



# Solanova projekt

Környezetbarát energiatudatos panelépület–felújítási  
mintaprojekt Dunaújvárosban

Dr. Osztroluczky Miklós  
Dr. Csoknyai Tamás

**Európai Unió 5. Kutatásfejlesztési és Demonstrációs Keretprogram  
Contract NNE5-2001-923**

**A világon egyedülálló, magyar, német és osztrák és partnerekkel együttműködve megvalósított projekt célja egy panelépület komplex energiatudatos felújítása passzív ház technikákkal. Ennek eredményeképpen az épület fűtési energiafelhasználásának több mint 80%-os csökkenése, a téli és a nyári komfort javulása, a lakások értékének emelkedése várható. A projekt legfontosabb célkitűzése, hogy tudományos előkészítettségével, műszaki megalapozottságával példával szolgáljon és adatokat szolgáltatson az ország több mint 800 000 iparosított technológiával létesített épületének felújításához.**

A panelos lakásállomány energetikai korszerűsítésére a fenntartható fejlődés alapelveinek megfelelő megoldást kínál a Solanova projekt. Ez a megoldás műszakilag jobb, mint a volt NDK lakótelepeknél alkalmazott módszerek. A volt Kelet-Németország iparosított technológiával létesített épületállományának korszerűsítése során ugyanis közel sem használták ki azt az energiamegtakarítási potenciált, melyet a technikai színvonal lehetővé tett volna. Ezzel mintegy harminc évre konzerváltak egy nem kellően hatékony közbeeső szintet. Ezen felújított épületek jó része nem felelne meg a 2006-ban életbe lépő magyar épületenergetikai szabályozásnak.

Történt ez annak ellenére, hogy Németországban 1987 óta épülnek alacsony energiafelhasználású házak, vagyis a technológia már akkor elérhető volt. Az első alacsony energiafelhasználású épületekre vonatkozó előírások már a nyolcvanas években érvénybe léptek Kanadában és a skandináv országokban, majd más országok is követték őket (Németország 2002-ben).



**1. ábra**  
*A SOLANOVA épület a felújítás előtt*

Egy még ambíciózusabb koncepciót dolgoztak ki 1991-ben, amikor megépült Darmstadt, Kranichstein területén az első passzív ház. A passzív házak éves fűtési energiafelhasználása  $15 \text{ kWh/m}^2\text{év}$  alatt, az alacsony-energiafelhasználású épületeké pedig  $50 \text{ kWh/m}^2\text{év}$  alatt van.

Ma a passzív-ház koncepció odáig fejlődött, hogy nemzeti szabványokat dolgoztak ki rájuk Németországban és néhány más európai országban. A passzív házak száma ma Németországban több ezerre tehető. Passzív megoldásokat alkalmazó felújítási projektekre is vannak már példák (pl. egy

soklakásos társasház Nürnbergben), de panelfelújítás kategóriában a Solanova-ház lesz az első.

A demonstrációs épület a panelfelújításban élenjáró Dunaújvárosban található (6. és 7. ábrák). Az épület a 70-es végén épített 9 szintes (pince+földszint+7 lakószint), 42 lakásos, egyszerű tömegformálású, lapostetős ház.

A nemzetközi konzorcium tagjai: a Kasseli Egyetem (Universität GhK Kassel), a BME Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszéke, az Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, a Dunaújvárosi Víz-Csatorna- és Hőszolgáltató Kft., Internorm Fenster AG (Ausztria), Passivhaus Institut (Németország), Fiorentini Hungary Kft., Energiaközpont Kht., Innovatec (Németország) valamint Dunaújváros önkormányzatának Sziget Alapítványa.

## **A projekt céljai**

A projekt elsődleges célja, hogy egy demonstrációs épületen bizonyítsuk: a meglévő műszaki megoldások felhasználásával a panelépületek alacsony fenntartási költségű, kis környezetterhelésű, magas komfortszintű épületekké alakíthatók. A projekt alapvetően két fázisból áll: egy kutatási és demonstrációs, illetve egy épületfelújítási fázisból.

## **Diagnosztika és monitoring**

Bár az iparosított technológiával létesített épületekről tervezésükkor részletes dokumentáció készült, ezek jelentős része mára már elveszett, hiányos, vagy nem felel a valóságnak. Ezen kívül a kivitelezési hanyagság miatt még a meglévő tervek is fenntartással kezelendők. Végül pedig az épületek létesítése óta több évtized telt el, ennek megfelelően változásokon estek át, illetve állapotuk romlott.

A projekt előkészítését és a felújítási minőség ellenőrzését célozza az épületdiagnosztikai kutatás, melyet egy részletes, számítógéppel segített monitoring támogat. Ennek során folyamatosan regisztráljuk az épület hőtechnikai mutatóit (helyiség-hőmérsékletek, bizonyos helyiségekben falfelületi hőmérsékletek, relatív nedvességtartalom), a környezet meteorológiai adatait (léghőmérséklet, páratartalom, szélirány, szélesség, globálsugárzás), az épület fogyasztási adatait (fűtés és használati melegvízfogyasztás külön, gáz-, víz-, elektromos áramfogyasztás). Az állandó mérések kiegészülnek felújítás előtt és után elvégzett termovíziós vizsgálatokkal, illetve légtömörégi ("fűvóajtó") mérésekkel.

A méréseken kívül a meglévő tervdokumentációk alapján számítógépes szimulációkat, veszteségszámításokat, hőhidvizsgálatokat végeztünk. Ezek segítették az optimális koncepció kidolgozását.

