

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE, MECHANIZACE A
ŘÍZENÍ STAVEB**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY, MECHANIZATION AND
CONSTRUCTION MANAGEMENT

VLIV VENKOVNÍ TEPLoty NA VLASTNOSTI VÝZTUŽNÉ VRSTVY PŘI REALIZACI ETICS

**THE INFLUENCE OF THE OUTDOOR TEMPERATURE ON THE PROPERTIES OF THE
REINFORCED LAYER IN THE IMPLEMENTATION OF ETICS**

DISERTAČNÍ PRÁCE

DISSERTATION

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. MICHAL NOVOTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

MGR. PETR LÍZAL, CSC.

BRNO 2013

Klíčová slova:

ETICS, zateplovací systém, tepelná izolace, stěrkový materiál, tah, tlak, úspora energie, vytápění, teplota, realizace, polystyren, minerální vlna, tepelné ztráty, tepelný most.

Keywords:

ETICS, insulation system, insulation, screed materials, tension, pressure, energy saving, heating, temperature, realization, polystyrene, mineral wool, heat losses, heat bridge.

Obsah

1.	Úvod	4
2.	Současný stav řešené problematiky	5
2.1	ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, VLIVY A ŠKODLIVINY	5
2.2	OBVODOVÉ KONSTRUKCE A ZLEPŠENÍ JEJICH TEPELNĚ - TECHNICKÝCH PARAMETRŮ	6
2.3	ZÁKLADNÍ PODMÍNKY REALIZACE	9
2.4	TECHNOLOGICKÉ OPERACE PŘI PROVÁDĚNÍ ETICS	10
3.	Téma a cíl disertační práce	12
3.1	TÉMA DISERTAČNÍ PRÁCE	12
3.2	CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	12
4.	Řešení vytčených cílů práce	13
4.1	ZKOUŠKY VZORKŮ - PRINCIPY A METODY	14
4.1.1	<i>Měření velikosti zrn pomocí laserové difrakce [24]</i>	14
4.1.2	<i>Určení kaše normální hustoty pro zhotovení základní vrstvy [14]</i>	14
4.1.3	<i>Stanovení počátku a konce tuhnutí hmoty - zkouška Vicatovým přístrojem [14]</i>	14
4.1.4	<i>Zkoušky nasákavosti materiálu [15, 18]</i>	14
4.1.5	<i>Ultrazvuková impulzová zkouška - měření a výpočet dynamického modulu pružnosti materiálu [9, 10, 21]</i>	15
4.1.6	<i>Zkoušky tahem za ohybu [9, 11, 12, 13]</i>	15
4.1.7	<i>Zkoušky tlakem [11, 12]</i>	15
4.1.8	<i>Zkouška zmrazováním [16, 17]</i>	15
4.1.9	<i>Přídržnost základní vrstvy k izolantu [24, 25, 27]</i>	15
4.1.10	<i>Stanovení odolnosti proti rázu [25, 27]</i>	15
5.	Vyhodnocení zkoušek	16
5.1	MĚŘENÍ VELIKOSTI ZRN POMOCÍ LASEROVÉ DIFRAKCE	16
5.2	KAŠE NORMÁLNÍ HUSTOTY PRO PROVEDENÍ ZÁKLADNÍ VRSTVY	17
5.3	URČENÍ POČÁTKU A KONCE TUHNUTÍ	17
5.4	NASÁKAVOST MATERIÁLU	18
5.5	ULTRAZVUKOVÉ MĚŘENÍ - DYNAMICKÝ MODUL PRUŽNOSTI V TLAKU NEBO TAHU E_{cu} ; PEVNOSTI V TLAKU F_{BE}	23
5.6	ZKOUŠKA TAHEM ZA OHYBU	24
5.7	ZKOUŠKY TLAKEM	25
5.8	ZKOUŠKY ODOLNOSTI PROTI ZMRAZOVÁNÍ - ZMRAZOVACÍ ZKOUŠKY	26
5.9	PŘÍDRŽNOST VÝZTUŽNÉ HMOTY K IZOLANTU	28
5.10	STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI RÁZU	29
6.	Závěry a vlastní přínos práce	31
6.1.1	<i>Přínos do stavební praxe</i>	31
7.	Další možnosti výzkumu	33
8.	Výpis literatury	34
9.	Životopis	36

1. ÚVOD

Pasivní či nízkoenergetický dům, zateplování, globální oteplování planety, znečištění ovzduší, emise skleníkových plynů, obnovitelné zdroje energie či fosilní paliva – tyto a další odborné termíny vedou v posledních letech k rozsáhlým diskuzím o nakládání se životním prostředím a ekologií na naší planetě. Současný styl života ve vyspělých zemích především severní části Ameriky, Evropy a dalších průmyslově vyspělých zemích sebou nesou velké nároky na spotřebu energií. Z velké části je to spotřeba energií vznikajících zpracováním a využitím nerostných surovin a fosilních paliv. Tyto zásoby surovin a zdrojů nejsou nevyčerpatelné. Vědci celého světa se nemohou shodnout na časových odhadech, kdy suroviny dojdou, nebo kdy nebude možné se k těmto surovinám běžnými způsoby dostat. V současnosti jsou však již uzavřeny mezinárodní dohody a společenství, které se zdroji surovin a energiemi zabývají a hledají schůdné, ekonomické a praktické způsoby, jak zpracovávat obnovitelné zdroje naší planety. Tomuto trendu se také stále více snaží přizpůsobit i stavitelství, především ve sféře výstavby obytných staveb, ať už rodinných nebo bytových domů.

Cílem současných projektantů a architektů je budování především nízkoenergetických a tzv. pasivních domů. Tyto snahy jsou nejvíce limitovány ekonomickou situací investorů. Zmíněné stavby, především ty pasivní, jsou sice ekologicky šetrné, potřebují minimální nebo žádné vnější energetické zdroje (uhlí, plyn, elektřina apod.), ovšem většinou jsou soukromé osoby odrazeny velkými částkami, které člověk musí na vybudování takového díla vynaložit. Se současnými metodami výstavby však je možné těmto trendům přizpůsobit i stávající stavby, to znamená při rekonstrukci vytvořit výsledné dílo takových parametrů, aby splňovalo požadavky a normy kladené na nízkoenergetický nebo pasivní objekt. Z velké části je toto dosahováno vnějším zateplením objektů, ať už větranými fasádami, nebo kontaktními nevětranými systémy ETICS. Kontaktní zateplovací pláště ETICS – název je odvozen z anglického external thermal insulation composite systém neboli česky také vnější kontaktní zateplovací systém - jsou také zaměřením této disertační práce. Kvalita plášťů ETICS nespočívá jen v jejich správném tepelně technickém a konstrukčním návrhu, ale i v technologické oblasti, tj. v jejich správné realizaci, která bývá často ovlivněna i klimatickými podmínkami v době jejich provádění.

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, VLIVY A ŠKODLIVINY

Snahy o udržení kvalitního životního prostředí i z ekologického hlediska se staly jedním ze základních zájmů hospodářsky vyspělých států. Také u nás je tomu věnována odpovídající pozornost, mimo jiné i v oblasti stavebnictví. Český statistický úřad (ČSÚ) [1] uvádí, že od roku 1989 do konce roku 2012 bylo u nás nově postaveno 713 935 bytů, z toho 565 142 bytů bylo realizováno v rodinných domech a zbývajících 148 793 v bytových domech. (viz obr. 1 v práci samotné). Tato statistika však nezahrnuje rekonstruované objekty. Od roku 2009 musí nové stavby podle Vyhlášky 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby [2] splňovat veškeré požadavky norem na kvalitu stavby – což se týká bezpečnosti stavby, jejích technických parametrů včetně tepelně technických, životnosti stavby a dalších. Tyto požadavky proto zahrnují i posouzení projektu stavby s ohledem na energetickou náročnost výstavby. Nové stavby již mají limity, které musí splnit a tato skutečnost je prokazována tepelně technickými výpočty, které se musí v dokumentaci dokládat tzv. „Energetickým štítkem obálky budovy a Průkazem energetické náročnosti budovy“.

Tento štítek obálky a průkaz budovy pak zařazuje stavbu dle tepelně technických parametrů obvodového pláště do jedné ze skupin podle spotřeby energie na vytápění a provoz objektu nebo podle součinitele prostupu tepla obvodovým pláštěm. Těchto skupin je celkem 7 s označením A až G a podle nich se třídí stavby do jednotlivých kategorií dle hodnoty „Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} v jednotkách $(W/(m^2K))$ “. U energetického průkazu budovy je počet tříd shodný, ale dělení se provádí na základě vypočtené měrné spotřeby energie na provoz budovy v $kWh/(m^2rok)$. To znamená, že v zákonech jsou již nastaveny jisté požadavky, které respektují snahy o snížení škodlivých vlivů stavebnictví a staveb na životní prostředí.

Jedním z hlavních a dlouhodobých vlivů na životní prostředí je energetická spotřeba stavebního objektu při jeho užívání, tj. při větrání, vytápění, přípravě teplé vody, výrobě a dodávce elektrické energie a plynu. Ve velké většině případů tato energie pochází z elektráren, tepláren, případně z vlastních zdrojů energie, které fungují na principu spalování fosilních surovin nebo v tom lepším případě z jaderných elektráren. Nejběžnějšími topnými surovinami jsou v současné době zemní plyn, topné oleje, v omezené míře stále uhlí a dřevo, lisované dřevěné odpady – peletky, brikety apod., v závislosti na zvoleném způsobu vytápění. Primárním dopadem těchto způsobů vytápění, tj. spalování, je vznik zplodin, ve kterých se do ovzduší a dál do životního prostředí, vody a půdy dostávají látky, jako jsou například oxid siřičitý SO_2 , oxidy dusíku NO_x , těkavé organické sloučeniny VOC a amoniak NH_3 [4]. Tyto látky pak mají negativní dopad na životní prostředí, jsou původci vzniku různých nemocí, odumírání lesů, kontaminaci půdy a další neblahých dopadů průmyslové činnosti a stylu života naší společnosti na prostředí, ve kterém žijeme. Z toho vyplývá, že celé evropské společenství musí omezit dopad

průmyslu a stavebnictví na spotřebu zdrojů, musí zamezit ničení životního prostředí a hledat lepší a ekologičtější zdroje energie. Z hlediska úprav legislativy a normových požadavků je patrné, že se naše stavebnictví zapojuje do celosvětové snahy o snižování energetické spotřeby, a to nejen u nových staveb, ale i revitalizací budov dříve postavených.

Ze schématu tepelné bilance objektu, která je v práci samotné na str. 13, je také vidět, že jednou z největších částí tepelných ztrát objektu je ztráta prostupem tepla obálkou budovy. Velikost těchto ztrát je dána tepelně technickými vlastnostmi pláště budovy - tzv. obálkou budovy. Čím je po technické stránce obálka budovy vyspělejší, kvalitněji provedená a lépe navržená, tím jsou tepelné ztráty budovy prostupem nižší a sníží se tak množství energie vstupující do systému z vnějšího zdroje. Na tuto obálku jsou kladeny náročné požadavky jak Českými technickými normami, tak platnou legislativou - např. stavebním zákonem nebo vyhláškou o technických požadavcích na stavby. Jedním z těchto technických požadavků na obálku budovy, je tepelný odpor konstrukce R_N , udávaný v normách do roku 2001, který byl v roce 2002 nahrazen hodnotou součinitele prostupu tepla U_N . Z tabulky č. 2 v práci na straně 15 lze vidět, jakým vývojem od 70. let prošly hodnoty tepelného odporu a součinitele prostupu tepla v tepelně technické normě ČSN 730540 [3]. Největší nárůst tyto hodnoty zaznamenaly od roku 1992. Pokud srovnáme hodnoty z 50. let a současné, zjistíme nárůst o 660 %, v případě let 1992 a současnosti o 50 %. Tato hodnota je však hodnotou požadovanou, přičemž současné normy disponují i hodnotami doporučenými a hodnotami platnými pro pasivní domy, které jsou podstatně přísnější a je náročnější je splnit.

2.2 OBVODOVÉ KONSTRUKCE A ZLEPŠENÍ JEJICH TEPelnĚ - TECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Jak je zřejmé z předchozí části, je nutné vzhledem k vzrůstajícím požadavkům norem na tepelně technické parametry konstrukcí navrhovat a realizovat objekty tak, aby vyhovovaly současným předpisům. Z energetické bilance vyplývá, že největšími ztrátami objektu po tepelné stránce jsou ztráty tepla způsobené větráním objektu, které můžeme omezit volbou vhodné vzduchotechniky s rekuperací nebo vhodnými okny a dále ztráty tepla způsobené jeho prostupem vnějšími konstrukcemi objektu, tj. obálkou budovy. Zde jsou ztráty způsobené průnikem tepla přes konstrukce stěn, střechy, podlahy a výplně otvorů. To však dnes již lze u nových staveb eliminovat, neboť máme k dispozici velmi rozmanitý sortiment materiálů, ze kterých můžeme tyto konstrukce provést tak, aby splňovaly technické, bezpečnostní a hygienické požadavky.

U starších objektů je třeba problém řešit jejich dodatečným zateplením.

Mezi základní důvody takového řešení patří:

- zlepšení tepelně technických vlastností obvodové konstrukce - méně tepelných ztrát prostupem tepla konstrukcí,

- snížením prostupů tepla dochází běžně ke snížení spotřeby energie na vytápění až o 30 % (někdy i více, na základě provedených úprav a opatření),
- správným návrhem zateplovacího pláště lze dosáhnout snížení nákladů na vytápěcí jednotku zmenšením potřebné energie pro otopnou soustavu, v návaznosti je také možné řešit obnovitelné zdroje energie a menší výkony otopných jednotek,
- zlepšení podmínek tepelné pohody v objektu zvýšením a stabilizací vnitřní povrchové teploty,
- zvýšení tepelné setrvačnosti stavebních konstrukcí obálky objektu a následné zpomalení chladnutí objektu při přestávce ve vytápění např. v noci,
- zamezení poškozování vnějšího pláště budovy klimatickými podmínkami a dalšími vnějšími vlivy (nepočítá se záměrné poškození),
- snížení vlivu teplotních rozdílů působících na vnější konstrukce budovy (je nutné však uvažovat s působením těchto vlivů na zateplení).

