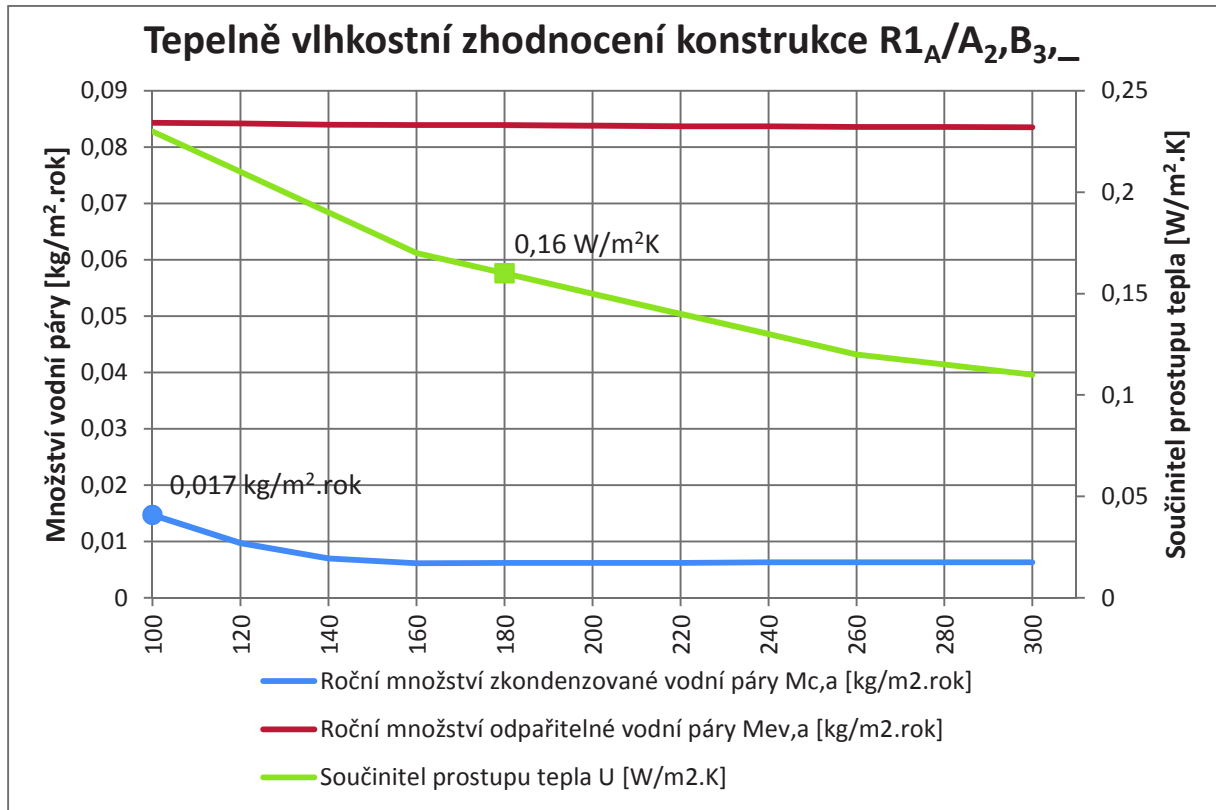
Graf č. 25, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R_{1A}/A_1, B_{2,-}$



Graf č. 26, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R_{1A}/A_2, B_2, \dots$

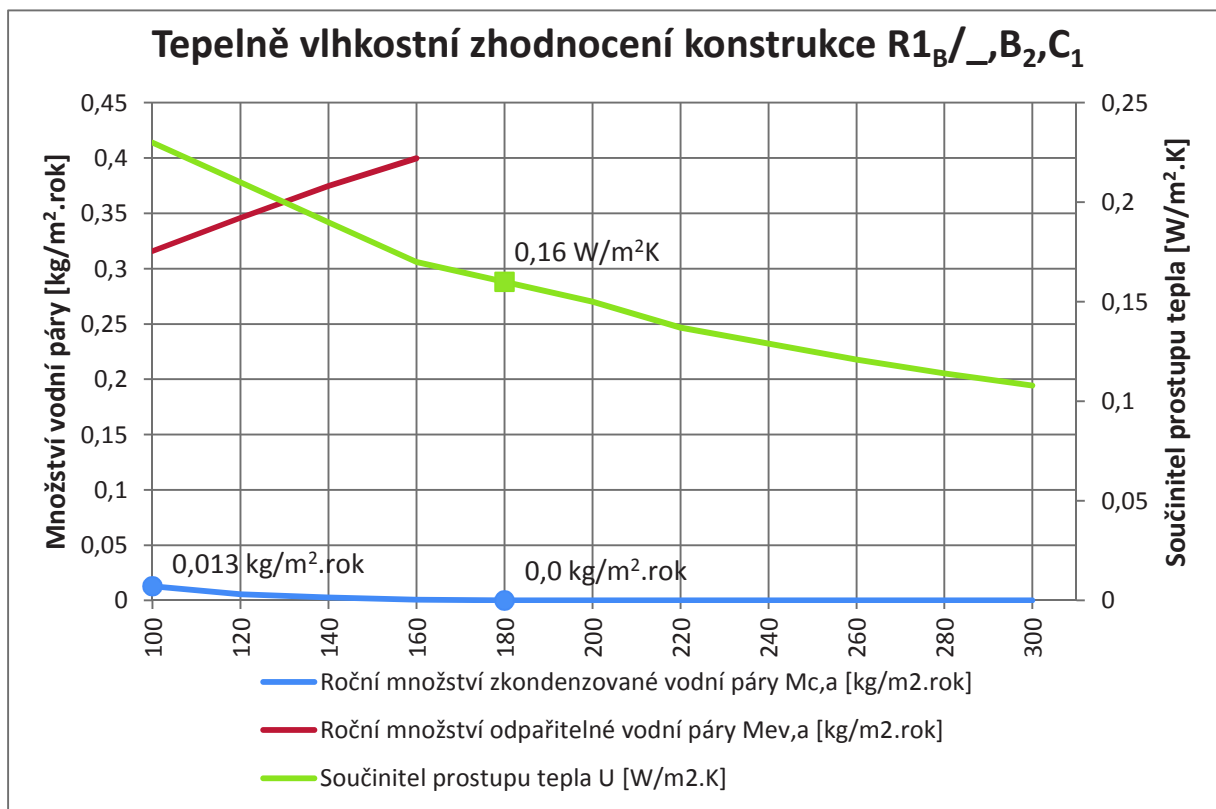


Graf č. 27, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R_{1A}/A_1, B_3, \dots$



Graf č. 28, Graf č.X, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce R1<sub>A</sub>/A<sub>2</sub>,B<sub>3</sub>,<sub>-</sub>

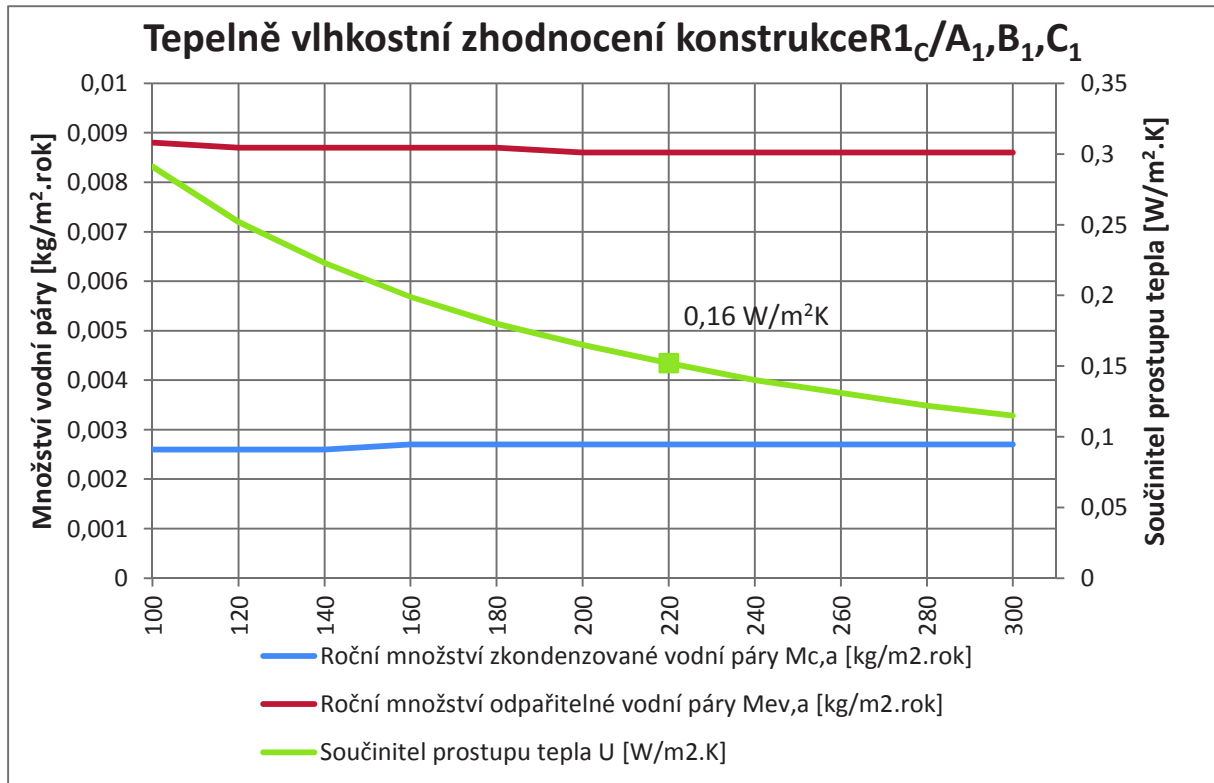
#### Posouzení varianty R1B:



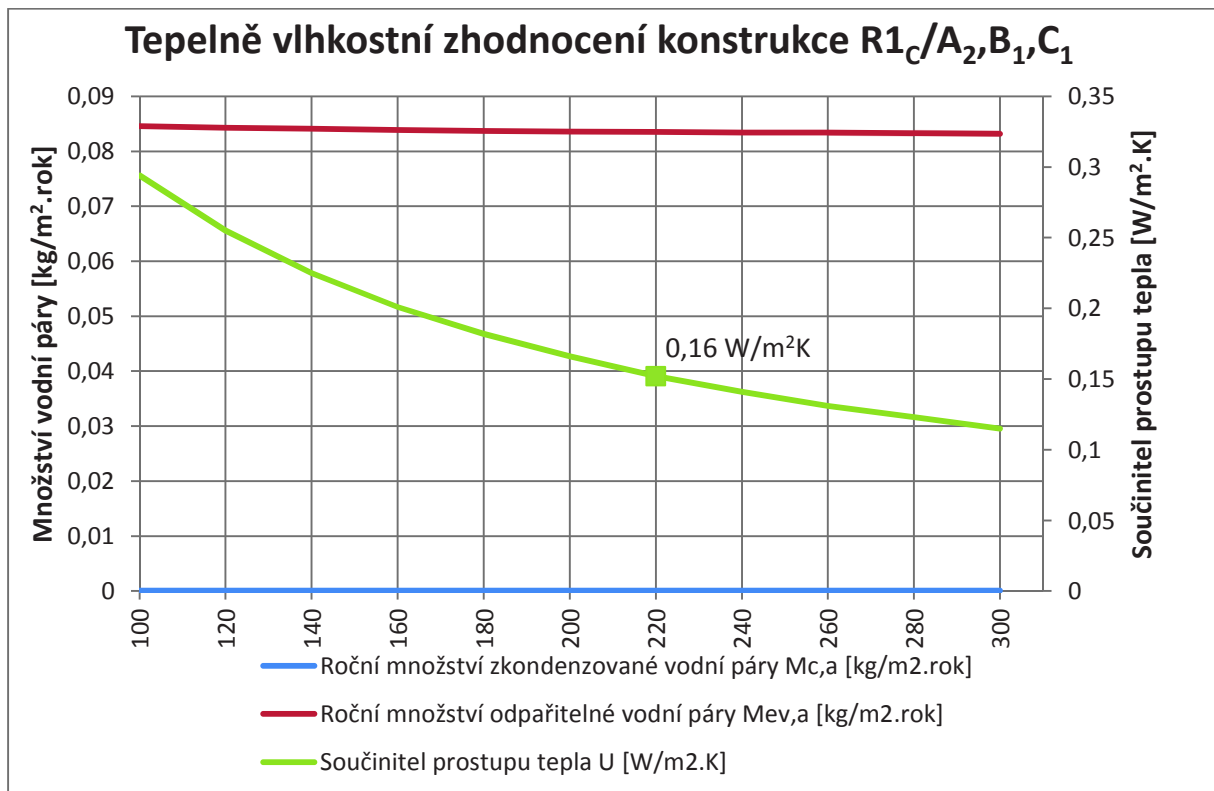
Graf č. 29, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce R1<sub>B</sub>/<sub>-</sub>,B<sub>2</sub>,C<sub>1</sub>



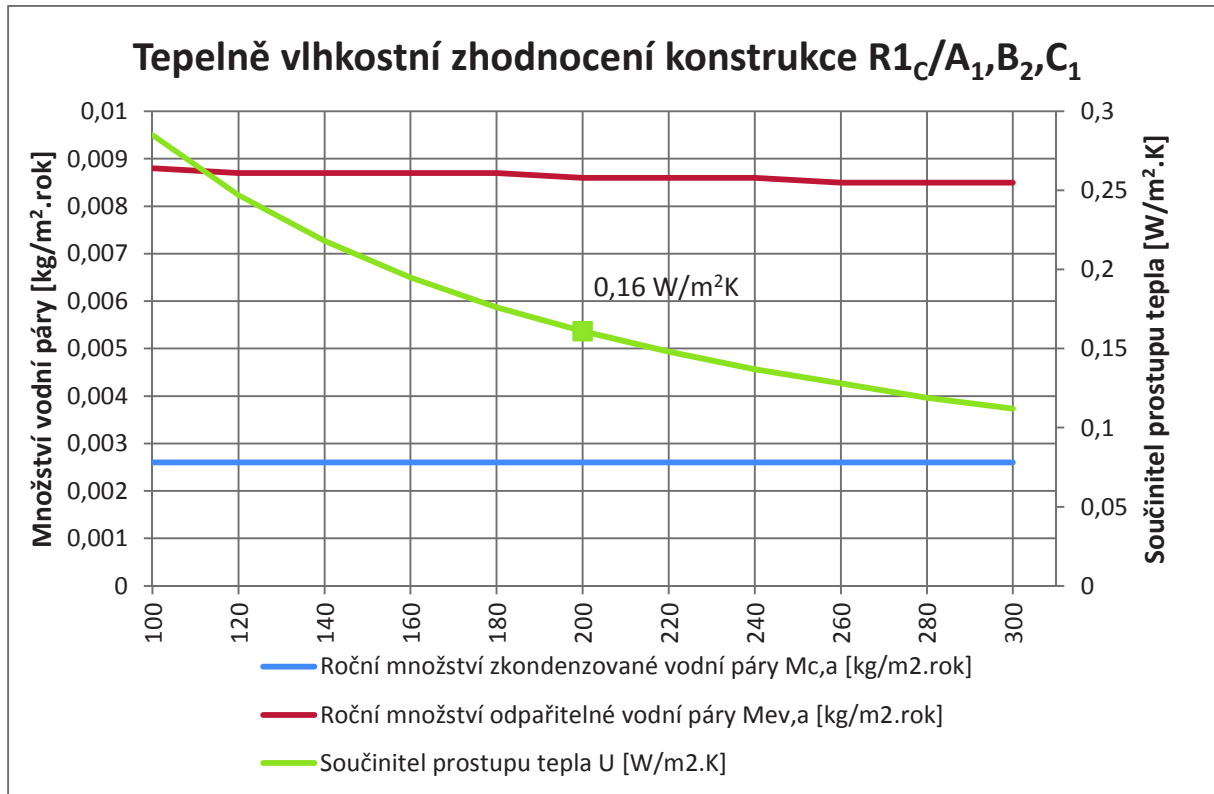
Posouzení varianty R1C:



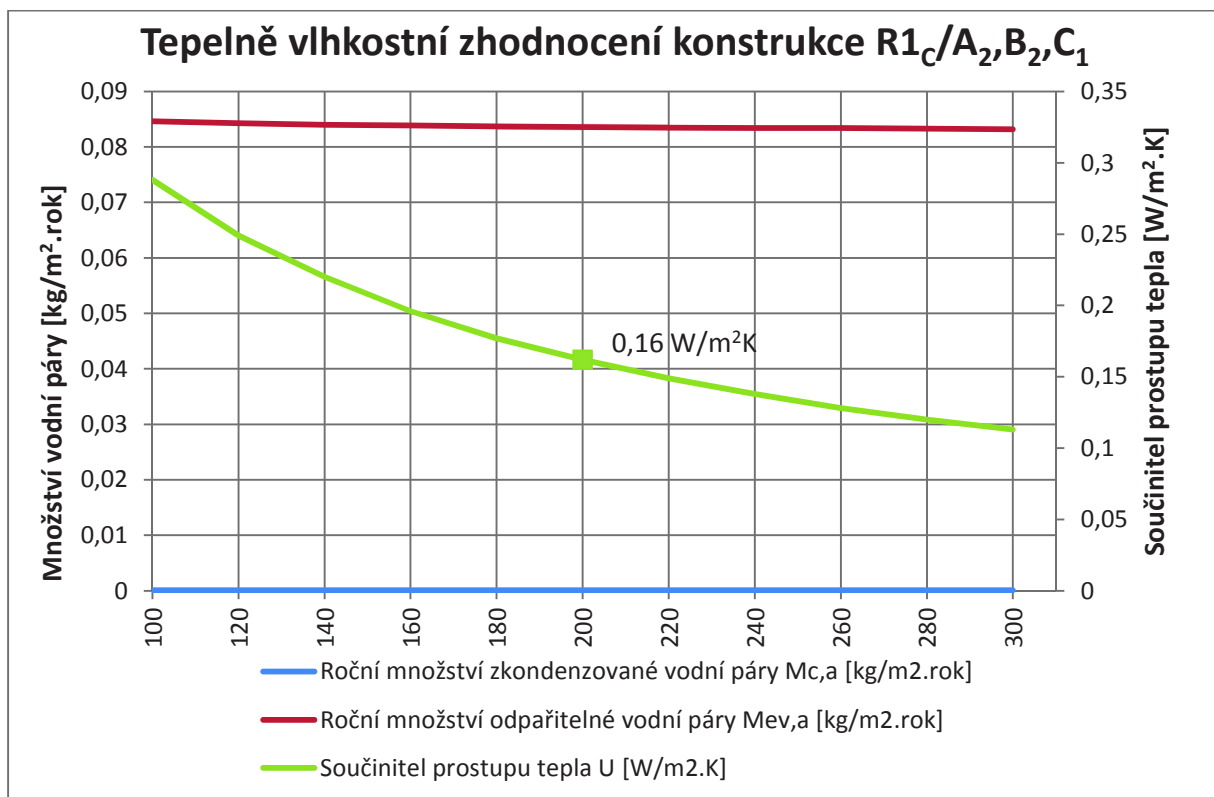
Graf č. 30, Graf č.X, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce R1<sub>C</sub>/A<sub>1</sub>,B<sub>1</sub>,C<sub>1</sub>



Graf č. 31, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce R1<sub>C</sub>/A<sub>2</sub>,B<sub>1</sub>,C<sub>1</sub>

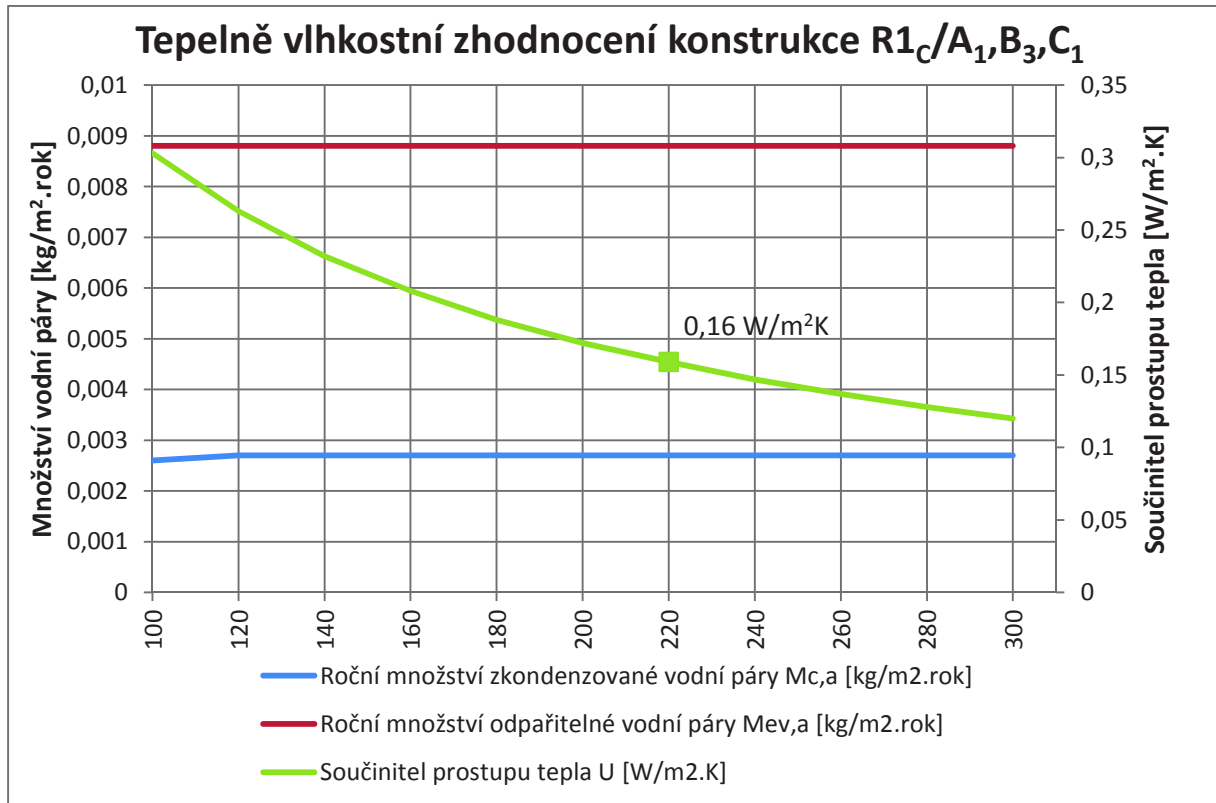


Graf č. 32, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R1_C/A_1, B_2, C_1$

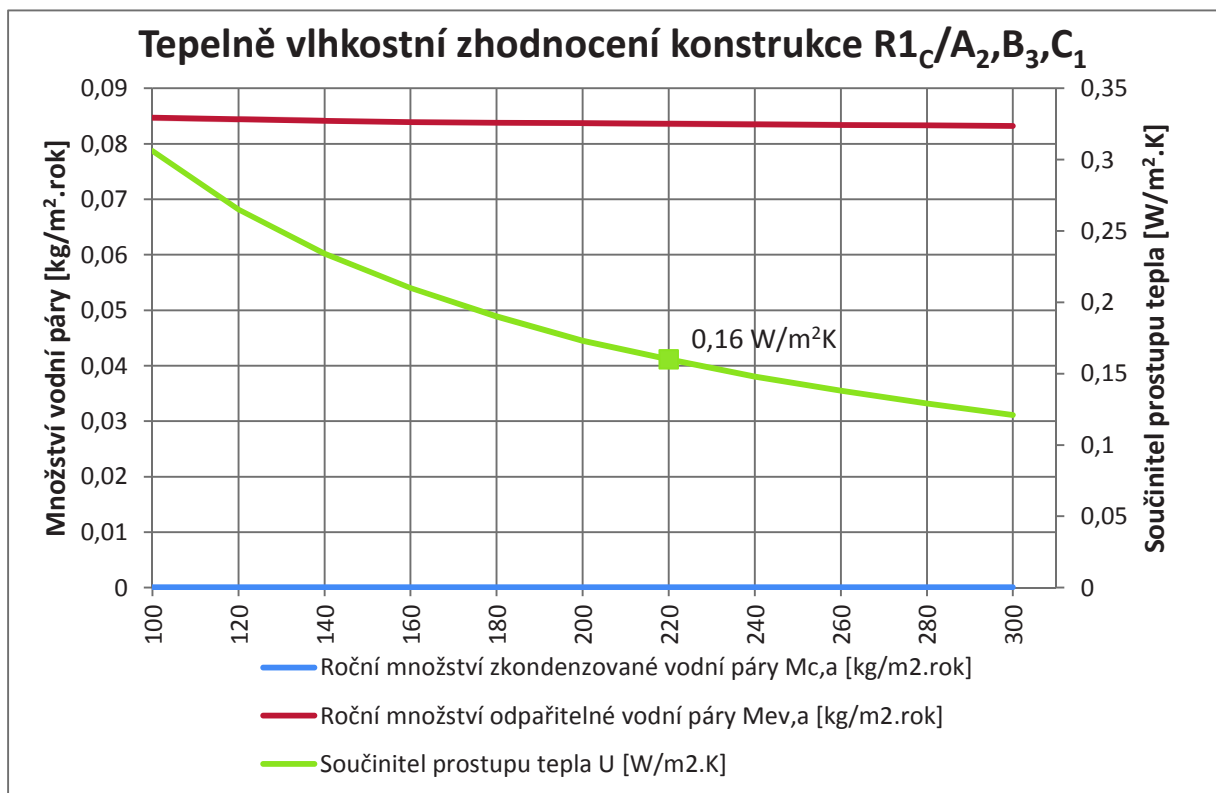


Graf č. 33, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R1_C/A_2, B_2, C_1$

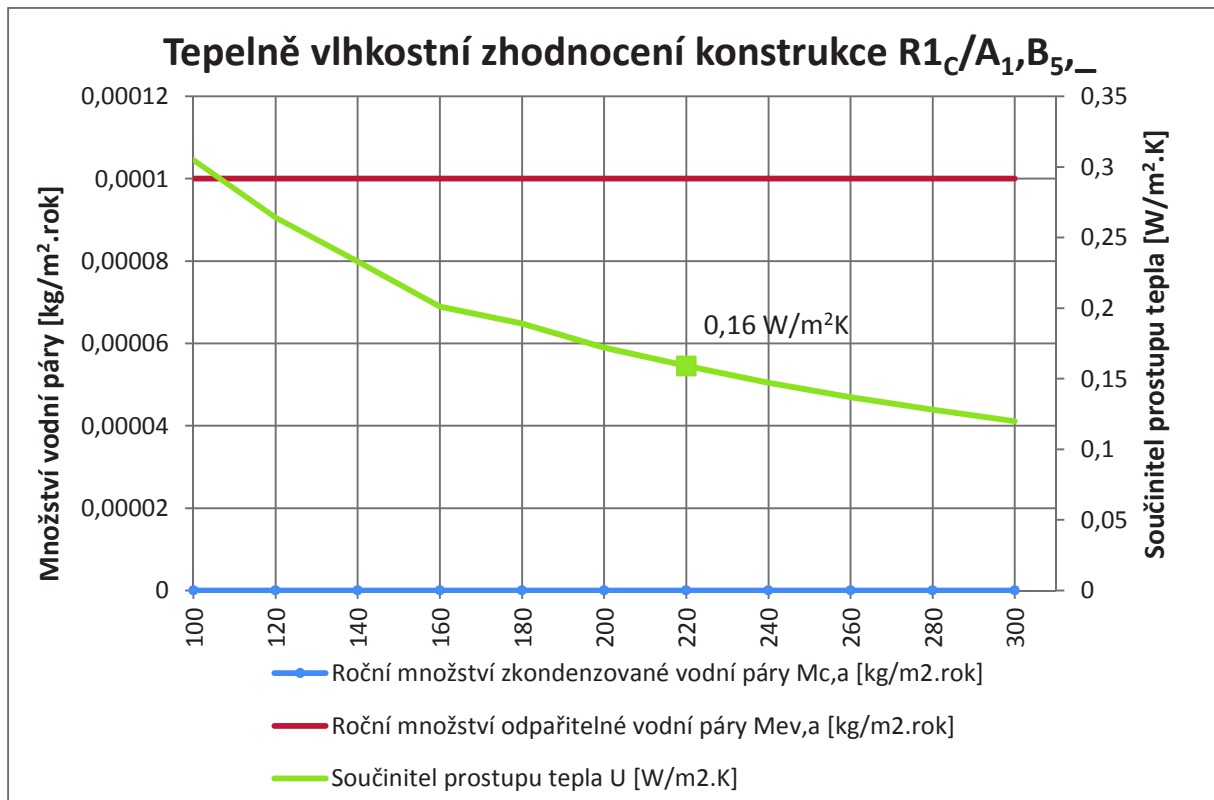




Graf č. 34, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R1_C/A_1, B_3, C_1$



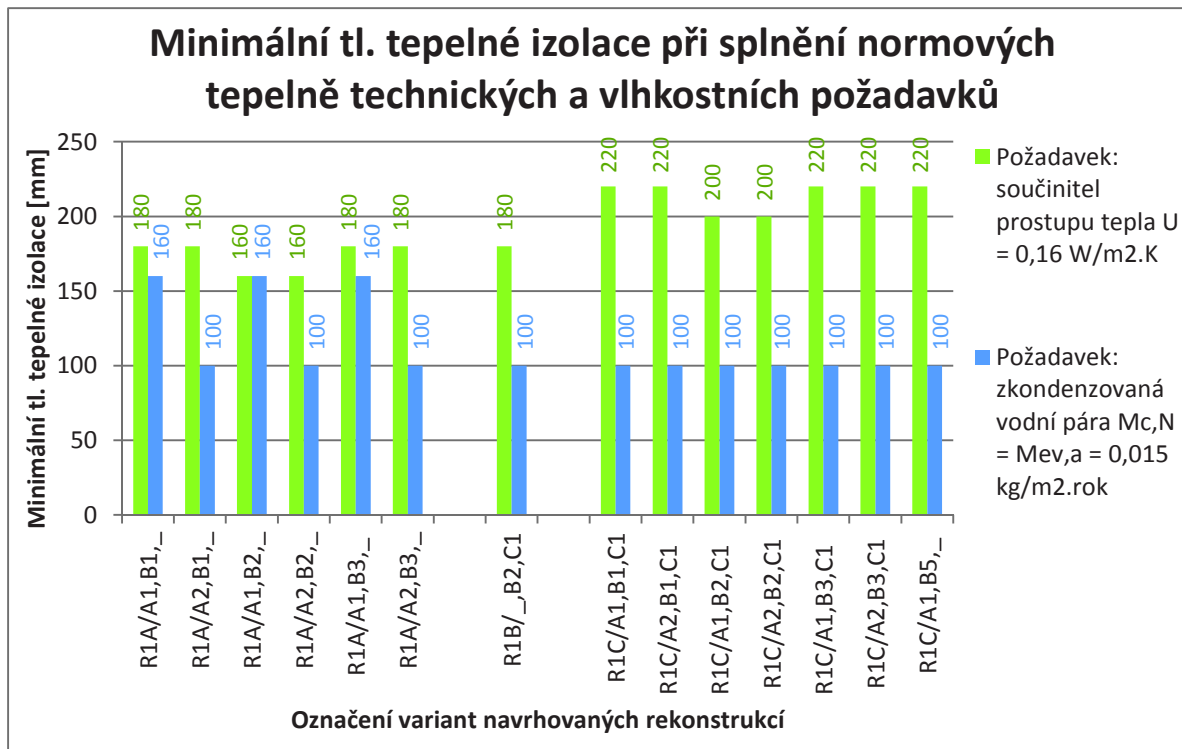
Graf č. 35, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce  $R1_C/A_2, B_3, C_1$



Graf č. 36, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce R1<sub>C</sub>/A<sub>1</sub>,B<sub>5</sub>,<sub>-</sub>

### Návrh minimální tloušťky tepelně izolační vrstvy konstrukcí R1A, R1B a R1C:

Z grafů č. 23-36 je možné odečíst minimální tloušťky tepelné izolace pro jednotlivé modelové varianty rekonstrukcí. Pro přehlednost jsem výsledky shrnul do grafu č.76.