A vizsgálatok a hagyományos építésű épületekhez képest sokszor meglepő eredményeket hoztak, és kimutatták a fő veszteség-komponenseket. Az eredmények nagyon jól használhatók más panelos lakóépületek felújításának előkészítéséhez is.

## **Környezetvédelem**

Az optimalizálás során a változatokat nem csak energetikailag, hanem környezetvédelmi szempontból is megvizsgáltuk. Mindig a teljes életciklusra végeztük a vizsgálatokat egy életciklus-analízis modell segítségével.

Az ökológiai optimalizálás két fő tanulságot hozott:

- Az épületek teljes életciklusát tekintve a fő környezetterhelést az üzemeltetés teszi ki, az építési, gyártási és bontási terhelések jelentősége mérsékelt. Ezért ha választani kell, hosszú távon célszerűbb olyan intézkedéseket tenni, melyek csökkentik az üzemeltetési energiafelhasználást.
- Teljes életciklusra nézve a legjobb megoldás a panelépületek felújítása alacsony energiafelhasználási szintre. Ezt követi az a változat, mely a meglévő panelházak bontását és új, alacsony energiafelhasználású ház építését jelenti. A legnagyobb környezetterhelést a harmadik változat okozza, mely a panelépületek szabvány szerinti felújítását célozza meg. Természetesen mindhárom változat lényegesen jobb, mint az épületet meghagyni eredeti állapotában.

### **Szociológiai vizsgálatok**

A demonstrációs cél eléréséhez elengedhetetlen, hogy a lakók elégedettek legyenek a felújítással és ez az elégedettség mérhető legyen. Ezért kérdőíves vizsgálatokkal felmértük a lakói panaszokat és igényeket felújítás előtt, és később felmérjük azt is, hogy mennyiben változik a véleményük.

### **Elvárások a felújított épülettel szemben**

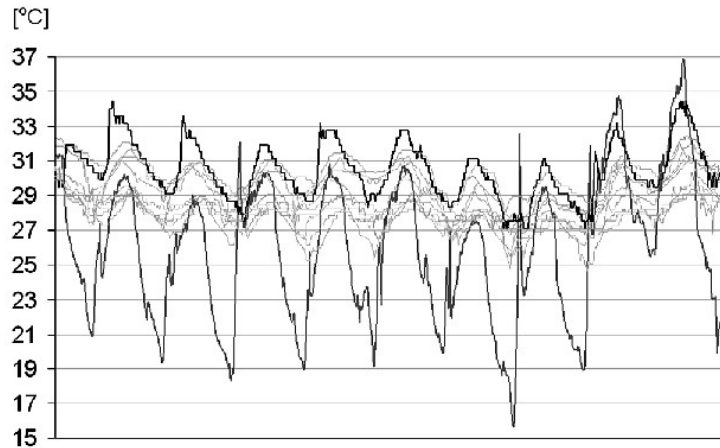
#### **Fűtési energiafelhasználás**

Az eredeti épület mért fűtési energiafelhasználása a hőfokhidas korrekció után 220 kWh/m<sup>2</sup>,év volt. A szerződésben vállalt célkitűzés az, hogy ezt 45 kWh/m<sup>2</sup>,év alá csökkentsük, de ha az eredmények kimutatják, hogy a tervezett műszaki megoldások csorbítatlanul megvalósultak, akkor 20-30 kWh/m<sup>2</sup>,év energiafelhasználás várható, vagyis a megtakarítás 80-90 %-ra prognosztizálható.

#### **Nyári hőkomfort**

A kutatás részét képező kérdőíves vizsgálatok – melynek során valamennyi lakót megkérdeztünk – eredményeként az derült ki, hogy a magas fenntartási költségek után a nyári rossz hőkomfortot kifogásolták legjobban.

Ezt a mérések is igazolták, melyet a 8. ábra szemléltet. Az itt bemutatott egyhetes meleg nyári időszakban a helyiséghőmérséklet gyakran túllépte a külső levegő hőmérsékletét. A legmagasabb hőmérséklet 34-35 °C, a 30-33 °C pedig kifejezetten gyakori érték. A hőmérsékletek éjszaka is csak ritkán süllyedtek 27 °C alá. A legrosszabb hőkomfort a legfelső szintű déli fekvésű lakásokban volt mérhető. Ennek oka az alulhőszigetelt lapostető túlmelegedése, valamint az, hogy valamennyi ablak délre néz, ezért keresztuzatra nincs lehetőség.



**2. ábra**

*A Solanova épület 11 különböző fekvésű helyiségében mért léghőmérsékletek egy meleg nyári hét során. A nagy amplitúdójú vastag szürke görbe a külső hőmérsékletet, a fekete görbe pedig a legrosszabb fekvésű helyiségben (déli oldal, leghaltsó szint) mért értékeket mutatja.*

Ezen információk szükségessé tették, hogy a nyári hőkomfort javítását az elsődleges tervezési célok közé emeljük, mégpedig passzív építészeti eszközökkel, a mesterséges hűtés elkerülésével. A mesterséges hűtés ugyanis - magas villamos energiafelhasználása miatt - nem egyeztethető össze a projekt környezetvédelmi elveivel.

