

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Sztrapkovics Balázs

Debrecen

2020

DEBRECENI EGYETEM

GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYI KAR

**IHRIG KÁROLY GAZDÁLKODÁS- ÉS SZERVEZÉSTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

Doktori iskola vezető: **Prof. Dr. Balogh Péter** egyetemi tanár, DSc

**A LEAN MENEDZSMENT ALKALMAZÁSÁNAK
LEHETŐSÉGEI AZ ÉPÍTŐIPARI LOGISZTIKÁBAN**

Készítette:

Sztrapkovics Balázs

Témavezető:

Dr. habil Oláh Judit

egyetemi docens

DEBRECEN

2020

A doktori értekezés betétlapja

A LEAN MENEDZSMENT ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI AZ ÉPÍTŐIPARI LOGISZTIKÁBAN

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a tudományágban

Írta: Sztrapkovics Balázs okleveles közlekedésmérnök

Készült a Debreceni Egyetem Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok doktori
iskolája (..... programja) keretében

Témavezető: Dr. habil Oláh Judit

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Prof. Dr. Balogh Péter, egyetemi tanár

tagok: Prof. Dr. Szűcs Edit, egyetemi tanár

Prof. Dr. Takács István, egyetemi tanár

A doktori szigorlat időpontja: 2018. május 30.

Az értekezés bírálói:

Dr.

Dr.

Dr.

A bírálóbizottság:

elnök: Dr.

tagok: Dr.

Dr.

Dr.

Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 2020.

NYILATKOZAT

Alulírott, Sztrapkovics Balázs (szül.: Budapest 1985.06.02.) büntetőjogi és fegyelemi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy a doktori (Ph.D) fokozat megszerzése céljából benyújtott értekezésem kizárólag saját, önálló munkám.

Nyilatkozom továbbá, hogy:

- az Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola szabályzatát megismertem, és az abban foglaltak megtartását magamra nézve kötelezően elismerem;
- a felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, a disszertációra vonatkozó jogszabályokat és rendelkezéseket betartottam;
- a disszertációban található másoktól származó, nyilvánosságra hozott vagy közzé nem tett gondolatok és adatok eredeti lelőhelyét a hivatkozásokban, az irodalomjegyzékben, illetve a felhasznált források között hiánytalanul feltüntettem a mindenkori szerzői jogvédelem figyelembevételével;
- a benyújtott értekezéssel azonos, vagy részben azonos tartalmú értekezést más egyetemen, illetve doktori iskolában nem nyújtottam be tudományos fokozat megszerzése céljából.

Debrecen, 2020. 03.07.

Sztrapkovics Balázs

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	1
1. TÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	3
1.1. Témafelvetés és a kutatás jelentősége.....	3
1.2. Célkítűzések és hipotézisek meghatározása	3
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. Az építőipar és a feldolgozóipar hazai helyzetének összehasonlítása, hatékonysági különbségek és azok okai	6
2.2. A lean filozófia eredete kialakulása a lean házmodell felépítése	10
2.3. Építőipari logisztika definiálása, sajátosságai	15
2.4. A lean alkalmazási lehetőségei az építőiparban, különös tekintettel az építőipari logisztikai folyamatokra	17
2.5. Nemzetközi példák a lean filozófia bevezetésére az építőipari folyamatokba	24
2.6. A nulla hiba koncepció alkalmazása az építőipari folyamatokban	27
2.7. Vizuális eszközök alkalmazása az építőipari logisztikában.....	30
2.8. A Value Stream Mapping nemzetközi alkalmazásai az építőipari logisztikában.....	34
2.9. Projekttervezési módszertanok, és szoftveres támogatásuk alkalmazásának lehetőségei az építőipari logisztikában	45
2.9.1. A Last Planner System módszertana	46
2.9.2. A Last Planner System tervezési szintjei	47
2.9.3. A SHOULD-CAN-WILL-DID analízis	50
2.9.4. Középtávú tervezés módszertana	51
2.9.5. A Last Planner System bevezetésének hatásai	52
2.10. Építési projektek szoftveres támogatása: az Épület Információs Modell	53
2.11. A Last Planner System és a BIM rendszer együttes alkalmazása: a kanBIM rendszer kialakítása	57
2.12. A KanBIM rendszer fő funkcionálisai	61
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	72
3.1. Kutatási modell.....	72
3.2. Szekunder adatgyűjtés	73
3.3. Primer adatgyűjtés	75
3.3.1. Országos szintű szakértői interjú megkérdezés	76
3.3.2. Adatelemzés, reprezentativitás megállapítása.....	79
3.3.3. Lean menedzsment bevezetése hazai vállalatoknál, vállalati folyamatokra gyakorolt hatásainak vizsgálata.....	83

4. VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE.....	84
4.1. Ellátási lánc felmérése a hazai építőiparban.....	84
4.1.1. A hazai építőipar beszállítói kapcsolatainak, és megrendelési gyakorlatainak felmérése, értékelése	85
4.1.2. A hazai építőipari vállalatok alapanyag nyilvántartási rendszereinek, valamint folyamatainak felmérése, értékelése	91
4.1.3. A hazai építőipari vállalatok által alkalmazott projekttervezési gyakorlatok, valamint azok szoftveres támogatása.....	94
4.2. Az ellátási lánc felmérés alapján a Just in time módszertan alkalmazása a hazai építőipari logisztikában	98
4.3. A just in time és a Last Planner System bevezetése hazai építőipari vállalatoknál	106
4.4. A just in time és a kanban együttes építőipari alkalmazásának ellátási lánc modellje	109
4.5. A KanBIM hazai építőiparra megalkotott rendszerintegrátori modellje.....	116
4.6. Automatizált készletkövetési rendszerek alkalmazása az építőipari logisztikában.....	118
4.6.1. A képfelismerés technológiája.....	119
4.6.2. A képfelismerés építőipari alkalmazásai	120
4.6.3. Képfelismerés építőipari logisztikai gyakorlati alkalmazása	124
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	128
5.1. A kutatás jövőbeli irányai és jelenlegi korlátai	133
6. AZ ÉRTEKEZÉS FONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSAI, ÚJ ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI.....	135
ÖSSZEFOGLALÁS.....	137
SUMMARY	140
AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA	143
IRODALOMJEGYZÉK.....	145
SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE.....	152
TÁBLÁZATJEGYZÉK	154
ÁBRAJEGYZÉK	155
MELLÉKLET	157

BEVEZETÉS

A lean menedzsment a XX. század végén terjedt el széleskörűen az európai termelő vállalatok között. Első körben az autógyártó vállalatok sajátították el a lean filozófiát és alkalmazták a lean eszközöket. Ez érthető tekintve, hogy a lean menedzsment alapját a Taichii Ohno által kidolgozott Toyota Production System jelentette, azaz az alapok is az autógyártásból eredeztethetők (KRAFCIK, 1988). Napjainkra az autógyártásban már elvárás a lean elvek alkalmazása, nemcsak a közvetlen gyártó vállalatok, de beszállítóik esetében is. A bevezetés sikereit látva a következő évtizedekben más iparágak termelő vállalatai is bevezették vállalati kultúrájukba a lean menedzsmentet. Hazánkban a 2000-es évek első évtizedében terjedt el, kezdetben főleg a külföldi tulajdonú vállalatoknál. Napjainkra elmondható, hogy a tulajdonosi háttértől függetlenül valamilyen formában az összes jelentős termelő vállalatnál megjelenik a lean menedzsment eszköztára (DEMETER et al., 2017).

A termelő vállalatok sikereit látva megkezdődtek a kutatások a lean menedzsment eszközeinek más jellegű folyamatok fejlesztésére történő alkalmazására. Első lépésként a termeléshez szorosan kapcsolódó logisztikai folyamatok esetén vizsgálták, leginkább a termelő vállalatoknál, majd egyre inkább a logisztikai szolgáltatóknál is. Főként a raktári folyamatokban alkalmazták sikerrel a lean filozófiáját és eszközeit. A legtöbb jelentős logisztikai szolgáltató alkalmazza a folyamataiban, és napi működése során. A logisztikán túl az egészségügyben, valamint szolgáltató szektorban - főként a pénzügyi szolgáltatóknál - terjedt el a lean alkalmazása. Az irodai folyamatok eltérő jellege miatt e folyamatok fejlesztésére átalakított eszköztárat és filozófiát összefoglaló néven lean office-ként emlegetik.

A lean menedzsment építőipari folyamatokban történő alkalmazásának kutatása az Egyesült Államokban kezdődött, napjainkra a skandináv országokban és Dél-Amerikában is tetten érhető több gyakorlati megvalósítás. Az építőipari folyamatok nagyon speciálisak, hiszen jellemzően projektjellegűek, azaz rövid ideig vannak jelen egy adott helyen. Az építőipar jellemző problémája a határidők be nem tartása, a csúszások, melyre a lean menedzsment mind filozófiai mind eszköztár oldalról megfelelő megoldást nyújthat. Az eddigi nemzetközi gyakorlati alkalmazások biztató eredményeket hoztak. Alapvetően elmondható, hogy eredményes volt a lean menedzsment alkalmazása az építőipari folyamatokban, amellet, hogy láthatóvá váltak a bevezetés nehézségei is.

Kutatásaim során többször felügyeltem, illetve részt vettem a lean menedzsment logisztikai folyamatokban történő bevezetésében, valamint fejlesztésében. Több projektben is jelentős

sikereket tudtunk elérni a filozófia raktári meghonosításával, valamint a lean eszközök raktári folyamatokban történő alkalmazásával. Látható, hogy a lean logisztikai területen történő alkalmazásában megtakarítási lehetőségek rejlenek.

Látva a lean logisztikai alkalmazásában rejlő lehetőségeket, valamint az építőipari folyamatokban is megvalósuló lean fejlesztéseket, kutatásom témájául a lean menedzsment építőipari logisztikában történő alkalmazási lehetőségeit választottam. A meglévő nemzetközi példákat felhasználva, valamint más iparágakban történő alkalmazásokat is figyelembe véve, célom a lean menedzsment eszközeinek építőipari logisztikában történő alkalmazási lehetőségeinek feltárása. A fentiek mellett fontos szempont annak megismerése, hogy a hazai építőiparban miért nem alkalmazták eddig ezen elveket, és milyen feltételek szükségesek hozzá, hogy a magyarországi gyakorlatban is bevezetésre kerüljenek ezek az eszközök. Az ipar 4.0 egy hatalmas lehetőség a vállalatok előtt arra, hogy hatékonyabbá tegyék működésüket, és várhatóan a termelési szektoron túlmenően más szektorokban is terjedni fog az automatizáció, így kutatásom során az is célom, hogy meghatározzam az ipar 4.0 hogyan alkalmazható az építőipari logisztikai folyamatokban.

1. TÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Ebben a fejezetben a doktori téma lehatárolását végzem el, majd ismertetem a kutatásom főhipotézisét, és a hozzá kapcsolódó alhipotéziseket. Ezen kívül meghatározom a disszertáció fő célkitűzéseit.

1.1. Témafelvetés és a kutatás jelentősége

Doktori kutatásom során főként a gyakorlati szempontokat helyeztem előtérbe, a megfelelő elméleti háttér vizsgálatával. Első lépésben megvizsgáltam a nemzetközi tudományos irodalomban milyen főbb eredményekre jutottak a lean építőipari alkalmazására vonatkozóan, ezeket milyen megkötésekkel végezték el, valamint a bevezetés esetén milyen eredmények elérésével számoltak. Kutatásom elején a lean filozófia építőipari alkalmazási lehetőségét vizsgálom. Alapvetően elmondható, hogy a témában jelenleg még igen kevés megközelítés olvasható, azonban abban a vonatkozó publikációk egyetértettek, hogy a lean filozófia jól alkalmazható építőipari területen is, tekintve, hogy az építőipari folyamatok jellegükben nem térnek el jelentősen a termelési folyamatoktól. Eltérés, hogy az építkezések alapvetően projekt jellegű tevékenységek, ezért a folyamatok kialakításakor nagyobb jelentősége van a megfelelő projektmenedzsment rendszerek alkalmazásának. Jelentőssé válik a folyamatok feletti ellenőrzés, hogy a vezetőség számára is látható legyen mely folyamatok milyen státuszban vannak. Emellett a folyamatok fejlesztése során figyelembe kell venni azok helyszínének változékonyságát, tehát nem érdemes jelentős erőforrásigénnyel telepíthető segédeszközöket, és egyéb rendszereket kialakítani.

A kutatás fő célja a jelenleg a feldolgozóiparhoz képest tapasztalható építőipari hatékonyság lemaradás okainak feltárása, és javaslattétel arra vonatkozóan, hogy a jövőben hogyan valósulhat meg az építőipari folyamatok hatékonyságának „felzárkóztatása”. Látható, hogy a nemzetközi gyakorlatban már vannak példák a lean menedzsment szigetszerű alkalmazásaira. Célom a lean menedzsment rendszer szintű alkalmazásának kialakítása az építőipari logisztikai folyamatokban.

1.2. Célkitűzések és hipotézisek meghatározása

A disszertáció alaphipotézise a szakirodalom áttekintése, elemzése, valamint saját kutatásaim alapján: A feldolgozóiparban nagy sikerrel alkalmazott lean menedzsment bevezetése nem csak az építőipari folyamatokban, de az építőipari logisztikában is lehetséges, valamint alkalmazásával jelentős hatékonyságnövekedés érhető el az építőipari ellátási lánc valamennyi tagja számára, és megvalósíthatóvá válik a húzó elvű anyagellátás.

A disszertáció főbb célkitűzései a következők:

- C1. Az építőipar és a feldolgozóipar folyamatainak fejlettségi szint alapján történő összehasonlítása, a hatékonyságbeli különbségek okainak feltárása és az eltérő iparági jellegek folyamatokra gyakorolt hatásainak elemzése.
- C2. Az építőipari logisztika, mint terület lehatárolása, sajátosságainak feltárása, a terület főbb feladatainak és funkcióinak összegyűjtése, majd ezen információk alapján az építőipari logisztika definiálása.
- C3. A lean menedzsment egyes eszközeinek építőipari alkalmazását bemutató esettanulmányok és szakirodalmak rendszerezése, elemzése, majd az eredmények értékelését követően annak eldöntése, hogy mely eszközök alkalmazhatóak hatékonyan az építőiparban.
- C4. Projekttervezési módszertanok és azok rendelkezésre álló szoftveres támogatásainak áttekintése, esettanulmányokon keresztül gyakorlati alkalmazhatóságuk elemzése, fejlesztési irányok kijelölése.
- C5. A hazai építőipar jelenlegi helyzetének áttekintése, egyrészt a főbb gazdasági folyamatok tekintetében, másrészt a jelenlegi ellátási lánc fejlettsége szempontjából, a felmérés eredményei alapján eldönteni, hogy alkalmasak-e a hazai építőipari vállalatok jelenleg a lean elvű anyagellátási módszertanok bevezetésére.
- C6. Lean elvű anyagellátási módszertanok gyakorlati bevezetése a hazai építőipari logisztikában, az eddigi esettanulmányok áttekintése, valamint a hazai bevezetés tapasztalatai alapján ezen eszközök ellátási lánc szintű alkalmazásának lehetőségeinek feltárása.

A célkitűzésekhez és a fő hipotézishez kapcsolódó hipotéziseim a következők:

- H1. Az építőipar feldolgozóipartól jelentősen eltérő jellege ellenére a feldolgozóiparban már sikerrel alkalmazott lean módszertanok bizonyos korlátok és sajátosságok figyelembevételével eredményesen alkalmazhatóak az építőiparban is.
- H2. A lean menedzsment építőipari bevezetésével az építési projektek környezetterhelése is jelentős mértékben csökkenthető.
- H3. A hazai építőipar széleskörű iparági felmérése, valamint gyakorlati bevezetési projektek megvalósítása mely alapján megállapítható, hogy az iparági (ellátási lánc szinten), valamint vállalati folyamat fejlettségi szinten is több területen fejlesztésre szorul a húzó rendszerű anyagellátás bevezetésére.

H4. A lean építőiparban alkalmazott projekttervezési módszertanba és az azt támogató szoftverekbe hatékonyan integrálhatók a készlet nyilvántartási és rendelési, valamint alapanyag felhasználási funkciók, lehetővé téve a készletek valós idejű követését. Az időszakos készletkontrollok megvalósíthatók az Ipar 4.0 iránymutatásának megfelelően automatizáltan intelligens eszközök segítségével. A húzó rendszer megvalósításával lehetővé válik a just in time (éppen időben filozófia) alkalmazása, ezzel jelentősen csökkentve a telephelyen tárolt készletmennyiségeket.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Disszertációm e fejezetében a lean építőipari alkalmazási lehetőségeit vizsgálom, nemzetközi példákon keresztül. A fejezet célja annak vizsgálata, mely lean eszközök és hogyan alkalmazhatóak az építőiparban, és alkalmazásukkal milyen eredmények érhetők el. Az itt megfogalmazott megállapítások jelentették későbbi kutatásaim alapját arra vonatkozóan, hogy a lean mely területeit lehet érdemes bevezetni az építőipari logisztikában

2.1. Az építőipar és a feldolgozóipar hazai helyzetének összehasonlítása, hatékonysági különbségek és azok okai

Első lépésként az építőipar, mint nemzetgazdasági ágazat hatékonyságát vizsgálom. A lean menedzsment, mint filozófia és eszköztár alapvetően a feldolgozóiparból eredeztethető, valamint napjainkra kijelenthető, hogy a lean a feldolgozó ipar vállalatainak döntő többsége esetében jelentős ideje alkalmazott vállalatvezetési filozófia (DEMETER et al., 2017). A jól működő építőipar mind az új beruházások létrejöttét, mind az infrastrukturális háttér fejlődését segíti. (KAY - EDWARDS, 1994) szerint a fizikai hatékonyságot nemzetgazdasági szinten az egy fő által elérhető kibocsátás/év mutatja, melyet a feldolgozóipar (gyártás) azonos adataival hasonlítottam össze. Az 1. táblázat adatai alapján látható is, hogy jelentős különbség mutatkozik a két iparág között e tekintetben.

1. táblázat: Az építőipar és a feldolgozóipar hatékonyságának összehasonlítása

Év	Építőipar			Feldolgozóipar		
	Építőipari termelés (millió HUF)	Foglalkoztatottak száma (fő)	Hatékonyság (1000 HUF/fő)	Feldolgozóipari termelés (millió HUF)	Foglalkoztatottak száma (fő)	Hatékonyság (1000 HUF/fő)
2008	2 006 918	312 000	6 432	22 024 000	853 000	25 819
2009	2 006 410	293 000	6 848	18 886 000	794 000	23 786
2010	1 786 611	277 000	6 450	21 466 000	786 000	27 310
2011	1 731 794	264 000	6 560	23 788 000	809 000	29 404
2012	1 587 765	245 900	6 457	24 305 000	802 000	30 305
2013	1 774 914	245 500	7 230	25 402 000	819 300	31 005
2014	2 056 152	258 400	7 957	26 808 000	888 700	30 165
2015	2 153 389	271 900	7 920	28 494 000	901 700	31 600
2016	1 813 855	277 800	6 529	28 465 000	938 900	30 317
2017	2 491 498	302 900	7 987	30 578 000	987 900	30 952
2018	3 321 328	332 600	9 985	33 319 000	1 003 100	33 216

Forrás: Saját szerkesztés, KSH 2017 évi adatok alapján

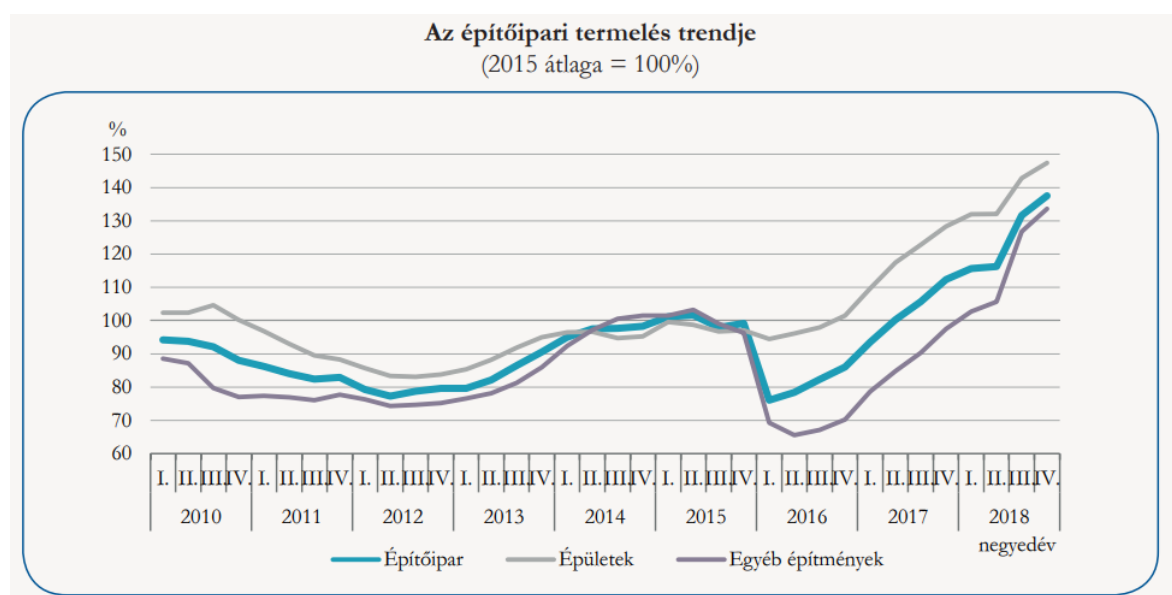
Az 1. táblázatból látható továbbá, hogy az építőipart 2008 óta csökkenés jellemzi egészen 2012-ig. Az építőipar egésze 2012-ben 1587,7 milliárd HUF összegű építési, szerelési

munkát valósított meg, közel 5,9 %-kal kevesebbet az előző év azonos időszakának teljesítményéhez viszonyítva.

Az építési ágazat súlyponti problémái számokban:

- Az alacsony, 2-3 % körüli jövedelemtermelő képesség következtében kialakult finanszírozási problémák.
- A fizetőképes kereslet hét év óta tartó folyamatos csökkenése 2300 milliárd Ft-ról 1600 milliárd Ft-ra.
- Az alacsony, 163 582 Ft átlagos bruttó kereset nagymértékben elmarad a versenyszférában átlagostól.
- Az irreálisan alacsony árak következtében kialakult lánctartozás 400 milliárd Ft-os nagyságrendje, amely a vállalkozások 90 %-át érinti, sújtva mintegy 200 000 családot.
- Az országos lakásvagyon megőrzéséhez szükséges évenkénti 42 000 új lakás megépítésével ellentétben 10 500 új lakás épült és mintegy 90 000 került felújításra a 2012-es évben (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

Látható, hogy a 2012-es évet követően növekedésnek indult az építőipar, azonban ennek jó része az Európai Unió pályázati ciklus végével, és az ekkor megvalósításra kerülő nagyszámú pályázati projekttel magyarázható.



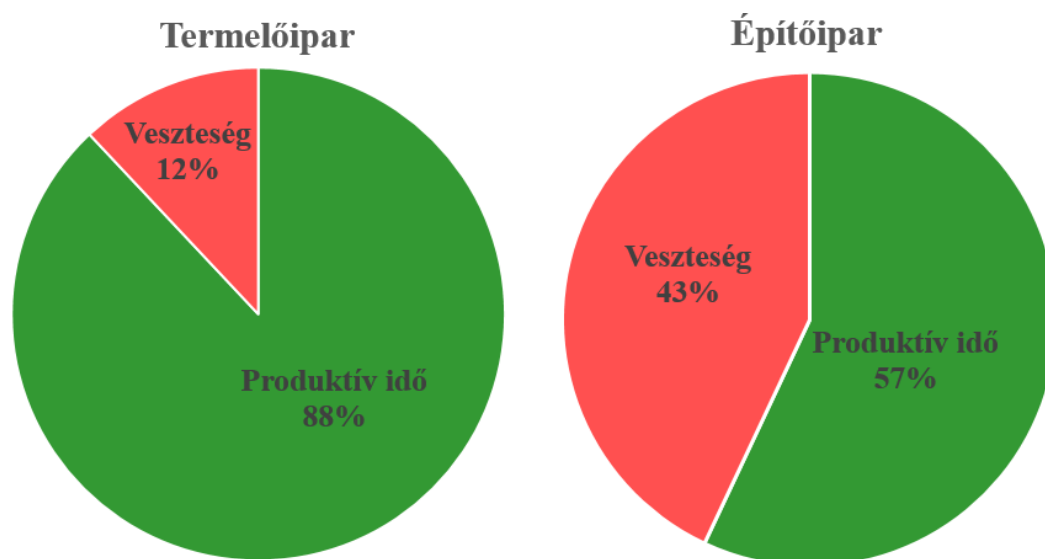
1. ábra: Az építőipari termelés alakulása

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal, (letöltve: 2020. január 16).

Ami igazán aggodalomra adhat okot, hogy az építőipari árak emelkedése az előző hat évben egyszer sem érte el az infláció mértékét (ÉVOSZ, 2016), valamint, hogy az építőipari termelés volumene 2012-ben már a 2005-ös mérték 60%-a alatt maradt (1. ábra). Annak érdekében, hogy a problémára megoldási javaslatot tudjunk formálni, hasonlóan a gyártási folyamatokhoz, rendszerszintű áttekintésre és összefüggés-vizsgálatra van szükség. Hipotézisem szerint az építőipari termelési folyamatok fejlesztésére a feldolgozóiparban már használt lean eszközök alkalmasak lehetnek.

A számok alapján egyértelmű, hogy a feldolgozóipar helyzete sem volt sokkal könnyebb a világgazdasági válság kirobbanása óta, a foglalkoztatottak száma 6,9%-kal csökkent 2008-ról 2009-re, 2009-től pedig stagnálás tapasztalható. A teljes volumenek vizsgálatát követően érdemes összevetni a termelékenységi mutatószámokat. A feldolgozóiparban a foglalkoztatottak számának stagnálásával párhuzamosan mintegy 17%-os termelékenység javulás tapasztalható (fontos, hogy jóval magasabb szintről, mint az építőiparban), míg az építőiparban ugyanezen időszak alatt a javulás mértéke alig haladta meg a 3%-ot. Ezen historikus elemzés alapján elmondható, hogy a 2008-as válság okozta volumencsökkenés a feldolgozóiparban meghozta a szükséges hatékonyságnövekedést, azonban az építőiparban ez már nem következett be, ennek következtében az építőipar jelenleg is jelentős mértékben függ az állami megrendelésektől. (ÉVOSZ, 2018)

Az iparági termelékenység mellett fontos megvizsgálni, hogy a fizikai dolgozók milyen hatékonysággal végzik munkájukat, hiszen a lean főbb eszközei a fizikai dolgozók munkavégzésére gyakorol hatást. A lean egyik legfontosabb alapelve a veszteségek megszüntetése, azaz fontos kérdés, hogy jelenleg milyen bázisról kell kiindulni.



2. ábra: Fizikai dolgozók produktivitása iparáganként

Forrás: Lean Construction Institute adatai (2018) alapján saját szerkesztés

A Lean Construction Institute mérései (2016) alapján (2. ábra) látható, hogy az építőiparban jelentősen alacsonyabb a dolgozók produktivitása, mint a termelő szektorban. A termelő szektorban, napjainkban a lean menedzsment alkalmazásának elterjedtsége majdnem teljeskörűnek mondható, azaz habár nyilvánvalóan az iparágak eltérő jellege is okozhatja a fenti ábrán látható eltérő produktivitást, hipotézisem szerint a lean alkalmazásának hiánya jelentős szerepet játszik az említett különbségben.

Az építőipari termelékenységet jelentős mértékben befolyásolja a kiszolgáló logisztikai folyamatok hatékonysága. Hasonlóan a termelés kiszolgálási folyamatokhoz, az építőipari logisztikai folyamatok produktivitásának fokozása érdekében is rendszerszintű áttekintésre és összefüggés vizsgálatra van szükség, amelyre a lean elvek keretrendszerként szolgálhatnak.

Első lépésként meg kell ismerni az építőipari folyamatok és a gyártási folyamatok közötti néhány alapvető különbséget:

- az építőipari folyamatokra projekt jellegű munkavégzés a jellemző;
- nem jellemző a sorozatgyártás, sokkal inkább az egyediség, bár bizonyos esetekben, nyomokban a kissorozat gyártás jellegzetességei is fellelhetők;
- az építési helyszínek kiválasztásánál nem elsősorban a logisztikai szempontok dominálnak (pl.: belvárosi építkezés, autópálya építések);
- a hosszú távú motivációs eszközök tárháza sokkal szerényebb projekt jellegből adódóan;
- ugyan vannak standardizálható folyamatelemek, de gyakoriak az egyedi nem ismétlődő folyamatok;
- a beszállítók száma, személye is gyakrabban változhat, gyakran egy-két szállításon át tartó vállalati kapcsolatok;
- csapatszellem kialakítására a gyakran változó munkakörnyezet miatt kisebb az esély (SZTRAPKOVICS et al., 2014).

A különbségekből látható, hogy a módszertan átemelhetősége nem magától értetődő, a lehetőségek feltárásához mind az építőipari folyamatok alaposabb vizsgálatára és áttekintésére van szükség, mind a lean filozófia alaposabb vizsgálata szükséges. Azonban a mérésekből, valamint a gazdasági mutatószámokból az is látható, hogy jelentős lehetőség van az építőipari folyamatok és azon belül az építőipari logisztikai folyamatok hatékonyságnövelésében.

2.2. A lean filozófia eredete kialakulása a lean házmodell felépítése

A lean szemlélet és az eszközei az '50-es években kezdtek kialakulni, mely során a Toyota termelési rendszer hatékonyabbá tétele volt a hosszú távú cél. A veszteségek csökkentésére létrejött elveket és gyakorlatokat később, hatékonyságuk miatt, több európai és amerikai cég is beépítette saját üzletfilozófiájába, termelő rendszerébe. A lean menedzsmentre általánosan elfogadott egzakt definíciószerű meghatározás nem található a szakirodalomban, viszont a legjobb hazai megközelítést az alábbi meghatározás adja (TÓTH, 2007).

A lean megközelítés minimalizálja, illetve megszünteti a folyamatokban lévő, a vevő szempontjából nem értéknövelő műveleteket, és csak a legszükségesebb erőforrásokat használja fel úgy, hogy az adott terméket, szolgáltatást vagy információt a vevő által megkívánt minőségben, árban és határidőre adja át, a lehető legkisebb átfutási idő mellett.

A lean fejlesztések a 3. ábraán szemléltetett, Womack által megfogalmazott öt alapelve épülnek. Minden esetben el kell végeznünk a veszteségek, azaz az értéket nem teremtő lépések eltávolítását a folyamatból, hogy célunkat elérhessük, amely nem más, mint a profit növelése (WOMACK - JONES, 1996).



3. ábra Lean vállalat folyamatkialakításának módszere

Forrás: (WOMACK - JONES, 1996) alapján saját szerkesztés

Womack és Jones fogalmazta meg a lean 5 alapelvét, melyet a következők:

Az érték meghatározása

A lean gondolkodás első alapelve, hogy azonosítsuk az értéket a folyamatban. Értéknek tekintjük azon tevékenységeket, amelyek a vevő számára értéket teremtenek. Ezen kívül minden tevékenység, folyamat veszteséget jelent, és rontja a vállalat hatékonyságát. Először is azonosítani kell ki vagy kik a vállalat vevői, majd meg kell találni és ki kell szűrni azokat a tevékenységeket és szolgáltatásokat, amelyek a vevő számára közvetlenül értéket jelent. A

lean számára a termékeken végzett javítás nem képvisel értéket, hiszen a cél a javításmentes folyamat (OLÁH et al., 2017).

Alapvetően a vevő dönti el, hogy neki mi számít valójában értéknek. Azt a szolgáltatást tekintjük értéknek a vevő szempontjából, ami az adott áron és az adott időpontban kielégíti a vevő igényeit. Amennyiben összegyűjtöttük a megfelelő információkat a vevő igényeiről, ezután, azt kell megvizsgálni, hogy mely folyamatok/műveletek képviselnek értéket a vevő számára.

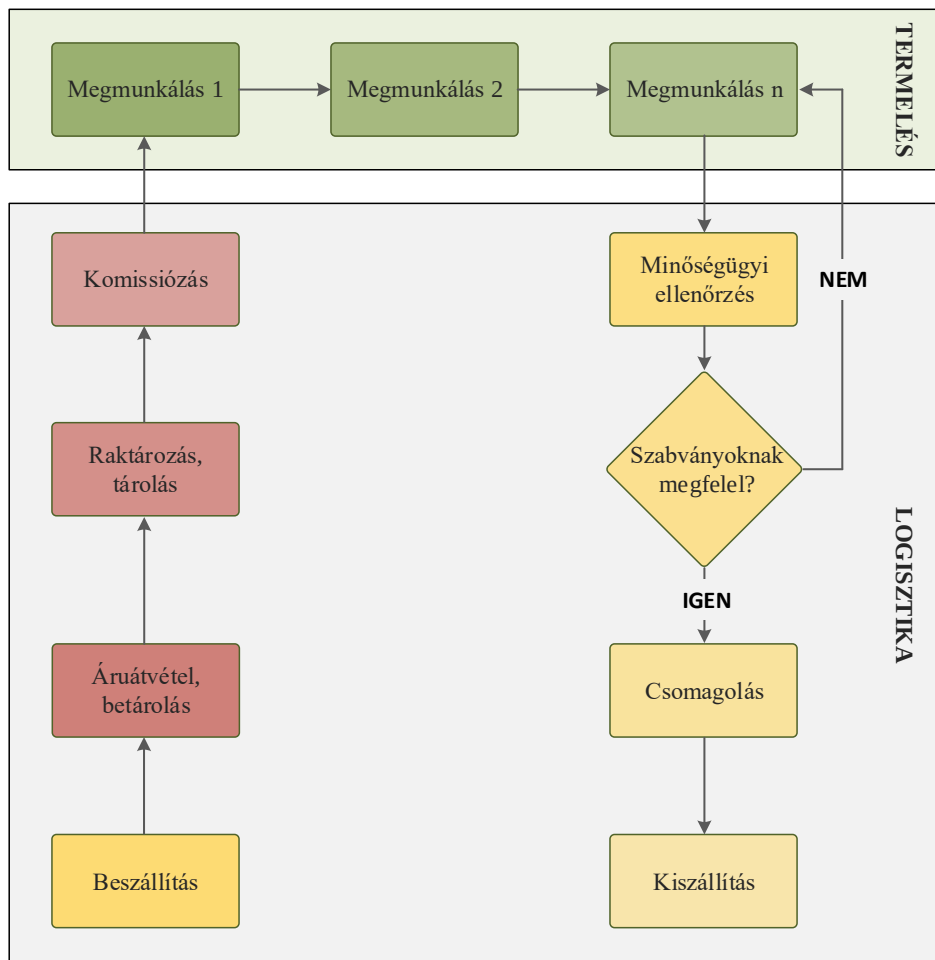
A vizsgálat során a külső és belső vevői igényeket is figyelembe kell venni (külső vevő: piaci vevő, belső vevő: a technológiai, műveleti sorrendnek megfelelően a következő tevékenység). Tehát hiába „nyomjuk rá” a vevőre széles szolgáltatási portfóliót, ha nem megfelelő szolgáltatást állítunk elő, akkor veszteséget okozunk.

