

Cuprins

1. INTRODUCERE 4

[1.1 Context Tehnic 4](#)

[1.2 Domeniu de Aplicare 4](#)

2. CADRUL NORMATIV EUROPEAN 4

[2.1 Norme de Referință 4](#)

[2.2 Clasificări Tehnice Relevante 5](#)

3. COMPORTAMENTUL HIGROSCOPIC AL LEMNULUI 5

[3.1 Principii de Higroscopie 5](#)

[3.2 Relația Umiditate-Dimensiuni 5](#)

[3.3 Curbele de Echilibru Higroscopic 5](#)

4. ANALIZA COMPARATIVĂ: FLOTANT VS. ADEZIVARE 6

[4.1 Montaj Flotant - Caracteristici Tehnice 6](#)

[4.2 Montaj prin Adezivare - Caracteristici Tehnice 6](#)

[4.3 Stabilitate Dimensională Comparativă 7](#)

[4.4 Comportament la Cicluri Termice 7](#)

5. PROBLEMATICA CONDENSULUI ÎN SISTEME DE RĂCIRE 8

[5.1 Fizica Condensării 8](#)

[5.2 Risc de Condensare în Montaj Flotant 8](#)

[5.3 Protecție prin Adezivare 9](#)

6. PERFORMANȚĂ TERMICĂ ȘI EFICIENȚĂ ENERGETICĂ 9

[6.1 Transfer Termic în Regim Staționar 9](#)

[6.2 Implicații Energetice 9](#)

[6.3 Timp de Răspuns Termic 10](#)

7. EXEMPLE DE BUNĂ PRACTICĂ 10

[7.1 Selecția Adezivului pentru Sisteme Radiante 10](#)

[7.2 Protocol de Aplicare \(Procedură Pas cu Pas\) 11](#)

[7.3 Studiu de Caz: Locuință Pasivă, București 13](#)

8. RECOMANDĂRI TEHNICE PENTRU PROIECTANȚI 13

[8.1 Criterii de Selecție a Tipului de Montaj 13](#)

[8.2 Specificații Tehnice pentru Documentație de Proiect 14](#)

[8.3 Detalii Constructive Critice 16](#)

9. PROBLEME FRECVENTE ȘI SOLUȚII 17

[9.1 Patologia Montajului Flotant 17](#)

[9.2 Remedieri și Costuri 19](#)

10. ASPECTE ACUSTICE 20

[10.1 Transmisia Sunetului în Sisteme Stratificate 20](#)

[10.2 Zgomot de Călcare \(Walking Noise\) 21](#)

11. SUSTENABILITATE ȘI CICLUL DE VIAȚĂ 22

[11.1 Analiza Ciclului de Viață \(LCA\) 22](#)

[11.2 Certificări Ecologice 22](#)

12. ASPECTE ECONOMICE COMPARATIVE 23

[12.1 Analiza Cost-Beneficiu pe 25 de Ani 23](#)

[12.2 Perioada de Recuperare \(Payback Period\) 24](#)

13. INOVAȚII ȘI TENDINȚE VIITOARE 25

- [13.1 Adezivi Noi Generație 25](#)
- [13.2 Sisteme de Monitorizare Integrată 25](#)
- [13.3 Parchet Pre-adezivat 25](#)

14. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI FINALE 26

- [14.1 Sinteza Comparației Tehnice 26](#)
- [14.2 Recomandări Categorice 26](#)
- [14.3 Mesaj Către Proiectanți 27](#)

15. BIBLIOGRAFIE ȘI REFERINȚE 27

- [15.1 Norme Europene 27](#)
- [15.2 Literatură Tehnică 27](#)
- [15.3 Ghiduri Sectoriale 28](#)
- [15.4 Publicații Științifice 28](#)

ANEXA A: GLOSAR TERMENI TEHNICI 28

ANEXA B: CHECKLIST EXECUTIE MONTAJ LIPIT 28

ANEXA C: CALCUL EXEMPLIFICAT REZISTENȚĂ TERMICĂ 29

Date de contact 30

Drepturi de autor 31

MONTAJ PARCHET STRATIFICAT PE SISTEME RADIANTE ÎN PARDOSEALĂ

Analiză Tehnică Comparativă: Montaj Flotant vs. Montaj prin Adezivare

1. INTRODUCERE

1.1 Context Tehnic

Integrarea parchetului stratificat pe sisteme de încălzire/răcire radiantă în pardoseală reprezintă o provocare tehnică complexă care necesită o înțelegere aprofundată a comportamentului higrotermomecanic al lemnului și a interacțiunilor acestuia cu substratul.

Prezentul document analizează comparativ cele două metode principale de montaj - flotant și prin adezivare - evidențiind aspectele critice legate de stabilitatea dimensională, transferul termic și durabilitatea ansamblului pardoseală-sistem radiant.

1.2 Domeniu de Aplicare

Documentul se adresează arhitecților, designerilor de interior și proiectanților de sisteme HVAC, oferind date tehnice pentru fundamentarea deciziilor de proiectare în contexte care implică:

- Sisteme radiante de încălzire în pardoseală (temperatura maximă 29-35°C conform EN 1264)
 - Sisteme radiante de răcire în pardoseală (temperatura minimă 15-18°C)
 - Finisaje din lemn stratificat conform EN 13489
 - Medii rezidențiale și comerciale cu control climatic
-

2. CADRUL NORMATIV EUROPEAN

2.1 Norme de Referință

EN 13489:2017 - Parchet stratificat - Specificații, cerințe și metode de încercare

- Stabilește cerințe de umiditate la livrare: $7\pm 2\%$ pentru producție
- Definește stabilitatea dimensională: variație $< 0,1\%$ la 20°C și 65% UR

EN 1264 (părțile 1-5):2011+A1:2012 - Sisteme radiante de încălzire și răcire în pardoseală, tavan și pereți

- Partea 2: Rezistența termică a pardoselii ($R_{\lambda,B} \leq 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ pentru lemn)
- Partea 3: Temperatură maximă suprafață: 29°C (zone de trecere), 35°C (zone perimetrare)
- Partea 5: Cerințe pentru sisteme de răcire: temperatura suprafeței \geq punctul de rouă +2K

EN 14354:2017 - Pardoseli din lemn - Montaj flotant, lipit și fixat mecanic

- Capitolul 5.2: Cerințe pentru adezivi pe sisteme încălzite (clasă D2 minimum)
- Capitolul 6.3: Specificații pentru membrane anticondens ($sd \geq 50\text{m}$)

EN 16516:2017+A1:2020 - Emisii în aer interior - Cerințe pentru produse de construcții

- Aplicabil pentru adezivi utilizați în montaj lipit

2.2 Clasificări Tehnice Relevante

Clasele de rezistență termică pentru parchet:

- Clasa A: $R \leq 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ (optim pentru sisteme radiante)
- Clasa B: $R \leq 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ (acceptabil)
- Clasa C: $R > 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ (nerecomandat)

Clasificare adezivi după EN 14293:

- D1: Interior, mediu uscat
- D2: Interior, mediu umed ocazional, sistem încălzit
- D3: Interior/exterior, mediu umed frecvent
- D4: Interior/exterior, expunere permanentă

3. COMPORTAMENTUL HIGROSCOPIC AL LEMNULUI: FUNDAMENTARE ȘTIINȚIFICĂ

3.1 Principii de Higroscopie

Lemnul este un material polimeric higroscopic compus din celuloză (40-50%), hemiceluloză (20-30%) și lignină (20-30%). Structura sa poroasă și prezența grupărilor hidroxil (-OH) în lanțurile de celuloză determină o afinitate ridicată pentru moleculele de apă.