Naše norma ČSN 732901 *Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS)*[5] uvádí, že systém ETICS je přímo na stavbě uplatňovaná sestava z průmyslově zhotovených výrobků, dodávaných výrobcem ETICS, obsahující nejméně následující části, jež byly výrobcem systému speciálně vybrány pro jím určené použití ETICS:

- v systému specifikovanou lepicí hmotu a v systému specifikované mechanické kotvící prvky,
- v systému specifikovaný tepelně izolační materiál,
- v systému specifikovanou základní vrstvu z jedné nebo více vrstev, kde je kombinována stěrková hmota s výztužnou sítovinou, tj. nejméně jedna vrstva tak obsahuje vloženou výztuž,
- v systému specifikovanou výztuž,
- v systému specifikovanou konečnou povrchovou úpravu, která může zahrnovat dekorativní vrstvu.“

Takto je normou definován systém ETICS. Pokud bychom si to názorně předvedli na zobrazení skladby a s přidáním dalších možných vrstev, mohli bychom mluvit o skladbě viz obr. 8 v práci na straně 27. Zde vidíme pohled na skladbu běžného zateplovacího systému na obvodovém zdivu objektu, kde tepelným izolantem je fasádní pěnový neboli expandovaný polystyren EPS různých pevností, nejběžnější jsou EPS 70 F a EPS 100 F (z anglického **E**xpanded **P**oly**S**tirene). Na spodní části stavby, které přichází do styku s vlhkostí, zeminou nebo bývají více namáhány, se používá více odolný, uzavřený extrudovaný polystyren XPS (z anglického **E**xtruded **P**oly**S**tirene).

Mezi **výhody** vnějšího kontaktního zateplovacího systému lze zahrnout:

- nezmenšuje vnitřní užitnou plochu objektu,
- nevystavuje vnitřní konstrukci nízkým teplotám v zimním období, konstrukce v případě správného návrhu zůstávají kompletně prohřáté - kladný vliv na teplotní stabilitu budovy,
- konstrukce zůstávají ve vytápěném prostoru, je možné s nimi počítat v rámci absorpce a zpětného vydávání tepla,
- zateplení je celistvé na celou výšku fasády, eliminují se tepelné mosty v místě stropů a podlah, v případě kvalitního návrhu a realizace se eliminují i ostatní běžné velké tepelné mosty,
- konstrukce stěny je chráněná proti vlivům klimatických podmínek - vliv na životnost nosné konstrukce.

Nevýhodou jsou:

- provádění zateplovacího systému je „mokrý“ proces, je zde tudíž patrný vliv klimatických podmínek, především srážek a teplot, nelze jej provádět celoročně a za každého počasí,
- nutnost perfektní přípravy podkladu - rovinnost, soudržnost, vlhkost, chemické vlivy, to vše musí být zkontrolováno a musí odpovídat požadavkům, pokud ne, musí být zjištěny příčiny a provedena náprava,
- nevhodnost pro mokré provozy v interiéru - vnikání vlhkosti do stěn a následná kondenzace - toto lze ovlivnit kvalitním návrhem a volbou materiálu,
- nutnost brát ohled na požadavky požárních předpisů - od jistých výšek předepsány nehořlavé materiály, nelze provádět nepřípustné kombinace,
- nutnost lešení na celou výšku fasády kvůli provedení zateplovacího pláště,
- nutnost ohledání, posouzení a případných úprav klempířských prvků, nutnost výměny parapetů oken, případně úpravy rámu,
- nutnost brát v ohled sání větru na ploše fasády - návrh kotvících prostředků systému,
- nutnost správné volby barevnosti fasády s ohledem na okolní zástavbu a s ohledem na vliv záření a barvy fasády na teplotní změny v plášti.

Standardní skladba vnějšího kontaktního zateplovacího systému

Norma ČSN 732901 [5] definuje základní konstrukce a materiály systému podle technologických operací takto:

- příprava podkladu,
- lepení desek tepelné izolace,
- mechanické kotvení hmoždinkami,
- provádění základní vrstvy,
- provádění konečné povrchové úpravy.

Půjdeme-li dle standardního složení, můžeme jednotlivé části a vrstvy vnějšího zateplení rozdělit takto:

- 1) Nosná konstrukce - podklad
- 2) Zakládací lišta
- 3) Penetrační nátěr podkladu před lepením izolace
- 4) Lepící tmel - vrstva pro nalepení izolantu
- 5) Vrstva tepelného izolantu
- 6) Mechanické kotvení systému – hmoždinky
- 7) Základní vrstva s vloženou síťovinou a druhu vrstvou stěrkové hmoty, případně včetně srovnávací vrstvy
- 8) Penetrační vrstva pod omítkou vrstvu
- 9) Finální povrchová úprava
- 10) Ochranný nebo uzavírací nátěr, barevný nátěr

Detailní popisy vrstev jsou uvedeny v práci a složení systémů je běžné známé, takže se jimi nebudeme blíže zabírat. Podrobnější popis lze najít v práci na str. 28-34.

2.3 ZÁKLADNÍ PODMÍNKY REALIZACE

Teplota vzduchu po dobu provádění technologických operací ETICS a dále po dobu stanovenou v dokumentaci ETICS **nesmí být nižší než + 5 °C a vyšší než + 30 °C**, pokud dokumentace ETICS nestanoví jinak. Při zpracování silikátových výrobků by měla být teplota v rozmezí **+ 8 °C až + 25 °C**.

Obdobně povrchová teplota podkladu a všech součástí ETICS nesmí být nižší než + 5 °C (resp. + 8 °C při zpracování silikátových výrobků).

Ochrana před deštěm, silným větrem a přímému slunečnímu záření musí být zajištěna po dobu technologických operací provádění ETICS a po dobu zrání jeho součástí. Před přímým slunečním zářením musí být po dobu svého zrání chráněna základní vrstva, penetrační nátěr, omítka a popř. její nátěr.

2.4 TECHNOLOGICKÉ OPERACE PŘI PROVÁDĚNÍ ETICS

Rozhodující technologické operace při provádění ETICS jsou:

- příprava podkladu,
- lepení desek tepelné izolace,
- kotvení hmoždinkami,
- provedení základní vrstvy, případně poté penetrace,
- provedení konečné povrchové úpravy.

Zde podrobněji zmíníme pouze provedení základní vrstvy včetně penetrací.

Provedení základní vrstvy

!! Správné provedení základní vrstvy má zásadní vliv na rozhodující dlouhodobé vlastnosti vnějšího souvrství. Kvalitní provedení této vrstvy významně spolurozhoduje o životnosti systému. !! [30]

Před vlastním prováděním výztužné vrstvy je nutné na tepelně izolační desky připevnit všechny určené profily - např. ukončovací, nárožní a dilatační profily a zesilující profily se síťovinou, parapetní připojovací profily, okapničky ETICS se síťovinou a dilatační profily. U rohů výplní otvorů se musí mimo vlastní vrstvu výztužné síťoviny vždy provést diagonální zesilující vyztužení, a to pruhem sklotextilní síťoviny o rozměrech nejméně 300x200 mm. Následně se osadí výztužné rohové profily, případně parapetní připojovací profil. Při navázání profilů se síťovinou se musí vlastní tělo profilu zkrátit tak, aby se integrované síťoviny z obou navazujících profilů vzájemně dostatečně překrývaly. V rámci ETICS se musí projevit i dilatace podkladní nosné obvodové konstrukce. Do předem nanesené stěrkové hmoty se přitom osadí dilatační profil vhodný pro oblast nároží nebo pro průběžné plochy dle místa provedení dilatační spáry.

Provádění základní vrstvy se děje pouze na suché a čisté desky tepelné izolace, které nejsou poškozené vlivy klimatických podmínek a zahajuje se obvykle po 1 až 3 dnech od ukončení lepení desek, po dokončení kotvení hmoždinkami (pokud je předepsáno projektem) a celkovém přebroušení v případě polystyrénových fasádních desek. Zároveň musí být provedena do 14 dní po ukončení lepení desek. Pokud tato lhůta nebude dodržena, musí být přijata zvláštní opatření vedoucí k ochraně desek tepelné izolace proti negativnímu působení venkovního prostředí.

Základní vrstva se skládá, jak již bylo zmíněno dříve, z těchto částí:

- vyrovnávací vrstvy, která zajišťuje potřebnou rovinnost tepelně izolačních systémů před nanášením povrchových úprav. V případě potřeby se provádí nanášením stěrkové hmoty v tloušťce min. 2 mm, zpravidla neobsahuje výztuž - provádí se především u systémů z minerálních či jiných vláknenných izolací, kdy povrch nelze srovnat broušením,
- výztužné (armovací) vrstvy - tzv. základní vrstvy, která vždy obsahuje v celé ploše tepelně izolačního systému výztuž – sklotextilní síťovinu. Druh stěrkové hmoty a sklotextilní síťoviny pro základní vrstvu jsou určeny ve stavební dokumentaci. Přípravu stěrkové hmoty a práce s ní určuje příslušný technický list výrobku. Do stěrkové hmoty nesmí být přidávány žádné přísady. Základní vrstva se provádí v celkové tloušťce 2 - 6 mm, optimálně 3 - 4 mm.

Lepicí hmota se vždy nanáší metodou „mokrý do mokrého“, shora dolů, nerezovým hladítkem s velikostí zubů 10 x 10 mm. Do takto připravené stěrkové hmoty se provede ručně vyztužení základní vrstvy pomocí celoplošného uložení sklotextilní síťoviny. Stěrková hmota, která prostoupila pásy sklotextilní síťoviny, se následně po případném doplnění jejího množství vyrovná a uhladí pomocí nerezového hladítka pohybem shora dolů. V odůvodněných případech lze vodorovné ukládání sklotextilní síťoviny považovat za rovnocenné svislému. Vzájemných přesahů pásů musí být nejméně 100 mm. Sklotextilní síťovina jako výztuž základní vrstvy musí být uložena bez záhybů a z obou stran musí být kryta stěrkovou vrstvou nejméně 1 mm, v místech přesahů síťoviny nejméně 0,5 mm. Pokud původně nanášená stěrková hmota s uloženou sklotextilní síťovinou nemá požadovanou tloušťku základní vrstvy, zajistí se požadovaná tloušťka této vrstvy nanášením stěrkové hmoty na vyrovnanou, neztuhlou a nevyschlou původně nanášenou stěrkovou hmotu se sklotextilní síťovinou. Pokud to celková tloušťka základní vrstvy umožňuje, ukládá se sklotextilní síťovina vždy ve vnější třetině tloušťky základní vrstvy. Požadavek na rovinnost základní vrstvy je určen především druhem omítky - jak již bylo zmíněno, určuje se dle velikosti zrn omítky, tj. doporučuje se, aby hodnota odchylky rovinnosti na délku jednoho metru nepřevyšovala hodnotu odpovídající velikosti maximálního zrna omítky zvýšenou o 0,5 mm. V případě, že požadované rovinnosti nebylo dosaženo, je nutno aplikovat vyrovnávací vrstvu po 2-3 dnech.

Případné nátěry a penetrace se na základní vrstvu provádí až po jejím vyvržení a vyschnutí – nejdříve však až po uplynutí doby uvedené v technickém listu příslušné stěrkové hmoty. Běžně je tato doba cca 7 dní. U speciálních „zrychlených“ směsí lze tuto dobu zkrátit na 2-3 dny, za předpokladu dodržení následujících podmínek - vztahuje se na teplotu $\geq +20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tloušťku stěrky 2 - 3 mm, relativní vlhkost vzduchu $\leq 70\%$, přičemž rozhodující je dosažení jednotného suchého povrchu bez vlhkých (tmavších) míst). Při větší tloušťce základní vrstvy a/nebo při méně příznivých klimatických podmínkách se tato doba tvrdnutí a vysychání stěrkové vrstvy přiměřeně prodlužuje.

3. TÉMA A CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

3.1 TÉMA DISERTAČNÍ PRÁCE

Na základě analýzy současného stavu problematiky a průzkumu realizace zateplovacích pláštů ETICS na stavbách lze konstatovat, že přibližně 25 % prací probíhá v jiných než ideálních klimatických podmínkách, a to převážně v rozporu s danými technickými předpisy (vzorový technologický předpis a tab. 13 - v práci). Toto nedodržování technologických pravidel stavebními firmami je obvykle dáno jejich zájmem o získání zakázky, dodržení dohodnutých časových lhůt a o minimalizaci vlastních finančních nákladů na realizaci pláště. Tak se práce realizují i za nevyhovujících teplotních podmínek - jednak za vysokých teplot (nad 30 °C, přičemž na přímo osluněné fasádě lze naměřit i hodnoty překračující 50 °C) nebo za nízkých teplot blízko nebo pod 0 °C. Navíc v zimním počasí teplota může kolísat i během 24 hodin, např. v noci můžeme naměřit -5 °C a přes den +5 °C a více (viz. grafy průběhu teplot v přílohách práce). Například 22. 3. 2013 až 23. 3. 2013 - přes noc se teplota dostala až k -7 °C a přes den byla 2 °C nad nulou, což je podstatný rozdíl. Na základě těchto údajů a zjištění lze vyvodit otázku, nakolik takovéto stavy ovlivňují výslednou kvalitu zateplovacího systému.