Graf č. 37, Minimální tl. tepelné izolace pro modelové rekonstrukce



## Závěr

Z grafů je patrné, že pro skladby s kombinovaným pořadím vrstev  $R_{1A}$  je zásadní tloušťka nově aplikované tepelné izolace, která by při návrhu měla být se stávající tloušťkou tepelné izolace v minimálním poměru 2:3.

Návrh skladby  $R_{1B}$  není ovlivněn množstvím zkondenzované vodní páry. Zásadní pro návrh je tloušťka tepelně izolační vrstvy pro splnění hodnoty součinitele prostupu tepla.

U všech modelových skladeb, kde je hlavní hydroizolační vrstva navržena z fólie mPVC je limitní množství kondenzátu splněno již při minimální tloušťce nové tepelné izolace 100 mm.

Z hlediska tepelně technických vlastností je optimální návrh skladeb  $R_{1A}$  a  $R_{1B}$ , kde je pro splnění požadavku součinitele prostupu tepla možné použít menší tloušťky tepelných izolací.

Z hlediska požadavků na šíření vlhkosti v konstrukci jsou optimální varianty  $R_{1B}$ ,  $R_{1C}$  a varianta  $R_{1A}$  s fóliovou hydroizolační vrstvou.

## 3.5.4 Posouzení variant z hlediska energetické bilance a energetické návratnosti

### Popis posuzované konstrukce

Pro výpočet energetické náročnosti a návratnosti modelové konstrukce  $R_1$  jsem využil výpočtu minimální tloušťky tepelné izolace z tepelně technického a vlhkostního posouzení. Hodnocení jsem provedl pro návrhovou životnost 50 let s jedním cyklem obnovy vrstev po 25 letech.

Pro variantu  $R_{1A}$  a  $R_{1B}$  je předpokládáno, že původní střešní plášť bude plnit svou funkci po dobu následujících 25 let. Poté ho bude nutné kompletně odstranit včetně doplněného pláště  $R_{1A}$  a nahradit novou konstrukcí  $R_{1C}$  obdobné materiálové varianty.

Varianta  $R_{1C}/A_1, B_5, \dots$  s tepelně izolační vrstvou z pěnového skla, bude vzhledem k návrhové životnosti pěnového skla 50 let při prvním cyklu obnovy doplněna o jeden asfaltový pás bez nutnosti odstranění stávajících vrstev.

Navrhované konstrukce pro jednotlivé cykly obnovy jsem shrnul do tabulky č.21.

Tabulka č. 21, Modelové konstrukce s dvěma životními cykly pro návrhovou životnost 50 let

Návrhová životnost 0-25 let (1. cyklus)	Návrhová životnost 25-50 let (2. cyklus)	poznámka
$R_{1A}/A_1^1, B_1^1, \dots$	$R_{1C}/A_1^1, B_1^1, C_1^1$	Při cyklu obnovy odstraněn střešní plášť a doplněn nový plášť.
$R_{1A}/A_2^1, B_1^1, \dots$	$R_{1C}/A_2^1, B_1^1, C_1^1$	Při cyklu obnovy odstraněn střešní plášť a doplněn nový plášť.
$R_{1A}/A_1^1, B_2^1, \dots$	$R_{1C}/A_1^1, B_2^1, C_1^1$	Při cyklu obnovy odstraněn střešní plášť a doplněn nový plášť.
$R_{1A}/A_2^1, B_2^1, \dots$	$R_{1C}/A_2^1, B_2^1, C_1^1$	Při cyklu obnovy odstraněn střešní plášť a doplněn nový plášť.
$R_{1A}/A_1^1, B_3^1, \dots$	$R_{1C}/A_1^1, B_3^1, C_1^1$	Při cyklu obnovy odstraněn střešní plášť a doplněn nový plášť.
$R_{1A}/A_2^1, B_3^1, \dots$	$R_{1C}/A_2^1, B_3^1, C_1^1$	Při cyklu obnovy odstraněn střešní plášť a doplněn nový plášť.
$R_{1B}/\dots, B_2^1, C_1^1$	$R_{1B}/\dots, B_2^1, C_1^1$	Při cyklu obnovy odstraněn původní střešní plášť.
$R_{1C}/A_1^1, B_1^1, C_1^1$	$R_{1C}/A_1^1, B_1^1, C_1^1$	



$R_{1C/A_2^1, B_1^1, C_1^1}$	$R_{1C/A_2^1, B_1^1, C_1^1}$	
$R_{1C/A_1^1, B_2^1, C_1^1}$	$R_{1C/A_1^1, B_2^1, C_1^1}$	
$R_{1C/A_2^1, B_2^1, C_1^1}$	$R_{1C/A_2^1, B_2^1, C_1^1}$	
$R_{1C/A_1^1, B_3^1, C_1^1}$	$R_{1C/A_1^1, B_3^1, C_1^1}$	
$R_{1C/A_2^1, B_3^1, C_1^1}$	$R_{1C/A_2^1, B_3^1, C_1^1}$	
$R_{1C/A_1^1, B_5^0, -}$	$R_{1C/A_1^1, -, -}$	Při cyklu obnovy doplněn 1x hydroizolační pás tl. 4,0 mm

*Svázané energie zvolených materiálů:*

- $A_1$  asfaltové pásy tl. 4 + 4,5 mm:  $PEI = 487,6 \text{ MJ/m}^2$
- $A_2$  fólie mPVC tl. 1,5 mm:  $PEI = 117,1 \text{ MJ/m}^2$
- $B_1$  EPS 150, tl. 180 mm:  $PEI = 473,0 \text{ MJ/m}^2$
- $B_1$  EPS 150, tl. 220 mm:  $PEI = 578,1 \text{ MJ/m}^2$
- $B_2$  XPS, tl. 160 mm:  $PEI = 772,0 \text{ MJ/m}^2$
- $B_2$  XPS, tl. 200 mm:  $PEI = 868,0 \text{ MJ/m}^2$
- $B_3$  kamenná minerální vlna, tl. 180 mm:  $PEI = 509,0 \text{ MJ/m}^2$
- $B_3$  kamenná minerální vlna, tl. 220 mm:  $PEI = 622,2 \text{ MJ/m}^2$
- $B_5$  pěnové sklo, tl. 220 mm:  $PEI = 772,2 \text{ MJ/m}^2$
- $C_1$  asfaltový pás, tl. 4 mm:  $PEI = 229,4 \text{ MJ/m}^2$

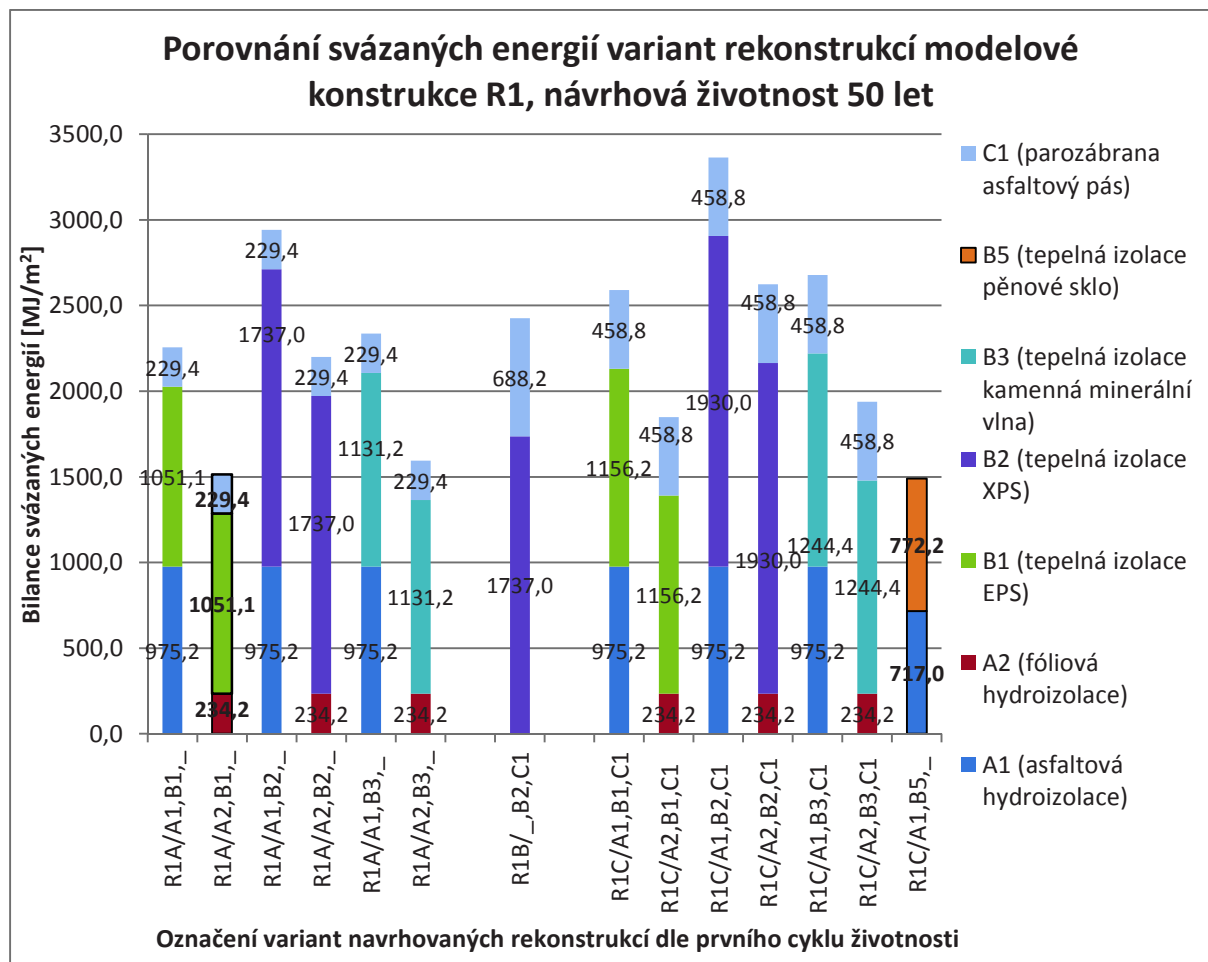
*Okrajové podmínky pro výpočet energetické návratnosti:*

- Návrhová vnitřní teplota v zimním období:  $\theta_i = 20 \text{ °C}$  s teplotní přírůzkou  $\Delta\theta_{ai} = 0,6 \text{ °C}$
- Návrhová exteriérová teplota:  $\theta_e = -13 \text{ °C}$  (Praha)
- Průměrná teplota exteriéru v otopném období:  $\theta_{es} = 4 \text{ °C}$  (Praha)
- Počet dnů otopného období:  $d = 216$  dnů (Praha)

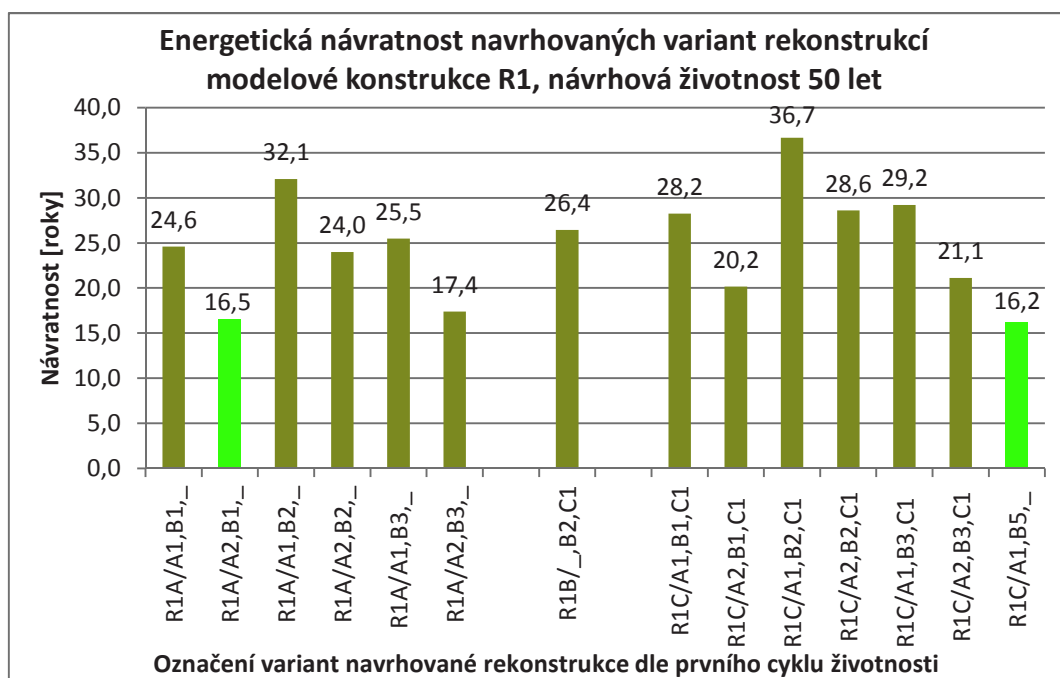
### **Výpočet energetické náročnosti a energetické návratnosti**

Bilanci svázaných energií modelových konstrukcí jsem pro vzájemné porovnání graficky znázornil do grafu č.38 včetně rozčlenění konstrukcí na jednotlivé vrstvy s hodnotami svázaných energií.

V grafu č. 39 jsem vypočetl energetickou návratnost pro zvolené skladby a vyznačil dvě nejefektivnější varianty s nejkratší energetickou návratností.



Graf č. 38, Porovnání svázaných energií variant rekonstrukcí modelové konstrukce R1, návrhová životnost 50 let



Graf č. 39, Energetická návratnost navrhovaných variant rekonstrukcí modelové konstrukce R1, návrhová životnost 50 let



## Závěr

Z grafu č. 38 lze odečíst podíl jednotlivých vrstev střešního pláště na energetické bilanci skladby. Ve vysoké míře se na bilanci svázaných energií podílejí tepelné izolace z XPS nebo hydroizolace z asfaltových pásů. Malý vliv mají fóliové hydroizolace.

Při porovnání energetické bilance tepelných izolací na grafu č.20 je nejnižší hodnota svázaných energií uvedena u tepelné izolace z pěnového skla, a to i přes vyšší vstupní hodnotu svázaných energií PEI materiálu oproti ostatním tepelným izolacím. Nízká celková energetická náročnost pěnového skla je charakterizována návrhovou životností 50 let, kdy při prvním cyklu obnovy střešního pláště není třeba tento materiál odstraňovat.

Ve skladbě  $R1_C/A_1^1, B_5^0, \_$  s tepelnou izolací z pěnového skla představují vysoký podíl energetické náročnosti hydroizolační vrstvy z asfaltových pásů. Při použití hydroizolační vrstvy s nižší hodnotou svázaných energií nebo s životností 50 let by tato skladba měla předpoklad být nejefektivnější variantou.

Nejefektivnější variantou z energetického hlediska a energetické návratnosti jsou navržené skladby  $R1_A/A_2^1, B_1^1, \_$  a  $R1_C/A_1^1, B_5^0, \_$ , vyznačené na grafu č.38 a 39. Tyto skladby budou posuzovány při komplexním hodnocení modelové konstrukce střechy.

## 3.6 Energetická bilance kompletačních prvků při hodnocení detailu

Kompletační prvky jsou nepostradatelnou konstrukční částí detailu a zajišťují jeho bezchybnou funkci. Z hlediska svázaných energií jsou existujícími certifikačními nástroji (např. SBToolCZ) zanedbávány a nejsou zahrnuty do výpočtů.

Pro stanovení významu kompletačních prvků na podílu svázaných energií detailu jsem zvolil modelové detaily atiky s variantním materiálovým a konstrukčním řešením. Vzhledem k rozsáhlé materiálové a konstrukční variabilitě tvorby detailů jsem pro vzájemné posuzování zvolil nejčastěji v praxi používané materiály (EPS 150 a pozinkovaný plech). Tloušťka klempířských konstrukcí je zvolena pro všechny detaily a materiály jednotně 0,7 mm. Modelové detaily jsem shrnul do tabulky č.22 a uvedl výsledný podíl kompletačních konstrukcí na celkové energetické náročnosti detailu pro zvolené materiály. Označení materiálů je zvoleno číslicí s indexy „a,b,c“, kde „a“ jsou základní materiály detailu, „b“ jsou kompletační konstrukce a „c“ jsou kotevní prvky. Zvolené varianty A1-A4 mají navrženou hydroizolaci z asfaltových pásů, varianty B1-B4 z fólie mPVC. Bilance svázaných energií jsou hodnoceny pro jeden životní cyklus, tj. 25 let.

	Konstrukce mimo detail atiky - nehodnocené
	Tepelné izolace
	Klempířské a zámečnické prvky
	Asfaltové pásy
	Fólie mPVC
	OSB deska
	Kotevní prvky

Obrázek č. 11, Legenda materiálů pro tabulku č.22



Tabulka č. 22, Modelové detaily posuzované konstrukce atiky

Modelové konstrukce atiky, varianty A1-A4 a B1-B4		Podíl kompletací
<p style="text-align: center;"><b>A1</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>A2</b></p>	Detail A1 index b+c 62 %  Detail A2 index b+c 60 %
<p style="text-align: center;"><b>A3</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>A4</b></p>	Detail A2 index b+c 43 %  Detail A3 index b+c 38 %
<p style="text-align: center;"><b>B1</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>B2</b></p>	Detail B1 index b+c 75 %  Detail B2 index b+c 73 %
<p style="text-align: center;"><b>B3</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>B4</b></p>	Detail B3 index b+c 58 %  Detail B4 index b+c 54 %

Detailní výpočet energetické náročnosti pro zvolené modelové varianty jsem uvedl do grafů č.40-43 a tabulek č.23-26, ve kterých jsou vyznačené materiály zařazené do vyhodnocení v grafech. Z tabulek lze odečíst hodnoty svázaných energií ostatních neporovnávaných prvků a zhodnotit výsledky při jiné materiálové kombinaci.

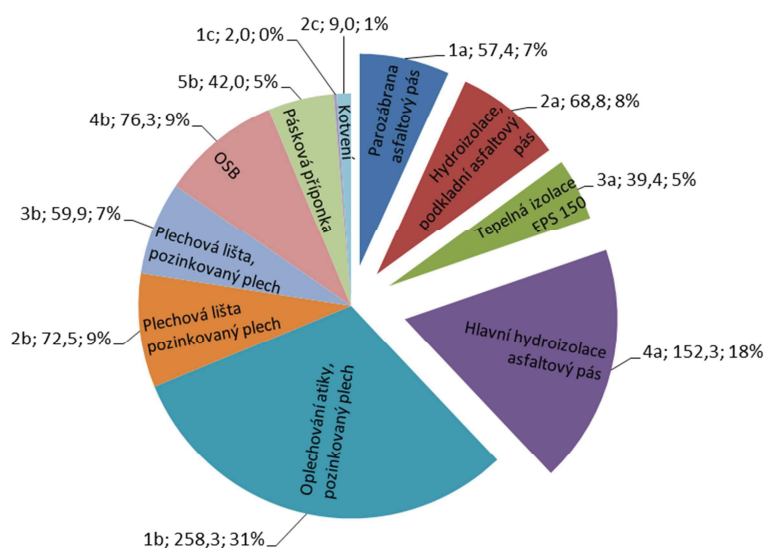


### Výsledky pro variantu A1, A2:

Tabulka č. 23, Svázané energie materiálové varianty č. A1, A2

A1, A2	popis	materiálové varianty	množství materiálu v konstrukci	Energetická náročnost materiálu pro výpočet	Svázané energie [MJ]
1a	Asfaltový pás tl. 4,0 mm	-	0,25 m <sup>2</sup>	229,4 MJ/m <sup>2</sup>	57,4
2a	Asfaltový pás tl. 4,0 mm	-	0,30 m <sup>2</sup>	229,4 MJ/m <sup>2</sup>	68,8
3a	Tepelná izolace	EPS 150, 25 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	105,1 MJ/kg	39,4
3a		XPS 50 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	96,5 MJ/kg	72,4
3a		Kamenná vlna 140 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	20,2 MJ/kg	42,4
3a		Pěnové sklo 100 kg/m <sup>2</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	35,1 MJ/kg	52,7
4a	Asfaltový pás tl. 4,5 mm	-	0,59 m <sup>2</sup>	258,1 MJ/m <sup>2</sup>	152,3
1b	Oplechování atiky, r.š. 0,82 m	Hliník tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	240 MJ/m <sup>2</sup>	196,8
1b		Pozink tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	315 MJ/m <sup>2</sup>	258,3
1b		TiZn tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	442,3 MJ/m <sup>2</sup>	362,7
1b		Měď tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	604,3 MJ/m <sup>2</sup>	495,5
2b	Plechová lišta přípojovací, r.š. 0,23 m	Hliník tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	240 MJ/m <sup>2</sup>	55,2
2b		Pozink tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	315 MJ/m <sup>2</sup>	72,5
2b		TiZn tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	442,3 MJ/m <sup>2</sup>	101,7
2b		Měď tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	604,3 MJ/m <sup>2</sup>	139,0
3b	Plechová lišta přípojovací, r.š. 0,19 m	Hliník tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	240 MJ/m <sup>2</sup>	45,6
3b		Pozink tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	315 MJ/m <sup>2</sup>	59,9
3b		TiZn tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	442,3 MJ/m <sup>2</sup>	84,0
3b		Měď tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	604,3 MJ/m <sup>2</sup>	114,8
4b	Deska OSB tl. 18 mm, šířka 0,52 m, 650 kg/m <sup>3</sup>	-	6,1 kg	12,5 MJ/kg	76,3
5b	Pásková příponka á 0,4 m, pozink 50x5 mm, r.š. 0,38 m	-	0,7 kg	60 MJ/kg	42,0
1c	Kotevní prvek, dl. 70 mm, ø 6,3 mm	-	5 ks	0,4 MJ/ks	2,0
2c	Kotevní prvek, dl. 35 mm, ø 3,5 mm	-	45 ks	0,2 MJ/ks	9,0



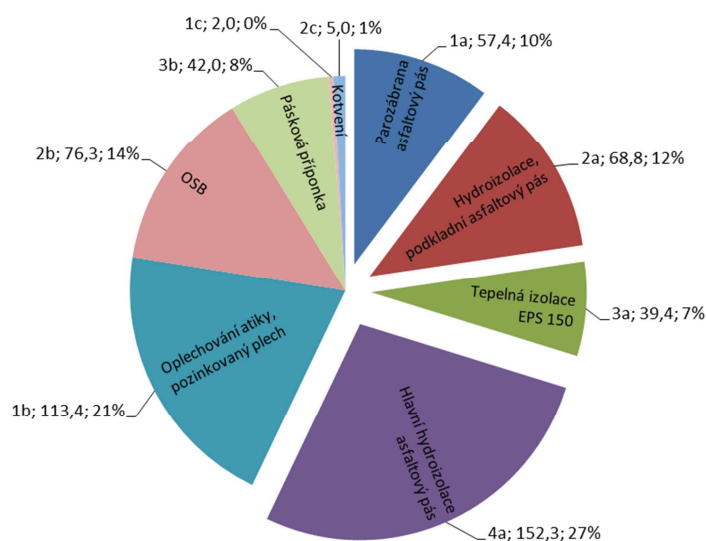


Graf č. 40, Vyhodnocení a podíl prvků varianty A1, vyznačené materiály z tabulky č.23

### Výsledky pro variantu A3, A4:

Tabulka č. 24, Svázané energie materiálové varianty č. A3, A4

A3, A4	popis	materiálové varianty	množství materiálu v konstrukci	Energetická náročnost materiálu pro výpočet	Svázané energie [MJ]
1a	Asfaltový pás tl. 4,0 mm	-	0,25 m <sup>2</sup>	229,4 MJ/m <sup>2</sup>	57,4
2a	Asfaltový pás tl. 4,0 mm	-	0,30 m <sup>2</sup>	229,4 MJ/m <sup>2</sup>	68,8
3a	Tepelná izolace	EPS 150, 25 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	105,1 MJ/kg	39,4
3a		XPS 50 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	96,5 MJ/kg	72,4
3a		Kamenná vlna 140 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	20,2 MJ/kg	42,4
3a		Pěnové sklo 100 kg/m <sup>2</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	35,1 MJ/kg	52,7
4a	Asfaltový pás tl. 4,5 mm	-	0,59 m <sup>2</sup>	258,1 MJ/m <sup>2</sup>	152,3
1b	Oplechování atiky, r.š. 0,36 m	Hliník tl. 0,7 mm	0,36 m <sup>2</sup>	240 MJ/m <sup>2</sup>	86,4
1b		Pozink tl. 0,7 mm	0,36 m <sup>2</sup>	315 MJ/m <sup>2</sup>	113,4
1b		TiZn tl. 0,7 mm	0,36 m <sup>2</sup>	442,3 MJ/m <sup>2</sup>	159,2
1b		Měď tl. 0,7 mm	0,36 m <sup>2</sup>	604,3 MJ/m <sup>2</sup>	217,5
2b	Deska OSB tl. 18 mm, šířka 0,52 m, 650 kg/m <sup>3</sup>	-	6,1 kg	12,5 MJ/kg	76,3
3b	Pásková příponka á 0,4 m, pozink 50x5 mm, r.š. 0,38 m	-	0,7 kg	60 MJ/kg	42,0
1c	Kotevní prvek, dl. 70 mm, ø 6,3 mm	-	5 ks	0,4 MJ/ks	2,0
2c	Kotevní prvek, dl. 35 mm, ø 3,5 mm	-	25 ks	0,2 MJ/ks	5,0



Graf č. 41, Vyhodnocení a podíl prvků varianty A3, vyznačené materiály z tabulky č.24

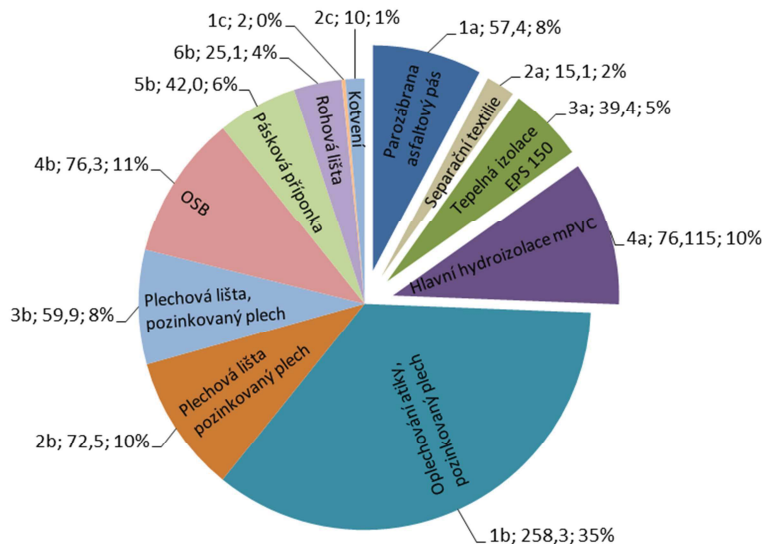
### Výsledky pro variantu B1, B2:

Tabulka č. 25, Svázané energie materiálové varianty č. B1, B2

B1, B2	popis	materiálové varianty	množství materiálu v konstrukci	Energetická náročnost materiálu pro výpočet	Svázané energie [MJ]
1a	Asfaltový pás tl. 4,0 mm	-	0,25 m <sup>2</sup>	229,4 MJ/m <sup>2</sup>	57,4
2a	Separační geotextilie 300 g/m <sup>2</sup>	-	0,58 m <sup>2</sup>	87 MJ/kg	15,1
3a	Tepelná izolace	EPS 150, 25 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	105,1 MJ/kg	39,4
3a		XPS 50 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	96,5 MJ/kg	72,4
3a		Kamenná vlna 140 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	20,2 MJ/kg	42,4
4a	Fólie mPVC tl. 1,5 mm	-	0,65 m <sup>2</sup>	117,1 MJ/m <sup>2</sup>	76,115
1b	Oplechování atiky, r.š. 0,82 m	Hliník tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	240 MJ/m <sup>2</sup>	196,8
1b		Pozink tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	315 MJ/m <sup>2</sup>	258,3
1b		TiZn tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	442,3 MJ/m <sup>2</sup>	362,7
1b		Měď tl. 0,7 mm	0,82 m <sup>2</sup>	604,3 MJ/m <sup>2</sup>	495,5
2b	Plechová lišta připojovací, r.š. 0,23 m	Hliník tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	240 MJ/m <sup>2</sup>	55,2
2b		Pozink tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	315 MJ/m <sup>2</sup>	72,5
2b		TiZn tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	442,3 MJ/m <sup>2</sup>	101,7
2b		Měď tl. 0,7 mm	0,23 m <sup>2</sup>	604,3 MJ/m <sup>2</sup>	139,0
3b	Plechová lišta připojovací, r.š. 0,19 m	Hliník tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	240 MJ/m <sup>2</sup>	45,6
3b		Pozink tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	315 MJ/m <sup>2</sup>	59,9
3b		TiZn tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	442,3 MJ/m <sup>2</sup>	84,0
3b		Měď tl. 0,7 mm	0,19 m <sup>2</sup>	604,3 MJ/m <sup>2</sup>	114,8
4b	Deska OSB tl. 18 mm, šířka 0,52 m, 650 kg/m <sup>3</sup>	-	6,1 kg	12,5 MJ/kg	76,3
5b	Pásková příponka á 0,4 m, pozink 50x5 mm, r.š. 0,38 m	-	0,7 kg	60 MJ/kg	42,0