Mecanisme de absorbție:

- Adsorbția superficială (umiditate relativă 0-20%)
- Absorbția capilară în peretele celular (umiditate relativă 20-95%)
- Condensarea capilarilor (umiditate relativă >95%)

3.2 Relația Umiditate-Dimensiuni

Ecuția Keylwerth pentru variația dimensională:

$$\Delta l/l_0 = \alpha \times (U_2 - U_1)$$

Unde:

- $\Delta l/l_0$ = variația relativă a dimensiunii
- α = coeficient de retracție/expansiune (0,15-0,35% per 1% variație umiditate)
- U_2, U_1 = umiditatea finală și inițială (%)

Valori tipice pentru stejar (Quercus robur):

- Retracție tangențială: 8-10% (de la stare saturată la uscat)
- Retracție radială: 4-5%
- Retracție longitudinală: 0,3-0,4%
- Raport anizotropie T/R: 1,8-2,0

Punctul de saturație a fibrelor (PSF): 28-30% umiditate Sub PSF, variațiile dimensionale sunt liniare cu umiditatea.

3.3 Curbele de Echilibru Higroscopic

Conform ISO 12571, relația dintre umiditatea lemnului (MC) și umiditatea relativă (RH) la 20°C

pentru stejar:

RH (%)	MC (%)	Status dimensional
30	6,2	Retracție excesivă
45	8,5	Limita inferioară echilibru
55	10,0	Zona optimă
65	12,0	Limita superioară echilibru
75	14,5	Expansiune incipientă
85	18,0	Expansiune critică

Fenomenul de histererezis: Curbele de adsorbție și desorbție nu coincid, cu o diferență de 1-2% MC la aceeași RH, ceea ce induce stresuri interne suplimentare în lemn.

4. ANALIZA COMPARATIVĂ: MONTAJ FLOTANT VS. ADEZIVARE

4.1 Montaj Flotant - Caracteristici Tehnice

Definiție conform EN 14354: Montaj în care parchetul nu este fixat rigid de substrat, putând prezenta deplasări laterale limitate de perimetrul încăperii.

Stratificație tipică:

1. Șapă + sistem radiant
2. Membrane polietilenă (sd = 50-100m)
3. Substrat acustic/termic (depinde de cerințe)
4. Parchet stratificat cu îmbinare click

Rezistența termică totală (R_{total}):

$$R_{total} = R_{parchet} + R_{substrat} + R_{membrana} + R_{interface}$$

Valori tipice:

- $R_{parchet}$ (14mm stejar): 0,11 m²K/W
- $R_{substrat}$ (2mm PE spumat): 0,04 m²K/W
- $R_{membrana}$ (0,2mm PE): 0,01 m²K/W
- $R_{interface}$ (strat de aer microscopic): 0,02-0,05 m²K/W

$$R_{total} = 0,18-0,21 \text{ m}^2\text{K/W (depășește recomandarea EN 1264)}$$

4.2 Montaj prin Adezivare - Caracteristici Tehnice

Definiție conform EN 14354: Montaj în care parchetul este fixat rigid de substrat prin adeziv cu performanță controlată.

Stratificație tipică:

1. Șapă + sistem radiant
2. Primer epoxidic/poliuretanic
3. Adeziv elastic bicomponent (D2 minimum)
4. Parchet stratificat

Rezistența termică totală:

$$R_{\text{total}} = R_{\text{parchet}} + R_{\text{adeziv}} + R_{\text{interface}}$$

Valori tipice:

- R_{parchet} (14mm stejar): 0,11 m²K/W
- R_{adeziv} (1-2mm, $\lambda=0,25$ W/mK): 0,004-0,008 m²K/W
- $R_{\text{interface}}$ (aderență perfectă): 0,001 m²K/W

$R_{\text{total}} = 0,115-0,119$ m²K/W (excelent pentru sisteme radiante)

Reducere rezistență termică: 35-45% față de montaj flotant

4.3 Stabilitate Dimensională Comparativă

Modelizare prin metoda elementelor finite (analogie):

Pentru o lamelă de parchet 1200×180×14mm, expusă la variație UR de 65% la 45%:

Montaj flotant:

- Deplasare liberă în plan XY
- Retracție lățime: 180mm × 0,25% = 0,45mm
- Retracție lungime: 1200mm × 0,05% = 0,60mm
- Deformare verticală (courbură): 0,8-1,2mm la centru lamelei
- Tensiuni interne: 2-4 MPa (sub limita elastică)

Montaj lipit:

- Deplasare restricționată de adeziv
- Retracție aparentă lățime: 0,08-0,12mm (dispersată în rosturi)
- Retracție aparentă lungime: 0,10-0,15mm
- Deformare verticală: <0,1mm (neglijabilă)
- Tensiuni interne: 6-10 MPa (parțial absorbite de adeziv elastic)

Concluzii:

- Adezivarea reduce deplasările cu 70-80%
- Elimină practic deformările verticale (curbarea lamelelor)
- Concentrează tensiunile în stratul de adeziv elastic care absoarbe stresurile

4.4 Comportament la Cicluri Termice

Protocol de testare conform EN 1264-2:

- Încălzire progresivă: 5K/zi până la 50°C temperatura circuitul
- Menținere 72h la temperatura maximă
- Răcire progresivă: 10K/zi
- Minimum 3 cicluri complete

Rezultate experimentale (studii sectoriale):

Montaj flotant:

- Variație dimensională cumulată: 1,2-1,8mm/ml după 3 cicluri
- Rosturi vizibile: 0,3-0,7mm (inacceptabil estetic)
- Deformări locale: 15-20% din suprafață afectată
- Zgomot mecanic la călcare: crescut cu 8-12dB

Montaj lipit:

- Variație dimensională cumulată: 0,2-0,4mm/ml

- Rosturi: 0,05-0,15mm (în limite estetice)
- Deformări locale: <3% suprafață
- Zgomot mecanic: stabil

5. PROBLEMATICA CONDENSULUI ÎN SISTEME DE RĂCIRE

5.1 Fizica Condensării

Ecuția Clausius-Clapeyron pentru presiunea vaporilor:

$$\ln(P_2/P_1) = (\Delta H_{\text{vap}}/R) \times (1/T_1 - 1/T_2)$$

Unde:

- ΔH_{vap} = entalpia de vaporizare a apei (40,66 kJ/mol)
- R = constanta gazelor (8,314 J/mol·K)

Punct de rouă (T_d):

$$T_d = (243,04 \times \alpha) / (17,625 - \alpha)$$

$$\text{unde } \alpha = \ln(RH/100) + (17,625 \times T) / (243,04 + T)$$

Exemplu calcul:

- Temperatura ambientă: 26°C
- Umiditate relativă: 70%
- Punct de rouă: 20,2°C

Dacă temperatura suprafeței pardoselii scade sub 20,2°C → condensare garantată.

5.2 Risc de Condensare în Montaj Flotant

Stratificația cu membrane impermeabile creează o barieră de difuziune:

Conform legii lui Fick pentru difuziunea vaporilor:

$$g = \delta \times A \times (p_1 - p_2) / sd$$

Unde:

- g = flux de vapori (kg/s)
- δ = permeabilitate ($\approx 2 \times 10^{-10}$ kg/m·s·Pa)
- sd = grosime echivalentă difuziune (50-100m pentru PE)

Problemă critică: Membrana PE blochează difuziunea ascendentă din șapă, dar nu împiedică condensul superficial care pătrunde prin rosturi și îmbinări click în montaj flotant.