Z konstrukčního složení systému ETICS je zřejmé, že jeho nejchoulostivější částí na působení povětrnostních vlivů během provádění je krycí, tzv. základní vrstva (její definice je uvedena v kap. 3). Tato vrstva se skládá z maltovinové stěrky, která je kvůli mechanickému namáhání vyztužena sklotextilní sítovinou. Její celková tloušťka se pohybuje v rozmezí 2 až 6 mm, přičemž nejběžněji lze nalézt výslednou tloušťku 4 mm. Tato vrstva chrání tepelnou izolaci systému pláště a má zaručovat požadované mechanické vlastnosti systému ETICS, zejména pevnost a stálost povrchu, trvanlivost, eliminaci deformací vznikajících v důsledku objemových změn a mechanického namáhání způsobeného vnějšími silami. Musí také vytvářet spolehlivý, kvalitní a únosný podklad pro konečnou povrchovou úpravu systému ETICS.

Tato práce tak byla zaměřena na to, zda a jak ovlivňují venkovní teploty vlastnosti základní vrstvy při jejím provádění.

3.2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Problematikou, specifikovanou v předcházející části, se doposud (dle mých informací) podrobněji nikdo nezabýval. Nezmiňují se o tom ve svých technologických předpisech ani renomované firmy, které se na provádění pláštů ETICS zaměřují. Tato záležitost by však měla být nedílnou součástí dokumentů týkajících se kontroly kvality systému a měla by být zahrnuta v tzv. „Kontrolním a zkušebním plánu“.

Pochybnosti a úvahy o kvalitě zateplovacích pláštů realizovaných za zmíněných nevhodných podmínek vznikly konkrétními kontrolami při provádění prací na stavbách.

Z toho také vyplynul cíl této práce:

- ověřit kvalitu základní vrstvy srovnáním hodnot při jejím provádění v deklarovaných a extrémních klimatických podmínkách,
- vyhodnotit získané poznatky a zpracovat závěry a doporučení pro stavební praxi, investory a stavební dozory.

Řešení bude vyžadovat stanovení specifikace teplotních mezí, výběr reprezentantů hmot pro základní vrstvu, provedení zkušebních vzorků, jejich zrání ve stanovených teplotních režimech, zkoušky dosažených technických parametrů a závěrečné vyhodnocení.

4. ŘEŠENÍ VYTČENÝCH CÍLŮ PRÁCE

Dosavadním studiem stavu současné problematiky a analýzou stavební praxe při realizaci pláště ETICS jsem odvodil úkoly, které je třeba dále zkoumat a ověřit. Z technologického hlediska jde o následující části:

- Jaké technické, technologické a kvalitativní nároky jsou kladeny na vybrané reprezentanty průmyslově vyráběných hmot pro zhotovení plášťů systému ETICS.
- Jaké jsou reálné klimatické podmínky při realizaci plášťů a zejména jejich základní (vyztužené) vrstvy a jak jsou stavební praxí respektované.
- Jak tyto podmínky ovlivňují kvalitu zejména základní vrstvy ETICS.
- Které vybrané vzorky potřebných hmot budou zkoušeny a vyhodnocovány.
- Jakým zkouškám budou vzorky podrobeny a jaké je potřebné přístrojové vybavení.

Z hlediska stavební praxe obecně platí, že ideálním intervalem pro práci s cementem a hmotami na jeho bázi - tj. materiály, které pro správné reakce potřebují tzv. „mokrý proces“, je teplotní interval od +5°C do +30°C. Speciální hmoty, hodnocené ve srovnání se standardními v pokusech, které budou zmíněny v této práci, jsou určeny až do -7°C (za dodržení podmínek daných výrobcem). Pro laboratorní zkoušky byli zvoleni tyto reprezentanti:

Firma Weber-Terranova - hmoty Weber Therm Klasik, Weber Therm Technik, Weber Tevamin tmel Z (nyní dodávaný pod názvem Weber elastik Z) a Weber Therm Mínius 7.

Firma Stomix - hmota Alfafix S1P.

Firma Baumit - hmoty Baumit Klebepachtel Speed, Baumit Procontact a Baumit Duocontact.

4.1 ZKOUŠKY VZORKŮ - PRINCIPY A METODY

V rámci disertační práce je nutné testovat vzorky hmot na vliv především nízkých teplot na kvalitu provedené základní vrstvy. Z hlediska vytyčených cílů je tedy nutné zjistit rozdíly a změny parametrů na systému realizovaném při standardních podmínkách a na systému realizovaném v extrémních podmínkách. Z hlediska provádění na stavbách je pro nás více rozhodující teplota blízká 0 °C. Tato teplota totiž nastává v pozdních podzimních měsících především v nočních hodinách a firmy při snaze prodloužit co nejvíce stavební sezonu tento fakt záměrně opomíjejí. Při testování vzorků jsem se tedy zaměřil právě na testování při nízkých teplotách, tj. v okolí 0 °C a pod ní.

Sady vzorků vždy byly rozděleny do dvou, případně tří sérií, kdy jedna série byla umístěna v interiéru laboratoře, tj. v optimálních teplotních podmínkách +22 °C ±1 °C. Druhá série, vytvářena především jako ověřovací sada, byla umístěna ve standardním pultovém mrazáku, kde byla vystavena teplotám -10 °C ± 1 °C. Tato teplota byla zvolena, protože odpovídá regulačním schopnostem mrazáku a bylo možné ji trvale udržet.

Protože metodiky zkoušek již byly podrobně popsány v samotné práci, zde se jen zmíníme o seznamu použitých metod.

4.1.1 Měření velikosti zrn pomocí laserové difrakce [24]

Provedení této zkoušky bylo za účelem získání průběhu zrnitostních křivek.

4.1.2 Určení kaše normální hustoty pro zhotovení základní vrstvy [14]

Protože výrobci udávají různá množství vody pro vytvoření vhodné konzistence stěrkového materiálu, bylo nutné pro vytvoření porovnatelných podmínek zajistit stejnou hustotu směsi - proto bylo nutné u jednotlivých hmot určit množství vody pro „kaši normální hustoty“.

4.1.3 Stanovení počátku a konce tuhnutí hmoty - zkouška Vicatovým přístrojem [14]

Z hlediska zpracování a realizace vrstev je nutné znát dobu zpracovatelnosti hmoty a dobu konce tuhnutí. Výsledkem, vyplývajícím ze zkoušek, je čas od namíchání směsi s vodou po začátek a konec tuhnutí.

4.1.4 Zkoušky nasákavosti materiálu [15, 18]

Hlavním záměrem zkoušky je zjistit maximální nasákavost materiálu, vyjádřenou v objemových procentech. Dalším krokem je porovnání rozdílů v nasákavostech u materiálu, provedeném v ideálních podmínkách a u materiálu, vystaveném nepříznivým klimatickým podmínkám.

4.1.5 Ultrazvuková impulzová zkouška - měření a výpočet dynamického modulu pružnosti materiálu [9, 10, 21]

Ultrazvuková impulzová metoda - princip spočívá v opakovaném vysílání mechanických tlumených vln - impulzů - do zkoušeného materiálu. Vzniklé vlnění (dilatační napěťové vlny), které prošlo materiálem měřeného prvku po dráze L je sejmuto snímačem a je změřena doba průchodu T . Vyhodnocenou veličinou je rychlost šíření UZ impulzu, která slouží jako výchozí hodnota pro další hodnocení (např. stejnoměrnosti, homogenity) materiálu.

4.1.6 Zkoušky tahem za ohybu [9, 11, 12, 13]

Jedná se o zkoušky, kterými se na vzorcích určí pevnost materiálu v tahu za ohybu. Rozdílné hodnoty zkoušek pro hmoty ve standardních a extrémních podmínkách by měly vypovídat o snížení technických parametrů hmot. Dle norem [9, 11, 12, 13] se na základě naměřené síly pro zlomení vzorku spočte výsledná pevnost v tahu za ohybu.

4.1.7 Zkoušky tlakem [11, 12]

U této zkoušky byla zjišťována tlaková pevnost, a to na vzorcích uložených v laboratoři a také na vzorcích, které byly podrobeny zmrazovacím cyklům. Přepočtem síly na plochu zjistíme pevnost materiálu v tlaku. Výsledná síla v N při porušení vzorku se zaznamená a použije pro výpočet tlakové pevnosti.

4.1.8 Zkouška zmrazováním [16, 17]

Podstatu těchto zkoušek zachycuje hlavně ČSN 722452 [17] v návaznosti na již neplatnou ČSN 722440. Definici bychom mohli napsat takto - „Odolnost při namáhání střídavým zmrazováním a rozmrazováním je schopnost výrobku odolávat opakovanému zvlhnutí s následným zmrazením, hodnocená nasákavostí a změnou vlastností při zkoušce tlakem, včetně hodnocení případných poškozen a úbytku hmoty“.

4.1.9 Přídržnost základní vrstvy k izolantu [24, 25, 27]

Podstatou zkoušky je zjišťování síly, kterou je potřeba vynaložit, aby došlo k odtržení lepicí hmoty nebo základní (výztužné) vrstvy od tepelného izolantu. Na základě známé odtrhové plochy a síly pak lze spočítat hodnotu přídržnosti stěrkové hmoty k podkladu, ať je jím zdivo nebo izolant.

4.1.10 Stanovení odolnosti proti rázu [25, 27]

Podstatou zkoušky je zjišťování poškození, která vzniknou v důsledku dopadu ocelové koule s danou hmotností z předepsané výšky na lící povrch ETICS - tak je stanovená odolnost rázu a hodnotí se viditelné poškození.

Jako poškození se hodnotí výsledky:

- viditelná síť vyztužení,
- viditelné odchlípnutí horní vrstvy základní (výztužné) vrstvy,
- proražení základní (výztužné) vrstvy,
- odtržení vrstvy buď od izolantu, v samotné vrstvě (nebo od podkladu).

Jako výsledek zkoušky se zaznamenává zjištěné poškození vzorku a jeho velikost.

5. VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK

5.1 MĚŘENÍ VELIKOSTI ZRN POMOCÍ LASEROVÉ DIFRAKCE

Můžeme obecně říci, že by mělo platit, že čím jemněji je hmota mletá, tj. čím menší má zrna, tím více zrn ve směsi je a má větší smáčený povrch - tudíž reakce mohou probíhat rychleji na větším povrchu zrn. Na základě těchto údajů by se dalo usuzovat, že jemněji mleté hmoty budou tuhnout a tvrdnout rychleji a budou vyvíjet více hydratačního tepla - tyto faktory by je předurčovaly pro použití za nižších teplot, kdy by nám zvýšená hladina hydratačního tepla pomáhala eliminovat negativní vlivy nízké teploty při realizaci. Výsledky dosažené měřením laserovou difrakcí jsou uvedeny v grafu na obr. č. 1 na str. 19. Na obrázku je možné vidět graf křivek zrnitostí jednotlivých materiálů - je vidět velká podobnost zrnitostních křivek. Některé směsi však v jistých ohledech „vybočují z řady“. Můžeme to například říci o hmotách Weber Therm Klasik a Weber Therm Mínus 7, které mají jemnější mletí v porovnání s ostatními hmotami. Naopak o hmotě Baunit Duocontact lze říci, že je lehce hruběji mletá než ostatní. Na prokázání zásadnosti tohoto vlivu by bylo nutné provést důkladnější měření a testy například v klimatické komoře, kde by při srovnání jemnosti mletí při různých stupních prostředí mohly lépe a hlouběji objasnit chování hmot při realizaci za rozdílných teplot, ať nízkých či extrémně vysokých. Na základě dostupných výsledků je možné říci, že vliv jemnosti mletí může přispívat k vhodnosti hmoty do nízkých teplot.

Na základě výsledků je také možné pozorovat, že žádná z použitých hmot neobsahuje částice větší jako 2 mm. To znamená, že je teoretické možné vytvořit vrstvu o tloušťce 2 mm (tato hodnota je udána jako limitní i v ČSN 732901). Tato tloušťka vrstvy však v praxi nevyhovuje požadavkům na tloušťku krytí výztužné síťoviny a ve většině případů není možné ji na stavbě provést. Proto se pro praxi většinou používá minimální tloušťka vrstvy 3 mm, přičemž tloušťka dle normy ČSN 732901 se udává hodnotou standardně 2 až 6 mm. Na stavbách většinou převažuje tloušťka prováděné vrstvy okolo 4 mm, což je optimální i vzhledem k velikosti částic, tak i vzhledem ke krytí síťoviny.

5.2 KAŠE NORMÁLNÍ HUSTOTY PRO PROVEDENÍ ZÁKLADNÍ VRSTVY

Zkouška proběhla na všech cementových suchých směsích od data do data a její průběh je zaznamenán na dokumentech v příloze. Na základě zkoušek byly zjištěny potřebná množství vody pro výrobu kaše standardní hustoty. Následně se vyráběla zkušební tělesa ve dvou variantách - ve variantě první ze směsi dané dle výrobce, ve variantě druhé ve směsi dle Vicatovy zkoušky - ta měla přinést možnost porovnávat směsi mezi sebou bez ovlivnění rozdílným vodním součinitelem. Výsledku určit kaši normální hustoty bylo dosaženo, ovšem hmoty samotné v tomto provedení by nebyly vhodné pro základní vrstvy systému ETICS díky své horší zpracovatelnosti - takto vyrobená směs je hutná, nebylo by možné s ní jednoduše pracovat. Pro výrobu některých vzorků však vhodná byla a sloužila pro posouzení vlivu obsahu vody na vlastnosti hmoty. Výsledky Vicatovy zkoušky jsou v tab. 1 na str. 18.