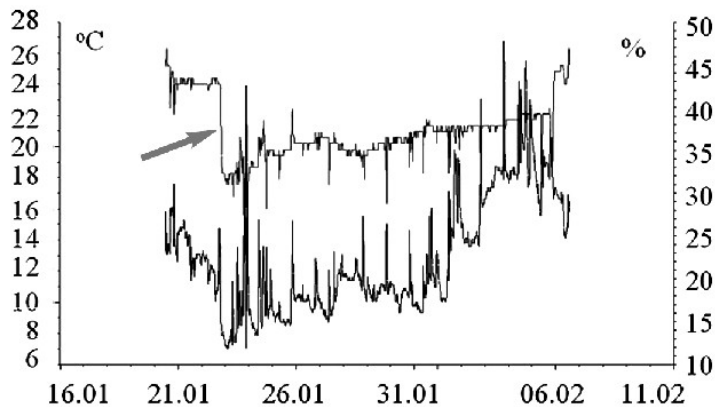
### **Téli komfort**

Az épület eredeti fűtési rendszere egycsöves átfolyós, fordított U-csöves rendszerű. Ez a rendszer gyakorlatilag semmi szabályozási lehetőséget nem biztosít a lakók számára. Ezen kívül a felszállók is beszabályozatlanok voltak. Ennek megfelelően a télen mért hőmérsékletek nagy eltéréseket mutattak a különböző helyiségekben.

A végfalak menti, 2-3 lehűlő felülettel rendelkező helyiségekben a léghőmérséklet 5-6 °C-kal alacsonyabbnak bizonyult, mint a kedvezőbb fekvésű lakásokban. (2. ábra). Míg az épület egyik részében pulóvert viseltek a lakók, más részében rövidnadrágot, vagy egész nap nyitva tartották az ablakokat. A 3. ábra felső görbájén nyíl jelzi azt a pillanatot, amikor átvittük a mérőműszert az egyik lakásból a másikba. Jól látható a hőfokesés.

Az alsó görbe a relatív nedvességtartalom alakulását mutatja, rávilágítva a téli komfort egy másik problémájára. A légtömorség ezen épületekben rendkívül alacsony, ezért a levegő nagyon száraz: nem ritka a 20 % alatti relatív nedvességtartalom. Bár az alacsony nedvességtartalom a lakók számára kellemetlen, megakadályozza azt, hogy a rossz minőségű, hűvös belső felületű csomópontok bepenészedjenek.

A felújítás eredményeképpen magas légtömorségi szint várható, de a külső hőszigetelés minimalizálja a hőhídhatást, megemelve ezáltal a felületi hőmérsékletet, ezért a magasabb nedvességtartalom várhatóan nem okoz problémát.



**3. ábra**

*Felső görbe: léghőmérsékletek két különböző fekvésű helyiségben. Az érzékelőt a nyíl által jelölt pontban helyeztük át egyik helyiségből a másikba. Alsó görbe: relatív nedvességtartalom ugyanazon helyiségekben.*

### **Használati melegvíz energiafelhasználásának csökkentése és megújuló energiaforrások hasznosítása**

Ha a fűtési energiafelhasználás 80-85 %-kal csökken, a HMV szerepe meghatározóvá válik, mintegy kétszerese lesz a fűtési energiafelhasználásnak. A HMV-termelésben azonban további energiamegtakarítási lehetőség rejlik: víztakarékos szerelvényekkel csökkenthető a felhasznált vízmennyiség, illetve megújuló energiaforrások bevonásával jelentősen csökkenthető a fosszilis energiaráfordítás.

Az épület adottságai, fekvése leginkább a napenergia felhasználását teszi lehetővé: az egyik fő homlokzat délre néz és nincs semmilyen árnyékoló létesítmény a közelben. A szemközti egyszintes óvoda meglehetősen sokáig garantálja, hogy ez az adottság meg is maradjon.

### **A felújítás kivitelezése**

#### **Homlokzati falak és nyílászárók a lakószinteken**

Az ismertett energiamegtakarítás elérése érdekében az épület minden lehűlő felületét szigetelni kellett és az ablakokat hőszigetelő üvegezésű ablakokra kellett cserélni. A panelos épületek szendvicsszerkezetéből adódó következmény a hőhidas szerkezeti csomópontok magas vesztesége: a homlokzati panelek hőveszteségének nagyobb része a hőszigetetlen panelszélek sávjára és a panelcsatlakozások vonalára esik és csak kisebb része a magszigetelt mezőkre. Ez azt is jelenti, hogy a külső oldali hőszigetelés nagyobb hatást gyakorol a csomóponti veszteségekre, mint a rétegtrendi U-értékre. Mivel az eredeti falpanelek a széleiken hőszigetetlenek, a veszteségért főleg a hőhidak és az átkötő vasalatok okolhatók, elegendő 16 cm hőszigetelést alkalmazni, ami vékonyabb, mint ami az alacsony energiafelhasználású épületeknél általában szükséges. Ez az érték soknak tűnik ugyan, de a homlokzat-rekonstrukciós munkák költségének csak töredékét teszi ki a vastagabb szigetelőanyag többletköltsége.

A homlokzati falak hőszigetelése a lakószinteken ragasztással és mechanikai rögzítéssel felerősített expandált polisztirolhab lapokkal történt a panelhézagok PUR-hab kitöltését követően (4. ábra).