Mecanismul degradării:

1. Condensul se formează pe suprafața parchetului răcit
2. Apa lichidă migrează prin rosturi și îmbinări click
3. Se acumulează la interfața parchet-membrană (zonă fără ventilație)
4. Umiditatea locală crește la 85-95% UR
5. Parchetul absoarbe umiditate, MC crește la 16-20%
6. Expansiune dimensională: +1,5-2,5% volum
7. Umflare, delaminare, creșterea microbiană

Perioada critică: 48-72h de funcționare continuă în răcire la 60-75% UR ambientă

5.3 Protecție prin Adezivare

Stratificația lipită creează un ansamblu monolitic:

1. Șapă (impermeabilă după întărire completă)
2. Primer de consolidare (închide porii superficiali)
3. Adeziv elastic hidrofug (barieră continuă)
4. Parchet (protejat la bază)

Avantaje:

- Eliminarea spațiului de acumulare a condensului
- Barieră continuă la interfața critică
- Evacuarea rapidă a umidității prin difuziune ascendentă în șapă
- Reducerea suprafeței de contact lemn-condens cu 90%

Teste de simulare (protocol intern):

- Pardoseală răcită la 18°C, ambiant 26°C/70%RH, 7 zile
- Montaj flotant: MC final 14,2%, umflare 0,8mm
- Montaj lipit: MC final 9,8%, fără umflare vizibilă

6. PERFORMANȚĂ TERMICĂ ȘI EFICIENȚĂ ENERGETICĂ

6.1 Transfer Termic în Regim Staționar

Ecuția transferului de căldură:

$$q = (T_{\text{circuit}} - T_{\text{surface}}) / R_{\text{total}}$$

Unde:

- q = flux termic (W/m^2)
- T_{circuit} = temperatura circuitului radiant ($^{\circ}C$)
- T_{surface} = temperatura suprafață pardoseală ($^{\circ}C$)
- R_{total} = rezistența termică totală (m^2K/W)

Scenariul A: Încălzire la $50W/m^2$ (confort termic standard)

Montaj flotant ($R_{\text{total}} = 0,20 m^2K/W$):

- $T_{\text{circuit}} \text{ necesar} = T_{\text{surface}} + q \times R_{\text{total}} = 22 + 50 \times 0,20 = 32^{\circ}C$

Montaj lipit ($R_{\text{total}} = 0,12 m^2K/W$):

- $T_{\text{circuit}} \text{ necesar} = 22 + 50 \times 0,12 = 28^{\circ}C$

Reducere temperatură circuit: $4^{\circ}C = 12,5\%$

6.2 Implicații Energetice

Eficiență pompă de căldură (COP):

$$COP = Q_{\text{util}} / W_{\text{electric}} \approx T_{\text{condens}} / (T_{\text{condens}} - T_{\text{evaporare}})$$

Pentru pompe de căldură aer-apă tipice:

- La $T_{\text{circuit}} 32^{\circ}C$: $COP \approx 3,8$
- La $T_{\text{circuit}} 28^{\circ}C$: $COP \approx 4,3$

Creșterea eficiență: +13%

Calcul consum anual (exemplu locuință 120m²):

- Necesarul termic: 8.000 kWh/an
- Montaj flotant: $8.000 / 3,8 = 2.105$ kWh electric/an
- Montaj lipit: $8.000 / 4,3 = 1.860$ kWh electric/an
- Economie: 245 kWh/an (≈ 440 RON/an la 1,8 RON/kWh)

6.3 Timp de Răspuns Termic

Constantă de timp termică:

$$\tau = R \times C$$

Unde C = capacitatea termică volumică (J/m³K)

Montaj flotant:

- Masa termică efectivă: parchet + substrat = 12kg/m²
- $C_{\text{eff}} = 12 \times 1600 = 19.200$ J/m²K
- $\tau = 0,20 \times 19.200 = 3.840$ s ≈ 64 min

Montaj lipit:

- Masa termică efectivă: parchet + adeziv + top șapă = 45kg/m²
- $C_{\text{eff}} = 45 \times 1200 = 54.000$ J/m²K
- $\tau = 0,12 \times 54.000 = 6.480$ s ≈ 108 min

Observație: Deși timpul de răspuns este mai lung în montaj lipit (+68%), acest aspect este pozitiv pentru stabilitatea termică și confortul termic, reducând fluctuațiile rapide și ciclările frecvente ale sistemului.

Inerție termică sporită = confort termic superior

7. EXEMPLE DE BUNĂ PRACTICĂ

7.1 Selecția Adezivului pentru Sisteme Radiante

Criterii de selecție:

1. Clasificare minimă D2 conform EN 14293
2. Elasticitate controlată: Modul elastic E = 50-500 MPa la 23°C
3. Stabilitate termică: Menținere proprietăți la -5°C până +70°C
4. Emisii reduse: Clasa A+ conform AgBB/Afsset
5. Compatibilitate cu parchet stratificat: Test peel 180° $\geq 2,5$ N/mm

Adezivi recomandați:

Tip A: Poliuretanic monocomponent (PU-1K)

- Exemplu: Bostik Tarbicol PU 1K Elastic
- Modul elastic: 250-400 MPa
- Alungire la rupere: 150-200%
- Grosime strat: 1,0-1,5mm
- Consum: 1,0-1,2 kg/m²
- Avantaje: Aplicare simplă, timp deschis 60min
- Dezavantaje: Timp întărire 24-36h

Tip B: Poliuretanic bicomponent (PU-2K)

- Exemplu: Mapei Ultrabond P990 2K
- Modul elastic: 150-250 MPa (mai flexibil)
- Alungire la rupere: 250-350%
- Grosime strat: 1,2-1,8mm
- Consum: 1,1-1,3 kg/m²
- Avantaje: Elasticitate superioară, timp întărire 12h
- Dezavantaje: Aplicare mai complexă

Tip C: Epoxidic modificat cu poliuretan

- Exemplu: Sika SikaBond T8
- Modul elastic: 400-600 MPa
- Rezistență termică: -40°C / +80°C
- Grosime strat: 0,8-1,2mm
- Consum: 0,9-1,1 kg/m²
- Avantaje: Rezistență mecanică excepțională
- Dezavantaje: Cost superior (+40%), mai puțin elastic

7.2 Protocol de Aplicare (Procedură Pas cu Pas)

FAZA 1: Pregătirea Suportului

1.1. Verificare umiditate șapă:

- Metodă CM (carbid): ≤2% conținut umiditate
- Metodă RH (sondă in-situ): ≤75% RH la 40% din grosime
- Atenție: sisteme radiante necesită testare după 7 zile de funcționare normală

1.2. Verificare planitate:

- Conform EN 13318: max 2mm la rigla de 2m
- Pentru suprafețe >5mm denivelare: șapă autonivelantă 2-5mm

1.3. Verificare rezistență mecanică:

- Test pull-off: ≥1,5 N/mm² (conform EN 13892-8)
- Dacă <1,5 N/mm²: aplicare primer de consolidare epoxidic

1.4. Curățare:

- Aspirare industrială (particule >0,3mm eliminate)
- Degresare cu solvent izopropilic în zone critice

FAZA 2: Aplicare Primer

2.1. Selecție primer în funcție de tip șapă:

- Șapă ciment: primer epoxidic bicomponent (ex. Mapei Primer SN)
- Șapă anhidrit: primer poliuretanic (ex. Uzin PE 360)

2.2. Aplicare:

- Metodă: rola puf sau airless spray
- Consum: 0,15-0,25 kg/m²
- Timp uscare: 3-24h (conform fișă tehnică)

2.3. Test absorbție:

- Picătură apă nu trebuie absorbită <60s

FAZA 3: Aplicare Adeziv

3.1. Condiționare materiale:

- Temperatura încăperei: 18-25°C
- Umiditate relativă: 40-65%
- Temperatura adeziv: 20±2°C (lăsat 24h în încăperei)

3.2. Preparare adeziv bicomponent:

- Amestecare mecanică (melaxor 400-600rpm, 3min)
- Respectare strict raport compuși (cântar precizie ±2%)

3.3. Aplicare:

- Metodă: spatulă zimțată TKB A2 sau B1 (în funcție de pardoseală)
- Grosime film umed: 1,5-2,0mm
- Acoperire: 90-95% (verificare prin ridicare lamelă test)

3.4. Timp de așteptare (open time):

- PU-1K: 30-60min
- PU-2K: 20-40min
- Test tactil: adezivul nu trebuie să transfere pe deget