Értékáram azonosítása

Az értékáram magában foglalja azokat a lépéseket és folyamatokat, amelyek ahhoz szükségesek, hogy az alapanyagból az adott terméket előállítsuk, majd azt a vevőhöz eljuttassuk. Tehát fontos, hogy az érték egy egész rendszeren átívelő összegzett folyamatláncot alkosson. A lean egy folyamat középpontú szemlélet, azaz folyamatokban gondolkodik, ellentétben más módszertanokkal, mint például a Six Sigma, mely inkább a problémákra koncentrál (OLÁH - POPP, 2016).

A folyamatok értékáram elemzése rendszerint hatalmas veszteségeket, és ezáltal rengeteg értéket nem teremtő lépést tár fel. Az értékáram elemzés által az egyes tevékenységek három fő csoportba sorolhatók:

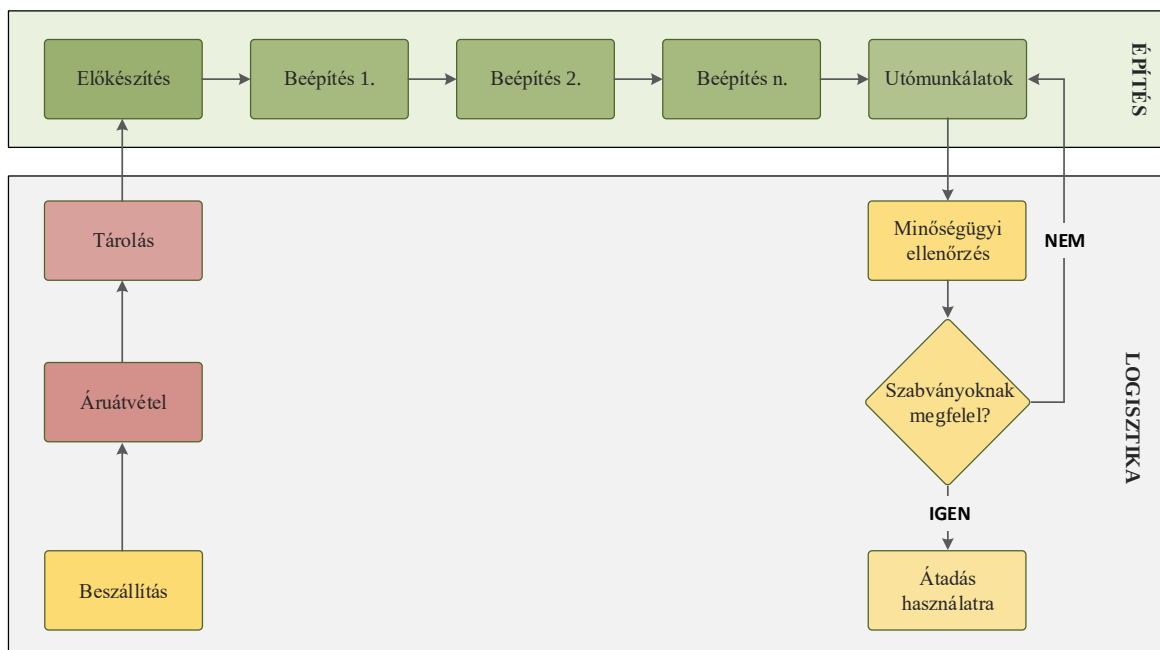
- értékteremtő műveletek (zöld);
- szükséges, de értéket nem teremtő műveletek (narancssárga);
- értéket nem adó műveletek (piros) (SZTRAPKOVICS et al., 2013).



4. ábra: Értékáram a feldolgozóiparban

Forrás: (SZTRAPKOVICS et al., 2013)

Amint azt a 4. ábra szemlélteti, a logisztikához sorolt tevékenységek nagy része közvetlenül nem teremt értéket a vevő számára, viszont elengedhetetlen a vevői igény kielégítéséhez. Ugyanez az értékáram felrajzolható 5. ábra az építési, illetve azt kiszolgáló logisztikai folyamatokra (SZTRAPKOVICS et al., 2013):



5. ábra: Értékáram az építőipari logisztikában

Forrás: (SZTRAPKOVICS et al., 2013)

Áramlás

Az áramlás nem más, mint az információ megállás, korrekció és visszaáramlás nélküli, folyamatos haladása az egyes értékteremtő tevékenységek között. Biztosítanunk kell az érték megszakítás nélküli áramlását a rendszerben. A len egyik célja csökkenteni a ciklusidőket és kiegyensúlyozni a folyamatokat, hogy a termék minél kevesebbet várakozzon (OLÁH, 2014). Minél több helyen kell várakoznia az adott terméknek, annál jobban csökken a rendszer hatékonysága. Az információáramlás esetén is alkalmazható az alapelv, ha a folyamatokat úgy alakítjuk ki, hogy olyan információ átadási pontokat hozunk létre a rendszerben, melyek egy input és egy output csatornával rendelkeznek, ezzel elkerülve az információáramlásban előforduló párhuzamosságokat (WOMACK - JONES, 1996).

Húzóelv

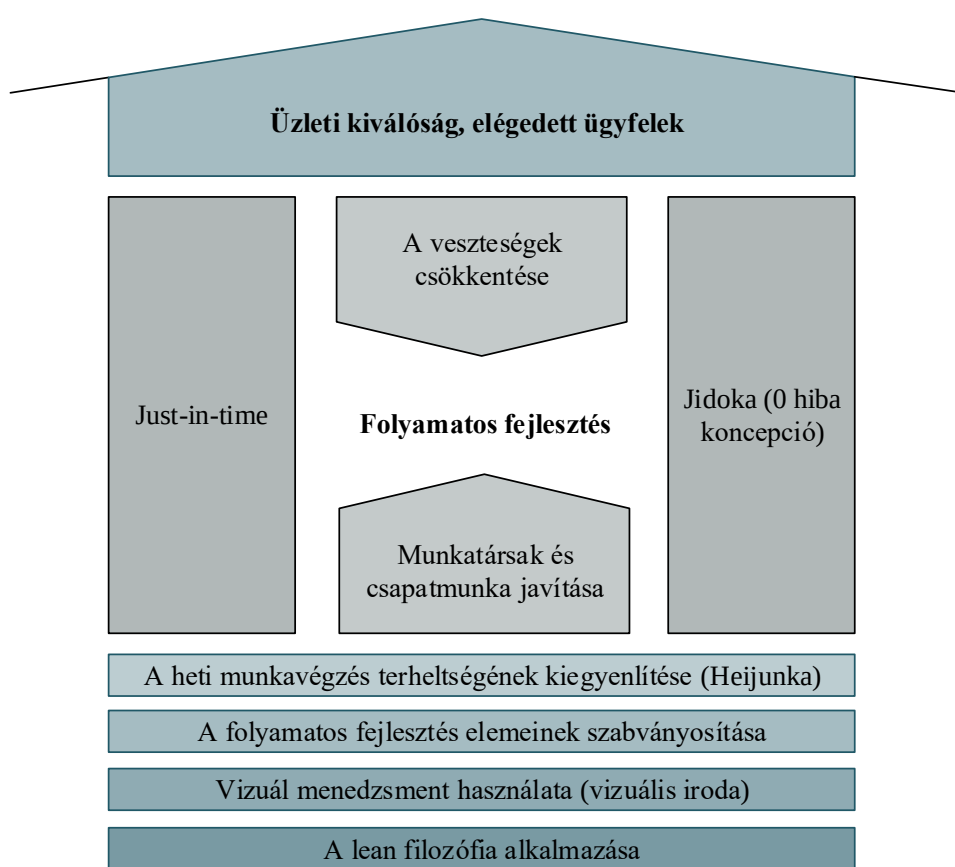
A hagyományos nagytételes sorozatgyártást nyomó elv szerint tervezik, vagyis a korábbi tapasztalatokra és a piaci előrejelzésekre támaszkodva egy meghatározott terv alapján termelnek.

Ehhez képest a húzó elvű vállalati folyamatok esetén, az új termékek a vásárlói igények alapján jönnek létre. Az egész áramlást – a vevői igény megjelenésétől kezdve egészen a vásárlás folyamatáig – a húzó elv kell, hogy vezérelje (WOMACK - JONES, 1996).

Tökéletesítés

A tökéletesítés értelmében sosem szabad az első négy lépés eredményeit végső sikerként kezelni, hanem a megfelelő értékelés után további fejlesztési lehetőségeket kell keresni, tehát figyelniük kell a folyamatos visszacsatolásra (WOMACK - JONES, 1996).

A lean termelési rendszer alapjai a Toyota Termelési Rendszerben nyugszanak, a lean házmodell egyik verzióját az 6. ábra szemlélteti. Mivel a lean nem csak egy módszertan és eszközök összessége, hanem egy filozófia, így amikor a lean más szektorokba való átemelhetőségi lehetőségeit vizsgálom, mindenképpen látni kell módszertan filozófiai háttérét és kiválasztani azokat a lean eszközöket, amelyek az építőipari logisztikába is bevezethetők (WOMACK - JONES, 1996).



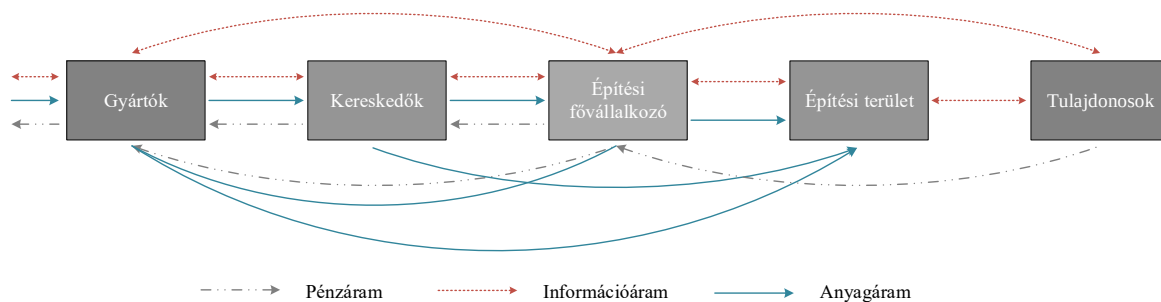
6. ábra: A Toyota Termelési Rendszer házmodellje

Forrás: Saját szerkesztés (WOMACK - JONES, 1996) felhasználásával

A házmodell nem véletlen, jól szemlélteti azt, hogy egyik elemet sem lehet elhanyagolni. Ahogyan egy ház sem funkcionál alapok, pillérek vagy háztető nélkül, úgy a lean rendszer sem fog megfelelően működni, ha valamely elemét mellőzik. Az egyes elemekről a későbbiekben lesz szó a disszertációban.

2.3. Építőipari logisztika definiálása, sajátosságai

A logisztika egyfajta értelmezés szerint: anyagok és termékek, valamint a hozzájuk kapcsolódó információk rendszeren belüli és rendszerek közötti tervezése, szervezése, irányítása, ellenőrzése (PREZENSZKI, 2003). Rendszerelemek, folyamatok, valamint az ezek közötti kapcsolatok alkotják magát a logisztikai rendszert, amely az építőipari logisztikára is értelmezhető, azaz ezen definíció megfelelőnek tekinthető az építőipari logisztikára is. Az építési vállalat a szállítók és a vásárlók alkotta ellátási lánc egyik eleme, amely saját logisztikai rendszerrel rendelkezik. Ezt az ellátási lánc modellt szemléltetem a következőkben (7. ábra).



7. ábra: Egy építőipari ellátási lánc

Forrás: Saját szerkesztés, (SOBOTKA et al., 2005) felhasználásával

Az 7. ábrán látható, hogy az építőipari ellátási láncok esetében jóval kevesebb szereplő figyelhető meg, mint a feldolgozóipar esetében. A 7. ábra elemeinél gyakorta kevesebb elemből áll az építőipari ellátási lánc ugyanis sokszor közvetlen a gyártó szolgálja ki az egyes építési fővállalkozókat.

Az építési folyamatok, így az ezt kiszolgáló logisztikai tevékenységek halmaza, nagyban függhetnek attól, hogy milyen jellegű építési tevékenységről van szó, illetve helyileg hol kell a feladatot lebonyolítani. Ezért mindenképpen szükséges, hogy csoportokba foglaljuk az egyes megjelenési formákat:

Az építés helyszínével kapcsolatos tipikus megjelenési formák, és azok hatása az építési folyamatokra:

- településeken belüli, pl. (bel) városi építkezés → különleges behajtási szabályok;
- településhatáron, peremterületeken megvalósuló építési feladat → lakott területekre vonatkozó zaj rendeletek betartása;
- települések között megvalósítandó építési feladatok → nehéz megközelíthetőség.

Az építési tevékenységek tipikus megjelenési formái:

- vonalas építési munkákkal járó építési feladat;
- egy családi ház építése;
- egy ipari ingatlan építése (pl. raktár, vagy termelőüzem);
- egy kereskedelmi ingatlan építése (pl. irodaház, vagy egy áruház).

A helyszín és az építési tevékenység alapvetően meghatározza az építőipari logisztikai folyamatokat, hiszen teljesen eltérő logisztikai igényei vannak például egy vonalas építkezésnek, mint egy irodaház építésnek, ahogyan például a munkarendet is nagyban tudja befolyásolni egy építkezés elhelyezkedése (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

Az építőipari vállalatoknál megfigyelt irányítási rendszerek tipikus megjelenési formái:

- informális rendszer: ahol a különböző osztályok és vállalati területek logisztikai feladatainak koordinációja valamelyik már létező vállalati részleg kezébe kerül, például a műszaki osztályhoz, gyakori verbális kommunikáció jellemzi;
- fél informális rendszer: ahol a logisztikai operációs vezető felelős a vállalat logisztikai feladatainak koordinációjáért, de nincs logisztikai osztály;
- formális rendszer: ahol létezik külön logisztikai osztály, amely elvégzi a vállalat összes logisztikai feladatának szervezését, tervezését, ellenőrzését (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

A magyar építőipari vállalkozások többségére fél informális logisztikai rendszer jellemző, amely abból is ered, hogy Magyarországon többségében mikro és kisvállalkozások alkotják ezt a szegmenst (eltekintve néhány nagyobb vállalatától), valamint igen magas az alvállalkozók aránya mely gátolja az önálló logisztikai osztály létrehozását (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

Annak érdekében, hogy jobban átláthatók legyenek az iparág logisztikai sajátosságai, érdemes megvizsgálni, hogy milyen feltételek között kell működnie egy építkezést támogató logisztikai rendszernek (SZTRAPKOVICS et al., 2013):

- a projektek szinte minden esetben különbözőek (különböző anyagokat kell beépíteni, különböző építési helyszíneken, esetleg külön alvállalkozó gárdákkal kell együtt dolgozni stb.),
- a projektek technológiai szempontból rendkívül összetettek lehetnek, speciális logisztikai feladatokat igényelhetnek (például: túl méretes építési elemek szállítása),
- viszonylag ritkán jelentkeznek rutinszerűen és sűrűn ismétlődő tevékenységek,

- az egyes projektek résztvevőinek száma (akikkel a megvalósítás során együtt kell működni), jóval magasabb,
- elenyésző számú a hosszú távú partneri együttműködés az iparágon belül,
- nehézséget okoz az egyes szereplők logisztikai gyakorlatának szinkronizálása (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

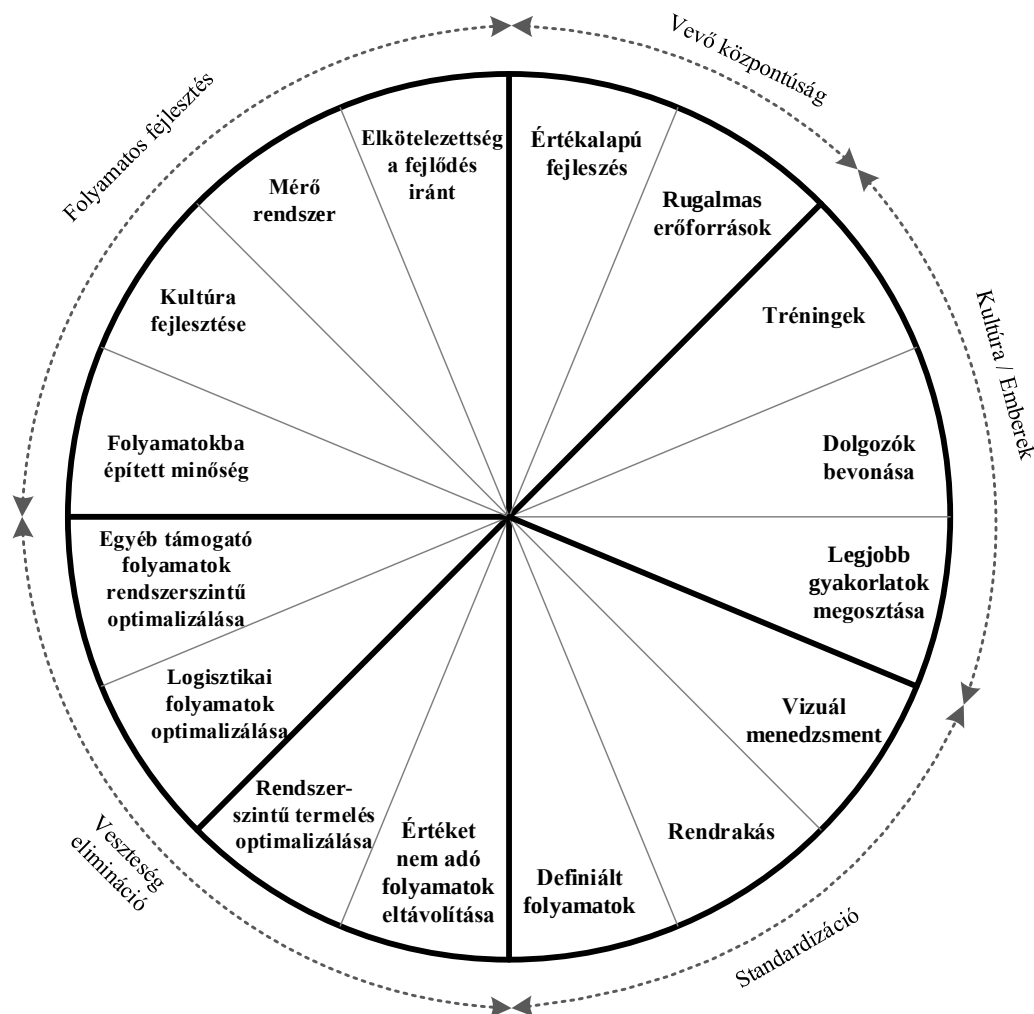
Kutatásom során megismert esettanulmányok alapján látható, hogy mindegyik szegmensnek jól definiálható logisztikai problémákkal és feladatokkal kell, hogy megbirkózzon, ennek megfelelően különböző módon használhatók a lean technikák is.

Az építőipari logisztika definíciója az alábbiak szerint fogalmazható meg: építési területen belüli anyagáramok, valamint az ezt kiszolgáló ellátási logisztikai folyamatok irányítása, szervezése, tervezése, ellenőrzése meghatározott időn, helyen, pénzügyi kereteken belül (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

2.4. A lean alkalmazási lehetőségei az építőiparban, különös tekintettel az építőipari logisztikai folyamatokra

Az 2.2. fejezetben áttekintettük a lean ideológia, gyártásban már széles körben alkalmazott alapelveit (FUJIMOTO, 1999). A gyártási folyamatokra vonatkozó elveket viszont lényeges megemlíteni, hogy a gyökerek egészen a Toyota-ig nyúlnak vissza, ahol először a Toyota Termelési Rendszert kialakították, és amelyből később a lean kifejlődött. A lean elterjedésének újabb lökést adott a gazdasági világválság, hiszen a csökkenő kereslet arra kényszerítette a vállalatokat, hogy javítsák folyamataik hatékonyságát.

Az építőipar a folyamatosan megjelenő új technológiák ellenére is egyre nagyobb veszteségekkel néz szembe, hatékonysága alacsony más ágazatokhoz képest (AZIZ - HAFEZ, 2013), ami általában építési idő és költségnövekedést jelent a gyakorlatban. Nem véletlen, hogy az 1990-es évek elején elkezdtek honosítani a különböző lean technikákat e problémák kiküszöbölésére. 2002-ben Tapping és Luyster alkotta meg a „lean kerek”-et mely a gyártásban, napjainkra elfogadott lean alapelvek vizuális megjelenítő eszköze. A „lean kerék” építőipari transzformációját az 8. ábra mutatja be. További vizsgálataimat ezen alapelv struktúra szerint végezem.



8. ábra: Építőipari „lean kerék”

Forrás: Saját szerkesztés, (TAPPING et al., 2002) felhasználásával

(CROWLEY, 1998) és (WINCH, 2003) műveinek felhasználásával összehasonlítható, hogy a lean elvek mentén milyen lényeges egyedi jellemzőket azonosíthatunk az építőipari folyamatok esetében:

- Vevő központúság:
 - a kivitelezők nem ellenőrzik a teljes beszerzési folyamatot, csak a közvetlen beszállítókkal tartják a kapcsolatot, de jellemzően az ő gyártási folyamataikat sem ellenőrzik;
 - a legnagyobb konstruktőr is csak a piac 1%-át ellenőrzi, míg a gyártásban a legnagyobbak 20%-ot vagy többet ellenőriznek, azaz jóval töredezettebb a piac;
 - a vásárlókat kevésbé vonják be a termék jellemzőinek, költségeinek kialakításába;

- az építőiparban a projekt sikeressége miatt a felelősség megoszlik az anyag előállító és az építési kivitelező között.
- Kultúra/emberek:
 - az építőipari dolgozók egyes szakterületek szerint, míg a gyártásban dolgozók folyamat szerint specializálódnak;
 - hosszú távon együtt dolgozó munkacsoportok kialakítására kevés esetben van lehetőség az építőiparban, a korábban említett projekt jelleg miatt.
- Standardizáció:
 - az építési környezet folyamatosan változik, ezért nehéz vizuális menedzsment eszközökkel irányítani, nehéz az ergonomikus környezet kialakítása;
 - inkább a munkások mozognak az anyagok között és nem az anyagok mozognak a munkások között;
 - az építési folyamatok kiszolgálása sokkal komplexebb kapcsolatot igényel, mivel különböző földrajzi régiókban, különböző alvállalkozók dolgozhatnak együtt;
 - az egyes feladatok elvégzésének menete különbözhet az egyes projektekben;
 - általában egyedi termék készül (kivételek ez alól a lakóparkok).
- Veszteség elimináció:
 - az anyagáram nem folyamatos, gyakori az alapanyaghiány;
 - a beépítendő anyagok tárolásának helye és mennyisége különbözhet a projekt különböző szakaszaiban (folyamatos helyszínváltozás);
 - a kivitelezési idő változhat, erőforrások hiánya esetén (gyakoriság nagyobb);
 - az építési folyamatok alapanyag vezéreltek, míg a gyártás gép vezérelt;
 - az időjárás nagyban befolyásolhatja a folyamatot az építőipari folyamatok esetében, míg a gyártási folyamatok jellemzően zárt térben valósulnak meg.
- Folyamatos fejlesztés:
 - a minőség-ellenőrzés standardizálhatósága limitált;
 - az építési folyamatok esetén hosszabb átfutási és ciklusidőkkel kell számolnunk;
 - jelentős a bizonytalansági tényező az operáció során az egyedi folyamatok miatt.

A feldolgozóipar és az építőipar különbségei ellenére (építőiparban projekt jellegű a munkavégzés, nehezen standardizálhatók a folyamatok, nem jellemző a sorozatgyártás, stb.)

(SZTRAPKOVICS et al., 2013) hamar bebizonyosodott, hogy a lean eszközök egyszerűbb alkalmazásaitól kezdve - mint az andon - (KEMMER et al., 2006) az átfogó változtatást igénylő rendszerekig - mint a kanban - (JIN-WOO - KIM, 2007), segítséget nyújtanak az építőipar gondjainak megoldására. A lean célja az értékteremtő tevékenységek arányának növelése, valamint a veszteségek megszüntetése, tekintve hogy az építőiparban magas a veszteségek aránya a lean menedzsment lehet a megfelelő eszköz mely egyszerű módszerekkel igyekszik elérni az értékteremtést (ANSAH - SOROOSHIAN, 2017).

Általánosságban elmondható, hogy az építőiparban a logisztikai rendszerek sokkal rövidebb életűek, mindemellett folyamatosan változnak is. Az építési projektek esetén a szereplők egymással versenyeznek, annak érdekében, hogy minél több projektben vehessenek részt, éppen ezért folyamatosan megszűnik és felépül egy „kisebb logisztikai rendszer” az újonnan kapcsolatba kerülő szereplők között. Ennek eredményeképpen az építőipari ellátási lánc szereplőinek rendkívül gyorsan kell alkalmazkodniuk az új körülményekhez, a partneri kapcsolatok folyamatosan változnak, az ellátási lánc minden esetben ideiglenes. A rövidtávú partneri kapcsolatok miatt nehezen alakulnak ki stratégiai együttműködések, ahogy a minőség is nehezebben kontrollálható emiatt, azonban mindenképpen szükséges standardok felállítása, valamint a beérkező anyagok minőségének alapszintű kontrollja (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

A 2.3 fejezetben vizsgált szempontok esetében közös volt, hogy a folyamatok természete sokkal inkább az emberi döntéseken alapult, illetve az építőipari folyamatok esetében jóval magasabb az események kiszámíthatatlansága, mely által a tervezhetőség mértéke jelentősen csökken. A feldolgozóiparban, a gyártási rendszerek előre programozott tevékenység sorozatokat végeznek (fejlett erőforrástervező szoftverek segítségével) melyhez nagyobb biztonsággal tervezhető a kiszolgáló logisztikai feladatok ütemezése, valamint kialakítható egy adekvát készletezési stratégia. Ezzel ellentétben az építési folyamatok alapvetően az építési projekt menedzser által vezéreltek, mivel a projekt döntések nagy része esetében emberi döntésekre van szükség, annak időben folyamatosan változó tulajdonsága miatt, valamint olyan bizonytalansági tényezők miatt melyek sokszor nem előre láthatók (pl: időjárási bizonytalanságok). Mivel az építési munkálatok tervezett és megvalósult ütemezése, jelentős eltérést mutat, így az ezt kiszolgáló logisztikai folyamatok tervezése is összetettebb. A veszteségek eliminálásával a termelési/építési folyamatokból, a teljes átfutási idő csökkenthető (SZTRAPKOVICS et al., 2010), azaz a lean alkalmazásával közelebb hozható egymáshoz a tervezett és a megvalósuló ütemezés.

A termelékenység és a minőség minél nagyobb arányú javítása érdekében érdemes rangsorolni a lehetséges újításokat (RAUCHA et al., 2016), úgy, hogy tudjuk az eszközökhöz köthető előnyöket (2. táblázat), hiszen ez által kiválaszthatók a leginkább alkalmazható eszközök.

Ezeknek a vizsgálati paramétereknek egy lehetséges felbontása:

- időbeli és pénzbeli ráfordítások;
- érzékelhetőség ideje;
- teljesítménymutatókra gyakorolt hatás;
- fenntarthatóság.

Súlyozásuk vezetői döntésen múlik, de ezek alapvetően a vizsgálati paraméterek mellett az építkezés adottságai és a vezetői igények alapján eltérők lehetnek különböző projektek során.

2. táblázat: Lean eszközök bevezetésének körülményei

Lean eszköz	Ráfordítás	Érzékelhetőség	Hatása	Fenntarthatóság
Just in Time				
Kanban				
Heijunka				
Vizuális irányítás				
Six Sigma				
5S				

Forrás: (RAUCHA et al., 2016) alapján saját szerkesztés

Az 1990-es évektől kezdve egyre fontosabb vállalati szemponttá vált a zöld szempontú gondolkodás és a fenntarthatóságra való törekvés, vagyis az, hogy szükségleteinket úgy elégítsük ki, hogy a következő generáció is megtehesse ugyanezt, azaz minél kisebb környezetterhelés mellett. Ebben az egyre erősödő társadalmi elvárások és állami szabályozások mellett a vezetői érdekek is közreműködnek, amennyiben a környezetterhelés csökkentése együtt jár a költségek csökkentésével is. A nemzetközi irodalomban megjelent a fenntartható építőipar (Sustainable Construction) és a lean építőipar (Lean Construction) integrációjának igénye (JAMIL - FATHI, 2016). Így a fenntarthatóság három alappillérre (9. ábra) közül már nem csak a gazdasági, hanem a szociális és a környezeti tényezők is előtérbe kerültek (ELKINGTON, 1998).



9. ábra: A fenntarthatóság három tényezője

Forrás: (HU - LU, 2011) alapján saját szerkesztés

A lean alapkoncepciója a veszteségek csökkentése, és ez fenntarthatósági szempontból is elsőrendű fontosságú. A TPS (Toyota Production System) ház hét padlósíntű vesztesége (japánul: MUDA) alapján történt meg a hét zöld veszteség kidolgozása (VERRIER et al., 2016), melyek a következők:

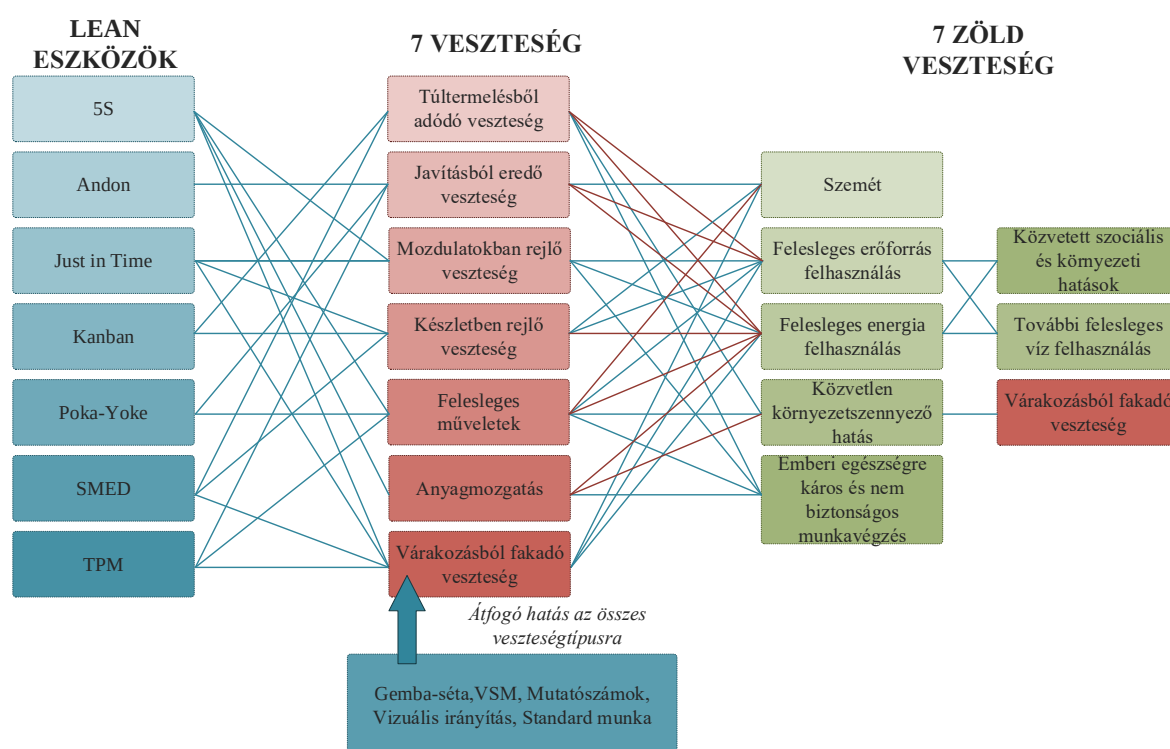
- üvegházhatású gáz kibocsátás;
- elpazarolt erőforrások;
- felesleges energiafelhasználás;
- környezetszennyezés;
- hulladék;
- nem technológiai víz felhasználás;
- emberi egészségre káros és nem biztonságos munkavégzés.

A lean azért lehet megfelelő eszköz az építési projektek környezetterhelésének csökkentésére, mert a veszteségek csökkentése jellemzően a környezetterhelés csökkentését is jelenti. Fontos viszont, hogy ha a környezetterhelés csökkentése az elsődleges szempont,

akkor a lean eszközöket is ezen szempont szolgálatába állítsuk, azon veszteségek megszüntetésére koncentráljunk, melyek a legnagyobb terhelést okozzák a környezet számára.

A zöld veszteségek szoros kapcsolatot mutatnak a lean veszteségekkel, és a csökkentésük a MUDA-k csökkentését is eredményezi (CHIARINI, 2014).

A 10. ábra mutatja az összefüggésüket, amelyen a piros vonal a közvetlen kapcsolatot, a kék pedig lehetséges kockázatokat mutatja (VERRIER et al., 2016). Jól látszik, hogy a fölösleges energiafelhasználást majdnem az összes MUDA közvetlenül kiváltja, azaz bármely MUDA-t szüntetjük meg, azzal bizonyosan csökkentjük a felesleges energiafelhasználást.



