



HI-SMART: HIGHER EDUCATION PACKAGE FOR NEARLY ZERO ENERGY AND SMART BUILDING DESIGN

6. MODUL

1. FEJEZET: FENNTARTHATÓSÁG

Az Európai Unió
Erasmus+ programjának
társfinanszírozásával



SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



1.1 TÖRTÉNELMI HÁTTÉR

A világhírű orosz író, L. N. Tolsztoj Háború és béke című regényének befejező részében a modern történetírást nem az élet eseményeinek egyszerű leírásaként és az okok kereséseként igyekeznek definiálni az egyének vagy nemzetek szabad választásában, ami szerinte lehetetlen, hanem a szükségszerűség törvényeinek kereséseként, amelyek az emberiséget, a nemzeteket és az egyéneket cselekvésre készítették. Analógiát tesz a matematikával, amikor azt mondja, hogy abban a pillanatban, "amikor ez a legpontosabb tudomány elérte a végtelen mennyiséget, felhagyott a töredezettség folyamatával, és új folyamatba kezdett: végtelen ismeretlenek hozzáadásába. A matematika elhagyta az ok fogalmát, és a törvényt keresi, vagyis az összes ismeretlen, infinitezimális elem közös tulajdonságait". Tolsztoj szerint a történelmi események nem az emberek szabad akaratának a termékei, hanem az emberek cselekedeteit külső, például földrajzi, néprajzi vagy gazdasági körülmények határozzák meg. Azt mondja, hogy "igaz, hogy nem érezzük függőségünket (jegyezzük meg: a külső körülményektől), de ha elismerjük, hogy szabadok vagyunk, akkor értelmetlenségre jutunk, ha viszont elismerjük a külvilágtól, az időtől és az okoktól való függésünket, akkor törvényekhez jutunk". A jelenlegi világjárvány, amelyet az új koronavírus, a sars-cov-2 okoz, megerősíteni látszik ezt a tézist. Ha nem veszünk tudomást egy olyan vírusról, amelyet nem látunk és nem érzünk, és ragaszkodunk a gyülekezés, az utazás stb. szabadságához, akkor jelentősen megnő a fertőzés esélye. Ha azonban elfogadjuk a fenyegetés tényét és alkalmazkodunk a cselekedeteinkhez, azaz egy időre lemondunk a feltételezett szabadságjogokról, akkor nő az esélye annak, hogy sértetlenül túléljük a világjárványt. A valódi szabadságunk tehát abban rejlik, hogy felismerjük a koronavírus létezésének tényét és a megelőző intézkedések megtételének szükségességét.

Az építés és az építészet történetében hasonló szükségszerűségeket láthatunk, amelyek a jelenlegi állapothoz vezettek, amikor a környezet romló állapotára reagálva a fenntartható építészet és építés szükségességéről beszélünk.

Teljesen világos, hogy az épületek elsődleges célja régen az volt, hogy megvédjék az embereket az éghajlati viszonyok hatásaitól, és megfelelő körülményeket teremtsenek életükhöz és tevékenységükhöz. Az éghajlati viszonyok még mindig valószínűleg a legfontosabb tényező, amelyet figyelembe kell venni, amikor olyan épületeket terveznek, amelyekben emberek állandó laknak. A válasz az épület külső burkolata, amely véd a szélről, esőtől, hidegtől vagy hőtől. A második fontos tényező a kellően nagy és egészséges belső terek kialakításának szükségessége, hogy lehetővé tegye az emberi tevékenységek kibontakozását. Ez az igény az emberiség fejlődésével és a fő munkatevékenységeknek a külső környezetből a belső környezetbe való fokozatos áthelyezésével nő. További tényezők az építészeti gazdasági lehetőségei, az építőanyagok elérhetősége, a népsűrűség stb. Nem szabad megfeledkezni arról a gyakran figyelmen kívül hagyott tényről sem, hogy az építőipar rengeteg ember fő foglalkozási tevékenysége. A történelemben viszonylag nehéz,

ha nem lehetetlen meghatározni azt az időpontot, amikor mindezek a tényezők, valamint sok más tényező egy hatalmas kihívássá olvadtak össze, hogy a lehető legszélesebb népesség számára biztosítsanak jó minőségű, emberhez méltó élet- és munkaterületeket. Talán az Egyesült Államokban a 19. és a 20. század fordulóján, talán Európában a két világháború közötti 1930-as években, a hatalmas gazdasági fellendülés időszakában. P. D. Close 1946-ban Chicagóban jelentette meg "Building Insulation" című könyvének harmadik kiadását, amelyben részletesen tárgyalta az épületek hő- és hangszigetelésének alapelveit és lehetőségeit. Többek között foglalkozik az építőanyagok hőátadásának alapjaival, tulajdonságaival, az épületek hőveszteségének számításával, a hőszigetelés gazdaságosságával és hatékonyságával, valamint ezek hatásával a fűtési rendszer méretezésére, a belső felületek vízgőz-kondenzációjával stb. Már ekkor bemutat egy grafikont a hőszigetelés vastagságának a hőáramlás csökkentésére gyakorolt hatásáról, mondván, hogy "egyetlen végleges vastagságú hőszigetelés (vagy kereskedelmi hőszigetelés) sem lehet 100%-os hatásfokú". Találunk egy grafikus megoldást is a hőszigetelés optimális vastagságára az épület fűtési költségeinek csökkentése szempontjából. Ezt az elvet később más szerzők a hőátbocsátási tényezővel (U-érték), illetve más releváns független változókkal hozták összefüggésbe. Például A. Csík (2014) egy hasonló, bár összetettebb numerikus megoldást mutat be az épületek felújításának és üzemeltetésének globális költségeinek optimalizálására, ahol a bemeneti független változó az épületburok szigetelésének költsége. Mindezen esetben az alapfeltétel a fosszilis tüzelőanyagok fő képviselőjének, a kőolajnak kellően magas és stabil, vagy jobb esetben emelkedő ára, amelynek ármozgásaihoz a hőforrások gáz és szén is kapcsolódnak. Tekintettel arra, hogy a nyersolaj ára az 1940-es évek végi kezdeti emelkedés után viszonylag alacsony szinten, 30-20 dollár között stabilizálódott, és az első olajválságig tartó csökkenő tendenciát mutatott, az energiahatékonyság és az épületszigetelés kérdése nem volt téma. Különösen az Egyesült Államokban volt jellemző ebben az időszakban az egész éjszakai világítás mind a lakó-, mind az irodaházakban. A sokk 1973-ban, az izraeli-arab konfliktus, más néven a Jom Kippuri háború, és az azt követő olajválság idején következett be, amelyet a kőolaj árának az olajtermelő arab országok által elrendelt exportembargó miatti meredek emelkedése váltott ki. A második válság 1979-ben következett be az iráni iszlám forradalom következtében. Mindkét esemény jelentős mérföldkövet jelentett az energiaellátás és annak felhasználása szempontjából. A nyugati világ felismerte egzisztenciális függőségét az olaj- és gázexportáló országok, különösen a Közel-Kelet és Észak-Afrika, majd később Oroszország olajától és gázától. Az Egyesült Államok és különösen Nyugat-Európa politikai válasza két fő irányban nyilvánult meg: a fosszilis tüzelőanyagokból származó energiával való takarékoság előmozdításában, és egyszersmind az új energiaforrások megtalálását célzó kutatások támogatásában. A fosszilis tüzelőanyagokból származó energia megtakarítását mind korlátozó, mind motivációs eszközökkel biztosították. Az előbbieket közé tartoztak és tartoznak ma is a megemelt üzemanyagadók és a különböző jogalkotási intézkedések. Az építőiparban ezek elsősorban az épületburok hőellenállására, később pedig a hővezetés és a szellőzés miatti teljes maximális fajlagos