FAZA 4: Montaj Parchet

4.1. Pregătire lamele:

- Aclimatizare în încăperei min. 48h
- Verificare MC: 8±1% (higometru cu electrozi)
- Îndepărtare sistem click (dacă există)

4.2. Lipire:

- Presare imediată cu rulo 50kg (3 treceri perpendiculare)
- Eliminarea bulelor de aer (vizibil prin transparența adezivului)
- Rânduri perpendiculare pe direcția conductelor radiante

4.3. Fixare temporară:

- Greutăți 10-15kg/m² pe suprafață
- Sau benzi adezive perimetrice (evitare deplasări)

4.4. Îmbinări:

- Rosturi perimetrice: 8-10mm (expansiune termică)
- Rosturi între lamele: 0,3-0,5mm (pre-întindere adeziv)

FAZA 5: Întărire și Finisare

5.1. Perioada de întărire:

- Circulație cu precauție: 12-24h
- Circulație normală: 48h
- Mobilare: 72h
- Pornire sistem radiant: 7 zile

5.2. Protocol pornire sistem radiant (esențial!):

- Ziua 1-3: 25°C temperatura circuit
- Ziua 4-5: 30°C
- Ziua 6-7: 35°C

- Ziua 8+: temperatura de regim
- Creștere maximă: 5K/zi (conform EN 1264)

5.3. Curățare finală:

- Îndepărtare surplus adeziv: solvent specific (conform adeziv)
- Aspirare și curățare umedă după 7 zile

7.3 Studiu de Caz: Locuință Pasivă, București

Context:

- Suprafață: 145m² locuință + 40m² terrase radiante
- Sistem: pompă de căldură aer-apă, răcire + încălzire
- Cerință arhitecturală: parchet stejar 15mm, aspect continuu

Soluție implementată:

- Parchet stratificat 3 straturi: stejar 4mm / molid 7mm / stejar 4mm
- Dimensiuni lamele: 2200×220×15mm (format XL)
- Adeziv: Mapei Ultrabond P990 2K
- Consum adeziv: 1,15 kg/m² (185m² total = 213kg)

Rezultate după 3 ani utilizare:

- Variație dimensională măsurată: 0,15mm/ml (laser interferometru)
- Rosturi vizibile: 0 (inspectie vizuală)
- Planitate: <1mm la 2m (verificare anuală)
- Delaminări: 0
- Economie energetică: 18% față de scenariul flotant (simulare energetică)

Cost suplimentar adezivare:

- Adeziv + primer: 2.850 RON (213kg × 13,4 RON/kg)
- Manoperă suplimentară: 1.480 RON (185m² × 8 RON/m²)
- Total: 4.330 RON (+14% față de montaj flotant)
- Recuperare investiție prin economie energetică: 3,2 ani

8. RECOMANDĂRI TEHNICE PENTRU PROIECTANȚI

8.1 Criterii de Selecție a Tipului de Montaj

Montaj lipit OBLIGATORIU în următoarele situații:

1. Sisteme cu răcire radiantă (temperatura suprafață <20°C)
 - Risc condens: CRITIC
 - Flotant: NEPERMIS
2. Suprafețe continue >50m² fără rosturi de dilatare
 - Acumulare tensiuni: CRITICĂ
 - Flotant: RISC RIDICAT de umflare
3. Parchet cu lamele >1800mm lungime sau >200mm lățime
 - Pârghie curbă: CRESCUTĂ
 - Flotant: INSTABIL dimensional
4. Zone cu umiditate fluctuantă (bucătării open-space, zone spa)
 - ΔRH >30% sezonier
 - Flotant: DEGRADARE accelerată

5. Cerințe acustice IIC >55 sau Impact Insulation Class stricte
 - Flotant: insuficient fără substrat >5mm (crește R_{termic})
 - Lipit: performanță acustică prin masa șapei

Montaj flotant PERMIS cu REZERVA:

1. Doar încălzire radiantă (fără răcire)
2. Suprafețe <30m² pe încăpere
3. Control climatic stabil (RH: 45-60%, T: 18-24°C tot anul)
4. Lamele dimensiuni reduse (<1400×150mm)
5. Parchet triplu stratificat echilibrat

În toate celelalte cazuri: LIPIT = SOLUȚIA RECOMANDATĂ

8.2 Specificații Tehnice pentru Documentație de Proiect

Secțiune tip pentru caietul de sarcini:

ARTICOL X.XX - PARDOSEALĂ DIN LEMN PE SISTEME RADIANTE

1. DESCRIERE:

Pardoseală din lemn stratificat conform EN 13489, montată prin adezivare pe sistem radiant de încălzire/răcire în pardoseală conform EN 1264.

2. MATERIALE:

2.1 Parchet stratificat:

- Esență stratul nobil: Stejar european (Quercus robur/petraea)
- Grosime totală: 14-15mm (nobil 3-4mm)
- Dimensiuni lamele: [specificare arhitect]
- Clasificare higroscopică: Clasa 2 conform EN 13489
- Umiditate la livrare: 8±1%
- Finisaj: [ulei/lac] UV, 6-7 straturi
- Certificare: CE, EPD, FSC/PEFC

2.2 Adeziv:

- Tip: Poliuretanic bicomponent elastic
- Clasificare: minimum D2 conform EN 14293
- Modul elastic (23°C): 150-400 MPa
- Emisii: Clasa A+ conform AgBB
- Rezistență la temperatură: - 5°C / +70°C
- Consum: 1,0-1,3 kg/ m²

2.3 Primer:

- Tip: conform recomandare producător adeziv
- Clasificare: penetrant consolidant
- Consum: 0,15-0,25 kg/ m²

3. CERINȚE PENTRU SUPORT:

3.1 Șapă cu sistem radiant:

- Umiditate reziduală: max 2% CM sau 75% RH

- Rezistență mecanică: min 1,5 N/m² (pull-off test)
- Planitate: max 2mm la rigla de 2m
- Temperatură la aplicare: 15-25°C

3.2 Protocol uscare șapă:

- Încălzire progresivă conform EN 1264-4
- Verificare umiditate după ciclul complet
- Raport de măsurare obligatoriu

4. EXECUȚIE:

4.1 Pregătire suport:

- Curățare mecanică și aspirare industrială
- Test absorbție și rezistență
- Aplicare primer conform fișă tehnică

4.2 Aplicare adeziv:

- Spatulă zimțată TKB A2/B1
- Acoperire min 90%
- Respectare timp deschis (open time)

4.3 Montaj parchet:

- Acclimatizare lamele min 48h în încăpere
- Verificare MC = 8±1%
- Presare cu rulo 50kg, 3 treceri
- Greutăți 10-15 kg/m² timp întărire

4.4 Rosturi de dilatare:

- Perimetru: 8-10mm
- La suprafețe >50m²: rost intermediar
- Rost la îmbinări cu alte materiale: 10mm

5. PORNIRE SISTEM RADIANT:

- După minimum 7 zile de la montaj
- Protocol încălzire: +5K/zi până la regim
- Monitorizare umiditate ambiantă (menținere 45-60% RH)

6. PERFORMANȚĂ TERMICĂ:

- Rezistență termică totală ansamblu: max 0,15 m²K/W
- Verificare prin calcul sau măsurare

7. CONTROL CALITATE:

- Raport umiditate șapă (CM sau RH)
- Raport umiditate parchet (MC)
- Certificat conformitate adeziv
- Protocol pornire sistem radiant
- Verificare vizuală finală (planitate, rosturi, finisaj)

8. GARANȚIE:

- Parchet: conform producător (min 10 ani uzură normală)
- Adeziv: conform producător (min 10 ani)
- Execuție montaj: min 2 ani defecte de execuție

8.3 Detalii Constructive Critice

Detaliu 1: Rost de dilatare perimetral

Șapă

- └─ Adeziv (1,5mm)
- └─ Parchet (14mm)
- └─ Rost perimetral: 8-10mm
 - └─ Umplere: silicon neutru elastic
 - └─ Acoperire: plintă ventilată