5.3 URČENÍ POČÁTKU A KONCE TUHNUTÍ

Touto zkouškou byla zjišťována jednak doba, po kterou je hmotu možné zpracovávat, tj. doba do počátku tuhnutí, když již manipulace s hmotou znamená porušení chemických dějů ve hmotě a snížení hodnot jejích technických vlastností. Druhým zjišťovaným údajem byla doba konce tuhnutí, kdy již je možné říci, že hmota začíná nabývat vlastností, které jsou výrobcem deklarovány. Výsledky této zkoušky jsou zahrnuty v popisech vlastností hmot v tabulce č. 13 na str. 54 v práci a záznamy z průběhu zkoušky včetně grafů srovnání jednotlivých hmot najdeme v přílohách práce pod označením P1. V přílohách je také vložen graf P2, ve kterém je zaznačen průběh zkoušek s ohledem na čas při běžné teplotě a standardním postupu zkoušky - v těchto tezech se jedná o obr. 2. Jak můžeme pozorovat, nejrychlejší nástup reakcí má hmota Weber therm -7, která je primárně určena pro nízké teploty, čili musí mít vyšší vývin hydratačního tepla, čemuž právě nasvědčuje křivka počátku tuhnutí. Nejpomalejší jsou hmoty standardní a to Baumit Procontact a Duocontact. V přílohách P3 až P6 práce pak můžeme porovnat křivku náběhu tuhnutí pro vzorky o tl. 4 mm, při ideální teplotě a při teplotě -10°C. Pokud tyto křivky srovnáme, je možné říci, že nejnižší rozdíl vykazuje hmota Baumit Klebespachtel Speed, u které se doba počátku tuhnutí prodlouží "pouze" o dalších 120 minut na celkových 270 minut od namíchání směsi. To vypadá jako dobrá zpráva z hlediska zpracovatelnosti, ovšem tak tomu není, naopak to otevírá větší okno pro chyby. Pokud budeme chtít jmenovat "nejhorší" hmotu, musíme zmínit hmotu Stomix S1P, u které se doba počátku tuhnutí zpozdila o dalších 450 minut. Druhou nejlepší hmotou je pak Weber therm mínus 7, kdy se doba prodloužila o 150 minut. Ostatní hmoty se pohybují průměrně mezi 200 až 300 minutami. Co se týče konce tuhnutí, to u většiny hmot umístěných v mrazicím pultu nebylo zjištěno protože záznam měření se prováděl pouze 24 hodin, viz. tab. 13 na str. 54 v práci.

Druh hmoty	Poměr mísení dle výrobce		Poměr dle zkoušky Vicatovým přístrojem		Poznámka	% rozdíl množství vody ve směsi
	Suchá směs [g]	Množství vody [g]	Suchá směs [g]	Množství vody [g]		
Weber.therm technik	100	25	100	10,4	dle výrobce 25 kg / 6,3 l vody	0
Weber.tevamin tmel Z	100	23	100	14,2	dle výrobce 25 kg / 5,5 l vody	137
Weber.therm mínus 7	100	24	100	15,4	dle výrobce 25 kg / 6,0 l vody	148
Weber.therm klasik	100	25	100	17,3	dle výrobce 25 kg / 6,5 l vody	166
Baunit Duocontact	100	23	100	12,2	dle výrobce 25 kg / 5,5 l vody	117
Baunit ProContact	100	23	100	12,5	dle výrobce 25 kg / 5,5 l vody	120
Baunit Klebespachtel Speed	100	24	100	14,25	dle výrobce 25 kg / 6,0 l vody	137
Stomix S1P	100	25	100	14,95	dle výrobce 25 kg / 6,25 l vody	144

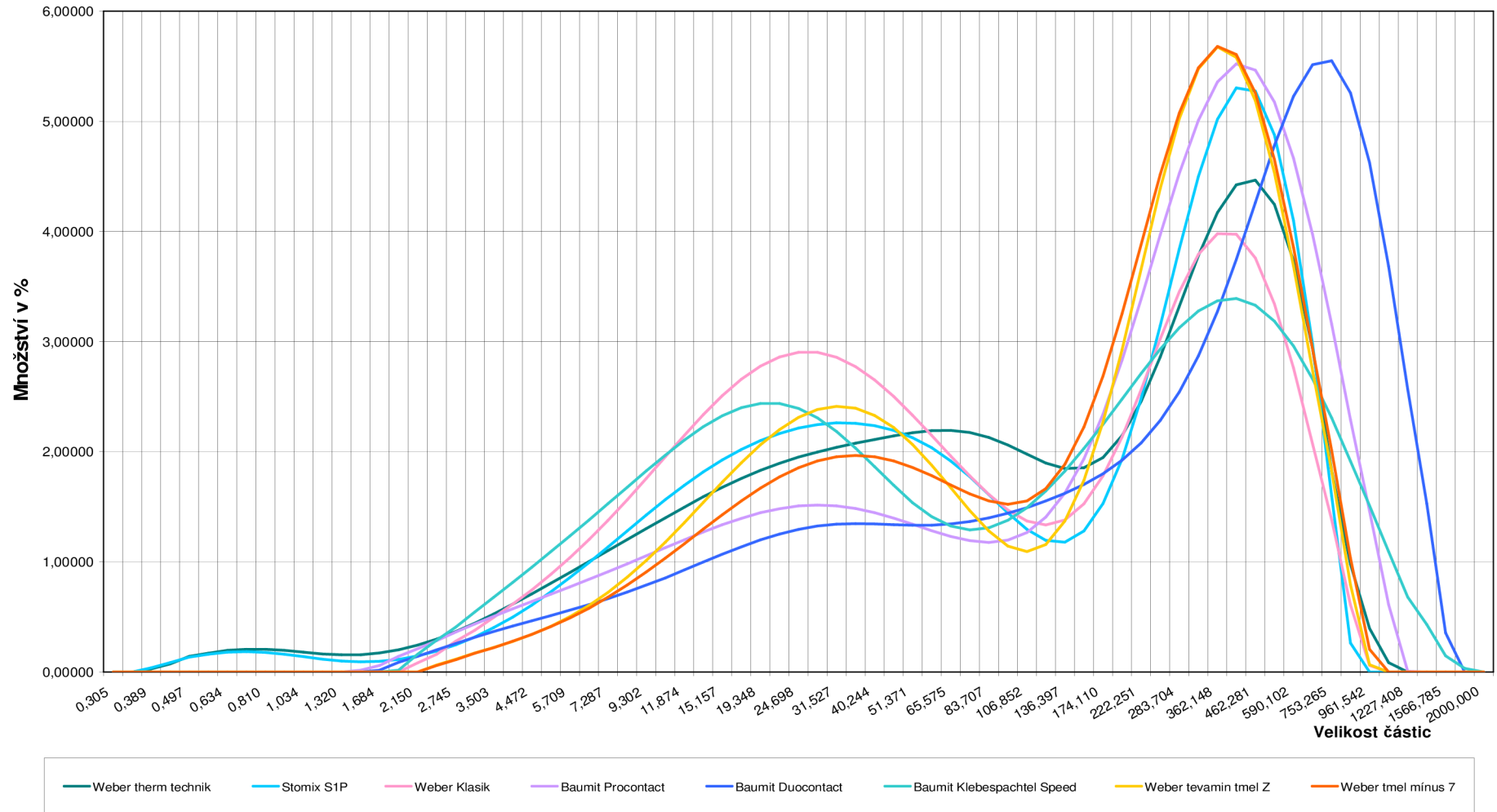
Poznámka: Jako 100% a výchozí hodnota je určena hmota s nejnižším obsahem vody pro kaši normální hustoty.

Tab. 1 Tabulka množství vody potřebného na 100 g hmoty, aby vznikla kaše standardní hustoty - výsledky ze zkoušek Vicatovým přístrojem - zároveň je uveden % rozdíl množství vody stanovené výrobcem a stanovené zkouškou

5.4 NASÁKAVOST MATERIÁLU

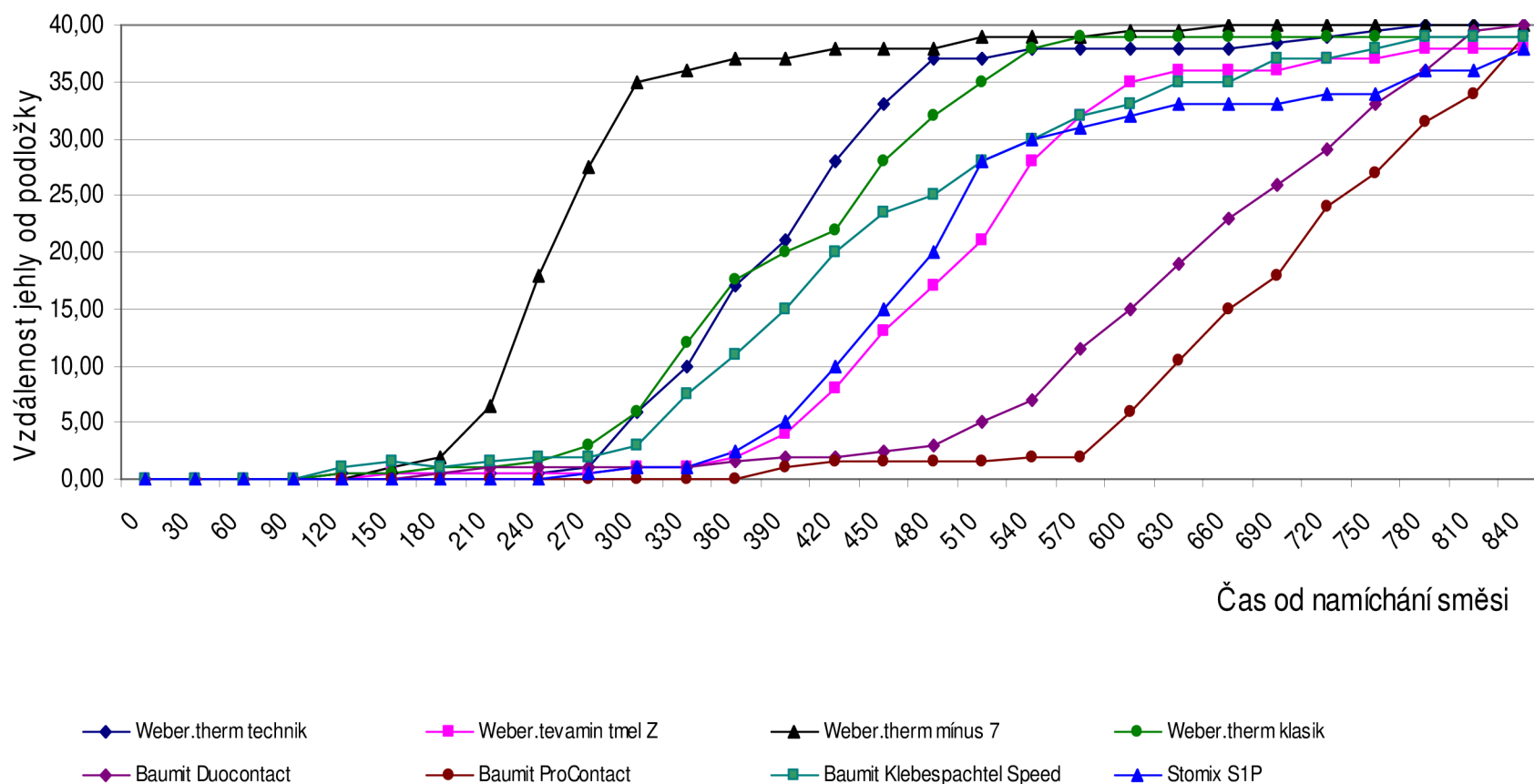
Testy nasákavosti materiálu byly rozděleny na tři fáze - zkoušky na přirozeně nasáknutých vzorcích, zkoušky na plně nasáknutých vzorcích a zkoušky na plně vysušených hmotách. Při měření na přirozeně nasáknutých hmotách bylo zjištěno, že mezi hmotami vyrobenými dle výrobce a hmotami vyrobenými dle zkoušek Vicatem je v průměru rozdíl v hodnotách nasákavosti mezi vzorky z interiéru a exteriéru cca 0,2-0,5 % v absolutní hodnotě. Pokud se podíváme na tabulku č. 2, zjistíme, že barevně označená pole jsou rozdíly mezi hmotami z exteriéru a interiéru, kdy hmota umístěná v exteriéru vykazovala menší nasákavost než hmota umístěná v interiéru. Jak je vidět z tabulky, v případě přirozeně nasycených hmot provedených dle výrobce tyto vlastnosti vykazují hmoty s přísadami pro nižší prováděcí teploty. Největší rozdíl v % objemu vlhkosti vykazuje hmota Weber therm -7, což je hmota určená do podmínek teplot s hodnotou až -7 °C. Při provedení hmot ze směsi dle Vicatovy zkoušky s menším vodním součinitelem vykazují stejné vlastnosti hmoty 6-8. Což značí, že z tohoto úhlu pohledu ve zkouškách nejlépe vychází hmoty speciální - tj. dle technických listů hmoty Weber Tevamin tmel Z (již nový název - dnes Weber.therm elastik Z), Weber.therm mínus 7. Ze standardních hmot se sem dá přiřadit ještě hmota Weber technik.