hővesztésre vonatkozó növekvő követelmények voltak. Az épületburkolat egyes részeinek hőellenállására és a maximális fajlagos hővesztésre vonatkozó ajánlott szabványértékek egyre inkább törvényi előírásokká válnak (pl. a Német Szövetségi Köztársaságban 1976-ban elfogadott legelső (épületek) hővédelméről szóló rendelet, amelynek címe Wärmeschutzverordnung 1977 (WschVO 77)). Meg kell azonban jegyezni, hogy az akkori szabványok alapján az épületburkolat fő alkotóelemeinek kötelező hőellenállása, illetve hőátbocsátási tényezői (U-értékek) a mai felfogás szerint nagyon enyhék voltak. Ezek azonban fokozatosan szigorodtak. Ezt az egész folyamatot felgyorsította az 1982-ben a légkörbe kibocsátott freonok következtében keletkezett ózonlyuk felfedezése, valamint a földfelszín hőmérsékletének az üvegházhatású gázok kibocsátása következtében bekövetkezett növekedésének megfigyelése. A világ kezdte érzékelni a környezetet fenyegető globális veszélyt. Környezetvédők spontán közösségei alakulnak, amelyek közül sokan később politikai párttá alakulnak át, különösen Nyugat-Európában (pl. a Német Szövetségi Köztársaságban 1980-ban megalakult a Zöld Párt). Elsődleges programjuk a környezetvédelem, az üvegházhatású gázok kibocsátásának és a fosszilis tüzelőanyagoktól való energiatülszórás csökkentése, a megújuló energiaforrások támogatása, az atomerőművek leszerelése stb. volt. Azzal a tézissel összhangban, hogy a legjobban az az energia takarítható meg, amelyet egyáltalán nem kell megtermelni, az épületek működési energiaigényének csökkentésére összpontosítottak, különösen a hőszigetelés segítségével, és az építőanyagok mint olyanok, jelen esetben a hőszigetelés kérdése nem érdekelte őket. Végül a korabeli tudományos kutatások eredményei csak megerősítették őket ebben, hiszen azt állították, hogy a jó hőszigetelés alapvető feltétele az épületek fűtésére fordított energia csökkentésének (Close, 1946, Panzhauser et al., 1996). Az építőipar azonban nem volt teljesen felkészülve erre a helyzetre. Az egyre magasabb előírt hőállóságokat egyre nehezebb volt elérni, és ezzel egyidejűleg az épületek beszerzésekor megnövekedtek a ráfordítási költségek. Bár a hővezetésen keresztüli hővesztések jelentősen csökkentek, a szellőzésen keresztüli hővesztések, mint az emberek egészséges életének egyik alapfeltétele az épületekben, változatlanok maradtak. A megújuló energiaforrások használata az épületek fűtésének alternatív módjaként még gyerekcipőben járt, és nagyrészt nem tudta fedezni a fogyasztást. A múlt század kilencvenes éveinek közepén látott napvilágot Dr. W. Feist energetikailag passzív ház ötlete, amely a szellőztetett levegő hővisszanyerésén alapul, és így a szellőztetésen keresztül történő hővesztés jelentős csökkentésén. Természetesen az épületburkolat egyes részeinek alacsony hőátbocsátási tényezői (U-értékek) alapfeltételei egy ilyen ház működésének. Ezekben a házakban már nincs szükség igényes fűtési rendszerre, amelynek hőátadó közege a víz. Ha a megújuló energiaforrásokat, különösen a hőszivattyúkat és a napkollektorokat, illetve a fotovoltaikus paneleket használó helyi berendezések képesek kiegyensúlyozni az éves energiamérleget, akkor már közel nulla energiaszükséglet, azaz a fosszilis tüzelőanyagok elrejtésén alapuló energiával rendelkező házakról beszélhetünk. A helyi berendezéseknek a házban vagy annak telkén kell elhelyezkedniük, és a ház vagy csatlakozik vagy nem a nyilvános energiahálózathoz. Ha nem csatlakozik, akkor ez az úgynevezett autark, energetikailag