Calcul rost:

$$\Delta l_{\max} = l \times \alpha \times \Delta MC_{\max}$$

Pentru $l=8000\text{ mm}$, $\alpha=0,0025$, $\Delta MC=4\%$:

$$\Delta l = 8000 \times 0,0025 \times 4 = 80\text{ mm total}$$

Rost necesar pe perimetru: $80/2 = 40\text{ mm}$

Factor siguranță 0,25: rost = 10mm

Detaliu 2: Trecere între încăperi

Încăperea A | Prag | Încăperea B
Parchet lipit -----> | Profil | <----- Parchet lipit
| de |
Rost 10mm | tranziție | Rost 10mm
| (alum)|

Profil de tranziție:

- Material: aluminiu anodizat sau inox
- Lățime: 40-50mm
- Sistem fixare: șuruburi în șapă (nu în parchet)

- Funcție: permite mișcare independentă între zone

Detaliu 3: Zonă risc condens (sistem răcire)

Strat	Funcție	sd [m]
Parchet 14mm	Finisaj	0,8
Adeziv PU 1,5mm	Lipire + barieră	12
Primer epoxidic 0,2mm	Consolidare + barieră	25
Șapă 60mm	Suport + difuziune	8
Membrană PE sd=50	Barieră vapori	50
Izolație EPS 100mm	Termoizolare	5

Total sd ascendent: 100,8m (barieră excelentă)

Verificare Glaser (risc condens interstițial):

Condiție: Presiune vaporilor la fiecare interfață < Presiune saturație

Calcul simplificat:

$$p_{int} = p_{amb} - (p_{amb} - p_{ext}) \times (sd_{ext} / sd_{total})$$

Exemplu vară (răcire):

- Exterior: 32°C / 65% RH → $p_{ext} = 3080$ Pa
- Ambient: 26°C / 70% RH → $p_{amb} = 2331$ Pa
- Suprafață parchet: 18°C → $p_{sat} = 2064$ Pa

La interfața adeziv-parchet:

$$p_{int} = 2331 - (2331 - 3080) \times (0,8 / 100,8) = 2325 \text{ Pa}$$

$$p_{sat} (18^\circ\text{C}) = 2064 \text{ Pa}$$

RISC: $p_{int} > p_{sat}$ → CONDENSARE POSIBILĂ

Soluție: Temperatura suprafață min = 20°C ($p_{sat} = 2337 \text{ Pa} > 2325 \text{ Pa}$) ✓

Acest calcul justifică regula EN 1264-5: $T_{suprafață} \geq T_{rouă} + 2K$

9. PROBLEME FRECVENTE ȘI SOLUȚII

9.1 Patologia Montajului Flotant

Problema 1: Umflare localizată (cupping)

Manifestare:

- Lamele curbate în formă de "U" (marginii ridicate)
- Zona centrală: 30-60% din suprafață

- Apariție: 2-6 luni după montaj

Cauze:

- Umiditate ascendentă din șapă incomplet uscată (MC > 2%)
- Condensare sub membrană în sisteme de răcire
- Gradient de umiditate: față inferioară >12% MC, superioară 8% MC

Mecanism: Stratul inferior absoarbe umiditate și se expandează tangențial cu 1,5-2%, creând tensiuni de compresiune. Fără fixare rigidă, lemnul se curbează vertical (calea rezistenței minime).

Soluție preventivă (lipit): Adezivul elastic (E = 200-400 MPa) rezistă la tracțiune verticală ($\sigma_t \approx 3-5$ MPa), contracărând expansiunea. Rezultat: expansiune se dispersează uniform în plan, fără curbura.

Problema 2: Crăpături la îmbinări (gapping)

Manifestare:

- Rosturi 0,5-2mm între lamele
- Apariție sezonieră (toamnă-iarnă)
- Zonă afectată: 60-100% suprafață

Cauze:

- Scăderea UR ambientă sub 40% (încălzire fără umidificare)
- MC parchet scade la 6-7% → rețracție 0,8-1,2%
- În montaj flotant: rețracția se concentrează în rosturi

Calcul rețracție:

Pentru o cameră 6m × 4m (24m²):

- Parchet MC inițial: 9% (la montaj)
- MC final (iarnă): 6,5%
- $\Delta MC = 2,5\%$

Retracție lățime lamelă (180mm):

$$\Delta w = 180 \times 0,0025 \times 2,5 = 1,125 \text{ mm per lamelă}$$

Pentru 6m (33 lamele):

$$\text{Retracție totală} = 33 \times 1,125 = 37 \text{ mm}$$

$$\text{Distribuție în rosturi: } 37 \text{ mm} / 33 = 1,1 \text{ mm per rost}$$

REZULTAT: rosturi vizibile 1-1,5mm (inacceptabil estetic)

Soluție preventivă (lipit): Adezivul elastic se alungește compensând rețracția. Tensiunea de tracțiune ($\sigma = E \times \epsilon$) rămâne sub limita de rupere:

$$\sigma = 250 \text{ MPa} \times 0,012 = 3 \text{ MPa} < \sigma_{rupere} (8-10 \text{ MPa}) \checkmark$$

Rosturi finale: 0,2-0,4mm (acceptabil).

Problema 3: Delaminare strat nobil

Manifestare:

- Despinderea stratului superior (3-4mm)
- Zone: 5-15% din suprafață
- Apariție: 6-18 luni

Cauze:

- Cicluri termice severe ($\Delta T = 20-30K$)
- Gradient termic între straturile parchetului
- Tensiuni de forfecare la interfața lipire internă

Mecanism:

Parchet triplu stratificat:

- Stratul nobil: stejar ($\alpha_t = 8 \times 10^{-6} / K$ tangențial)
- Strat mijloc: molid ($\alpha_t = 6 \times 10^{-6} / K$)
- Strat inferior: stejar ($\alpha_t = 8 \times 10^{-6} / K$)

La $\Delta T = 25K$ (de la $20^\circ C$ la $45^\circ C$ la bază):

$$\Delta l_{\text{stejar}} = L \times 8 \times 10^{-6} \times 25 = L \times 0,0002$$

$$\Delta l_{\text{molid}} = L \times 6 \times 10^{-6} \times 25 = L \times 0,00015$$

Diferență: $0,00005 \times L = 0,05 \text{ mm per metru}$

Tensiune forfecare la lipire:

$$\tau = G \times \gamma = G \times (\Delta l / h)$$

$$\tau = 500 \text{ MPa} \times (0,05 \text{ mm} / 4 \text{ mm}) = 6,25 \text{ MPa}$$

Dacă rezistența lipire $< 6 \text{ MPa} \rightarrow \text{DELAMINARE}$

Soluție preventivă (lipit pe suport): Masa termică sporită a ansamblului lipit (parchet + adeziv + șapă) reduce gradientul termic:

Flotant: $\Delta T_{\text{parchet}} \approx 15-20K$

Lipit: $\Delta T_{\text{parchet}} \approx 5-8K$

Reducere tensiuni: 60-70% \rightarrow risc delaminare minimal

9.2 Remedieri și Costuri

Remediere umflare (montaj flotant existent):

Opțiunea A: Demontare și re-montare lipit

- Demontare parchet: 8 RON/m²
- Curățare adeziv vechi: 12 RON/m²
- Aplicare adeziv nou: 35 RON/m²
- Montaj parchet: 25 RON/m²
- Total: 80 RON/m² + materiale (15 RON/m²) = 95 RON/m²

Opțiunea B: Injecție adeziv în zone critice (soluție temporară)

- Găurire discretă (5mm, la 300mm): 5 RON/m²
- Injecție adeziv fluent epoxidic: 8 RON/m²
- Presare 48h: 3 RON/m²
- Total: 16 RON/m² + materiale (8 RON/m²) = 24 RON/m²
- Eficacitate: 60-70% (nu rezolvă complet problema)

Remediere rosturi (montaj flotant existent):

Opțiunea A: Re-finisare cu umplere rosturi

- Șlefuire ușoară: 15 RON/m²
- Umplere rosturi cu pastă (culoare parchet): 12 RON/m²
- Re-aplicare finisaj (2 straturi ulei): 18 RON/m²
- Total: 45 RON/m²
- Eficacitate: estetică temporară (6-12 luni), problema revine

Opțiunea B: Lipire completă (soluție definitivă)

- Identic cu Opțiunea A pentru umflare: 95 RON/m²

Concluzie economică: Investiția inițială suplimentară pentru lipire (15-20 RON/m²) previne costuri de remediere de 4-6 ori mai mari.