<b>6b</b>	rohová lišta, poplastovaná, r.š. 0,08 m	-	0,08 m <sup>2</sup>	313,9 MJ/m <sup>2</sup>	25,1
<b>1c</b>	Kotevní prvek, dl. 70 mm, ø 6,3 mm	-	5 ks	0,4 MJ/ks	2
<b>2c</b>	Kotevní prvek, dl. 35 mm, ø 3,5 mm	-	50 ks	0,2 MJ/ks	10

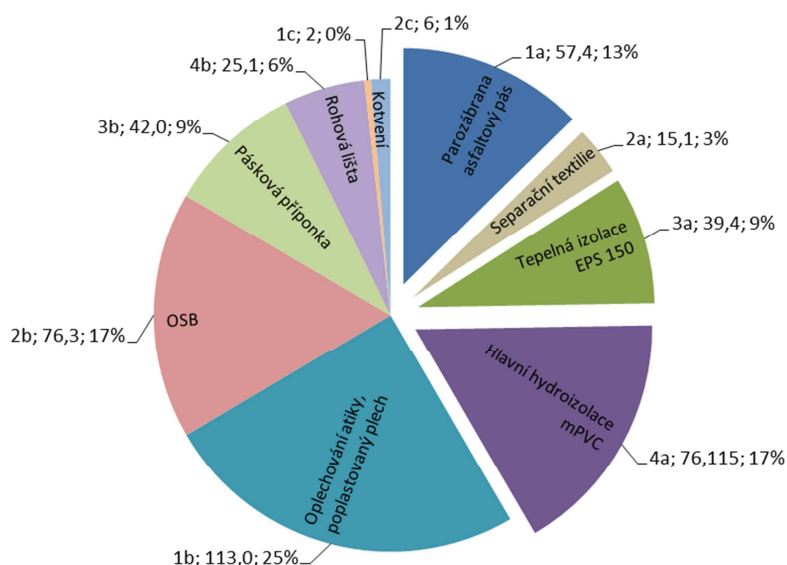


Graf č. 42, Vyhodnocení a podíl prvků varianty B1, vyznačené materiály z tabulky č.25

### Výsledky pro variantu B3, B4:

Tabulka č. 26, Svázané energie materiálové varianty č. B3, B4

B3, B4	popis	materiálové varianty	množství materiálu v konstrukci	Energetická náročnost materiálu pro výpočet	Svázané energie [MJ]
<b>1a</b>	Asfaltový pás tl. 4,0 mm	-	0,25 m <sup>2</sup>	229,4 MJ/m <sup>2</sup>	57,4
<b>2a</b>	Separáční geotextilie 300 g/m <sup>2</sup>	-	0,58 m <sup>2</sup>	87 MJ/kg	15,1
<b>3a</b>	Tepelná izolace	EPS 150, 25 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	105,1 MJ/kg	39,4
<b>3a</b>		XPS 50 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	96,5 MJ/kg	72,4
<b>3a</b>		Kamenná vlna 140 kg/m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup>	20,2 MJ/kg	42,4
<b>4a</b>	Fólie mPVC tl. 1,5 mm	-	0,65 m <sup>2</sup>	117,1 MJ/m <sup>2</sup>	76,115
<b>1b</b>	Oplechování atiky, poplastovaný plech, r.š. 0,36 m	-	0,36 m <sup>2</sup>	313,9 MJ/m <sup>2</sup>	113,0
<b>2b</b>	Deska OSB tl. 18 mm, šířka 0,52 m, 650 kg/m <sup>3</sup>	-	6,1 kg	12,5 MJ/kg	76,3
<b>3b</b>	Pásková příponka á 0,4 m, pozink 50x5 mm, r.š. 0,38 m	-	0,7 kg	60 MJ/kg	42,0
<b>4b</b>	rohová lišta, poplastovaná, r.š. 0,08 m	-	0,08 m <sup>2</sup>	313,9 MJ/m <sup>2</sup>	25,1
<b>1c</b>	Kotevní prvek, dl. 70 mm, ø 6,3 mm	-	5 ks	0,4 MJ/ks	2
<b>2c</b>	Kotevní prvek, dl. 35 mm, ø 3,5 mm	-	30 ks	0,2 MJ/ks	6



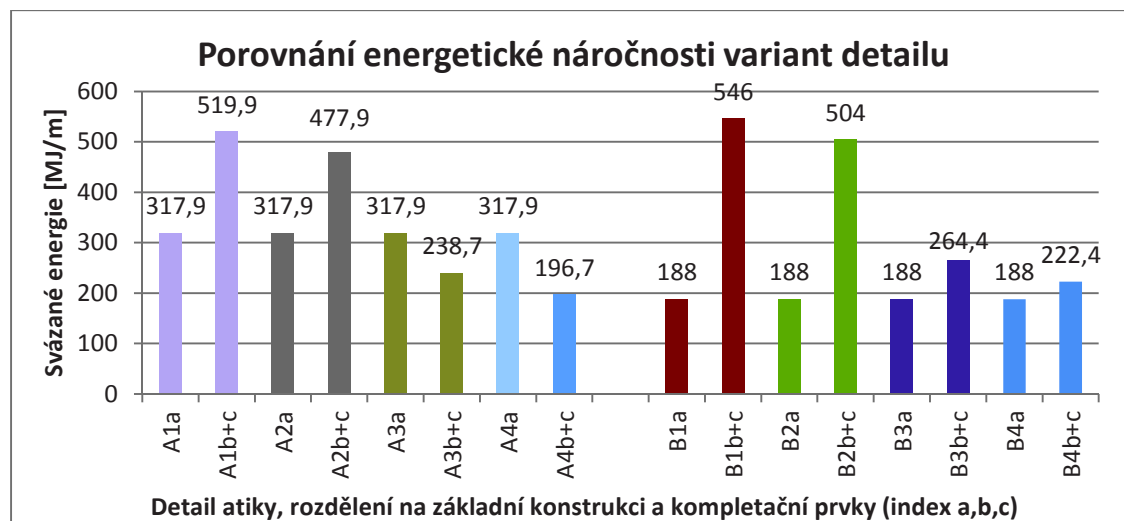
Graf č. 43, Vyhodnocení a podíl prvků varianty B3, vyznačené materiály z tabulky č.26

### Závěr

Vyhodnocení podílu prvků je provedeno pro materiálovou variantu nejvíce v praxi využívanou, a to tepelně izolační vrstvy EPS 150 a klempířských konstrukcí z pozinkovaného plechu tl. 0,7. Vyhodnocení ostatních materiálových kombinací lze provést z tabulek č.23-26. U všech zvolených variant detailu atiky je vysoký podíl kompletačních prvků na bilanci svázaných energií detailu. U variant s fóliovou hydroizolací a celoplošným oplechováním atiky je pro varianty B1 a B2 podíl svázané energie kompletací 73% a 75%.

Nejnižší podíl kompletačních prvků na bilanci svázaných energií je u varianty A3 a A4. Důvodem je využití hydroizolace z asfaltových pásů, které mají vysokou energetickou náročnost.

Pro vyhodnocení energetické náročnosti detailu atik dle jednotlivých variant, jsem sestavil graf č.44.



Graf č. 44, Porovnání energetické náročnosti variant detailu



Z grafu č.44 je patrné, že nejméně energeticky náročné varianty jsou konstrukce bez celoplošného oplechování atiky a konstrukce s využitím hydroizolační vrstvy z fólií.

Vzhledem ke konstrukční a materiálové variabilitě návrhu detailů nelze stanovit obecné procento podílu kompletačních prvků na celkové energetické náročnosti detailu. Z výsledků je patrné, že kompletace představují významný podíl na energetické náročnosti.

### 3.7 Komplexní energetický návrh rekonstrukce modelové ploché střechy

Energetický návrh rekonstrukce je proveden na modelové jednoplášťové nepochozí ploché střeše se stávající skladbou R1. Pro hodnocení jsem vybral dvě energeticky nejefektivnější varianty  $R1_A/A_2^1, B_1^1, \_$  a  $R1_C/A_1^1, B_5^0, \_$  (legenda označení je uvedena v odstavci č.3.5). Varianta č.1  $R1_A$  je skladba s tepelně izolační vrstvou z pěnového polystyrenu a hydroizolační vrstvou z fólie. Varianta č.2  $R1_C$  je skladba s tepelně izolační vrstvou z pěnového skla a hydroizolační konstrukcí z asfaltových pásů.

Hodnocení je provedeno pro návrhovou životnost střechy 50 let s jedním cyklem obnovy materiálů po 25 letech. Základním předpokladem je, že stávající vrstvy střešního pláště u varianty č.1 budou po sanaci hydroizolace zajišťovat svou funkci pro následující cyklus životnosti 25 let. Při výpočtu jsou uvažovány konkrétní výrobky tepelně izolační vrstvy a hydroizolačních vrstev s přesnými hodnotami PEI z prohlášení EPD výrobců. Pro asfaltové pásy výrobci v současné době prohlášení EPD nevypracovávají, proto budou využity data svázaných energií z databází, resp. dopočítaná data z této disertační práce. Do bilancí svázaných energií jsou zahrnuty kompletační prvky atiky, výrobky pro odvodnění střechy, prostupy a kotvení střešního pláště.

#### 3.7.1 Volba modelové velikosti objektu a tvaru střechy

Typickým příkladem objektů s realizovanými plochými střechami jsou typizované panelové soustavy. Selekcí dat typických rozměrů panelových soustav jsem odvodil průměrné hodnoty těchto objektů v tabulce č.27.

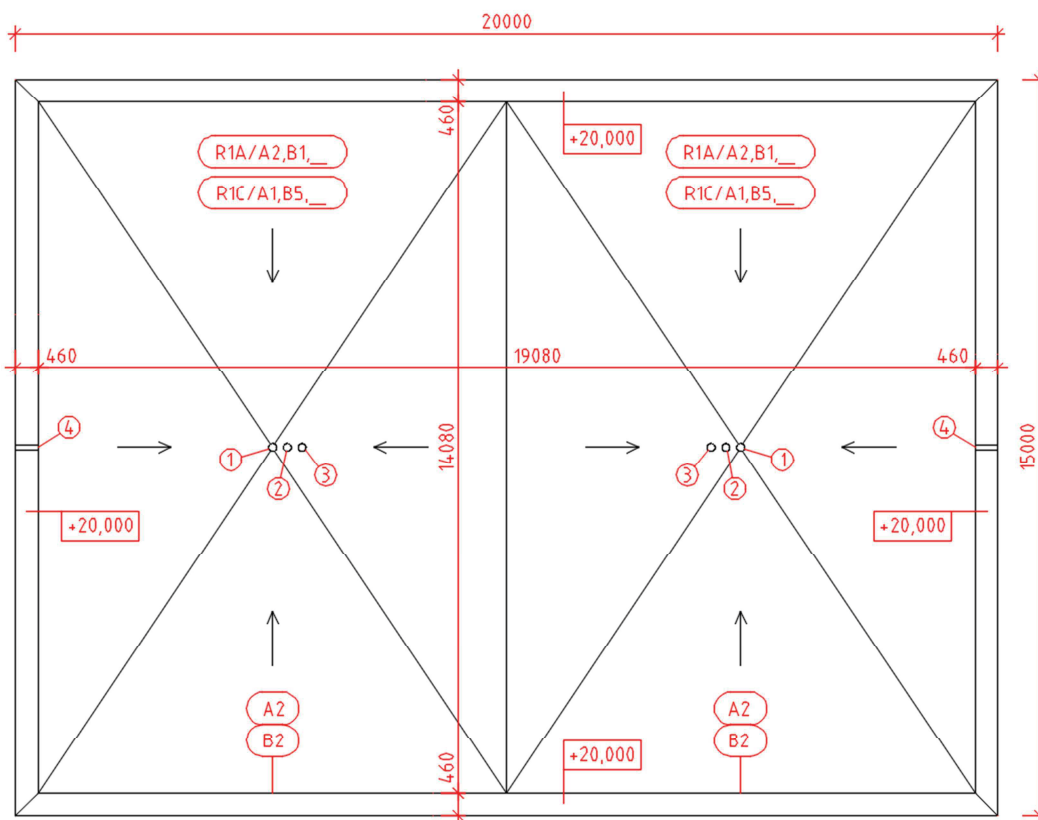
Tabulka č. 27, Stanovení průměrné velikosti objektů panelových soustav

Stavební soustava	délka objektu [m]	hloubka objektu [m]	konstrukční výška podlaží [m]	počet podlaží
VVU-ETA	18-19,5	13,2-18	2,8	4-12
T06B	14,5-21,5	10,8-12	2,8	4-15
T08B	18	9,6-14	2,8	4-12
G40	22,6	14,2	2,85-2,9	5
G57	18	11,2	2,85	3-10
PS69	16,8-20,5	10,8-12	2,8	4-14
Lasen & Nilsen	18,9	15,5	2,8	4-12
B70	21,5	12-18	2,8	4-8
NKS-G	10,8	11,4-20,4	2,8	4-12
HKS 70	19,2-34,2	12	2,8	4-8
P 1.11	21	10,8-14,4	2,8	4-12
P 1.21	20,4-28,8	12-17,4	2,8	4-12
<b>Průměr</b>	<b>19,80</b>	<b>13,5</b>	<b>2,8</b>	<b>7,5</b>



Z průměrných hodnot tabulky č. 27 jsem zvolil velikost objektu pro posuzovanou modelovou konstrukci střechy. **Půdorysný rozměr 20x15 m, výška objektu = 20 m.**

Na obrázku č. 12 jsem graficky znázornil tvar modelové střechy včetně základních posuzovaných prvků.



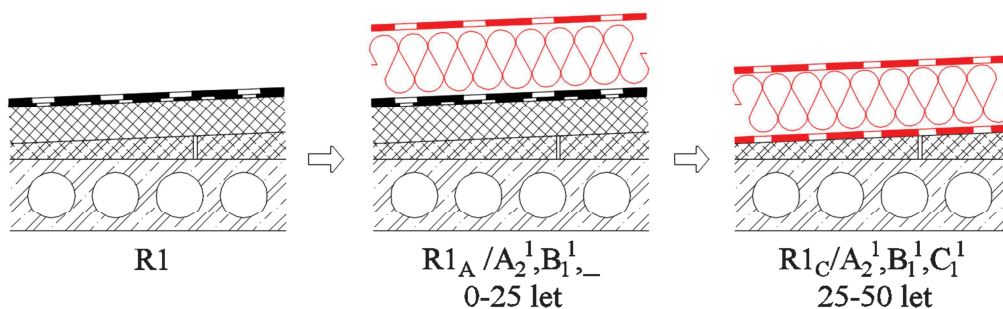
Obrázek č. 12, Tvar modelové střechy

Legenda obr. č.12:

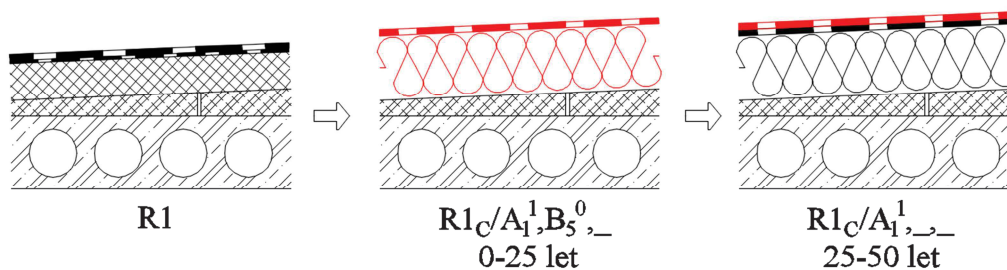
- 1 – Sanační vpust TW SAN 110 BIT , TW SAN 110 PVC
- 2 – Odvětrání kanalizace TWOP 110 BIT , TWOP 110 PVC
- 3 – Odvětrání vzduchotechniky TWOD 160 BIT XL , TWOD 160 PVC XL
- 4 – Pojistný přepad TWPP 75 BIT , TEPP 75 PVC
- R1A, R1B – Posuzované varianty rekonstrukcí střešního pláště
- A2, B2 – Posuzované varianty atik

### 3.7.2 Posuzované varianty skladeb střešního pláště a vstupní hodnoty výpočtu

Pro posouzení střešního pláště jsem zvolil dvě varianty rekonstrukcí, které jsou dle předešlého posouzení energeticky nejefektivnější. Jedná se o **variantu č.1** označenou  $R1_A/A_2^1, B_1^1, \_$  a **variantu č.2** označenou  $R1_C/A_1^1, B_5^0, \_$ . Tyto varianty jsou pro modelovou konstrukci střechy materiálově upřesněny a dále hodnoceny. Pro vybrané varianty je třeba navrhnout cyklus obnovy po 25 letech, který jsem shrnul na obrázku č.13 a 14.



Obrázek č. 13, Varianta č.1  $R1_A/A_2^1, B_1^1, \dots$  s cyklem obnovy po 25 letech



Obrázek č. 14, Varianta č.2  $R1_C/A_1^1, B_5^0, \dots$  s cyklem obnovy po 25 letech

**Varianta č.1** na obrázku č.13 uvažuje s ponecháním stávajícího střešního pláště s ověřenou budoucí životností 25 let. Pro skladbu je pro první cyklus životnosti 0-25 let navržena lokální sanace hydroizolační vrstvy, doplnění tepelně izolační vrstvy z expandovaného polystyrenu Isover EPS 150 a hydroizolační vrstvy z fólie Fatrafol 810 tl. 1,5 mm. V prvním cyklu obnovy střešního pláště po 25 letech je nutné dožilý stávající i nový střešní plášť odstranit až na spádovou vrstvu. Pro druhý cyklus životnosti 25-50 let je navržen kompletně nový střešní plášť s parotěsnicí vrstvou z asfaltového pásu tl. 4,0 mm, tepelně izolační vrstvou Isover EPS 150 a hydroizolační vrstvou z fólie Fatrafol 810 tl. 1,5 mm.

**Varianta č.2** na obrázku č.14 uvažuje s odstraněním stávajícího střešního pláště a ponecháním spádové vrstvy. Pro první cyklus životnosti je na spádovou vrstvu aplikována tepelně izolační vrstva z pěnového polystyrenu Foamglas T3+ a hydroizolační konstrukce z asfaltových pásů tl. 4+4,5 mm. Pro druhý cyklus životnosti 25-50 let je z důvodu vysoké životnosti pěnového skla izolant ponechán včetně hydroizolační konstrukce a doplněn o novou hydroizolační vrstvu z asfaltového pásu tl. 4,5 mm.

#### Okrajové podmínky výpočtu:

- Relativní vlhkosti vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 50 \%$  s přírůzkou  $\Delta\varphi_i = 5\%$
- Návrhová vnitřní teplota v zimním období  $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  s teplotní přírůzkou  $\Delta\theta_{ai} = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- Návrhová exteriérová teplota  $\theta_e = -13 \text{ }^\circ\text{C}$  (Praha)
- Relativní vlhkost venkovního vzduchu  $\varphi_e = 84 \%$

#### Vlastnosti stávajících materiálů:

- Železobeton:  $\lambda_u = 1,740 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 32$
- Perlitbeton:  $\lambda_u = 0,160 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 16$
- Asfaltový pás Bitagit:  $\lambda_u = 0,210 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 14\,000$
- Expandovaný polystyren EPS:  $\lambda_u = 0,051 \text{ W/mK}$ ,  $\mu = 40$



#### Vlastnosti nových materiálů:

- Parozábrana asfaltový pás 4,0 mm:  $\lambda_u = 0,210$  W/mK,  $\mu = 100\ 000$ ,  $1200$  kg/m<sup>3</sup>,  $229,4$  MJ/m<sup>2</sup>
- Hydroizolace asfaltový pás 4,0 mm:  $\lambda_u = 0,210$  W/mK,  $\mu = 30\ 000$ ,  $1200$  kg/m<sup>3</sup>,  $229,4$  MJ/m<sup>2</sup>
- Hydroizolace asfaltový pás 4,5 mm:  $\lambda_u = 0,210$  W/mK,  $\mu = 30\ 000$ ,  $1200$  kg/m<sup>3</sup>,  $258,1$  MJ/m<sup>2</sup>
- Hydroizolace Fatrafol 810 1,5 mm:  $\lambda_u = 0,350$  W/mK,  $\mu = 15\ 000$ ,  $1270$  kg/m<sup>3</sup>,  $156,7$  MJ/m<sup>2</sup>
- Tepelná izolace Isover EPS 150:  $\lambda_u = 0,038$  W/mK,  $\mu = 70$ ,  $25$  kg/m<sup>3</sup>,  $97,8$  MJ/kg
- Tepelná izolace Foamglas T3+:  $\lambda_u = 0,040$  W/mK,  $\mu = 800\ 000$ ,  $100$  kg/m<sup>3</sup>,  $20,3$  MJ/kg
- Separáčnı́ textilie:  $0,3$  kg/m<sup>2</sup>,  $87$  MJ/kg
- Lıtý asfalt:  $\lambda_u = 0,210$  W/mK,  $\mu = 30\ 000$ ,  $1200$  kg/m<sup>3</sup>,  $7$  MJ/kg
- Asfaltovı́ nıtěr:  $42,3$  MJ/kg

### 3.7.3 Výpočet svázaných energiı́ plochy střešního pláště

Pro výpočet svázaných energiı́ modelovı́ch variant rekonstrukcí střechy je třeba stanovit minimální tloušťku tepelné izolace. Návrh tloušťky při splnění závazných tepelně technických a vlhkostních požadavků je definovaný v kapitole č.3.5.3 a není v této části detailně hodnocen. Bilanci svázaných energiı́ zvolených variant skladeb střešního pláště pro plochu  $1\text{m}^2$  jsem shrnul do tabulky č.28 a 29.

Tabulka č. 28, Bilance svázaných energiı́ pro variantu č.1

Varianta č.1 (EPS+fólie)			
Popis materiálů	R <sub>1A</sub> /A <sub>2</sub> <sup>1</sup> /B <sub>1</sub> <sup>1</sup> , <sub>-</sub> životní cyklus 0-25 let [MJ/m <sup>2</sup> ]	R <sub>1C</sub> /A <sub>2</sub> <sup>1</sup> /B <sub>1</sub> <sup>1</sup> ,C <sub>1</sub> <sup>1</sup> životní cyklus 25- 50 let [MJ/m <sup>2</sup> ]	Celkem životní cyklus 0-50 let [MJ/m <sup>2</sup> ]
Fatrafol 810, tl. 1,5 mm	156,7	156,7	313,4
Separáčnı́ vrstva 300 g/m <sup>2</sup>	26,1	26,1	52,2
Isover EPS 150, tl. 180 mm	440,1		440,1
Isover EPS 150, tl. 220 mm		537,9	537,9
Sanace hydroizolace 10% plochy	22,9		22,9
Parozábrana asfaltový pás, 4,0 mm		229,4	229,4
Penetračnı́ nıtěr ALP-M, 0,4 kg/m <sup>2</sup>		16,9	16,9
<b>Celkem</b>	<b>645,8</b>	<b>967</b>	<b>1612,8</b>

Tabulka č. 29, Bilance svázaných energiı́ pro variantu č.2

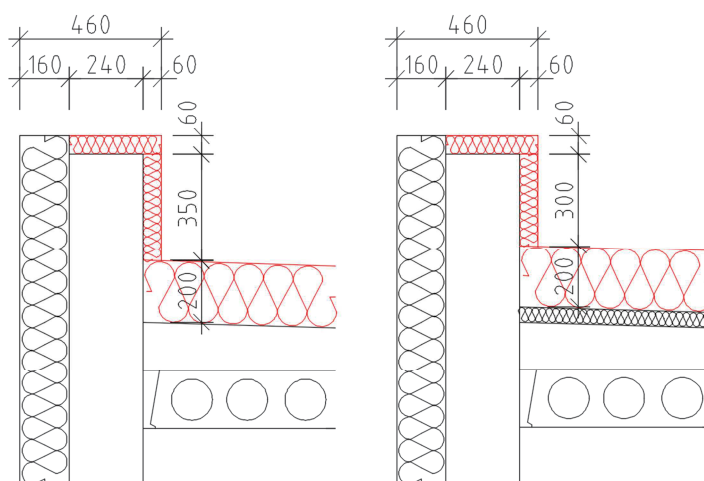
Varianta č.2 (pěnové sklo+asfaltový pás)			
Popis materiálů	R <sub>1C</sub> /A <sub>1</sub> <sup>1</sup> /B <sub>5</sub> <sup>0</sup> , <sub>-</sub> životní cyklus 0-25 let [MJ/m <sup>2</sup> ]	R <sub>1C</sub> /A <sub>1</sub> <sup>1</sup> /, <sub>-</sub> , <sub>-</sub> životní cyklus 25- 50 let [MJ/m <sup>2</sup> ]	Celkem životní cyklus 0-50 let [MJ/m <sup>2</sup> ]
Hydroizolace asfaltový pás, 4,5 mm	258,1	258,1	516,2
Hydroizolace asfaltový pás, 4,0 mm	229,1		229,1
Povrchovı́ zátěr, lıtý asfalt 2 kg/m <sup>2</sup>	14		14
Foamglas T3+, tl. 220 mm	446,6		446,6
Lıtý asfalt, 6 kg/m <sup>2</sup>	42		42
<b>Celkem</b>	<b>989,8</b>	<b>258,1</b>	<b>1247,9</b>



Z tabulky č.28 a 29 je zřejmé, že při přesném definování výrobků a přiřazení hodnot PEI dle EPD výrobců je varianta č. 2 s tepelně izolační vrstvou z pěnového skla o téměř 30% energeticky méně náročná než varianta č.1.

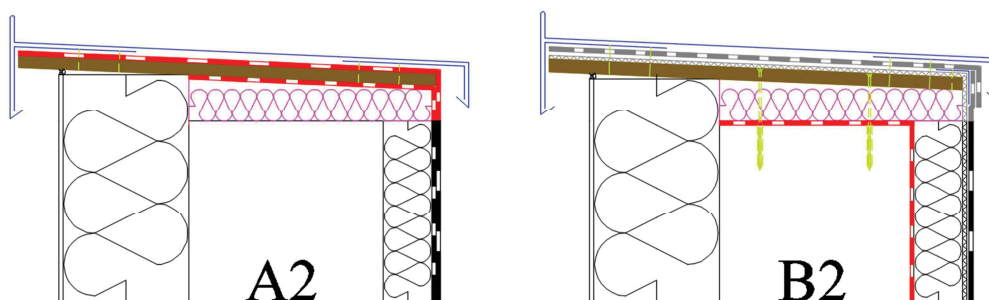
### 3.7.4 Výpočet svázaných energií opláštění atiky

Pro modelovou konstrukci střechy je předpokládáno, že výška atiky je dostatečná pro obě navrhované varianty střešní skladby a není třeba ji navyšovat. Stávající opláštění atiky je navrženo odstranit pro obě varianty již při návrhu rekonstrukce. Schéma atiky včetně rozměrů jsem znázornil na obrázku č.15.



Obrázek č. 15, Tvar atiky pro variantu č.1 a č.2

Výpočet bilancí svázaných energií opláštění pro obě varianty jsem shrnul do tabulky č.30 a 31 a pro přehlednost výpočet rozdělil na část boční stěny atiky a zhlaví atiky. Detail zhlaví atiky je uvažován dle varianty A2 a B2 s částečnou modifikací. Detaily atik jsou detailněji řešeny v kapitole č.3.6. Schéma atiky pro posuzované varianty jsem znázornil na obrázku č.16.