10. ábra: Lean eszközök kapcsolata a különböző veszteségekkel.

Forrás: (VERRIER et al., 2016) alapján saját szerkesztés

A 10. ábra bal oldalán a veszteségek egyszerűbb lean eszközzel való kezelése látható. Az egyes vonalak jelzik, hogy az adott lean eszköz mely veszteséget vagy veszteségeket csökkenti nagymértékben. Ezt követően látható, hogy az egyes veszteségek eliminálásával mely környezetterhelési tényezőket (zöld veszteség) lehet csökkenteni. A lean célja tehát egybeesik a fenntarthatósági célokkal, hiszen a veszteségek csökkentésével közvetve a környezetterhelés is csökkenthető, azaz kijelenthető, hogy a lean építőipari logisztikában történő bevezetése elősegíti az építési folyamatok fenntarthatóságát.

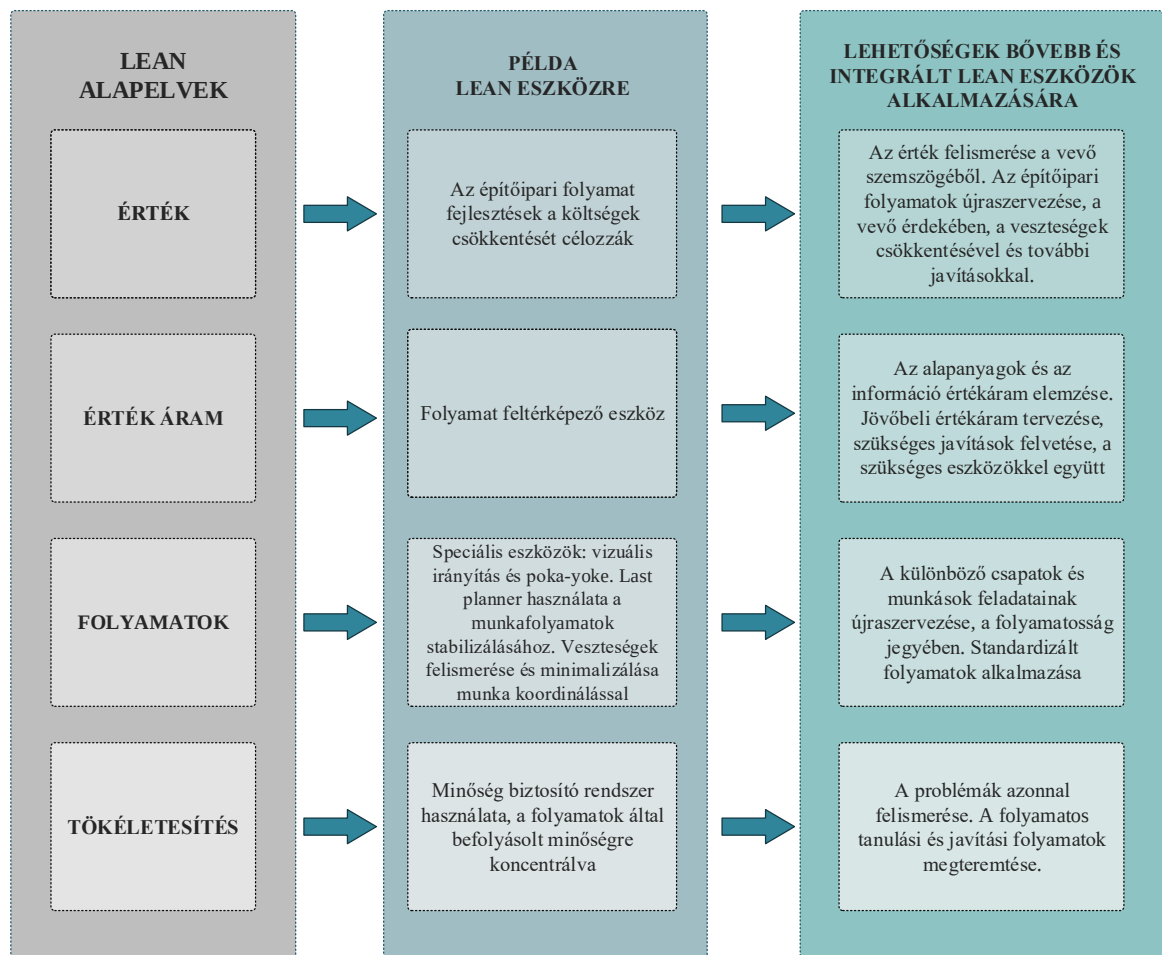
Összefoglalva elmondható, hogy az építőipari logisztikai folyamatokat is valamilyen igénynek kell működésbe hozni, a leanben is megjelenő húzó elvnek megfelelően (minden

folyamatelem esetében). Ezen kívül szükséges még a standardok deklarálásra is annak érdekében, hogy folyamatos fejlesztéssel megfelelő hatékonyságjavulást érhessünk el. Ennek tudatában kijelenthető, hogy a lean elvek minden bizonnyal egy megfelelő keretrendszer adhatnak az építőipari folyamatok hatékonyságának fejlesztésére, annak egyedi jellemzői figyelembevételével mellett (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016).

2.5. Nemzetközi példák a lean filozófia bevezetésére az építőipari folyamatokba

A „Lean építőipar” a jelenlegitől eltérően úgy próbálja kielégíteni a vásárlói igényeket, hogy közben mindenből kevesebbet használ, amit érték maximalizálással és veszteség csökkentéssel ér el (HOWELL - BALLARD, 1998), azaz a hangsúly a költségek csökkentésén van. A lean alkalmazásával főként az építés vezetése különbözik a megszokott gyakorlattól, jelentősen eltér a vezetési gyakorlat, a hagyományos építési projektekétől, mert projekt szinten célozzuk meg a teljesítmény maximalizálását a vásárlói igény kielégítésének érdekében, egyidejűleg tervezzük a termelést a folyamatokkal, és a projekt teljes élettartama alatt, termelés irányítást alkalmazunk (BABALOLA et al., 2019). Általánosságban elmondható, hogy azon építőipari projekteket, ahol alkalmazzák a lean szemléletet, könnyebb irányítani, biztonságosabbak, gyorsabban kész vannak, olcsóbbak és jobb minőségűek voltak.

A lean hatékony alkalmazásához elsőként vezetői szemléletváltásra és átfogó képzésre van szükség, ahhoz, hogy a résztvevők elsajátítsák a lean alapvető szellemiségét. A Lean Construction célja egy olyan rendszer létrehozása, ami a veszteségek minimalizálásával a lehetséges legnagyobb értéket teremti meg. Alapelvei megegyeznek a feldolgozóiparból már megismertekkel (11. ábra), új elem a különböző vállalatok folyamatainak összehangolása az értékáram biztosítása érdekében. Alapvetően elmondható, hogy csak hozzá kell őket igazítani az építőiparra jellemző elemekhez (PICCHI - GRANJA, 2004)



11. ábra: Lean alapelvek az építőiparban

Forrás: (PICCHI - GRANJA, 2004) alapján saját szerkesztés

Az építőipari menedzsment sok problémától szenved, aminek többsége gyakorlati, amit meg kell oldani és jobban meg kell érteni. A problémák eredményképpen az építőipart a késedelmek terhelik túl, ez általában költség és idő túlfutást jelent. Az új filozófiák új mérőszámok bevezetését sürgetik a teljesítmény mérés érdekében, mint veszteség, érték, ciklus idő és hatékonyság. Egyesült Királyság-beli tanulmányok kimutatták, hogy az építési idő 30%-át a hibák javításával kapcsolatos átdolgozás teszi ki, a munka hatékonysága csak 40-60%-os, a balesetek a költségek 3-6%-át teszik ki a teljes projektnek, és minimum az alapanyagok 10%-át elpazarolják. Ausztráliában az átdolgozás költsége a teljes költség 35%-a és magába foglalja a teljes késedelmi költség 50%-át. Jól látszik, hogy az átdolgozás az egyik elsődleges tényezője a rossz teljesítménynek és rossz termelékenységnek. Az átdolgozás jelentős mértékének sok indoka lehet, az egyik a standardok hiánya. Általánosságban a magas szintű veszteségek és értéket nem adó tevékenységek jellemzik az ipart, amik nehezen is mérhetők. (FORMOSO et al., 2002) különböző kategóriákba sorolta a veszteség forrásokat, brazil építkezések esettanulmányai alapján:

1. **Túltermelés:** termeléssel kapcsolatos, többet vagy korábban termelünk a szükségesnél. Ezzel alapanyagot, munkaórát és eszköz használati veszteséget generálunk. Sokszor nem csak tároló kapacitás szükséges a félkész termékek tárolására, hanem a termék tönkremeneteléhez is vezethet. Pl.: malter túltermelés, ha megköt, már nem lehet használni.
2. **Helyettesítés:** egy szükségtelenül drágább alapanyag használata, túlképzett munkás egyszerű feladatok végrehajtására, vagy kifinomult felszerelés használata a hétköznapi helyett.
3. **Várakozási idő:** a szinkronizáció és az alapanyagáram kiegyenlítés hiánya miatti üresjárás, és a különböző csoportok vagy eszközök munkatempójából adódó csúszások, várakozások.
4. **Anyagmozgatás:** az alapanyagok telephelyen belüli mozgatása. Túlzott kezelés, alkalmatlan eszköz vagy nem megfelelő minőségű utak okozhatják. Az építési terület elrendezés tervezés hiányossága az oka. Következménye munkaóra, energia, hely veszteség, és lehetséges a szállítás közbeni alapanyag vesztes is.
5. **Megmunkálás:** a megmunkálás hatékonyságával kapcsolatos, technológiai eredetű veszteségek. Pl.: a malter egy része mindig a gépben marad.
6. **Készletek:** a túlzott és felesleges készletezéssel kapcsolatos veszteség, alapanyag veszteséghez vezet és felesleges pénzügyi kiadásokkal jár. Rossz tervezés, vagy nem megbízható beszállítói partnerek eredménye.
7. **Mozgás:** a munkások felesleges vagy szakszerűtlen mozgásából ered a munka végrehajtása során. Okai a nem megfelelő eszközök használata, nem elég hatékony munkamódszerek alkalmazása, és a munkaterület nem megfelelő kialakítása.
8. **Hibás termék:** amikor a kész vagy félkész termék nem felel meg a minőségi elvárásoknak. Plusz műveletek vagy fölösleges alapanyag használat szükséges a hiba megszüntetéséhez. Okai sokfélék lehetnek: rossz design, hiányos tervezés vagy irányítás, képzetlen munkaerő.
9. **Egyéb építési veszteségek:** Minden az előzőektől eltérő veszteségforrás, mint a rablás, vandalizmus, zord időjárás, vis major helyzetek, és a balesetek.

2.6. A nulla hiba koncepció alkalmazása az építőipari folyamatokban

A különböző típusú építkezések esetén más és más a jellemző hibatípus. Hogyha keletkezik egy hiba, annak a helyreállításához minden esetben utómunkára van szükség, mely megtestesülhet plusz műveletekben, plusz energiában (üzemanyag, áram), vagy plusz alapanyag felhasználásban (SADRI et al., 2011). A szakirodalomban az utómunkát többféleképpen jelölik, egyaránt előfordul a minőségi eltérés (BURATI et al., 1992), eltérés (ABDUL-RAHMAN, 1995), a hibák (JOSEPHSON - HAMMARLUND, 1999), a minőségi hiányosságok (BARBER et al., 2000) kifejezés, de a definíció változhat. (GRANT - ASHFORD, 2008) definíciója az utómunkára a következő: „Az a folyamat, amely az egyes elemeket kiegészíti, vagy helyreállítja, hogy megfeleljen az eredeti követelményeknek”. Azonban a The Construction Industry Development Agency (1995) így definiálja az utómunkát: „valamennyi plusz időbefektetéssel csinálni valamit a követelményektől való eltérések miatt”. Lényegében az utómunka származhat hibákból, mulasztásokból, hiányosságokból, rongálódásokból, és a rendelkezések megváltozásától a beszerzési folyamatban, de a közös jellemző, hogy valamely erőforrásból többletet kell felhasználnunk ugyanazon termék elkészítéséhez (ROPER - LOVE, 2002).

A hibamegelőzés, azaz a „Poka-yoke” az egyike a hatékony lean termelési eszközöknek, amelyeknek célja a munkások figyelmetlenségből elkövetett hibáinak és rossz teljesítményének megakadályozása. Ez a koncepció lehetőséget biztosít arra, hogy a tervek kivitelezése jó minőségű legyen, továbbá felszabadítja a munkásokat az unalmas, ismétlődő munkák alól, miközben nő az építési terület biztonsága is (SADRI et al., 2011).

Shingo – a Toyota Termelési Rendszer egyik magas rangú vezetője – vezette be a Poka-yoke koncepciót. A japán kifejezés magyarul annyit tesz: hibamegelőzés. Célja az volt, hogy minimalizálja vagy kiküszöbölje a vizsgálat szükségességét (ami veszteséget jelent a lean filozófiában) azzal, hogy inkább keletkezésük előtt kiküszöböli a hibákat, mint észlelné és javítaná azokat, amelyek egyszerűen a kedvezőtlen „utómunka” kategóriába esnek. Más szóval a Poka-yoke egy beavatkozó eszköz, ami biztosítja, hogy a termék megfelelő minőségű legyen, gyakran nevezik a Poka-yoke eszközöket „bolond biztos megoldásnak” (SHINGO, 1989).

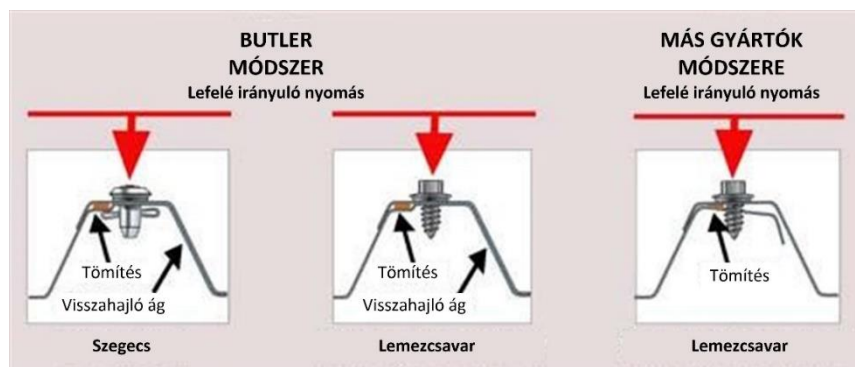
Létezik néhány egyszerű példa a hibamegelőzés eszközeire a mindennapi életben is (például a kikötött tanksapka, ami megakadályozza, hogy elhagyjuk, vagy az USB kábel, amit csak egyféleképpen lehet csatlakoztatni). A termelésben például a színkódolást különböző átmérő, hossz vagy a felhasználás módja szerint alkalmazzák. A szögek vagy csavarok színe variálható, hogy minimalizálják a hibák létrejöttét. Ez a módszer mentesíti a munkást a

koncentráció alól, ami ahhoz lenne szükséges, hogy megkülönböztesse a különféle szögeket és csavarokat. Következésképpen magabiztosabban, gyorsabban és nyugodtabban tudja végezni a munkáját, kevesebb hibás megítéléssel, amely plusz munkához vezet. Továbbá jelentős annak az időszükséglete, hogy a munkás megkülönböztesse a szögek és csavarok méreteit. Ez az időszükséglet megtakarítható a Poka-yoke módszer alkalmazásával. (SZTRAPKOVICS, 2015).

Mivel a legnagyobb hiba tényező maga az ember, ezért a hiba elkerülésének feladata a különböző gépekbe és eszközökbe bele van építve, így kerülve meg a felhasználót. Ez 3 fő funkciót foglal magában: leállítás (megállítja a folyamatot), irányítás (korrigál), figyelmeztetés (riasztja a kezelőt). A Poka-yoke alkalmazásánál hat eltérő elvet különböztetünk meg egymástól (SZTRAPKOVICS, 2015):

1. **Kiküszöbölés:** arra törekszik, hogy újratervezéssel kizárja a hiba lehetőség
2. **Pótlás:** cserél egy megbízhatóbb folyamatra, hogy javuljon a következetesség
3. **Megelőzés:** megtervezi a terméket vagy a folyamatot, így teljesen lehetetlenné válik a hiba
4. **Megkönnyítés:** technikákat és lépések kombinációját alkalmazza, hogy megkönnyítse a munka végrehajtását
5. **Felderítés:** magában foglalja a hiba azonosítását a következő folyamatok előtt, hogy a felhasználó gyorsan kijavítsa a problémát
6. **Mérséklés:** törekszik a hibák hatásának minimalizálására

Az építőiparban több gyakorlati példát is láthatunk a Poka-yoke alkalmazására. Egy tetőfedél gyártó, a vízálló tömítésekkel kapcsolatos problémák kiküszöbölése végett (a csavarokat nem húzták meg eléggé vagy épp túlhúzták), kifejlesztett egy speciális csavart, ami magába foglal egy újfajta tömítőanyagot (12. ábra), mely által kiküszöbölhető a túlhúzás által bekövetkező beázás. Ezzel a módszerrel nem kell aggódni a csavarok meghúzása miatt, a tömítés mindig minimum vastagságú lesz (TOMMELEIN, 2008).



12. ábra: Hiba biztos lemezcsavar

Forrás: (SZTRAPKOVICS, 2015)

Példa lehet Poka-Yoke-ra, az állítható lábmagasságú állvány (TEZEL et al., 2010), mellyel az építkezéseken sok problémát okozó talaj egyenetlenség, ami sok esetben hibás munkavégzést eredményez, ezzel az eszközzel könnyen kiküszöbölhető. Megemlítendő még az építkezéseken sokat használt teherlift. Hibabiztos megoldás az, amikor a liftet vezérlő rendszer nem engedi, hogy a felvonó elinduljon, ha épp rakodás történik rajta, továbbá csak akkor mozoghat, ha az ajtaja zárva van, ezzel megelőzve a komolyabb személyi sérülést vagy árukárt (AGUINALDO - POWELL, 1991).

A hibamegelőzés eszköze a flexibilis cső is, ami egy tipikus illeszkedési problémát is megold, pl. fürdőszobai elemek, illetve a falban futó vízvezetékcső csatlakozását. Felismerve, hogy minden építési munkánál van egy bizonyos méretkülönbség (tűrés), tehát a valóságban a dolgok elhelyezkedése eltérhet a rajzok, számítógépes modellek által meghatározottól. Ahelyett, hogy egy csatlakoztatás kivitelezéséhez merev csöveket hajlítanak meg és vágnak darabokra, egy hozzávetőleges hosszúságú (egységes méretű), flexibilis csövet használnak az összeköttetések létrehozásához (TOMMELEIN, 2008).

A nemzetközi és a hazai gyakorlatban is vannak igen alacsony gépesítettséggel rendelkező folyamatok. A gépek többségén gyakorlatilag nem alkalmaznak sem elektromos, sem mechanikus Poka-yoke eszközöket. Tipikus példa erre a víz hozzáadása a habarcsához keverés közben. Ezt általában kézzel végzik el, szigorú szabályok és a habarcskészítési folyamat minőségének rendszeres ellenőrzése nélkül. Ám ez közvetlenül érinti a fő értéktadó folyamat produktivitását. Elektronikus és mechanikus eszközöket lehetne kifejleszteni, hogy elkerüljék az ilyenfajta hibákat, pénzt és időt spórolva az építési projektben (AGUINALDO - POWELL, 1991).

Néhány társaság bevezette a helyszínen történő előre dolgozást. A habarcsot előre elkészítik egy speciálisan kialakított helyen, hogy garantálják a homogenitást, hogy magas minőségű legyen a keverék. Az elektromos eszközöket (elektromos szerelvény dobozok, dugaljak, kapcsolók) előre elkészítik a téglákba, mielőtt beépítenék azokat, hogy csökkentsék a helyszíni ad hoc tevékenységeket és az ismétlődések által hatékonyságnövekedést érjenek el (TEZEL et al., 2010).

2.7. Vizuális eszközök alkalmazása az építőipari logisztikában

A **vizuális eszközök** célja, hogy megszűrjék a dolgozót érő adatokat, és azt a minőségi információt (szükséges, fontos, helyes, sürgős, érthető) juttassák el az embereknek minél gyorsabban, ami a munkájuk lebonyolításához elengedhetetlen (TEZEL et al., 2010). Számos gyártó és szolgáltató vállalat már tudatosan használ egyszerű, de hatékony vizuális eszközöket arra, hogy szűrje az adatokat, melyekkel a dolgozók találkoznak, és azt a minőségi információt (irányzottan azt és csak azt) juttassa el az embereknek, ami a munkájuk lebonyolításához szükséges, és csak addig, amíg az szükséges számukra. A cél, hogy a munkahely „beszéljen hozzánk” amint belépünk, a színek az ábrák, a felfestések mind, valamilyen konkrét információt adjanak át a dolgozó számára. Ezt a törekvést hívjuk vizuális irányításnak (SZTRAPKOVICS - GYIMESI, 2015).

A vizuális irányítás egy olyan rendszer, ami úgy próbálja javítani a szervezet teljesítményét, hogy összekapcsolja és összehangolja a szervezet, alapértékeit, céljait és kultúráját, a munkafolyamatokkal, a munkahelyekkel és a szereplőkkel, különböző ingerek segítségével, amik közvetlenül egy vagy több érzéket céloznak (látás, hallás, tapintás, szaglás, ízlelés). Koskela definiálta az átláthatósági alapelveket (KOSKELA, 1992), amik egy szervezet megfelelő működésének alappillérei.

- Csökkenteni a termelő egységek közötti egymásrautaltságot.
- Vizuális eszközök használata, lehetővé teszi a folyamat állapotának azonnali felismerését, átláthatóvá tesz a rendszert.
- Közvetlen megfigyelhetővé tenni a folyamatot jelzéseken és megfelelő kimeneten keresztül.
- Információ beépítése a folyamatba.
- Tiszta és rendes munkahely fenntartása.
- Eddig láthatatlan jellemzők láthatóvá tétele mérésekkel, vizuális jelölésekkel (KOSKELA, 1992).

Az eddigi nemzetközi gyakorlati bevezetéseken bebizonyosodott, hogy az építőipari „termelő egységek” természete (mozgékonyága), a tudatosság hiánya, és részben a végtermék is gátolja a növekvő átláthatósági törekvéseket. Hogy rálátást nyerjenek a vizuális menedzsment alkalmazására az építkezéseken, kutatást szerveztek Brazíliában. Az itt működő cégek már jelentős haladást értek el a vizuális eszközök alkalmazásában. 9 különböző építkezésen próbálták bevezetni a vizuális menedzsmentet, és a tapasztalatok alapján megfogalmazni a főbb alapelveket. A későbbiekben összefoglalásra kerülnek azok a főbb megvalósítási alapelvek, melyek a kutatás eredményei (SZTRAPKOVICS - GYIMESI, 2015):

Átláthatóság támogatása: Lényege, hogy a gyártó folyamatot megfigyelhetővé teszi, és lehetővé teszi az információ áramlást. Az irodákban üveg és átlátszó anyagok használat a külső falakon és ajtókon. Marketing szempontból is hasznos, mivel be lehet mutatni a kész modellt a potenciális vásárlóknak. A gyakran alkalmazott elkerítési mód az a kerítés típus, ami rálátást enged a területre, és megfelelő elkerítést biztosít (lánc-, hegesztett drótkerítés). Az építési részlegek, raktárak és a kiszolgáló létesítmények is így vannak elkerítve, ha a körülmények engedik, azaz a fő cél, hogy átlátható legyen a terület (FORMOSO et al., 2002).

Munkahelyi elemek standardizálása: A területen lévő emberek (munkások, csapatvezetők, látogatók stb.) különböző színű sisakokról voltak felismerhetők, egy adott sisakszín egy alvállalkozót és/vagy egy beosztást jelölt ezeken néha más információ is megtalálhatóak voltak (cégnév, projekt név, személynév). Építési területeken azért fontos a dolgozók ilyen típusú megjelölése, mert a projektjellegű munkavégzés miatt folyamatosan változik az építési területen dolgozó személyek köre, így nem ismerik személyesen egymást feltétlenül a dolgozók. A kérdezgetés helyett azonban sisak alapján tudnak azonosítani mindenkit (TEZEL et al., 2010). A gyakran használt alapanyagok szállítási útvonalai is egyértelműen jelölve voltak színekkel és elkülönítve a gyalogutaktól. A gyakran használt alapanyagok és különböző eszközök címkékkel és hozzájuk kapcsolódó fotóval/információval (szállítható táblákon) voltak ellátva, néha a földön is meg volt jelölve a helyük színes vonalakkal. A terület és a környék tisztán, és rendben tartása vonzóbbá és nyíltabbá teszi a munkakörnyezetet.

A raktárban: A fogyóeszközök speciális dobozokban/ládákban vannak tárolva, amiken a hozzájuk kapcsolódó információk fel vannak tüntetve (néha csak vonalkód). A szerszámok állványon/falon vannak csoportosítva/elrendezve, volt, ahol árnyéktáblákat is alkalmaztak a rend fenntartásának elősegítése végett. Az emberhez vagy csoporthoz kapcsolódó szerszámoknál alá vannak írva az illetékesek. A fogyóeszközök raktáron lévő mennyiségét

egy a raktáron elhelyezett táblával lehet nyomon követi, itt színekkel jelölhető az adott anyag mennyisége (zöld, sárga, piros) (TEZEL et al., 2010).

5S: Első lépés a létrehozása és fenntartása a lean-é válás során (HIRANO, 1995). A területi vezetők elmondása alapján az 5S-t nehéz fenntartani a különböző építési fázisok során, mivel az építési terület folyamatosan átrendeződik az építés. Egy esetben az előre felvásárolt vasat az építési területen helyezték el, ami később problémákat okozott az 5S fenntartásában. Az 5S betartására különböző vizuális eszközökkel hívják fel a figyelmet (kiírás), plusz fenntartásáért 5S csapatok felelősek. Az egyik mutatója a sikeres 5S-nek a tiszta és rendes öltözők (és mosdók), szekrényekkel és szükséges információval ellátott eszközökkel.

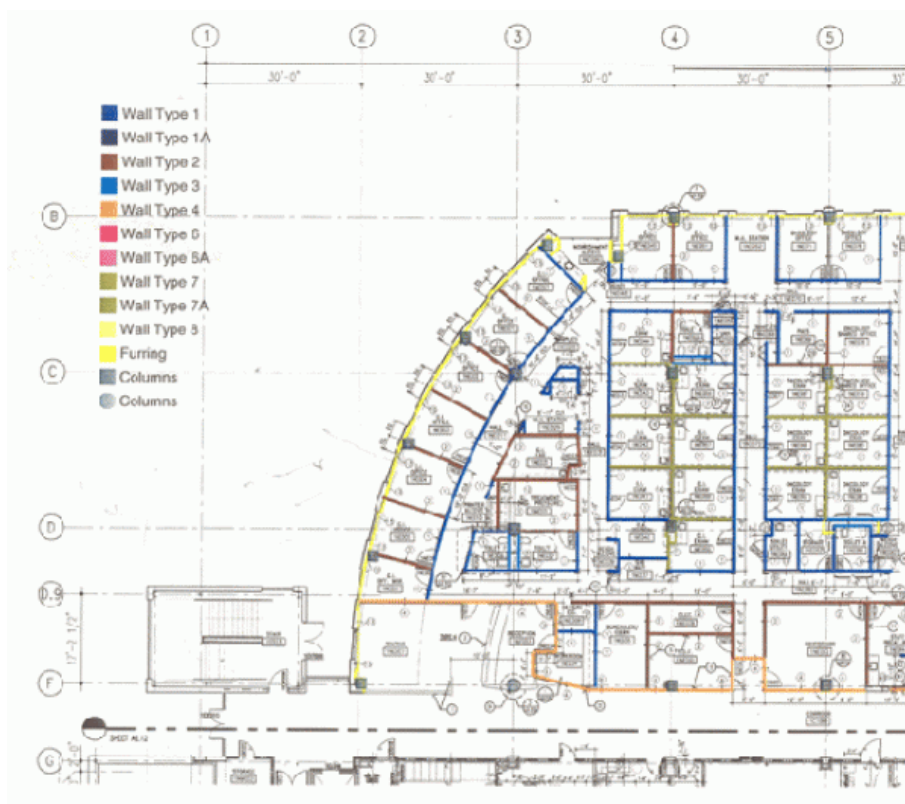
Húzó elvű gyártás kanban segítségével: A munkások maguk irányítják a termelést, jeleken keresztül (kanban kártya). Húzó elv esetén kevesebb, de elegendő készlettel működnek (MONDEN, 1998). Téglások, festők, villanszerelők meghatározott mennyiségű alapanyagot rendelhetek a raktárból kanban kártya használatával. Ezek a kártyák tartalmazzak egy képet a rendelt anyagról, azonosítja az igénylőt, és információkkal rendelkezik a szállított mennyiségről. Addig nincs szállítás, amíg nincs kanban kártya kibocsátás. Ezzel a módszerrel könnyen követhetőek az aktuális munkák és az anyagfelhasználások.

Rögtönzött vizuális irányítás: Információ átadás a környezet segítségével. Falak megkarcolása a futó fűtőcsövek jelölésére, ha a fal megfelel a minőségi követelményeknek, akkor „OK”-ot raktak ki táblán, krétanyomokkal lokalizálták a szükséges elektromos eszközöket, „N” betűt helyeztek ahova nem kell festés, és hasonló standardizált kezdeményezések voltak jellemzők (SZTRAPKOVICS - GYIMESI, 2015).

Biztonság: A biztonság teljesítményének általános mutatói mindenki számára egyértelműek: baleset nélkül eltelt napok, biztonsági politika, biztonságért felelős egyének, biztonsági előírások. Biztonsági jeleket alkalmaztak hívják fel a figyelmet a lehetséges veszélyekre, tábla, ami mutatja a használandó biztonsági eszközöket (grafikusan elmagyarázva használatukat), könnyen megtalálható/elérhető elsősegély ládák, „moss kezet” felirat, biztonságos gyalogutak, veszélyes helyek elkerítése (SZTRAPKOVICS - GYIMESI, 2015).

A színmenedzsment a vizuális menedzsment egyik leggyakrabban megjelenő módja. Célja színekkel kódolni bizonyos információkat. Az építőiparban, a nemzetközi gyakorlatban igen sokféle megjelenése van a szín menedzsmentnek. A 13. ábra építészeti tervek színkódolására mutat példát. Az építési tervben különböző színekkel jelöli a különböző faltípusokat. Ez segít tisztázni és kategorizálni az építészek által meghatározott követelményeket, a kezdőmennyiségek tervezésében, a költségvetésben, és a munkatervezésben. Emellett

fontos, hogy az operatív dolgozók számára is könnyebbé váljon a rajz olvasása, ők is látják, hogy melyik falon milyen típusú burkolatot kell alkalmazni (SZTRAPKOVICS - GYIMESI, 2015).



13. ábra: Falak színkódolása

Forrás: (TEZEL et al., 2010)

Gyakori alkalmazás a színkódolás munkaterületen való használata. Egyik alkalmazási példa amikor kiemelik, hogy melyik fémpadlóra illeszkedő elem hová tartozik, hova mekkora lyukat kell fúrni. Többek között segít, hogy könnyen fel lehessen ismerni, hogy minden betét a helyén van-e, mielőtt leöntik a betont a fémpadlóra. Ezen eljárásnak nagy előnye, hogy a színek alapján egy idő után a dolgozók rutinból tudják végezni a munkájukat, megszakítások nélkül (SZTRAPKOVICS - GYIMESI, 2015).

Mint ahogy a termelésben, az építkezések során is használható a csavarok méreteinek megkülönböztetésére szolgáló színezés. Ahogy a 14. ábra is mutatja, a különböző méretű csavarok más-más színűek, így a dolgozó a csavarok összekeveredése esetén is egy pillanat alatt ki tudja választani az adott feladathoz szükséges megfelelő méretű csavart, valamint a tárolókban hibásan elhelyezett csavarok is hamar észrevehetők. Ez a módszer jelentősen csökkenti a hibás csavarhasználatból eredő selejteket. A csavarok színezésével párhuzamosan a csavarozandó munkadarabok furathelyeit is el lehet látni színezéssel, így

jelölve ki a furat pontos helyét, valamint az alkalmazandó csavar típusát (TEZEL et al., 2010).



14. ábra: Csavarok színezése

Forrás: (TEZEL et al., 2010)

Elmondható, hogy a vizuális menedzsment építőipari alkalmazásai során jelentős hatékonyságnövekedést értek el a projektek. A vizuális menedzsment építőipari logisztikában való alkalmazásában számos lehetőség rejlik még, hiszen habár kevésbé standardizáltak az építőipari folyamatok, de éppen ezért a dolgozóknak több döntést kell meghozniuk a napi operáció során, melyekhez segítséget nyújthatnak a vizuális jelölések (SZTRAPKOVICS - GYIMESI, 2015). A későbbi fejezetekben a vizuális eszközök más lean eszközökkel való együttes alkalmazása még elő fog jönni, ugyanis a vizuális menedzsment más eszközökkel alkalmazható együtt igazán hatékonyan.