Výsledky měření vzorků laser. difrakcí



Obr. 1 Graf zrnitosti jednotlivých hmot v jednotném provedení - srovnání výsledků z měření velikosti částic laserovou difrakcí

P2 - Určení počátku a konce tuhnutí Vicatovými zkouškami



Obr. 2 Graf průběhu procesu tuhnutí pro jednotlivé hmoty ve standardních podmínkách

Hmota	Průměrná hodnota rozdílu v % mezi suchými a přirozeně nasycenými hmotami				Průměrná hodnota rozdílu v % mezi suchými a plně nasycenými hmotami				Průměrná hodnota rozdílu v % mezi přiroz. nasyc. a plně nasyc. hmotami			
	Směs dle výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle výrobce, umístěná v exteriéru	Směs dle Vicata, umístěná v interiéru	Směs dle Vicata, umístěná v exteriéru	Směs dle výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle výrobce, umístěná v exteriéru	Směs dle Vicata, umístěná v interiéru	Směs dle Vicata, umístěná v exteriéru	Směs dle výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle výrobce, umístěná v exteriéru	Směs dle Vicata, umístěná v interiéru	Směs dle Vicata, umístěná v exteriéru
Baumit Procontact	11,8	11,7	7,7	10,9	18,6	15,6	10,3	9,6	6,6	3,8	2,6	-1,3
Baumit Duocontact	10,3	14,7	8,1	10,3	20,1	19,2	10,3	9,3	9,7	4,3	2,2	-1,0
Weber Klasik	16,3	17,6	13,4	14,1	27,4	27,4	21,9	20,9	10,9	9,6	8,4	6,8
Baumit Klebespachtel Speed	15,7	19,2	13,1	14,6	18,8	18,1	13,1	15,0	3,1	-1,0	0,0	0,4
Stomix S1P	16,4	21,2	12,3	14,6	25,1	25,8	15,0	14,6	8,6	4,5	2,8	0,0
Weber therm minus 7	9,0	5,1	10,1	7,8	28,4	26,9	17,5	17,5	19,2	21,7	7,3	9,6
Weber therm technik	4,6	3,1	9,5	7,5	23,3	22,5	11,6	8,8	18,5	19,3	2,0	1,3
Weber tevamin tmel Z	7,5	6,1	9,2	6,3	24,8	22,6	15,0	13,3	17,2	16,3	5,8	7,0
Průměrná hodnota	11,5	12,3	10,4	10,8	23,3	22,3	14,3	13,6	11,7	9,8	3,9	2,9
Hmota	Přirozeně nasycené hmoty		Plně nasycené hmoty		% rozdíl mezi přiroz. a plně nasyc. stavem							
	Rozdíl v % vlhkosti dle výr.	Rozdíl v % vlhkosti dle zk. Vicatem	Rozdíl v % vlhkosti dle výr.	Rozdíl v % vlhkosti dle zk. Vicatem	Rozdíl v % vlhkosti dle výr.	Rozdíl v % vlhkosti dle zk. Vicatem						
Baumit Procontact	-0,2	3,2	-3,0	-0,7	-2,8	-3,9						
Baumit Duocontact	4,4	2,2	-1,0	-1,0	-5,4	-3,2						
Weber Klasik	1,3	0,7	0,0	-1,0	-1,3	-1,7						
Baumit Klebespachtel Speed	3,5	1,5	-0,7	1,9	-4,2	0,4						
Stomix S1P	4,8	2,3	0,7	-0,4	-4,1	-2,7						
Weber therm minus 7	-3,9	-2,3	-1,6	0,0	2,3	2,3						
Weber therm technik	-1,5	-2,0	-0,7	-2,7	0,8	-0,7						
Weber tevamin tmel Z	-1,4	-2,9	-2,2	-1,7	-0,8	1,1						
Průměrná hodnota	0,9	0,3	-1,1	-0,7	-1,9	-1,0						

Tab. 2 Tabulka vlhkosti materiálu - v % objemu - nahoře a tabulka hodnot rozdílu nasákavosti materiálu v % - dole

Poř.č.	Hmota	Pevnost v tlaku spočtená f_{be} s nezaručenou přesností [MPa] - přirozeně nasycené hmoty				Vzorky přirozeně vlhké, nezmrazované - pevnost v tlaku [MPa]				Přirozeně nasycené hmoty			
		Směs dle pokynů výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle pokynů výrobce, umístěná v exteriéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v interiéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v exteriéru	Směs dle pokynů výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle pokynů výrobce, umístěná v exteriéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v interiéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v exteriéru	% rozdíl pevností v tlaku - dle výrobce, interiéru*	% rozdíl pevností v tlaku - dle výrobce, exteriéru*	% rozdíl pevností v tlaku - dle Vicata, interiéru*	% rozdíl pevností v tlaku - dle Vicata, exteriéru*
1	Baumit Procontact	13,88	13,44	8,63	8,62	8,04	8,04	18,88	18,56	42,1	40,2	118,8	115,4
2	Baumit Duocontact	13,62	12,25	8,64	8,66	7,63	8,44	16,71	15,85	44,0	31,1	93,4	83,1
3	Weber Klasik	8,71	8,62	10,68	10,52	17,13	16,67	21,25	25,73	96,5	93,4	99,0	144,7
4	Baumit Klebepachtel Speed	9,19	9,24	10,52	10,35	18,38	15,79	29,88	24,27	99,9	70,9	183,9	134,5
5	Stomix SIP	8,69	8,81	10,87	10,77	19,08	19,90	28,38	31,23	119,7	125,9	161,1	190,0
6	Weber therm minus 7	13,27	18,05	9,10	8,68	6,90	4,90	25,58	18,35	48,0	72,9	181,2	111,6
7	Weber therm technik	21,98	22,18	10,10	9,84	3,58	3,00	27,42	23,88	83,7	86,5	171,5	142,7
8	Weber tevamin tmel Z	10,12	11,74	10,99	8,87	10,27	9,67	30,63	22,33	1,5	17,6	178,7	151,7
Poř.č.	Hmota	Pevnost v tlaku f_{be} s nezaručenou přesností [MPa] - nasycené, zmrazované vzorky				Vzorky nasycené, zmrazované - pevnost v tlaku [MPa]				Plně nasycené hmoty, zmrazované			
1	Baumit Procontact	14,40	14,12	8,61	8,62	8,27	10,88	15,98	17,25	42,6	23,0	85,6	100,2
2	Baumit Duocontact	14,11	12,88	8,61	8,62	6,27	6,81	15,50	14,13	55,6	47,1	80,1	63,8
3	Weber Klasik	8,62	8,61	11,21	11,19	22,13	20,60	29,52	29,10	156,6	139,2	163,3	160,1
4	Baumit Klebepachtel Speed	9,35	9,25	10,41	10,60	16,79	17,83	32,13	29,44	79,6	92,8	208,5	177,6
5	Stomix SIP	8,64	8,67	10,63	11,07	24,40	23,44	33,90	31,33	182,3	170,3	218,7	183,0
6	Weber therm minus 7	12,74	14,06	8,94	8,70	7,92	6,35	22,17	15,58	37,9	54,8	147,9	79,2
7	Weber therm technik	25,07	26,72	9,73	8,96	2,19	2,15	13,00	11,33	91,3	92,0	33,6	26,5
8	Weber tevamin tmel Z	9,89	10,80	10,85	9,19	13,21	12,83	28,85	25,13	33,6	18,8	165,9	173,3

Poznámka: * - hodnoty jsou uvedeny v absolutní hodnotě

Tab. 3 Tabulka výsledků zkoušek v tlaku - tabulka obsahuje údaje jak z měření ultrazvukem, kdy byla pevnost v tlaku spočtena, tak údaje z destrukčních zkoušek na nezmrazovaných i zmrazovaných vzorcích - obsahuje také procentuální srovnání hodnot z ultrazvuku a hodnot naměřených při destrukčních zkouškách

V momentě, kdy přejdeme k hodnocení výsledků směsí plně nasycených, docházíme k zajímavým hodnotám. Zde vykazují exteriérové vzorky vesměs až na pár výjimek nižší nasákavost, než hmoty uložené v interiéru ve vhodné teplotě. Jeho vysvětlením může být v exteriéru vyšší možnost vypařování vodních par díky pohybu vzduchu a vyššímu faktoru vysušování vzorků a tím k mírně rychlostně odlišným tuhoucím a tvrdnoucím procesům - na tuto otázku na základě dostupných výsledků neznám přesnější odpověď. Průměrná hodnota rozdílů v nasákavosti vzorku zde je 1,1 % pro hmoty dle parametrů výrobce a 0,7 % pro hmoty vyrobené ze směsi dle Vicata. Vše ve prospěch hmot vyrobených a umístěných v exteriéru.

Pokud bychom hodnotili množství přijaté vlhkosti, můžeme říci, že „nejhorších“ hodnot v těchto testech dosáhly hmoty standardní, ale nejvyšší hodnotu nasákavosti v objemových % pro plně nasycený stav najdeme u hmot speciálních. Tato hodnota je však oproti ostatním hmotám jen nepatrně vyšší. Speciální hmoty tento fakt (např. Weber.therm minus -7) kompenzují až o 10% nižším objemem vlhkosti ve vzorku při přirozeném nasycení oproti některým standardním hmotám, což znamená jejich velkou výhodu oproti standardním tmelům při provedení v nestandardních podmínkách.

Pokud vezmeme v úvahu údaje z tabulek 10 a 11 na str. 53 v práci, je limitní hodnotou nasákavosti hmoty hodnota $0,5 \text{ kg/m}^2$ za 24 hodin pro celou vrstvu. V tabulce vyhodnocení vidíme, že až na výjimky všechny hmoty podmínku splnily, u některých dokonce došlo ke snížení hodnoty nasákavosti. U hmoty Weber.therm klasik, Weber.therm minus 7, Weber.therm technik, Weber tevamin tmel Z a Baumit Duocontact došlo k překročení této limitní hodnoty. Překročení hranice nasákavosti u hmoty Weber.therm minus 7 je překvapením, u speciální hmoty bych takto vysokou nasákavost nečekal. U ostatních hmot se hodnoty pohybují v dovoleném intervalu, tj. 0 - $0,5 \text{ (kg/m}^2/\text{vrstva)}$ vody za 24 hodin.

5.5 ULTRAZVUKOVÉ MĚŘENÍ - DYNAMICKÝ MODUL PRUŽNOSTI V TLAKU NEBO TAHU E_{CU} ; PEVNOSTI V TLAKU F_{BE}

Výsledkem měření ultrazvukem je rychlost průchodu impulzu materiálem. Tyto rychlosti a výpočty jednotlivých hodnot jsou zaznamenány v přílohách práce. Měření probíhalo v souvislosti s testy nasákavosti. Z hodnot v příloze mělo být možné odvodit vztah pro závislost rychlosti průchodu impulzu materiálem na pevnosti v tlaku materiálu. Tato teorie se však ukázala sporná. Prvním z důvodů je především druh vzorků - trámce $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$. Dalším důvodem je „nejednoznačnost“ měření - velice viditelné je to při srovnání skutečné pevnosti v tlaku a spočtených hodnot na základě měření rychlosti průchodu ultrazvukového impulzu.

Hodnoty spočtené a hodnoty naměřené se značně liší, v průměru ze všech kombinací až o 100 %, přičemž limitní rozdíl činil až 218 %, což podstatným způsobem omezuje možnosti stanovení výpočtového vztahu. Je možné, že při testování více vyrobených vzorků hmot by bylo teoreticky možné tento vztah nalézt a posléze použít na stavbách jako nedestruktivní metodu zkoušení pevnosti v tlaku. Druhým hlavním úkolem tohoto měření bylo určení dynamického modulu pružnosti materiálu v tahu nebo tlaku

na základě měření ultrazvukovými impulzy. Toto měření probíhalo ve třech fázích - a to na vzorcích přirozeně vlhkých, plně nasycených vodou a plně vysušených. Výsledné hodnoty a výpočty pro jednotlivé varianty můžeme vidět v přílohách P9 až P14 - P9 a P10 pro plně vysušené vzorky, P11 a P12 pro přirozeně vlhké vzorky a nakonec P13 a P14 pro plně nasycené vzorky - přílohy najdeme v práci.

Z tabulky č. 3 je vidět, které hmoty - barevně označeny - vykazují hodnoty dynamického modulu pružnosti nižší v exteriéru než v interiéru. Tyto hodnoty můžeme brát však jen s rezervou, protože u plně a přirozeně nasycených hmot nám do výpočtů a měření vstupuje jako proměnná hodnota vlhkosti materiálu. Tato hodnota je u různých hmot různá a ovlivňuje čas průchodu impulzu materiálem.

Z tabulky č. 3 vidíme, že některé hmoty byly ovlivněny nízkými teplotami - barevně jsou opět vyznačeny hmoty, které u vzorků z exteriéru vykazovaly nižší hodnotu dynamického modulu pružnosti v tlaku nebo tahu. Některé z hmot jsou ovlivněny pouze v jednom druhu směsi - u takových hmot nelze s jistotou díky malému množství vzorků přesvědčivě odvodit, že příčinou je vliv nízkých teplot při realizaci nebo samotné složení směsi o rozdílných vodních součinitelích.

Z hlediska vyhodnocení hodnot se jeví jako kvalitnější hmoty, které vykazují vyšší hodnoty dynamického modulu pružnosti. Abychom však mohli toto tvrzení potvrdit, je nutné k tomuto hodnocení přiřadit i hodnocení hmot z hlediska tahu za ohybu - hmoty s vyšším modulem pružnosti by měly vykazovat vyšší odolnost v tahu za ohybu.

5.6 ZKOUŠKA TAHEM ZA OHYBU

Dle zmiňovaného postupu v části s metodami zkoušek byly testy provedeny a zjištěné hodnoty síly při poškození vzorku zaznamenány a dopočteny hodnoty pevnosti v tahu za ohybu R_f v MPa. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4, kde jsou opět barevně vyznačeny ty výsledky, u kterých vzorek umístěný v exteriéru vykazuje nižší hodnotu než vzorek z interiéru.