önellátó ház. Az ilyen összetett épületeket már nem lehetett az átlagos hőátbocsátási tényező vagy a fajlagos hőveszteség egyszerű értékével meghatározni. Figyelembe kellett venni a sajátos éghajlati viszonyokat, a napsugárzásból származó hőnyereséget, a belső berendezéseket és magukat az épületek lakóit, a fűtési (hűtési) és szellőztetési rendszer hatékonyságát, a megújuló energiaforrások felhasználásának lehetőségeit stb. Az épületek energiateljesítményének értékeléséhez pontosabb és módszertanilag egységesebb módszerre van szükség. A CEN (Comité Européen de Normalization, Európai Szabványügyi Bizottság) mellett különböző érdekcsoportok, főként környezetvédelmi aktivisták, szenedélyes szakértők és akadémikusok ragadják meg és támogatják az épületek önkéntes energiatanúsításának gondolatát. Meggyőződésük, hogy az energiatanúsítás hozzájárul az energiahatékony épületek értékének növeléséhez az ingatlanpiacon, és rákényszeríti a gazdaságtalan épületek tulajdonosait, hogy beruházzanak azok javításába. Sajnos a piac nem fogadta el ezt az elképzelést, és továbbra is az épület elhelyezkedését tekintette a legmeghatározóbb tényezőnek. A hőszigetelő ipar azonban, amely hagyományosan erősen képviselteti magát az illetékes CEN szabványalkotó bizottságokban, élt a lehetőséggel, és erőteljesen lobbizik az épületek energiateljesítményét növelő szabványok és jogszabályok mellett. Az alacsony energiafogyasztású, passzív (vagy ultraalacsony energiafogyasztású) és közel nulla energiafogyasztású épületek koncepciója végre alkalmazásra talált az európai jogszabályokban. 2002-ben az Európai Parlament elfogadta az épületek energiateljesítményéről szóló első irányelvet (2002/91/EK), amelynek célja az épületek jobb energiateljesítményének előmozdítása volt az Európai Közösségben, figyelembe véve a külső éghajlati és helyi viszonyokat, valamint a beltéri hőmérsékletet és a hatékonysági követelményeket, továbbá és követelményeket állapított meg a következőkre vonatkozóan:

(a) az épületek integrált energiateljesítményének kiszámítására szolgáló módszertan általános kerete;

(b) az új épületek energiateljesítményére vonatkozó minimumkövetelmények alkalmazása,

(c) az energiateljesítményre vonatkozó minimumkövetelmények alkalmazása a jelentős felújítás alatt álló nagyméretű meglévő épületek esetében;

(d) energiatanúsítvány;

és

(e) az épületek kazánjainak és légkondicionáló rendszereinek rendszeres ellenőrzése, valamint azon fűtési berendezések értékelése, amelyekben a kazánok több mint 15 évesek.

Az irányelv ezért az egyes tagállamok jogszabályaira bízta a konkrét számítási eljárások, az ilyen épületek energiateljesítményére vonatkozó minimumkövetelmények, valamint a tanúsítási skála meghatározását. Az Európai Bizottság ugyanakkor megbízta a CEN-t, hogy az elfogadott irányelvvel összhangban dolgozzon ki és fogadjon el szabványokat az épületek integrált energiateljesítményének módszertanára, számítására és környezeti hatásvizsgálatára vonatkozóan. Eddig több mint 200 új vagy jelentősen frissített szabványt

dolgoztak ki e megbízás alapján közvetlenül vagy közvetve az épületek energiateljesítményével kapcsolatban.

Annak érdekében, hogy teljesítse a globális hőmérséklet-emelkedés 2°C alatt tartására vonatkozó hosszú távú kötelezettségvállalását, valamint azt a kötelezettségvállalását, hogy 2020-ig az Egyesült Nemzetek éghajlat-változási keretegyezményéhez (UNFCCC) csatolt Kiotói Jegyzőkönyvnek való megfelelés érdekében az üvegházhatású gázok teljes kibocsátását legalább 20%-kal az 1990-es szint alá csökkenti, az Európai Parlament 2010-ben újabb irányelvet fogadott el az épületek energiateljesítményéről (2010/31/EU). Ez az irányelv már előírja a tagállamok számára többek között, hogy biztosítsák, hogy:

(a) 2020. december 31-től minden új épület közel nulla energiateljesítményű épület lesz;

és

(b) 2018. december 31. után minden olyan új épület, amely önkormányzati és/vagy amely az önkormányzatok tulajdonában van, közel nulla energiateljesítményű épület.

Míg az első irányelv úgyszólván a hőszigetelő ipar, az épületek energiateljesítményének önkéntes alapon történő bevezetésével sikertelenül próbálkozó polgári egyesületek, valamint az őszinte környezetvédelmi aktivisták, illetve politikai képviselők közös lobbizásának eredménye volt; a második irányelv valóban válasz a globális társadalmi kihívásokra, de különösen a Föld felszínének az üvegházhatású gázok miatt veszélyesen növekvő túlmelegedésére. A 2018-ban elfogadott harmadik irányelv (2018/844/EU) célja a korábbi, 2010-es irányelv kiegészítése és pontosítása mellett a digitalizáció előmozdítása és felhasználása az épületek energiateljesítményének növelése érdekében.

Közép- és Kelet-Európa államai, amelyek többnyire a volt Szovjetunió szatellitjei voltak, majdnem az 1990-es évek közepéig az olcsó szibériai és közép-ázsiai kőolajból vagy saját szénkészleteikből éltek. Különösen a nyolcvanas évekre jellemző az alacsony hőellenállású, előregyártott betonpanelekből épült, túlfűtött lakóházak. A vasfüggöny leomlását és a valós energiaárak realizálását követően az 1990-es évek második felétől fokozatosan szigorodtak a szükséges hőellenállás és az energetikai kritériumok. Csehszlovákiában már 1989 előtt (a vasfüggöny leomlása) is volt egy felülvizsgált szabványrendszer, amely az épületek hőtechnikai és higiéniai minőségét biztosította. Ezek a szabványok rendelet jellegűek voltak, és az utódállamokban 1996 végéig (Cseh Köztársaság), illetve 2000 végéig (Szlovákia) jogilag kötelező érvényűek voltak. E mérőkövetkeztetéseket követően a szükséges műszaki előírásokat a vonatkozó törvények hivatkozásai írták elő, pl. az Európai Bizottság és a Parlament épületek energiateljesítményéről szóló irányelveiből eredő nemzeti szabványokkal kapcsolatban is. Annak ellenére, hogy Közép- és Kelet-Európa országaiban már az új évezred kezdete előtt is voltak az alacsony energiateljesítményű és környezetbarát építészet hívei, csak a csatlakozási tárgyalások és az Európai Unióhoz való csatlakozás jelentette a passzív és közel

nulla energiafelhasználású épületek koncepciójának teljes körű elfogadását, nemcsak hivatalosan, hanem a társadalmi elfogadottság tekintetében is.