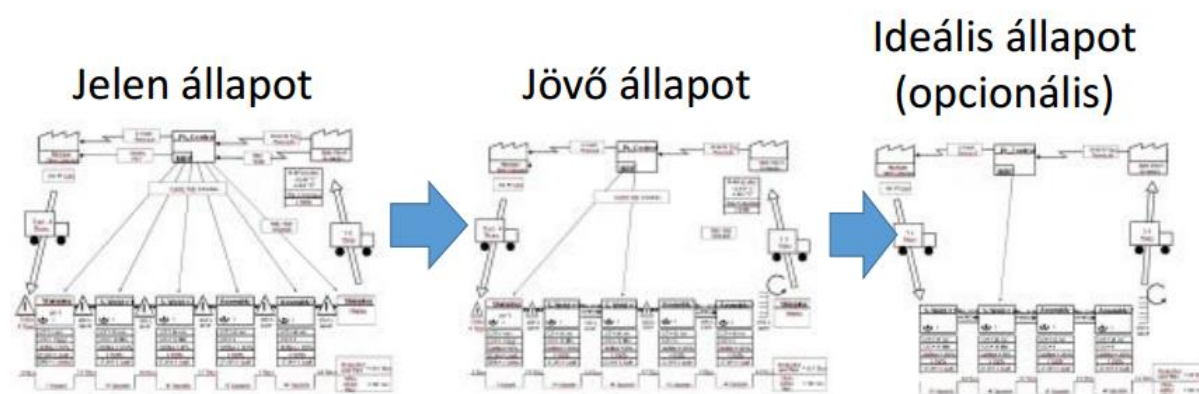
2.8. A Value Stream Mapping nemzetközi alkalmazásai az építőipari logisztikában

Az értékáram elemzés, vagyis a Value Stream Mapping (VSM) egy jellemző eszköze a folyamatok lean szemléletű ábrázolásának, a VSM fő mértékegysége az idő és leginkább a magas átfutási időt okozó problémákra mutat rá. A VSM egyik alapja a folyamatok érték szerinti csoportosítása. Ez alapján megkülönböztetünk:

- értékadó;
- értéket nem adó (veszteséges);

- és értéket nem adó, de szükséges folyamatokat (különböző törvényi kötelezettségek, minőség-ellenőrzés, stb.) (WOMACK - JONES, 2003).

A VSM úgy szemlélteti grafikusan egy adott termék útját, hogy az átfutási időt bontja értékdás szerinti szakaszokra; ez a folyamat idővonala. A termelési folyamat mellett mutatja a hozzá kapcsolódó információáramlást, a készleteket, a dolgozók számát, a selejtarányt, és egyéb a folyamat jellemzői szempontjából fontos adatokat (WOMACK - JONES, 2003). A módszer segítségével könnyen megtalálhatjuk a vizsgált rendszert terhelő veszteségeket, amelyek eliminálásával csökkenthető az átfutási idő, és ésszerűen kialakíthatjuk a jövőbeli „ideális” állapotát is (15. ábra).



15. ábra: A VSM tervezési lépései

Forrás: (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016)

Az értékáram elemzés lépései (THOMSEN, 2009):

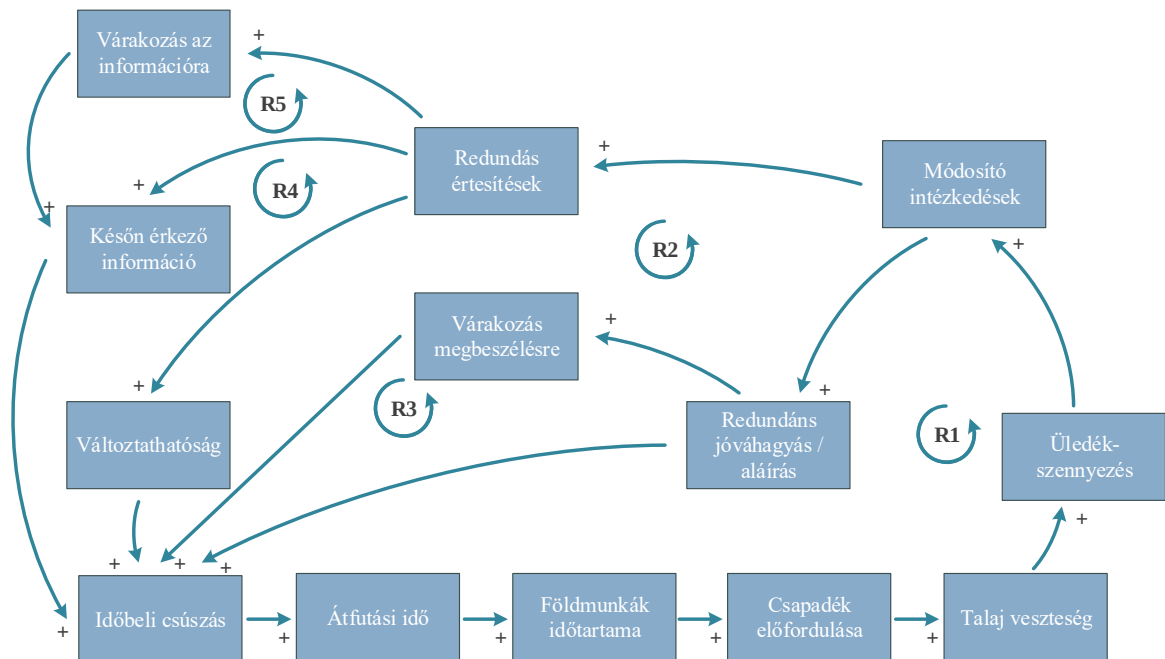
1. A vizsgálandó termék, termékcsoporth kiválasztása.
2. A folyamat feltérképezése (folyamatelemek összegyűjtése).
3. Jellemző adatok gyűjtése a folyamatelemekről: ciklusidő, létszám, selejt (%), stb.
4. Információ áramlásának feltérképezése a folyamatelemek között
5. Folyamatelemek osztályozása (értékdó, veszteség, szükséges).
6. Jelenlegi folyamat térképének elkészítése.
7. Elemezzük a veszteségeket és próbáljuk megszüntetni őket a rendelkezésünkre álló eszközökkel és erőforrásokkal.
8. Jövőbeli folyamat-térkép elkészítése.
9. Új folyamat bevezetése.
10. Eredmények vizsgálata és a folyamat ismétlése (bizonyos időközönként).

A legfontosabb mérőszám, amire a VSM rámutat, az értékdó és az összes idő hányadosa. Ez mutatja meg, hogy egy termék az átfutási idő hány százalékát tölti értékteremtő

tevékenységgel. Az időmérés módja lehet manuális, ami azt jelenti, hogy a termékkel halad egy kísérő dokumentum (pl. kártya), melyre a dolgozók feljegyzik az egyes folyamatelemekbe való be- és kilépési időpontokat. A másik módszer esetén a termék minden folyamat elején azonosításra kerül vonalkód vagy RFID (Radio Frequency Identification azaz Rádió frekvenciás azonosító) chip alapján, azonban ez csak meglévő technológia esetén alkalmazható. A VSM alkalmazásának legnehezebb eleme az időértékek meghatározása, ugyanakkor ez a legfontosabb is, hiszen ez alapján végezzük a későbbi elemzéseket (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016).

Természetesen a VSM is alkalmazható az építőiparban, ahogyan a nemzetközi gyakorlatban több gyakorlati projekt is bemutatásra került. Az egyik legmélyrehatóbb alkalmazási példa kerül bemutatásra (GONZÁLEZ et al., 2016): egy 1,68 millió dollár értékű és 2,6 hektáros területet lefoglaló edukációs célokat szolgáló iroda együttes építése során került megszervezésre a Malajziai Pahangban. Az építési terület monszunos területen létesült, és közel helyezkedett el a folyóhoz, ezért különösen fontos volt a környezetvédelmi szempontok figyelembevétele. Ezek közül is az üledékszennyezés kapott különös figyelmet, mivel az építés során minden időbeli csúszás növeli ennek a veszélyét az álló fölmunka miatt (GONZÁLEZ et al., 2016).

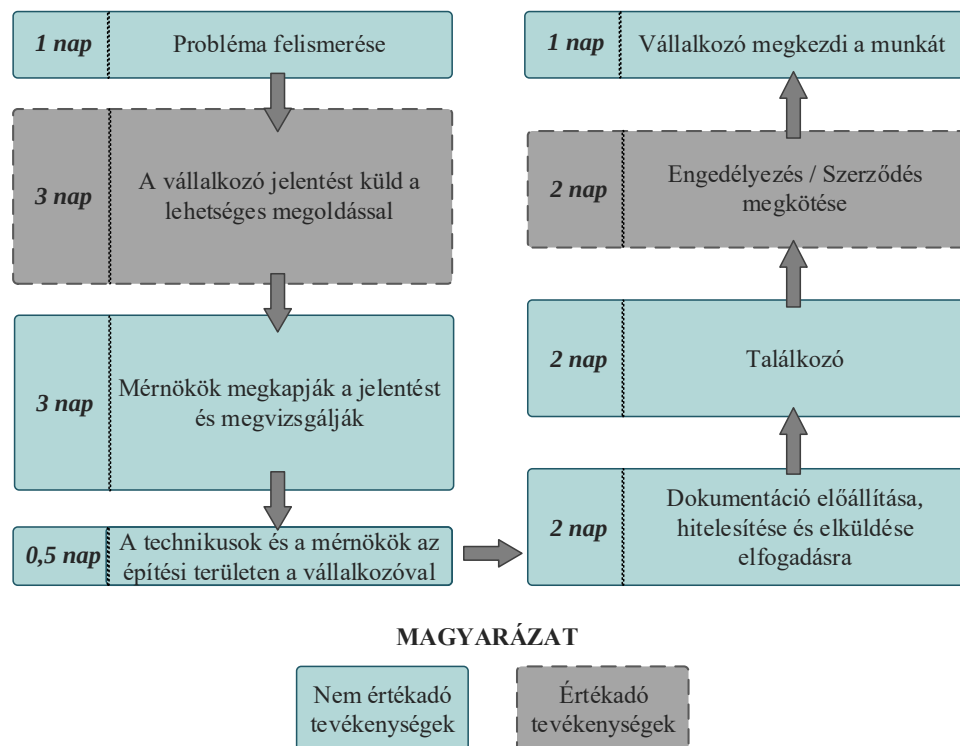
A Value Stream Map könnyebb kialakításához és a gyökér okok megtalálásához elsőként segítségül hívták a CLD (Casual Loop Diagram) módszertant (16. ábra). Ez egy ok-okozati diagram, ami nem csak lineáris kapcsolatokat kezel, hanem segít a különböző változók egymásra hatásának vizualizálásában is. Az ábrázolásban a független változó felől nyilak mutatnak a tőle függő változó felé. +/- jel mutatja, hogy milyen a hatás polaritása (pozitív/negatív). A diagram kétségtelen előnye, hogy egy ábrán megjeleníthetők a pozitív és a negatív hatások is, hátránya, hogy komplex folyamatok esetén könnyen átláthatatlanná válhat. A CLD eredménye is alátámasztotta, hogy (a korábbi tapasztalatokból kiindulva) a tanulmány célja az adminisztrációs folyamatok fókuszba vétele lett, ezen belül is a rendelés változtatás átfutási idejének javítása (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016).



16. ábra: A malajziai esettanulmány CLD ábrája

Forrás: (GONZÁLEZ et al., 2016) alapján saját szerkesztés

A jelenlegi helyzettel alapvető problémák voltak: túl sok, és túl bonyolult folyamat, redundáns folyamatok, kevés értékadó lépés. A CLD ábrán jól látszik, hogy a legtöbb veszteségforrás a redundáns értesítésekből és jóváhagyásokból adódik, az újragondolás is ennek mentén kezdtek el, majd haladtak a kevesebb problémát generáló elemekig (GONZÁLEZ et al., 2016).



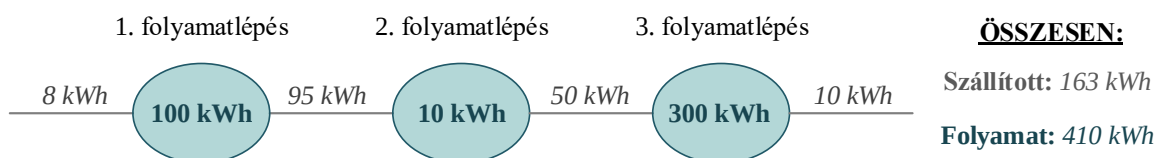
17. ábra: A fejlesztett folyamat VSM ábrája

Forrás: (GONZÁLEZ et al., 2016) alapján saját szerkesztés

Az átalakítás eredményeképp a folyamatlépések a felére csökkentek (17. ábra), aminek köszönhetően 37%-kal csökkent az átfutási idő, így a környezeti tényező (ami egy időfüggő változó) is 17%-kal csökkent. Ebből a tanulmányból is jól látszik, hogy pusztán csak a folyamatainkban lévő veszteségek csökkentésével (átfutási idő csökkentés, több értékadás), elérhetünk olyan állapotokat, amik a környezet számára is kedvezőbbek lehetnek (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016).

A környezetvédelem jelentőségének növekedésével felmerült az igény a folyamatokhoz kapcsolódó környezetterhelések feltüntetésére a VSM ábrán. A Zöld VSM (melyet gyakran az angol rövidítés miatt E-VSM-nek is szokás hívni azaz Environmental Value Stream Mapping) tartalmazza a klasszikus értékáram elemzés szimbólumait, kiegészítve olyan mutatókkal, amelyek a folyamat környezetre gyakorolt és társadalmi hatásaival is számolnak. A hét zöld veszteséget alapul véve a mérhető, és ábrázolható mennyiségeket keressük, így pl. (HU - LU, 2011):

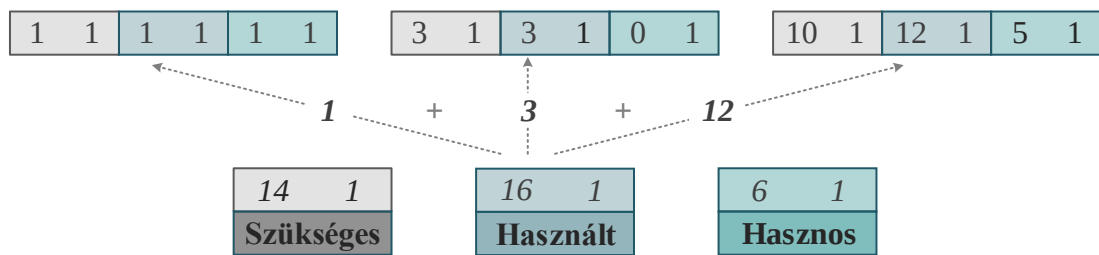
- **Energia:** a különböző eszközök energia/üzemanyag fogyasztása az egyes tevékenységek során (18. ábra). Ezt lehet az eszközön szereplő adatok alapján számolni a használati idővel arányosan, de ez nem feltétlen ad releváns eredményt, mivel a gépek nem mindig maximális hatásfokkal működnek. A másik, de sokkal pontosabb lehetőség a közvetlen fogyasztásmérés, külön berendezéssel, persze ezt ritkán alkalmazzák külön beruházásigénye miatt.



18. ábra: Energia felhasználás követése

Forrás: (FAULKNER - BADURDEEN, 2014)

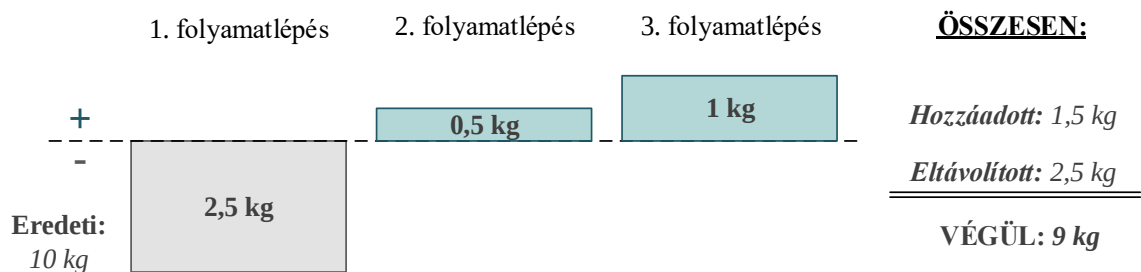
- **Víz:** a folyamatban a szükséges, a felhasznált és a hasznos víz mennyiségét vesszük figyelembe (19. ábra). Itt figyelembe kell venni az újra felhasznált vagy a visszaforgatott folyadékot is, ezek ugyanis nem jelentenek veszteséget.



19. ábra: Víz felhasználás követése

Forrás: (FAULKNER - BADURDEEN, 2014)

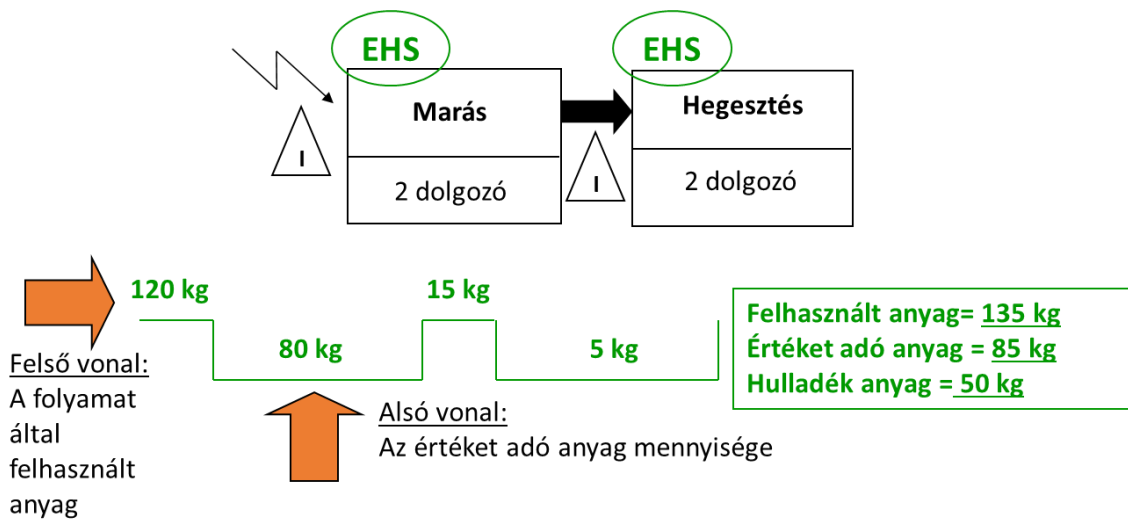
- **Alapanyag:** általában az energia-felhasználás és az alapanyag-ráfordítás teszi ki a projektköltség 50%-át (SYGULLA et al., 2011), ezért ezek vizsgálata különösen fontos pénzügyi megfontolásból is. Az egyik megközelítés szerint a VSM idővonala mutatja az elhasznált és hozzáadott anyagok mennyiségét is (20. ábra).



20. ábra: Anyagfelhasználás követése.

Forrás: (FAULKNER - BADURDEEN, 2014)

A másik megjelenítési mód a teljes felhasznált anyag, valamint az értéket adó anyagmennyiség ábrázolása, ezek alapján számíthatóvá válik a hulladék anyag mennyisége is (21. ábra). Emellett EHS (Environment Health and Safety) ikonnal láthatjuk el azokat a folyamatokat melyek környezetterhelésének csökkentésére lehetőséget látunk.



21. ábra: Anyagfelhasználás egy másik típusú megjelenítési módja

Forrás: Saját szerkesztés

- **Szociális tényező:** több lehetséges veszélyforrás és egészségkárosító hatású tevékenység egyidejű ábrázolása és súlyozása, főként munkavédelmi és ergonómiai szempontokat kell ekkor figyelembe venni. Az új folyamatok kialakítása közben ezen kockázatok minimalizására kell törekedni.
- **Szemét:** a szemét mennyiségét két megközelítésből kell vizsgálni: az egyik magával az előállított mennyiséggel kapcsolatos mérték (ez az anyagvonalon megjeleníthető mennyiség), a másik pedig az, hogy ebből mennyi számít szennyező anyagnak.

Gyakori, hogy a Zöld VSM (angolul E-VSM) során mindegyik folyamatnál valamennyi környezeti terhelést megjelenítik egyszerre (GARZA-REYES et al., 2018). Ennek előnye, hogy egy VSM-en teljes képet kaphatunk valamennyi környezetterhelésről. A zöld VSM bevezetését gyakran kapcsolják össze a PDCA ciklussal, azaz annak négy lépésén keresztül vezetik be a módszertant, ez egy építőipari logisztikai bevezetés esetén is jól alkalmazható módszertan lehet, nemzetközi példa alkalmazására azonban még nincsen.



22. ábra: Az E-VSM ábrázolása során megjelenő környezetterhelések

Forrás: (GARZA-REYES et al., 2018) alapján saját szerkesztés

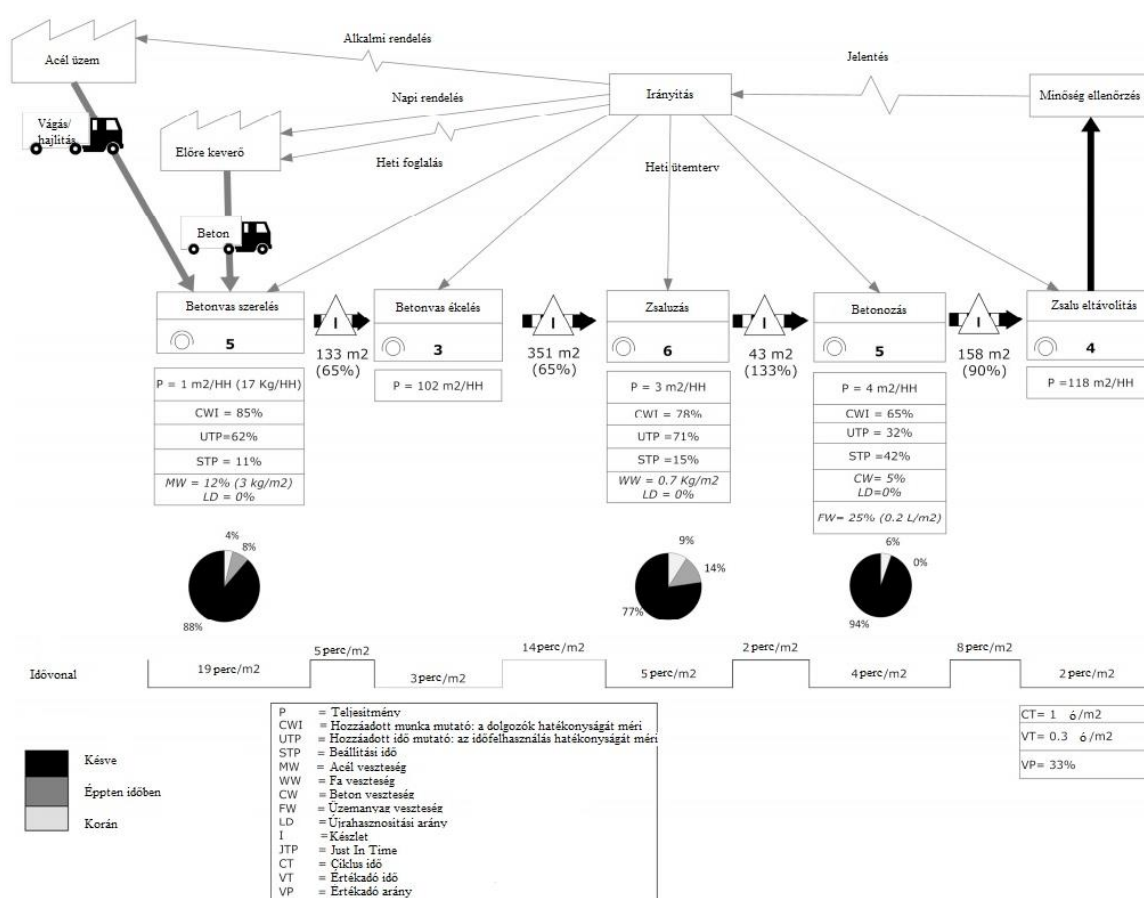
A VSM mellett megvalósultak a zöld VSM alkalmazására irányuló projektek is a nemzetközi építőiparban. Az egyik ilyen projekt (ROSENBAUM et al., 2009) egy 100 millió dolláros, 35.000 m² alapterületű kórházi létesítmény együttes építése során került megszervezésre. A tanulmány az öt létesítmény közül a főépület munkálataival foglalkozott, ezen belül is a falak építésének folyamatát vizsgálták. Ennek mérésére az óra/m²-t használták mérőszámnak, ami azt mutatta meg, hogy 1 m² falelem hány óra alatt épül fel. A fővállalkozón kívül egyes műveleteket kiszervezték arra szakosodott alvállalkozóknak (zsaluzás, szegélyezés, betonvas beépítés). A VSM-ben jellemzően használt mérőszámokon kívül a folyamatban felhasznált különböző anyagok veszteségeit is mérték a vizsgálat során. A főbb vizsgált alapanyagok fa, fém és beton voltak (23. ábra).

A jelenlegi helyzetet mérésekkel és folyamatos interjúztatással tárták fel ez alapján tudták felvenni az egyes folyamatlépéseket. Alapvetően jellemzők voltak az időben nagy szórással rendelkező feladatok, itt átlagértékkel számoltak. Jól látszott, hogy az alvállalkozókhoz képest a fővállalkozó emberei kevésbé hatékonyan dolgoznak, ez az emberek nagy számának és tapasztalatlanságának volt köszönhető, az alvállalkozók jellemzően tapasztaltabb állománnyal rendelkeztek. Egyes folyamatlépések óriási készletekkel dolgoztak, amik általában rendezetlenül hevertek és ki voltak téve az időjárás viszontagságainak is (ROSENBAUM et al., 2009).

Az esetek többségében a folyamatokra tervezett idő jóval alulmaradt a megvalósításra ténylegesen fordított idővel szemben. A legtöbb csúszás a rossz beszállítói ütemezésnek volt

köszönhető, ennek gyökere a rövidtávú gondolkodásmódban keresendő. Ez pedig több nem értékadó folyamatelemhez is vezetett.

A materiális veszteségekkel nem foglalkoztak a dolgozók, fölösleges túltermelés folyt a helyben előállított alapanyagokra (beton), a fa és acél anyagok pedig egyszeri felhasználás után eldobásra kerültek, így foglalva még több helyet az amúgy is túlszűfolt építkezésen, valamint növelve az operáció környezetterhelését. A gépek folyamatosan működtek, gyakran kihasználatlanul, a víz felhasználása pedig kontroll nélküli rendszerben működött, a valamilyen módon elhasznált vízmennyiség visszaforgatása, újrahasznosítása, semmilyen módon nem történt meg (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016).



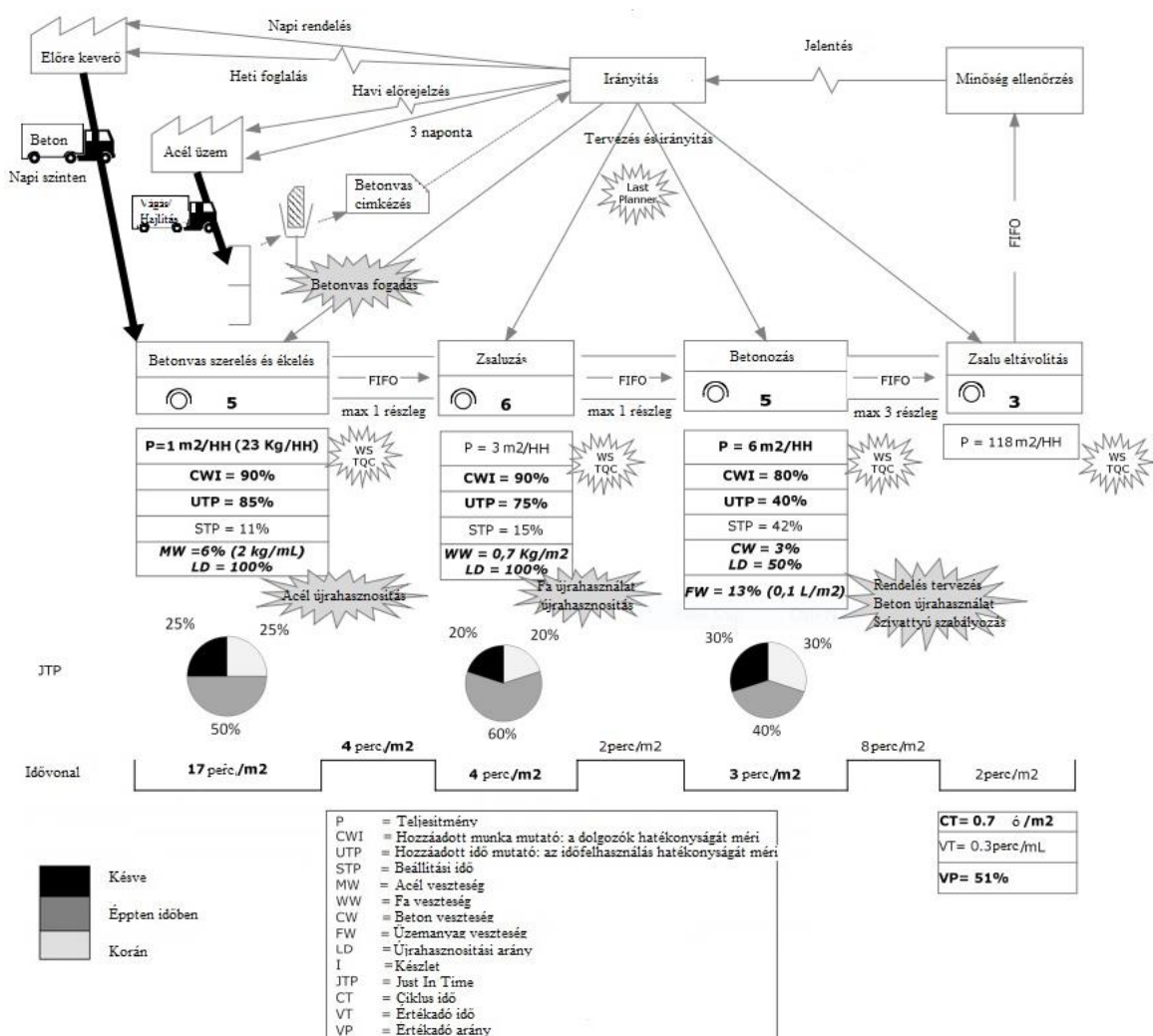
23. ábra: A folyamat VSM ábrája.

Forrás: (ROSENBAUM et al., 2009) alapján saját szerkesztés

A jelenlegi folyamatok VSM-ének elkészítését követően és látva a veszteségeket, az alábbi folyamatfejlesztési javaslatokat dolgozták ki (24. ábra):

- A betonvas szerelését és annak ékelését eddig két külön csapat csinálta. Ezek összevonásával gyorsul a folyamat, és a veszteségek is csökkennek.

- Minden tevékenységnek standardnak kell lennie, a szükséges kimenetek, a technikai folyamatok, a hozzájuk kapcsolódó eszközök és felelősök leírásával, folyamatleírások készítése fényképekkel.
- Szükséges a TQM (Total Quality Management = Teljes Körű Minőségirányítás) bevezetése az alvállalkozókra. Ez azt jelenti, hogy vállalniuk kell, hogy utómunkaigény nélkül képesek elvégezni a rájuk bízott feladatokat, utómunka igény esetén nekik kell elvégezniük a szükséges javításokat.
- A beszállítókkal való szoros kapcsolat kiépítése, ha lehet stratégiai együttműködések kialakítása.
- FIFO (First In First Out = az először érkező távozzon elsőként) rendszerű folyamatszervezés, vagyis, ha egy falrész elsőként került felhúzásra, akkor azt elsőként is fejezzék be.
- A beszállítóktól való rendelés ütemezésén szükséges változtatni, a betonvasak szállítását pedig kanban kártyákkal biztosítani, így kordában tartva a telephelyen tárolandó alapanyagkészleteket.
- A materiális veszteségek kezelésére az újrahasznosítást helyezik kilátásba különböző fémek és papír esetén. Ha van lehetőség újra felhasználásra, akkor pedig annak alkalmazását.
- A porszennyezés elkerülésre geotextíliák használata az építési területen. A vízfelhasználás javítása mellett pedig annak tisztítottatása helyi berendezésekkel.



24. ábra: A folyamat fejlesztett VSM ábrája

Forrás: (ROSENBAUM et al., 2009) alapján saját szerkesztés

A Value Stream Mapping építőipari alkalmazásai azt mutatják, hogy a módszertan jól alkalmazható ebben az iparágban is, elsősorban az átfutási időt érintő problémák oldhatók meg vele igen jó hatékonysággal. Habár az építőipari logisztikai folyamatok nem standard folyamatok, az egyes folyamatok mégis jól elkülöníthetők. Nehézkes azonban az egyes folyamatokkal kapcsolatos adatok felvétele, hiszen gyakori, hogy egy folyamatot nem standard eszköz és munkaerő számmal végeznek el, emiatt nehéz definiálni a pontos adatokat, ebből következőleg az egyes folyamatok hatékonysága is nehezen összehasonlítható (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016).

A környezetvédelmi szempontok értékáram elemzésben történő érvényre juttatásával kapcsolatban látható, hogy jelentősen eltérők az alkalmazási példák. Vannak alkalmazások, ahol csak a hulladékok számszerűsítésére törekedtek, míg a tanulmányban bemutatott esetben valamennyi közvetett környezetterhelési tényezőt igyekeztek figyelembe venni.

Több környezetterhelési tényező figyelembevétele esetén elengedhetetlen azok összehasonlíthatósága. Az esettanulmányból ezt hiányoltam, mivel előállhat olyan fejlesztési ötlet, amikor az egyik környezetterhelési paramétert úgy tudjuk csökkenteni, hogy egy másik paramétert növelünk. Ezen esetekben elengedhetetlen a paraméterek összehasonlíthatósága, hogy eldönthessük, környezeti szempontból előnyös-e az adott fejlesztés (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2016).

Összességében elmondható, hogy a VSM egy jól alkalmazható eszköz az építőipari folyamatok fejlesztése során, mivel az építőiparban az egyik leginkább súlyponti tényező az átfutási idő, mely a VSM alapja. Fontos fejlesztés lehetne a jövőre nézve az építkezésekhez kapcsolódó externáliák beépítése a Green VSM elemzésekbe. Egy építőipari projekt során jelentős az externáliák aránya, és főként a lakóövezetei építkezések esetén egy, akár a projekt ütemezését is befolyásolható tényező lehet. Ebből adódóan az externáliák eliminálásával vagy csökkentésével hatással tudunk lenni a projekt átfutási idejére. Látható, hogy a környezetvédelmi szempontok egyre fontosabbá válnak az építőiparban is, és ezen szempontok figyelembevételére a Green VSM egy jó és hatékony eszköz. Ezen fejlesztés segítségével jelentősen növelhető lenne a Green VSM, mint folyamatfejlesztési eszköz eredményessége.