Hmota	Směs dle pokynů výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle pokynů výrobce, umístěná v exteriéru	% rozdíl vzorků v interiéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v interiéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v exteriéru	% rozdíl vzorků v exteriéru
Baumit Procontact	3,27	3,98	21,9	5,92	7,18	21,3
Baumit Duocontact	2,97	3,93	32,6	5,82	6,45	10,8
Weber Klasik	2,53	2,74	8,2	4,55	6,32	38,9
Baumit Klebepachtel Speed	3,54	6,31	78,3	6,78	9,61	41,8
Stomix S1P	5,58	6,69	19,9	6,78	9,35	38,0
Weber therm minus 7	1,85	2,09	13,0	5,02	3,09	-38,5
Weber therm technik	1,97	1,83	-7,3	8,98	8,33	-7,3
Weber tevamin tmel Z	3,33	3,03	-9,0	7,21	6,79	-5,8

Tab. 4 Výsledky testů v tahu za ohybu na přirozeně nasycených vzorcích - hodnoty uvedeny v (MPa) a rozdíly v %

Jak je vidět z tabulky 4, výsledky předpoklady z ultrazvukového měření nekopírují, vykazují spíše pro vzorky umístěné v exteriéru tendence vyšších výsledků pevnosti v tahu za ohybu, což nepodporuje teorii o horších vlastnostech standardních hmot při realizaci za nízkých teplot. Vykazují tendenci růst, což je dle mého zapříčiněno změnami teplot od minusových do plusových a lepším vysycháním. Pokud hodnoty zprůměrujeme, dostáváme hodnotu nárůstu pevnosti pro hmoty dle výrobce 19,7%, pro hmoty dle Vicata, kde je obsaženo méně vody, potřebné pro reakce cementu, 12,4%. Z tabulky je také patrné, že jednou z mála hmot, která vykazuje zhoršení vlastností, je i hmota Weber therm minus -7, která je přímo určená do nízkých teplot. Jak jsem již zmínil, přímo u této hmoty se domnívám, že je to způsobeno právě nízkým množstvím obsažené vody, tudíž slabšími reakcemi a tím i nižším vývinem tak potřebného hydratačního tepla.

5.7 ZKOUŠKY TLAKEM

Výsledky první části zkoušek pevnosti v tlaku, které byly prováděny ihned po zkouškách tahem za ohybu, můžeme vidět v tabulce č. 5. V tabulce si můžete všimnout velké rozdílnosti výsledků získaných výpočtem z měření průchodu ultrazvukového impulsu materiálem a výsledků získaných na lisovacích zařízeních. Původním plánem bylo tyto výsledky porovnat, stanovit mezi nimi procentuální odchylku a tak umožnit měřením ultrazvukem hodnotit pevnost materiálu bez destrukčních zkoušek. Tento záměr však na základě získaných výsledků není možné uskutečnit, výsledky se liší o velké hodnoty a není tudíž možné za zachování dostatečné přesnosti takovýto vztah určit.

Opět je také barevně označeno, které hmoty vykazovaly při zkouškách vyšší hodnoty u vzorků umístěných v laboratoři než u vzorků z exteriéru. Poněkud zarážející je tento výsledek u hmoty Weber minus -7, která svým určením až do teplot při $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ překvapila takto rozdílnými hodnotami. To je však pouze hodnocení rozdílu exteriér-interiér. Co se však týká výše hodnot, je při hodnocení pevnosti v tlaku vysoká hodnota spíše přítěží - z hlediska použití těchto materiálů je výhodou spíše pružnost a schopnost odolávat změnám teplot a tím spojeným teplotním změnám rozměrů bez porušení vrstvy. Z tohoto hlediska jsou výhodou hmoty s nižší pevností v tlaku a vyšší hodnotou modulu pružnosti. Pokud budeme hmoty hodnotit takto, tak nevyhovujícím patří hmoty standardní, které sice vykazují vysoké hodnoty pevnosti v tlaku, ale tím spíše budou méně dobře reagovat na podmínky vyžadující lepší vlastnosti, co se týká pružnosti materiálu.

Druhá fáze zkoušek tlakem byla provedena po zmrazovacích testech. Shodné údaje v obou případech vykazují hmoty Baumit Duocontact ve směsi dle Vicata, Weber klasik v provedení směsi dle výrobce, Baumit Klebepachtel Speed v provedení dle Vicata, Weber therm minus 7 v obou provedeních, Weber therm technik v obou provedeních a Weber tevamin tmel Z také v obou provedeních. Z těchto uvedených hmot, které vykazovaly nižší hodnoty při provedení v exteriéru bych jako „horší“ zmínil Baumit Klebepachtel Speed v provedení dle Vicata a Weber tevamin tmel Z v obou provedeních. Tyto hmoty vykazují totiž velmi vysoké pevnosti v tlaku, tudíž se dá usuzovat, že jejich pružnost a schopnost odolávat cyklickým namáháním změnami teploty bude nižší, což z hlediska životnosti systémů ETICS hraje značnou roli.

Pokud se budeme zabírat hodnotami, pak u hmot, kde nastává nárůst pevnosti, se pevnost zvyšuje v průměru o 9% u hmot přirozeně nasycených vodní parou a o 13,5% u hmot plně nasycených. Pokud se budeme bavit o snížení hodnoty pevnosti v tlaku, tak u hmot přirozeně nasycených je to v průměru o 14% a u hmot plně nasycených o 9,7%. Při pouhém srovnání procentuálního odklonu můžeme říci, že je stejný nárůst i pokles pevnosti, ale při pohledu na tabulku výsledků je jasné, že ve 2/3 případů dochází k poklesu, čili zhoršení vlastností hmot. Je však nutnost podotknout, že pevnost v tlaku není hlavní vlastností stěrek pro základní vrstvu.

5.8 ZKOUŠKY ODOLNOSTI PROTI ZMRAZOVÁNÍ - ZMRAZOVACÍ ZKOUŠKY

Při této zkoušce byly zjišťovány povrchové vady vzorků vlivem působení cyklů zmrazování a zahřívání - přičemž zmrazování bylo prováděno suchou cestou a zahřívání vodou - vodní lázní o příslušných teplotách. Dalším parametrem bylo sledování úbytku hmoty. U některých hmot však díky počtu cyklů a způsobu zkoušení došlo spíše k nárůstu hmotnosti - to je způsobeno vlhkostí a schopností materiálu vlhkost vázat a vydávat. V tabulce 6 jsou zachyceny hmotnosti vzorků po 75 zmrazovacích cyklech. Opět jsou barevně naznačeny výsledky, které jsou „nehodné“, to znamená hmoty, které po 75 cyklech vykazují přírůstek hmoty.

Překvapivé výsledky vykazovala opět „zimní hmota“ Weber mínus 7 - díky počtu cyklů však není možné považovat tyto výsledky za směrodatné. Vliv na hodnoty taktéž může mít způsob zatížení zmrazovacími cykly, které v tomto zařízení působí na veškerý povrch vzorků - v reálné situaci působí pouze na vnější povrch základní vrstvy.

Poř.č.	Hmota	Vzorky přirozeně vlhké, nezmrazované - pevnost v tlaku [MPa]				Přirozeně vlhké hmoty	
		Směs dle pokynů výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle pokynů výrobce, umístěná v exteriéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v interiéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v exteriéru	% rozdíl pevností v tlaku dle výrobce	% rozdíl pevností v tlaku - dle Vicata
1	Baumit Procontact	8,04	8,04	18,88	18,56	0,0	-1,7
2	Baumit Duocontact	7,63	8,44	16,71	15,85	10,7	-5,1
3	Weber Klasik	17,13	16,67	21,25	25,73	-2,7	21,1
4	Baumit Klebespachtel Speed	18,38	15,79	29,88	24,27	-14,1	-18,8
5	Stomix S1P	19,08	19,90	28,38	31,23	4,3	10,1
6	Weber therm mínus 7	6,90	4,90	25,58	18,35	-29,0	-28,3
7	Weber therm technik	3,58	3,00	27,42	23,88	-16,3	-12,9
8	Weber tevamin tmel Z	10,27	9,67	30,63	22,33	-5,9	-27,1

Poř.č.	Hmota	Vzorky nasycené, zmrazované - pevnost v tlaku [MPa]				Plně nasycené hmoty, zmrazované	
		Směs dle pokynů výrobce, umístěná v interiéru	Směs dle pokynů výrobce, umístěná v exteriéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v interiéru	Směs dle Vicatovy zkoušky, umístěná v exteriéru	% rozdíl pevností v tlaku - dle výrobce, interiér*	% rozdíl pevností v tlaku - dle výrobce, exteriér*
1	Baumit Procontact	8,27	10,88	15,98	17,25	31,5	8,0
2	Baumit Duocontact	6,27	6,81	15,50	14,13	8,6	-8,9
3	Weber Klasik	22,13	20,60	29,52	29,10	-6,9	-1,4
4	Baumit Klebepachtel Speed	16,79	17,83	32,13	29,44	6,2	-8,4
5	Stomix S1P	24,40	23,44	33,90	31,33	-3,9	-7,6
6	Weber therm minus 7	7,92	6,35	22,17	15,58	-19,7	-29,7
7	Weber therm technik	2,19	2,15	13,00	11,33	-1,9	-12,8
8	Weber tevamin tmel Z	13,21	12,83	28,85	25,13	-2,8	-12,9

Poznámka: * - hodnoty jsou uvedeny v absolutní hodnotě

Tab. 5 Pevnosti v tlaku laboratorně zjištěné, určené na vzorcích přirozeně vlhkých a jednak nezmrazovaných a jednak zmrazovaných

P.č.	Hmota	Úbytek hmotnosti po 75 cyklech zmrazování v [g]			
		Směs dle pokynů výrobce, interiér	Směs dle pokynů výrobce, exteriér	Směs dle Vicatovy zkoušky, interiér	Směs dle Vicatovy zkoušky, exteriér
1	Baumit Procontact	0,500	0,600	0,300	0,400
2	Baumit Duocontact	0,067	0,467	-0,033	0,167
3	Weber Klasik	-0,100	0,000	-0,300	-0,267
4	Baumit Klebepachtel Speed	0,333	0,300	0,433	0,400
5	Stomix S1P	0,133	0,067	0,300	0,300
6	Weber therm minus 7	-0,867	-0,600	0,133	-0,200
7	Weber therm technik	-0,733	0,267	0,200	0,133
8	Weber tevamin tmel Z	-0,367	-0,567	0,000	-0,233

Tab. 6 Tabulka naměřených hmotností vzorků po 75 cyklech - hmotnost je průměrná v gramech rozdílu pro sadu tří vzorků, přesnější údaje jsou obsaženy v přílohách

5.9 PŘÍDRŽNOST VÝZTUŽNÉ HMOTY K IZOLANTU

Na základě zkoušek přídržnosti byly získány výsledky uvedené v tabulkách 24 a 25 na stranách 120 a 121 v práci, kterou jsou rozděleny jednak na vzorky provedené na fasádním EPS a jednak na fasádní minerální vatě. Zde jsem při testech narazil na problém - předpokladem bylo, že odtrhový přístroj bude schopen měřit přídržnost hmot.

Tento sice síly schopen měřit je, ovšem ve vyšších hodnotách než se vyskytovaly u přídržnosti především minerální vaty. Z tohoto důvodu bohužel u vzorků na minerální vatě nebylo možné změřit hodnotu přídržnosti. Tento jev by bylo možné eliminovat zavedením alternativního postupu zkoušení dle předpisu [68], kdy by vzorky byly upraveny ne na kruhový terč průměru 50mm, ale čtvercovou desku o raně min. 150mm. Tuto zkoušku však v době psaní této práce nebylo možné provést z technických důvodů. K jejímu provedení nebyl dostupný přípravek pro uchycení vzorků do odtrhových zařízení a nebyly upraveny podstavce pro odtrhový přístroj.

Na výsledcích je možné pozorovat chování hmoty, co se týká přídržnosti - je totiž možné hodnotit způsob odtrhu od vzorku. U hmot provedených a umístěných v interiéru můžeme vidět, že část vzorku by ještě splnila požadavek norem a to, že destrukce vzorku nastane odtrhem v izolantu. Již zde je však pozorovatelná obecně nižší přídržnost hmot na izolantu z minerální vaty, než u polystyrenu. Osobně bych tento jev přisoudil struktuře materiálu a jeho povrchu, kde polystyren je více kompaktní a soudržný jako materiál, na rozdíl od minerální vaty. Pokud přejdeme k hodnocení vzorků umístěných v mrazícím pultu pod vlivem nízkých teplot, došlo ke zhoršení přídržnosti obecně - u vzorků z minerální vaty bohužel nelze procentuálně vyjádřit toto zhoršení, ovšem dle popisu destrukce vzorků je vidět, že zde dochází daleko více k destrukci oddělením od podkladu, případně k odpadu vzorku již při jádrovém odvrtnu. Normy přitom požadují minimálně odtrh v izolantu, což je splněno pouze u 6 vzorků z 24 hodnocených. U ostatních vzorků došlo k nežádoucímu porušení a vzhledem ke vzorkům z interiéru také většinou ke zhoršení. Toto obecně vypovídá o velkém vlivu teploty při provádění na kvalitu vrstvy. Můžeme také formulovat výsledky na základě údajů zjištěných z odtrhových zkoušek na vzorcích provedených na polystyrenu. U těchto vzorků si sice projevila také „nevhodnost“ přístroje - jeho malá citlivost na nízké hodnoty - ovšem bylo možné změřit hodnoty přídržnosti a porovnat zjištěné výsledky s požadavky předpisů. Dle tabulek s požadavky je nutné aby přídržnost hmoty k podkladu byla min. 85 kPa nebo aby došlo k porušení vzorku v izolantu.