Obrázek č. 16, Schéma atiky A2 a B2 pro posuzované varianty střešního pláště



Tabulka č. 30, Svázané energie opláštění atiky varianty č.1

<b>Varianta č.1 (EPS+fólie) – Atika B2</b>					
<b>Popis materiálů</b>	<b>R<sub>1A</sub>/A<sub>2</sub><sup>1</sup>/B<sub>1</sub><sup>1</sup>, – životní cyklus 0-25 let [MJ/m]</b>		<b>R<sub>1C</sub>/A<sub>2</sub><sup>1</sup>/B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup> životní cyklus 25-50 let [MJ/m]</b>		<b>Celkem životní cyklus 0-50 let [MJ/m]</b>
<b>Boční stěna atiky, základní materiály</b>					
Fatrafol 810, tl. 1,5 mm	0,3 m <sup>2</sup>	54,8	0,35 m <sup>2</sup>	54,8	109,6
Separáčn <sup>í</sup> vrstva 300 g/m <sup>2</sup>	0,3 m <sup>2</sup>	7,8	0,35 m <sup>2</sup>	9,1	16,9
Isover EPS 150, tl. 60 mm	0,3 m <sup>2</sup>	44	0,35 m <sup>2</sup>	51,3	95,3
Parozábrana asfaltový pás, 4,0 mm	0,5 m <sup>2</sup>	114,7	0,55 m <sup>2</sup>	126,2	240,9
Penetrační nátěr ALP-M, 0,4 kg/m <sup>2</sup>	0,5 m <sup>2</sup>	8,46	0,55 m <sup>2</sup>	9,3	17,76
<i>Celkem boční stěna atiky</i>					<i>480,5</i>
<b>Zhlaví atiky, základní materiály</b>					
Fatrafol 810, tl. 1,5 mm	0,65 m <sup>2</sup>	101,9	0,65 m <sup>2</sup>	101,9	203,8
Separáčn <sup>í</sup> vrstva 300 g/m <sup>2</sup>	0,58 m <sup>2</sup>	18,1	0,58 m <sup>2</sup>	18,1	36,2
Isover EPS 150, tl. 60 mm	0,3 m <sup>2</sup>	44	0,3 m <sup>2</sup>	44	88
Parozábrana asfaltový pás, 4,0 mm	0,24 m <sup>2</sup>	55	0,24 m <sup>2</sup>	55	110
Penetrační nátěr ALP-M, 0,4 kg/m <sup>2</sup>	0,24 m <sup>2</sup>	4,1	0,24 m <sup>2</sup>	4,1	8,2
<i>Celkem zhlaví atiky</i>					<i>446,2</i>
<b>Celkem základní materiály</b>					<b>926,7</b>
<b>Zhlaví atiky, kompletační prvky</b>					
Dle tab. č.25, Varianta B2b+c		504		504	<b>1008</b>

Tabulka č. 31, Svázané energie opláštění atiky varianty č.2

<b>Varianta č.2 (pěnové sklo + asfaltový pás) – Atika A2</b>					
<b>Popis materiálů</b>	<b>R<sub>1A</sub>/A<sub>2</sub><sup>1</sup>/B<sub>1</sub><sup>1</sup>, – životní cyklus 0-25 let [MJ/m]</b>		<b>R<sub>1C</sub>/A<sub>2</sub><sup>1</sup>/B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup> životní cyklus 25-50 let [MJ/m]</b>		<b>Celkem životní cyklus 0-50 let [MJ/m]</b>
<b>Boční stěna atiky, základní materiály</b>					
Hydroizolace asfaltový pás, 4,5 mm	0,35 m <sup>2</sup>	90,3	0,35 m <sup>2</sup>	90,3	180,6
Hydroizolace asfaltový pás, 4,0 mm	0,35 m <sup>2</sup>	80,3			80,3
Povrchový zátěr, litý asfalt 2 kg/m <sup>2</sup>	0,35 m <sup>2</sup>	4,9			4,9
Foamglas T3+, tl. 60 mm	0,35 m <sup>2</sup>	42,63			42,6
Litý asfalt, nátěr 2 kg/m <sup>2</sup>	0,35 m <sup>2</sup>	4,9			4,9
<i>Celkem boční stěna atiky</i>					<i>313,3</i>
<b>Zhlaví atiky, základní materiály</b>					
Hydroizolace asfaltový pás, 4,5 mm	0,59 m <sup>2</sup>	152,3	0,59 m <sup>2</sup>	152,3	304,6
Hydroizolace asfaltový pás, 4,0 mm	0,3 m <sup>2</sup>	68,82			68,82
Foamglas T3+, tl. 60 mm	0,3 m <sup>2</sup>	36,5			36,5
Litý asfalt 6 kg/m <sup>2</sup>	0,24 m <sup>2</sup>	10,1			10,1
<i>Celkem zhlaví atiky</i>					<i>420,0</i>
<b>Celkem základní materiály</b>					<b>733,4</b>
<b>Zhlaví atiky, kompletační prvky</b>					
Dle tab. č.23, Varianta A2b+c		477,9		477,9	<b>955,8</b>



Z vyhodnocení tabulek č.30 a 31 je zřejmé, že z energetického hlediska je varianta č. 2 výhodnější. Hodnoty svázaných energií kompletačních prvků převyšují hodnoty základních materiálů a představují významnou energetickou položku.

### 3.7.5 Výpočet svázaných energií prvků odvodnění a odvětrání

Pro stanovení energetické náročnosti výrobků odvodnění střech a odvětrání jsem u jednotlivých výrobků provedl hmotnostní měření všech částí výrobku, ke kterým je dle materiálu přiřazena příslušná hodnota svázané energie dle databází. Shrnutí těchto výsledků je uvedeno v příloze č.2, ze které jsem sestavil tabulku č.32 s energetickou náročností výrobků použitých na hodnocené modelové konstrukci střechy. U všech výrobků je uvažován jeden cyklus obnovy po 25ti letech.

Tabulka č. 32, Svázané energie prvků odvodnění a odvětrání

Název výrobku	ks	PEI [MJ/ks], návrhová životnost 25 let	Celkem PEI [MJ] návrhová životnost 50 let
<b>Varianta č.1</b>			
Sanační vpust TW SAN 110 PVC	2	166,1	664,4
Odvětrání kanalizace TWOP 110 PVC	2	120,4	481,6
Odvětrání vzduchotechniky TWOD 160 PVC XL	2	172	688
Pojistný přepad TWPP 75 PVC	2	63,2	252,8
<b>Celkem</b>			<b>2086,8</b>

<b>Varianta č.2</b>			
Sanační vpust TW SAN 110 BIT	2	126,8	507,2
Odvětrání kanalizace TWOP 110 BIT	2	152,7	610,8
Odvětrání vzduchotechniky TWOD 160 BIT XL	2	204,4	817,6
Pojistný přepad TWPP 75 BIT	2	82,3	329,2
<b>Celkem</b>			<b>2264,8</b>

### 3.7.6 Výpočet svázaných energií mechanického kotvení střešního pláště

Energie spojené se stabilizací střešního pláště mechanickým kotvením jsem provedl pro variantu č.1 s tepelně izolační vrstvou z pěnového polystyrenu a hydroizolační vrstvou z fólie. Pro variantu č.2 není třeba kotvení posuzovat, protože konstrukce je stabilizována lepením do horkého asfaltu a natavováním hydroizolačních vrstev. Předpokladem pro výpočet je dostatečná únosnost kotevního podkladu, kterým je spádová vrstva. Pro modelový výpočet jsem stanovil únosnost kotvy 0,5 kN.

Pro stanovení počtu kotevních prvků je třeba stanovit zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem.



Vstupní hodnoty výpočtu:

Větrná oblast: I  
Základní rychlost větru:  $v_{b,0} = 22,5$  m/s  
Kategorie terénu: III.  
Výška objektu:  $h = 20$  m  
Výška atiky:  $h_p = 0,45$  m  
 $h_p/h$  (ostré hrany)  $h_p/h = 0,025$   
Únosnost kotvy:  $F = 0,4$  kN  
Součinitel expozice:  $c_e(z) = 2,18$

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 316,4 \text{ N/m}^2$$

Maximální dynamický tlak větru:

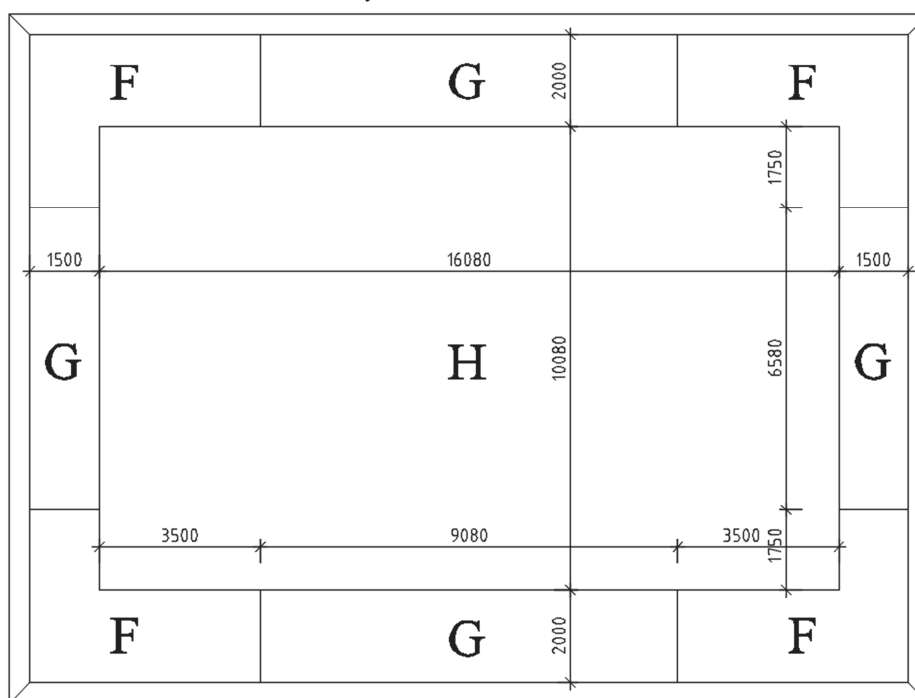
$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 2,18 \cdot 316,4 = 689,8 \text{ N/m}^2$$

Stanovení počtu kotev na oblasti střechy:

Větrná oblast	$q_p(z)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{pe,1}$ [-]	$w_{e,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_F$ [-]	$w_{e,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	F [kN]	počet kotev na m <sup>2</sup> [ks]	zaokrouhlení kotev na m <sup>2</sup> [ks]*
F	0,690	-2,2	-1,52	1,5	-2,28	0,4	5,7	<b>6</b>
G	0,690	-1,8	-1,24	1,5	-1,86	0,4	4,7	<b>5</b>
H	0,690	-1,2	-0,83	1,5	-1,24	0,4	3,1	<b>4</b>
I	0,690	0,2	0,14	1,5	0,21	0,4	0,5	<b>2</b>

\*minimální počet kotev 2 ks/m<sup>2</sup>

Rozdělení oblastí dle obrázku 7.6 normy ČSN EN 1991-1-4:





Stanovení energetické náročnosti kotevních prvků:

Pro stabilizaci střešního pláště jsou využity pozinkované kotvy průměru 6,3 mm, délky 160 mm s hodnotou svázané energie 1,4 MJ/ks. Doplněné jsou talířovými podložkami délky 165 mm s hodnotou svázané energie 1,7 MJ/ks.

Celková energetická náročnost kotevního prvku je 3,1 MJ/ks. Výpočet celkové energetické náročnosti pro celou střechu jsem shrnul do tabulky č.33.

Tabulka č. 33, Varianta č.1, celková energetická náročnost kotevních prvků, životnost 0-50 let

Větrná oblast	celková plocha oblastí [m <sup>2</sup> ]	Počet ks pro oblast	PEI ks	Počet cyklů životnosti	Celková energetická náročnost 0-50 let [MJ]
F	50,1	6	3,1	2	1863,7
G	56,1	5	3,1	2	1737,9
H	162,1	4	3,1	2	4020,1
<b>Celkem energetická náročnost</b>					<b>7621,7</b>

### 3.7.7 Vyhodnocení energetické náročnosti a návratnosti modelové konstrukce střechy

Komplexní energetická náročnost modelové konstrukce střechy je součtem energetické náročnosti všech dílčích celků, které jsem pro přehlednost shrnul do tabulky č.34 a 35. Význam dílčích částí na celkové bilanci svázané energie jsem vyjádřil v procentech a graficky vyhodnotil grafem č.45 a 46.

Tabulka č. 34, Varianta č.1, energetická náročnost modelové konstrukce střechy, životnost 50 let

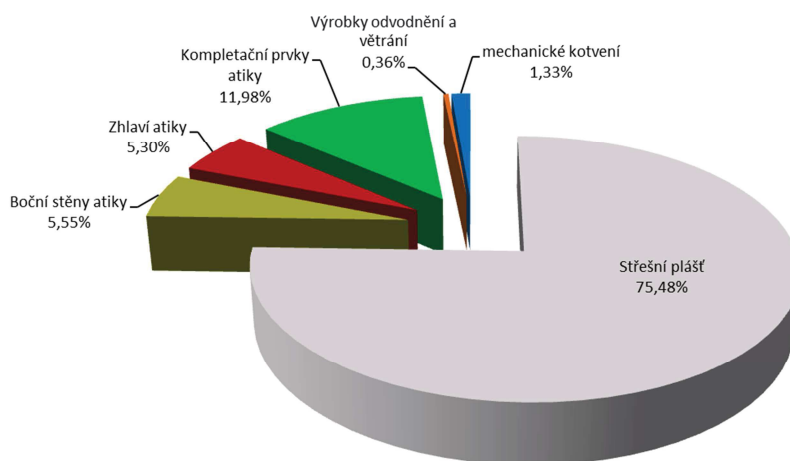
Varianta č.1			
	množství	Energetická náročnost [MJ/jednotku]	Celková energetická náročnost [MJ]
Střešní plášť	268,6 m <sup>2</sup>	1612,8 MJ/m <sup>2</sup>	433198,1
Boční stěny atiky	66,3 m	480,5 MJ/m	31857,2
Zhlaví atiky	68,2 m	446,2 MJ /m	30430,8
Kompletační prvky atiky	68,2 m	1008 MJ/m	68745,6
Výrobky odvodnění a větrání	-	-	2086,8
mechanické kotvení	-	-	7621,7
<b>Celkem svázané energie</b>			<b>573940,2</b>



Tabulka č. 35, Varianta č.2, energetická náročnost modelové konstrukce střechy, životnost 50 let

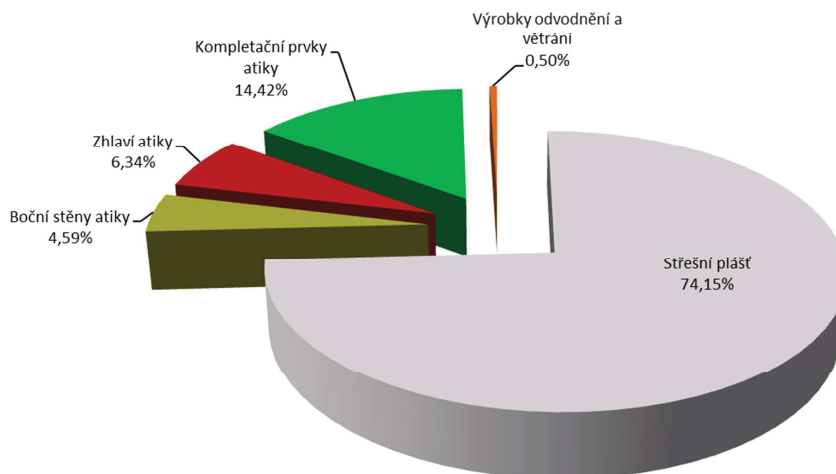
Varianta č.2			
	množství	Energetická náročnost [MJ/jednotku]	Celková energetická náročnost [MJ]
Střešní plášť	268,6 m <sup>2</sup>	1247,9 MJ/m <sup>2</sup>	335185,9
Boční stěny atiky	66,3 m	313,3 MJ/m	20771,8
Zhlaví atiky	68,2 m	420 MJ/m	28644,0
Kompletační prvky atiky	68,2 m	955,8 MJ/m	65185,6
Výrobky odvodnění a větrání	-	-	2264,8
mechanické kotvení	-	-	0,0
<b>Celkem svázané energie</b>			<b>452052,1</b>

Varianta č. 1 - význam dílčích částí střechy na celkové bilanci svázané energie



Graf č. 45, Varianta č.1, význam dílčích částí střechy na celkové bilanci svázané energie

Varianta č. 2 - význam dílčích částí střechy na celkové bilanci svázané energie



Graf č. 46, Varianta č.2, význam dílčích částí střechy na celkové bilanci svázané energie



Z grafu č.45 a 46 je zřejmé, že pro modelový případ představuje nejvýznamnější podíl na energetické náročnosti střechy střešní plášť. Opláštění zhlaví a bočních stěn atiky základními materiály má význam na energetické náročnosti v průměru 10%. Kompletační prvky pro atiky pro zvolený rozměr střechy 20x15 m mají význam v průměru 13%. Výrobky odvodnění, odvětrání a mechanického kotvení s významem do 1% nejsou v ploše střechy energeticky zásadní a je možné je při výpočtu zanedbat. Při hodnocení střech o jiných rozměrech je třeba si uvědomit, že význam kompletačních prvků a opláštění atik se bude navyšovat úměrně se zmenšováním celkové plochy střechy.

### **Zhodnocení energetické návratnosti:**

Součinitel prostupu stávající konstrukce:	U = 0,57 W/m <sup>2</sup> K
Součinitel prostupu tepla po rekonstrukci:	U = 0,16 W/m <sup>2</sup> K
Tepelná ztráta prostupem stávající konstrukce:	5 144,22 W
Tepelná ztráta prostupem konstrukce po rekonstrukci:	1 444 W
Potřeba tepla na vytápění stávající konstrukce:	47 430,4 MJ
Potřeba tepla na vytápění po rekonstrukci:	13 313,8 MJ
úspora potřeby tepla na vytápění po rekonstrukci:	34 116,6 MJ

### **Varianta č.1 (EPS + mPVC):**

Svázané energie nových materiálů, životní cyklus 50 let:	567 080,5 MJ
<b><u>Návratnost:</u></b>	<b>16,6 let</b>

### **Varianta č.2 (pěnová sklo + asfaltový pás):**

Svázané energie nových materiálů, životní cyklus 50 let:	452 052,1 MJ
<b><u>Návratnost:</u></b>	<b>13,3 let</b>

Zahrnutím přesných technických parametrů materiálů, přesných hodnot svázaných energií dle EPD a kompletačních prvků do výpočtu je energetická návratnost varianty č. 2 o 20% efektivnější než varianta č.1. V porovnání s energetickou návratností vypočítanou při volbě variant pro hodnocení, uvedenou v grafu č.39, je návratnost varianty č.1 shodná. U varianty č. 2 se energetická návratnost snížila o 3 roky.



## 4 Hlavní výsledky práce

### 4.1 Rozbor energetické náročnosti materiálů, výrobků a jejich životnost

Cílem této části byla analýza svázaných energií materiálů a výrobků plochých střech z dostupných zdrojů. Materiály jednotlivých vrstev střešního pláště byly na základě výsledků vzájemně porovnávány z hlediska energetické bilance.

#### 4.1.1 Návrhová životnost střech

Životnost je nařízením Evropského parlamentu a rady EU č. 305/2011 zařazena mezi základní požadavky na stavby a musí být navrhována v souladu s ostatními základními požadavky.

Životnost nosné konstrukce střechy se stanoví podle ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí [25]. V této normě je tabulkou 2.1 stanovena charakteristická návrhová životnost. Nosné konstrukce střech jsou dle tabulky zařazeny do čtvrté kategorie s charakteristickou návrhovou životností 50 let (konstrukce budov a jiné běžné konstrukce).

Životnost ostatních vrstev střech může být stanovena podle souboru norem ČSN ISO 15686 Budovy a jiné stavby – Plánování životnosti.

V pokynu Evropské organizace pro technická schválení EOTA 002 z prosince 1999 [26], je uvedena předpokládaná životnost vrstev střechy (stavebních výrobků) v tabulce na straně 2. V této tabulce je životnost stavebních výrobků odvozena od předpokládané životnosti nosné konstrukce střechy a možnosti opravitelnosti či vyměnitelnosti výrobků. Vrstvy střešního pláště je možné zařadit do kategorie vyměnitelných či opravitelných výrobků s určitým větším úsilím, pro které je uvedena návrhová životnost 25 let.

Stanovení návrhové životnosti střechy pro posuzování energetické náročnosti je odvozena od návrhové životnosti nosné konstrukce. Z důvodu kratší životnosti vrstev střešního pláště je nutné v období návrhové životnosti střechy navrhnout cykly obnovy střešních souvrství.

**Pro koncept modelových výpočtů energetického posouzení střech byla stanovena návrhová životnosti střechy 50 let s jedním cyklem obnovy střešního pláště po 25 letech.**

Reálná životnost stavebních výrobků střešního pláště může být delší než je předpokládaná životnost uvedená v pokynu EOTA 002 [26]. V tomto případě je možné reálnou délku životnosti započítat pouze v případě, že funkce výrobku není ovlivněna spolupůsobením ostatních výrobků s kratší životností.

Délka životního cyklu střechy pro modelové výpočty je podmíněna bezporuchovostí střechy a prováděním pravidelných cyklů kontrol přístupných a kontrolovatelných částí střechy. Doporučené cykly kontrol a údržby pro konstrukční části střechy jsou uvedeny v příloze normy ČSN 73 1901 Navrhování střech – základní ustanovení [4].

#### 4.1.2 Zdroje dat svázaných energií

Pro hodnocení rekonstrukcí střech z hlediska energetické náročnosti jsou zpravidla využívány dostupné databáze environmentálních dat stavebních výrobků. Kombinováním různých databází vznikají při hodnocení výpočtové rozdíly, které jsou způsobeny rozdílnou





metodikou sběru dat. Hlavním důvodem těchto rozdílů jsou odlišné hranice životního cyklu materiálu, energetický mix, technologie výroby, lokalizace a stáří dat. Pro eliminaci výpočtových chyb musí být při hodnocení využita data z jedné konkrétní databáze.

Při návrhu rekonstrukcí střech je navrhován materiál o konkrétních technických parametrech. Z dostupných databází je možné získat data svázaných energií materiálů, většinou ale s odlišnými technickými parametry než je konkrétní navržený materiál. Omezení databází environmentálních dat je především v jejich rozsahu.

Lokalizace dat svázaných energií materiálů v dostupných databázích je zpravidla zahraniční a hodnoty neodpovídají konkrétním materiálům používaným v ČR. Přesto je vhodné databáze využít k předběžným návrhům a výběru efektivních variant rekonstrukcí střech. Pro komplexní a detailní hodnocení je třeba využívat konkrétní prohlášení o produktu EPD navrženého materiálu.

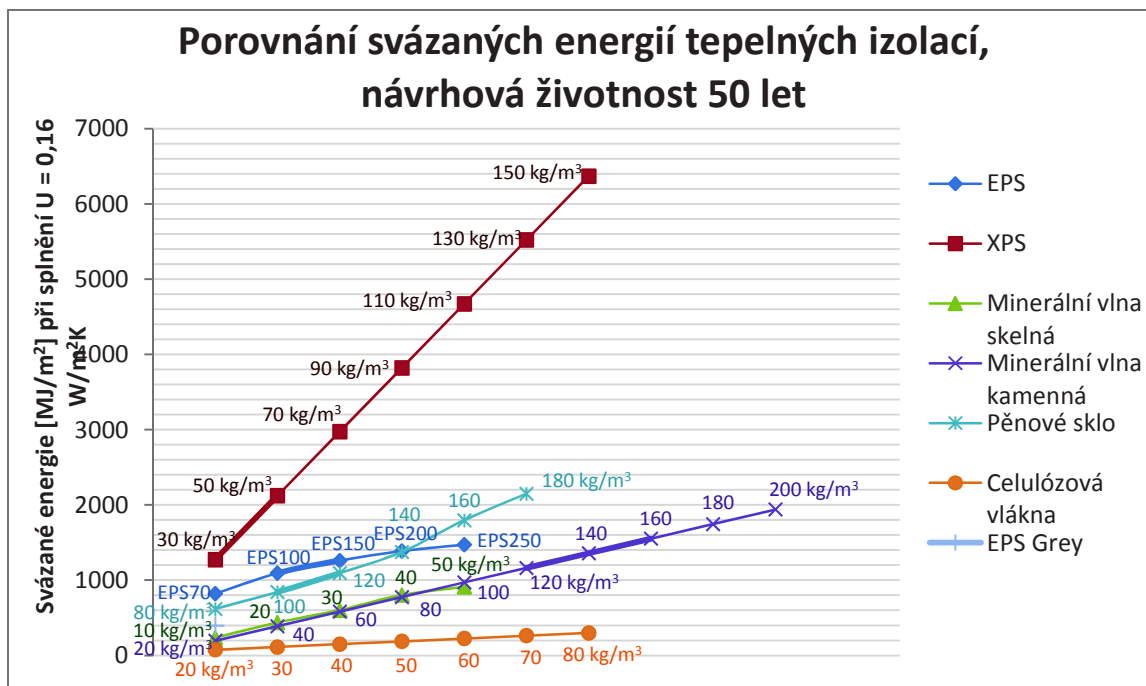
#### 4.1.3 Svázané energie materiálů

Pro rozbor svázaných energií materiálů byla použita data z databáze environmentálních dat Ecoinvent, resp. Envimat. Hodnoceny byly materiály tepelně izolační vrstvy, hydroizolační vrstvy a klempířské prvky. Pro návrh skladby střešního pláště je z hlediska bilance svázaných energií důležitá především tepelně izolační vrstva a hydroizolační vrstva.

##### **Tepelně izolační vrstva**

Posuzovaný materiál tepelné izolace je v databázi environmentálních dat zpravidla uveden pouze jednou materiálovou variantou s konkrétními technickými parametry. V praxi jsou tepelné izolace vyráběny ve variantách s rozdílnou objemovou hmotností a pevností v tlaku a hodnotu svázaných energií je třeba dopočítat z parametrů uvedených v databázi.

Porovnání svázaných energií materiálových variant tepelných izolací jsem vypočítal pro plochu  $1\text{m}^2$  při splnění součinitele prostupu tepla  $U = 0,16\text{ W/m}^2\text{K}$  a výsledky uvedl na grafu č.47. U jednotlivých materiálů jsem vyznačil tepelné izolace, které jsou v praxi standardně používány pro jednoplášťové ploché střechy. Hodnocení jsem provedl pro návrhovou životnost střechy 50 let s jedním cyklem obnovy.

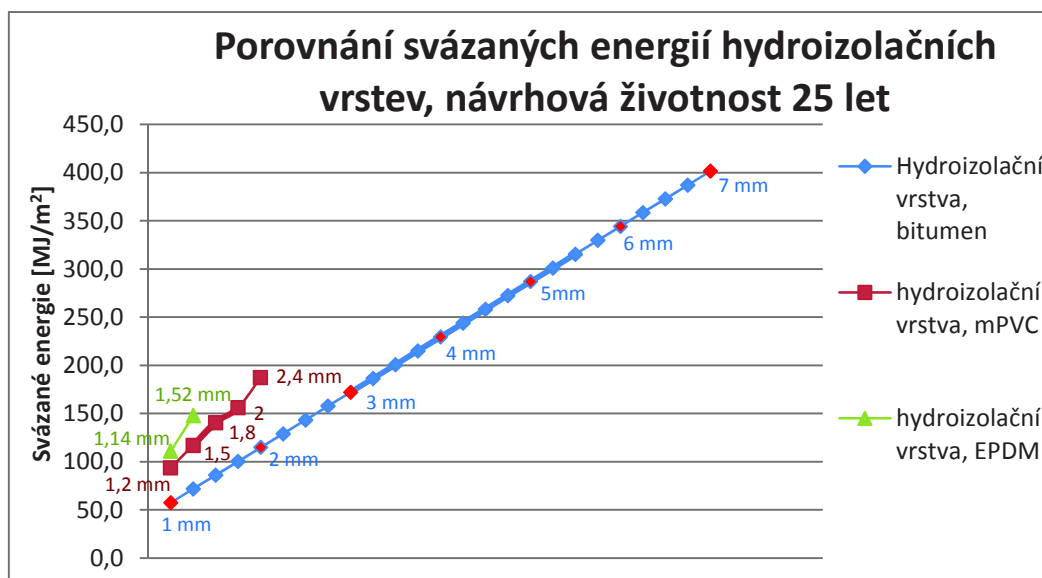


Graf č. 47, Porovnání svázaných energií tepelných izolací, návrhová životnost 50 let

Z výsledků na grafu č.47 je zřejmé, že energeticky nejefektivnější volbou je tepelná izolace z pěnového skla. Energetická výhodnost tohoto materiálu je dána jeho životností, kdy při cyklu obnovy po 25 letech, oproti ostatním materiálům, je uvažováno s jeho ponecháním.

### Hydroizolační vrstva

Z databáze environmentálních dat byly použity parametry svázaných energií [MJ/kg] pro dopočítání energetické náročnosti materiálů dle tloušťky krytiny pro plochu 1m<sup>2</sup>. Výsledky jsem vyznačil na grafu č.48, na kterém jsou graficky vyznačeny standardně aplikované výrobky pro ploché střechy. Porovnání je provedeno pro návrhovou životnost střešního pláště 25 let.



Graf č. 48, Porovnání svázaných energií hydroizolačních vrstev, návrhová životnost 25 let

Porovnáním svázaných energií na grafu č.48 je zřejmé, že z hlediska svázaných energií je efektivní volbou fóliová hydroizolační vrstva.

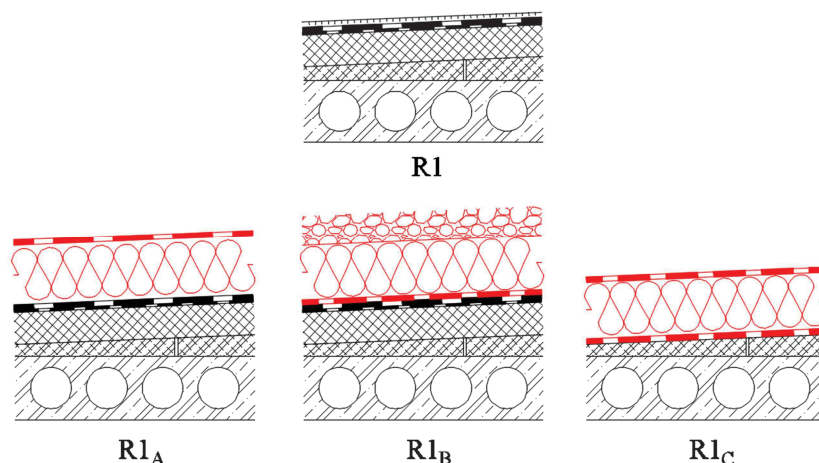
#### 4.1.4 Svázané energie výrobků

Ve spolupráci s firmou TOPWET a EJOT byla definována energetická náročnost výrobků pro odvětrání instalací, odvodnění a kotvení střech. Energetická náročnost jednotlivých výrobků a jejich dílčích částí je uvedena v příloze č.2.

### 4.2 Stanovení energeticky optimálních skladeb a energetické návratnosti na modelových rekonstrukcích

Cílem této části bylo stanovení energeticky optimální varianty rekonstrukcí plochých střech na modelových konstrukcích s ověřením energetické návratnosti.

Pro stanovení energeticky optimálních skladeb plochých střech byla zvolena modelová konstrukce jednoplášťové ploché střechy R1 u které byly prezentovány možné varianty rekonstrukcí R1<sub>A</sub>, R1<sub>B</sub> a R1<sub>C</sub>, viz obrázek č.17.