Az épületek energiahatékonyságának javítására vonatkozó ismertett fejlesztés szinte kizárólag a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó energiafogyasztás és a kapcsolódó üvegházhatású gázok, különösen a szén-dioxid kibocsátásának csökkentésére összpontosított az épületek működése során. Bár ennek eredményeképpen az építés területén példátlan technológiai fejlődés következett be, különösen a megújuló energiát hasznosító berendezések, a szellőztető rendszerek, valamint az építőanyagok és -elemek (ablakok, épületburkolat) terén; az építőanyagok és -elemek előállításából, szállításából és az építkezés helyszínén történő összeszereléséből, valamint az épületek lebontásából és a felesleges építőanyagok eltávolításából (együttesen az úgynevezett szürke vagy kötött energia keletkezéséből) származó energiafogyasztási problémákat és a kapcsolódó üvegházhatású gázkibocsátást még mindig nem vették figyelembe. Az önkéntes energiatanúsításra irányuló törekvésekhez hasonlóan az ezredforduló elején láthatunk kísérleteket arra, hogy mind polgári egyesületek, mind magán- vagy állami szervezetek (lásd <https://www.oekobaudat.de/>) adatbázisokat hozzanak létre az építőanyagok és termékek ökológiai tulajdonságairól, valószínűleg a szürke/kötött energiaértékelés céljával. Azt is el kell mondani, hogy az épületek energiateljesítményének javítására irányuló folyamatnak volt nyertese, aki a hőszigetelést gyártó ipar, és vesztese, aki a kerámiatermékeket, különösen a téglát és a kerámiatömböket gyártó ipar. Az égetett téglá, később a kerámiatéglák, amelyek Európában hagyományos építőanyagok voltak, a szigorúbb hőállósági követelményekkel szemben nem tudtak versenyezni a hőszigeteléssel anélkül, hogy ne adták volna fel néhány fontos tulajdonságukat, például a teherbírást. Ezért lehetséges, hogy a közeljövőben hasonló szövetség alakul ki a szürke/kötött energia értékelésének előmozdításában, mint az energiatanúsítványok előmozdításában az 1990-es években, de ezúttal a környezetvédelmi aktivisták és a kerámiaipar között.

Az épületek energiateljesítményének értékelésére szolgáló eszközcsoportot egy energiaaudit zárja, amely a 250-nél több alkalmazottat foglalkoztató nagyvállalatok energiateljesítményének értékelésére összpontosít, beleértve az ingatlanjaikat is. Célja, hogy elegendő információt szerezzen az energiafogyasztás jelenlegi állapotáról és jellemzőiről, amely szükséges a vállalat költséghatékony energiamegtakarítási lehetőségeinek azonosításához és megtervezéséhez, beleértve a meglévő épületét vagy épületcsoportját is. Elméletileg az épület energetikai auditjából le kellene tudni vezetni az épület energiatanúsítványát. Mindezek az eszközök kizárólag a fosszilis tüzelőanyagokból származó energiafogyasztás és a kapcsolódó üvegházhatású gázkibocsátás csökkentésére összpontosítanak. Nem veszik figyelembe az épületeknek a környezetre gyakorolt hatását a növény- és állatvilágra, a levegő- és vízminőségre stb. gyakorolt hatás szempontjából. Nem foglalkoznak az épületek belső környezetének minőségével sem, bár a szükséges számítások során figyelembe kell venni a hő- és fénykomfortra, valamint a megfelelő légcserére vonatkozó jogszabályi és szabványos követelményeket, ha vannak ilyenek.

A környezetvédelem szükségességének növekvő tudatosságával a környezeti hatásvizsgálatok (KHV-k) az 1960-as években, különösen Észak-Amerikában és Nyugat-Európában, egyre nagyobb teret nyertek a döntéshozatali folyamatokban. Célja nem valamilyen előre meghatározott kritériumoknak való megfelelés, hanem a környezetre gyakorolt hatások felmérése - különösen a közvetlen környezetre gyakorolt közvetlen hatásoké, ami gyakran kritika tárgya ezzel az eljárással szemben. Az értékelési határok megállapításakor nagyfokú bizonytalanság merül fel. A KHV-t nemcsak az építőiparban, hanem az emberi tevékenység számos más területén is alkalmazzák, például az iparban, a mezőgazdaságban, az erdőszetben, a közlekedésben stb. Az Európai Unióban a tagállamok számára a 2011. decemberi 2011/92/EU rendelet írja elő, amely az eredeti, 1985-ös rendelet harmadik módosítása.

A múlt század második felében kezdődött növekvő környezetvédelmi aggodalmak gyökere a fenntartható fejlődés gondolata, amelyet különösen az ENSZ Környezetvédelmi és Fejlesztési Bizottságának 1987-es jelentése (más néven a Brundtland-bizottság jelentése) fogalmazott meg. *"A fenntartható fejlődés olyan szervezési elv, amely az emberi fejlődési célok elérését szolgálja, miközben fenntartja a természeti rendszerek azon képességét, hogy biztosítsák azokat a természeti erőforrásokat és ökoszisztéma-szolgáltatásokat, amelyekről a gazdaság és a társadalom függ. A kívánt eredmény egy olyan társadalmi állapot, amelyben az életkörülményeket és az erőforrásokat az emberi szükségletek kielégítésére használják, anélkül, hogy veszélyeztetnék a természeti rendszer integritását és stabilitását. A fenntartható fejlődés olyan fejlődésként határozható meg, amely a jelen szükségleteit kielégíti anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek képességét saját szükségleteik kielégítésére."* A fenntarthatóság elvének továbbfejlesztése differenciálódáshoz vezetett, és a fenntartható gazdasági és társadalmi fejlődésre, valamint a jövő nemzedékek számára a környezetvédelemre helyezte a hangsúlyt. Javasolták és többé-kevésbé meg is állapították, hogy "a *"fenntarthatóság"* fogalmát az ember és az ökoszisztéma egyensúlyának célállapotának kell tekinteni, míg a *"fenntartható fejlődés"* fogalma holisztikus megközelítésre és átmeneti folyamatokra utal, amelyek a fenntarthatóság céljához vezetnek". A társadalom fenntartható fejlődésének gondolatát követve az építészet és az építőipar területén kezdeményezések születtek az épületek fenntarthatóságának formalizált értékelésére, amely az épületek tervezésében a döntéshozatali segítő eszközként szolgál. Ezek eredményeként európai szabványok születtek (EN 15643 1-5. rész), amelyek leírják az épületek gazdasági, társadalmi és környezeti fenntarthatóságának értékelésére szolgáló módszertant. Ezt a három szempontot az épületek fenntarthatóságának értékelésére szolgáló pilléreknek is nevezik. Az értékelés célja nem az épületek fenntarthatósági minősítése, hanem a tervezési folyamatok és a szükséges döntések befolyásolása, hogy azok a fenntartható fejlődés szándékai szerint alakuljanak. Az épületek fenntarthatóságának értékelése még nem kötelező. Az épületek fenntarthatósági értékelési rendszerei, amelyeket nemcsak magánvállalatok vagy nonprofit szervezetek, hanem tudományos intézmények is kidolgoztak, és amelyek a tanúsítás bizonyos jellemzőit is mutatják, nem kötelező

érvényűek és gyakran kereskedelmi jellegűek. Rosszul értelmezve félreértésekhez vezethetnek, vagy akár a fenntartható fejlődés céljaival ellentétesek is lehetnek.