Jak můžeme vidět z výsledkových tabulek, které jsou v přílohové části pod označením P17 a P18 v práci, u vzorků z interiéru až na dvě z hmot všechny vzorky splnily podmínku na odtrh v izolantu. U hmot Weber klasik a Stomix S1P došlo k odtrhu na podkladu, což znamená nesplnění požadavků předpisů. Hodnota přídržnosti je však velice blízká požadované hodnotě, je tedy možné, že při provedení alternativní metody odtrhu by bylo dosaženo požadavků norem. Tato skutečnost by měla být ověřena. Pokud budeme hodnotit vzorky umístěné v mrazícím pultu při teplotě -10 °C, tak zde byly nižší „naměřené hodnoty“ přídržnosti - průměrný rozdíl pak činí dle výpočtu cca 40%, což již je nezanedbatelná hodnota. Také lze pozorovat toto snížení přídržnosti na způsobu destrukce vzorku, ve větší míře se zde totiž vyskytuje odtrh vzorku v hmotě nebo od

podkladu, což je nevhodné - takto by na skutečné stavbě došlo k oddělení základní vrstvy včetně povrchové úpravy a destrukci povrchu - výsledkem je boulení fasády, trhliny a opad - viz. kapitola o chybách provádění ETICS.

5.10 STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI RÁZU

Hodnoty pro vyhodnocení zkoušek odolnosti proti rázu jsou uvedeny v tabulce 26 na str. 125 v práci a v tabulkách P19 až P22 v části příloh, kde je i slovní hodnocení poškození vzorků při dopadu koulí s rázem 2, 3 a 10 J. Poškození je uvedeno v různých stupních, od hodnocení 0, kdy dopadající koule zanechala pouhý slabý otisk bez viditelného poškození až po kompletní destrukci povrchu a proražení celé základní vrstvy systému. Součástí zkoušky oproti předpisu [27] bylo také měření velikosti vtisku koule, aby bylo možné srovnat účinek dopadu na vzorek, protože slovní hodnocení a poškození nelze srovnávat procentuálně. Výsledky provedených zkoušek jsou uvedeny ve zmíněných přílohách. Pokud se podíváme na tabulky 24 a 25 na str. 120 a 121, vidíme diametrální rozdíly mezi zkouškami na vzorcích na EPS a na vzorcích na min. vatě. Plusové rozdíly znamenají nárůst otisku koule, tj. horší odolnost nárazu hmoty. Naopak minusové rozdíly znamenají zmenšení otisku koule a tudíž „lepší“ odolnost hmoty nárazu. Markantní je to především u vzorků na minerální vatě. Zde je však velká většina minusových hodnot způsobena především „tlumící“ schopností vaty, která je oproti EPS poddajnější a tudíž při zkouškách lépe slouží jako „tlumič“ nárazu. EPS je méně poddajný a tudíž je na něm lépe vidět přímo schopnost hmoty odolávat nárazu a nežádoucímu proražení.

Vyhodnocení rázové zkoušky - % rozdíl průměrů vtisků koule na vzorku						
Ozn. vzorku	EPS - vzorky umístěné v interiéru vs. vzorky umístěné v mrazícím boxu			Miner. vata - vzorky umístěné v interiéru vs. vzorky umístěné v mrazícím boxu		
	Práce při rázu			Práce při rázu		
	2J	3J	10J	2J	3J	10J
1a	100*	0	-10	100*	-20	-52
1b	0	0	0	100*	-20	-60
1c	0	-20	0	14	14	-22
2a	67	0	13	100*	67	20
2b	80	57	25	100*	-14	27
2c	60	25	31	100*	140	-15
3a	-38	-9	18	-33	17	-27
3b	-50	0	12	20	23	-7
3c	-67	-18	20	-50	-13	-33
4a	-23	8	0	-30	-38	-37
4b	0	-13	-12	-22	-8	-27
4c	0	-13	-8	-67	-33	-28
5a	50	71	100	100*	14	-13
5b	0	29	77	0	-33	-13
5c	0	80	20	0	29	55

6a	14	30	41	100*	-57	-20
6b	33	56	38	100*	-33	-33
6c	60	38	40	-25	17	33
7a	100	43	50	100*	33	18
7b	100*	100	45	100*	100*	56
7c	100*	40	8	100*	100*	33
8a	50	23	19	75	22	-10
8b	25	8	11	50	50	-12
8c	-11	0	10	50	25	100*
	15	22	23	-6	3	-7

* - hodnota 100 nahrazuje výpočet %, protože při zkoušce na vzorcích z interiéru nedošlo k poškození ani ke vtisku, tj. nelze rozdíly vyjádřit dle výpočtu, tj. je hodnota nahrazena nárůstem o 100%.

Tab. 7 Tabulka s % rozdíly velikostí vtisku ocelových koulí při zkoušce odolnosti proti rázu

Pokud začneme porovnáváním výsledků na polystyrenu, zjistíme, že u zmrazovaných vzorků došlo k nárůstu průměru otisku koule na povrch vzorků v průměru o 20 % (pokud bereme veškeré otisky), jednotlivě o 15 % v případě rázu 2 J, o 22 % v případě 3 J a o 23 % v případě 10 J rázu. Také pokud se podíváme na slovní hodnocení poškození, je možné konstatovat nárůst velikosti poškození, způsobeného pádem koule - v případě vzorků z mrazícího pultu je možné konstatovat, že u rázu 10 J dojde „vždy“ k destrukci vzorku, až na jisté výjimky, tj. schopnost hmoty a základní vrstvy odolávat nárazům a poškození klesla.

Pokud přejdeme k minerální vatě, vidíme, že hodnota průměrné velikosti vtisku koule se v případě 2 J a 10 J rázu snížila, naopak u 3 J rázu se zvýšila. Pokud bychom určovali průměr změny hodnoty vtisku za všechny vzorky na vatě, dospěli bychom k výsledku, že hodnota se o cca 3 % zmenšila, což by vedlo k závěru, že hmoty na vatě jsou „odolnější“ poškození rázem. Tuto skutečnost však má na svědomí spíše struktura materiálu izolantu, jak již bylo zmíněno, minerální vata je poddajnější materiál než EPS, tudíž přispívá k utlumení rázu. Jednotlivě lze na základě změřených otisků koulí říci, že hodnoty se měnily takto - u rázu 2 J se hodnota zmenšila o 6 %, v případě 3 J se zvětšila o 3 % a v případě 10 J se zmenšila o 7 %. Pokud se však podíváme současně na slovní hodnocení poškození, vidíme, že jako u vzorků na polystyrenu došlo u vzorků z mrazícího pultu k daleko větší destrukci vzorku při nárazu, než u vzorků z interiéru. Pokud poškození srovnáme s poškozením na polystyrenu, nedošlo v takové míře ke kompletní destrukci základní vrstvy, ale spíše k odhalení sítě a odtrhu vrstvy.

6. ZÁVĚRY A VLASTNÍ PŘÍNOS PRÁCE

V rámci práce byly zkoušeny stěrkové hmoty pro provedení základní vrstvy systému ETICS s ohledem na vliv nízkých teplot na vlastnosti hmot při jejich realizaci. V rámci práce byly hmoty testovány různými způsoby. Každá z těchto zkoušek nám o hmotách podala jisté informace. Jak bylo zmíněno, teplota při provádění základní vrstvy je jednou z nejdůležitějších veličin, kterou vedoucí pracovníci a dělníci musí sledovat, protože ovlivňuje výslednou kvalitu základní vrstvy. Každá chyba v této fázi se odráží jednak ve snížení životnosti systému, jednak v možném selhání systému a následné havárii zateplení.

Při formulování cílů práce byly vytčeny dva základní body:

- ověřit kvalitu základní vrstvy srovnáním hodnot při jejím provádění v deklarovaných a extrémních klimatických podmínkách,
- vyhodnotit získané poznatky a zpracovat závěry a doporučení pro stavební praxi, investory a stavební dozory.

Třetím cílem, který vyplynul v průběhu práce na zkouškách, bylo ověření použitelnosti jednotlivých metod testování pro tenkou vrstvu materiálu základní vrstvy.

6.1.1 Přínos do stavební praxe

Přínosem do stavební praxe je ověření některých vlastností stěrkových hmot jako nasákavost, pevnost v tlaku a tahu za ohybu. Naopak mínusem je nemožnost provést zkoušky tahem a porovnat výsledky s normou.

Pokud vezmeme v úvahu veškeré zmíněné závěry a zjištěné hodnoty, můžeme technologický předpis pro provádění ETICS a přímo základní vrstvy upravit přibližně takto:

- použití standardních hmot určených do teplot +5 až +30°C je možné při stálé teplotě dle uvedeného intervalu, teplota nesmí ani krátkodobě klesnout nebo vystoupat mimo uvedený interval - lze v některých případech zajistit vhodnými opatřeními,
- použití standardních hmot určených do teplot +5 až +30°C je možné při teplotách nad 0°C jen za podmínky, že tato teplota bude na konstrukci působit jen velice krátce, nebo je možné konstrukci a základní vrstvu proti této teplotě ošetřit vhodnými opatřeními,
- použití standardních hmot určených do teplot +5 až +30°C je možné bez opatření při teplotách nad 0°C jen na podřadné konstrukce, které nemají vysoké nároky na životnost systému - hrozí zde snížení technických vlastností hmot o průměrně až 18% - hodnota určená na základě provedených zkoušek,
- použití standardních hmot pro teploty pod 0°C nelze dovolit a doporučuje se v technologickém předpisu zateplení striktně uvést, že v těchto

podmínkách lze za určitých okolností ETICS provádět jen pomocí speciálních hmot - tj. hmot primárně určených pro teploty v okolí 0°C a pod ní - pro teplotní rozsah 0°C až +5°C lze doporučit hmotu Baunit Speed, pro rozsah -7°C až 0°C lze doporučit hmotu Weber.therm mínus 7 s vyloučením konstrukcí přímo namáhaných vnitřní vlhkostí - tj. ne na prostory s mokřými procesy díky vyšší nasákavosti hmoty.

Cílem, který nebyl předpokládán, ale který vyplynul v průběhu realizace, bylo posouzení laboratorních zkoušek a testovacích metod pro zkoušení základní vrstvy. Co se týká vhodnosti - veškeré testy se dají za určitých podmínek, případně s úpravami použít pro testování základní vrstvy, ovšem u některých metod testování vyžaduje přípravu speciálních pomůcek.

Testovací metody lze hodnotit asi takto:

- Laserová difrakce - tato metoda je proveditelná a vypovídající bez úprav,
- Vicatův přístroj - určení směsi „normální“ hustoty - metodika je použitelná bez úprav, ovšem kaše „normální“ hustoty je pro výrobu tenkých základních vrstev nevhodná - pouze na trámce 40x40x160 mm,
- Vicatův přístroj - určení doby počátku a konce tuhnutí - metodiku zkoušky je sice možné bez problémů použít, ovšem dle údajů je nutné upravit prstence tak, aby respektovaly tenkou vrstvu hmoty - tj. tl. cca 4 mm,
- ultrazvukové měření - dynamický modul pružnosti v tlaku nebo tahu a pevnost v tlaku s nezaručenou přesností - tato zkouška je proveditelná, použitelná bez úprav,
- zkouška nasákavosti - metodika zkoušky je vyhovující a není třeba ji měnit - pouze je nutné doporučit úpravu počtu vzorku navýšením,
- tah za ohybu - tato zkouška je proveditelná beze změn na metodice - pouze doporučen vyšší počet vzorků pro srovnání,
- zkouška tlakem - tato zkouška je proveditelná beze změn na metodice - pouze doporučen vyšší počet vzorků pro srovnání,
- zkouška zmrazováním - metodika opět bez problému použitelná, ovšem bylo by vhodné zvolit jinou podobu vzorků - kostky 40x40x40mm jsou sice vhodné pro testování povrchových destrukcí, ovšem svým uspořádáním nejsou podobné základní vrstvě na stěně objektu. Tyto vzorky by musely být provedeny na nenasákavém izolantu, tj. většinou EPS a provedeny jako na stavbě, to znamená s výztuží a v tl. 2-6 mm, optimálně 4 mm,
- zkouška přídržnosti k izolantu - použitá metodika nebyla vhodná pro tento typ izolantu - bylo vhodné metodiku upravit takto - místo odtrhových ter čů průměru 50 mm by bylo vhodné použít odtrhové desky min. 150x150 mm a vzorek samotný již by neměl být umístěn volně, ale plnoplošně přilepen lepidlem k pevnému podkladu. Místo izolantu 70F by měl být použit izolant 100F. Pro

minerální vatu by měla být použita odtrhová deska velikosti 200x200 mm. Samotný odtrhový přístroj Dyna by měl být nahrazen citlivým tahovým lisem,

- zkouška odolnosti rázu - metodu není nutné nijak upravovat - pouze je nutné ji doplnit měřením otisku koule na hmotě, aby bylo možné vzorky porovnávat.

S výsledky, které byly v rámci zkoušek dosaženy, je možné konstatovat již dobře známý fakt, že nízké teploty mají na stěrkové hmoty vliv. Je však také patrné, že pokud zmíněné teploty nedosáhnou záporných hodnot, je možné předpokládat u velké většiny hmot dostupných na trhu dostatečnou kvalitu, aby poskytly únosnou vrstvu pro následné finální povrchy.

Co je však nutné dodat, že takto zhotoveným vrstvám nelze garantovat životnost jako kvalitně provedeným vrstvám za běžných podmínek. Jak je vidět z výsledků, hmoty provedené v laboratoři při optimální teplotě ve většině testů vykazují vyšší hodnoty, než hmoty vystavené působení nízkých teplot.

Co se týká zjištěných poznatků, měly by přispět k jistému zpřesnění náhledu na rozsah teplot umožňujících v praxi realizaci stěrkových vrstev a to způsobem že rozlišíme hmoty dle teplotního intervalu. Z výsledků je možné jednoduše identifikovat hmoty, které lze bez problémů použít při teplotách do 1°C a dále hmoty použitelné až do -5°C, relativně do -7°C.