Obrázek č. 17, Variantní řešení rekonstrukcí modelové konstrukce R1

Vzhledem k množství materiálových a konstrukčních variant byl navržen systém označování skladby pomocí indexů, který je detailněji popisován v kapitole 3.5.

$$RX_Z / A_x^y ; B_x^y ; C_x^y$$

( OZNAČENÍ VARIANTY / HYDROIZOLACE; TEPELNÁ IZOLACE ; PAROZÁBRANA )

Navržené modelové varianty rekonstrukcí byly posouzeny z hlediska splnění normových tepelně technických požadavků, ze kterých byla navržena minimální tloušťka tepelné izolace pro splnění požadavku na součinitel prostupu tepla střechy  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Ze zpracované analýzy svázaných energií materiálů byly k jednotlivým vrstvám střešního pláště přiřazeny hodnoty svázaných energií:



Svázané energie zvolených materiálů:

- A <sub>1</sub> - asfaltové pásy tl. 4 + 4,5 mm:	PEI = 487,6 MJ/m <sup>2</sup>
- A <sub>2</sub> - fólie mPVC tl. 1,5 mm:	PEI = 117,1 MJ/m <sup>2</sup>
- B <sub>1</sub> - EPS 150, tl. 180 mm:	PEI = 473,0 MJ/m <sup>2</sup>
- B <sub>1</sub> - EPS 150, tl. 220 mm:	PEI = 578,1 MJ/m <sup>2</sup>
- B <sub>2</sub> - XPS, tl. 160 mm:	PEI = 772,0 MJ/m <sup>2</sup>
- B <sub>2</sub> - XPS, tl. 200 mm:	PEI = 868,0 MJ/m <sup>2</sup>
- B <sub>3</sub> - kamenná minerální vlna, tl. 180 mm:	PEI = 509,0 MJ/m <sup>2</sup>
- B <sub>3</sub> - kamenná minerální vlna, tl. 220 mm:	PEI = 622,2 MJ/m <sup>2</sup>
- B <sub>5</sub> - pěnové sklo, tl. 220 mm:	PEI = 772,2 MJ/m <sup>2</sup>
- C <sub>1</sub> - asfaltový pás, tl. 4 mm:	PEI = 229,4 MJ/m <sup>2</sup>

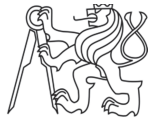
Výpočet energetických bilancí navržených variant byl proveden pro návrhovou životnost střechy 50 let s uvažováním jednoho cyklu obnovy střešního pláště po 25 letech. Výjimka z cyklu obnovy byla uvažována u pěnového skla, u kterého je předpokládána návrhová životnost 50 let. Shrnutí energetických bilancí navrhovaných variant je uvedeno v tabulce č.36.

Tabulka č. 36, Shrnutí energetických bilancí navrhovaných variant

č.	Návrhová životnost 0-25 let (1. cyklus)	Návrhová životnost 25-50 let (2. cyklus)	Bilance svázaných energií pro návrhovou životnost 50 let [MJ/m <sup>2</sup> ]	Bilance energetické návratnosti [roky]
	R <sub>1A/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,<sub>-</sub></sub>	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2255,7	24,6
<b>1</b>	<b>R<sub>1A/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,<sub>-</sub></sub></b>	<b>R<sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub></b>	<b>1514,7</b>	<b>16,5</b>
	R <sub>1A/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,<sub>-</sub></sub>	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2941,6	32,1
	R <sub>1A/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,<sub>-</sub></sub>	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2200,6	24,0
	R <sub>1A/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,<sub>-</sub></sub>	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2335,8	25,5
	R <sub>1A/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,<sub>-</sub></sub>	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	1594,8	17,4
	R <sub>1B/<sub>-</sub>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	R <sub>1B/<sub>-</sub>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2425,2	26,4
	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2590,2	28,2
	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>1</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	1849,2	20,2
	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	3364,0	36,7
	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>2</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2623,0	28,6
	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	R <sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	2678,4	29,2
	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	R <sub>1C/A<sub>2</sub><sup>1</sup>,B<sub>3</sub><sup>1</sup>,C<sub>1</sub><sup>1</sup></sub>	1937,4	21,1
<b>2</b>	<b>R<sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,B<sub>5</sub><sup>0</sup>,<sub>-</sub></sub></b>	<b>R<sub>1C/A<sub>1</sub><sup>1</sup>,<sub>-</sub>,<sub>-</sub></sub></b>	<b>1489,2</b>	<b>16,2</b>

Nejefektivnější variantou z hlediska bilance svázaných energií a energetické návratnosti, je v tabulce č.36 varianta s označením č.1 a č.2. Skladba střešního pláště u varianty č.1 je navržena s tepelnou izolací z expandovaného polystyrenu a hydroizolační vrstvou z fólie mPVC. Varianta č.2 je navržena s tepelnou izolační z pěnového skla a hydroizolační vrstvou z asfaltového pásu.

Varianty č. 1 a 2 byly zvoleny pro komplexní návrh střešního pláště a stanovení vlivu detailu na energetickou náročnost.

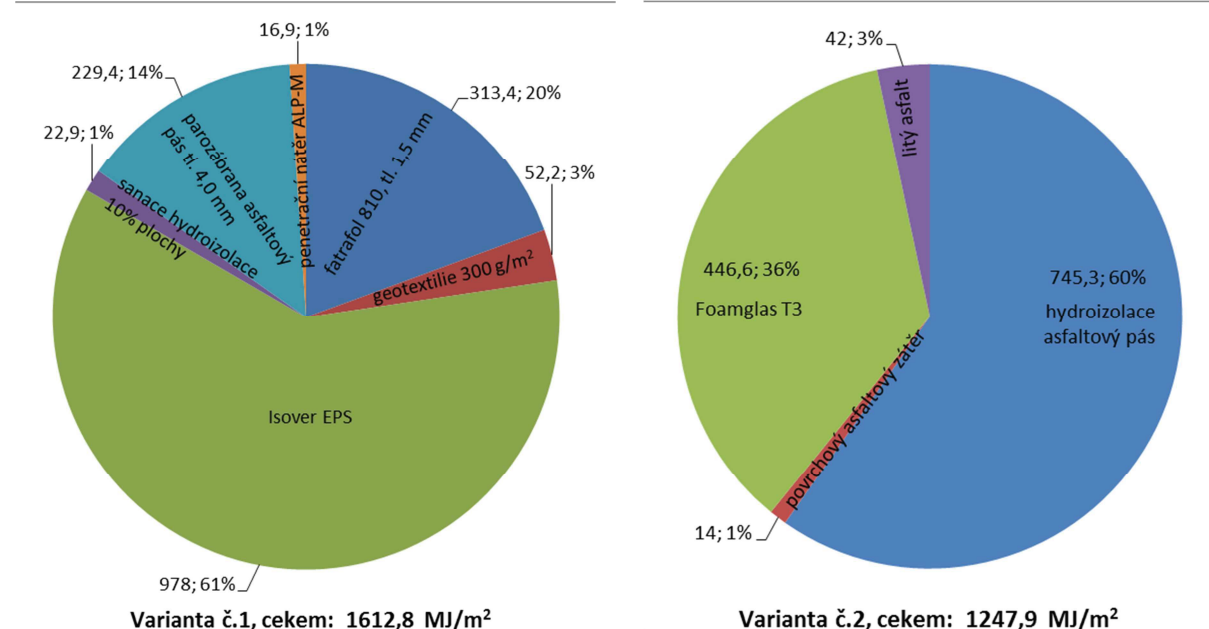


### 4.3 Komplexní návrh střešního pláště a stanovení vlivu detailu na energetickou náročnost

Cílem této části byl komplexní a detailní návrh zvolených variant rekonstrukcí střešních pláštů č.1 a 2 a stanovení významu hodnocení částí střechy na celkové energetické náročnosti. Posouzení energetických bilancí bylo hodnoceno pro návrhovou životnost střechy 50 let. Základní modelová konstrukce střechy byla zvolena o půdorysných rozměrech 20x15 m s výškou objektu 20 m. Posuzována byla plocha střechy, opláštění atiky včetně kompletačních prvků, výrobky odvětrání instalací, odvodnění a mechanické kotvení střešního pláště.

#### 4.3.1 Energetická bilance plochy střešního pláště

Pro obě hodnocené varianty střešního pláště byla vypočtena bilance svázaných energií na plochu 1m<sup>2</sup>. Energetická náročnost jednotlivých vrstev je znázorněna v grafu č.49.



Graf č. 49, Energetická náročnost plochy střešního pláště pro variantu č.1 a 2

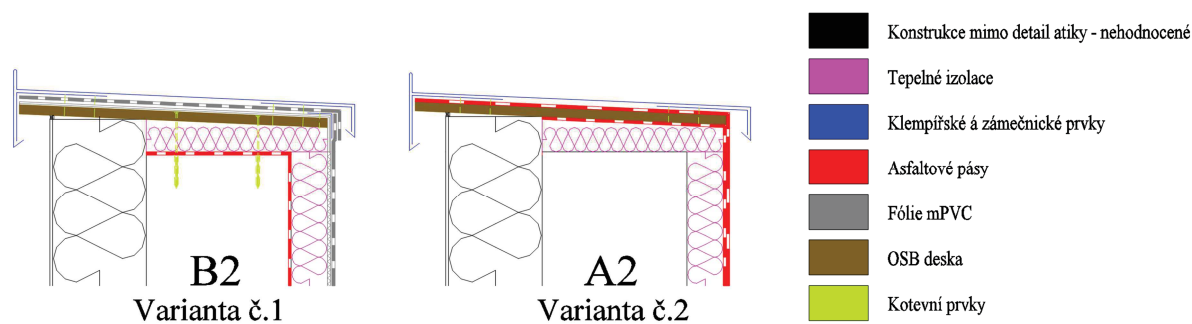
Z grafu č.49 lze odečíst energetická bilance jednotlivých vrstev střešního pláště a jejich procentuální význam. Z hlediska celkové energetické bilance je varianta č. 2 o 22% efektivnější než varianta č.1.

Porovnáním energetické náročnosti tepelné izolace z pěnového skla Foamglas T3 a Isover EPS 150 je zřejmé, že pěnové sklo je o více jak 50% energeticky efektivnější než expandovaný polystyren.

Asfaltové pásy u varianty č.2 jsou ve skladbě zastoupeny s podílem na celkové energetické náročnosti 60%. V porovnání s energetickou náročností ostatních vrstev lze tvrdit, že se jedná o energeticky velmi náročný materiál.

### 4.3.2 Energetická bilance detailu atiky

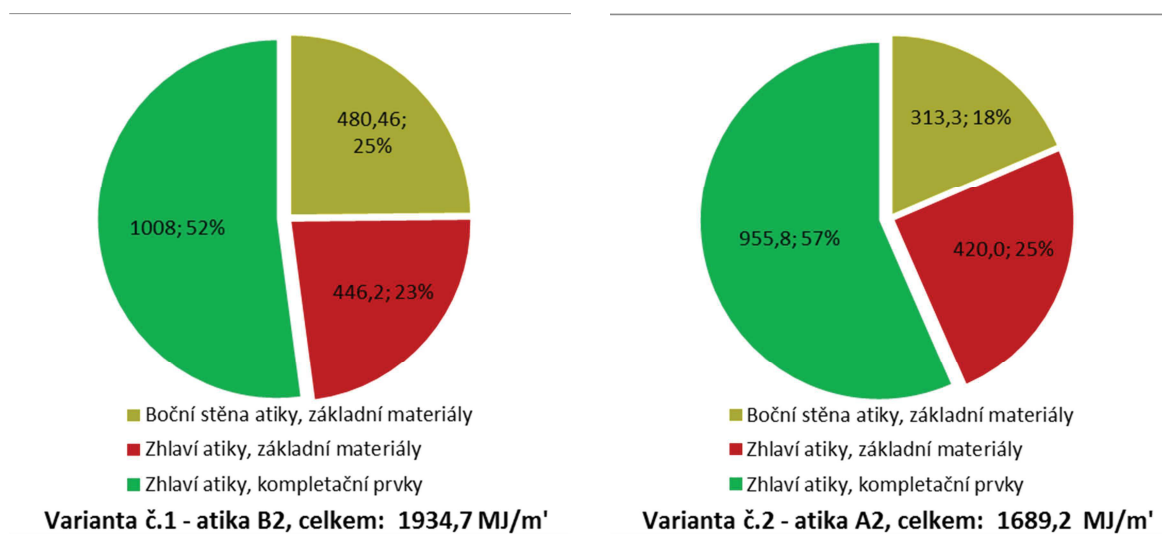
Pro stanovení vlivu detailu na celkovou energetickou náročnost střechy byla zvolena atika, jako typický detail střechy. Základní výpočet byl proveden na jeden běžný metr atiky. Pro vybrané varianty rekonstrukcí plochy střechy č.1 a 2 byl zvolen tvar zhlaví atik s označením A2 a B2 dle obrázku č.18.



Obrázek č. 18, Zvolený tvar zhlaví atik pro vybraná varianty č.1 a 2

Bilance svázaných energií opláštění atiky byla výpočtově rozdělena na části boční stěny atiky, zhlaví atiky a kompletační prvky zhlaví atiky. Materiály pro opláštění atiky byly zvoleny dle variant č.1 a 2 plochy střešního pláště. Oplechování zhlaví atiky bylo uvažováno z pozinkovaného plechu tl. 0,7 mm pro obě varianty atik.

Energetická náročnost hodnocených částí atiky je shrnuta v grafu č.50.



Graf č. 50, Energetická náročnost opláštění atiky, pro variantu č.1 a 2

Celková energetická náročnost opláštění atiky je o 13% energeticky výhodnější pro variantu č.2, tj. skladbu střešního pláště s tepelně izolační vrstvou z pěnového skla.

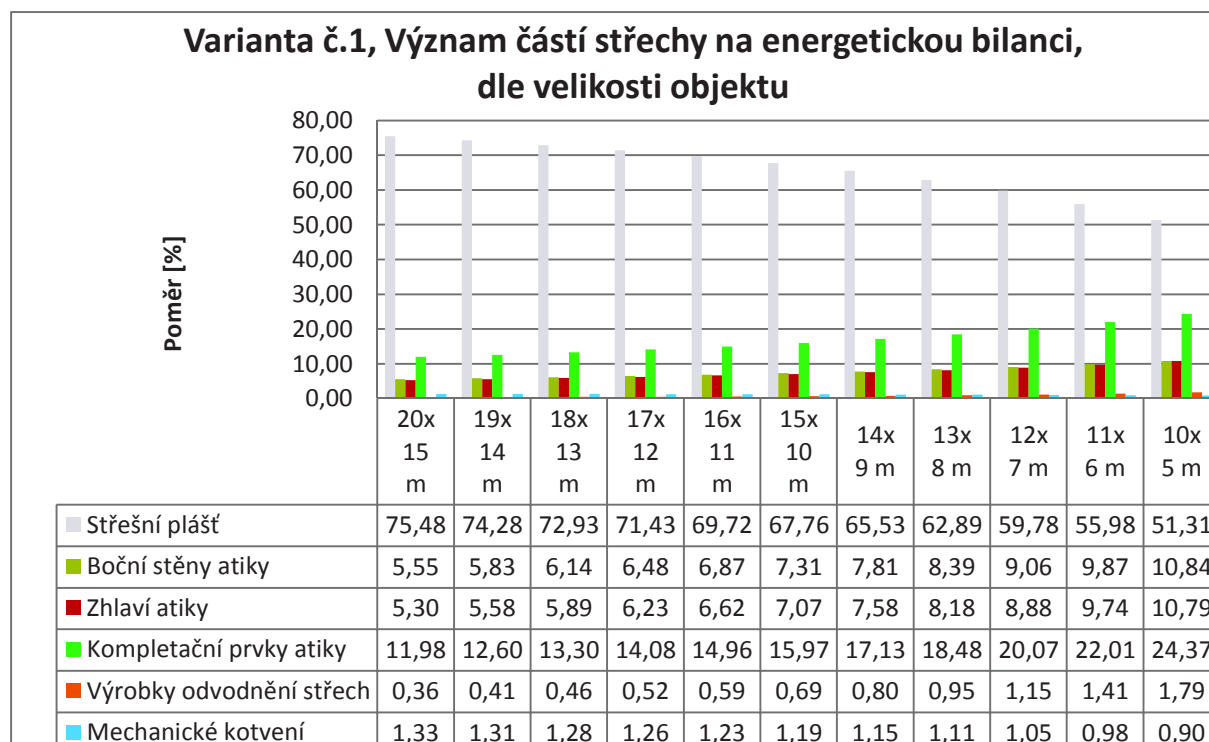
Při porovnání bilancí energií jednotlivých částí atiky je zřejmé, že kompletační prvky zhlaví atiky představují více jak 50% celkové energetické náročnosti a tvoří významnou energetickou položku.



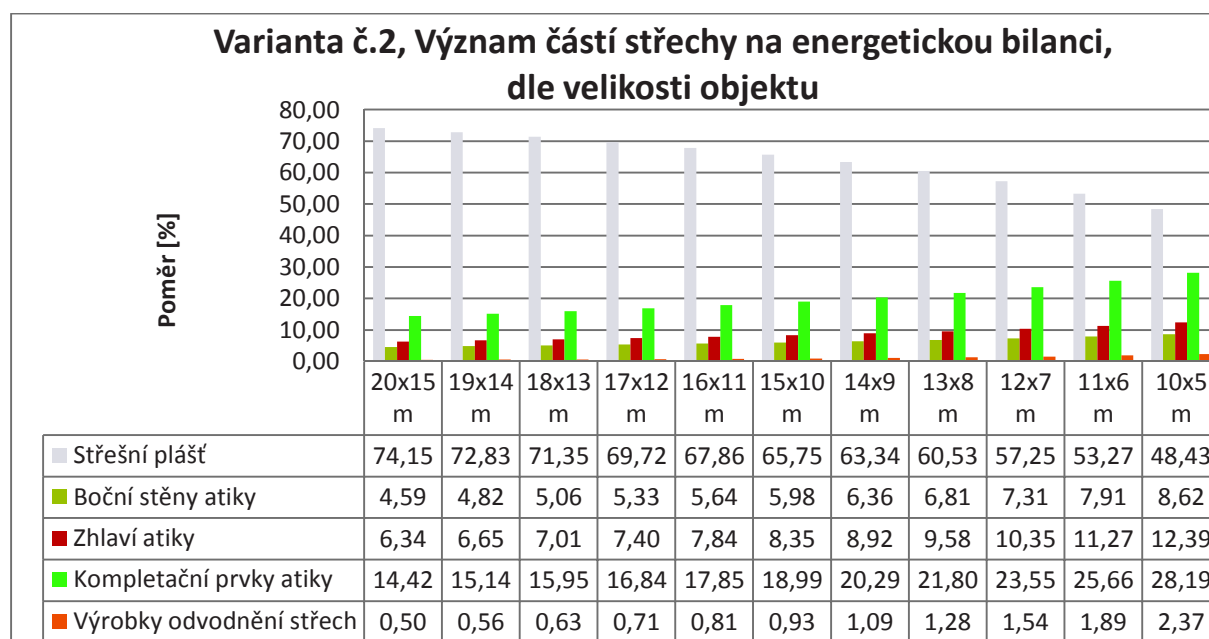
### 4.3.3 Význam hodnocených částí střechy na celkovou energetickou náročnost

Význam hodnocených částí střechy na celkovou energetickou náročnost byl hodnocen pro modelovou konstrukci o půdorysných rozměrech 20x15 m s výškou objektu 20 m. Vzhledem k výpočtům bilancí energií plochy střechy na 1 m<sup>2</sup> a délky atiky 1 m lze výsledky aplikovat na volitelnou půdorysnou velikost střechy.

Význam částí střechy vzhledem k proměnné půdorysné ploše, je procentuálně vyjádřen v grafu č.51 a 52. Hodnocení je provedeno pro zvolenou variantu rekonstrukce č.1 a 2.



Graf č. 51, Varianta č.1, význam částí střechy na energetickou bilanci, dle velikosti objektu



Graf č. 52, Varianta č.2, význam částí střechy na energetickou bilanci, dle velikosti objektu



Z grafu č.51 a 52 je patrné, že význam opláštění atiky a kompletačních prvků se zvyšuje společně se zmenšováním plochy střechy. Při nejmenší posuzované ploše 10x5 m je význam opláštění atiky s kompletačními prvky 49%.

**Při výpočtu bilancí svázaných energií střešního pláště jsou kompletační prvky významnou energetickou položkou, kde při jejím zanedbání jsou výsledky nepřesné a zavádějící.**

**Výrobky odvětrání instalací, odvodnění a mechanické kotvení s významem 0,5 až 1% nejsou v ploše střechy energeticky zásadní a je možné je při výpočtu zanedbat.**

**Vzhledem ke konstrukční a materiálové variabilitě návrhu detailů nelze stanovit obecné procento podílu kompletačních prvků nebo koeficient upravující hodnotu celkové energetické náročnosti.**

#### 4.4 Doporučení pro další vývoj

Energetická náročnost materiálů, výrobků a konstrukcí je pro vědu a praxi novým tématem, kterému je v současnosti věnována značná pozornost. Svázané energie jsou jedním z mnoha kritérií environmentálního hodnocení budov, které je zpracováváno z důvodu šetrnosti stavebnictví k životnímu prostředí.

Energetická efektivita materiálů a rekonstrukce střech je hodnocena na základě vstupních údajů z dostupných databází, které prozatím neposkytují dostatečné množství informací pro komplexní hodnocení. Energetické bilance konstrukcí jsou sestavovány s využitím různých zdrojů, přepočtem hodnot svázaných energií nebo přiřazením svázaných energií obdobného katalogového materiálu.

Pro další vývoj zajišťující energetickou efektivnost a objektivitu hodnocení, jsem pro vědu a praxi shrnul následující doporučení:

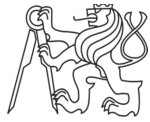
##### 4.4.1 Doporučení pro další rozvoj vědy

- **Ověřit vliv střešních světlíků na energetickou náročnost sanací střešních pláštů i v letním období**
- **Vývoj energeticky efektivních výrobků pro snížení hodnot svázaných energií.**
- **Materiálové možnosti využití odpadu ze střešních pláštů se zaměřením na minerální vlnu a asfaltové výrobky.**

##### 4.4.2 Doporučení pro další rozvoj praxe

- **Zpracovat podrobnou databázi environmentálních dat se zaměřením na kompletační konstrukce.**
- **Legislativně stanovit povinnost zahrnout svázané energie do hodnocení návrhu střech.**
- **Stanovit návrhovou životnost v technickém listu výrobku s jasně definovanými podmínkami zabudování.**





## 5 Přílohy

### 5.1 Příloha č.1 – Analýza materiálových dat PEI

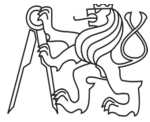
masivní stavební materiály, sypané materiály				
Materiál	PEI [MJ/kg]	kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ [W/m.K]	ZDROJ
keramzit lehčený beton	3,4	600	0,150	Bauteilkatalog
dřevotřískové desky	2,6	500	0,120	Bauteilkatalog
písek	0,1	1800	0,700	Bauteilkatalog
písek	0,1	1750	0,950	Ecoinvent/ENVIMAT
písek hrubý	0,1	1800	0,700	Bauteilkatalog
písek křemičitý	0,3	1750	0,950	Ecoinvent/ENVIMAT
štěrk	0,1	1650	0,650	Ecoinvent/ENVIMAT
lehký beton	4,7	-	-	Bauteilkatalog
nízkopevnostní beton (chudý beton)	0,5	-	-	Bauteilkatalog
nízkopevnostní beton (chudý beton)	0,4	2190	1,230	Ecoinvent/ENVIMAT
beton	0,8	-	-	Bauteilkatalog
beton prostý	0,6	2380	1,360	Ecoinvent/ENVIMAT
beton vysokopevnostní	0,7	2440	1,400	Ecoinvent/ENVIMAT
pórobeton	4,2	500	0,160	Bauteilkatalog
cihla plná	2,7	1800	0,760	Bauteilkatalog
cihla plná pálená	2,6	2100	-	Ecoinvent/ENVIMAT
cihla lehčená pálená	2,6	600	-	Ecoinvent/ENVIMAT
cihla lehčená nepálená	2,7	600	0,470	Ecoinvent/ENVIMAT
Cihla vápenopísková	1,3	1530	0,500	Ecoinvent/ENVIMAT
Cihla žáruvzdorná, běžná	24,8	1850	-	Ecoinvent/ENVIMAT
Cihla žáruvzdorná, oxid hlinitý	14,5	1850	-	Ecoinvent/ENVIMAT
Cihla žáruvzdorná, šamotová	20,1	1850	-	Ecoinvent/ENVIMAT
bentonit	0,4	1800	-	Ecoinvent/ENVIMAT
čedič	0,2	3200	2,900	Ecoinvent/ENVIMAT
dlažba keramická	14,1	2000	-	Ecoinvent/ENVIMAT
dlažba kamenná	1,3	2750	-	Ecoinvent/ENVIMAT
hlína těžená	0,1	2000	0,700	Ecoinvent/ENVIMAT
přírodní kamenná deska, broušená	10,4	2750	-	Ecoinvent/ENVIMAT
přírodní kamenná deska, leštěná	13	2750	-	Ecoinvent/ENVIMAT
přírodní kamenná deska, řezaná	7,3	2750	-	Ecoinvent/ENVIMAT

deskové materiály, malty, omítky				
Materiál	PEI [MJ/kg]	kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ [W/m.K]	ZDROJ
malta tenkostěnná	2,6	-	-	Bauteilkatalog
malta cementová	1,3	1500	1,400	Ecoinvent/ENVIMAT
malta lehčená, plnivo keramzit	4,1	1500	0,180	Ecoinvent/ENVIMAT
malta vápenná	3,3	1600	0,870	Ecoinvent/ENVIMAT
sádrovláknité desky	3,8	1000	0,270	Bauteilkatalog



sádrovláknité desky	4,8	1000	0,360	Ecoinvent/ENVIMAT
sádrokarton	5,1	800-900	0,210	Bauteilkatalog
sádrokarton	5,8	1000	0,360	Ecoinvent/ENVIMAT
sádrová omítka	1,4	1600	0,700	Bauteilkatalog
sádrová omítka	1,6	1800	0,880	Ecoinvent/ENVIMAT
vápenosádrová omítka	1,9	1400	0,700	Bauteilkatalog
vápenná omítka	1,5	1200	0,600	Bauteilkatalog
vápenocementová omítka	1,4	1800	0,870	Bauteilkatalog
vápenocementová omítka	1,5	2000	0,990	Ecoinvent/ENVIMAT
hliněná omítka	0,5	1700	0,800	Bauteilkatalog
hliněná omítka	0,5	1815	0,570	Ecoinvent/ENVIMAT
minerální lepidlo	1,4	-	-	Bauteilkatalog
silikátová omítka	1,5	1800	0,900	Bauteilkatalog
cement	3,4	1200	-	Ecoinvent/ENVIMAT
cement portlandský 42,5	3,6	1200	-	Ecoinvent/ENVIMAT
cement portlandský 52,5	3,8	1200	-	Ecoinvent/ENVIMAT
cement portlandský vápenný	3,2	1200	-	Ecoinvent/ENVIMAT
cementotřísková deska	5,4	1200	0,240	Ecoinvent/ENVIMAT
cementový potěr	1,0	2200	1,400	Ecoinvent/ENVIMAT
silikon	55,3	1200	0,350	Ecoinvent/ENVIMAT

<b>izolační materiály, dřevo</b>				
<b>Materiál</b>	<b>PEI [MJ/kg]</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>λ [W/m.K]</b>	<b>ZDROJ</b>
korek expandovaný	19,2	120	0,045	Bauteilkatalog
korek deska	24,9	150	0,064	Ecoinvent/ENVIMAT
len s polyesterem	54,0	30	0,040	Bauteilkatalog
skelná vlna	43,0	-	-	Bauteilkatalog
dřevovláknité desky (měkké dřevo)	15,0	170	0,045	Bauteilkatalog
dřevovláknité desky (tvrdé dřevo)	17,5	1000	0,100	Bauteilkatalog
dřevovláknitá deska MDF	14,2	780	0,180	Ecoinvent/ENVIMAT
dřevotřísková deska	6,5	650	0,130	Bauteilkatalog
dřevěná vlna, deska pojená cementem	3,6	450	0,080	Ecoinvent/ENVIMAT
dřevitá vlna, u=20%	1,2	45	0,080	Ecoinvent/ENVIMAT
dřevotřísková deska, venkovní	13,1	680	0,180	Ecoinvent/ENVIMAT
dřevotřísková deska, vnitřní	8,9	680	0,180	Ecoinvent/ENVIMAT
dřevovláknitá deska měkká	5,1	300	0,038	Ecoinvent/ENVIMAT
dřevovláknitá deska měkká, bez pojidel	10	220	0,046	Ecoinvent/ENVIMAT
dřevovláknitá deska tvrdá	12,7	900	0,170	Ecoinvent/ENVIMAT
kokosové vlákno	42,0	50	0,050	Bauteilkatalog
perlit	11,0	-	-	Bauteilkatalog
perlit	16,3	60	0,040	Ecoinvent/ENVIMAT
EPS expandovaný polystyren	95,0	-	-	Bauteilkatalog
EPS expandovaný polystyren	105,1	30	0,035	Ecoinvent/ENVIMAT
EPS 70 F	111,6	14	0,039	ISOVER
EPS GreyWall	99,1	16	0,032	ISOVER