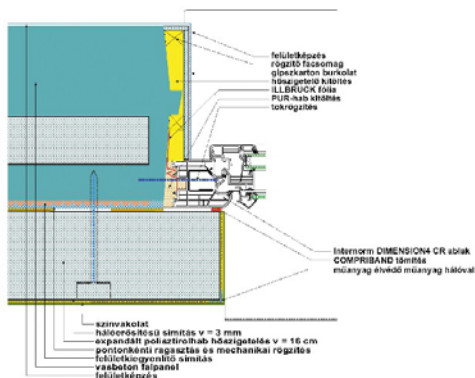


**4. ábra**  
*Homlokzat hőszigetelése*

Renkívüli figyelmet és szakértelmet kívánt az eredeti homlokzatsík fogasságainak “eltüntetése” kiegyenlítő simítással, illetve kiegészítő hőszigetelő lapokkal. A kivitelezés során a hőszigetelő lapok csatlakozásainál esetenként keletkező hézagokat utólag kiinjektálták. A hőszigetelő réteg külső felületének csiszolása után hálóerősítésű alapvakolat és színvakolat került a felületre az egyik legjobb falszigetelő rendszer anyagaiból és kiegészítő szerkezeteiből, a rendszergazda irányításával. A felújított falszerkezet névleges hőátbocsátási tényezője  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{k}$ .

Ami a lakószinti ablakokat illeti, a téli hőmérlegre vonatkozó számítások azt igazolták, hogy a déli oldalon a háromrétegű üveg csak 1 %-kal jobb, mint a kétrétegű, mert nem csak a transzmissziós veszteségeket csökkenti, hanem a szoláris nyereségeket is. Az északi oldalon a háromrétegű üveg egyértelműen jobbnak bizonyult.

Ennek ellenére a költségek mérséklése miatt az északi oldalra kettős üvegezésű ablakokat kellett tervezni (a teljes ablakra vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező:  $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). A déli oldalon a nyári hővédelem tekintetében egy hármas üvegezésű ablak (5. ábra) bizonyult optimálisnak, melynél a mozgatható lamellás árnyékoló a külső üvegréteg mögött van (a teljes ablakra vonatkozó hőátbocsátási tényező:  $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

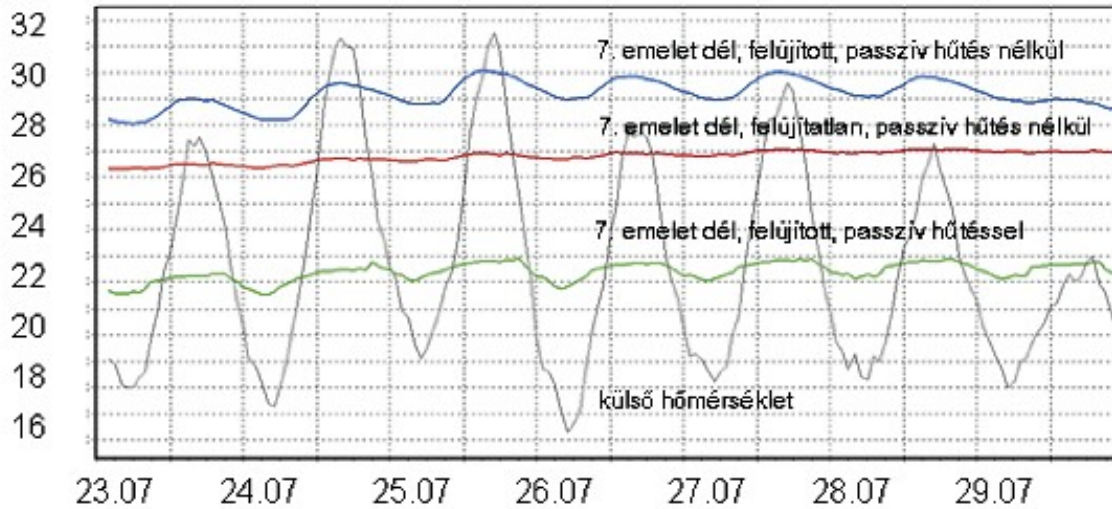


**5. ábra**  
*Részletrajz az ablakok beépítésével*

Dinamikus szimulációs modellekkel igazoltuk, hogy a hatékony árnyékoló rendszerek és az éjszakai természetes szellőztetés együttes alkalmazása elegendő a belső hőmérséklet  $24 \text{ °C}$  alatt tartásához, ami szükségtelenné teszi légkondicionáló berendezés alkalmazását.

Megvizsgáltunk különböző árnyékoló rendszereket: a belső árnyékolás hatásfoka nem elegendő, illetve létezik jó hatásfokú rendszer, de annak ára rendkívül magas. A külső szigetelés hatásfoka már megfelelő, de a hőhídmentes kialakítás nehézségei és az épület környezetére jellemző erős széljárás miatt ezt is elvetettük.

Az optimálisnak ítélt beépítésre kerülő integrált árnyékoló hatásfoka megközelíti a külső árnyékolókét és kiküszöböli annak hátrányait (6. ábra).



**6. ábra**

*Belső levegő hőmérséklete egy meleg nyári hét alatt,  
a passzív hűtés hatásvizsgálata  
(hatékony árnyékolás nappal, átszellőztetés éjszaka)*

Az ablakok külső síkja az eredeti panel külső síkjával esik egybe, így a szigetelés ráta az ablakokra, ami a hőhidmentes kialakítás előfeltétele.

A déli homlokzat felújítás előtti és utáni állapotát a 7. és 8. ábrákon mutatjuk be.