7. DALŠÍ MOŽNOSTI VÝZKUMU

Další směřování výzkumu by mělo vést především k většímu zpřesnění výsledků, především u zkoušek, ve kterých získaná data nejsou prozatím 100% přesvědčivá. To se týká například zmrazovacích zkoušek hmot, kde by bylo vhodné upravit vzorky a provést více zmrazovacích cyklů.

Také je zde prostor na zkoušky v klimatické komoře, kde by se následně daly specifikovat vlastnosti příslušné dané teplotě při realizaci. Také by se zde dal simulovat lépe vliv klimatických podmínek na plášť ETICS. Současně je zde také prostor na zpřesnění a doplnění výsledků tahových a ultrazvukových zkoušek, s jejichž pomocí by se teoreticky v budoucnu dal stanovit výpočtový vztah pro nedestruktivní kontrolu základních vrstev plášťů ETICS.

8. VÝPIS LITERATURY

Ve výpisu literatury jsou uvedeny pouze zdroje citované v tezích, kompletní výpis literatury je součástí disertační práce.

- [1] Český statistický úřad, www stránky, dostupné na < <http://www.czso.cz/>>
- [2] Sběrka zákonů, www stránky, dostupné na <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>>
- [3] ČSN online pro jednotlivce, www stránky, dostupné na <<http://csnonline.unmz.cz/>>
- [4] *Směrnice evropského parlamentu a rady 2001/81/ES o národních emisních stropích pro některé látky znečišťující ovzduší.* Říjen 2001. Vydáno v Úředním věstníku Evropské unie a Úředním věstníku evropských společenství, Lucemburk, 20 str.
- [5] *ČSN 732901 Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS).* Duben 2005. Český normalizační institut, Praha. 20 str.
- [6] Ing. Svoboda Pavel, Ing. Machatka Milan, CSc., Ing. Šála Jiří, CSc. *Sborník technických pravidel TP CZB 2007 pro vnější tepelně izolační kontaktní systémy (ETICS).* Vydala Česká energetická agentura, pod záštitou Cechu pro zateplování budov ČR, o.s., říjen 2007, Praha, 73 str.,
- [7] *ETAG 004 - Vnější kontaktní tepelně izolační systémy s omítkou.* Řídící pokyn pro evropské technické schválení, European Organisation for Technical Approvals EOTA, Kunstlaan 40, Anvenue des Arts B, Brusel, leden 2000, 80 stran
- [8] *ETAG 014 - Plastové kotvy pro kotvení vnějších kontaktních tepelně izolačních systémů s omítkou.* Řídící pokyn pro evropské technické schválení, European Organisation for Technica Approvals EOTA, Kunstlaan 40, Anvenue des Arts B, Brusel, leden 2002, 55 stran
- [9] Ing. Schmid Pavel, Ph.D., *Zkušebnictví a technologie - Modul BI02-M02 - Stavební zkušebnictví.* Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia, Fakulta stavební v Brně, Vysoké učení technické v Brně, 48 str.,
- [10] *ČSN 731371 Nedestruktivní zkoušení betonu - Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu.* Září 2011. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 12 str.
- [11] *ČSN EN 1015-11 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku.* Červen 2000. Český normalizační institut, Praha, 16 str.
- [12] *ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti.* Říjen 2005. Český normalizační institut, Praha, 28 str.
- [13] *ČSN EN 13892-2 Zkušební metody potěrových materiálů - Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku.* Listopad 2003. Český normalizační institut, Praha, 8 str.
- [14] *ČSN EN 196-3 Metody zkoušení cementu - Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti.* Červenec 2009. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 16 str.
- [15] *ČSN 731316 Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vzlínavosti betonu.* Zrušena 1. 12. 2003. Vydalo Vydavatelství norem, Praha 10 - Hostivař, 8 str.
- [16] *ČSN EN 12091 Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti při střídavém zmrazování a rozmrazování.* Červenec 1998. Český normalizační institut, Praha, 12 str.

- [17] ČSN 722452 *Zkouška mrazuvzdornosti malty*. Listopad 1968. Český normalizační institut, Praha, 4 str.
- [18] ČSN EN 12087 *Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení dlouhodobé nasákovosti při ponoření*. Červenec 1998. Český normalizační institut, Praha, 16 str.
- [19] ČSN EN 1015-2 *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 2: Odběr základních vzorků malt a příprava zkušebních malt*. Říjen 1999. Český normalizační institut, Praha, 12 str.
- [20] ČSN EN 1015-1 *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 1: Stanovení zrnitosti (sítovým rozborem)*. Říjen 1999. český normalizační institut, Praha, 12 str.
- [21] ČSN 731370 *Nedestruktivní zkoušení betonu. Společná ustanovení. Zrušená k 1. 10. 2011*. Český normalizační institut, Praha, 16 str.
- [22] ČSN EN ISO 15148 *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení nasákovosti částečným ponořením*. Únor 2004. Český normalizační institut, Praha, 20 str.
- [23] Ing. Kosíková Jana, *Laserová difrakce pro měření velikosti částic*. Letní škola materiálového inženýrství - sborník příspěvků odborného semináře, kolektiv autorů, Vydalo Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, Brno, 2012, 147 str., vydáno v rámci projektu *Podpora vzdělávání pracovníků center pokročilých stavebních materiálů CZ.1.07/2.3.00/20.0111*
- [24] ČSN EN 13495 *Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení soudržnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) (zkouška pěnovým blokem)*. Říjen 2003. Český normalizační institut, Praha, 12 str.
- [25] Ing. Machatka Milan, CSc., Ing. Šála Jiří, CSc., *Technická pravidla, kritéria a směrnice CZB 2001*. Vydal Cech pro zateplování budov ČR, o.s., 2001, Praha, 44 str., ISBN 80-86364-49-6
- [26] Ing. Svoboda Pavel, Ing. Machatka Milan, CSc., Ing. Šála Jiří, CSc., *Kontaktní zateplovací systémy - příručka pro navrhování a provádění*. vydal Cech pro zateplování budov ČR, o.s., ve spolupráci s Českou energetickou agenturou a Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků, činných ve výstavbě o.s., prosinec 1998, Praha, 48 str.,
- [27] Ing. Svoboda Pavel, Ing. Machatka Milan, CSc., Ing. Šála Jiří, CSc., *Kritéria pro kvalitativní třídy vnějších tepelně izolačních kontaktních systémů (ETICS)*. Vydala Česká energetická agentura, pod záštitou Cechu pro zateplování budov ČR, o.s., listopad 2007, Praha, 22 str.,
- [28] ČSN EN 13494 *Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení přídržnosti lepicí hmoty nebo základní vrstvy k tepelně izolačnímu materiálu*. Říjen 2003. Český normalizační institut, Praha, 12 str.
- [29] Ing. Schmid Pavel, Ph.D. a kolektiv autorů, *Základy zkušebnictví*, Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o., Final tisk s.r.o., Olomučany, leden 2001, Brno, ISBN 80-214-1816-8, 112 str.,
- [30] *Technologický předpis - Baumit zateplovací systémy*. [online] Citováno květen 2013. Dostupné na <http://www.baumit.cz/upload/Dokumentace/Technol_predpisy/Zateplovaci_systemy_Baumit_-_TP.pdf>

9. ŽIVOTOPIS

Ing. Michal Novotný (*1983 v Prostějově)

Dřevnovice 59, p. Nezamyslice, 79826, Olomoucký kraj

Vzdělání

- **1998 - 2002** - Střední průmyslová škola a střední odborné učiliště, Lidická 2, Prostějov - Střední odborné vzdělání zakončené složením maturitní zkoušky, obor Pozemní stavitelství,
- **2002 - 2007** - Vysokoškolské vzdělání v oboru Pozemní stavby se zaměřením Technologie, mechanizace a řízení staveb, ukončeno získáním titulu inženýr (Ing.), na VUT v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, Brno,
- **2007 - dosud** - Postgraduální studium na VUT v Brně, Fakultě stavební, v oboru Stavební inženýrství se specializací Technologie staveb, zaměřením na tepelné izolace a systémy ETICS.

Praxe:

- **09/2011 – dosud** Asistent - Ústav Technologie, mechanizace a řízení staveb, VUT FAST Brno - pedagogická činnost v předmětech, např. Technologie staveb, Technologie stavebních prací, Realizace staveb, a Automatizace stavebně technologického projektování, Počítačová podpora v přípravě a realizaci staveb, Stavebně technologické projektování, Příprava a řízení staveb, konzultace a vedení bakalářů a diplomantů v předmětech Bakalářský seminář, Diplomový seminář, výzkumná a publikační činnost, podávání a řešení grantů, účast na odborných konferencích a seminářích, tvorba odborných posudků v oboru Technologie staveb, Termovizní a tepelná technika,
- **09/2008 – 9/2010** Spolupráce s ARCADIS Geotechnika a.s. na akci I/42 Brno VMO Dobrovského - částečný úvazek ve spolupráci s TST, VUT BRNO - spolupráce při monitoringu objektů, sledování statických změn, pasportizace poškození, sledování stavu statického zajištění objektů v průběhu výstavby, protokolace informací,
- **09/2008 – dosud** Spolupráce na přípravě staveb - firma Flexistav s.r.o., Brno, Stavební 5 - příprava staveb, tvorba podkladů pro realizaci staveb, rozpočtování staveb, rámcové dozory staveb, technické poradenství, komunikace se specialisty a klienty.

Stáže

- **Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Stavební fakulta - Katedra technologie staveb**, pobyt v délce 3 měsíce v rámci programu FREE MOVERS a pobyt v délce 1 měsíce v rámci programu CEEPUS, pod vedením prof. Ing. J. Gašparíka, Ph.D., včetně částečného zapojení do pedagogické činnosti - pomoc s konzultacemi ve cvičeních.

Publikační činnost

- Publikační činnost včetně účastí na konferencích, publikace v časopisech atd. viz samostatná příloha disertační práce.

Technické znalosti a dovednosti

- Specializovaná měření v oboru stavební fyziky – tepelná technika - termovizní snímkování, měření neprůvzdušnosti objektů pomocí techniky Blower-door, tepelně technické a vlhkostní výpočty, práce v programu Stavební fyzika, příprava a projekce staveb v programech AutoCAD a ArchiCAD a softwarech BuildPower a MS Project.

Počítačové znalosti a dovednosti

- Běžná znalost systémů Microsoft Windows XP a 7, programů Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Visio), Autodesk AutoCAD, Graphisoft ArchiCAD, Tectite (Blower-door), Adobe Photoshop, speciálních programů Stavební fyzika (Svoboda), přípravářských programů MS Project, Contec, BuildPower, začátečník CorelDraw, Sketchup.

Další schopnosti, znalosti a dovednosti

- Aktivní zájem o nové trendy, materiály a technologie ve stavebnictví, zkušenosti z obchodních jednání se soukromými zákazníky, zájem o kulturu (12 let vzdělání v umělecké škole – aktivně trumpetista, euphonium, ochotnický soubor), schopnost pracovat na časově náročných projektech, úzká spolupráce se stavební praxí, řidičský průkaz skupiny B, profesní průkaz na motorové vozíky, nakladače a rypadla do 3,5t, zbrojní průkaz sk. A, C, E.

Zájmy

- Literatura, modelářství, střelba, hudba.

Abstrakt:

Trendem dnešního stavebnictví jsou rostoucí požadavky na kvalitu a komfort budovaných staveb a prostor v nich. Tento trend způsobuje změny v přístupu k navrhování objektů a k budování nových staveb. Jedním z hlavních směrů je velká pozornost věnovaná rekonstrukcím budov a jejich technickým úpravám tak, aby splňovaly právě stále rostoucí požadavky norem a zákonů. Jedním z nejvíce sledovaných parametrů jsou tepelně-technické vlastnosti objektů - tj. lepší kvalita znamená úsporu nákladů na vytápění. S tím se pojí jeden velký trend moderního stavebnictví a to zateplování budov, převážně systémy ETICS.

Disertační práce se zaměřuje na základní (vyztuženou) vrstvu systémů ETICS a zkoumá vliv nízkých teplot, působících na hmoty při realizaci systému, na vlastnosti této vrstvy. Tato vrstva je totiž jedním z nejdůležitějších prvků systému, který víceméně určuje kvalitu a životnost celého systému. V úvodní části se zabývá současným stavem problematiky a obecně zateplovacími systémy, jejich základními druhy a výhodami a nevýhodami těchto systémů. V hlavní části práce je řešeno zaměření práce, její cíle a metodické postupy při zkoušení hmot za pomoci laboratorních testů a jsou zde zmíněny výstupy pokusů v podobě výsledků. V závěrečné části se řeší vyhodnocení získaných dat, a výsledky a výstup pro stavební praxi. Samotné téma práce bylo také řešeno ve specifickém výzkumu. Součástí práce jsou také číselné a grafické přílohy se záznamy a výpočty z pokusů.

Abstract:

The trend in today's civil engineering are growing demands for quality and comfort constructed buildings and spaces in them. This trend causes a change in the approach to designing buildings and building new buildings. One of the main directions great importance is attached dedicated reconstruction of buildings and their technical adjustments to meet the ever increasing demands being norms and laws. One of the most monitored parameters are thermal-technical characteristics of objects - i.e. better quality means saving on heating costs. In this connection there is a big trend of the modern construction industry and building insulation, mainly ETICS systems.

Dissertation focuses on the basic (reinforced) layer of the ETICS and examines the effect of low temperatures, acting on the matter in the implementation of the system, the properties of this layer. This coating is one of the key elements of the system, which more or less determines the quality and durability of the system. The first part deals with the current state of the problem and generally insulation systems, basic types and the advantages and disadvantages of these systems. In the main part of the work is solution focused work, its objectives and methodology for testing materials using laboratory tests and are mentioned outputs of experiments in terms of results. The final section addresses the evaluation of the data and results and output for construction practice. The theme of work was also addressed in the specific research. The works are also numerical and graphical attachments to records of experiments and calculations.