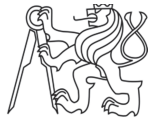
EPS 150	97,8	25	0,035	ISOVER
XPS extrudovaný polystyren	101,0	45	0,032	Bauteilkatalog
XPS extrudovaný polystyren	96,5	25	0,034	Ecoinvent/ENVIMAT
PU pěna	100,0	30	0,025	Bauteilkatalog
PU pěna	99,3	20	0,035	Ecoinvent/ENVIMAT
ovčí vlna	12,3	-	-	Bauteilkatalog
pěnové sklo	67,0	120	0,042	Bauteilkatalog
pěnové sklo	35,1	110	0,040	Ecoinvent/ENVIMAT
pěnové sklo Foamglas T4+	20,3	115	0,041	Foamglas EPD
rákosová deska	4,7	225	0,055	Bauteilkatalog
minerální vata	17,5	-	-	Bauteilkatalog
minerální vlna, kamenná	20,2	32	0,036	Ecoinvent/ENVIMAT
minerální vlna skelná	45,6	40	0,040	Ecoinvent/ENVIMAT
izolační desky, čedičové ISOVER S	28,1	146	0,039	ISOVER
izolační desky, kamenné ISOVER ORSIK	29,1	30	0,039	ISOVER
minerální izolace, ISOVER UNI	34,6	40	0,035	ISOVER
deska OSB	12,5	650	0,130	Ecoinvent/ENVIMAT
celulózová vlákna	4,2	55	0,040	Bauteilkatalog
celulózová vlákna	7,2	50	0,040	Ecoinvent/ENVIMAT
celulózové vláknité desky	22,0	75	0,040	Bauteilkatalog
řezivo, prkna	3,6	-	-	Bauteilkatalog
řezivo, hraněné dříví	4,7	450	0,110	Bauteilkatalog
řezivo, měkké dřevo	3,4	400	0,180	Ecoinvent/ENVIMAT
řezivo, tvrdé dřevo	2,0	600	0,220	Ecoinvent/ENVIMAT
keramzit	5,0	260	0,076	Ecoinvent/ENVIMAT
lepené lamelové dřevo, vnější	8,7	495	0,130	Ecoinvent/ENVIMAT
lepené lamelové dřevo, vnitřní	8,0	495	0,130	Ecoinvent/ENVIMAT

střešní stavební materiály				
Materiál	PEI [MJ/kg]	kg/m <sup>3</sup>	λ [W/m.K]	ZDROJ
betonová střešní taška	2,4	2400	-	Bauteilkatalog
asfaltová lepenka	47,0	1200	0,170	Bauteilkatalog
živičný (asfaltový) pás Alu80	51,5	1220	0,200	Ecoinvent/ENVIMAT
živičný (asfaltový) pás V60	43,5	1220	0,200	Ecoinvent/ENVIMAT
živičný (asfaltový) pás VA4	52,7	1220	0,200	Ecoinvent/ENVIMAT
živičný (asfaltový) pás, polymer EP4	44,3	1220	0,200	Ecoinvent/ENVIMAT
asfaltový pás	35,3	-	-	Hegger, M. - TU Darmstadt
vláknocementové střešní desky	14,0	2000	-	Bauteilkatalog
litý asfalt	5,0	2100	0,700	Bauteilkatalog
litý asfalt	6,9	2400	0,500	Ecoinvent/ENVIMAT
asfaltový nátěr	49,6	1160	0,210	Ecoinvent/ENVIMAT
asfalt (živice)	0,5	1200	0,170	Bauteilkatalog
asfaltový nátěr	42,3	-	-	Bauteilkatalog
tekuté fólie	52,0	-	-	Bauteilkatalog
polyethylenová fólie	87,0	-	-	Bauteilkatalog



fólie mPVC	61,0	-	-	Hegger,M. - TU Darmstadt
Fatrafol 810 PVC-P	82,5	1267	-	Fatra EPD 2017
fólie EPDM	76,0	-	-	Hegger,M. - TU Darmstadt
HDPE	97,0	-	-	Bauteilkatalog
polyethylen HDPE	76,4	960	0,350	Ecoinvent/ENVIMAT
polyethylen LDPE	78,2	900	0,350	Ecoinvent/ENVIMAT
střešní taška betonová	1,7	2250	-	Ecoinvent/ENVIMAT
střešní taška keramická, pálená	3,8	1400	-	Ecoinvent/ENVIMAT
vláknocementová fasádní deska	11,8	1900	0,500	Ecoinvent/ENVIMAT
vláknocementová střešní taška	8,8	1800	0,500	Ecoinvent/ENVIMAT
vláknocementová vlnitá deska	7,4	1700	0,500	Ecoinvent/ENVIMAT

plechy, kovy, PVC				
Materiál	PEI [MJ/kg]	kg/m <sup>3</sup>	λ [W/m.K]	ZDROJ
hliníkový plech (0 % recyklátu)	230,0	2700	203,000	Bauteilkatalog
hliníkový plech (100 % recyklátu)	23,0	2700	203,000	Bauteilkatalog
hliníkový plech (50 % recyklátu)	127,0	2700	203,000	Bauteilkatalog
hliníkový plech, eloxovaný	127,0	-	-	Bauteilkatalog
hliníkový plech s práškovým nástřikem	128,0	-	-	Bauteilkatalog
Hliník	160,1	2700	204,000	Ecoinvent/ENVIMAT
Hliník, recyklovaný, z nových zbytků	7,4	2700	204,000	Ecoinvent/ENVIMAT
Hliník, recyklovaný, ze starých zbytků	22,1	2700	204,000	Ecoinvent/ENVIMAT
Hliník, výrobní mix	112,8	2700	204,000	Ecoinvent/ENVIMAT
Hliník, výrobní mix, litá slitina	42,8	2700	204,000	Ecoinvent/ENVIMAT
měď	28,9	8900	372,000	Ecoinvent/ENVIMAT
měděný plech	97,0	8900	380,000	Bauteilkatalog
mosaz	111,0	-	-	Bauteilkatalog
mosaz	36,8	8600	102,000	Ecoinvent/ENVIMAT
pozinkovaný ocelový plech	60,0	7500	58,000	Bauteilkatalog
titanzinkový plech	81,0	7800	111,000	Bauteilkatalog
betonářská ocel	13,0	7800	60,000	Bauteilkatalog
betonářská ocel	22,6	7850	48,000	Ecoinvent/ENVIMAT
legovaná ocel	100,0	-	-	Bauteilkatalog
ocel nízkolegovaná	43,0	-	-	Bauteilkatalog
ocel nízkolegovaná	29,1	7850	50,000	Ecoinvent/ENVIMAT
ocel nelegovaná	36,0	-	-	Bauteilkatalog
ocel nelegovaná	22,9	7850	50,000	Ecoinvent/ENVIMAT
ocel chromovaná	62,8	7850	50,000	Ecoinvent/ENVIMAT
bronz	44,7	8800	70,000	Ecoinvent/ENVIMAT
cín	305,0	7250	-	Ecoinvent/ENVIMAT
nikl	147,2	7100	67,000	Ecoinvent/ENVIMAT
olovo	15,2	11350	35,000	Ecoinvent/ENVIMAT
zinek	48,5	7150	110,000	Ecoinvent/ENVIMAT
polyethylen	97,0	-	-	Bauteilkatalog
polyamid	63,0	-	-	Bauteilkatalog
polyizobutylem	120,0	-	-	Bauteilkatalog

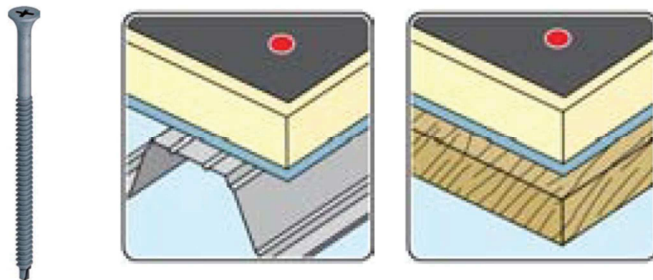


polykarbonát	107,1	1200	0,2	Ecoinvent/ENVIMAT
PVC	63,0	-	-	Bauteilkatalog
PVC	60,0	1400	0,2	Ecoinvent/ENVIMAT
epoxidové pryskyřice, tekuté	133,5	1200	0,2	Ecoinvent/ENVIMAT
litina	24,4	6800	50,0	Ecoinvent/ENVIMAT

## 5.2 Příloha č.2 – Definování energetické náročnosti výrobků PEI

### 5.2.1 Svázané energie střešních kotevních prvků EJOT

#### EJOT Dabo, šroub TKR-4,8 (ocel pozinkovaná)

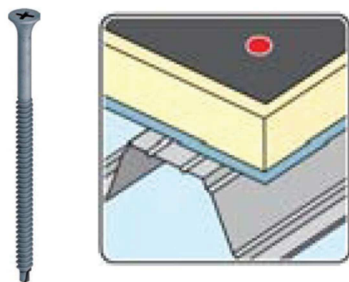


Kotevní šroub se zápustnou hlavou, určený k mechanickému kotvení hydroizolací na nosnou konstrukci z ocelového plechu tl. od 0,75 mm do 1,5 mm nebo konstrukci ze dřeva a deskových materiálů. Používá se v kombinaci s talířovými hmoždinkami.

EJOT Dabo, šroub TKR-4,8				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
TKR-4,8x35	3,400	ocel pozinkovaná	60	0,204
TKR-4,8x50	4,675			0,2805
TKR-4,8x60	5,640			0,3384
TKR-4,8x70	6,560			0,3936
TKR-4,8x80	7,587			0,45522
TKR-4,8x90	8,435			0,5061
TKR-4,8x100	9,100			0,546
TKR-4,8x110	10,681			0,64086
TKR-4,8x120	10,860			0,6516
TKR-4,8x130	11,845			0,7107
TKR-4,8x140	13,165			0,7899
TKR-4,8x150	20,026			1,20156
TKR-4,8x160	14,550			0,873
TKR-4,8x170	15,355			0,9213
TKR-4,8x180	16,320			0,9792
TKR-4,8x200	18,745			1,1247
TKR-4,8x220	20,690			1,2414
TKR-4,8x240	22,460			1,3476
TKR-4,8x260	24,100			1,446
TKR-4,8x280	25,700			1,542
TKR-4,8x300	27,900	1,674		



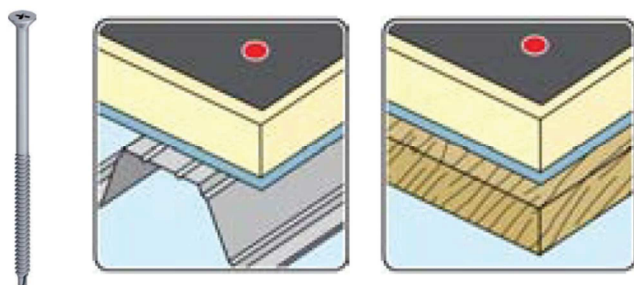
### EJOT Dabo, šroub TKR-3-4,8 (ocel pozinkovaná)



Kotevní šroub se zápusťnou hlavou, určený k mechanickému kotvení hydroizolací na nosnou konstrukci z ocelového plechu tl. od 1,00 mm do 3,0 mm. Používá se v kombinaci s talířovými hmoždinkami.

EJOT Dabo, šroub TKR-3-4,8				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
TKR-3-4,8x70	6,700	ocel pozinkovaná	60	0,402
TKR-3-4,8x90	8,448			0,50688
TKR-3-4,8x110	10,303			0,61818

### EJOT Dabo, šroub TKE-4,8 (nerez)

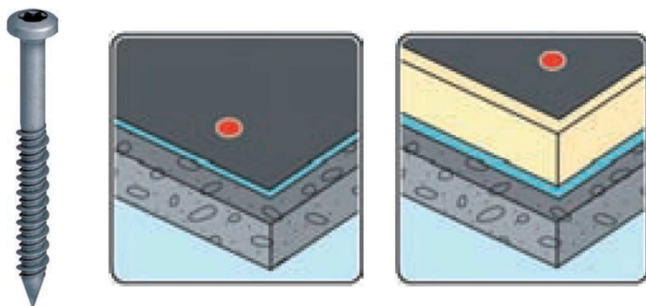


Kotevní šroub se zápusťnou hlavou, určený k mechanickému kotvení hydroizolací na nosnou konstrukci z ocelového plechu tl. od 0,75 mm do 1,5 mm nebo konstrukci ze dřeva a deskových materiálů. Používá se v kombinaci s talířovými hmoždinkami.

EJOT Dabo, šroub TKE-4,8				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
TKE-4,8x50	5,120	nerez	100	0,512
TKE-4,8x60	6,060			0,606
TKE-4,8x70	7,010			0,701
TKE-4,8x80	7,960			0,796
TKE-4,8x90	8,920			0,892
TKE-4,8x100	9,870			0,987
TKE-4,8x120	13,660			1,366
TKE-4,8x140	11,760			1,176



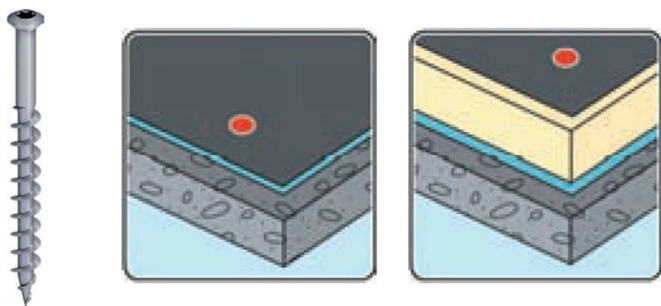
### EJOT, šroub do betonu/pórobetonu FBS-R-6,3 (ocel pozinkovaná)



Kotvení šroub určený k mechanickému kotvení hydroizolací na podklad z betonu. Používá se v kombinaci s talířovými hmoždinkami.

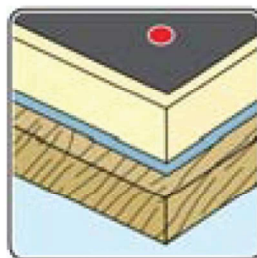
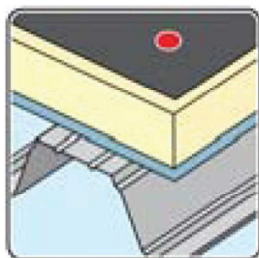
EJOT, šroub do betonu/pórobetonu FBS-R-6,3				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
FBS-R-6,3x35	6,700	ocel pozinkovaná	60	0,402
FBS-R-6,3x60	9,000			0,54
FBS-R-6,3x70	10,625			0,6375
FBS-R-6,3x80	11,810			0,7086
FBS-R-6,3x100	15,190			0,9114
FBS-R-6,3x120	22,213			1,3328
FBS-R-6,3x140	20,640			1,2384
FBS-R-6,3x160	23,000			1,38
FBS-R-6,3x180	26,735			1,6041
FBS-R-6,3x200	31,720			1,9032
FBS-R-6,3x220	32,170			1,9302
FBS-R-6,3x260	39,650			2,379
FBS-R-6,3x300	47,000			2,82

### EJOT, šroub do pórobetonu FPS-E-8,0 (nerez)



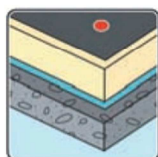
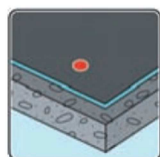
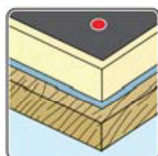
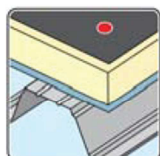
Kotvení šroub určený k mechanickému kotvení hydroizolací na podklad z pórobetonu. Používá se v kombinaci s talířovými hmoždinkami.

EJOT, šroub do pórobetonu FPS-E-8,0				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
FPS-E-8,0x80	14,130	nerez	100	1,413
FPS-E-8,0x100	16,650			1,665
FPS-E-8,0x120	20,400			2,04
FPS-E-8,0x160	27,910			2,791
FPS-E-8,0x200	35,410			3,541
FPS-E-8,0x240	42,920			4,292
FPS-E-8,0x280	50,040			5,004

**EJOT, talířová podložka HTK 2G (polyetylen)**

Talířová podložka určená k mechanickému kotvení hydroizolací na podklad z plechu, dřeva a deskových materiálů. Používá se v kombinaci se šrouby EJOT Dabo se zápustnou hlavou.

<b>EJOT, talířová podložka HTK 2G</b>				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
HTK-2G 50x35	7,100	polyetylen	97	0,6887
HTK-2G 50x55	8,500			0,8245
HTK-2G 50x95	12,000			1,164
HTK-2G 50x115	13,500			1,3095
HTK-2G 50x145	15,000			1,455
HTK-2G 50x185	17,500			1,6975
HTK-2G 50x225	20,000			1,94
HTK-2G 50x275	27,200			2,6384
HTK-2G 50x325	38,250			3,71025

**EJOT, talířová podložka EcoTek 50 (polyetylen)**

Talířová podložka určená k mechanickému kotvení hydroizolací a tepelných izolací na podklad z betonu, pórabetonu,

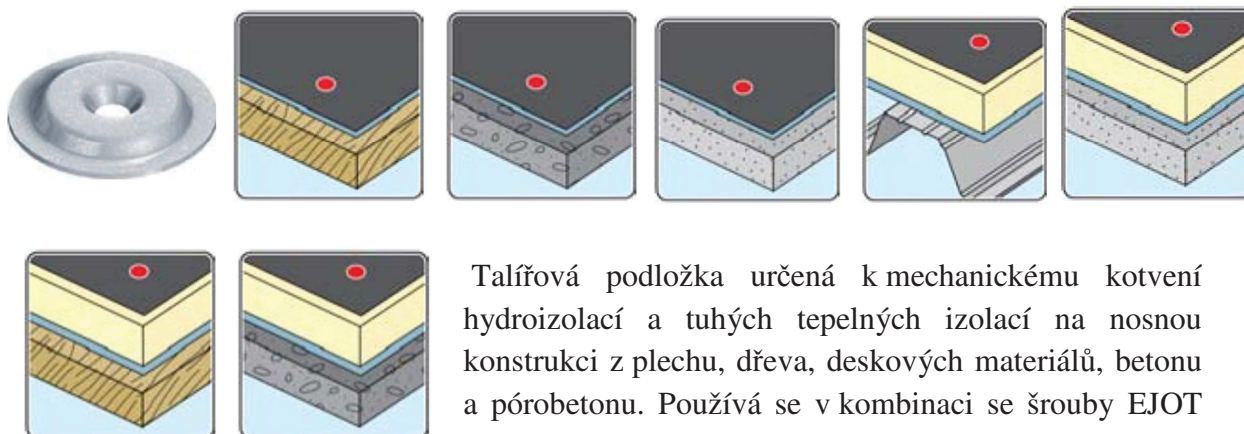
trapézového plechu, dřeva a deskových materiálů. Používá se v kombinaci se šrouby EJOT Dabo se zápustnou hlavou a šrouby EJOT do betonu a pórabetonu.

<b>EJOT, talířová podložka EcoTek 50</b>				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
EcoTEK-50x35	7,260	polyetylen	97	0,70422
EcoTEK-50x65	9,290			0,90113
EcoTEK-50x105	12,100			1,1737
EcoTEK-50x165	17,630			1,71011
EcoTEK-50x225	22,750			2,20675
EcoTEK-50x275	30,000			2,91
EcoTEK-50x335	36,000			3,492





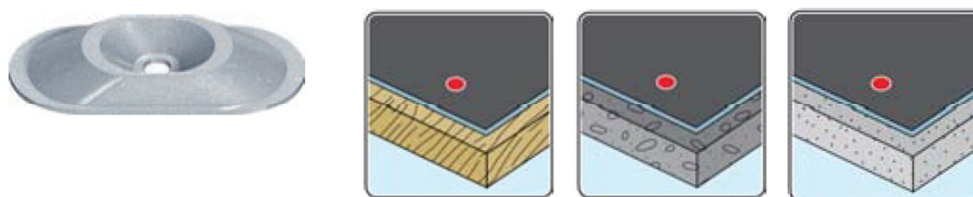
### EJOT, talířová podložka HTV RU (ocel aluzinkovaná)



Talířová podložka určená k mechanickému kotvení hydroizolací a tuhých tepelných izolací na nosnou konstrukci z plechu, dřeva, deskových materiálů, betonu a pórobetonu. Používá se v kombinaci se šrouby EJOT Dabo a šrouby do betonu a pórobetonu s nízkou hlavou.

EJOT, talířová podložka HTV RU				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
HTV-40 RU 6,5 mm	7,420	ocelový plech	60	0,4452

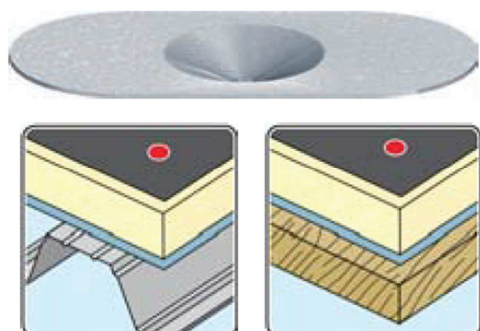
### EJOT, talířová podložka HTV 82/40 F (ocel aluzinkovaná)



Talířová podložka určená k mechanickému kotvení hydroizolací na nosnou konstrukci z plechu, dřeva, deskových materiálů, betonu a pórobetonu. Používá se v kombinaci se šrouby EJOT Dabo a šrouby do betonu a pórobetonu a jinými šrouby.

EJOT, talířová podložka HTV 82/40 F				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
HTV-82/40 F	25,255	ocelový plech	60	1,5153

### EJOT, talířová podložka HTV 82/40 4,8 mm (ocel aluzinkovaná)

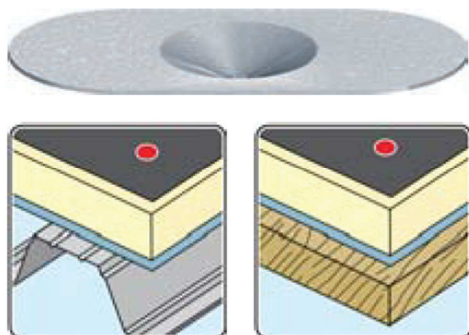


Talířová podložka určená k mechanickému kotvení hydroizolací na nosnou konstrukci z trapézového plechu, dřeva a deskových materiálů. Používá se v kombinaci se šrouby EJOT Dabo, případně JT2(3)-D.



<b>EJOT, talířová podložka HTV 82/40 - 4,8 mm</b>				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
HTV-82/40 - 4,8 mm	22,380	ocelový plech	60	1,3428

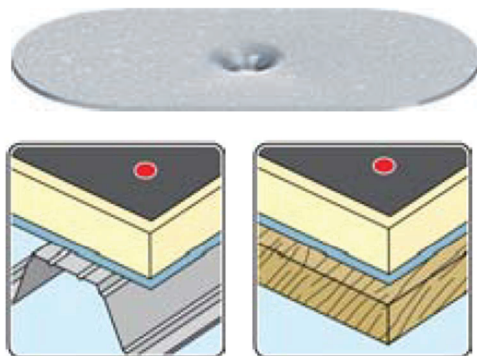
### **EJOT, talířová podložka HTV 82/40 7,0 mm (ocel aluzinkovaná)**



Talířová podložka určená k mechanickému kotvení hydroizolací na nosnou konstrukci z trapézového plechu, dřeva a deskových materiálů. Používá se v kombinaci se šrouby EJOT Dabo, případně JT2(3)-D.

<b>EJOT, talířová podložka HTV 82/40 - 7,0 mm</b>				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
HTV-82/40 - 7,0 mm	22,778	ocelový plech	60	1,36668

### **EJOT, talířová podložka HTV 82/40 TK (ocel aluzinkovaná)**



Talířová podložka určená k mechanickému kotvení hydroizolací na nosnou konstrukci z plechu, dřeva a deskových materiálů. Používá se v kombinaci se šrouby EJOT Dabo,

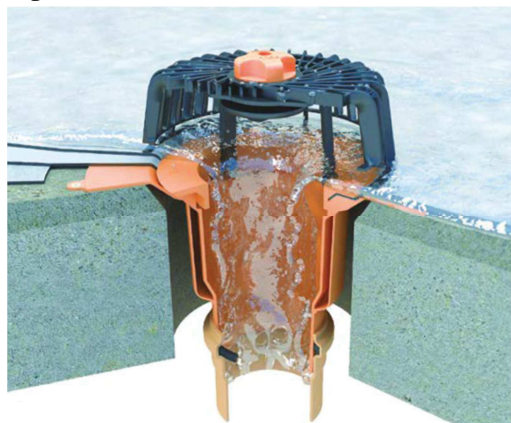
<b>EJOT, talířová podložka HTV 82/40 TK</b>				
Označení	hmotnost [g]	materiál	PEI [MJ/kg]	PEI [MJ/ks]
HTV-82/40 TK	22,356	ocelový plech	60	1,34136



## 5.2.2 Svázané energie střešních výrobků Topwet

### Základní střešní vpust TW s integrovanou hydroizolační manžetou + nástavec TWN

Základní typ střešní vpusti z dvoustěnné konstrukce z polyamidu PA6 s integrovanou manžetou hydroizolačního pásu z bitumenu nebo fólie. Součástí vpusti je ochranný koš. Lze napojit na střešní svody DN70, DN100, DN125 a DN 150. Hydroizolační manžeta základní vpusti je určena pro napojení hlavní hydroizolace střešního pláště u střech bez zateplení. V případě zateplení střechy tepelnou izolací je manžeta napojena na parotěsnou zábranu a vpust je doplněna o nástavec pro výšku tepelné izolace až 500 mm. Součástí každého nástavce je těsnění zabraňující vniknutí zpětné vody nebo vlhkosti z dešťové kanalizace do tepelné izolace.



Základní střešní vpust TW



Střešní vpust TW + nástavec TWN

### Základní střešní vpust TW 75-160 BIT, PVC:

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW 75 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	0,84	63,0	52,9
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	PVC	0,30	63,0	18,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					145,5

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW 110 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	0,85	63,0	53,6
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	PVC	0,30	63,0	18,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					146,2



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW 125 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	0,85	63,0	53,6
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	PVC	0,30	63,0	18,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					146,2

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW 160 BIT XL	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	příruba	polyamid	0,60	63,0	37,8
	tělo	polyamid	1,33	63,0	83,8
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	PVC	0,35	63,0	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					208,5

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW 75 PVC	manžeta mPVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	0,84	63,0	52,9
	ochranný koš	PVC	0,30	63,0	18,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					106,3

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW 110 PVC	manžeta mPVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	0,85	63,0	53,6
	ochranný koš	PVC	0,30	63,0	18,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					106,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW 125 PVC	manžeta mPVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	0,85	63,0	53,6
	ochranný koš	PVC	0,30	63,0	18,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					106,9

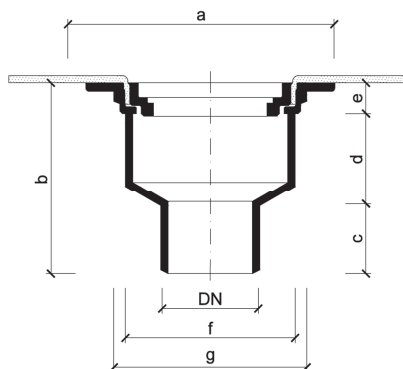
Nástavec střešní vpusti TWN s délkou potrubí 500 mm:

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWN v500 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	1,88	63,0	118,4
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	těsnění	EPDM	0,03	76,0	2,3
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					196,3

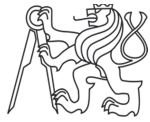
výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWN v500 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	tělo	polyamid	1,88	63,0	118,4
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	těsnění	EPDM	0,03	76,0	2,3
	Celková energetická náročnost výrobku [MJ]				

**Terasová střešní vpust TWT s integrovanou hydroizolační manžetou**

Terasová vpust se zvýšenou odtokovou kapacitou, konstrukce z polyamidu PA6 s integrovanou manžetou hydroizolačního pásu z bitumenu nebo fólie. Součástí vpusti je speciální nízký ochranný koš s možností úpravy na plochý koš. Lze napojit na střešní svody DN50 – DN125.



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWT 50 BIT	manžeta BIT	bitumen	0,47	52,7	24,8
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,18	63,0	11,3
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					68,9



výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWT 75 BIT	manžeta BIT	bitumen	0,47	52,7	24,8
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,19	63,0	12,0
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					69,5

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWT 110 BIT	manžeta BIT	bitumen	0,47	52,7	24,8
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,22	63,0	13,9
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					71,4

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWT 125 BIT	manžeta BIT	bitumen	0,47	52,7	24,8
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,23	63,0	14,5
	krytka na BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					72,0

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWT 50 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,18	61,0	11,0
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,18	63,0	11,3
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					48,2



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWT 75 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,18	61,0	11,0
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,19	63,0	12,0
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					48,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWT 110 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,18	61,0	11,0
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,22	63,0	13,9
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					50,7

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWT 125 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,18	61,0	11,0
	kroužek	polyamid	0,06	63,0	3,8
	tělo	polyamid	0,23	63,0	14,5
	ochranný koš	polyamid	0,15	63,0	9,5
	talíř	polyamid	0,14	63,0	8,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					51,3

### Doplňky pro střešní vpusti, terasové vpusti a nástavce



Střešní doplňky jsou určeny především pro provozní střechy a pro střechy s přítěžujícími vrstvami. Jedná se především o nástavce, zápachové uzávěrky, ochranné koše a vtoky. Výhodou je univerzálnost použití pro všechny rozměrové řady vpustí.

### Mechanická zápachová klapka TWZU KL:



Mechanická zápachová klapka se zvýšenou odtokovou kapacitou a samočisticí schopností. Určena pro střešní vpusti, nástavce a balkónové vpusti TOPWET. Nelze ji použít do vpustí DN150 a do sanačních a prodloužených vpustí.