2.9. Projekttervezési módszertanok, és szoftveres támogatásuk alkalmazásának lehetőségei az építőipari logisztikában

Ahogy az a feldolgozóipar és az építőipar összehasonlításában is látható volt az építőiparra a feldolgozóiparral szemben a projekt jellegű munkavégzés a jellemző. A projekt jelleg alapvetően meghatározza a folyamatok jellemzőit, azaz az építőiparban minden egyes projekt során fel kell állítani egy szervezetet, ki kell alakítani a csapatokat, a terület elrendezését, valamint a folyamatokat. Annak ellenére, hogy a folyamatok hasonlóak, a körülmények mégis minden projektben változnak, ezért a standardizálás csak korlátozott mértékben megvalósítható. Az egyes projektekben folyamatosan változik a résztvevő vállalkozások köre, emiatt nehéz egységes informatikai rendszert kialakítani, és ez az oka annak, hogy jellemzően ezen informatikai rendszerek hiányoznak.

Ahogy az már említésre került, az építőipar legnagyobb problémája a határidők megsértése a folyamatos csúszások, ez az oka annak, hogy a projektmenedzsment kiemelten fontos kérdés ebben az iparágban. A lean építőiparban történő bevezetése során hamar rádöbrentek, hogy a lean hatékony bevezetéséhez szükség van egy ezt megalapozó projekttervezési módszertanra, amely ad egy keretet a teljes projektszervezet számára.

2.9.1. A Last Planner System módszertana

A legnépszerűbb építőiparban alkalmazott projekttervezési módszertan a nemzetközi viszonylatban ismert és gyakorlatban is többször sikerrel alkalmazott Last Planner System (LPS) mely a hazai gyakorlatban eddig teljesen ismeretlennek számít, viszont, a nemzetközi gyakorlatban a lean építőipari bevezetésének az alapja, ezért fontos ennek a módszertannak a részletes bemutatása.

Az LPS egy projekttervező rendszer, melynek célja egy előre meghatározható megbízható munkaterv kialakítása, melynek eléréséhez a rendszer képes a folyamatos tanulásra a projekt megvalósulása során (BALLARD, 2000). A LPS-t (BALLARD - HOWELL, 1997) alkották meg.

Célja az építési folyamatok tervezése, kontrollálása, az egyes munkafolyamatok megfelelő összekapcsolása, az ütemtervek megbízhatóságának növelése, és a projektek előreláthatóságának javítása (BALLARD, 1994). Az LPS megváltoztatta a régi gyakorlatot miszerint a felső vezetés által létrehozott projekt terveket kell „végignyomni” (push elv) a szervezeten, és végrehajtani az építési területen. A módszertan célja a húzó elv megvalósítása a projekttervezés során, azaz a lehetőségeink „húzzák” a projektet, hogy mely folyamatokat, projektszakaszokat tudjuk megcsinálni az adott feltételek ismeretében (NESTEBY et al., 2016). A módszer a szervezeten belüli teljeskörű együttműködésen alapuló tervezést támogatja, mely során a vállalat különböző hierarchiai szintjén található dolgozók együtt elemzik a felmerülő kényszereket, és együtt tanulnak a bekövetkező tervezési hibákból. Az LPS nemcsak egy tervezési és kivitelezési tervek készítésére szolgáló módszertan, hanem egy szemléletmód melynek lényege a szervezeten belüli vertikális együttműködés. Ez a módszertan intézményesíti a koordinációt és kommunikációt és napi gyakorlattá teszi a tervezést, és irányítást, megvalósítva a csapatmunkát és a folyamatos fejlesztést.

A (BALLARD - HOWELL, 1997) alkotta Last Planning System egy olyan eljárás mely a lean filozófiát és technikákat alkalmazza az építőiparban (PATEL, 2011). A rendszer az ütemtervtől való eltérés esetén biztosítja a hatékony és gyors reakciót, a lean menedzsmentben már megismert ok-okozati eljárások alkalmazásával (5 miért, Ishikawa-diagram stb.).

Az LPS legfontosabb célja a projekt során felmerülő bizonytalanságok kiküszöbölése, illetve, ha ez nem lehetséges, akkor azokra való gyors reagálás. A módszertan egy nagyon szisztematikus projekttervező folyamatot kínál a vállalatoknak, mely magában foglalja a lean technikákat is (PATEL, 2011).

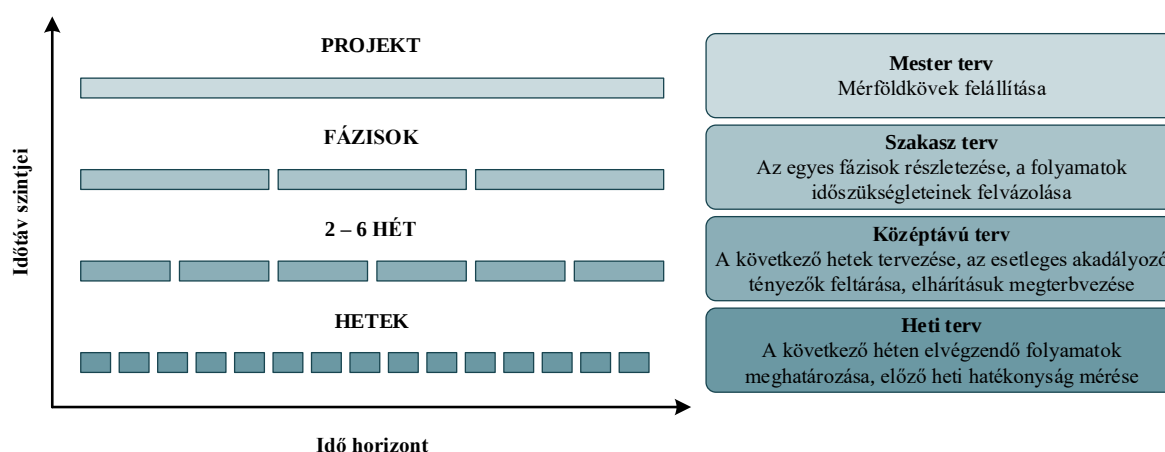
(BALLARD, 1994) összegyűjtésre kerültek azok az okok, hogy a hagyományos projekt tervezések miért sikertelenek:

1. A menedzsment jellemzően az ellenőrzésre koncentrál és nem vizsgálja meg a hibák okait.
2. A tervezés nem rendszerként működik, annak jósága nagyban függ a tervezést végző egyén(ek) képességeitől, és szakmai tapasztalataitól.
3. A tervezés jellemzően csak az időbeli ütemezés elkészítéséből áll, nem foglalkoznak az egyes folyamatok körülményeivel (anyagellátás, eszközök stb.).
4. A tervezés teljesítménye nincs mérve.
5. A tervezési hibákat nem elemzik, így nem találják meg a hozzájuk vezető gyökér okokat (BALLARD, 1994).

2.9.2. A Last Planner System tervezési szintjei

A Last Planner System eredetileg csak a heti tervek elkészítését volt hivatott fejleszteni, standardizálni. Ezek az utolsó tervek a megvalósítás előtt, innen is kapta a módszertan a nevét (last plan-utolsó terv) (BALLARD, 2000).

A következő ábrán (25. ábra) a Last Planner System négy szintje látható, a projekttervezés, a szakasz tervezés, a középtávú tervek, és a heti tervezés (SZTRAPKOVICS, 2018).



25. ábra: A Last Planner System tervezési szintjei

Forrás: Saját szerkesztés

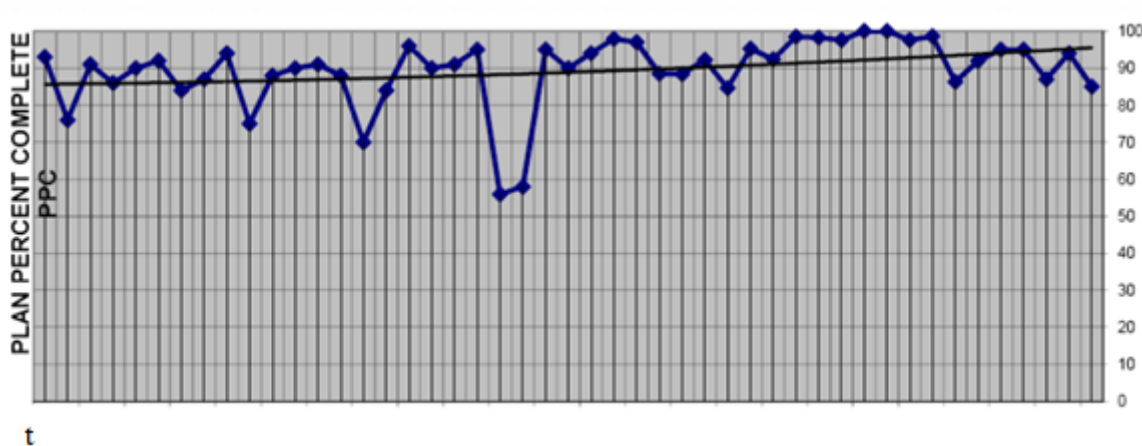
1. Mester terv, vagy projektterv, mely a teljes projekt időbeli tervét magában foglalja, definiálja a projekt mérőföldköveit, és időpontot rendel hozzájuk, jellemzően kritikus út módszerrel, vagy Gantt diagrammal készül, ez adja a későbbi tervezések alapját (ez a terv váza).

2. A szakasz terv a projekt egyes szakaszainak (például alapozás, szerkezeti munkák stb.) részletes tervét tartalmazza, itt már felbontásra kerülnek a szakaszban lévő feladatok is, valamint megállapításra kerülnek az egyes fázisokhoz szükséges bemenetek, korlátozó feltételek, és a fázisok időszükségletei is. Itt osztják el az egyes feladatokat a brigádok (esetlegesen alvállalkozók) között annak érdekében, hogy a mestertervben meghatározott határidők tarthatók legyenek
3. A középtávú terv az első lépése a heti kiviteli tervek elkészítésének, ez a fázis jellemzően a következő 3-12 hetes időszakot öleli fel. Ebben a szakaszban már operációs szintig kerülnek lebontásra a feladatok, meghatározzák a folyamatokhoz kapcsolódó kényszereket, gátló tényezőket, kijelölésre kerülnek a felelősségi körök, és a beosztások is elkészülnek heti szinten.
4. A heti tervek a legrészletesebb tervek, ezek már közvetlenül irányítják az építési folyamatokat, rámutatnak az egyes brigádok, területek közötti összefüggésekre. Elkészítjük az előttünk álló feladatok részletes terveit legalább a következő hétre, de gyakran a következő három hétre (amiből az első hét terveit fixnek tekintjük, és a másik két hét terve csak tájékoztató jellegű mely a későbbiekben felülvizsgálatra, illetve pontosításra kerül). Ezen a szinten már napi (sőt néha óra) szintű beosztások készülnek (főleg az első hétre a többi hétre csak napi szintű), kijelölve az egyes folyamatok ellenőrzési folyamatát is. Az egyes hetek végén a résztvevőknek el kell készíteniük az előző időszak értékelését is, számba kell venni, hogy mennyi valósult meg az előző heti tervből, amik nem valósultak meg azok miért nem, és hogy a jövőben hogyan lehetne megszüntetni a hasonló okokból bekövetkező csúszásokat (SZTRAPKOVICS, 2018).

A heti tervek „jóságának” mérésére szolgál a PPC (Percent Plan Complete), mely megmutatja, hogy az adott hétre tervezett feladatok hány százaléka teljesült, melyet az alábbi módon lehet meghatározni:

$$PPC = \frac{\text{Az elvégzett feladatok száma}}{\text{A tervezett feladatok száma}} * 100$$

A résztvevőknek a heti megbeszélésen meg kell tudniuk indokolni, hogy azok a feladatok, amik nem valósultak meg azok miért nem kerültek befejezésre, és hogy a jövőben hogyan lehetne megszüntetni a hasonló okokból bekövetkező csúszásokat (SZTRAPKOVICS, 2018).

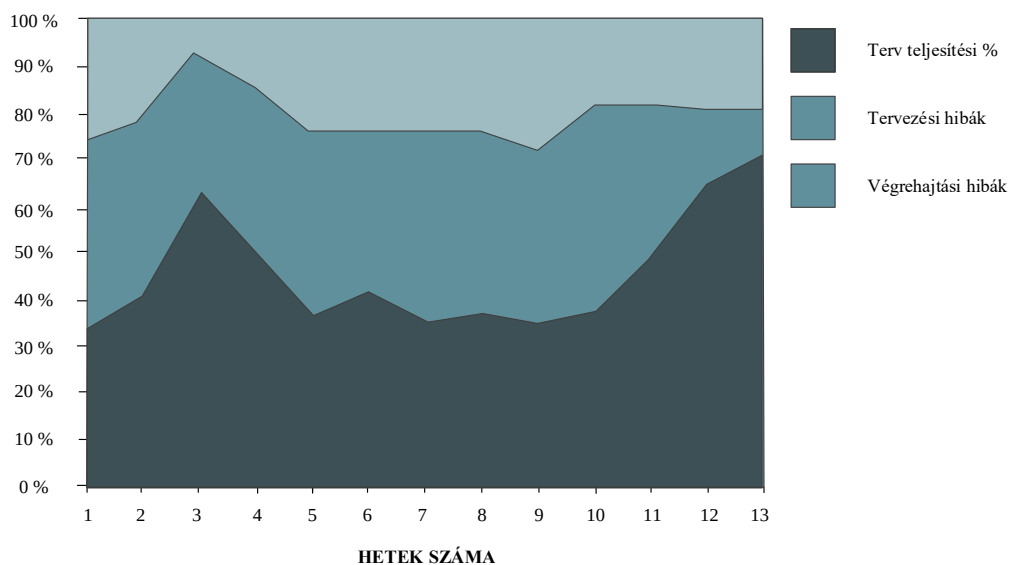


26. ábra: A PPC növekedése egy mintaprojekt során

Forrás: (BALLARD, 2000)

Az LPS használata esetén a heti egyeztetések során meghatározásra kerül mindig az előző hét teljesítési százaléka (PPC), valamint a százalék meghatározása után a résztvevők elemzik az előző hét eseményeit. Ha szükséges, átbeszélik az esetlegesen alacsony teljesítési százalék okait, valamint elemzik ezeket a problémákat (pl.: Kaizen események keretében), ennek köszönhetően a tapasztalatok alapján már a projekt során trendszerűen nő a heti tervek teljesítési százaléka. A fenti ábrán (26. ábra) a Miami Intermodális Központ heti terv teljesítési százalécai láthatók, egyenest illesztve az értékekre láthatóvá válik a hatékonyság növekedés (FERNANDEZ et al., 2009).

A Last Planner System megfelelő implementálását az jelzi, ha a projekt során a PPC trendszerűen nő míg a tervezési hibák trendszerűen csökkenek (ABDULLAH et al., 2009). A három mutatószámot (PPC, végrehajtási hibák, és tervezési hibák) egy (halmozott terület) diagramon is ábrázolhatjuk, melyet az alábbi ábra mutat be (27. ábra), az ábrán látható, hogy alapvetően a projekt során a tervezési hibákból adódó késedelmek csökkentek jelentősen, ami mutatja a Last Planner bevezetésének hatékonyságát. A végrehajtási hibák nem csökkenek, hiszen a módszertan erre nincs közvetlen hatással, ezen hibák csökkentésére a nulla hiba koncepció, Jidoka, vagy Poka-Yoke technikák alkalmasak.

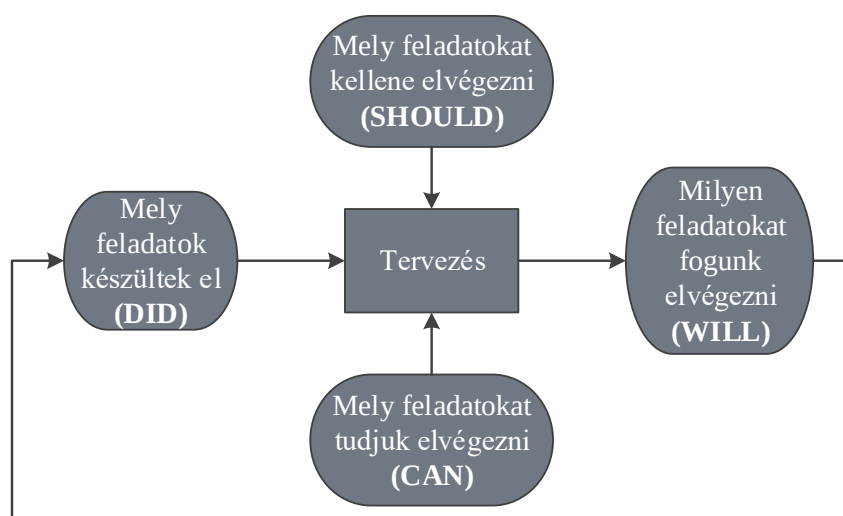


27. ábra: Tervezési KPI-ok ábrázolása egy diagramban

Forrás: (BALLARD, 1994) alapján saját szerkesztés

2.9.3. A SHOULD-CAN-WILL-DID analízis

A heti tervezés a Last Planner System legfontosabb szintje, hiszen ezután már a konkrét fizikai megvalósítás következik, éppen ezért nagyon fontos, hogy a heti tervek készítésénél az összes résztvevő jelen legyen, és tisztában legyenek az erőforrásokkal (SAINI et al., 2018). Fontos, hogy a heti tervben csak olyan feladatok szerepelhetnek, melyek végrehajthatók, azaz valamennyi kényszer eltávolításra került, azaz minden erőforrás és anyag rendelkezésre áll a feladat megkezdéséhez, és minden a heti tervben lévő feladatnak szerepelnie kell a középtávú, valamint a szakasz tervekben.

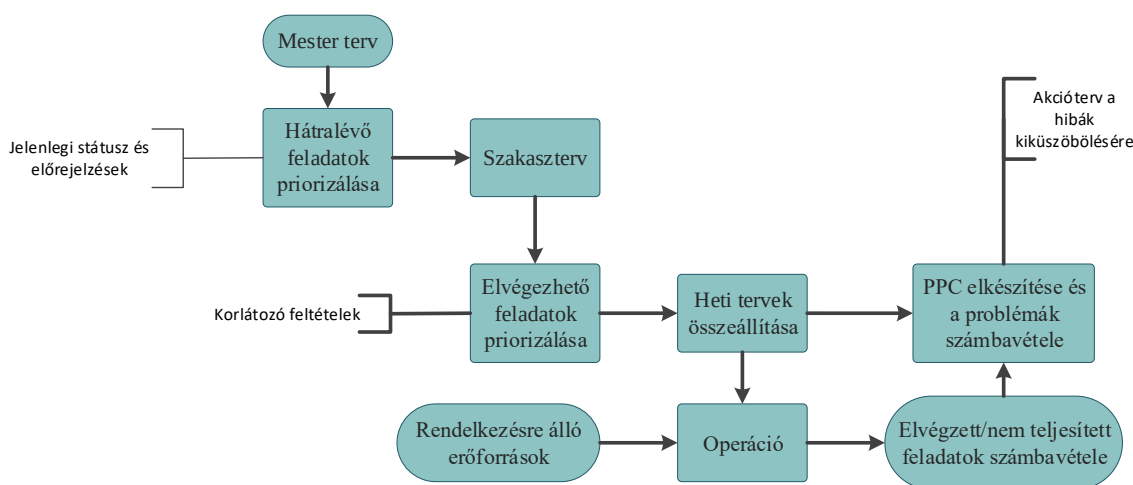


28. ábra: A SHOULD-CAN-WILL-DID analízis folyamata

Forrás: Saját szerkesztés

A heti terv készítése, az elvégzett feladatok számbavételével kezdődik „DID” (elemezve a terv teljesítési százalékot PPC-Percent Plan Complete, és feltárva a tervtől való eltérés okait). Ezután összegyűjtésre kerülnek azok a feladatok, amelyeket el kellene végezni „SHOULD”. A korlátozó feltételek és meglévő erőforrások ismeretében megállapítható, hogy melyek azok a feladatok, amelyek elvégezhetők „CAN”, majd ezen ismeretek fényében a projektcsapat meghatározza, hogy mely feladatokat fogja elvégezni az adott héten „WILL” (28. ábra) (BALLARD, 2000).

2.9.4. Középtávú tervezés módszertana



29. ábra: A középtávú tervezés készítésének módszertana

Forrás: Saját szerkesztés

A középtávú terv célja a következő 3-12 hét lehetséges feladatainak áttekintése a jelenlegi készültségi fok ismeretében. Az hogy pontosan hány hétre előre készítjük el a középtávú tervet az jellemzően az építési projekt jellemzőin múlik, viszonylag jól előrejelezhető, külső hatásoktól kevésbé függő projektek esetében (például belső munkák esetében) ez jellemzően 10 hét körül alakul, kevésbé előrelátható projektek esetében, ahol erős függőségek vannak a folyamatok között (például: vonalas építési munkák esetében), maximum 5-6 hét a középtávú tervezési időszak hossza. A középtávú terv nem a mesterterv egy része, hiszen a középtávú tervek készítése során, figyelembe kell venni a terv készítésének időpillanatában meglévő korlátozó feltételeket. A korlátozó feltételek alapján eldönthető, hogy melyek azok a folyamatok, amik elvégezhetők, és melyek azok, amelyek nem (29. ábra). Jellemzően az egyes folyamatokhoz szükséges anyag rendelkezésre állása a legfőbb korlátozó feltétel, amit alkalmaznak építőipari projektekben (SALEM et al., 2005). Fontos az elvégezhető feladatok rangsorolása, mely során jellemzően azt kell figyelembe venni, hogy mely feladatok

elvégzésének elmaradásai okozhatják a legnagyobb csúszást a projekt teljesítése során. A tervezés során figyelembe kell venni a rendelkezésre álló erőforrásokat is, jellemzően ilyen időtávban már látható, hogy milyen erőforrásokkal számolhatunk. A középtávú tervezés záró lépése a PPC elkészítése, és a problémák számbavétele. Fontos, hogy készüljön egy akcióterv (határidőkkel és felelősökkel), az előforduló hibák kiküszöbölésére (BALLARD, 2000).

2.9.5. A Last Planner System bevezetésének hatásai

A Last Planner System-et a nemzetközi gyakorlatban, több országban is sikerrel alkalmazták, mellyel Dániában 65 %-kal csökkentek a munkahelyi balesetek, míg 30%-al a munkaterületen tárolandó készletek, annak köszönhetően, hogy csak a következő hétre szükséges anyagok rendelését adták le a vezetők. A módszertan alkalmazásával irányíthatóbbak a folyamatok és az esetleges csúszások nem hirtelen, hanem folyamatosan derülnek ki, mint ahogy az is, hogy a csúszást milyen tényezők okozták, így elkerülhetők az építőiparban a projektek végén jellemző egymásra mutogatások. Vertikális jellege miatt alkalmazása során jelentősen csökkentek a határidő csúszások, a folyamatos kontroll miatt javult a projekttervek megbízhatósága. Csökkennek a várakozási idők, hiszen egy feladat csak akkor kerül kiosztásra a heti tervben, ha valamennyi az elkezdéséhez szükséges feltétel teljesül. A rendszeres heti tervezés miatt szorosabb kommunikáció alakul ki a projekt szereplői között (KIM - KHANH, 2015).

Összefoglalva a Last Planner System főbb előnyei:

- A folyamatos részletes tervezés növeli a pontos végrehajtást.
- A határidők megbízhatósága javul a folyamatos tervezés miatt.
- A csúszások száma és nagysága csökkeni fog a folyamatos ellenőrzés miatt.
- A problémák hamarabb (még a projekt közben) felszínre kerülnek és ily módon kiküszöbölhetők.
- A folyamatos ellenőrzés és tervezés lehetővé teszi a váratlan eseményekre történő gyors reagálást.
- Folyamatos fejlődés a project során a problémák felderítése és azok gyökérokainak megtalálása által.

Az LPS legfontosabb célja a projekt során felmerülő bizonytalanságok kiküszöbölése, illetve ha ez nem lehetséges, akkor azokra való gyors reagálás. A módszertan legnagyobb előnye, hogy a vállalat különböző hierarchiai szintjén elhelyezkedő dolgozók együtt elemzik a felmerülő kényszereket, és együtt tanulnak a bekövetkező tervezési hibákból. A módszertan

egy nagyon szisztematikus projekttervező folyamatot kínál a vállalatoknak, mely módszertan megfelelő alapot nyújthat a lean eszközök építőipari logisztikában történő alkalmazására. Az LPS legnagyobb előnye a folyamatos fejlődés, és visszacsatolás, azaz már a projekt közben elemezni kell a tervtől való eltérések okait. Az LPS bevezetésével jelentősen javul az egyes projektrésztvevők közötti kommunikáció, mely a legfontosabb ahhoz, hogy a lean menedzsment bevezethető legyen építési projektekben (SMALL et al., 2017). A készletnyilvántartó rendszerek, és az LPS együttes alkalmazásával láthatóvá válik, hogy hogyan alakulnak az alapanyagkészletek a jövőben, ezáltal kialakítható a rendelések ütemezése, és bevezethetővé válhat a just in time azaz húzó elvű anyagellátás az építőipari folyamatokban.

2.10. Építési projektek szoftveres támogatása: az Épület Információs Modell

Az építőiparra ható fejlesztések napjainkban két fő irányból érkeznek. Az első a projekt és építési management elvekkel kapcsolatos LEAN fejlesztések, a második az információs technológia, a BIM azaz Épület Információs Modell. Alapvetően a kettő független és különálló egymástól, de együttműködve kiterjeszthetők az alapvető funkcióik, valamint a megfelelő informatikai háttér elősegítheti a lean eszközök alkalmazását. Az Épület információs modellt a BIM kézikönyv definiálja (EASTMAN et al., 2011): „eszközök, folyamatok és technológiák leírása digitálisan, olvasható e-dokumentumok formájában az épületről, a teljesítményéről, tervezéséről, építéséről és a működéséről”, a BIM ahogyan neve is mutatja alapvetően épületeket megvalósító építési projektek informatikai hátterét biztosítja. A fő ok amiért ez leginkább csak épületek építése esetén alkalmazzák, mert ezen projektekben jól standardizálhatók a folyamatok, ellentétben a vonalas építkezésekkel. A BIM szoftver eszközei jellemzően lehetőséget nyújtanak az épület virtuális modelljének szerkesztésére, az olvasható objektumok használatával, hogy azok viselkedése megegyezzen az építészek által készített tervekkel, továbbá ezek a tervek vizsgálhatók és tesztelhetők legyenek. A BIM kézikönyv meghatározza az épület információs modell szolgáltatásait is (EASTMAN et al., 2011): „az építőipar új képességeinek, a szerepek és a projekt csapatok közötti kapcsolat változásainak alapja”. A BIM eszközök az épület 3 és 4 dimenziós vizualizálására képesek. A designnal való átható kommunikáció az egyik kulcs funkciója. A Digitális média lehetővé teszi az információ dinamikus követését, ami a felhasználó által könnyen manipulálható és lekérdezhető, amihez hozzátartoznak az animációk és az adatbázishoz való hozzáférés is. Módszereket tekintve rendelkezésre állnak a mobil telefonok, kézi számítógépek, táblagépek, személyi számítógépek. A lényeg az olyan eszköz használata, ami nem akadályozza fizikálisan a munkást. Ha megfelelően van alkalmazva,

akkor a BIM sokkal egységesebb tervezési és építési folyamatokat segít elő, aminek eredménye a jobb minőség, alacsonyabb költség és rövidebb projekt idő. A LEAN és a BIM nem függenek egymástól (egyik megvalósítható a másik nélkül is), de az építőipari projektek jelentős hatékonyság növelése a kettő integrációjával jöhet létre.

A Toyota azért maradt rugalmas, mert az információs és kommunikációs (ICT) lehetőségek közül azokat választotta ki, amelyek szükségesek, amelyek közvetlenül javíthatják a folyamatokat és beleillenek a szervezeti infrastruktúrába. A BIM ezt a lehetőséget biztosítja, mert megerősíti a fő építési folyamatokat. Az eddigi ICT próbálkozások nem voltak kielégítőek a következő okok miatt:

- túl nagy hangsúlyt helyeztek a külső problémák megoldására, az alap folyamatok helyett
- a 3 fő szervezeti probléma – emberek, folyamatok és technológia – nem voltak megfelelő arányban kezelve.

A LEAN építőipar és a BIM különböző területeit alaposan kutatták az elmúlt években. BIM szerű alkalmazások hasznossága már bizonyított (Computer Advanced Visualization Tools (RISCHMOLLER et al., 2006), Virtual Design - Construction (KHANZODE et al., 2006)). Ezek a programok már alaphoz a lean szemlélet alapján lettek fejlesztve. Néhány lényeges változás is bekövetkezett használatukkal az építőiparban:

1. Építési tudás és képességek növekvő alkalmazása a tervezési folyamattól kezdve
2. Részletes tervezés előkészítése hamarabb megtörténik, mint a korábbi rendszereknél
3. Előre a projekt ütemezésére összeállított csapatok szükségesek
4. Szerződéses megállapodások születnek a felelősség és a nyereség elosztására, még a projekt előtt, nem a projekt után kell ezen kérdéseket tisztázni
5. Új szerepkörök, mint a BIM vezető és tanácsadó

Eastman szerint (EASTMAN et al., 2011): a lean építőipari technikák használatához pontos koordináció kell a fővállalkozó és az alatta dolgozók között, hogy a munka végrehajtható legyen, amikor a megfelelő alapanyagok rendelkezésre állnak. Mivel a BIM megbízható képet ad a tervekről és az alapanyagokról a munka minden fázisában, ezért ez az alapja a tervezésnek, időbeosztásnak, ezáltal gyakorlatilag a rendszer a projekt ERP szoftverévé válik.

A BIM alapja a feladatsomagok definiálása, azon belül pedig feladatok definiálása. Egy feladat egy tovább már nem szétválasztható folyamat (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2019). Az egyes feladatok alaptulajdonsága a fejlettség. A „fejlettség” úgy van definiálva, hogy a

munka adag vagy a feladatát készenléti állapotát mérje. Becslés arra nézve, hogy milyen fokú előkövetelményei vannak a végrehajtásának. A megoldatlan előkövetelmények akadályozhatják a munka közelgő végrehajtását megfelelő időben és alapanyag felhasználással. Beletartozik a munka előkövetelménye, az információ, az alapanyag igény, a szükséges eszközök, a csapat, a hely, a külső feltételek és a biztonsági követelmények (SACKS et al., 2010). Ha minden információ rendelkezésre áll, akkor bármikor, minden feladatra becsülhető a „fejlettségi” index (M_j). A „fejlettségi” index a csapatvezetők rövid távú döntéseinek és a hosszabb távú tervezés támogatására is megfelelő. Egy feladat „fejlettségi” indexének számítására minden előkövetelmény „fejlettségi” mérőszámának kombinációjával képezhető. A „fejlettségi” mérőszám egy előkövetelményre a következők függvénye: az előkövetelmények aktuális állapota, milyen időpontra számoljuk a „fejlettséget”, az időpont, amire a tervezve van, és a megbízhatósága.

$$M_j = S_j + (1 - S_j) * R_k * (t_M - t_E)$$

ahol:

- M_j : az előkészítettségi mérőszám (%)
- S_j : az előkövetelmények aktuális állapota (%)
- R_k : a megbízhatósági érték (beszállító megbízhatósága) (%)
- t_M : a számítás időpontja
- t_E : a tervezett időpont (SACKS et al., 2010)

Ahhoz, hogy a „fejlettségi” indexet megkapjuk, a „fejlettségi” mérőszámokat súlyoznunk kell 2 további számmal. Ezek közül az első az előkövetelmény relatív fontosságát mutatja, a második pedig nagyobb súlyt ad a kisebb értékeknek (SACKS et al., 2010).

$$M_i = \frac{\sum_j M_j * W_j * W_{Mj}}{\sum_j W_j * W_{Mj}}$$

ahol:

$$W_{Mj} = 1 - \frac{M_j}{2}, \text{ vagy}$$

$$W_{Mj} = 1 - M_j \text{ a kisebb értékek erősítése végett}$$

$$W_{Mj} = 1 \text{ sima átlag számítása}$$

ahol:

- M_i : az „előkészítettség” index (%)
- M_j : az előkészítettség mérőszám (%)
- W_j : az előkövetelmény relatív fontossága (%)
- W_{Mj} : az egyszerűbb feladatok súlyozása (=1 ha nincs rá szükség) (%) (SACKS et al., 2010).

Az M_i számítása azért fontos, hogy segítségével láthatóvá válik, mely feladatok kezdhetők meg a leghamarabb. Lehetőséget ad a csapatvezetőknek és a menedzsereknek, hogy összehasonlítsák őket és a „legfejlettebb” feladatokat válasszák, mivel az M_i magasabb a korai biztos tevékenységeknél, mint a távolabbi előrejelzéseknél, azaz a fejlettségi index segítségével rangsorolhatók a folyamatok.

Fontos azonosítani a Building Information Modell (BIM) kulcsfunkcióit (30. ábra), amik lehetővé teszik az építési projekt információinak szerkesztését, értékelését és a különböző jelentéseket. Az objektum modellezés magába foglalja az objektumok használatát, az adataikat és a lehetőséget, hogy úgy kezeljük őket, hogy a valóságot reprezentálják. A valóság itt jelentheti a fizikálisat, mint az épület egy része, vagy lehet absztrakt, mint egy költség becslés vagy strukturális analízis.



30. ábra: A Building Information Modelltől elvárt funkciók

Forrás: Saját szerkesztés

Alapvetően áttekintve a funkciókat elmondható, hogy fő cél a vizualizálás, valamint az operatív vezetők és a tervezési osztály közötti szoros kapcsolat biztosítása. A funkciók

sokfélesége miatt a szoftver értékes információkkal szolgál a vállalati hierarchia széles skáláján álló felhasználóknak. A különböző mutatószámok és költség becslések a vezetés számára fontosak, jövőbeli döntések meghozatalához, különböző elemzésekhez. A folyamatos tervezhetőség az építéseknek nyújt segítséget a projekt korai szakaszában, a későbbiekben pedig a munka végrehajtásáért felelős építésvezetőknek. A program a megrendelő számára is egy kész képet mutat az épületről, így marketing célt is szolgál.