**7. ábra**

*A déli homlokzat képe felújítás előtt*



**8. ábra**

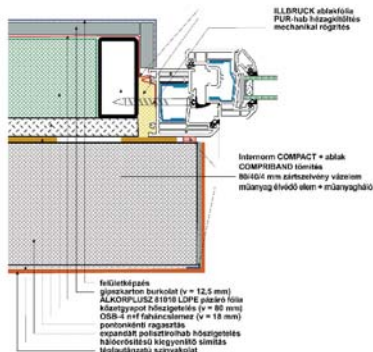
*A déli homlokzat képe felújítás után*

### **Homlokzati falak és nyílászárók a földszinten**

A földszinten az avult, károsodott ajtók, kapuk és portálok elbontása után a falnyílásokba zártszelvényekből hegesztett acél vázszerkezet került a vázelemek közeinek közetgyapot lemez kitöltésével. A vázszerkezet belső oldalára hatékony párazáró foliát és gipszkarton burkolatot, külső oldalára pedig műfa lemezburkolatot szereltek a 12 cm vastag különleges minőségű expandált polisztirolhab lemez hőszigetelés fogadására (9., 10. és 11. ábrák). Ugyancsak ilyen

hőszigetelő lapokkal burkolták körül a földszinti vasbeton pillérek homlokzatsíkból kinyúló részeit és a véghomlokzatok földszinti szakaszait is. A hőszigetelés fölé mindenhol hálórősítésű alapvakolat és kerámialapka burkolat kerül. A hőszigetelt külső fal névleges hőátbocsátási tényezője  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{k}$ .

A nyílászárók itt is a lakószinteken beépített márkájú termékekből készültek: a kirakatablakok és ajtók PVC, a kapuk alumínium szerkezetekből.



**9. ábra**

*Földszinti szerelt fal részlete*



**10. ábra**

*Földszinti szerelt fal hőszigetelés előtt*



**11. ábra**

*Földszinti falak és vasbeton pillérek hőszigetelése*

## Lapostető felújítása

Mivel a lakásokban nincsenek erkélyek, a tetőn került kialakításra egy rekreációs zóna extenzív zöldtető és terasztető formájában. Ez az építészeti koncepció és a használati lehetőségen túl egyéb pozitív hatásokkal is jár: javítja a legfelső szint lakásainak hőkomfortját és a páraforgalmat.

A  $454 \text{ m}^2$  alapterületű lapostető az építés idejére (1978) jellemző kialakítású, meglehetősen avult állapotú (12. és 13. ábrák) és mai szemmel alulhőszigetelt ( $U = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), és elfogadhatatlan rétegfelépítésű volt a következők szerint:

- Bitumenes lemez szigetelés (felújítás során beépítve)
- Bitumenes lemez szigetelés (eredeti)
- Kavicsbeton aljzat (80 mm)
- Perlitadalékos beton hőszigetelő-lejtést adó réteg (100-250 mm, nedves)
- Előregyártott vasbeton födémpanel (135 mm)
- Felületképző réteg



**12. ábra**

*A tető állapota a felújítás előtt*



**13. ábra**

*A tető állapota a felújítás előtt (részlet)*





**14. ábra**  
*Bontás a közös képviselő  
közreműködésével*

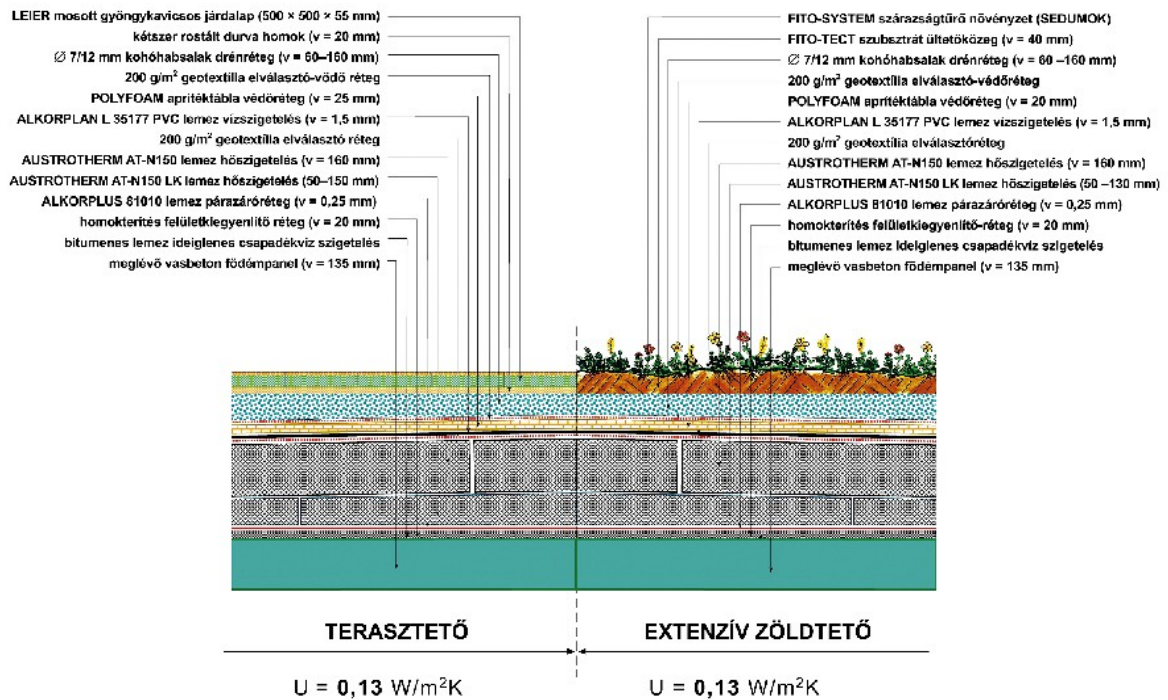
A tervezés során több felújítási alternatíva is szóba került, többek között beépített terű magastető létesítése is. Ezt, és a későbbiekben tervezett fordított rétegrendű, illetve DUO szerkezeteket pénzügyi okokból kellett elvetni. Ugyanilyen okból egy ideig veszélybe került a hasznosított tető létesítése is, de végül is ezt a megoldást sikerült megvédeni, hivatkozva arra, hogy az adott épület hasznosított külső tér (pl. loggiák) nélkül készült és persze arra is, hogy az extenzív zöldtető energetikai, téli-nyári hőérzeti és környezetvédelmi szempontból is előnyös szerkezet. Valamennyi változat a vasbeton panelfödém feletti szerkezeti rétegek teljes elbontásából indult ki.