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWZU KL	klapka	polyamid	0,02	63,0	1,3
	tělo	polyamid	0,09	63,0	5,7
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					6,9

Vodní zápachová uzávěra TWZU:



Vodní zápachová uzávěra se zvýšenou odtokovou kapacitou. Určena pro střešní vpusti, nástavce a balkónové vpusti TOPWET. Uzávěru nelze použít do vpusti DN150 a do sanačních a prodloužených vpustí. Použití v oblastech, kde je eliminována možnost zamrznutí.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWZU	tělo vnější	polyamid	0,10	63,0	6,3
	tělo vnitřní	polyamid	0,05	63,0	3,2
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					9,5

Terasový nástavec TW TER:



Terasový nástavec s mřížkou z nerezové oceli 130x130 mm pro balkóny a terasy s lepenou nebo jinak uloženou dlažbou. Součástí balení je odvodňovací kroužek TW ODK pro odtok vody z hlavní hydroizolace. Terasový nástavec lze prodloužit dalším odvodňovacím kroužkem o 33 mm nebo nástavcem TWN TER. Provedeno ze silnostěnného polyamidu PA6 UV Stabil.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TW TER	mřížka	nerez ocel	0,17	100,0	17,0
	tělo	polyamid	0,26	63,0	16,4
	TW ODK	polyamid	0,06	63,0	3,8
	těsnění	EPDM	0,02	76,0	1,5
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					38,7

Terasový nástavec perforovaný TW TER P:



Terasový nástavec perforovaný s mřížkou z nerezové oceli 130x130 mm pro balkóny a terasy s lepenou nebo jinak uloženou dlažbou. Součástí jsou tři odvodňovací kroužky TW ODK pro plynulejší odtok vody z hlavní hydroizolace. Terasový nástavec lze prodloužit dalším odvodňovacím kroužkem o 33 mm nebo nástavcem TWN TER. Provedeno ze silnostěnného polyamidu PA6 UV Stabil.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TW TER P	mřížka	nerez ocel	0,17	100,0	17,0
	tělo	polyamid	0,26	63,0	16,4
	TW ODK	polyamid	0,18	63,0	11,3
	těsnění	EPDM	0,04	76,0	3,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					47,8



Prodlužovací nástavec TWN TER:

Prodlužovací nástavec pro prodloužení terasového nástavce o max. 120 mm. Provedeno ze silnostěnného polyamidu PA6 UV Stabil.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWN TER	tělo	polyamid	0,22	63,0	13,9
	těsnění	EPDM	0,01	76,0	0,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					14,6

Odvodňovací kroužek TW ODK:

Odvodňovací kroužek pro prodloužení perforovaného koše TWOK nebo terasového nástavce TWNR o 33 mm. Provedeno ze silnostěnného polyamidu PA6 UV Stabil. Velikost otvoru odvodňovacího kroužku 15x7 mm.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TW ODK	tělo	polyamid	0,06	63,0	3,8
	těsnění	EPDM	0,01	76,0	0,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					4,5

Plochý pochozí ochranný koš TW PLK:

Plochý pochozí ochranný koš. Provedeno ze silnostěnného polyamidu PA6 UV Stabil. Výška nad úroveň hydroizolace 10 mm.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TW PLK	tělo	polyamid	0,07	63,0	4,4
	těsnění	EPDM	0,01	76,0	0,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					5,2

Perforovaný ochranný koš TWOK:

Perforovaný ochranný koš pro střechy s kačírkiem nebo jiným přitěžujícím souvrstvím. Koš lze prodloužit odvodňovacím kroužkem TW ODK o 33 mm. Provedeno ze silnostěnného polyamidu PA6 UV Stabil. vyráběný v různých výškách.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWOK v.100	TW ODK	polyamid	0,18	63,0	11,3
	TW PLK	polyamid	0,07	63,0	4,4
	těsnění	EPDM	0,04	76,0	3,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					18,8



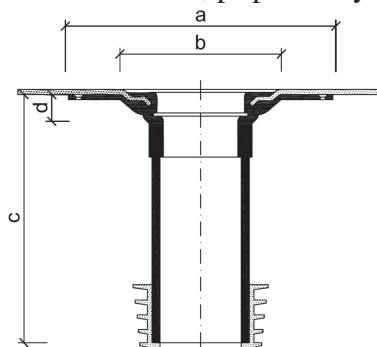
výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOK v.133	TW ODK	polyamid	0,24	63,0	15,1
	TW PLK	polyamid	0,07	63,0	4,4
	těsnění	EPDM	0,05	76,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					23,3

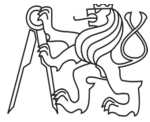
výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOK v.166	TW ODK	polyamid	0,30	63,0	18,9
	TW PLK	polyamid	0,07	63,0	4,4
	těsnění	EPDM	0,06	76,0	4,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					27,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOK v.200	TW ODK	polyamid	0,36	63,0	22,7
	TW PLK	polyamid	0,07	63,0	4,4
	těsnění	EPDM	0,07	76,0	5,3
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					32,4

### **Sanační vpust TW SAN s integrovanou hydroizolační manžetou**

Pro sanace a rekonstrukce plochých střech lze použít sanačních vpustí s napojením na stávající svislé svody nebo střešní vpusti. Střešní vpust je vyrobena převážně z konstrukce z PVC s integrovanou manžetou hydroizolačního pásu z bitumenu nebo fólie. Základní délka potrubí vpusti je 400 mm a na svém konci je opatřena sanačním těsněním z EPDM. Na zakázku je možné vyrobit délku potrubí až 2000 mm, případně vyhřívané provedení.





výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 50 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,57	63,0	35,9
	trubka	PVC	0,19	63,0	12,0
	sanační těsnění	EPDM	0,04	76,0	3,0
druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4	
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					149,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 75 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,61	63,0	38,4
	trubka	PVC	0,23	63,0	14,5
	sanační těsnění	EPDM	0,08	76,0	6,1
druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4	
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					157,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 90 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,57	63,0	35,9
	trubka	PVC	0,35	63,0	22,1
	sanační těsnění	EPDM	0,09	76,0	6,8
druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8	
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					163,1



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 104 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,24	63,0	15,1
	sanační těsnění	EPDM	0,05	76,0	3,8
druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8	
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					154,4

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 110 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,39	63,0	24,6
	sanační těsnění	EPDM	0,08	76,0	6,1
druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8	
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					166,1

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 125 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,60	63,0	37,8
	trubka	PVC	0,54	63,0	34,0
	sanační těsnění	EPDM	0,25	76,0	19,0
druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8	
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					189,1



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 50 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,57	63,0	35,9
	trubka	PVC	0,19	63,0	12,0
	sanační těsnění	EPDM	0,04	76,0	3,0
	druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					110,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 75 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,61	63,0	38,4
	trubka	PVC	0,23	63,0	14,5
	sanační těsnění	EPDM	0,08	76,0	6,1
	druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					118,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 90 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,57	63,0	35,9
	trubka	PVC	0,35	63,0	22,1
	sanační těsnění	EPDM	0,09	76,0	6,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					123,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 104 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,24	63,0	15,1
	sanační těsnění	EPDM	0,05	76,0	3,8
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					115,1

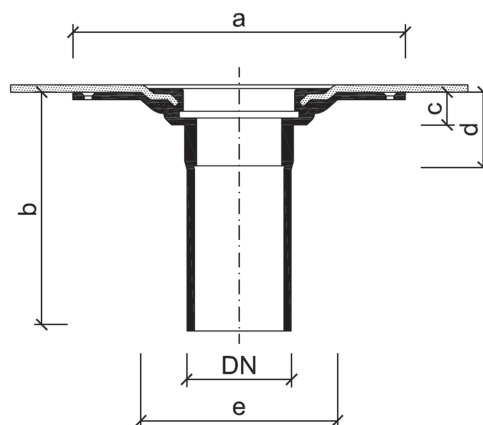


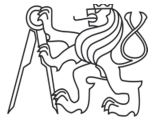
výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 110 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,39	63,0	24,6
	sanační těsnění	EPDM	0,08	76,0	6,1
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					126,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TW SAN 125 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	kotevní podložky	PVC	0,03	63,0	1,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,60	63,0	37,8
	trubka	PVC	0,54	63,0	34,0
	sanační těsnění	EPDM	0,25	76,0	19,0
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					149,8

### **Střešní vpusti jednotěnné TWJ s integrovanou hydroizolační manžetou**

Střešní vpust z jednotěnné konstrukce z PVC s integrovanou manžetou hydroizolačního pásu z bitumenu nebo fólie. Součástí vpusti je ochranný koš. Lze napojit na střešní svody DN50 - DN125. Standardní délka prvku je 400 mm s možností výroby na zakázku o délce až 2000 mm. Výhodou je možnost úpravy délky přímo na stavbě.





výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 50 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,57	63,0	35,9
	trubka	PVC	0,19	63,0	12,0
	druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					144,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 75 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,61	63,0	38,4
	trubka	PVC	0,23	63,0	14,5
	druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					150,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 90 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,35	63,0	22,1
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					155,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 110 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,39	63,0	24,6
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					158,1



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 125 BIT	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka příruby BIT	PVC	0,11	63,0	6,9
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,60	63,0	37,8
	trubka	PVC	0,54	63,0	34,0
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					168,2

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 50 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,57	63,0	35,9
	trubka	PVC	0,19	63,0	12,0
	druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					105,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 75 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,61	63,0	38,4
	trubka	PVC	0,23	63,0	14,5
	druhá stěna	polyamid	0,07	63,0	4,4
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					110,7

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 90 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,35	63,0	22,1
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					116,3



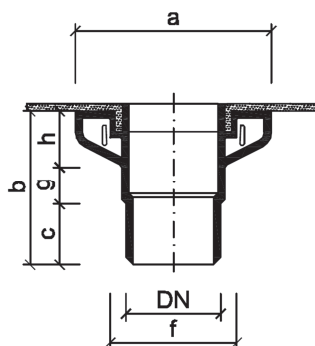


výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 110 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,59	63,0	37,2
	trubka	PVC	0,39	63,0	24,6
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					118,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWJ 125 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,42	61	25,6
	příruba	polyamid	0,14	63,0	8,8
	ochranný koš	polyamid	0,30	63,0	18,9
	talíř	polyamid	0,60	63,0	37,8
	trubka	PVC	0,54	63,0	34,0
	druhá stěna	polyamid	0,06	63,0	3,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					128,9

### Střešní vpusti balkónové TWB s integrovanou hydroizolační manžetou

Střešní vpust z konstrukce z polyamidu PA6 s integrovanou manžetou hydroizolačního pásu z bitumenu nebo fólie. Napojení na potrubí DN50 a DN70. Součástí vpusti je ochranná a vyjímatelná mřížka.



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWB 50 BIT	manžeta BIT	bitumen	0,42	52,7	22,1
	příruba	polyamid	0,25	63,0	15,8
	tělo	polyamid	0,18	63,0	11,3
	koš-tahokov	nerex ocel	0,02	63,0	1,3
	druhá stěna	polyamid	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					52,4



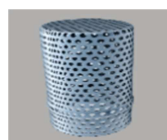
výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWB 75 BIT	manžeta BIT	bitumen	0,42	52,7	22,1
	příruba	polyamid	0,25	63,0	15,8
	tělo	polyamid	0,15	63,0	9,5
	koš-tahokov	nerez ocel	0,02	63,0	1,3
	druhá stěna	polyamid	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					50,5

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWB 50 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,16	61	9,8
	příruba	polyamid	0,25	63,0	15,8
	tělo	polyamid	0,18	63,0	11,3
	koš-tahokov	nerez ocel	0,02	63,0	1,3
	druhá stěna	polyamid	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					40,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWB 75 PVC	manžeta PVC	mPVC	0,16	61	9,8
	příruba	polyamid	0,25	63,0	15,8
	tělo	polyamid	0,15	63,0	9,5
	koš-tahokov	nerez ocel	0,02	63,0	1,3
	druhá stěna	polyamid	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					38,1

### **Doplňky pro balkónové vpustí**

#### **Perforovaný nerezový ochranný koš TWOK:**



Perforovaný nerezový ochranný koš pro svislé a vodorovné provedení balkónových vpustí. Vyráběno v různých délkách, na zakázku je možné vyrobit v délce až 1000 mm.

výrobek	výška nad úroveň izolace	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOK v100 BAL	100 mm	nerez ocel	0,20	100,0	20,0
TWOK v150 BAL	150 mm	nerez ocel	0,21	100,0	21,0

#### **Balkónový nerezový nástavec TWNR BAL:**



Balkónový nerezový nástavec s mřížkou 100x100x10 mm. Pro svislé a vodorovné provedení balkónových vpustí. Vyráběno v různých délkách, na zakázku je možné vyrobit v délce až 1000 mm.

výrobek	výška nad úroveň izolace	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWNR BAL v50	10-50 mm	nerez ocel	0,28	100,0	28,0
TWNR BAL v100	32-100 mm	nerez ocel	0,38	100,0	38,0
TWNR BAL v150	32-150 mm	nerez ocel	0,48	100,0	48,0



**Balkónový nerezový nástavec částečně perforovaný TWNR BAL D:**



Částečně perforovaný balkónový nerezový nástavec s mřížkou 100x100x10 mm. Pro svislé a vodorovné provedení balkónových vpustí. Vyráběno v různých délkách, na zakázku je možné vyrobit v délce až 1000 mm.

výrobek	výška nad úroveň izolace	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWNR BAL v100 D	45-100 mm	nerez ocel	0,34	100,0	34,0
TWNR BAL v150 D	45-150 mm	nerez ocel	0,35	100,0	35,0

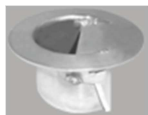
**Perforovaný balkónový nerezový nástavec TWNR BAL P:**



Perforovaný balkónový nerezový nástavec s mřížkou 100x100x10 mm. Pro svislé a vodorovné provedení balkónových vpustí. Vyráběno v různých délkách, na zakázku je možné vyrobit v délce až 1000 mm.

výrobek	výška nad úroveň izolace	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWNR BAL v50 P	10-50 mm	nerez ocel	0,25	100,0	25,0
TWNR BAL v100 P	45-100 mm	nerez ocel	0,29	100,0	29,0
TWNR BAL v150 P	45-150 mm	nerez ocel	0,30	100,0	30,0

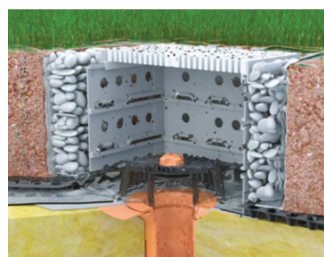
**Mechanická nerezová zápachová uzávěra TWZU BAL:**



Mechanická nerezová zápachová uzávěra pro svislé a vodorovné provedení balkónových vpustí.

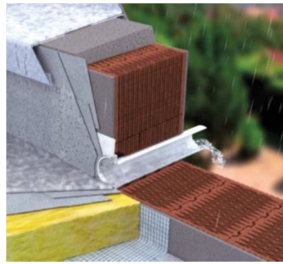
výrobek	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWZU BAL	nerez ocel	0,13	100,0	13,0

**Šachty pro zelené střechy TWZ:**



Konstrukce šachty pro zelené střechy vyrobena z polyamidu UV stabil v šedém odstínu. Víko šachty je demontovatelné a uloženo v robustním rámu. Skladebnost sestavy je variabilní vzhledem k výšce vegetačního souvrství. Zajišťuje perfektní přístup ke kontrole a čištění střešních vpustí.

výrobek	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWZ 300x300x130	polyamid	2,27	63,0	143,0
TWZ 400x400x130	polyamid	3,61	63,0	227,4
TWZ 300x300x230	polyamid	3,01	63,0	189,6
TWZ 400x400x230	polyamid	4,52	63,0	284,8
TWZ 300x300x330	polyamid	3,75	63,0	236,3
TWZ 400x400x330	polyamid	5,43	63,0	342,1

**Chrliče TWC s integrovanou hydroizolační manžetou:**

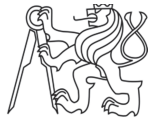
Chrlič kulatý se základní délkou trubky 500 mm z PVC UV stabil. Integrovaná manžeta hydroizolačního pásu z bitumenu nebo fólie. Součástí chrliče je demontovatelná nerezová mřížka. Chrlič je možné napojit do dešťového svodu nebo kotlíku.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 50 BIT	tělo TWC	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka délky 50 cm	PVC	0,20	63,0	12,6
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,02	100,0	2,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,02	63,0	1,3
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
	druhá stěna	PVC	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					75,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 75 BIT	tělo TWC	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka délky 50 cm	PVC	0,32	63,0	20,2
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,02	100,0	2,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,02	63,0	1,3
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
	druhá stěna	PVC	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					83,3

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 110 BIT	tělo TWC	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka délky 50 cm	PVC	0,64	63,0	40,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,04	100,0	4,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,04	63,0	2,5
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
	druhá stěna	PVC	0,05	63,0	3,2
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					119,4

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 125 BIT	tělo TWC	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka délky 50 cm	PVC	0,83	63,0	52,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,04	100,0	4,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,04	63,0	2,5
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
	druhá stěna	PVC	0,05	63,0	3,2
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					131,3



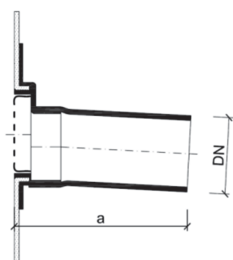
výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 50 PVC	tělo TWC	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka délky 50 cm	PVC	0,20	63,0	12,6
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,02	100,0	2,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,02	63,0	1,3
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
	druhá stěna	PVC	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					56,6

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 75 PVC	tělo TWC	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka délky 50 cm	PVC	0,32	63,0	20,2
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,02	100,0	2,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,02	63,0	1,3
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
	druhá stěna	PVC	0,03	63,0	1,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					64,2

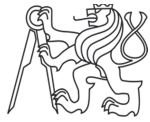
výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 110 PVC	tělo TWC	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka délky 50 cm	PVC	0,64	63,0	40,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,04	100,0	4,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,04	63,0	2,5
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
	druhá stěna	PVC	0,05	63,0	3,2
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					100,2

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWC 125 PVC	tělo TWC	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka délky 50 cm	PVC	0,83	63,0	52,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,04	100,0	4,0
	kroužek pro chrlič	polyamid	0,04	63,0	2,5
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
	druhá stěna	PVC	0,05	63,0	3,2
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					112,2

### **Pojistné přepady TWPP s integrovanou hydroizolační manžetou:**



Pojistný přepad vyráběný s kruhovým či čtvercovým potrubím délky 500 mm z PVC. Na zakázku je možné vyrobit kruhové potrubí délky až 2000 mm a čtvercové potrubí délky až 800 mm. Integrovaná manžeta hydroizolačního pásu z bitumenu nebo fólie. Součástí chrliče je demontovatelná nerezová mřížka.

**Pojistné přepady kruhové:**

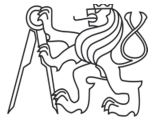
výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 50 BIT	tělo TWPP	PVC	0,25	63,0	15,8
	trubka délky 50 cm	PVC	0,20	63,0	12,6
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,01	100,0	1,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,01	63,0	0,6
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					74,8

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 75 BIT	tělo TWPP	PVC	0,25	63,0	15,8
	trubka délky 50 cm	PVC	0,32	63,0	20,2
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,01	100,0	1,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,01	63,0	0,6
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					82,3

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 110 BIT	tělo TWPP	PVC	0,25	63,0	15,8
	trubka délky 50 cm	PVC	0,64	63,0	40,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,04	100,0	4,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,03	63,0	1,9
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					106,8

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 125 BIT	tělo TWPP	PVC	0,27	63,0	17,0
	trubka délky 50 cm	PVC	0,83	63,0	52,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,05	100,0	5,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,03	63,0	1,9
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					121,0

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 50 PVC	tělo TWPP	PVC	0,25	63,0	15,8
	trubka délky 50 cm	PVC	0,20	63,0	12,6
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,01	100,0	1,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,01	63,0	0,6
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					55,6



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 75 PVC	tělo TWPP	PVC	0,25	63,0	15,8
	trubka délky 50 cm	PVC	0,32	63,0	20,2
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,01	100,0	1,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,01	63,0	0,6
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					63,2

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 110 PVC	tělo TWPP	PVC	0,25	63,0	15,8
	trubka délky 50 cm	PVC	0,64	63,0	40,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,04	100,0	4,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,03	63,0	1,9
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					87,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 125 PVC	tělo TWPP	PVC	0,27	63,0	17,0
	trubka délky 50 cm	PVC	0,83	63,0	52,3
	mřížka pro chrlič	nerez ocel	0,05	100,0	5,0
	kroužek pro přepad	polyamid	0,03	63,0	1,9
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					101,8

**Pojistné přepady čtvercové:**

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 50x100 BIT	tělo TWPP	PVC	0,89	63,0	55,8
	nerez rámeček	nerez ocel	0,10	100,0	10,0
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					110,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 50x150 BIT	tělo TWPP	PVC	0,19	63,0	12,2
	nerez rámeček	nerez ocel	0,14	100,0	13,7
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					70,7

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 100x100 BIT	tělo TWPP	PVC	1,46	63,0	91,7
	nerez rámeček	nerez ocel	0,14	100,0	14,0
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					150,5



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 100x150 BIT	tělo TWPP	PVC	2,03	63,0	127,6
	nerez rámeček	nerez ocel	0,18	100,0	18,0
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					190,4

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 100x300 BIT	tělo TWPP	PVC	3,05	63,0	191,8
	nerez rámeček	nerez ocel	0,34	100,0	34,3
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					270,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 150x150 BIT	tělo TWPP	PVC	1,87	63,0	117,8
	nerez rámeček	nerez ocel	0,22	100,0	21,9
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					184,5

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 150x300 BIT	tělo TWPP	PVC	3,62	63,0	227,7
	nerez rámeček	nerez ocel	0,38	100,0	38,3
	manžeta BIT 400x500 mm	bitumen	0,85	52,7	44,8
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					310,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 50x100 PVC	tělo TWPP	PVC	0,89	63,0	55,8
	nerez rámeček	nerez ocel	0,10	100,0	10,0
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	52,7	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					88,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 50x150 PVC	tělo TWPP	PVC	1,19	63,0	75,2
	nerez rámeček	nerez ocel	0,14	100,0	13,7
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	52,7	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					111,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWPP 100x100 PVC	tělo TWPP	PVC	1,46	63,0	91,7
	nerez rámeček	nerez ocel	0,14	100,0	14,0
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	52,7	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					127,9





výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 100x150 PVC	tělo TWPP	PVC	2,03	63,0	127,6
	nerez rámeček	nerez ocel	0,18	100,0	18,0
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	52,7	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					167,8

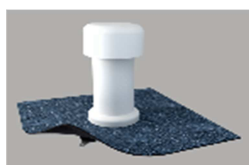
výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 100x300 PVC	tělo TWPP	PVC	3,05	63,0	191,8
	nerez rámeček	nerez ocel	0,34	100,0	34,3
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	52,7	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					248,3

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 150x150 PVC	tělo TWPP	PVC	1,87	63,0	117,8
	nerez rámeček	nerez ocel	0,22	100,0	21,9
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	52,7	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					161,8

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWPP 150x300 PVC	tělo TWPP	PVC	3,62	63,0	227,7
	nerez rámeček	nerez ocel	0,38	100,0	38,3
	manžeta PVC 500x500 mm	mPVC	0,42	52,7	22,1
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					288,2

### **Komínky pro odvětrání a prostupy, TWO, TWOP, TWOD, TWP:**

#### **Střešní odvětrávací komínek TWO:**



Střešní odvětrávací komínek s integrovanou manžetou z modifikovaného asfaltového pásu nebo fólie, včetně dešťové krytky. Výška 300 mm, na zakázku lze vyrobit prodloužení délky až 2000 mm.

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWO 50 BIT	trubka horní	PVC	0,12	63,0	7,6
	základna TWO	PVC	0,32	63,0	20,2
	dešťová krytka	PVC	0,11	63,0	6,9
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					97,9



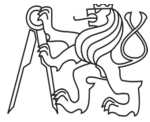
výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 75 BIT	trubka horní	PVC	0,21	63,0	13,2
	základna TWO	PVC	0,33	63,0	20,8
	dešťová krytka	PVC	0,10	63,0	6,3
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					102,3

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 110 BIT	trubka horní	PVC	0,41	63,0	25,8
	základna TWO	PVC	0,31	63,0	19,5
	dešťová krytka	PVC	0,02	63,0	1,3
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					109,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 125 BIT	trubka horní	PVC	0,39	63,0	24,6
	základna TWO	PVC	0,30	63,0	18,9
	dešťová krytka	PVC	0,19	63,0	12,0
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					119,3

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 160 BIT XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka horní	PVC	0,30	63,0	18,9
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	dešťová krytka	PVC	0,76	63,0	47,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					173,5

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 50 PVC	trubka horní	PVC	0,12	63,0	7,6
	základna TWO	PVC	0,32	63,0	20,2
	dešťová krytka	PVC	0,11	63,0	6,9
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					65,6

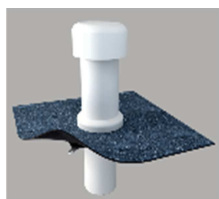


výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 75 PVC	trubka horní	PVC	0,21	63,0	13,2
	základna TWO	PVC	0,33	63,0	20,8
	dešťová krytka	PVC	0,10	63,0	6,3
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					70,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 110 PVC	trubka horní	PVC	0,41	63,0	25,8
	základna TWO	PVC	0,31	63,0	19,5
	dešťová krytka	PVC	0,02	63,0	1,3
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					77,5

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 125 PVC	trubka horní	PVC	0,39	63,0	24,6
	základna TWO	PVC	0,30	63,0	18,9
	dešťová krytka	PVC	0,19	63,0	12,0
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					87,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWO 160 PVC XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka horní	PVC	0,30	63,0	18,9
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	dešťová krytka	PVC	0,76	63,0	47,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					141,2



#### Odvětrání kanalizace TWOP:

Odvětrání kanalizace s integrovanou manžetou z modifikovaného asfaltového pásu nebo fólie, včetně dešťové krytky. Výška 300 mm nad hydroizolací a 180 mm pod hydroizolací. Na zakázku lze vyrobit prodloužení délky až 2000 mm.

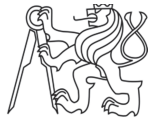


výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 50 BIT	trubka horní	PVC	0,12	63,0	7,6
	trubka spodní	PVC	0,07	63,0	4,4
	základna TWOP	PVC	0,42	63,0	26,5
	dešťová krytka	PVC	0,11	63,0	6,9
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					108,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 75 BIT	trubka horní	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka spodní	PVC	0,21	63,0	13,2
	základna TWOP	PVC	0,41	63,0	25,8
	dešťová krytka	PVC	0,10	63,0	6,3
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					120,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 110 BIT	trubka horní	PVC	0,41	63,0	25,8
	trubka spodní	PVC	0,41	63,0	25,8
	základna TWOP	PVC	0,40	63,0	25,2
	dešťová krytka	PVC	0,20	63,0	12,6
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					152,7

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 125 BIT	trubka horní	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka spodní	PVC	0,39	63,0	24,6
	základna TWOP	PVC	0,38	63,0	23,9
	dešťová krytka	PVC	0,19	63,0	12,0
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					148,9



výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 160 BIT XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka spodní	PVC	0,49	63,0	30,9
	trubka horní	PVC	0,30	63,0	18,9
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	dešťová krytka	PVC	0,76	63,0	47,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					204,4

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 50 PVC	trubka horní	PVC	0,12	63,0	7,6
	trubka spodní	PVC	0,07	63,0	4,4
	základna TWOP	PVC	0,42	63,0	26,5
	dešťová krytka	PVC	0,11	63,0	6,9
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					76,3

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 75 PVC	trubka horní	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka spodní	PVC	0,21	63,0	13,2
	základna TWOP	PVC	0,41	63,0	25,8
	dešťová krytka	PVC	0,10	63,0	6,3
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					88,2

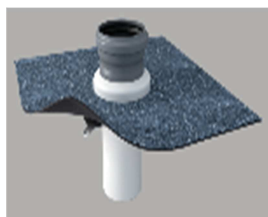
výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 110 PVC	trubka horní	PVC	0,41	63,0	25,8
	trubka spodní	PVC	0,41	63,0	25,8
	základna TWOP	PVC	0,40	63,0	25,2
	dešťová krytka	PVC	0,20	63,0	12,6
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					120,4



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 125 PVC	trubka horní	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka spodní	PVC	0,39	63,0	24,6
	základna TWOP	PVC	0,38	63,0	23,9
	dešťová krytka	PVC	0,19	63,0	12,0
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					116,6

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOP 160 PVC XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka spodní	PVC	0,49	63,0	30,9
	trubka horní	PVC	0,30	63,0	18,9
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	dešťová krytka	PVC	0,76	63,0	47,9
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					172,0

#### Prostup parozábranou TWOD:



Prostup parozábranou s integrovanou manžetou z modifikovaného asfaltového pásu nebo fólie. Pro napojení střešních odvětrávacích komínků TWO a odvětrání kanalizace TWOP. Hloubka pod parozábranou 200 mm, na zakázku lze vyrobit délky až 2000 mm.

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOD 50 BIT	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,10	63,0	6,3
	základna TWOD	PVC	0,32	63,0	20,2
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					89,7

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOD 75 BIT	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,18	63,0	11,3
	základna TWOD	PVC	0,33	63,0	20,8
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					94,1



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOD 110 BIT	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,35	63,0	22,1
	základna TWOD	PVC	0,31	63,0	19,5
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					104,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOD 125 BIT	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,46	63,0	29,0
	základna TWOD	PVC	0,30	63,0	18,9
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					111,8

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOD 160 BIT XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka TWOD	PVC	0,75	63,0	47,3
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					154,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOD 50 PVC	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,10	63,0	6,3
	základna TWOD	PVC	0,32	63,0	20,2
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					57,4

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWOD 75 PVC	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,18	63,0	11,3
	základna TWOD	PVC	0,33	63,0	20,8
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					61,8



výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWOD 110 PVC	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,35	63,0	22,1
	základna TWOD	PVC	0,31	63,0	19,5
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					72,5

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWOD 125 PVC	trubka TWOD s hrdlem	PVC	0,46	63,0	29,0
	základna TWOD	PVC	0,30	63,0	18,9
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					79,4

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWOD 160 PVC XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka TWOD	PVC	0,75	63,0	47,3
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					121,6

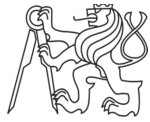
### Prostup pro kabely TWP:



Prostup pro kabely s integrovanou manžetou z modifikovaného asfaltového pásu nebo fólie. Výška nad izolací 300 mm, hloubka pod izolací 200 mm. Na zakázku možnost prodloužení až 2000 mm.

výrobek	dílec výrobku (polotovary)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	ΣPEI [MJ]
TWP 50 BIT	trubka horní	PVC	0,12	63,0	7,6
	trubka spodní	PVC	0,07	63,0	4,4
	základna TWOP	PVC	0,42	63,0	26,5
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	1 ks kolene 45°	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					104,2



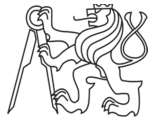


výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 75 BIT	trubka horní	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka spodní	PVC	0,21	63,0	13,2
	základna TWOP	PVC	0,41	63,0	25,8
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	1 ks kolene 45°	PVC	0,08	63,0	5,0
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					119,3

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 110 BIT	trubka horní	PVC	0,41	63,0	25,8
	trubka spodní	PVC	0,41	63,0	25,8
	základna TWOP	PVC	0,40	63,0	25,2
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	1 ks kolene 45°	PVC	0,32	63,0	20,2
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					160,3

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 125 BIT	trubka horní	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka spodní	PVC	0,39	63,0	24,6
	základna TWOP	PVC	0,38	63,0	23,9
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	1 ks kolene 45°	PVC	0,25	63,0	15,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					152,7

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 160 BIT XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka spodní	PVC	0,49	63,0	30,9
	trubka horní	PVC	0,30	63,0	18,9
	manžeta BIT	bitumen	1,10	52,7	58,0
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	koleno 90°	PVC	0,93	63,0	58,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					215,1

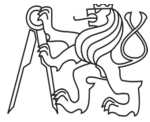


výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 50 PVC	trubka horní	PVC	0,12	63,0	7,6
	trubka spodní	PVC	0,07	63,0	4,4
	základna TWOP	PVC	0,42	63,0	26,5
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	1 ks kolene 45°	PVC	0,04	63,0	2,5
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					71,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 75 PVC	trubka horní	PVC	0,21	63,0	13,2
	trubka spodní	PVC	0,21	63,0	13,2
	základna TWOP	PVC	0,41	63,0	25,8
	krytka spoje	PVC	0,04	63,0	2,5
	1 ks kolene 45°	PVC	0,08	63,0	5,0
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					87,0

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 110 PVC	trubka horní	PVC	0,41	63,0	25,8
	trubka spodní	PVC	0,41	63,0	25,8
	základna TWOP	PVC	0,40	63,0	25,2
	krytka spoje	PVC	0,06	63,0	3,8
	1 ks kolene 45°	PVC	0,32	63,0	20,2
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					127,9

výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 125 PVC	trubka horní	PVC	0,39	63,0	24,6
	trubka spodní	PVC	0,39	63,0	24,6
	základna TWOP	PVC	0,38	63,0	23,9
	krytka spoje	PVC	0,07	63,0	4,4
	1 ks kolene 45°	PVC	0,25	63,0	15,8
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					120,4



výrobek	dílec výrobku (polotovár)	materiál	váha [kg]	PEI [MJ/kg]	$\Sigma$ PEI [MJ]
TWP 160 PVC XL	základna	PVC	0,57	63,0	35,9
	trubka spodní	PVC	0,49	63,0	30,9
	trubka horní	PVC	0,30	63,0	18,9
	manžeta PVC	mPVC	0,42	61,0	25,6
	krytka spoje	PVC	0,18	63,0	11,3
	nerez páska	nerez ocel	0,02	100,0	1,5
	koleno 90°	PVC	0,93	63,0	58,6
Celková energetická náročnost výrobku [MJ]					182,7

### 5.3 Příloha č.3 – Vstupní hodnoty výpočtu pro vzájemné porovnání TI

Vstupní hodnoty výpočtu při vzájemném porovnávání tepelných izolací.