2.11. A Last Planner System és a BIM rendszer együttes alkalmazása: a kanBIM rendszer kialakítása

Az építési projekteken abból adódóan, hogy több szervezet dolgozik egyszerre gyakoriak a kommunikációs zavarok, az egyes csapatok sokszor nem tudják, mely feladatot kellene elvégezniük, valamint nem látják a teljes rendszer állapotát, azaz, hogy mely feladatok el nem végzése okozhatja a legnagyobb csúszásokat. A veszteségek fő forrása a várakozási idő a csapatokra, az átdolgozás, fölösleges mozgások és anyagkezelés, a nem használt munkaterületek és alapanyagok megrongálódása. Az akadálytalan munkafolyamatokhoz és a minimális veszteségek eléréséhez nem elég a megfelelő tervezés, hanem szükséges egy hatékony termelés irányítás is.

Az LPS minimális információs technológiával is használható. Viszont a hatékony termelés irányítás, ahol sok független munkacsoport van nagy területen, továbbra is nehezen érhető el, vagy jelentős erőforrásokat igényel a vezetőségtől. Ugyan sok lehetőség van a köztük lévő koordináció megoldására, de alapvetően a csapatok az épületen, telepen belül szét vannak szórva. Emellett a termelékenység mérőszámai bonyolultak, ami nehezíti a rövid távú előrejelzést. A sok szereplő között jellemzően egyedi szerződéses kapcsolatok vannak, különböző feltételekkel, ami a projekt optimalizálását nehezíti. A valós idejű jelentések hiányoznak jellemzően, illetve kulcs egyéneken múlik a kommunikáció, az LPS fenntartása, és a fent említettek miatt gyakran papír alapú információ áramlás, mely jelentős erőforrásokat köt le, valamint a későbbiekben nehezen feldolgozható.

Az LPS ugyan kiegyenlítettebbé teszi a termelést a rövid távú tervezéssel, de magában nem valósít meg húzó elvet. A Lean termelő iparban ezt Kanban rendszer használatával valósítják meg. Itt vizualizálással adnak jeleket a folyamatok állapotáról a munkásoknak, így elérve, hogy kiigazodjanak rajtuk és alkalmazkodjanak a termelési rendhez. Az építési környezetben, ahol a munkás mozog nem a termék, nehezen vizualizálhatóak a folyamatban lévő munkák, és azok állapota is nehezen közölhető az illetékesekkel. A munkáscsapatok közötti WIP mennyisége nem látható, csak a felhalmozódott termékek, amik a WIP-et képezik.

Másik probléma az LPS-el, hogy a leggyakrabban használt tervezési gyakoriság az 1 hét. A heti válaszdíó túl hosszú az 1 nap alatt végrehajtható feladatok veszteségeinek elkerülésére. Végezetül, gyakorlati használatával, a heti tervezés nem tesz semmi tényleket mellőző rendelkezést, ami folyamatos fejlődéshez vezetne. A terv teljesítési százalék (PPC) lehetővé teszi a hibákból való tanulást, de a sikerből valót nem. Egy digitalizált rendszer automatikus rögzítéssel és jelentéssel megoldja ezt a problémát.

Az LPS megvalósításához az építési szervezeten belül, LPS kivitelezők szükségesek a projekt csapatok támogatására, azaz olyanok, akik kifejezetten az LPS megvalósításáért, és üzemeltetésért felelősek, továbbá egy igen mély tanulási folyamat az összes projektben szereplő személy számára (BORTOLAZZA et al., 2005).

Ezt a támogatási szintet nehéz fenntartani, és távollétükben az eredeti folyamatok állnak vissza (ANTON - PESONEN, 2010). E problémákra egy BIM alapú, Kanban szerű húzó rendszer (andonnal támogatva) alkalmazása a megoldás. Ezt a rendszert KanBIM-nek hívjuk. A szoftver 3D vizualizálással támogatja az LPS-t, a folyamat állapotokról, a jövőbeli irányokról közöl információkat, valamint jeleníti meg azokat, amik mindenki számára elérhetők, lehetővé téve a valós idejű állapot jelentést, beleértve a Kanban szerű húzó rendszert és az Andon jelzéseket. Ez ösztönözi az embereket arra, hogy a napi munkafolyamatokat nagyobb megbízhatósággal és kisebb változékonysággal ériék el.

BIM alapú lean termelési rendszer követelményei 7 fő területre oszthatók fel (EASTMAN et al., 2011). A tapasztalat azt mutatja, hogy az LPS alkalmazása ellenére, a PPC ritkán megy 80% fölé, ami azt jelenti, hogy a feladatok 20%-a nem a terv szerint van végrehajtva. (Ez annak ellenére is előfordul, hogy az „előkészítettség” alapján szűrnék a heti tervezésnél. Ennek eredménye az, hogy ha egy feladat nem a terv szerint készül el, akkor a tőle függő feladatok „fejletlenek” lesznek.) A tervezési hibák megszüntetéséhez és a kapcsolódó veszteségek elkerüléséhez a trade menedzsereknek és a csapatvezetőknek szükségük van a folyamatos információra a műveletek aktuális állapotát, azaz ne csak a heti egyeztetések alkalmával lássák a műveletek fejlettségi szintjét, hisz ezáltal lehetőségük van, hogy a napi terveken változtassanak az érintettek bevonásával. Ezért szükséges a munkáscsapatok állapotának, helyének megjelenítése és a valós idejű „előkészítettség” követhetősége az aktuális feladatoknál. A rendszernek támogatni kell a döntésekkel kapcsolatos kommunikációt és visszajelzést is. A szükséges információ szűrésére különböző BIM nézetek állnak rendelkezésre a felhasználónak, továbbá látható az objektumok kapcsolata a feladatokkal és az időben való változásuk.

A BIM eszközök az épület 3 és 4 dimenziós vizualizálására képesek (SHEN et al., 2018). A designnal való átható kommunikáció a rendszer az egyik kulcs funkciója (SAIEG et al., 2018). A szoftver lehetővé teszi az információ dinamikus követését, ami a felhasználó által könnyen manipulálható és lekérdezhető, amihez hozzátartoznak az animációk és az adatbázishoz való hozzáférés is. Módszereket tekintve a lényeg az olyan eszköz használata, ami nem akadályozza fizikálisan a dolgozót, így például előtérbe kerülnek a hangfelismerő rendszerek.

Az „előkészítettség” egy százalékkérték, ami megmutatja a munka adag vagy a feladat készletléti állapotát, ennek pontos számítási menetét ismertettem az előző fejezetben. Ez az érték alapvetően egy becslés arra nézve, hogy milyen fokú előkövetelményei vannak a végrehajtásának, és ezek milyen arányban állnak rendelkezésre. A megoldatlan előkövetelmények akadályozhatják a munka közelgő végrehajtását megfelelő időben és megfelelő alapanyag felhasználással.

A tervezésnek az LPS módszertanának megfelelően 4 szinten kell történnie, a rendszernek pedig ehhez a 4 szinthez kell megfelelően alkalmazkodnia. A termelési rendszerben, ahol nagy a bizonytalanság és változnak a feltételek, „mozgékonyyságra” van szükség. Építési környezetben ez azt jelenti, hogy a végső állásfoglalás a megkezdett munkával kapcsolatban a csapatvezető felelőssége, aki megőrizz egy kis rugalmasságot. Ha egy tervezett feladat „fejletlenné” válik, a csapatvezetőnek kell tartalék feladatot választani vagy tárgyalni a terv változtatásáról az illetékesekkel, valamint ezt kommunikálnia a dolgozók felé.

A rendszernek tehát meg kell valósítania a tervezés és termelés irányítás szoros integrációját, online visszajelzést kell adnia, hogy az információk aktuálisak legyenek, felületet a terv változtatásának tárgyalására. A KanBIM rendszernek 2 szinten kell tartalmaznia az állásfoglalást, az első szint a Heti tervezés. A középtávú terv folyamat allokációiból a trade teamek definiálják a feladatokat az egyes munka adagokhoz, időbeosztásukat pedig megbeszélik az illetékesekkel. A másik szint a napi végrehajtás. A csapatvezetők választják ki az „előkészített” feladatokat, jelzik megkezdésüket és a befejezést. Nem teljesítés/megállás esetén visszajelzést küldhetnek (andon). A KanBIM jelzi a terv ütközéseket, melynek megoldása az illetékesek közötti kommunikáció révén jöhet létre.

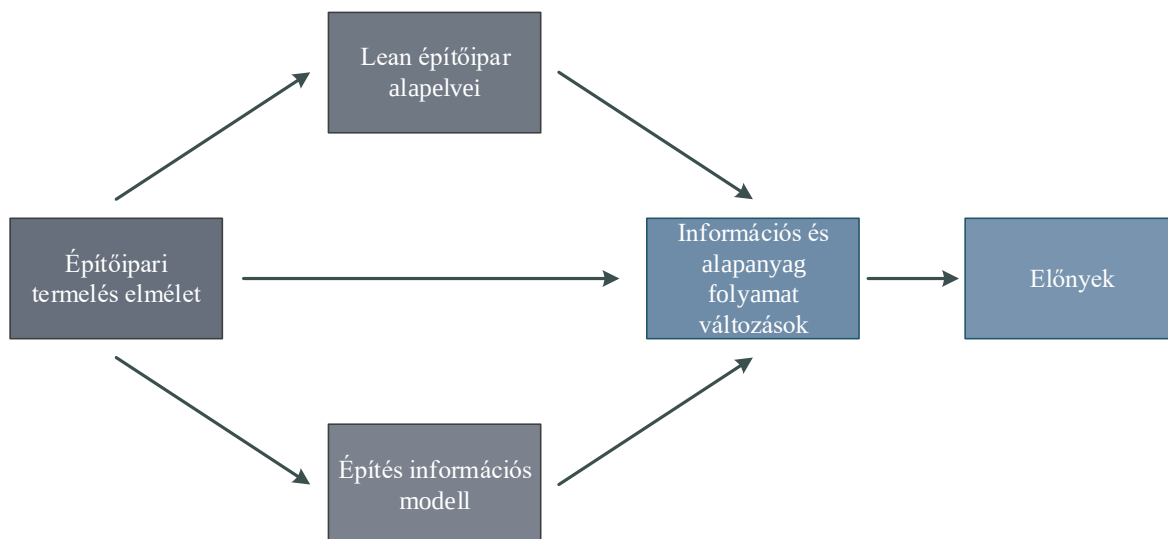
Az online folyamat állapot megjelenítése használható húzó jelek küldésére a munkáscsapatoknak, amikor több mint 1 lehetséges feladat lenne adott időben. A legtöbb építési projektnél nem lehetséges az igazi húzó folyamatot elérni, mivel nincs stabil termelési rendszer, ahol ugyanazok a termékek áramlanának folyamatosan. Tudatos stratégiával csökkenthető a WIP, úgy, hogy a helyek számát csökkentjük, ahol egy időben dolgoznak,

azaz egy időben minél kevesebb folyamat állapota változzon. Ez a WIP csökkentő stratégia azon feladat végrehajtását részesíti előnyben, ami az eddigi helyen vagy annak közelében van. Ezek azok a helyi rövidtávú feladatok, amik a következő feladatok végrehajtását elősegítik. Erre bevezetett mérőszám a PFI, vagyis a „húzó folyamat index”, a mérőszám, ami az aktuális feladatot követő, az adott terület befejezéséhez szükséges feladatoknak nagyobb értéket ad (SACKS et al., 2010). Tehát egy függő feladat PFI-je az „előkészítettség” indexszámok összefűzése egy adott helyen. A PFI használható a feladatok prioritásának beállítására, ezeket az építési vezető általában csillagokkal jelöli a programban. A program mutatja a WIP-et, egyszerűvé téve a WIP csökkentő stratégia irányítását, valamint ezáltal láthatóvá válik, hogy mikor szükséges anyagutánpótlás. A projekt vezető irányíthatja és kontrolálhatja a csapatvezetőknek felajánlott feladatok számát.

A stabil munkafolyamatok elérése az alapvető módja a munkaidővel kapcsolatos veszteségek minimalizálásnak az építkezéseken. Az LPS segít a szervezetnek tanulni a terveik bizonytalanságából, így javítva a terv stabilitást, valamint az egyes munkafolyamatok időigényei is pontosításra kerülnek ezáltal. A terv stabilitás néhány irányelv mellett valósulhat meg a KanBIM rendszerrel. A legfontosabb, hogy a feladatok tartalma nem változtatható az adott héten, a kivitelezési és a tervezési hibának ki kell derülnie, nem eltűnnie a feladat leírásából, az okokat fel kell tárni, és meg kell vizsgálni mely más feladatokban fordulhatnak elő még ezek a tervezési hibák. Ha egy tervezett feladat már elkészült, a jövőbeli feladatok indítása nem engedélyezett, csak a más feladatokkal és a beszállítókkal való KanBIM koordináció után, mivel ami nincs tervezve és rögzítve a rendszerben az nem mérhető.

Ezeket a követelményeket mérték össze a lean elvekkel (SACKS et al., 2009). Megállapították, hogy a legtöbb BIM funkció kölcsönhatásban van a lean eszközökkel, és fordítva, csak néhány esetben fedezhető fel ütközés a két megközelítés között. A lean elvek közül a változékonyság és a ciklus idők csökkentése a legnagyobb mértékben érintett. A BIM funkciók közül az esztétikai és funkcionális értékelés, a több felhasználós modell vizsgálat, az építési ütemezés 4D vizualizációja, a folyamatok és termelés információjának online kommunikációja, amire a lean eszközök a legnagyobb hatást fejtik ki. A pozitív hatások többsége egyértelműen látszott, de az előnyök megvalósítása a gyakorlatban nem garantált, nem elegendő csak az LPS és a KanBIM együttes alkalmazása. Számos gyakorlati implementáció megmutatta (KOSKELA - KAZI, 2003), hogy az építőiparban alkalmazott információs technológiák bizonyos esetekben nem térülnek meg, a vizsgált 35 eset alapján elmondható, hogy a kisebb méretű projektek esetében kevésbé realizálódnak a BIM

bevezetésének előnyös hatásai. Azaz egy bizonyos projektméret alatt nem érdemes bevezetni a BIM rendszert. Ennek a problémának a vizsgálata közben merült fel az a szemlélet, hogy az IT előnyök realizálása nagymértékben függ az üzleti modellről, valamint attól, hogy mennyire tudjuk átszervezni a szervezetet a BIM modellnek megfelelően. Az ábra (31. ábra) mutatja, hogy a lean-nek, a BIM-nek, és az alkalmas információs és alapanyag folyamat változásoknak az építőipari termelés elméletből kell eredniük, az előnyök eléréséhez.



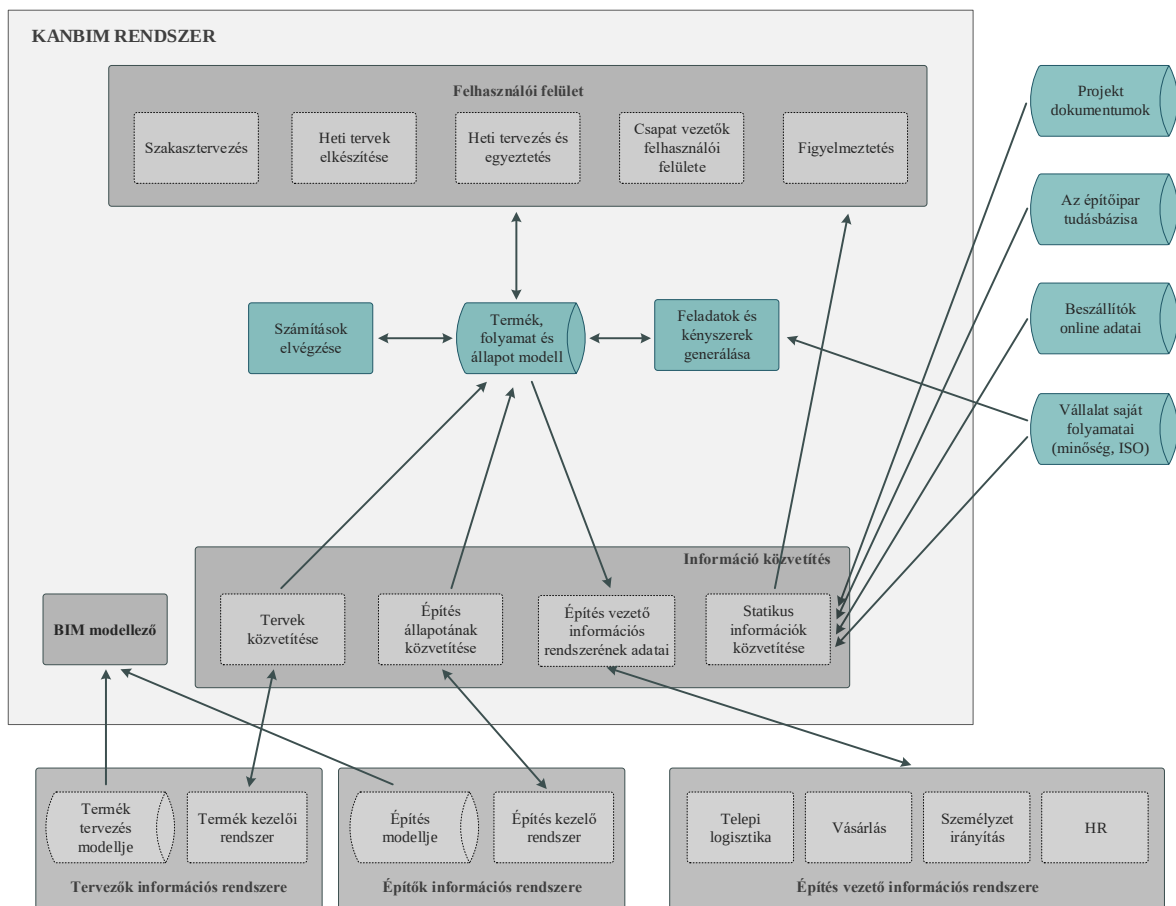
31. ábra: A Lean és a BIM együttes alkalmazásának folyamata

Forrás: Saját szerkesztés

Alapvetően a nemzetközi példák alapján is látható, hogy a lean és a BIM együttes alkalmazásában nagy előnyök rejlenek. Ahol bevezetési problémák voltak azok jellemzően hardware és software nem megfelelősségekből adódtak. Folyamatoptimalizálási, valamint projektmenedzsment szempontból viszont a két rendszer együttes alkalmazása előnyös. A BIM használata elősegíti az LPS konzekvens alkalmazását, míg az LPS alkalmazása lehetővé teszi a lean eszközök strukturált használatát.

2.12. A KanBIM rendszer fő funkcionálisai

A KanBIM rendszer funkciójának beteljesítéséhez szükséges egy rendszer struktúra, ami az épület információs modell (rendszer adatbázisa), a sok felhasználói kezelőfelületet, a külső informatikai rendszereket összekapcsolja és rendszerbe rendezi.



32. ábra: A KanBIM rendszer struktúrája, valamint kapcsolódási pontjai

Forrás: Saját szerkesztés

A 32. ábra a rendszer felépítésének struktúráját mutatja. A rendszer központi eleme a fő adatbázis, ami az épület részletes modellje. A termék modell a tervezési és építési eljárások részletezésének eredményeit tartalmazza, itt kerülnek specifikálásra a minőségi feltételek. A folyamat modell, ami az építési gyakorlatok alkalmazásával települ, összegyűjti a munka adagokhoz társítható feladatokat és feladatokat generál a folyamatos készlet megjelenítéshez. Az állapot modell, ami a tervezett, jelenlegi és készülő munka adagok állapotát határozza meg, azaz folyamatosan változik az építési projekt során. A modell kezdeti előállítás után, az építési BIM modellező felel az adatbázis minden változásának szinkronizálásáért.

A KanBIM használók és az építési modell közötti kapcsolattartásért különböző felhasználói felületek felelősek. Külön felülete van az előre tervezésnek, a heti terv felkészülésnek, a heti tervezésnek és tárgyalásnak. A művezetők, és csoportvezetők felülete információ adásra és jelentésre való, kiegészülve egy jelző rendszerrel, ami a szervezet munkafolyamatainak fenntartását segíti. Az első 3 kapcsolatban áll az LPS folyamat lépéseivel. Elősegítik a munka adagok meghatározását azzal, hogy összekapcsolják őket termék modell objektum

csoportokkal, a munka adagokat helyesség alapján szűrik, felügyelik az elvégzésre váró munkát, és egyeztetik a munka adagokat a heti munka tervvel.

A háttérben két rendszer dolgozik. Az első feladatokat és kényszereket generál az előírt szinteken, a tipikus kényszer kapcsolatok alapján, amiket a munka adagokhoz definiáltak az elkészített feladatokból. A második rendszer mindig a feladatok aktuális értékeiket vizsgálja és továbbítja a különböző felületekre: húzó folyamat index és előkészítettségi index. A rendszer számára szükséges információk forrása kívül eshet az építési termék és folyamat modell hatáskörén és különböző perifériás építési menedzsment rendszerből adódhat, mint a logisztika, beszerzés, HR, tervező rendszer, építő rendszer és külső adatbázisok. Ezen perifériás rendszerekhez különböző interfészekon keresztül kapcsolódik a rendszer. A bevezetés nehézségét ezen interfészek kialakítása adhatja

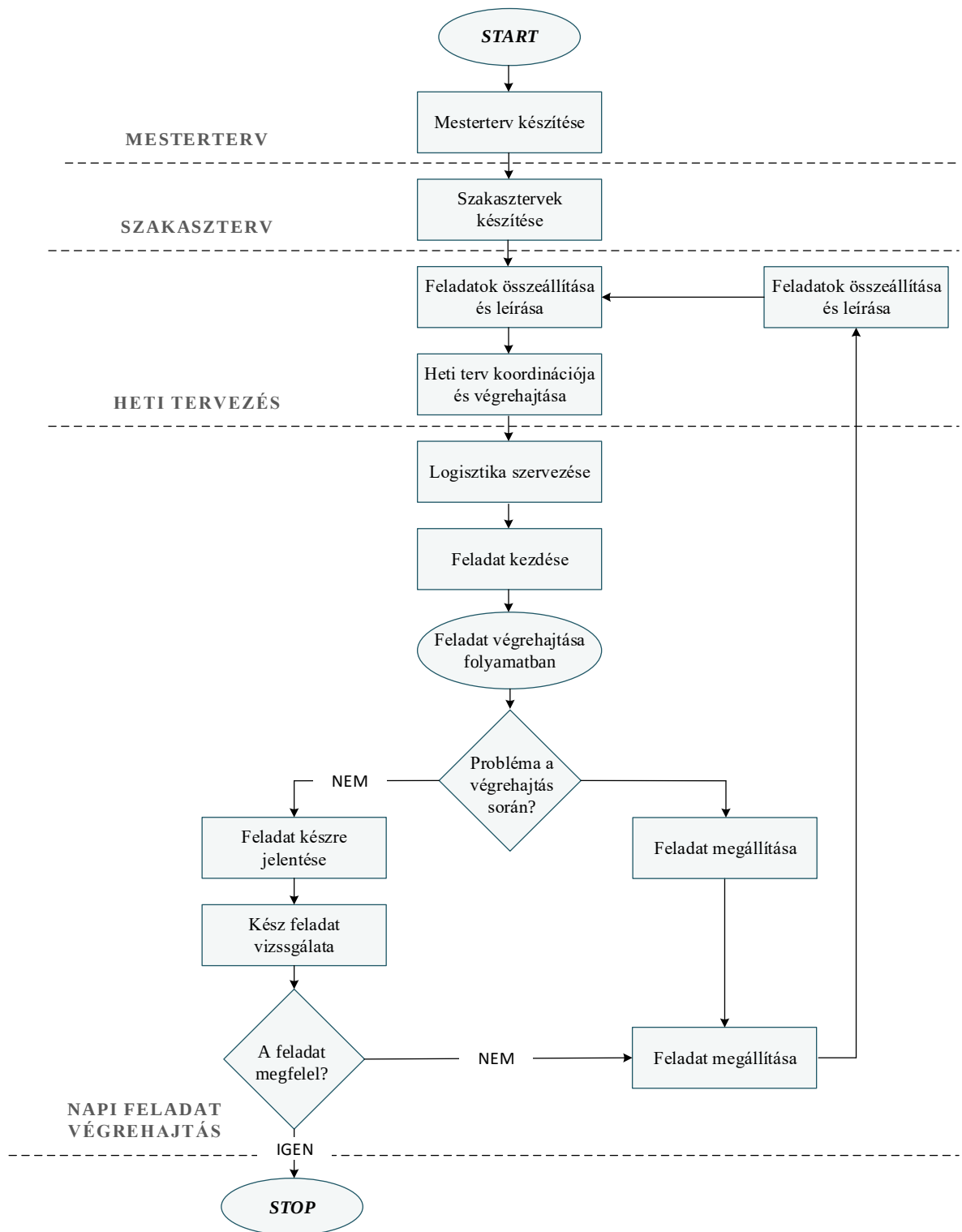
Az irányadó a heti tervezés továbbra is, de ezzel a változtathatósággal biztosítjuk, hogy a napi szintű feladat végrehajtás is módosítható legyen, ha a körülmények úgy kívánják. A Last Planner System megvalósítása így sokkal rugalmasabb lesz, jobban alkalmazkodik a felmerülő problémákhoz, valamint a késedelmek és az esetleges problémák sem a heti egyeztetéseken derülnek ki egyszerre.

A következő lépés a napi feladat végrehajtás. Ez a KanBIM folyamat lényege, ahol a csoportvezetők közvetlen hozzáférést kapnak a munkatervhez és lehetőséget a munkájuk koordinálásához, a többi csapattal együtt. A csoportvezetők egyéni testreszabott felületen dolgoznak, ami minden vezetőknek a saját feladatait mutatja. Ez a felület valós időben gyűjti a folyamatokkal kapcsolatos információkat. A kezelő felület használható interakcióra a folyamat adatokkal és a 3D modellel. Ebbe beletartozik a feladatok egyeztetésének szűrése, feladat kiválasztása és ráközelítés, indítás, megállítás és készültség jelzés. A felület jellemzően több nyelven használható, a használat megkönnyítésére a különböző munkáscsapatoknak.

A két elsődleges szolgáltatás, amit a felhasználó felület biztosít: informálja a használókat a folyamatok állapotáról és lehetővé teszi a számukra, hogy változtatásokat hajtsanak végre a folyamat állapotán, melyet jelenleg a csoportvezetők tudnak végrehajtani, a pilot projektekben a dolgozók nem kaptak sem mobilkészüléket, sem jogosultságot ennek végrehajtására. Az állapot információk a „feladat fülek” vagy irányító kártyák formájában érkeznek, ami az összes csapatvezető feladatát megjeleníti, ami ütemezve van a heti tervben, a feladatok, amik folyamatban vannak, a már elkészültek, és azok a feladatok, amiket korábban le kellett állítani.

A felhasználó beleléphet a feladatokba, ahol is a valósi idejű adatokat vizsgálja. Minden feladatnak van irányító felülete, amivel megjeleníthető az adott feladattal kapcsolatos alapinformációk: a hely ahol a munkát kell csinálni, a feladat, amit az aktuális előtt el kell végezni, az eszközök és alapanyagok helye és rendelkezésre állása, információk a tervezés változásról, és az esetlegesen javított rajzok. A különböző követelmények mellett az „előkészítettség” indexe is látható.

A KanBIM részletes folyamat modellje a következő ábrán látható (33. ábra), ez a Mester tervezéssel kezdődik, és az egyes feladatok végrehajtásával fejeződik be. Jól láthatók rajta az LPS különböző szintjei, külön kiemelve a heti tervezés és a napi feladat végrehajtás gyakorlatát.



33. ábra: A KanBIM részletes folyamat modellje

Forrás: Saját szerkesztés

A használó 5 dolgot hajthat végre a feladat állapotának megváltoztatására. Feladat indításához, a használó kiválasztja a feladatot, és elindítja azt, ezután igazolja a feladat tervbe illőségét, ezt követi a feladat tényleges megkezdése, Ekkor a feladat állapota „készülés alatt”-ra változik. Ha probléma merül fel a végrehajtás folyamán, akkor azt jelzi a

rendszer és közvetlen lehet kommunikálni a felelősökkel, mint más csapatvezetők vagy a logisztikai vezető. Komolyabb problémák esetén lehetőség van a feladat azonnali megállítására. Ilyenkor megjelenik egy felület, ahol részletesebb leírást adhatunk a problémáról. Ezzel a módszerrel a csapat vezetők jelezhetik a tervezési problémákat is, grafikus magyarázattal vagy hang üzenettel kiegészítve.

A KanBIM fő struktúrájának megismerését követően fontos megvizsgálni, hogy a rendszer segítségével milyen gyakorlati eredmények érhetők el. A legbővebb esettanulmány (SACKS et al., 2013) 3 egymástól független vizsgálati periódusból állt, mindegyik egy csütörtöki tervezési találkozót és az utána vizsgált hétre való adatgyűjtést tartalmazott. A vizsgálatok egy nagy építkezés második tornyának befejezésénél zajlottak, 22 emeletes 320 lakással, 2 szintes mélygarázzsal és közösségi centrummal. Minden periódusban a kutatók végigsétáltak az épületen az aljától a tetejéig és rögzítették a csapatok elfoglaltságát (ez kb. 30 percet vett igénybe). Az érték adó, szükséges, de nem értékteremtő és értéket nem adó tevékenységek minden munkásnál rögzítésre kerültek, úgy ahogy a startnál, megállásnál és befejezésnél jelen lévő munkások száma is.

Az első periódusban a meglévő munkákat vizsgálták, hogy legyen mihez hasonlítani a KanBIM hatását. Ez a periódus szolgált a vizsgálók és a csapatok ismerkedésére és az adatfelmérési technika csiszolására, valamint a bázisadatok létrehozására.

A második periódus 1 hónappal később vette kezdetét. Ebben a periódusban egy KanBIM munka állomást alkalmaztak az épületben, nagy érintő kijelzővel, mozgatható kocsin. A periódus lényege a munkafelügyelők rendszer használatának értékelése, a munkások és csapatvezetők megbarátkozása a felhasználó felülettel és a működéssel, és hogy felismerjék a hibákat, amik megtörténhetnek a 3. fázis alatt. A kutatók jelen voltak a helyszínen folyamatosan, hogy segítsenek a felügyelőnek és a csapatvezetőknek a működés során. A periódus eredménye értékes információk, amik szükséges javításokhoz vezettek a rendszeren.

A harmadik periódus célja a rendszer használat közbeni vizsgálata, a terv stabilitás és a kulcs teljesítmény mutatók mérése. A második periódus után 5 héttel vette kezdetét, már laptopokat is használtak az adatbázis elérésére, ezt SQL szerverrel oldották meg. A heti munka beosztásra való felkészülés szakértelem hiányában nem működött ezért a 3. periódust egy LPS meeting előzte meg, amit a kutató csapat szervezett.

Több mérőszámot használtak a projekt teljesítményének mérésére mind a 3 periódus folyamán. Ebbe beletartoznak az általános LPS mérőszámok, mint a PPC, érték-adó,

támogató és értéket-nem-adó munkák ideje. Ezek bizonyos esetekben mégis alkalmatlannak bizonyultak, ezért 2 másik mérőszámot is bevezettek.

A különböző toronyba lévő munka miatt, a vezetők munkásokat cseréltek az épületek között, de még telephelyek között is, amitől a munka nem volt hatékonyan végezhető. Megfigyelték, hogy a munkára várakozással töltött idő a minimumon van tartva, de az átgondolatlan tervezés hatása, ami egyébként értéket-nem-adó lenne, nem jelenik meg a mért adatokban (hiszen azokat az épületekben mérték csak, azaz az épületek közötti közlekedéssel eltöltött idő láthatatlan maradt a mérők számára). Erre vezették be az elveszett munka potenciált (Lost Work Potential). Ami a tervezett és a valóban munkával töltött idő különbsége.

A munka stabilitási index (Labour Stability Index) a munka támogatás stabilitását méri. A mozgások és helyben maradások összes számát mutatja, a munkásokra vonatkoztatva, a megadott tervezési periódusban. Egy 5 fős csapat, akik az első nap végén 2 embert leadnak, akiket a 3. nap elején ismét felvesznek, és a munka 4 napos, akkor az LSI 4/18.

$$(1) \quad LSI = \frac{\sum d}{\sum p_i}$$

ahol:

- *LSI*: a munka stabilitási index
- *d*: a napok száma (db)
- *p_i* a munkanapok során dolgozó emberek az adott feladaton (fő*nap) (SACKS et al., 2013)

A rendszer bevezetése előtt a termelés inkább csak létrejött, mint tervezve volt. A vezetés és a beszállítók nem voltak tisztában sem a Lean Építőiparral sem a BIM rendszerrel, de a heti tervezés jellemző volt. Ez a folyamat középtávon még hatékony lehet, de hosszútávon nehezen tarthatók be a határidők és minőségi követelmények. A munkákról való átfogó kép hiánya és a jövőbeli teendők „előkészítettségének” nem tudása miatt, a csapatvezetők sok időt töltöttek információ szerzéssel és munkás átcsoportosítással. A PPC 33%-os volt az LSI 1,16. Az érték adó és támogató órák száma összesen kevesebb volt, mint 50% (3. táblázat).

3. táblázat: Az első periódus vizsgálatának eredménye

Csapat	Burkolás	Szellőzés	Szigetelés	Glettelés	Σ
Csapat mérete	3	2	2	7	14
Tervezett órák	90	60	50	221	421
Érték adó órák	52,4	18,2	31	99	202
Támogató órák	2,3	0,8	2,5	2,5	7,9
Értéket nem adó órák	12,8	1	10	4,5	28,3
Elveszett munka potenciál	22,5	40	6,5	115	184
Mozgatás/szerelés	8	15	6	8	37
Munka stabilitási index	0,41	1,2	2,9	1,1	1,16

Forrás: (SACKS et al., 2013) alapján saját szerkesztés

A vizsgálat második periódusa a személyek rendszerrel való barátkozásával és a 3. fázisra való javítások megvalósításával telt. A legfontosabb eredmény, hogy a rendszer használhatósága, és az általa szolgáltatott információk hasznossága bebizonyosodott. Az adott hétre való készülés alatt a kutatókkal együtt készült el a heti terv, amit közvetlen felvittek a KanBIM adatbázisba. A monitort egy könnyen elérhető helyiségbe helyezték, de csak a felügyelő kapott jogosultságot a rendszer működtetésére. A 3. napra egyértelmű képet kapott a saját munkájára vonatkozó előnyökről. Szerinte: a munkák állapotáról, a munkások helyzetéről és az alapanyagok szállításáról szóló információk megszerzése sokkal rövidebb időt igényel, lehetősége van a munka során a csapatok irányítására, észlelhetők és feltárhatók azok a problémák, amikre figyelnie kell, és közvetlen elérési lehetősége van az összes tervezési információhoz. Megfigyelte, hogy a rendszer a csapatvezetők megfelelő információ adásától függ. Néhány javítást is igényelt: az összes csapatvezetőnél jelenjenek meg a vonatkozó információk, a napi összegző jelentések a projekt állapotáról és a problémákról, és szükségük van egy személyi terminálra is.