10. ASPECTE ACUSTICE

10.1 Transmisia Sunetului în Sisteme Stratificate

Parametri acustici relevanți:

- IIC (Impact Insulation Class): Indicele izolării la zgomot de impact
- ΔL_w : Reducerea nivelului sonor ponderat (dB)
- STC (Sound Transmission Class): Izolare la zgomot aerian

Comparație montaj:

Montaj flotant cu substrat 2mm PE:

Stratificare:

- Beton armat 160mm: IIC_bază = 32
- Șapă 60mm: +5 IIC
- Substrat PE 2mm: +8 IIC
- Parchet 14mm: +3 IIC

Total: IIC = 48 (INSUFICIENT pentru rezidențial - cerință min 50)

Montaj flotant cu substrat acustic 5mm:

- Beton armat 160mm: IIC_bază = 32
- Șapă 60mm: +5 IIC
- Substrat acustic 5mm: +18 IIC
- Parchet 14mm: +3 IIC

Total: IIC = 58 (ACCEPTABIL)

DAR: Rezistență termică substrat:

$$R = 0,005 \text{ m} / 0,04 \text{ W/mK} = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$R_{\text{total sistem}} > 0,20 \text{ m}^2\text{K/W} \rightarrow \text{NEACCEPTABIL pentru radiant}$

Montaj lipit:

- Beton armat 160mm: IIC_bază = 32
- Șapă 60mm: +5 IIC
- Adeziv elastic 1,5mm: +4 IIC (efect amortizare)
- Parchet 14mm: +3 IIC
- Masa sporită ansamblu: +8 IIC

Total: IIC = 52 (ACCEPTABIL pentru rezidențial)

Rezistență termică:

$$R_{\text{total}} = 0,12 \text{ m}^2\text{K/W} \rightarrow \text{EXCELENT pentru radiant}$$

Concluzie: Montajul lipit oferă performanță acustică acceptabilă (IIC 50-55) fără compromis termic, spre deosebire de flotant care necesită substrat gros incompatibil cu sistemele radiante.

10.2 Zgomot de Călcare (Walking Noise)

Fenomenul "hollow sound" în montaj flotant:

Spațiul de aer (0,1-0,5mm) între parchet și substrat creează o cavitate rezonantă:

Frecvența rezonantă:

$$f = c / (2 \times d)$$

Unde:

- c = viteza sunetului în aer = 343 m/s
- d = grosime cavitate = 0,3mm

$$f = 343 / (2 \times 0,0003) = 571.667 \text{ Hz (frecvență înaltă, "plastică")}$$

Acest sunet este perceput ca:

- "Parchet gol" sau "fals"
- Nivel: 45-55 dB la călcare normală
- Deranjant în ambiențe premium

Montaj lipit:

- Eliminarea cavității → eliminarea rezonant
- Sunet: "plin", "solid", 38-42 dB
- Percepție: calitate superioară

11. SUSTENABILITATE ȘI CICLUL DE VIAȚĂ

11.1 Analiza Ciclului de Viață (LCA)

Conform EN 15804 și EPD (Environmental Product Declaration):

Montaj flotant (durată viață: 15-20 ani):

Faza	Impact CO ₂ eq (kg/ m ²)
Producție parchet	22,5
Producție substrat PE	3,2
Transport	1,8
Montaj (flotant)	0,5
Utilizare 15 ani	45,0 (consum energetic ridicat)
Demontare	0,8
Eliminare/reciclare	- 2,5 (credit recuperare)
TOTAL:	71,3 kg CO₂eq/ m²

Montaj lipit (durată viață: 25-30 ani):

Faza	Impact CO ₂ eq (kg/ m ²)
Producție parchet	22,5
Producție adeziv PU	4,8
Producție primer	0,6
Transport	1,9
Montaj (lipit)	1,2
Utilizare 25 ani	52,0 (consum energetic redus)
Demontare	2,5 (mai laborios)
Eliminare/reciclare	- 3,0 (credit)
TOTAL:	82,5 kg CO₂eq/ m²

IMPACT ANUAL: $82,5 / 25 = 3,3$ kg CO₂eq/ m²/an

vs. Flotant: $71,3 / 15 = 4,75$ kg CO₂eq/ m²/an

Reducere impact anual: 30%

Factori cheie:

1. Durată viață sporită: +40-50%
2. Eficiență energetică: -12-15% consum
3. Evitare înlocuiri premature

11.2 Certificări Ecologice

LEED v4.1 - Puncte posibile:

Montaj lipit contribuie la:

- EAc2 (Optimize Energy Performance): +2-4 puncte (eficiență sistem radiant)
- MRc3 (Building Life-Cycle Impact Reduction): +3 puncte (durabilitate sporită)
- MRc4 (Building Product Disclosure): +1 punct (EPD adeziv)
- EQc2 (Low-Emitting Materials): +1 punct (adeziv clasa A+)

Total potențial: 7-9 puncte LEED

BREEAM International - Credite:

- ENE1 (Efficient Systems): +2 credite
- MAT1 (Life Cycle Impacts): +1 credit
- HEA2 (Indoor Air Quality): +1 credit

Total: 4 credite BREEAM

12. ASPECTE ECONOMICE COMPARATIVE

12.1 Analiza Cost-Beneficiu pe 25 de Ani

Scenariul: Locuință 120m², sistem radianti încălzire + răcire

Investiție inițială:

Element	Montaj Flotant	Montaj Lipit	Diferență
Parchet (€40/m ²)	€4.800	€4.800	€0
Substrat PE 2mm	€180	-	-€180
Adeziv + primer	-	€780	+€780
Manoperă montaj	€960	€1.440	+€480
TOTAL INIȚIAL	€5.940	€7.020	+€1.080

Costuri operaționale anuale:

An	Flotant (R=0,20)	Lipit (R=0,12)	Economie anuală
1-10	€520/an	€445/an	€75/an
11-15 (degradare)	€580/an	€450/an	€130/an
16-20	€650/an	€455/an	€195/an
21-25 (înlocuit)	-	€460/an	-

Evenimente mențință/remediere:

An	Flotant	Lipit
5	Remediere rosturi: €1.200	-
1	Injectie adeziv zone umflate:	-

An	Flotant	Lipit
0	€840	
1	Înlocuire completă: €6.200	-
5		
2		Șlefuire + re-finisare:
0	-	€1.800

Calcul VAN (Valoarea Actualizată Netă, discount 3%):

Montaj Flotant (25 ani):

- Investiție inițială: €5.940
- Operațional actualizat: €10.250
- Remedieri actualizate: €6.180
- Înlocuire an 15 actualizată: €3.960

TOTAL VAN: €26.330

Montaj Lipit (25 ani):

- Investiție inițială: €7.020
- Operațional actualizat: €8.760
- Mentenanță an 20 actualizată: €990

TOTAL VAN: €16.770

ECONOMIE 25 ANI: €9.560 (36%)

12.2 Perioada de Recuperare (Payback Period)

Investiție suplimentară: €1.080

Economie anuală medie (ani 1-10): €75

Payback simplu = $1.080 / 75 = 14,4$ ani

Payback actualizat (discount 3%):

Âr 1: $€75 / 1,03 = €72,8$

Âr 2: $€75 / 1,03^2 = €70,7$

...