A 2008 és 2015 közötti nagy recesszió, amelyet a 2007/08-as fordulóban bekövetkezett globális pénzügyi válság okozott, valamint a 2015-ös migrációs válság átmenetileg háttérbe szorította a környezet állapotának romlásával kapcsolatos kérdéseket. Az építőipar és az építészet területén is érezhető volt egyfajta stagnálás a fenntartható építés elveinek előmozdítása terén. A passzív és a közel nulla energiaigényű házak viszonylag bevett koncepciója maximális erőfeszítéssé válik. A környezetvédelem egy fiatal svéd aktivista, Greta Thunberg által 2018/19-ben kezdeményezett iskolai sztrájkorozat után új lendületet és gyorsulást kap. A 2019-ben újonnan megválasztott Európai Bizottság és a parlament reflektál erre a mozgalomra, és meghirdeti az úgynevezett európai zöld alkut, azaz egy olyan tervet, amely a fosszilis tüzelőanyagok helyett a megújuló energiaforrások használatának növelésével csökkenti az üvegházhatású gázok környezetre nehezedő terhét. A cél az üvegházhatás és a légkör ebből következő túlmelegedése által okozott éghajlatváltozás folyamatának lassítása, lehetőleg megállítása. Az építőipar és az építészet területén a terv főként az új épületek építésének és a meglévő épületek felújításának *"folyamatára összpontosít a jelenleg uralkodó nem fenntartható módszerek miatt, mivel az még mindig sok nem megújuló erőforrást használ fel. A terv célja ezért az energiahatékony épületekhez vezető módszerek használatának előmozdítása, például az éghajlatálló épületek tervezése, a digitalizáció fokozása és az épületekre vonatkozó energiahatékonsági szabályok szigorítása. A terv egyik törekvése a szociális lakások felújításának támogatása annak érdekében, hogy csökkentse az energiaszámlák költségeit azok számára, akik kevésbé tudják finanszírozni ezeket a költségeket. A terv emellett az összes épület felújítási arányának megháromszorozását is célul tűzte ki, hogy csökkentse az épületek működése által okozott környezetszennyezést."* (https://en.wikipedia.org/wiki/European_Green_Deal#Building_and_Renovation). E

törekvések ellenére azonban nem lehet elkerülni azt az érzést, hogy a Bizottságnak nincs világos elképzelése arról, hogy az építőiparnak és az építészetnek milyen irányba kellene haladnia a fenntartható fejlődés szempontjából, és hogy pontosan mi az, ami kiemelt támogatást érdemel. Ez némiképp következik a szakmai, különösen az tudományos közvéleménynek szánt kérdőívekből, amelyek célja valószínűleg az ötletek generálása, még akkor is, ha bizonyos fejlődési irányok már kirajzolódtak. Az egyik probléma az is, hogy a környezetvédelmi célok gyakran ellentmondásosak.

A Svéd Ornitológiai Társaság 2012-es jelentése szerint Európában vagy Észak-Amerikában egy szélturbina évente átlagosan 2,3 madarat és 2,9 denevért öl meg. A szélerőművek esetében gyakran nagyszámú elpusztított madarakról, gyakran védett fajokról van szó. Az említett jelentés szerint a megoldás az, hogy a szélerőműveket megfelelően, e madarak vonulási útvonalain és élőhelyein kívül helyezték el, ami természetesen nem mindig lehetséges. Ezért vannak időnként viták a környezetvédők és a szélerőművek tulajdonosai között. Elvileg mindkét fél a környezet védelmére törekszik - az első fél a helyi, a második a

globális környezetet, bár a "helyi" szót idézőjelbe kell tenni, mivel a veszélyeztetett állatfajok védelme az egész bolygó érdeke. Az építőipar és az építészet esetében is megfigyelhető, hogy bizonyos esetekben konfliktus áll fenn egyrésről a fenntartható gazdasági és társadalmi fejlődés, másrésről a környezetvédelem célkitűzései között. Az előző szövegből kitűnik, hogy meglehetősen sok jó szándékú döntéshozatali és értékelési eszköz létezik, amelyek felhasználhatók az új épületek tervezéséhez és a meglévő épületek értékeléséhez. Ennek ellenére az eredmény nem mindig hozza meg a kívánt hatást, illetve gyakran nemkívánatos jelenségek kísérik. A passzív és a közel nulla energiaigényű házak elveinek alkalmazása is problémákat vet fel, mind az építési gyakorlat, mind a környezeti jelleg szempontjából.

A "tanulságok" alábbi áttekintése - a teljesség igénye nélkül - elsősorban a házak és lakóépületek energiaintenzitásának csökkentését célzó programok keretében szerzett tapasztalatokon alapul, különösen a kiegészítő hőszigetelés segítségével, Közép-Európában - Csehországban (2009 óta a "Green to the Savings" kormányzati program), Ausztriában (az épületek energiahatékonyságához kapcsolódó lakástámogatás - tartományonként változó, pl. Salzburg tartományban 1993 óta) és Szlovákiában (2009 óta kormányzati épületszigetelési program).