A bontási munka (14. ábra) nem volt problémamentes, egyrészt a kavicsbeton réteg nagy szilárdsága miatt, másrészt pedig azért, mert – ahogyan az már lenni szokott – a bontási munkák másnapján hatalmas felhőszakadás érte a környéket, és ennek következtében két lakás be is ázott. Ráadásul Dunaújvárosban nemcsak az elbontott bitumeneslemez szigetelést, hanem az azzal „szennyezett” betontörmelékét is veszélyes hulladéknak minősítették, ami felborította az eredeti árkalkulációt.

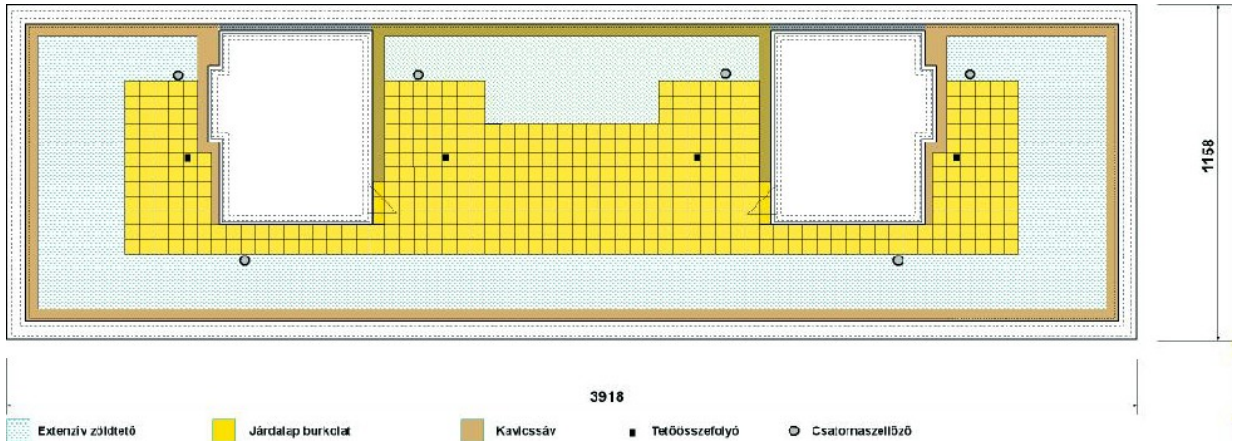
A tervezés fő szempontjai a következők voltak:

- A felújított szerkezet hőátbocsátási tényezője ne haladja meg az alacsony energiafelhasználású épületek tetőire jellemző  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  értéket,
- A felújítás során ne vigyünk nedvességet a szerkezetbe,
- Az új csapadékvíz-szigetelés legyen biztonságos, csekély lejtést igénylő és természetesen gyökérálló anyagú,
- A terasztető és zöldtető szakaszok lejtésmentes kivitelben készüljenek.

Ennek megfelelően alakultak ki a 15. ábrán látható rétegrendek és a minden tetőfelületen azonos hőátbocsátási tényezőjű ( $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) tetőszerkezet, valamint a hasznosított tető elrendezése (16. ábra).



**15. ábra**  
*Rétegfelépítések*



**16. ábra**  
*A hasznosított tető alaprajza*

A felújítás során nyilvánvalóvá vált, hogy a meglévő rétegek meglehetősen időigényes elbontásával párhuzamosan ideiglenes vízszigetelés beépítése is szükséges, amire egy 3 mm vastag oxidált bitumenes lemez is alkalmasnak bizonyult. Ezt követően egy vékony, száraz homokréteg felhordásával sikerült a vasbeton födémpanelek csatlakozásainak fogasságát és a vízszintes síktól való eltérését kiegyenlíteni, hiszen a párazáró és hőszigetelő rétegekkel ezeket a hibákat már nem lehet „kozmetikálni”.

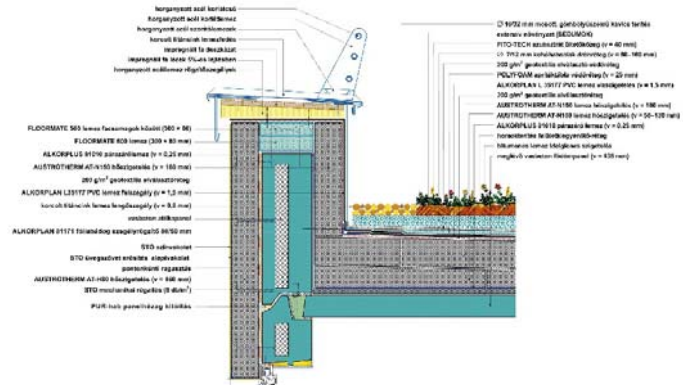
Párazáró réteggként a magas páradiffúziós ellenállású ( $R_v = 660 \text{ m}^2\text{secMPa/g}$ ), 600 cm széles, öntapadós ragasztószalagokkal végteleníthető, biztonságosan és gyorsan beépíthető LDPE fóliát használtuk. Ezt követte az 5-13 cm vastag lejtést adó hőszigetelés, majd a 16

cm vastag felső hőszigetelő réteg fektetése, mindkettő polisztirolhab táblából (17. ábra). Fontos volt a hőszigetelő táblák „hézagmentes” elhelyezése, az esetenként keletkező csatlakozási hézagok kitöltése.