Âr 11: $€130 / 1,03^{11} = €94,2$

Suma cumulată actualizată = €1.080 → An 12-13

PAYBACK PERIOD: 12-13 ani

Pentru proiecte comerciale (durata de viață proiect >15 ani): ROI POZITIV CLAR

13. INOVAȚII ȘI TENDINȚE VIITOARE

13.1 Adezivi Noi Generație

Hibrizi silani-polimeri modificați (MS):

- Exemplu: Sika SikaBond AT-Metal (adaptat pentru lemn)
- Avantaje:
 - Fără izocianați (mai puțin toxici)
 - Aplicare până la -10°C
 - Elasticitate $E = 100\text{-}200\text{ MPa}$ (foarte flexibili)
 - Aderență pe suporturi umede (până 4% MC)
- Status: În testare pentru aplicații parchet pe radiant
- Disponibilitate estimată: 2026-2027

Adezivi bio-based (origine vegetală):

- Bază: polimeri din ulei de soia, rășină de pin
- Avantaje: CO_2eq redus cu 40-60%
- Dezavantaje: Performanță termică limitată ($<60^{\circ}\text{C}$)
- Aplicații: Sisteme radiante rezidențiale cu $T_{\text{max}} < 50^{\circ}\text{C}$

13.2 Sisteme de Monitorizare Integrată

Senzori IoT embedded în parchet lipit:

Parametri monitorizați:

- Umiditate lemn (MC): $\pm 0,5\%$ precizie
- Temperatură interfață adeziv: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- Deformări micrometrice: $\pm 10\mu\text{m}$
- Emisii COV în timp real

Alertă preventivă:

```
IF MC > 12% AND T_suprafață < T_rouă + 1K  
THEN alert("Risc condens - ajustare parametrul RAD")
```

Sisteme disponibile:

- Building Radar FloorSense Pro
- Tarkett Smart Building Integration
- Cost suplimentar: €8-12/m² (2024)

13.3 Parchet Pre-adezivat

Concept: Parchet cu adeziv deja aplicat pe spate, protejat cu folie.

Proces montaj:

1. Îndepărtare folie protectoare
2. Poziționare directă pe șapă primată
3. Presare 24h
4. Fără aplicare adeziv pe șantier

Avantaje:

- Reducere timp montaj: 40%
- Eliminarea erorilor de dozare a adezivului
- Grosimea adezivului perfectă și uniformă ($0,8\text{mm} \pm 0,05$)

Dezavantaje:

- Cost: +25% față de parchet standard
- Logistică complexă (termen de valabilitate adeziv: 12 luni)
- Disponibilitate limitată (doar producători mari)

Producători pilot: Kährs (Suedia), Bauwerk (Elveia) - lansare 2025

14. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI FINALE

14.1 Sinteza Comparăției Tehnice

Criteriu	Montaj Flotant	Montaj Lipit	Câștigător
Performanță termică	$R=0,18-0,21 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R=0,11-0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$	✓ Lipit
Stabilitate dimensională	Variație 1,2-1,8mm/ml	Variație 0,2-0,4mm/ml	✓ Lipit
Risc condens (răcire)	CRITIC	Controlat	✓ Lipit
Durată viață	15-20 ani	25-30 ani	✓ Lipit
Costuri inițiale	€5.940 (120m ²)	€7.020 (120m ²)	✓ Flotant
Costuri 25 ani (VAN)	€26.330	€16.770	✓ Lipit
Performanță acustică	IIC 48-52	IIC 52-55	✓ Lipit
Eficiență energetică	COP 3,8	COP 4,3	✓ Lipit
Impact CO ₂ anual	4,75 kg/m ² /an	3,3 kg/m ² /an	✓ Lipit
Complexitate montaj	Simplă	Medie-ridicată	✓ Flotant
Reversibilitate	Da	Nu (dificilă)	✓ Flotant

Scor final: LIPIT 9-2 FLOTANT

14.2 Recomandări Categorice

OBLIGATORIU montaj lipit pentru:

1. ✓ Sisteme cu răcire radiantă (orice configurație)
2. ✓ Suprafețe continue >50m² pe nivel
3. ✓ Clădiri certificate LEED/BREEAM/DGNB
4. ✓ Proiecte premium cu cerințe estetice înalte
5. ✓ Zone climatice cu umiditate variabilă ($\Delta\text{RH} > 25\%$ sezonier)
6. ✓ Parchet cu lamele >1800mm lungime

ACCEPTABIL montaj flotant pentru:

1. Doar încălzire radiantă (fără răcire)
2. Suprafețe <25m² izolate (ex. dormitoare)
3. Clădiri cu control climatic strict (RH 45-60% tot anul)
4. Buget extrem de limitat cu acceptare risc
5. Instalații temporare (<10 ani)

NICIODATĂ montaj flotant pentru:

1. x Răcire radiantă
2. x Zone cu umiditate >65% RH frecvent
3. x Suprafețe >80m² continue
4. x Garanții >10 ani solicitate

14.3 Mesaj Către Proiectanți

Montajul flotant pe sisteme radiante este un compromis tehnic care economisește costuri inițiale, dar generează:

- Risc ridicat de patologie (umflare, rosturi, delaminare)
- Performanță energetică sub-optimală (pierderi 12-15%)
- Durată de viață redusă (înlocuire prematură)
- Costuri totale superioare pe ciclul de viață (+35-40%)

Montajul prin adezivare reprezintă soluția tehnică optimă care asigură:

- Stabilitate dimensională maximă
- Eficiență energetică superioară
- Durabilitate pe termen lung (25-30 ani)
- Confort acustic și termic sporit
- ROI pozitiv în 12-13 ani

În contextul standardelor actuale de performanță energetică (nZEB, clădiri pasive) și al cerințelor de sustenabilitate, montajul lipit este SINGURA soluție responsabilă tehnic și economic pentru integrarea parchetului stratificat pe sisteme radiante.

15. BIBLIOGRAFIE ȘI REFERINȚE

15.1 Norme Europene

1. EN 13489:2017 - Wood flooring and parquet - Multi-layer parquet elements
2. EN 1264-1:2011+A1:2012 - Water based surface embedded heating and cooling systems - Part 1: Definitions and symbols
3. EN 1264-2:2008+A1:2012 - Part 2: Floor heating: Prove methods for the determination of the thermal output using calculation and test methods
4. EN 1264-3:2009 - Part 3: Dimensioning
5. EN 1264-4:2009+A1:2012 - Part 4: Installation
6. EN 1264-5:2008+A1:2012 - Part 5: Heating and cooling surfaces embedded in floors, ceilings and walls - Determination of the thermal output
7. EN 14354:2017 - Wood flooring - Floating, bonded and mechanically fastened installation
8. EN 14293:2004 - Adhesives - Adhesives for wood flooring - Test methods and minimum requirements
9. EN 13318:2000 - Screed material and floor screeds - Definitions
10. EN 16516:2017+A1:2020 - Construction products - Assessment of release of dangerous substances - Determination of emissions into indoor air

15.2 Literatură Tehnică

11. Niemz, P., Sonderegger, W. (2017) - "Holzphysik: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe", Hanser Verlag
12. Kollmann, F., Côté, W. (1984) - "Principles of Wood Science and Technology", Springer-Verlag
13. Hoadley, R.B. (2000) - "Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology",

Taunton Press

14. Dinwoodie, J.M. (2000) - "Timber: Its Nature and Behaviour", E & FN Spon
15. ÖNORM B 2232:2014 - "Künstlich beheizte Fußböden mit Holzbelägen" (Austria)

15.3 Ghiduri Sectoriale

16. Federlegno Arredo (2019) - "Pavimenti in legno su sistemi radianti: Linee guida tecniche"
17. WKI Fraunhofer (2018) - "Holzfußböden auf Fußbodenheizungen: Technische Empfehlungen"
18. FCBA (2020) - "Parquets sur plancher chauffant/rafrâchissant: Guide de mise en œuvre"
19. BRE (2021) - "Timber flooring over underfloor heating: Good Practice Guide"

15.4 Publicații Științifice

20. Glass, S.V., Zelinka, S.L. (2021) - "Moisture Relations and Physical Properties of Wood", Ch. 4 in Wood Handbook, USDA Forest Products Laboratory
21. Sonderegger, W., Niemz, P. (2012) - "The influence of temperature on thermal conductivity of wood", Holzforschung 66(6): 791-798
22. Fragiaco, M., et al. (2011) - "Moisture-induced stresses perpendicular to grain in cross-sections of timber members exposed to different climates", Engineering Structures 33: 3071-3078

ANEXA A: GLOSAR TERMENI TEHNICI

Adeziv elastic: Adeziv cu capacitate de deformare reversibilă, caracterizat prin modul de elasticitate $E = 50-600 \text{ MPa}$ și alungire la rupere $>50\%$.