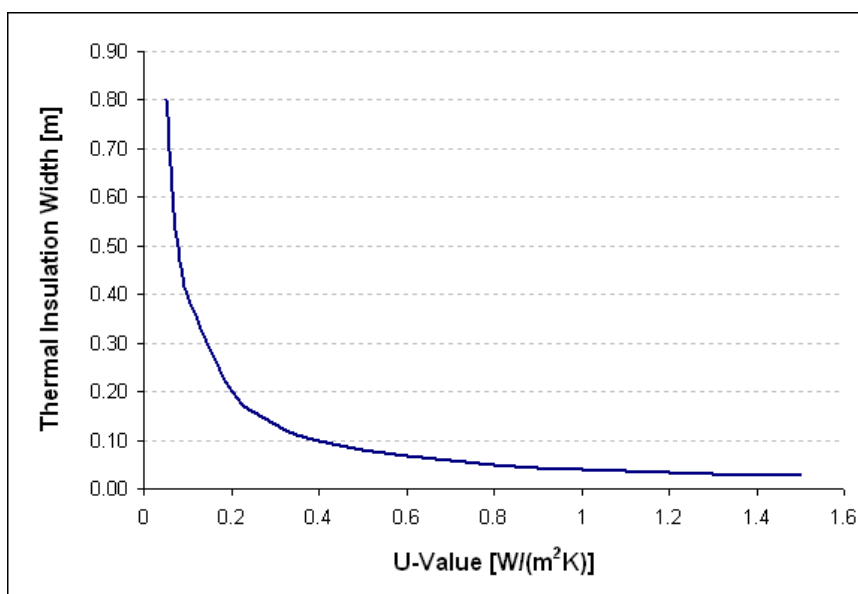
1.2 ENERGIAÁR

Az épületszigetelés híveinek egyik leggyakoribb érve az, hogy a szigetelés hozzájárul a fűtési költségek csökkentéséhez, és ezáltal pénzügyi megtakarításokhoz. Ez igaz, de a beruházás ára, amely a fosszilis tüzelőanyagok, különösen a gáz árai mellett szinte soha nem, vagy csak nagyon hosszú idő után térül meg. A fosszilis energiahordozók ára a kőolaj árához kapcsolódik, amely viszonylag nagy volatilitással rendelkezik, ami befektetési szempontból - megfelelő időzítés esetén - előnyös. A probléma az, hogy még ha a beruházások időzítése illeszkedne is a világpiaci olajárak alakulásához, a legtöbb ország szabályozza a fosszilis energiahordozók energiaárát annak érdekében, hogy enyhítse az olajárak világpiaci ingadozásának hatását, hogy az energiaárak megfeleljenek a hazai vásárlóerőnek, és ne csökkentsék az ipar versenyképességét. Ez főként a "jobb időkre" vonatkozó tartalékkészletek létrehozásával, hosszú távú szerződésekkel stb. történik. Az energiaárak így viszonylag stabilak maradnak, de az épületek szigetelésébe való beruházás szempontjából sem túl motiválóak. A hőszigetelés, a hatékonyabb fűtési rendszerek és a megújuló energiaforrások állami támogatása ezért elengedhetetlen. Ez a támogatás a "zöld" gazdaságba való befektetésnek is tekinthető, amely a fosszilis tüzelőanyagok energiaárait is csökkenti, például a megújuló forrásokból származó energia növekvő felhasználása miatt. Ha az államok, különösen az ipari államok, nem tennék ezt, és a világ továbbra is csak a korlátozott készletekkel rendelkező fosszilis tüzelőanyagoktól függene, a fosszilis energiaárak nagy valószínűséggel emelkednének. A fenti állítás, miszerint az épületszigetelés hozzájárul a fűtési költségek csökkentéséhez és ezáltal a pénzügyi

megtakarításokhoz, tehát inkább makrogazdasági szempontból igaz. A kis beruházókra állami támogatás nélkül nem vonatkozik.

1.3 HŐSZIGETELÉS

A hőátbocsátási együtthatók (U-értékek) nagyon alacsony értékeire vonatkozó mai szabványos követelmények a hagyományos hőszigetelések nagy vastagságához vezetnek, és nem teszik lehetővé az optimalizálásukról szóló vitát. A polisztirol alapú anyagok viszonylag olcsók is, ezért általában nem ajánlott megspórolni őket. Azonban, ahogyan azt már P.D.Close 1946-ban is említette, egyetlen végleges vastagságú hőszigetelés sem lehet 100%-os hatékonyságú. A lényeg tehát az, hogy a hőszigetelés vastagsága és a hőátbocsátási tényező (U-érték) közötti kapcsolat nem lineáris, hanem exponenciális. A hőátbocsátási tényező (U-érték) nagyon alacsony értékeinél a kölcsönös kapcsolatuk görbéje a végtelenhez közelít, míg a hőszigetelés vastagságának növelése már nem jelenti a hőátbocsátási tényező (U-érték) jelentős csökkenését (1. ábra). Jelenleg az épületburkolat egyes elemeihez szükséges hőátbocsátási tényező szabványos értékei valószínűleg a hagyományos szerkezetek optimális határán vagy azon is túl vannak. Ez pedig mind a gyakorlati alkalmazás, mind a környezet szempontjából következményekkel jár.



1. Ábra – A működés folyamata $U = \lambda/d$, ahol $\lambda = 0.04 \text{ W/(m.K)}$ és d = a hőszigetelés szélessége mint változó
(forrás: szerző)

A nagyon vastag hőszigetelés nem teszi lehetővé a peremfalak túlmelegedését és kiszáradását egészen a külső felületig, ami kedvező feltételeket teremt az algák és a penész kialakulásához az árnyékos homlokzatokon, különösen az átmeneti időszakokban (tavasz, ős). Az árnyékolt homlokzat külső felülete még emelkedő külső léghőmérséklet mellett is

hűvös marad, a belső térben pedig állandó, 20 °C körüli normál hőmérséklet uralkodik. A külső levegő hőmérsékletének ismételt ingadozásával az ilyen külső felületeken nedvesség képződhet, ami a gombák és algaspórák tenyészőhelye. A gombák és algák pedig megfelelő környezetet teremtenek a léginövényeknek és a kis rovarok jelenlétének. Tevékenységük eredménye apró repedések, amelyeket az eső és a szél fokozatosan növel. A bejutó víz és az általános nedvesség csökkenti a hőszigetelés hatékonyságát. Annak érdekében, hogy a hőszigetelt homlokzatok ne romoljanak, nemcsak műszakilag, hanem vizuálisan is, rendszeresen karban kell tartani őket tisztítással vagy akár 10-15 évenként új, gombaölő adalékanyagokkal ellátott bevonatokkal. Problémát jelent az is, hogy az eső vagy a tisztítás által kimosott gombák és algák a talajvízbe és így a vízkörforgásba is bekerülnek. Azáltal, hogy oxigént vonnak el a vízből, rontják a vízi állatok környezetét, amelyek az algák túlzott koncentrációja esetén vagy elpusztulnak, vagy elvándorolnak az ilyen vizekből.