**17. ábra**

*Hőszigetelő táblák fektetése*



**18. ábra**

*Homlokzati fal és lapostető csatlakozása (részletrajz)*

Az új csapadékvíz-szigetelés 1,5 mm vastag, gyökérálló kalanderezett PVC-P lemezekből készült, az attikafalak és falszegélyek mentén fóliabádog szegélyrögzítő profilokhoz hegesztve.

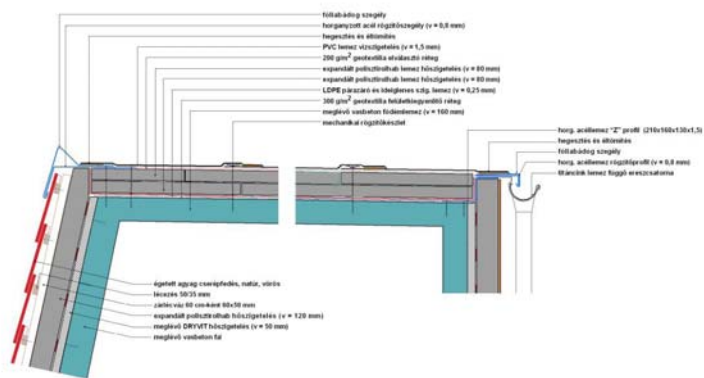
A jelentős hőhidat képező attikafalak hőszigetelése 16 cm vastag expandált és extrudált polisztirolhab lemezekkel történt, megszakítatlanul csatlakoztatva a külső fal azonos vastagságú hőszigetelő rétegéhez (18. ábra).

Az attikafalak lefedése és szegélyezése korcolt titáncink lemezből készült, korlátként a fémlemez tetőfedéseknél használatos, az állókorcokra szorított hófogók megoldását adaptáltuk (19. ábra).



**19. ábra**

*Attikafal szegélyezése és lefedése*



**20. ábra**

*Liftgépházak szigetelése (részletrajz)*

Az lejtésben kialakított tetőszerkezetű liftgépházak eredeti tetőszigetelésének elbontása után LDPE fólia párazáró réteget, 2x8 cm vastagságú expandált polisztirolhab lemez hőszigetelést, ezek felett pedig mechanikai rögzítésű PVC-P lemezszigetelést építettek be (20. és 21. ábrák). A tetők eresz- és párkányszegélyezése fóliabádog lemezből készült.

**21. ábra**

*Liftgépházak mechanikai rögzítésű csapadékvíz-szigetelése*

**22. ábra**

*A csapadékvíz-szigetelés elárasztása*

**23. ábra**

*Palántázás*

A szigetelő és bádogos munkák elkészülte után következett a vízpróba: a három napos árasztás (22. ábra) egy helyen hibát jelzett, aminek javítása után ezt a tetőszakaszt – most már színezett vízzel – újból elárasztottuk.

A csapadékvíz-szigetelés felett a szokványostól eltérő, de máshol már bevált rétegrendje épült fel: a csapadékvíz-szigetelést is védő aprítéktáblák felett geotextília terítés, majd finom szemszerkezetű, változó vastagságú kazánsalak drénréteg képezi a durva homokba ágyazott lapburkolat és az ültetőközeg aljzatát. A négyféle, gondozást nem igénylő növény palántázással került az ültetőközegbe (23. ábra).

Az átlagosan 26 cm vastagságú hőszigetelő réteggel kivitelezett hasznosított lapostető alighanem ritkaságszámba megy a hazai építésben és jó példa arra, hogy a hőszigetelő réteg vastagságának növelése csupán töredéke (ez esetben mintegy 8%-a) a tetőfelújítás összköltségének.

A lényeg azonban az, hogy a legfelső épületszinten, ahol a lakásokat határoló külső szerkezetek (mint lehűlő felületek) nagysága jelentős (az épületvégeken kialakított lakások esetében  $0,87 \text{ m}^2/\text{fűtött légm}^3$ ), ezzel a tetőszigeteléssel minden bizonnyal sikerül a korábban a lakók által leginkább kifogásolt, néha alig elviselhetően rossz nyári hőkomfort jelentős mértékű javulása, nem is beszélve a fűtési energiaigény csökkenéséről. Hogy ez mennyire sikerült, az majd az ideai fűtési idény végére derül ki, de bizonyos jelek már most, november elején is eredményes felújításra utalnak.

A felújított tető részleteit szemléltetik a 24., 25., 26. és 27. ábrák.

**24. ábra****25. ábra**



26. ábra



27. ábra

### Pincefödém hőszigetelése

A monolit vasbeton pincefödém eredeti hőszigetelését bennmaradó zsaluzatként elhelyezett gázbeton hőszigetelő lepek képezik. A felújítás során alsó oldali utólagos hőszigetelésként 10 cm vastag expandált polisztirolhab és hálórősítésű alapvakolat került beépítésre. A felújított pincefödém átlagos hőátbocsátási tényezője  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{k}$ .