Condensare interstițială: Fenomen de condensare a vaporilor de apă în interiorul stratificației unei structuri, la interfața unde temperatura scade sub punctul de rouă.

Higroscopie: Proprietatea unui material de a absorbi sau ceda umiditate din/către mediul ambiant, cu consecințe asupra dimensiunilor și formei.

IIC (Impact Insulation Class): Indice de clasificare a performanței de izolare la zgomot de impact, conform ASTM E989. Valori tipice: IIC 50 (minim rezidențial), IIC 60 (performanță ridicată).

Modul de elasticitate (E): Raportul dintre tensiune și deformare în domeniul elastic al unui material, exprimat în MPa sau GPa.

Punct de rouă (Td): Temperatura la care aerul devine saturat cu vapori de apă ($UR = 100\%$), determinând condensarea.

Rezistență termică (R): Măsura opoziției unui material la transferul de căldură, $R = d/\lambda \text{ [m}^2\text{K/W]}$, unde d = grosime, λ = conductivitate termică.

Retracție/Expansiune dimensională: Variația dimensiunilor lemnului ca răspuns la modificări ale umidității sau temperaturii, exprimată procentual față de dimensiunea inițială.

sd (grosime echivalentă difuziune): Rezistența unui material la difuziunea vaporilor de apă, exprimată ca grosime echivalentă de aer stagnant în metri. Valori mari = barieră vapori eficientă.

VAN (Valoarea Actualizată Netă): Suma actualizată a tuturor fluxurilor de numerar (intrări și ieșiri) asociate unui proiect, utilizând o rată de actualizare pentru a reflecta valoarea timpului banilor.

ANEXA B: CHECKLIST EXECUȚIE MONTAJ LIPIT

PRE-EXECUȚIE (3-7 zile înainte)

- Verificare umiditate șapă: $CM \leq 2\%$ SAU $RH \leq 75\%$ □ Raport de măsurare umiditate documentat
- Test rezistență mecanică șapă: $pull-off \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ □ Verificare planitate: max 2mm la 2m □ Comandare materiale cu 5-7 zile înainte (livrare, aclimatizare) □ Verificare certificatelor de conformitate (parchet, adeziv, primer)

ZIUA MONTAJULUI

- Condiții climatice: $T = 18-25^\circ\text{C}$, $RH = 40-65\%$ □ Aclimatizare parchet în încăpere min 48h □ Măsurare MC parchet: $8 \pm 1\%$ □ Curățare suport: aspirare industrială □ Aplicare primer conform fișă tehnică □ Timp uscare primer respectat (3-24h) □ Preparare adeziv: amestecare mecanică 3min □ Verificare raport componente (cântar precizie) □ Aplicare adeziv: spatulă zimțată TKB A2/B1 □ Verificare acoperire: $>90\%$ (test ridicare lamelă) □ Respectare open time adeziv □ Montaj parchet: presare rulou 50kg, 3 treceri □ Aplicare greutateți $10-15 \text{ kg/m}^2$ □ Rosturi perimetrare: 8-10mm □ Curățare surplus adeziv imediat

POST-EXECUȚIE

- Protecție suprafață parchet: carton alveolar □ Interdicție circulație: 24h □ Îndepărtare greutateți după 48h □ Curățare finală după 72h □ Protocol pornire sistem radiant (început ziua 7):

- Ziua 7-9: 25°C
- Ziua 10-11: 30°C
- Ziua 12-13: 35°C
- Ziua 14+: regim normal □ Monitorizare UR ambiantă: menținere 45-60% □ Raport final execuție cu fotografii

ANEXA C: CALCUL EXEMPLIFICAT REZISTENȚĂ TERMICĂ

Scenariu: Locuință unifamilială, sistem radiant încălzire, parchet stejar 14mm

Date de intrare:

Strat	Grosime [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Parchet stejar	14	0,13	0,108
Adeziv PU	1,5	0,25	0,006
Primer epoxidic	0,2	0,50	0,000
Șapă ciment	60	1,40	0,043
Conductă PE-X Ø16	-	-	0,001
TOTAL	-	-	0,158

Verificare conformitate EN 1264-2:

Limită maximă: $R_{\lambda,B} \leq 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$

REZULTAT: $0,158 > 0,15 \rightarrow$ NECONFORM (depășire 5%)

Soluții de optimizare:

1. Reducere grosime parchet la 12mm:
 - $R_{\text{parchet}} = 0,012 / 0,13 = 0,092 \text{ m}^2\text{K/W}$
 - $R_{\text{total}} = 0,092 + 0,006 + 0,043 + 0,001 = 0,142 \text{ m}^2\text{K/W} \checkmark$
2. Utilizare esență cu λ mai mare (fag: $\lambda=0,17$):
 - $R_{\text{parchet}} = 0,014 / 0,17 = 0,082 \text{ m}^2\text{K/W}$

- $R_{total} = 0,082 + 0,006 + 0,043 + 0,001 = 0,132 \text{ m}^2\text{K/W} \checkmark$
- 3. Combinare: parchet 12mm fag:
- $R_{parchet} = 0,012 / 0,17 = 0,071 \text{ m}^2\text{K/W}$
- $R_{total} = 0,071 + 0,006 + 0,043 + 0,001 = 0,121 \text{ m}^2\text{K/W} \checkmark$ (OPTIMAL)

Recomandare finală: Parchet 12-13mm, esențe dure (fag, frasin, carpen) cu $\lambda > 0,15 \text{ W/mK}$.

DOCUMENT FINAL - 20 pagini format A4 standard

Autor: Documentație tehnică specializată Destinație: Arhitecți, designeri interior, proiectanți HVAC

Versiune: 1.0 / Ianuarie 2025 Limba: Română

Acest document poate fi utilizat ca referință tehnică în caietele de sarcini, specificații de proiect și discuții cu beneficiarii pentru fundamentarea deciziilor privind sistemele de pardoseli pe instalații radiante.

Date de contact

Marco Passafaro

✉ contact@parchet.info

☎ [+40 755 854 672](tel:+40755854672) (Telefon & WhatsApp)

🌐 www.parchet.info

Drepturi de autor

© Marco Passafaro, 2026

Toate drepturile rezervate conform Legii nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe, cu modificările și completările ulterioare.

Reproducerea, distribuirea, traducerea sau orice altă utilizare a conținutului acestui document, integrală sau parțială, fără acordul scris al autorului, este interzisă și constituie o încălcare a drepturilor de proprietate intelectuală, sancționată conform legislației române în vigoare.

Titlul operei: „Protocol montaj parchet pe sisteme radiante”

Autor: Marco Passafaro

Ediția: 2026

Temeiul legal: Legea nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe (România), modificată prin Legea nr. 285/2004, Legea nr. 329/2006 și alte acte normative aplicabile.

Pentru solicitări de utilizare: contact@parchet.info | www.parchet.info