A csapatvezetők, akik a hét során megfigyelték a rendszert, szintén meglátásokat tettek. Kiemelték, hogy a legfontosabb feladatuk minden nap a nagy termelékenység elérése volt, ami egy teljesen új szemléletet jelentett az addigiakhoz képest. Sok példát mutattak nekik az eredménytelen munkáról, ahol az időt információra való várakozással és megoldatlan

problémákra való reagálással töltik, és nem érik el a lehetőségeik határát. A vonatkozó információk elérése, és a feladatok előkészítettségi állapotának ismerete lehetővé teszi számukra a használt anyagok jobb elhelyezését. A normál munkaórán kívüli online elérés is fontos követelmény. A mérőszámokat ugyanúgy mérték, mint az előző periódusban. A PPC 47% az LSI 1,03 volt. Az érték adó és támogató órák száma összesen a tervezett 63%-a volt (4.táblázat).

4. táblázat: A második periódus vizsgálatának eredménye

Csapat	Elektromos	Csövek	Burkolás	Öntöző	Gipsz	Σ
Csapat mérete	5	4	3	5	1	18
Tervezett órák	125	100	70,5	125	25	445,5
Érték adó órák	70,5	18	54,4	102	8,7	253,6
Támogató órák	4,3	12	2,3	7,5	0,8	26,9
Értéket nem adó órák	37,5	3	0	0	0	40,5
Elveszett munka potenciál	12,7	67	13,8	15,5	15,5	124,5
Mozgatás/szerelés	11	12	3	4	6	36
Munka stabilitási index	0,91	2,65	0,5	2,97	0,54	1,03

Forrás: (SACKS et al., 2013) alapján saját szerkesztés

Elmondható, hogy az elért eredmények igen jónak mondhatók amellet, hogy meg kell jegyezni a lehetőségek korlátozottak voltak mivel:

- Egy hét kevés a beszállítók teljes integrálásához.
- Az előkészítettségi index nehezen kapható meg az összes bemenet nélkül.
- A heti tervezés offline módon folyt, a KanBIM követelményeknek nem mindig megfelelően.
- A rendszer csak egy érintő kijelzőn és csak egy lapon volt elérhető.

Egy másik probléma volt, hogy a projekt nem alkalmazta az LPS-t, de a kísérlet egy LPS szerű heti tervezéssel kezdődött. Azaz általános következtetésként elmondható, hogy a

KanBIM rendszer hatékony alkalmazásához mindenképpen szükséges az LPS teljeskörű a projekt kezdetétől való alkalmazása (melyre a konkrét példában a későbbi bekapcsolódás miatt már nem volt lehetőség).

A KanBIM rendszer tesztelése minden benne résztvevő csoportvezetőre nézve sikeres volt, könnyedén használták a felhasználó felületet, és jelentették az előrehaladásukat a hét folyamán. A felügyelő szerepe központinak bizonyult: folyamatosan bátorították a csoportvezetőket a megbízható jelentésekre, és a rendszerben napi 3-4-szer ellenőrizték a projekt, valamint az egyes feladatok állapotát. A harmadik periódusban a PPC 62% az LSI 0,9 volt (5. táblázat). Az érték adó és támogató órák száma a tervezett 48%-a volt. A második periódushoz képest csökkent a PPC, de ott a munkák száma is lényegesen kevesebb volt (31 a 18-hoz képest).

5. táblázat: A harmadik periódus vizsgálatának eredménye

Csapat	Gipsz	Glettelés	Burkolás	Ablak	Elektro- mos	Öntöző	Σ
Csapat mérete	7	6	5	3	4	6	31
Tervezett órák	322	291	193	293	195	190	1483
Érték adó órák	198	111	84	19	47	37	496
Támogató órák	51	45	36	26	10	47	214
Értéket nem adó órák	41	43	10	21	18	28	161
Elveszett munka potenciál	33	93	64	227	119	78	613
Mozgatás / szerelés	18	23	14	10	9	8	82
Munka stabilitási index	0,59	1,1	1,05	1,53	1,15	0,64	0,9

Forrás: (SACKS et al., 2013) alapján saját szerkesztés

Az esettanulmányok jól példázzák a KanBIM előnyeit, hatékonyan használható mind tervezés támogató, mind folyamat irányító rendszerként. Helyes alkalmazásával egy egységes és átlátható kép rajzolódik ki az építési területről, ami minden alkalmazott számára a megfelelő információt szolgáltatja, segítséget nyújt a feladataik végrehajtásához. Használata már az épület tervezési fázisában megkezdődik, mivel a tervezők a programban tervezik meg az épület végső formáját. Azaz az első „tollvonástól” egészen az épület

átadásáig felügyelheti a folyamatok megfelelő működését a rendszer, valamint a későbbiekben a tárolt adatok segítségével alkalmas a projekt pontos kiértékelésére. Fontos hogy azáltal hogy minden feladat pontosan van követve láthatóvá válik hogy mely alvállalkozók a felelősek az esetleges csúszásokért.

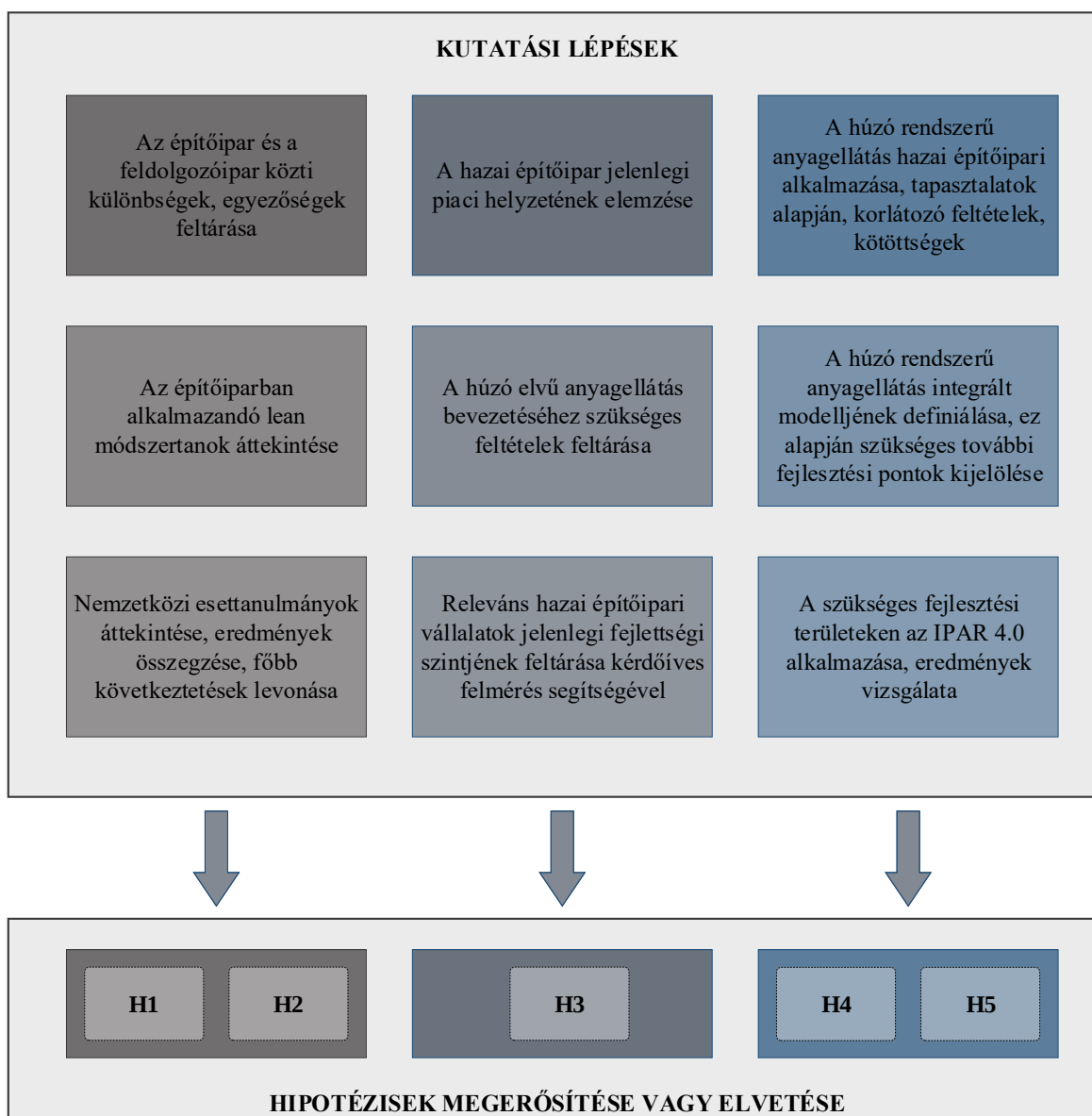
A rendszer megvalósítható ugyan a Last Planner System alkalmazása nélkül is, de teljes funkcióját csak azzal kiegészülve tudja elérni. A program nagymértékben függ a külső adatbázisokból származó információktól, ezért azok folyamatos frissítése is elengedhetetlen.

Használata megváltoztatja az eddigi klasszikus folyamatok menetét, mind a gondolkodást, mind a gyakorlatot. Éppen ezért hosszú távú fejlesztésként kell rá tekinteni, amihez stabil üzleti- és munkakörnyezet szükséges, standardizált folyamatokkal, melyek azonos módon azonos eszközökkel kerülnek elvégzésre. Jól látszik az is, hogy a rendszer bonyolultsága miatt, a bevezetését célszerű kisebb lépésenként végrehajtani, kiegészítve egy folyamatos oktatással, felkészítéssel, hiszen jellemzően a KanBIM bevezetése óriási változást jelent a résztvevők számára. A szoftver bevezetésével elérhető hatékonyság nagymértékben függ a folyamatos jelentésektől, és azok pontosságától is. Ebből kifolyólag sikeres használatához elengedhetetlen, a vezetői szemléleten túl, hogy a rendszerben résztvevő minden egyes felhasználó aktívan és megfelelően használja saját felületét a napi munkafolyamatok során.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Kutatási modell

A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése után kijelöltem a kutatás fő fókuszát. Az irodalmi áttekintés alapján látható, hogy az építőipari logisztikában „szigetszerűen” alkalmaznak bizonyos eszközöket. Kutatásom fő fókusza ezen eszközök integrációs lehetőségeinek feltárása, valamint továbbfejlesztése az Ipar 4.0 elvei mentén, mindemellett a hazai adaptációs lehetőségek feltárása. Szükségesnek tartom a hazai építőipari vállalatok jelenlegi fejlettségi szintjének feltárását, és megjelölni azon pontokat melyek fejlesztése szükséges a lean menedzsment hazai építőipari logisztikában történő alkalmazásához.



34. ábra: A kutatási modell

Forrás: Saját szerkesztés

Kutatásom első lépéseként szükséges a feldolgozóipar és az építőipar közötti különbségek feltárása (34. ábra). A két iparág eltérő jellege miatt vélhetően bizonyos lean eszközök nem alkalmazhatóak az építőiparban, míg egyes lean eszközök alkalmazása korlátozottan, vagy csak eltérő módon alkalmazhatóak. Ahhoz, hogy kijelenthessük, hogy mely eszközök alkalmazhatóak, és milyen feltételek mentén, szükséges áttekinteni az eddigi alkalmazási példákat, azok eredményeit, valamint ezen eredmények alapján levonni a megfelelő következtetéseket. A hazai gyakorlatban egyelőre nem alkalmazták a lean menedzsmentet az építőiparban, így ezen esettanulmányok felkutatása a nemzetközi gyakorlatokból lehetséges. A kutatás során a leginkább jegyzett internetes publikációs adatbázisokon túlmenően (Science Direct, Web of Science, és Google Scholar), a lean építőipari alkalmazásának terjesztésére létrehozott Lean Construction Institute eredményeit is alapul vettem. Jelenleg Magyarországon nincsen a lean építőipari alkalmazásaival foglalkozó szakmai szervezet, ezért a nemzetközi szervezetek eredményeit tudtam beépíteni kutatásaimba.

Amint említettem napjainkig nem történt kísérlet a lean menedzsment hazai építőiparba történő implementációjára. Kutatásom célja felmérni a hazai építőipari vállalatok fejlettségi szintjét, ezáltal megállapítani, hogy mely tényezők teljesülése esetén vezethetők be a lean elvek folyamataikba, különös tekintettel a húzó elvű anyagellátásra és eszközeire. Első körben a hazai építőipari piaci felmérését végzem el, a piaci folyamatok hatását vizsgálva az építőipari ellátási láncra vonatkozóan. Ezt követően nyílt kérdéses személyes interjúk segítségével felmérem a hazai projekt koordinációt megvalósító építőipari vállalatok fejlettségi szintjét. A szakértői interjúk adatfelvitel módszertanát a következő fejezetben részletezem. Az adatgyűjtéssel párhuzamosan nemzetközi publikációk alapján meghatározásra kerültek azon kritériumok melyek szükségesek az építőipari vállalatok esetében a húzó elvű anyagellátás bevezetésére. Az interjúk felmérés eredményeként megállapításra kerül, hogy a hazai építőipari vállalatok mely kritériumoknak felelnek meg, azok közül melyek elengedhetetlenek a húzó rendszerű anyagellátás bevezetéséhez.

3.2. Szekunder adatgyűjtés

A magyarországi helyzet felmérését megelőzően nemzetközi kutatások, esettanulmányok alapján kell adatokat gyűjteni arra vonatkozóan, ahol már vannak tapasztalatok a húzó rendszerű anyagellátás bevezetésére. A szekunder adatgyűjtés célja rendszerezni azon nemzetközi tapasztalatokat, és eredményeket melyek a húzó rendszerű anyagellátás bevezetéséhez kapcsolódnak az építőipari logisztikában. A szekunder adatgyűjtést 2010-től kezdve, kezdetben csak a lean menedzsment alkalmazására koncentrálva, 2012-től a lean

menedzsment építőipari és építőipari logisztikai alkalmazására koncentrálni, napjainkig, a legfrissebb kutatásokat is felhasználva végeztem.

A szekunder adatgyűjtés lépései a következők:

1. A húzó rendszerű anyagellátás megvalósítását elősegítő eszközök építőipari logisztikában történő bevezetési lehetőségeinek feltárása. A cél eldönteni, hogy mely eszközök bevezetése lehetséges az építőipari logisztikában. Azon eszközök esetében melyek alkalmazhatónak bizonyulnak az eddigi tapasztalatok alapján, az adatgyűjtés célja, hogy megfogalmazza, hogy az adott eszköz milyen feltételek teljesülése esetén, vagy milyen korlátozó feltételek mellett alkalmazható hatékonyan az építőipari logisztikában.
2. A következő cél megszerezni, hogy ezen eszközök együttes alkalmazására milyen gyakorlatok esettanulmányok állnak rendelkezésre. A vonatkozó eredmények és bevezetési módszertanok alapján a cél azon modell megtalálása melyben a leginkább jól alkalmazhatóak ezen eszközök az építőipari logisztikában. Szükséges az egyes eszközök alkalmazhatóságának behatárolása.
3. Az építőipari logisztika egyik fő tulajdonsága, hogy projekt alapú a munkavégzés, így ahogyan a feldolgozóiparban a termelésstervezés és az anyagellátás megfelelő kapcsolódása elengedhetetlen a húzó elvű anyagellátás megvalósításához. Az építőipari logisztikában a projekttervezési módszertan megfelelősége, valamint kapcsolódása az anyagellátási folyamatokhoz alapfeltétel a húzó elvű anyagellátás megvalósításához. A leginkább illeszkedő projekttervezés módszertan megtalálását követően megszerezni kell, hogy az eddigi esettanulmányokban hogyan valósult meg a projekttervezés és az anyagellátás kapcsolódása, és vannak-e alkalmazási modellek erre vonatkozóan, valamint ezek a modellek hogyan fejleszthetők tovább.
4. A megszerezett ismeretek és a fejlesztett modell alapján, láthatóvá válnak azon területek, melyek fejlesztése szükséges a húzó rendszerű anyagellátás hatékony építőipari logisztikai alkalmazásához. Az elmúlt években előtérbe kerültek az IPAR 4.0 irányelvei, úgy, mint a digitalizáció és az automatizáció, ezzel összhangban kutatásomban szeretnék az IPAR 4.0 alapelveivel egyező lehetséges műszaki megoldásokat kínálni a fejlesztendő területekre, ezért a szekunder adatgyűjtés utolsó fázisának célja azon technológiák - ha már vannak alkalmazási lehetőségeik, akkor azoknak is - ismertetése melyek segítségével fejlődés érhető el a kérdéses területeken.

A szekunder adatgyűjtés alapvető célja az eddig elért nemzetközi eredmények rendszerezése, valamint az eredmények alapján következtetések levonása arra vonatkozóan, hogy a húzó elvű anyagellátás milyen kötöttségek és korlátozó feltételek mentén alkalmazható. Hogyan kell kapcsolódniuk az egyes rendszerelemeknek egymáshoz és hogyan lehet integrálni a projekttervezést és az anyagellátást. A szekunder adatgyűjtés reprezentativitását a leginkább jegyzett internetes publikációs adatbázisok (Science Direct, Web of Science, és Google Scholar) mellett a lean építőipari alkalmazásának terjesztésére létrehozott Lean Construction Institute (LCI) éves konferencia előadásainak részletes elemzése adta. Az LCI magában foglalja a nemzetközi tudományos élet a lean építőipari alkalmazásával foglalkozó valamennyi szaktekintélyét, ebből adódóan éves konferenciáján a legfrissebb szakmai eredmények hangoznak el.

3.3. Primer adatgyűjtés

A szekunder kutatások megalapozták a primer kutatásaim megtervezését. A primer kutatási eljárásokat egy szakértői interjúk kérdőív összeállításával kezdtem, melynek célja felmérni a hazai vállalatok fejlettségi szintjét, megismerni a főbb ágazati problémákat, és lehetőségeket. A szakértői interjúk egyik célja annak felmérése, hogy mely lean eszközök és milyen módon alkalmazhatók a hazai építőipari vállalatoknál. Ezt követően meghatároztam a kutatás mintavételi keretét adó vállalatok körét, ahol a kritériumokat a szekunder adatgyűjtés eredményeire alapoztam, a hazai építőipari vállalatok jellemzőinek meghatározásában az ÉVOSZ (Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége) volt segítségemre. Ahhoz hogy az interjúkban szereplő vállalatok válaszait általánosítani tudjuk adatalemzési és reprezentativitási vizsgálatokat végeztem, mely alapján megállapítható a szakértői interjúk vizsgálat reprezentativitása, és általános megállapítások tehetők a teljes sokaságra vonatkozóan. Az interjúkat 2014 és 2018 között végeztem, a négyéves időtartam oka, hogy a minél nagyobb elemű mintavétel érdekében igyekeztem a lehető legtöbb releváns hazai vállalatot felkeresni.

Az interjúk tapasztalataira alapozva indítottam vállalati megfigyeléseimet. A megfigyelések során két kiválasztott lean eszközt és ezzel egyidőben a lean filozófia bevezetését vittem végig két vállalat esetében. A bevezetés módszertanának alapját a szekunder kutatások eredményei szolgáltatták. A két eltérő jellegű tevékenységet végző vállalat esetében a cél a lean menedzsment építőipari logisztikában történő bevezetésével elérhető eredmények feltárása, mellet annak megállapítása, hogy milyen irányú fejlesztések szükségesek ezen eszközök hatékonyabb alkalmazásához. A bevezetés során szerzett tapasztalatok és eredmények alapján készítettem el a húzó rendszerű ellátási lánc modelljét a hazai építőipari

vállalatokra vonatkozóan. A lean eszközök bevezetésén túlmenően egy pilot projekt keretében vizsgáltam a képfelismerő rendszerek alkalmazási lehetőségeit az ömlesztett anyag készletek nyilvántartására.

3.3.1. Országos szintű szakértői interjú megkérdezés

A 2014-2018 között elvégzett országos szintű szakértői interjú felmérés első lépésként meg kellett állapítani a felmérés fő céljait, hiszen ezen célok alapján kell megfogalmazni az interjú kérdéseit. A személyes interjúk főbb céljai a következők:

- Feltárni az építőipari vállalatok beszállítókkal való kapcsolatát, és a jelenlegi beszállítói szerkezetet. A kapcsolat esetében fontos szempont, hogy a felmérés eredményeként eldönthető legyen, hogy mely kapcsolatmenedzsmenti modell (tranzakció orientált modell, kapcsolat orientált modell, stratégiai partnerkapcsolat) (MORAUSZKI - LAJOS, 2016) jellemző a hazai építőiparra, hisz ez alapvetően meghatározza a just in time alkalmazhatóságát.
- Pontos képet kell adnia a felmérésnek a megrendelés-kezelési folyamatokról. Milyen rendszerekben és kommunikációs csatornákon történik a megrendelések feladása, hogyan zajlik ezen megrendelések visszaigazolása, valamint visszakövetik-e a megrendelések teljesülését. A felmérésnek választ kell adnia arra, hogy a hazai vállalatok rendelkeznek-e standard megrendeléskezelési és követési rendszerrel, amennyiben nem akkor annak bizonyos elemei rendelkezésre állnak-e.
- A felmérés során fel kell tártatni, hogy a hazai vállalatok milyen alapanyag nyilvántartási rendszert használnak jelenleg. Hogyan adminisztrálják az egyes alapanyagok felhasználását, hogyan történik a bevételezési folyamat. A fő kérdés rendelkeznek-e a hazai építőipari vállalatok pontos készletadatokkal, milyen megbízhatóságúak ezek az adatok. Ha ugyanis nem kellően megbízhatóak a meglévő készletadatok, akkor nem vezethető be sem a kanban sem a just in time az anyagellátási folyamatokba, hiszen mindkettőnek elengedhetetlen feltétele a készletszintek pontos ismerete.
- Ahhoz, hogy az anyagellátás tervezhető legyen szükséges az egyes építési műveletek normaidejének ismerete, hiszen ezen normaidők alapján kalkulálható, hogy mikor végeznek az egyes műveletekkel, azaz milyen ütemben fogynak az egyes alapanyagok. Amennyiben megvannak az időadatok akkor kérdés, hogy azok elegendően pontosak-e.
- Az anyagellátás ütemezéséhez szükséges, hogy a vállalatok rendelkezzenek az operatív műveleti szintre lebontott projekttervvel, melyet időszakosan

felülvizsgálnak, azaz a projektterv alkalmas arra, hogy az alapján előre jelezhető legyen az alapanyagigény

A következő lépés az interjú módszertanának a kiválasztása. A helyes interjú módszertan kiválasztása kulcskérdés az adatgyűjtés eredményessége szempontjából. Az interjúknak alapvetően három típusa ismeretes, valamint jellemzően alkalmazott a kutatások során: (NICKEY, 1995)

- Strukturált kérdőíves felmérés, zárt eldöntendő és osztályozandó kérdésekkel.
- Nyílt kérdőíves felmérés, mely főként zárt eldöntendő, és osztályozandó kérdéseket tartalmaz, azonban tartalmaz nyílt válaszadásra lehetőséget adó kérdéseket. A kérdőívtől eltérés nem megengedett, plusz kérdések feltételére nincsen lehetőség. (ROGERS, 2018)
- Feltáró szakértői interjú, mely bizonyos témakörök mentén tesz fel nyílt válaszadásra lehetőséget adó kérdéseket, ahol az interjúalany részletesen kifejtheti az álláspontját, véleményét. Ezen interjúk nem kötöttek lehetőség van plusz kérdések feltételére, amennyiben ezt szükségesnek érzi a kérdező. (NICKEY, 1995), (GUBRIUM et al., 2012)

A 2012-2013-ban végzett előzetes iparági felmérések során nyilvánvalóvá vált, hogy az iparági szereplők többsége számára a célokban szereplő fogalmak többsége ismeretlen, így a kérdőíves felmérés típusokat, mint módszertanokat ki kellett zárnom, ugyanis félő volt, hogy a résztvevők ismeretbeli hiányosságai miatt nem adtak volna a helyzetnek megfelelő választ, illetve várhatóan szükség lehet plusz kérdések feltételére. A fentiek miatt feltáró (személyes) szakértői interjúk elvégzése mellett döntöttem, mely lehetőséget adott számomra, hogy mélyreható ismereteket szerezzek az adott vállalat folyamatairól, fejlettségi szintjéről, majd ezen ismeretek alapján el tudom dönteni, hogy az adott vállalat megfelel-e az adott kritériumnak. A feltáró szakértői interjú lehetőséget ad plusz kérdések feltételére, esetlegesen a kérdések magyarázatára, melyet mindenképpen szükségesnek ítéltem tekintve a résztvevők alacsony jártasságát a lean menedzsmentben.

A felmérés céljainak megfogalmazása után a következő lépés a mintavételi keret meghatározása, azaz melyek azok az építőipari cégek melyeket érdemes felkeresni a felmérés során, hiszen relevánsak számukra a fentiekben vázolt területek. A mintavételi keret definiálásához szükséges volt megismerni a hazai építőipari projektek felépítését. Magyarországon jellemző, hogy az építési projektekben a fővállalkozó kizárólag a feladat leosztással és a műszaki átadással foglalkozik, ezen vállalkozások nem végeznek

anyagrendelést és készletezést ezen feladatokat kiadják alvállalkozók részére. Ebből kifolyólag, habár méretük és az elvégzett projektszámok alapján ezen vállalatok kerülnek elsősorban előtérbe, valójában számukra az interjúban megfogalmazott kérdések jó része nem releváns, hiszen nem végzik a kérdéses folyamatokat (alapanyag rendelés, készletezés, felhasználás stb.).

Ugyanakkor az első körös piaci felmérések alapján nyilvánvalóvá vált, hogy az alvállalkozók jó része csak bizonyos részfeladatra szerződik, kizárólag emberi erőforrást és munkagépet biztosít, az anyagok kezelése nem képezi jellemzően az alvállalkozói szerződések tárgyát így esetükben sem releváns a felmérés kitöltése. Ahogyan azt a nemzetközi gyakorlat is mutatja az anyagok nyilvántartása és kezelése csak a nagyobb projektek esetében lényeges kérdés, hiszen kisebb projektek esetében a résztvevők szakmai tapasztalatukra alapozva is kellő pontossággal tudják megbecsülni az anyagok fogyását, valamint ezen projektek esetében egy ember képes átlátni a projekt különböző lépéseit. A vizsgálati időszakban Magyarországon rendkívül mérsékelt volt az építőipar teljesítménye, azóta a piac csak tovább koncentrálódott (4.1 fejezet), így az állami beruházásokon kívül csak néhány lakóparképítés valósult meg, azaz rendkívül szűk volt azon projektek számossága mely a szükséges méretekkel rendelkezett ahhoz, hogy releváns legyen a telephelyen lévő anyagok nyilvántartása és kezelése. Azon vállalatok esetében érdemes elvégezni a felmérést melyeknek releváns tapasztalata van nagyobb projektek területén, hiszen azok esetében melyek csak egy két jelentősebb projektet hajtottak végre nem rendelkeznek bejáratott standardokkal, még kialakulóban vannak ezek a folyamatok.

A fentiek mellett sajnos meg kell említeni, hogy a magyar építőipari piacon nagyon sok vállalat nem tanúsít tisztességes piaci magatartást, azaz nem fizeti ki alvállalkozóit, vitatja a teljesítéseket, vagy a szállítást követően akar elérni árengedményt, hogy a legrosszabbról, azaz az „egy projektos vállalatokról” már ne is tegyek említést. Nyilvánvalóan ezen vállalatok sem relevánsak a felmérés szempontjából, hiszen az alapanyag gazdálkodásukat, más a szokásos piaci szempontokon túlmutató tisztességtelen magatartásukból eredeztethető motiváció is alakítja, mely kutatásomat csak torzítná.

A fenti megállapításokat összefoglalva az alábbi feltételek teljesülése esetén képezi részét egy vállalat a kutatás mintavételi keretének:

1. Nem csak a feladatok koordinálását és átadását felügyeli, hanem projektintegrátori funkciókat is ellát jelentősebb volumenű projektekben.

2. Amennyiben a projektben alvállalkozó akkor nem csak emberi erőforrást és munkagépeket biztosít, hanem jelentős alapanyag szortiment felett is diszponál a projekt során.
3. Több nagyméretű építési projektet (ezek a jelen magyar piaci helyzetet figyelembe véve jellemzően állami projektek) is koordinált már, azaz bejáratott folyamatai vannak az anyagok rendszer szintű kezelésére.
4. Alapvetően tisztességes üzleti magatartást tanúsít, azaz nincsenek a klasszikus piaci motivációktól eltérő a tisztességtelen működésből fakadó motivációi.

A kérdéses vállalatok felkutatásában az ÉVOSZ (Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége) volt segítségemre, a releváns vállalatok listáját biztosították, valamint segítettek a nem releváns vállalatok kiszűrésében. A kérdéses vállalatok esetében előzetes megkeresés során döntöttem el, hogy az adott vállalat megfelel-e a fenti kritériumoknak. Ezek alapján meghatározott feltételeknek 19 Magyarországon aktívan tevékenykedő építőipari vállalat felelt meg, ez jelentette a felmérésem esetében a mintavételi keretet, azaz a releváns sokaságot. A szám alacsony voltát, a válság miatt jelentősen csökkent vállalatok száma, és az igen csekély számú nagyméretű építési projekt magyarázza. A 19 vállalatból 15 esetben sikerült teljeskörűen elvégezni a felmérést, két esetben nem kaptam az értékeléshez elegendő információt. Azaz a szakértői interjúk felmérésem kiválasztási aránya 78,94 % a releváns sokaságot figyelembe véve.

3.3.2. Adatelemzés, reprezentativitás megállapítása

A szakértői interjúk szükséges mintaszáma jelentősen alacsonyabb a kérdőíves felméréseknél (DWORKIN, 2012). Módszertanilag a szükséges mintaszámot az úgynevezett „telítettség” határozza meg (MASON, 2010). Telítettség alatt azon pontját értjük az adatgyűjtésnek, amikor láthatóvá válik, hogy az újabb interjúk nem hoznak új releváns információt az adatgyűjtésben (DWORKIN, 2012). Elmondható, hogy az értékelhető interjúk esetében a válaszok igencsak egy irányba mutattak, látható, hogy van egy kialakult magyarországi fejlettségi szint mely jórészt iparági szinten homogén ezért a felmérés reprezentatívnak mondható. Az interjúk elemzése során a minta eredményei, valamint az elemszám alapján meghatározásra kerül, annak a valószínűsége, hogy a statisztikai mintavétel nem reprezentálja megfelelően a sokaságot. A húzó elvű anyagellátás megvalósításához tartozóan 5 kritériumot határoztam meg és a válaszok alapján meghatároztam annak valószínűségét, hogy a sokaságban van olyan egyed mely a minta eredményétől eltérő tulajdonságokkal rendelkezik. Ha nagyon alacsony a vizsgált sokaságban a mintában tapasztalttól várható eltérés valószínűsége (jelöljük p -vel a

sokaságban való eltérés előfordulásának valószínűségét, ahol $1-\alpha$ megbízhatósági szinten vizsgáljuk a sokaságot), akkor eltérés nélküli minta esetén bizonyos megbízhatósági szint mellett kijelenthetjük az adott sokaságban nincsen eltérés. (LOLBERT, 2004)

Ha a sokaság száma „N”, a minta nagysága pedig „n”, akkor annak a valószínűsége, hogy a teljes sokaságban nincsen eltérés:

$$P_0 = (1 - p)^{N-n}$$

Hiszen ezen valószínűség megegyezik annak a valószínűségével, hogy a „p” eltérésarányú sokaságból véletlenszerűen kiválasztott „N-n” elem egyikének esetében sincsen eltérés. (LOLBERT, 2004)

Ahhoz, hogy egy adott mintavétel alapján $1-\alpha$ megbízhatósági szinten kijelenthessük, hogy a sokaságban nincsen eltérés a mintához képest a szükséges mintanagyság:

$$n = N - \frac{\ln(1-\alpha)}{\ln(1 - p)}$$

Ahol az „ln” a természetes alapú logaritmust jelöli. (LOLBERT, 2004). Ez a statisztikai módszertan a gyakorlatban a szakirodalom szerint akkor alkalmazható, ha alacsony a sokaság szám ($N < 25$), és egy mintavétel költsége magas (jelen esetben a nagy időráfordítás okozza a költség szintjét) (MAXIM et al., 1976). Mindkét a szakirodalom által megfogalmazott feltétel igaz a jelenlegi vizsgálatomra, ezért a húzó elvű anyagellátás feltételeinek a mintavétel során tapasztalt eredményeit ezen módszertan alapján vetítem ki a teljes sokaságra, valamint állapítom meg a mintavétel reprezentativitásának kérdését.

A szakértői interjúk felmérés bizonyos kérdései nem eldöntendőek, hanem többkimenetelűek, gyakran csak kisebb elemekben eltérő kimenetekkel. A statisztikai kiértékelés elősegítése végett Likert skálát alkalmaztam a kiértékelés során. A skála kialakításának első lépéseként az előzetes iparági felmérések, és nemzetközi tanulmányok alapján kijelöltem a „legjobb” és „legrosszabb” kimeneteket, ezek alkotják a skála két végpontját, majd kialakítottam a kettő közötti kategóriákat, ügyelve, hogy az egyenletes osztályközű értékeknek megfelelően az egyes kategóriák közötti fejlettségi növekmény is azonos szintet képviseljen. (KEHL, 2012).