Materiál	MJ/kg	$\lambda_u$ [W/m.K]	min. tl. TI U=0,16 W/m <sup>2</sup> K [mm]
EPS 70	105,1	0,043	260
EPS 100	105,1	0,041	260
EPS 150	105,1	0,038	240
EPS 200	105,1	0,037	220
EPS 250	105,1	0,034	200
EPS Grey 100	99,1	0,034	200
XPS 30 kg/m <sup>3</sup>	96,5	0,037	220
XPS 50 kg/m <sup>3</sup>	96,5	0,037	220
XPS 70 kg/m <sup>3</sup>	96,5	0,037	220
XPS 90 kg/m <sup>3</sup>	96,5	0,037	220
XPS 110 kg/m <sup>3</sup>	96,5	0,037	220
XPS 130 kg/m <sup>3</sup>	96,5	0,037	220
XPS 150 kg/m <sup>3</sup>	96,5	0,037	220
Kamenná minerální vlna 20 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 40 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 60 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 80 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 100 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 120 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 140 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 160 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 180 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Kamenná minerální vlna 200 kg/m <sup>3</sup>	20,2	0,04	240
Skelná minerální vlna 10 kg/m <sup>3</sup>	45,6	0,041	260
Skelná minerální vlna 20 kg/m <sup>3</sup>	45,6	0,038	240



Skelná minerální vlna 30 kg/m <sup>3</sup>	45,6	0,036	220
Skelná minerální vlna 40 kg/m <sup>3</sup>	45,6	0,035	220
Skelná minerální vlna 50 kg/m <sup>3</sup>	45,6	0,034	200
Pěnové sklo 80 kg/m <sup>3</sup>	35,1	0,037	220
Pěnové sklo 100 kg/m <sup>3</sup>	35,1	0,04	240
Pěnové sklo 120 kg/m <sup>3</sup>	35,1	0,043	260
Pěnové sklo 140 kg/m <sup>3</sup>	35,1	0,047	280
Pěnové sklo 160 kg/m <sup>3</sup>	35,1	0,052	320
Pěnové sklo 180 kg/m <sup>3</sup>	35,1	0,055	340
Celulóza 20 kg/m <sup>3</sup>	7,2	0,041	260
Celulóza 30 kg/m <sup>3</sup>	7,2	0,041	260
Celulóza 40 kg/m <sup>3</sup>	7,2	0,041	260
Celulóza 50 kg/m <sup>3</sup>	7,2	0,041	260
Celulóza 60 kg/m <sup>3</sup>	7,2	0,041	260
Celulóza 70 kg/m <sup>3</sup>	7,2	0,041	260
Celulóza 80 kg/m <sup>3</sup>	7,2	0,041	260



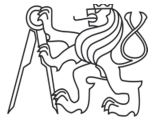
## 6 Seznam použité literatury

### 6.1 Přehled citované literatury

- [1] Fakulta stavební - VŠB-TUO. [online]. Copyright © 2018 VŠB [cit. 27.01.2018]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/5.html>
- [2] HANZALOVÁ, L. a ŠILAROVÁ, Š., *Ploché střechy*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knihovnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86769-71-2.
- [3] SLANINA, P., *Ideální návrh ploché střechy z hlediska šíření vlhkosti*. In. Zborník zo symposia STRECHY 2008. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2008, str. 133-140. Dostupné také z: <http://www.slanina.cz/publikace/>
- [4] ČSN 73 1901, *Navrhování střech - základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [5] POKYN F, *Trvanlivost a směrnice o stavebních výrobcích*. Brusel: Evropská komise, 2002. Dostupné také z: [http://www.unmz.cz/sborniky\\_th/26/26-priloha2-06.pdf](http://www.unmz.cz/sborniky_th/26/26-priloha2-06.pdf)
- [6] HANZALOVÁ, L. a ŠILAROVÁ, Š., *Poruchy střešních pláštů panelových objektů*. In. Stavební ročenka 1999. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1999, str. 195-208. ISBN: 80-902460-3-6.
- [7] ČSN 73 0540-2, *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [8] STN 73 0540-2, *Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konstrukcí a budov. Část 2: Funkčné požiadavky*. Úrad pre normalizáciu, metrológiu o skúšobníctvo SR, 2012.
- [9] OIB-Richtlinie 6, *Österreichisches Institut für Bautechnik*, [online]. Copyright © [cit. 27.01.2018]. Dostupné z: [https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie\\_6\\_26.03.15.pdf](https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_26.03.15.pdf)
- [10] ISO 13788:2012, *Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation — Calculation methods*
- [11] DIN 4108, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*
- [12] EnEV, *Energie Eispär Verordnung*. Novela z roku 2016: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, Vom 18. November 2013. Dostupné také z: [http://www.enev-online.com/enev\\_2014\\_volltext](http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext)
- [13] Dz.U. Poz 926, *Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków*



- technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*. Dostupné také z: <http://www.dziennikustaw.gov.pl/du/2013/926/1>
- [14] ČSN EN 12831, *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [15] ČSN EN ISO 14040, *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova*, Praha: Český normalizační institut, 2006
- [16] ČSN EN ISO 14044, *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*, Praha: Český normalizační institut, 2006
- [17] CENIA, česká informační agentura životního prostředí. [online]. Copyright © 2012. CENIA, česká informační agentura životního prostředí [cit. 27.01.2018]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/>
- [18] VONKA, M. a kol., *METODIKA SBToolCZ – Manuál hodnocení administrativních budov ve fázi návrhu*. CIDEAS, 2011
- [19] Česká rada pro šetrné budovy. *Česká rada pro šetrné budovy* [online]. Copyright © 2009 [cit. 27.01.2018]. Dostupné z: <http://czgbc.org/>
- [20] JAROŠ, P., *Sanace a recyklace vnějších kompozitních tepelně izolačních systémů*. Disertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2011.
- [21] VISOH, *Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady* [online]. Copyright © 2016 [cit. 27.01.2018]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/visoh>
- [22] Plán odpadového hospodářství ČR - Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright © 2008 [cit. 27.01.2018]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/plan\\_odpadoveho\\_hospodarstvi\\_cr](https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr)
- [23] Sdružení EPS, [online]. Dostupné z: <http://www.epscr.cz/index.php>
- [24] Informace odboru odpadů Ministerstva životního prostředí k nakládání s odpadním stavebním polystyrenem - Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright © 2008 [cit. 27.01.2018]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/info\\_odp\\_1016](https://www.mzp.cz/cz/info_odp_1016)
- [25] EN 1990:2002 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, (ČSN EN 1990, Praha: Český normalizační institut 2004)
- [26] EOTA Guidance Documents - EOTA. *Object moved* [online]. Dostupné z: <https://www.eota.eu/en-GB/content/eota-guidance-documents/27/>
- [27] SMĚRNICE ČHIS 01 | [hydroizolacnispolecnost.cz](http://hydroizolacnispolecnost.cz). *ČHIS | hydroizolacnispolecnost.cz* [online]. Dostupné z: <https://hydroizolacnispolecnost.cz/smernice-chis-01>
- [28] ČSN 73 3610, *Navrhování klempířských konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2008.



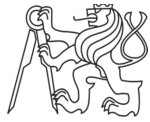
## 6.2 Přehled další použité literatury

- [29] WALTEN, T.: *Ökologischer Bauteilkatalog. Bewertete gängige Konstruktionen*, Springer Verlag/Wien 1999.
- [30] *Pravidla pro navrhování a provádění střech. 2.*, upr. a dopl. vyd. Praha: Cech klempířů, pokrývačů a tesařů ČR, 2014. ISBN 978-80-260-6187-8.
- [31] KOČÍ, Vladimír. *LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví*. Praha: Česká rada pro šetrné budovy, 2012. ISBN 978-80-260-3504-6.
- [32] OLÁH, j. a PALKO, M., *Střecha a energia. 13. študijný seminár CSS v Mošovciach*. Mošovce: STU v Bratislavě, 2010
- [33] DLESEK, V., *Energetická náročnost pozemních staveb*. Praha, Ediční středisko ČVUT, 1982
- [34] *KUTNAR – Ploché střechy, Skladby a detaily – leden 2014, konstrukční, technické a materiálové řešení*. DEKTRADE a.s., 2004
- [35] Měšťan R., *Klempířské práce na stavbách*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1989
- [36] ŠILAROVA, Š., *Recyklace systémů ETICS z EPS*. Sdružení EPS ČR, 2007. Dostupné z: [http://www.epscr.cz/obj/232/Izolacni\\_praxe\\_8.pdf](http://www.epscr.cz/obj/232/Izolacni_praxe_8.pdf)
- [37] URBÁNEK, K., *Optimálna ekonomická životnosť stavebných objektov*, Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava, 1966
- [38] HÁJEK, Václav, Luděk NOVÁK a Jindřich ŠMEJCKÝ. *Konstrukce pozemních staveb 30: kompletační konstrukce*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02506-3.
- [39] ŠKOPÁN, M., *Recycling 2009: Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin, sborník přednášek*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 1996. ISBN 978-80-214-3842-2.
- [40] JIŘÍČKOVÁ, Milena, Zbyšek PAVLÍK a Jiří HOŠEK. *Materiálové inženýrství I*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04263-2.
- [41] KOŽELUHA, J. a kol., *Střechy s povlakovými krytinami*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1979
- [42] VYCHYTIL, J., *Tepelná izolace z pěnového skla FOAMGLAS jako základní prvek spolehlivosti a životnosti skladeb*. In: Zborník z Bratislavského sympózia STRECHY 2011. Bratislava: STU v Bratislave, Stavebná fakulta, 2011, str. 125-129. ISBN 978-80-227-3603-9.



- [43] VÖRÖS, F., Environmentální a zdravotní aspekty EPS izolací. In. Tepelná ochrana budov 2013, Zborník prednášok. Bratislava: BB Print, s.r.o., 2013. str.50-54. ISBN: 978-80-89627-02-8.
- [44] BAĎUROVÁ, S., ĎURICA, P., Tepelnoenergetické a enviromentálne hodnotenie pasívneho drevodomu. In. Tepelná ochrana budov 2013, Zborník prednášok. Bratislava: BB Print, s.r.o., 2013. str.190-193. ISBN: 978-80-89627-02-8.





## 7 Publikace autora

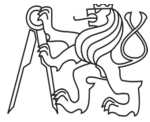
1. KOLOUCH, D., Hodnocení energetické efektivity tepelné izolace z celulózových vláken ve dvouplášťových střeších. WASTE FORUM 2018, číslo 1. Recenzovaný časopis, zařazený do databáze SCOPUS. Vydání je plánováno na 03/2018.
2. KOLOUCH, D., *Je zateplování objektů efektivní z hlediska energetické náročnosti?*. In: Juniorstav 17. odborná konference doktorského studia, fakulta stavební. Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2015, s. 38. ISBN 978-80-214-5091-2.
3. KOLOUCH, D. - ŠILAROVÁ, Š., *Efektivita zateplování objektů z hlediska svázaných energií a životnosti materiálů*. In: Tepelná ochrana budov 2015. Bratislava: BB Print, s.r.o., 2015, s. 170-173. ISBN 978-80-89627-04-2.
4. KOLOUCH, D., *Efektivita zateplování objektů z hlediska energetické náročnosti*. In: Zborník z Bratislavského sympózia STRECHY 2014. Bratislava: STU v Bratislave, Stavebná fakulta, 2014, s. 91-95. ISBN 978-80-89728-01-5.
5. KOLOUCH, D., *Vliv parametrů světlíku na přehřívání podstřešních prostor*. In: Zborník z Bratislavského sympózia STRECHY 2013. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2013, s. 164-168. ISBN 978-80-227-3882-8.
6. ŠILAROVÁ, Š. - KOLOUCH, D., *Efektivní návrh prosvětlení podstřešních prostor II*. In: Otvorové výplně stavebních konstrukcí. Hradec Králové: Stavokonzult, 2013, s. 45-48. ISBN 978-80-904112-3-4.
7. KOLOUCH, D. - ŠILAROVÁ, Š., *Vliv částečného zateplení atiky na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce*. In: TEPELNÁ OCHRANA BUDOV 2013. Bratislava: BB Print, s.r.o., 2013, s. 135-138. ISBN 978-80-89627-02-8.
8. KOLOUCH, D., *Radonový průzkum základní a mateřské školy*. In: Juniorstav 2013 Sborník anotací. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2013, s. 78. ISBN 978-80-214-4669-4.
9. KOLOUCH, D., *Vliv zateplování atiky konstrukční soustavy vvú-eta ve fázích na vnitřní povrchovou teplotu*. In: Juniorstav 2012. Brno: FA VUT, 2012, díl 1, s. 90. ISBN 978-80-214-4393-8.
10. KOLOUCH, D. - ŠILAROVÁ, Š. - KOLÁČNÝ, M., *Zateplení střešního pláště*. Užitený vzor Úřad průmyslového vlastnictví, 23373. 2012-02-06.
11. KOLOUCH, D., *Změny teplotních faktorů vnitřního povrchu konstrukce atiky při zateplování ve fázích*. In: Strechy 2012. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2012, s. 102-106. ISBN 978-80-227-3824-8.
12. KOLOUCH, D., *Zateplování atiky konstrukční soustavy VVÚ ETA ve fázích*. In: Lehké obvodové pláště fasády a střechy. Hradec Králové: Stavokonzult, 2012, s. 148-152.
13. KOLOUCH, D., *Optimalizace sanací a rekonstrukcí střech z hlediska minimalizace energetické náročnosti*. In: STRECHY 2011. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2011, s. 175-176. ISBN 978-80-227-3603-9.



14. ŠILAROVÁ, Š. - KOLOUCH, D. - KOLÁČNÝ, M., *Zateplení střešního pláště*.  
Patentová přihláška Úřad průmyslového vlastnictví, 2012

#### Granty:

1. SGS12/108/OHK1/2T/11 - Řešitel  
Optimalizace návrhu prosvětlení podstřešních prostor
2. SGS14/112/OHK1/2T/11 – Spoluřešitel  
Analýza spolehlivosti rekonstrukcí střešních pláštů s ohledem na energeticky efektivní návrh
3. SGS10/129/OHK1/2T/11 – Spoluřešitel  
Komplexní navrhování obalových a kompletačních konstrukcí
4. SGS11/102/OHK1/2T/11 - Spoluřešitel  
Optimalizace návrhu světlovodů včetně metodiky měření
5. SGS13/105/OHK1/2T/11 – Spoluřešitel  
Transport světla tubusovým světlovodem
6. SGS13/106/OHK1/2T/11 – Spoluřešitel  
Vliv tvorby hydroizolačních konstrukcí na funkci a trvanlivost střešních konstrukcí

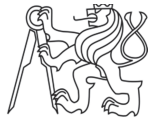


## 8 Seznam použitých veličin a symbolů

$f_{Rsi}$	[-]	vypočtená hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu
$f_{Rsi,N}$	[-]	požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu
$f_{Rsi,cr}$	[-]	kritický teplotní faktor vnitřního povrchu
$U$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	vypočtený součinitel prostupu tepla
$U_{N,20}$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla
$U_{rec,20}$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla
$M_c$	[kg.m <sup>-2</sup> .a]	roční množství zkondenzované vodní páry
$M_{c,N}$	[kg.m <sup>-2</sup> .a]	roční limit zkondenzované vodní páry
$M_{ev}$	[kg.m <sup>-2</sup> .a]	roční množství vypařitelné vodní páry
$\theta_e$	[°C]	návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období
$\theta_i$	[°C]	návrhová vnitřní teplota v zimním období
$\Delta\theta_i$	[°C]	teplotní přírážka návrhové vnitřní teploty
$\theta_{es}$	[°C]	průměrná teplota exteriéru v otopném období
$R$	[m <sup>2</sup> .K/W]	tepelný odpor
$\varphi_i$	[%]	relativní vlhkost vnitřního vzduchu
$\Delta\varphi_i$	[%]	bezpečnostní vlhkostní přírážka
$\varphi_e$	[%]	relativní vlhkost venkovního vzduchu
$Q_{vyt}$	[J]	roční potřeba energie na vytápění
$\Phi_{T,i}$	[W]	tepelná ztráta prostupem tepla skrz konstrukci
$d$	[dny]	počet dnů otopného období v roce
$t_{is}$	[°C]	průměrná vnitřní teplota v objektu
$t_{es}$	[°C]	průměrná venková teplota v otopném období
$t_{ev}$	[°C]	výpočtová venková teplota
$n$	[roky]	počet let energetické návratnosti
$A_{stř}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha střešního pláště



$\Sigma PEI$	[J]	celkové svázané energie materiálů
$EN_{úsp}$	[J]	úspora provozních energií budovy na vytápění
$\lambda_u$	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti
$\mu$	[-]	faktor difúzního odporu
$v_{b,0}$	[m/s]	výchozí hodnota základní rychlosti větru
$h$	[m]	výška objektu
$h_p$	[m]	výška atiky
$F$	[kN]	únosnost kotvy
$C_{e(z)}$	[-]	součinitel expozice
$q_b$	[N/m <sup>2</sup> ]	základní dynamický tlak větru
$q_p$	[N/m <sup>2</sup> ]	maximální dynamický tlak větru
$c_{pe}$	[-]	vnější součinitel tlaku
$w_{e,k}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	charakteristický vypočtený tlak větru
$w_{e,d}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	návrhový vypočtený tlak větru



## 9 Seznam použitých zkratk

PEI	svázané energie, Primary Energy Input
EPD	environmentální prohlášení o produktu, Environmental Product declaration
LCA	analýza životního cyklu, Life Cycle Assessment
ČSN	česká technická norma
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
PVC	umělá hmota, polyvinylchlorid
PENB	průkaz energetické náročnosti budov
TZB	technické zařízení budov
OSN	Organizace spojených národů
VISOH	veřejné informace o produkci a nakládání s odpady
POH	Plán odpadového hospodářství
TI	tepelná izolace
EPS	expandovaný polystyren
XPS	extrudovaný polystyren
MW	minerální vlna
HBCDD	hexabromcyklododekan, retardér hoření
ETAG	řídící pokyn pro evropské technické schválení
EOTA	Evropská organizace pro technické schválení
TiZn	titanzinek
UV	ultrafialové záření
Al	hliník
APP	modifikace asfaltu, ataktický polypropylen
SBS	modifikace asfaltu, styren-butadien-styren
EPDM	elastomerní fólie, etylen-propylen-dien-monomer-kaučuk



PU	polyuretan
ČHIS	Česká hydroizolační společnost
aj.	a jiné
a.s.	akciová společnost
atd.	a tak dále
č.	číslo
ISBN	mezinárodní standardní číslo knihy
ISSN	mezinárodní standardní číslo seriálové publikace
max.	maximum
min.	minimum
Sb.	sbírka



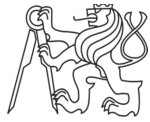
## 10 Seznam grafů

Graf č. 1, Hodnocená kritéria certifikačního systému BREEAM [19].....	26
Graf č. 2, Hodnocená kritéria certifikačního systému LEED [19].....	26
Graf č. 3, Hodnocená kritéria certifikačního systému SBToolCZ [18].....	27
Graf č. 4, Produkce odpadů, období 2009 až 2016 .....	31
Graf č. 5, Podíl stavební činnosti na celkové produkci odpadu, období 2009 až 2016 .....	32
Graf č. 6, Poměr využití stavebních a demoličních odpadů, období 2009 až 2016.....	34
Graf č. 7, Způsob využití stavebních odpadů, období 2009 až 2016 .....	35
Graf č. 8, Spotřeba pěnového polystyrenu v ČR v období 2000-2015 .....	36
Graf č. 9, Svázané energie expandovaného polystyrenu .....	42
Graf č. 10, Svázané energie extrudovaného polystyrenu .....	43
Graf č. 11, Svázané energie kamenné minerální vlny .....	44
Graf č. 12, Svázané energie skelné minerální vlny .....	45
Graf č. 13, Svázané energie pěnového skla.....	46
Graf č. 14, Svázané energie celulózových vláken .....	47
Graf č. 15, Svázané energie asfaltových pásů .....	49
Graf č. 16, Svázané energie fólie mPVC.....	50
Graf č. 17, Svázané energie fólie EPDM .....	50
Graf č. 18, Svázané energie klempířských prvků .....	52
Graf č. 19, Porovnání svázaných energií tepelných izolací, návrhová životnost 25 let .....	57
Graf č. 20, Porovnání svázaných energií tepelných izolací, návrhová životnost 50 let.....	57
Graf č. 21, Porovnání svázaných energií hydroizolačních vrstev, návrhová životnost 25 let.....	60
Graf č. 22, Porovnání svázaných energií klempířských prvků, návrhová životnost 25 (50) let .....	61
Graf č. 23, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1A}/A_1, B_{1,-}$ .....	67
Graf č. 24, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1A}/A_2, B_{1,-}$ .....	68
Graf č. 25, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1A}/A_1, B_{2,-}$ .....	68
Graf č. 26, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1A}/A_2, B_{2,-}$ .....	69
Graf č. 27, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1A}/A_1, B_{3,-}$ .....	69
Graf č. 28, Graf č.X, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1A}/A_2, B_{3,-}$ .....	70
Graf č. 29, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1B}/_, B_2, C_1$ .....	70
Graf č. 30, Graf č.X, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1C}/A_1, B_1, C_1$ .....	71
Graf č. 31, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1C}/A_2, B_1, C_1$ .....	71
Graf č. 32, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1C}/A_1, B_2, C_1$ .....	72
Graf č. 33, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1C}/A_2, B_2, C_1$ .....	72
Graf č. 34, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1C}/A_1, B_3, C_1$ .....	73
Graf č. 35, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1C}/A_2, B_3, C_1$ .....	73
Graf č. 36, Tepelně vlhkostní zhodnocení konstrukce $R_{1C}/A_1, B_{5,-}$ .....	74
Graf č. 37, Minimální tl. tepelné izolace pro modelové rekonstrukce .....	74
Graf č. 38, Porovnání svázaných energií variant rekonstrukcí modelové konstrukce R1, návrhová životnost 50 let.....	77
Graf č. 39, Energetická návratnost navrhovaných variant rekonstrukcí modelové konstrukce R1, návrhová životnost 50 let.....	77
Graf č. 40, Vyhodnocení a podíl prvků varianty A1, vyznačené materiály z tabulky č.23 .....	81



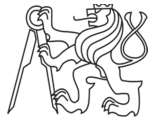
Graf č. 41, Vyhodnocení a podíl prvků varianty A3, vyznačené materiály z tabulky č.24.....	82
Graf č. 42, Vyhodnocení a podíl prvků varianty B1, vyznačené materiály z tabulky č.25.....	83
Graf č. 43, Vyhodnocení a podíl prvků varianty B3, vyznačené materiály z tabulky č.26.....	84
Graf č. 44, Porovnání energetické náročnosti variant detailu.....	84
Graf č. 45, Varianta č.1, význam dílčích částí střechy na celkové bilanci svázané energie.....	94
Graf č. 46, Varianta č.2, význam dílčích částí střechy na celkové bilanci svázané energie.....	94
Graf č. 47, Porovnání svázaných energií tepelných izolací, návrhová životnost 50 let.....	98
Graf č. 48, Porovnání svázaných energií hydroizolačních vrstev, návrhová životnost 25 let.....	98
Graf č. 49, Energetická náročnost plochy střešního pláště pro variantu č.1 a 2.....	101
Graf č. 50, Energetická náročnost opláštění atiky, pro variantu č.1 a 2.....	102
Graf č. 51, Varianta č.1, význam částí střechy na energetickou bilanci, dle velikosti objektu.....	103
Graf č. 52, Varianta č.2, význam částí střechy na energetickou bilanci, dle velikosti.....	103





## 11 Seznam obrázků

Obrázek č. 1, Postup sanace a rekonstrukce.....	15
Obrázek č. 2, Rozdělení klimatických oblastí, Francouzská republika.....	20
Obrázek č. 3, Skladba poplastovaného plechu, zdroj: <a href="http://www.klempirskyobchod.cz">http://www.klempirskyobchod.cz</a> .....	52
Obrázek č. 4, Váhové měření jednotlivých prvků odvodnění střech.....	53
Obrázek č. 5, Váhové měření jednotlivých prvků odvodnění střech.....	53
Obrázek č. 6, Posuzované kotevní výrobky .....	55
Obrázek č. 7, Aplikace PU lepidla ve střešním souvrství, zdroj: <a href="http://www.honter.cz">www.honter.cz</a> .....	56
Obrázek č. 8, Důsledek špatného návrhu TI z hlediska pevnosti v tlaku.....	58
Obrázek č. 9, Modelová konstrukce R1, vlastnosti materiálů při zabudování .....	63
Obrázek č. 10, Variantní řešení rekonstrukcí modelové konstrukce R1 .....	65
Obrázek č. 11, Legenda materiálů pro tabulku č.22.....	78
Obrázek č. 12, Tvar modelové střechy .....	86
Obrázek č. 13, Varianta č.1 $R1_A/A_2^1, B_1^1, \_$ s cyklem obnovy po 25 letech .....	87
Obrázek č. 14, Varianta č.2 $R1_C/A_1^1, B_5^0, \_$ s cyklem obnovy po 25 letech .....	87
Obrázek č. 15, Tvar atiky pro variantu č.1 a č.2 .....	89
Obrázek č. 16, Schéma atiky A2 a B2 pro posuzované varianty střešního pláště .....	89
Obrázek č. 17, Variantní řešení rekonstrukcí modelové konstrukce R1 .....	99
Obrázek č. 18, Zvolený tvar zhlaví atik pro vybraná varianty č.1 a 2 .....	102



## 12 Seznam tabulek

Tabulka č. 1, Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2.....	17
Tabulka č. 2, Požadavek na teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce dle STN 73 0540-2 .....	18
Tabulka č. 3, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle STN 73 0540-2 .....	19
Tabulka č. 4, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle OIB-Richtline 6 .....	19
Tabulka č. 5, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle EnEV2014 .....	20
Tabulka č. 6, Požadavek na součinitel prostupu tepla dle Dz.U. 2013 poz. 926 .....	20
Tabulka č. 7, Požadavek na tepelný odpor (NOR : LHAL1614615A).....	21
Tabulka č. 8, Požadavek na tepelný odpor (NOR : LHAL1614615A), od roku 2023 .....	21
Tabulka č. 9, Struktura environmentálních kritérií SBTToolCZ [18] .....	27
Tabulka č. 10, Skupiny stavebních odpadů dle vyhlášky č. 93/2016 Sb. ....	29
Tabulka č. 11, <i>Tabulka 2.1 v EN 1990:2002 Eurokód – Zásady navrhování konstrukcí</i> .....	39
Tabulka č. 12, <i>Znázornění předpokládaných životností (návrhových životností) stavby a stavebních výrobků (z Pokynu EOTA 002)</i> .....	40
Tabulka č. 13, Předpokládaná životnost funkčních vrstev střeš ..... 40	40
Tabulka č. 14, Předpokládaná životnost materiálů střeš ..... 40	40
Tabulka č. 15, Výpočet svázaných energií poplastovaného plechu [MJ/m <sup>2</sup> ] .....	53
Tabulka č. 16, Svázané energie kotevních šroubů.....	54
Tabulka č. 17, Svázané energie polyethylenových talířových podložek.....	55
Tabulka č. 18, Svázané energie pozinkovaných talířových podložek .....	55
Tabulka č. 19, Svázané energie PU lepidla – jedna lepicí vrstva .....	56
Tabulka č. 20, Vyhodnocení tepelně technických a vlhkostních požadavků modelové konstrukce R1 63	
Tabulka č. 21, Modelové konstrukce s dvěma životními cykly pro návrhovou životnost 50 let .....	75
Tabulka č. 22, Modelové detaily posuzované konstrukce atiky .....	79
Tabulka č. 23, Svázané energie materiálové varianty č. A1, A2 .....	80
Tabulka č. 24, Svázané energie materiálové varianty č. A3, A4 .....	81
Tabulka č. 25, Svázané energie materiálové varianty č. B1, B2 .....	82
Tabulka č. 26, Svázané energie materiálové varianty č. B3, B4 .....	83
Tabulka č. 27, Stanovení průměrné velikosti objektů panelových soustav .....	85
Tabulka č. 28, Bilance svázaných energií pro variantu č.1 .....	88
Tabulka č. 29, Bilance svázaných energií pro variantu č.2 .....	88
Tabulka č. 30, Svázané energie opláštění atiky varianty č.1 .....	90
Tabulka č. 31, Svázané energie opláštění atiky varianty č.2 .....	90
Tabulka č. 32, Svázané energie prvků odvodnění a odvětrání.....	91
Tabulka č. 33, Varianta č.1, celková energetická náročnost kotevních prvků, životnost 0-50 let .....	93
Tabulka č. 34, Varianta č.1, energetická náročnost modelové konstrukce střeš, životnost 50 let... 93	
Tabulka č. 35, Varianta č.2, energetická náročnost modelové konstrukce střeš, životnost 50 let... 94	
Tabulka č. 36, Shrnutí energetických bilancí navrhovaných variant .....	100