A polisztirol alapú hőszigetelés sajátos problémája a magas éghetőség. Gabi Greiner, az ORF újságírója 2014-es cikkében azt írja; nem pontosan idézve; hogy *"körülbelül az évezred első évtizedének végéig ezt a problémát úgy kezelték, hogy nem éghetőségjavító anyagokat adtak hozzá, amelyek gyakran hexabrom-ciklodododekán (HBCD) alapúak voltak. Ezt az anyagot az Európai Vegyianyag-ügynökség 2008-ban nagyon aggasztónak ismerte el. A hexabromociklodododekán a környezetben perzisztens és bioakkumulatív toxin, így tartósan a természetben marad, és felhalmozódik a szervezetekben. A jelentések szerint csökkenti a szervezetek szaporodási képességét is. A HBCD használatát 2013-ban betiltották. A HBCD-vel impregnált polisztirol alapú hőszigetelő anyagok a HBCD-vel tartósan használt termékek miatt, miközben a tilalom különböző hosszú átmeneti időszakokat is lehetővé tett, újrahasonosítási problémát jelentenek. Ma a kereskedelemben kapható hőszigetelő rendszerek átlagos élettartama 30-40 év. Ezután hatalmas mennyiségű polisztirolt kell majd kicserélni. Újrahasonosítása az égésgátlók miatt nem lesz lehetséges, és problémás hulladékként kell majd ártalmatlanítani. A Greenpeace ezért olyan égésgátló anyagokat követel a vegyipartól, amelyeket környezetbarát módon lehet használni."*

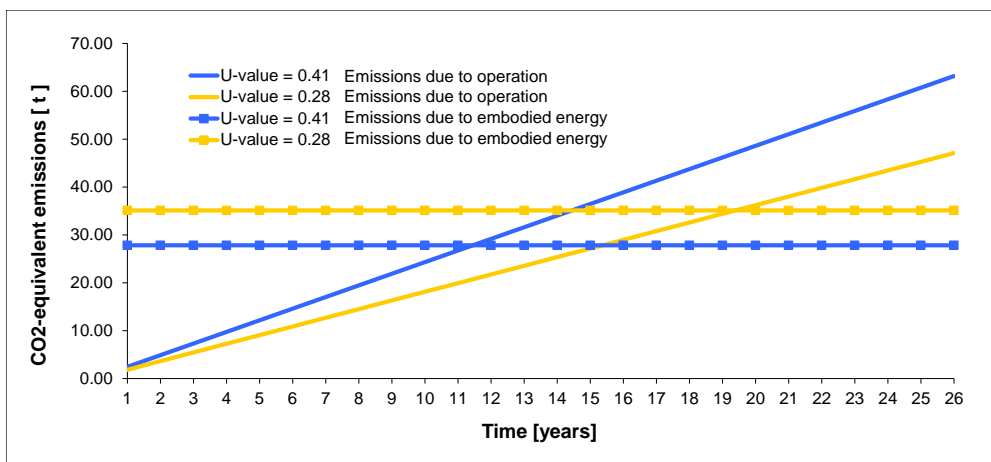
A hőszigetelés vastagságának optimalizálása, mindig az adott épülethez igazodva, ezért indokolt, bár a jelenlegi jogszabályok, amelyek a hőátbocsátási együtthatók alacsony, szabványosan előírt értékein alapulnak, nem írják ezt elő. Jogszabályi előírás az épületek energiahatékonysági kritériumainak teljesítése, mint például a fűtéshez és meleg vízhez szükséges hőenergia, a hűtéshez, szellőzéshez és világításhoz szükséges energia, vagy az épület működéséhez szükséges primerenergia szükséglet. A hőátbocsátási együtthatók értékei ajánlott értékek, de ezek elérése nélkül általában nem lehet teljesíteni az előírt energiahatékonysági kritériumokat, azaz egy általánosan használt szabványos számítással. A kis építetők, különösen a családi vagy kisebb lakóházak tulajdonosai, akik nem engedhetik meg maguknak az épületek jövőbeli viselkedésének számítógépes szimulációin alapuló drágább számításokat, az egyszerűsített szabványos számításokat részesítik előnyben, bár a szabványok nem zárják ki a szimulációkat. Ez gyakran nagyon vastag hőszigetelést és olyan ablakméretet eredményez, amely alig felel meg az előírt minimális méreteknél. Az ablakok

az épületburkolat leggyengébb láncszemei. A hőátbocsátási tényező csökkentésére tett erőfeszítések során az ablakok fényáteresztése is csökken az üvegtáblák számával (alacsonyabb U-értékek), ami a minimális méretekkel együtt a nappali fény romlásához, és ezzel ellentétesen a belső terek mesterséges megvilágítása miatti energiaszükséglet növekedéséhez vezet.

1.4 GLOBÁLIS KÖRNYEZET

Az éghajlatváltozás jelenleg az egyik legfontosabb téma, amely az egész társadalmat érintő vitákat alakítja. Különösen a tudósok, a veszélyeztetett közösségek, a nem kormányzati és nonprofit szervezetek, az érzékeny közösségek és az egyének vetik fel, akik látják az ember által mesterségesen előállított üvegházhatású gázok kibocsátásának fenyegető globális veszélyét. Ez egy klasszikus alulról felfelé irányuló nyomás, amelyre az emberek képviselői, azaz a politikusok és a kormányok általában lassan és gyakran az ügy ismerete nélkül reagálnak. Az éghajlatváltozás társadalomra gyakorolt negatív hatásainak sürgőssége azonban konkrét cselekvésre kényszerít. A politikusoknak alapvetően kétféle eszköz áll a rendelkezésükre - korlátozó (jogszabályok) és motivációs (adókedvezmények, adókból származó beruházási források). A jogalkotási intézkedések általában hatékonyak, de a politikusok gyakran elveszítik a szavazók támogatását. Az adókedvezmények, a támogatások stb. népszerűbbek, de ezek a pénzügyi források hiányozhatnak az állam más szektoraiban. A jó stratégia a két eszköz kombinációja, különösen, ha megfelelően strukturáltak, egyértelmű információs értékkel rendelkeznek, versenyképességhez vezetnek, hosszabb távúak (azaz nem igényelnek azonnali egyszeri változtatást), és az egyén pénzügyi haszna meghaladja a veszteségeket, vagy legalábbis kiegyensúlyozottak. Jó példa ilyen eszközre az épületek kötelező energiatanúsítványa, amely megfelelően kombinálható a támogatási eszközökkel. Hátránya, hogy elsősorban a fosszilis tüzelőanyagok fogyasztásának és az ebből eredő CO₂-kibocsátásnak az épület működése során történő csökkentésére irányul. Az EPDB alkalmas lehet arra, hogy megfelelően kiegészítse vagy helyettesítse az energiatanúsítványt, mivel figyelembe veszi az épület életének üzemeltetést megelőző szakaszát is, azaz a gyártást és az előállítását, illetve egyéb tényezőket, mint például az alkatrészek és anyagok szállítása az építési helyszínre, a hulladékártalmatlanítás stb. Elméletileg egy épület teljes életciklusát is figyelembe lehetne venni, de az épület üzemeltetésének befejezése utáni szakasz leírása valószínűleg valóban elméleti lenne. Az EPD-k elkészítésével nemcsak neves kutatóintézetek, hanem az Európai Bizottság is foglalkozik, így nem az a kérdés, hogy bekövetkezik-e az EPDB vagy sem, hanem inkább az, hogy milyen formában. Az EPDB-nek nem feltétlenül csak a beépített/szürke energia kérdésre kell összpontosítania, hanem az EN 15643 szabvány értelmében figyelembe veheti az ózonréteg pusztulásának (ODP), az oxigénhiányosodásnak vagy az eutrofizációnak (lásd az épületek homlokzatain megjelenő gombák és algák) a lehetőségét is. A legpragmatikusabb megközelítés azonban az, ha az értékelést csak a fosszilis tüzelőanyagokból, azaz a nem megújuló forrásokból származó teljes primerenergia-igényre (PEI) és a globális felmelegedési potenciálra (GWP), azaz az