### Szellőzési rendszer, légtömörség

Ha az épület hűlő felületeit jól leszigeteljük, további jelentős megtakarítás a szellőzési veszteségek csökkentésével érhető el. A Solanova épületben ezért kiegyenlített hővisszanyerős szellőző rendszer épül ki, melynek laboratóriumi hatásfoka 90 % feletti. Ez a magas érték egy világszabadalomnak köszönhető: a hőcserélő lemezek ultravékony műanyagból készülnek. Természetesen a laboratóriumi érték csak nagyon magas légtömörégi szint esetén érhető el. Ezért ír elő a német passzív ház szabvány  $0,6 \text{ h}^{-1}$  értéket passzív épületekre. Ezzel szemben a Solanova ház lakásainak eredeti légtömörége rendkívül rossz, a fűvóajtó mérések  $n_{50} = 7,1..12,0 \text{ h}^{-1}$ -t adtak az épület négy lakásában.

A magas légtömörség légzáró fóliák beépítésével érhető el, várhatóan ez a kivitelezés legkritikusabb pontja.

Az említett hővisszanyerős szellőzési rendszer lakásonkénti egységekből áll. Ezek a konyhák mennyezete alatt elhelyezett egységek, a légszűrő a legtöbb lakás esetében csak az előszobában és a vizesblokkokban jelennek meg. Mivel mindenki másképp rendezte be lakását, a légszűrő vezetését lakásonként külön-külön kellett megtervezni.

A levegő be- és kivezetése a csökkentett méretű konyhaablakok melletti homlokzatsávban történik (28. ábra). A lakók  $100$  és  $180 \text{ m}^3/\text{h}$  között szabályozhatják a szállított frisslevegő mennyiségét. A légtechnikai rendszer tervezésének fő problémái a zajvédelem, a fagyvédelem, a beszívási és a kivezetési pont közötti rövidzár elkerülése, valamint a szükséges légmennyiség meghatározása voltak. Az ilyen típusú rendszer, bár Németországban már kiérleltnek számít, Magyarországon még gyakorlatilag ismeretlen, ezért ez volt a tervezés legtöbb vitára okot adó pontja.



28. ábra

*A hővisszanyerő egység eltakarás előtt az előszobában*



29. ábra

*Lakásonkénti szellőzőcsövek a déli homlokzaton*

## A fűtési rendszer

A szellőző rendszer nem tartalmaz légfűtés elemet, ezért kiegészítésre szorul. Hosszas elemzés után a régi fűtési rendszer teljes elbontására és egy új, kis teljesítményű függőleges kétcsöves rendszerre esett a választás. A tervezés sarkalatos pontja volt a szabályozhatatlan csővezetéki veszteségek minimalizálása, ezért az előremenő és a visszatérő vezetékek külön helyiségekben futnak. Természetesen az új radiátorok termosztatikus szelepekkel ellátottak, biztosítva a helyi szabályozás lehetőségét.

Bár a fűtési költségosztás műszakilag nem indokolt, mert a belső hőáramok magas szerepe miatt igazságtalan eredményeket mutat, a lakókra pszichológiai hatást gyakorol és takarékosagra ösztönzi őket. Egy német passzív házban a költségosztókat kísérletképpen leszerelték, ami miatt 30 %-kal megnőtt a ház fogyasztása.

A fűtési rendszer fő tervezési kérdésének alacsony energiafelhasználású épületeknél a túlfűtés elkerülése bizonyult.

## Napkollektorok és víztakarékos szerelvények

Külön takarékosági intézkedések nélkül a HMV energiafelhasználás mintegy kétszerese lenne a fűtési energiafelhasználásnak. Ezért víztakarékos zuhanyfejeket és csapkifolyó elemeket szereltünk fel valamennyi lakásban. A HMV-hez szükséges hőenergia mintegy felét 72 m<sup>2</sup> síkkollektor szolgáltatja. Mivel a kollektormező a földszinti előtetőre van szerelve, kettős funkciót lát el: az energiatermelés mellett biztosítja a földszinti üzletek nyári árnyékolását.



**30. ábra**  
*A napkollektoros előtető*

## ÖSSZEFOGLALÁS

A panelépületek két fő problémája a magas üzemeltetési költség és a rossz nyári komfort. Ezért az alacsony energiafelhasználású épület tervezése során különös figyelmet kellett fordítani a nyári hővédelemre és a téli túlfűtés elkerülésére.

Egy épület teljes életciklusra nézve akkor nyújt optimálisan alacsony környezetterhelést és energiafelhasználást, ha a hangsúlyt az üzemeltetési energiafelhasználás csökkentésére helyezik. A Solanova épület végleges koncepcióját ezen alapelvek szem előtt tartásával alakítottuk ki.

A projekt kutatási részét az EU. 5. Kutatási és Demonstrációs Keretprogramja támogatta. A konkrét beruházás támogatásában az Unión kívül részt vállalt a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Dunaújváros Önkormányzata, a Dunaújvárosi Víz-Csatorna- és Hőszolgáltató Kft., valamint a lakóközösség is. A magas színvonalú műszaki megoldások alkalmazhatóságának előfeltétele volt, hogy a gyártó cégek jóval a listaár alatt biztosították termékeiket.

A 2005. október 25.-i műszaki átadással befejezett épületfelújítás hatékonyságának konkrét, számszerű eredményeit a további, másfél évig tartó monitoring regisztrálja, de nyilván már az első fűtési idény után, 2006 tavaszán képet kaphatunk az eredményekről.