üvegházhatású gázok kibocsátásának helyettesítő mutatójaként az egyenértékű CO₂-kibocsátásra szűkítjük. Több tanulmány is azt mutatja, hogy az épületek hőátbocsátási tényezőjének alacsony átlagos értékei miatt hosszabb idő alatt érhető el az a pont, ahol a beépített/szürke energia miatt keletkező egyenértékű CO₂-kibocsátás kiegyenlítődik az épület üzemeltetéséből eredő kibocsátással. A hővisszanyerés alkalmazása ezt a tényt hangsúlyozza. Bár ez a helyzet kívánatos, nem szabad a beépített energiából eredő üvegházhatású gázkibocsátás rovására elérni az EPDB-n belüli értékelés egyik lehetősége a beépített/szürke és az üzemeltetési energiából származó üvegházhatású gázkibocsátás valamilyen formában történő összehasonlítása (2. ábra). Egy ilyen értékelés adminisztratív szempontból azonban valószínűleg nagyon bonyolult lenne. Ezért ideális lenne, ha a piacra kerülő építőanyagok és termékek gyártása már eleve szigorú környezetvédelmi kritériumoknak felelne meg, és az építésznek és az épületek tervezőinek egyáltalán nem kellene foglalkozniuk a PEI és a GWP értékelésével. Így az építészet lényegére - a térszervezésre, a beltéri környezet minőségére, az esztétikai kifejezésre és az épület kialakítására - összpontosíthatnának. A cél eléréséhez való hozzájárulás egyik módja lehet a lipcsei (Németország) kibocsátáscsere támogatása, valamint egyrészt az európai államok, másrészt az Európai Bizottság és az Európai Parlament által folytatott kibocsátás-kereskedelem erősítése. Ez már az építési folyamat kezdetétől biztosítaná az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, miközben a tervezők feladata továbbra is az épületburkolat minőségének és az épület működésének energetikai szempontból történő optimalizálása lenne.



2. ábra - A "nullszaldópont" eléréséhez szükséges idő, amely kiegyenlíti a megtestesült energiából származó CO₂-egyenérték-kibocsátást az épület üzemeltetéséből származó CO₂-kibocsátással, egy téglapépítésű ház átlagos U-értékének függvényében (Rabenseifer, R. & Jamnický, M., 2020). A megtestesült energia miatti CO₂-egyenértékes kibocsátást állandó vonalakkal, az épület üzemeltetéséből eredő CO₂-egyenértékes kibocsátást pedig emelkedő vonalakkal ábrázoljuk.

1.5 HIVATKOZÁSOK

Tolstoy, L. N.: Vojna a mír (War and Peace). Nineteenth edition, published by Naše vojsko, Prague, Czechoslovakia, 1976 (in Czech)

Close, P.D.: Building Insulation. Third edition, published by American Technical Society, Chicago, USA, 1946

Csík, A.: Cost Optimization of Building Skins and Potential Applications in National Administrations. In: Advanced Building Skins. Conference Proceedings of the 9th ENERGY FORUM, 28 - 29 October 2014, Bressanone, Italy, published by Economic Forum, Munich, Germany, 2014, pp. 1117-1128

Jamnický, M., Rabenseifer, R.: Environmental Assessment of Buildings – a Suggestion. In: Slovak Journal of Civil Engineering, Vol. 28, 2020, No. 1, pp. 20 – 24

Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)

Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency

Directive 2012/27/EU of the European parliament and of the council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC (audit)

Zákon č. 22/1997 Sb. Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů (in Czech)

Bendžalová, J., Rakovský, Š., Sternová, Z.: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konstrukcí a budov. Tepelná ochrana budov. Časť 1-4. Komentár k STN 73 0540: 2002. Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, Slovakia, 2002 (in Slovak)

Zákon č. 321/2014 Z. z. Zákon o energetickej efektívnosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov (in Slovak) (audit)

Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Kyed Larsen, J., Pettersson, J. and Green, M.: The effect of wind power on birds and bats. A Synthesis. Report 6511. August 2012. Published by Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden, 2012

EN 15643 Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings. Part 1 – 5

https://en.wikipedia.org/wiki/1973_oil_crisis

<https://www.britannica.com/event/Arab-Israeli-wars>

https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone_depletion

https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas

<https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/regelwerke/entwicklung-der-regelwerke-zur-energieeinsparung-674672>

https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_von_Bündnis_90/Die_Grünen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Passivhaus>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nullenergiehaus>

<https://www.oekobaudat.de/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_assessment

https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_development

https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_architecture

https://en.wikipedia.org/wiki/School_strike_for_climate

https://en.wikipedia.org/wiki/European_Green_Deal

https://en.wikipedia.org/wiki/European_Green_Deal#Building_and_Renovation

<https://orf.at/v2/stories/2214353/2213974/>

<https://orf.at/v2/stories/2214353/2215404/>

A projektet az Európai Bizottság támogatta. A kiadványban megjelentek nem szükségszerűen tükrözik az Európai Bizottság nézeteit.

Az Európai Unió
Erasmus+ programjának
társfinanszírozásával



SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



ENERGIAKLUB
CLIMATE POLICY INSTITUTE
APPLIED COMMUNICATIONS