Az interjúk során a kérdésre adott válaszok alapján soroltam be az egyes vállalatokat, valamely kategóriába, majd a skálaértékek alapján végeztem el a kapott adatok kiértékelését.

A kapott értékek esetében meghatároztam a sokasági varianciát mely megmutatja, hogy a válaszok milyen mértékben mutatnak eltérő jelleget (BAKER et al., 2016). A sokasági variancia összefüggése a következő:

$$MSS = p_1 * (1 - \bar{x})^2 + p_2 * (2 - \bar{x})^2 + \dots + p_k * (k - \bar{x})^2 = \sum_{j=1}^k p_j * (j - \bar{x})^2$$

ahol:

- p_j a j . kategória relatív gyakorisága, azaz $\sum_{j=1}^k p_j = 1$
- és $\bar{x} = \sum_{j=1}^k p_j * j$

Amennyiben a sokasági variancia értéke kisebb, mint a kritikus érték abban az esetben a sokaság megfelel a normális eloszlásnak, az átlagérték, valamint a sokasági variancia alapján levonhatók a sokaságra vonatkozó globális következtetések (BAKER et al., 2016). A sokasági variancia kritikus értéke a következőképpen határozható meg (KEHL, 2012):

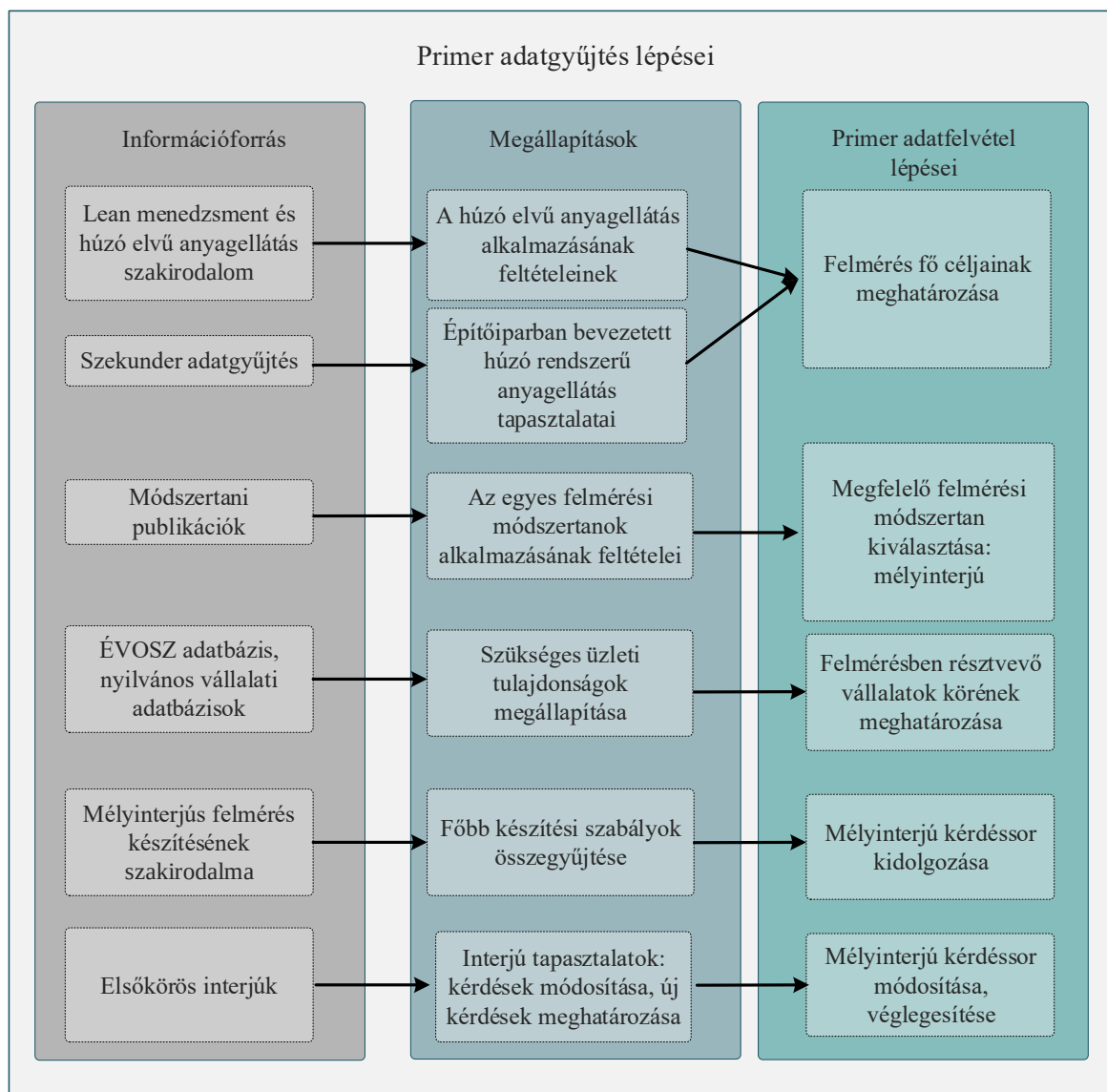
$$MSS_{krit} = \frac{(k - 1) * (k + 3)}{24}$$

Az érintett vállalatok teljeskörű titoktartás aláírása esetén vállalták a felmérés elvégzését, így az eredmények kiértékelése során megnevezésük, valamint a válaszok pontos idézése nem lehetséges.

A kérdések megfogalmazása során figyelembe vettem a szakértői interjú készítés két alapszabályát melyek a következők:

1. Ne tegyünk fel olyan kérdést mely befolyásolhatja az interjúalany válaszát (sugalló kérdések) (ROGERS, 2018).
2. Ne kérdezzünk rá egynél több információra egy kérdésen belül (GUBRIUM et al., 2012).

A kérdéssor összeállítása során figyeltem arra, hogy az interjú ne haladja meg a kritikus 60-90 perces időtartamot, melyet követően jelentősen csökkenhet az interjúalany koncentrációja, valamint érdeklődése (GUBRIUM et al., 2012).



35. ábra: A primer adatgyűjtés lépései

Forrás: Saját szerkesztés

A 35. ábra bemutatja a primer adatgyűjtés lépéseit, valamint, hogy az egyes lépések során milyen információ források alapján tettem megállapításaimat. Az adatforrások alapján kialakult megállapítások mentén alkottam meg a módszertant. A szakértői interjú módszertanát választottam, a széleskörű feltárási igény miatt. A szakértői interjú alapvetően egy rendkívül erőforrásigényes metódus így csak kis minta elemszám esetén alkalmazható (MASON, 2010).

A harmadik lépésben meghatároztam a felmérésre alkalmas vállalatok körét összesen 19 magyarországi vállalatot találtam relevánsnak a felmérés szempontjából ÉVOSZ (2015), ezen rendkívül alacsony mintavételi sokaságszám is igazolta a szakértői interjú módszertan helyességét, hiszen ezen sokaságszám alapján, csak alacsony mintaszám valósítható meg,

mely esetben érdemes az egyes mintákat teljeskörűen elemezni (DWORKIN, 2012). A teljeskörű elemzéshez a legalkalmasabb módszertan a szakértői interjú (BOEIJE, 2002). A kérdéssort az első interjúk alapján fejlesztettem, módosítottam a félreérthető kérdéseken, illetve felmerültek olyan újabb kérdések a felmérések során, melyekre adott válaszok relevánsak kutatásom szempontjából, így ezen kérdésekkel kiegészítettem a kérdéssort.

3.3.3. Lean menedzsment bevezetése hazai vállalatoknál, vállalati folyamatokra gyakorolt hatásainak vizsgálata

A szakértői interjúk elemzését és kiértékelését követően, az interjúk eredményei alapján meghatároztam azokat a lean eszközöket és elemeket melyek bevezetését a gyakorlatban is vizsgálni akarom. A disszertáció terjedelmi korlátai miatt valamennyi lean menedzsment eszköz bevezetésével nem volt lehetőségem foglalkozni. A kérdőíves felmérés tapasztalatai alapján a húzó elvű anyagellátás és a Last Planner System együttes bevezetését és vizsgálatát jelöltem ki. Mindemellett célom volt az Ipar 4.0 építőipari logisztikában történő alkalmazásának vizsgálata.

Két eltérő jellegű építőipari vállalatnál volt lehetőségem a húzó elvű anyagellátás és a Last Planner System bevezetésére és hatásainak vizsgálatára. A 2018-2019-es időszakban 15 hónapon át összesen 6 projekt esetében került bevezetésre a lean menedzsment. A gyakorlati implementáció során az alábbi vizsgálati célokat fogalmaztam meg:

- Meghatározni, hogy milyen szervezeti feltételek szükségesek a lean menedzsment hatékony alkalmazásához, különös tekintettel a projektszervezet kialakítására vonatkozóan.
- Kialakítani a Last Planner System és húzó elvű anyagellátás teszt nyilvántartási rendszerét a két eltérő vállalatnál is, MS Excel környezetben fejlesztettem egy nyilvántartó alkalmazást a projektekre vonatkozóan.
- Annak vizsgálata, hogy a Last Planner System alkalmazása milyen hatást gyakorol a projekttervek pontosságára, csökkenti-e az időbeli késedelmek arányát.
- A húzó elvű anyagellátás alkalmazásának hatása az építőipari ellátási láncra, valamint az építési területen tárolt készletek nagyságára. A kanban rendszer bevezetésének hatásai, megállapítani, hogy milyen feltételek teljesülése esetén csökkenthetők a készletek a hazai építőipari szektorban
- A bevezetés tapasztalatai alapján modellalkotás az integrált húzó elvű anyagellátás és projekttervezés hazai építőiparban történő megvalósítására vonatkozóan

4. VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

4.1. Ellátási lánc felmérése a hazai építőiparban

A lean filozófiák mentén megvalósuló anyagellátási módszertanok bevezetéséhez át kell tekinteni a jelenleg alkalmazott módszereket, eljárásokat a hazai építőiparban. A vizsgálat első lépéseként elkészítésre került egy 60 kérdésből álló szakértői interjú vázlat, majd iparági szereplőkkel személyes interjúk során ezen kérdések mentén tártam fel az anyagellátással kapcsolatos építőipari folyamatokat.

Az interjú során a hazai építőipari ellátási láncokat, valamint a hozzá tartozó folyamatokat öt terület részletes elemzése alapján mértem fel:

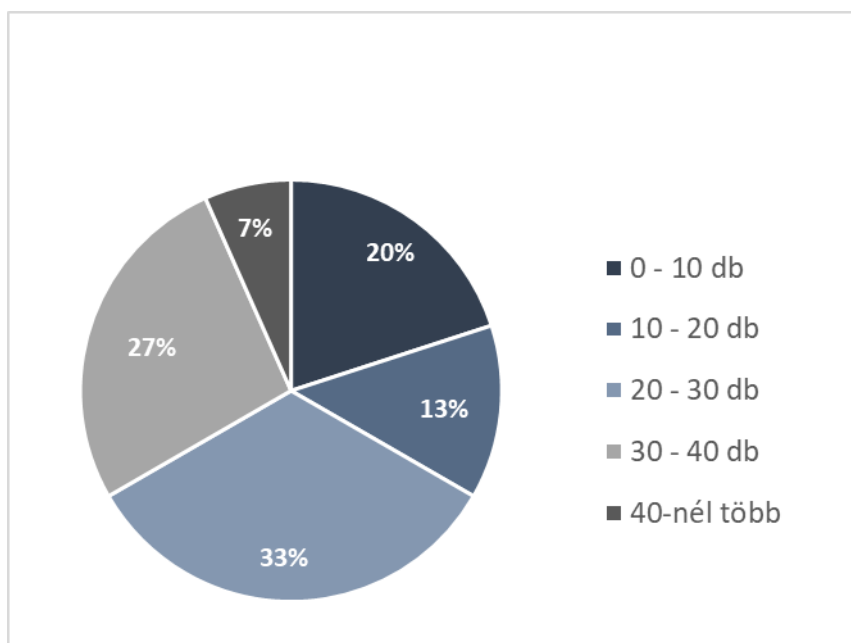
1. Az első részben a beszállítókkal kapcsolatos folyamatok feltárására helyeztem a hangsúlyt. A fő cél annak felmérése volt, hogy a feldolgozóiparban, azon belül is különösen az autóiparban már alkalmazott bevett gyakorlatok (auditálás, hosszú távú együttműködés, ISO tanúsítvány stb.) közül van-e olyan melyet alkalmaznak jelenleg az építőiparban, vagy vannak-e a feldolgozóipartól eltérő standardok, módszertanok, és amennyiben vannak ezek hogyan illeszthetők a húzó elvű anyagellátás megvalósításához.
2. A második részben a céloom az alapanyagrendelési folyamatok felmérése, dokumentáltságának megállapítása. Főként az informatikai fejlettség megállapítása a cél mely alapján megállapítható, hogy mely területeken szükséges fejleszteni, hogy a húzó elvű anyagellátás megvalósulhasson a hazai építőiparban. Fontos felmérni a standardizáltság fokát az építőiparban, hiszen a standard folyamatok feltétlenül szükségesek a húzó rendszer bevezetéséhez. (WOMACK - JONES, 2003)
3. A harmadik részben az alapanyagkészletek kezelésére és nyilvántartására koncentráltam. Fontos felmérni, hogy jelenleg hogyan történik az alapanyagok rendelésének ütemezése, milyen főbb irányelveket alkalmaznak a hazai vállalkozások az alapanyagrendelés során. Fel kell mérni az alapanyagszortimentet, valamint a beszállítók számosságát és milyenségét ahhoz, hogy a hazai építőiparra megfelelő modell kerüljön kialakításra.
4. Az építőiparban a tervezés alapja a projekttervezés, hiszen az építési munkák projekt alapúak (SZTRAPKOVICS et al., 2013), a pontos projekttervezéshez elengedhetetlen az egyes műveletek időszükségleteinek ismerete. A szakértői interjú negyedik részében a normaidők kezelésének jelenlegi hazai építőipari helyzetét igyekszem feltárni, azaz hogyan határozzák meg a vállalatok a normaidőket,

mennyire tartják pontosnak ezen időértékeket, és mire használják fel ezeket az időket.

5. A szakértői interjú utolsó része a projektek tervezésére vonatkozik, azaz jelenleg a hazai építőiparban milyen módszertanokat, szoftvereket használnak a projekttervezés során. Ezen módszertanok mennyire valósan írják le a projektek megvalósult lefutását. A záró részben mérem fel a hazai szereplők lean menedzsmenttel kapcsolatos ismeretanyagát is, hogy láthatóvá váljon hol áll jelenleg ezen menedzsment módszertan ismeretével a szakma.

4.1.1. A hazai építőipar beszállítói kapcsolatainak, és megrendelési gyakorlatainak felmérése, értékelése

A beszállítókkal kapcsolatosan látható, hogy a hazai építőiparban a feldolgozóiparhoz képest kevés beszállítóval dolgoznak (átlagosan 20-30 projektenként). A vonalas építkezések esetén jellemzően alacsonyabb a beszállítók száma (gyakran 10 alatti), míg a lakó- és irodaházak építése során magasabb 30-40 körüli érték. A szereplők beszállítói adattörzs híján csak túl-ig értékeket tudtak megadni a kérdésre.

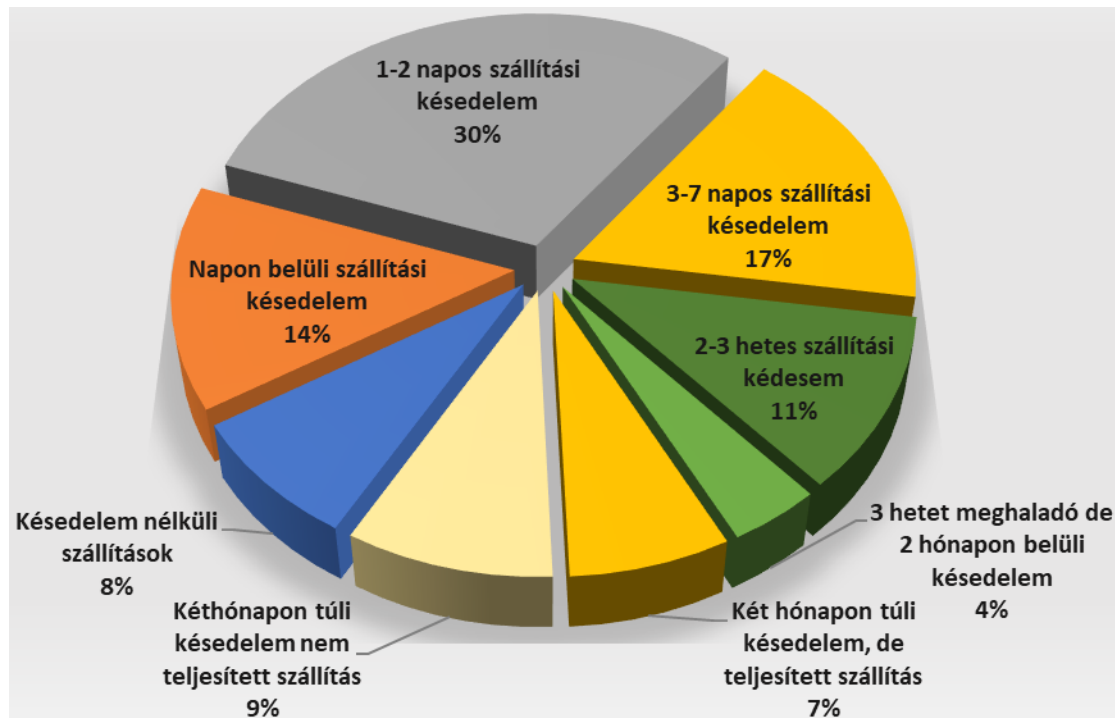


36. ábra: Beszállítók számának alakulása az építőipari projektek esetében

Forrás: Saját szerkesztés

A beszállítók kiválasztása során döntő szempont az ár, valamint a megbízhatóság. A partnereket a felmérésben szereplő egyik vállalat sem auditálta, és nem mérték megbízhatóságukat sem, egyedül pénzügyi szempontból vizsgálták a beszállítókat, aminek

az oka a hazai építőipari vállalatok és beszállítók gyakori csődjei, felszámolásaik. Jellemzően szubjektív vélemények alapján nyilvánítanak bizonyos beszállítókat megbízhatatlannak, a megkérdezettek közül 12 vállalat alkalmaz beszállítói „fekete listákat”, melyre ha felkerül valamelyik beszállító akkor azzal a vállalat már nem működhet együtt, azonban a feketelistára kerülésnek nincsenek egyértelmű kritériumai, és itt is a pénzügyileg bizonytalannak tűnő vállalatokat szűrték ki jellemzően.



37. ábra: Szállítási késedelmek aránya az iparági felmérés alapján

Forrás: Saját szerkesztés

A szállítások vizsgálata során csak a megrendelt és a beszállító által visszaigazolt, és a megrendelő által jóváhagyott visszaigazolású szállítások körét vizsgáltam. Ennek oka hogy az iparágban gyakori a „kötetlen érdeklődés”, azaz amikor szóban vagy telefonon keresik meg a partnert hogy van-e lehetőség arra hogy teljesítse az adott beszállítást. Ezen megkereséseknek gyakran nincs is nyoma így a reprezentativitás miatt előzetesen leszögeztem az interjú alanyok számára, hogy nem képezik a vizsgálat tárgyát. A szállítási késedelmek előzetes felmérése esetén kiderült, hogy iparági gyakorlat szerint 2 hónap késedelem az a kritikus érték, mely után már gyakori, hogy lemondják a megrendelést. Más iparágakkal összehasonlítva a késedelem nélküli szállítások 8 %-os aránya megdöbbentően alacsony, a napon belüli késedelmekkel együttvéve sem éri el a szállítások negyedét. Kiderült, hogy az egy-két napos késések jellemzők, maguk a szállítási időpontok pedig igen sokszor csak napra pontosan kerülnek meghatározásra, ami a folyamatok nagyobb

bizonytalanságából adódik. A 2 hónapon túli késedelmek okaként a résztvevők szerint a legjellemzőbb ok a pénzügyi problémák. Az iparág rossz szerkezetét mutatja, hogy a felmérés alapján majdnem minden tizedik megrendelt visszaigazolt és elfogadott szállítás soha nem ér célba, semmilyen formában sem. Ez az iparági környezet a fő oka a piaci szereplők későbbiekben is elemzett „felhalmozó” szemléletének.

A gazdasági világválság eredményeként hazánkban jelentősen csökkent az építőipari beruházások volumene, csökkenés hatására jelentősen csökkent az építőipari beszállítók száma is. Míg a válság előtt az építőipari vállalatok alapvetően az ár alapján választottak beszállítókat, és gyakori volt akár a projekten belüli beszállító váltás, a hosszútávú, akár projekteken átívelő szerződéseket pedig nem lehetett találni. Addig a válság következtében bekövetkező beszállítók számának csökkenése rádöbbsentette az építőipari vállalatokat, hogy egy megbízható partneri szinten együttműködő beszállító jelentős előnyt tud jelenteni a piaci versenyben. Az építőipari beszerzésben az építési anyagok jellegéből adódóan az alapanyagok importálása csak néhány esetben jelenthet megoldást, így a projektcégeknek is érdeke, hogy legyenek megbízható hazai beszállítók.

A beszállítói kapcsolatok teljeskörű felmérése 16 vállalat esetében történt meg (az egyik nem teljeskörűen nem kiértékelhető szakértői interjú felmérés során is sikerült a beszállítói kapcsolatokra vonatkozó részt felmérni). Mind a 16 megkérdezett vállalat esetében elmondható a felmérés alapján, hogy hosszútávú együttműködéseket kötöttek a fontosabb partnereikkel, azaz a minta nem mutat eltérést. Ez alapján 1 %-os szuperpopulációs hibaaarányt adottnak véve, annak a valószínűsége, hogy a teljes sokaságban (mely az előzetes felmérés alapján 19 vállalatot jelent) megvalósulnak a partneri együttműködések:

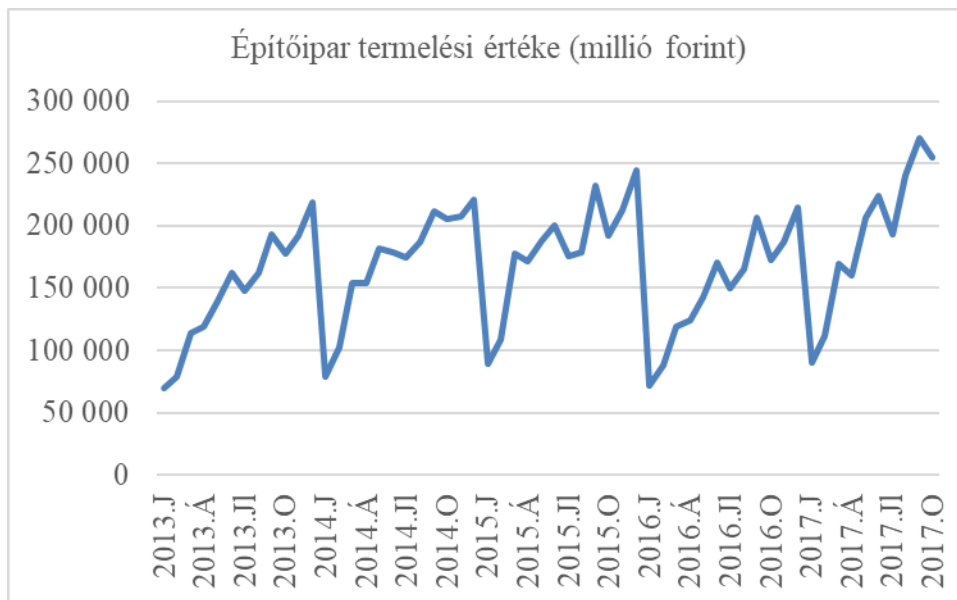
$$P_0 = (1 - p)^{N-n} = (1 - 0,01)^{19-16} = 0,9702 \rightarrow 97,2\%$$

Ahhoz, hogy 95%-os megbízhatósági szinten kijelenthessük, hogy a sokaságban nincsen hiba a szükséges mintanagyság:

$$n = N - \frac{\ln(1 - \alpha)}{\ln(1 - p)} = 19 - \frac{\ln(1 - 0,05)}{\ln(1 - 0,01)} = 13,89$$

A felmérés során a beszállítói kapcsolatok szempontjából kiértékelte minták száma 16 így a mintanagyság megfelelő.

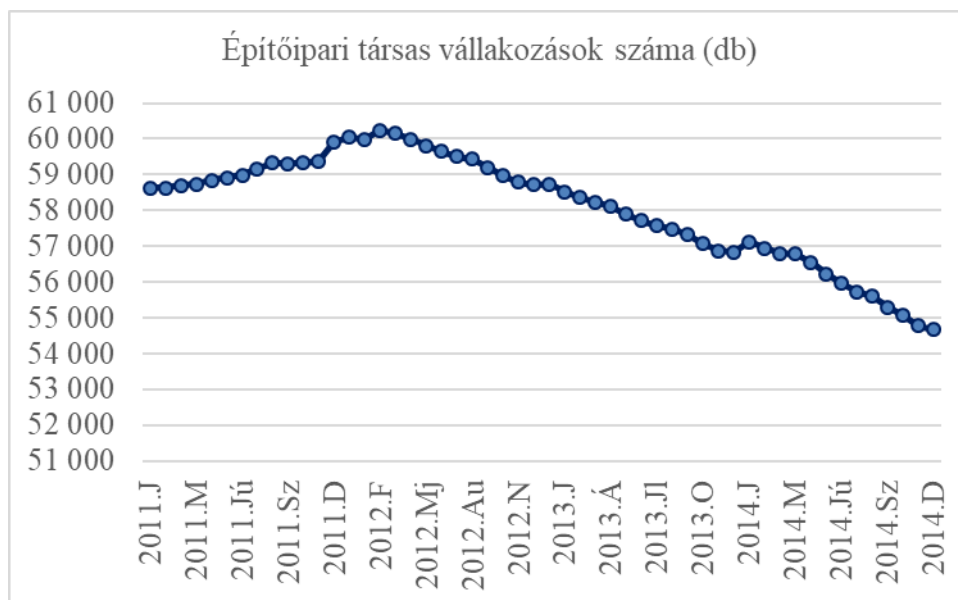
Az elvégzett interjúk alapján elmondható, hogy a hazai építőiparban kezdenek kialakulni a partneri szintű együttműködések a felhasználók és beszállítók között.



38. ábra: A magyarországi építőipari termelés alakulása 2013-2017-ig

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal, (letöltve 2018.01.05.)

Az elmúlt években a gazdasági élénkülésnek megfelelően az építőipar termelési értéke is növekedett 38. ábra, de a növekedés hatására csak erősödött az igény a stratégiai együttműködések kialakítására, melynek több oka van. Egyrészt a vállalatok megtapasztalták a hosszútávú partneri kapcsolatok előnyeit, több vállalat is kiemelte, hogy biztosabban kalkulálhatóvá váltak a költségelemek, valamint jelentősen csökkent az adminisztrációs teher, hiszen nem kellett projektenként, szállításonként újabb és újabb megállapodásokat kötni. Másrésztől érdekes módon, habár a válság után elkezdett fellendülni az építőipar, a piaci koncentráció továbbra is fennmaradt, sőt az építőipari társas vállalkozások száma tovább csökkent (39. ábra).



39. ábra: Építőipari társas vállalkozások számának alakulása Magyarországon 2011-2017-ig

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal, (letöltve 2018.01.05.)

Az építési projektek során felhasznált alapanyag szortiment jelentősen kisebb, mint a feldolgozóiparban, vonalas építkezések esetén jellemzően 20-30 féle anyaggal dolgoznak, míg magasépítések esetén 40-50 félével. A kis szortimentből adódik, hogy az alapanyagok rendelését, és a várható igényeket a művezetők (vagy építésvezetők) mérik fel és adják le a rendeléseket legtöbbször mindenfajta számítástechnikai támogatás nélkül, többnyire telefonon, néha e-mailen.

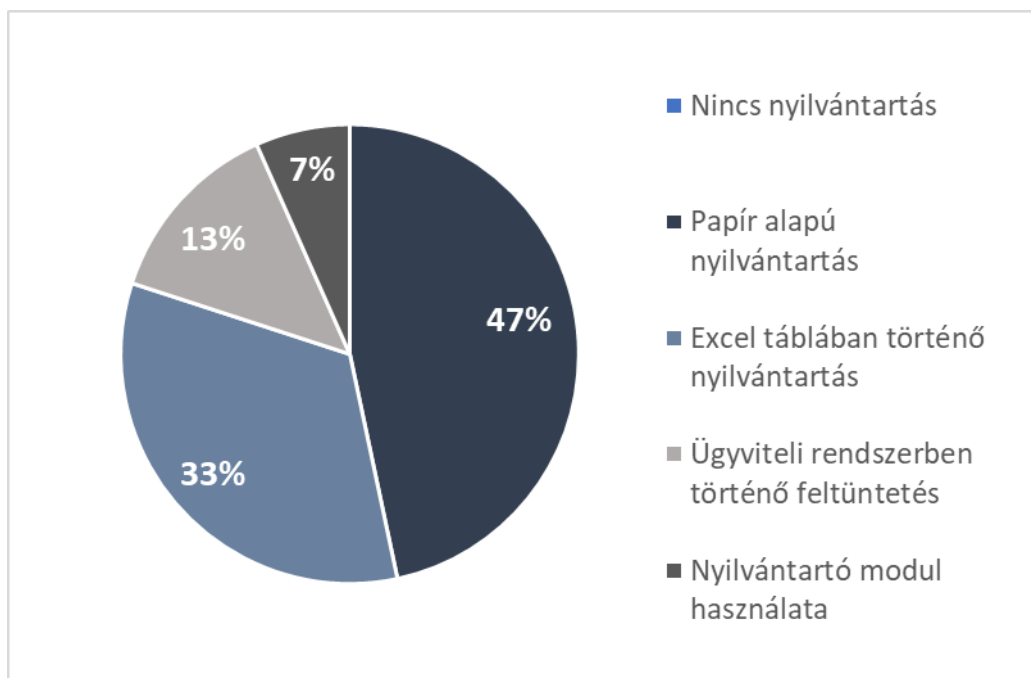
A megrendelési folyamatok nyilvántartása igen sokféle módon történhet ezért a jelenlegi hazai gyakorlat felmérése során Likert skálás felmérést alkalmaztam (NEMOTO - BEGLAR, 2014). Öt különböző kategóriát hoztam létre az előzetes felmérések alapján.

6. táblázat: A hazai építőipar megrendelés nyilvántartási rendszereinek felmérése során alkalmazott Likert skála kategóriák

Alapanyagnyilvántartási rendszerek szintjei	Skálázási érték
A leadott megrendelések nyilvántartása semmilyen írásos összegzett formában nem történik	1
A leadott megrendeléseket papír alapon tartják nyilván	2
A leadott megrendeléseket excel táblában tartják nyilván	3
A leadott megrendeléseket ügyviteli rendszerben de nem szűrhető módon tartják nyilván	4
A leadott megrendeléseket ügyviteli rendszerben erre szolgáló szűrhető, értesítések leadására alkalmas modulban tartják nyilván	5

Forrás: Saját szerkesztés

A válaszadók egyike sem rendelkezett standard megrendelési dokumentummal. Volt olyan válaszadó, aki régebben megpróbálta beszállítóikkal egy előre kidolgozott excel táblában vezetni a megrendeléseket és azok visszaigazolását, azonban ezen táblák pontos vezetésére a partnerek nem voltak hajlandók.



40. ábra: Megrendelések nyilvántartása a hazai építőiparban

Forrás: Saját szerkesztés

Elmondható, hogy a hazai építőipari vállalatok többségében nagyon gyengék a számítástechnikai ismeretek, és rendkívül alacsony a dolgozók számítógépes ellátottsága. Sokszor a felső esetleg középvezetőkön kívül a dolgozók egyáltalán nem használnak számítógépet. A fentiekből adódóan nem alkalmaznak standard megrendelés visszaigazololó dokumentumot sem. A válaszolók mindegyike nyilvántartja valahogy a feladott megrendeléseket, és azok visszaigazolt teljesítésének dátumát. Öt válaszadó ennek nyilvántartására külön excel táblát vezet, a résztvevők majd fele csak papír alapon tartja nyilván a megrendeléseket, jellemzően ezen nyilvántartásokat a művezetők vezetik a helyszíni irodában, így a központi vezetőség számára nem láthatók ezen információk. Míg a többi válaszadó az ügyviteli rendszerében vezeti ezen információkat, ezen rendszerekben sok esetben nincs kialakult funkciója a megrendelések nyilvántartásának, ezért a megjegyzés mezőkben szerepeltetik a főbb információkat, mely megoldás hátránya, hogy a későbbiekben ezen mezők alapján nem, vagy csak nagyon sok munkával készíthetők statisztikák. Egy válaszadó az erre tervezett funkcióban vezeti a megrendeléseket, azonban a tényleges beérkezés dátumát sokszor napokkal később viszik fel, amennyiben megtörténik

a felvitel, mert sok esetben ez is elmarad. A definiált nyilvántartási szintek közül a beszállítók minősítésére csak az ötödik kategória alkalmas. A definiált Likert skála kritikus sokasági varianciája: $MSS_{krit} = 1,33$

A kapott eredmények sokasági varianciája: $MSS = 0,83$ azaz $MSS < MSS_{krit}$

A variancia értéke alapján elmondható, hogy a mintavétel normális eloszlást mutat, és a kapott értékek alapján megállapítható, hogy a hazai építőipari vállalatok nem rendelkeznek a beszállítók minősítésére alkalmas nyilvántartással.

4.1.2. A hazai építőipari vállalatok alapanyag nyilvántartási rendszereinek, valamint folyamatainak felmérése, értékelése

A projektek előzetes alapanyagigényeit a tervező mérnökök határozzák meg, de azt, hogy adott napon melyik alapanyagból mennyit rendeljenek szintén a művezetők állapítják meg, jellemzően szakmai tapasztalatuk alapján. A vállalatok becslése szerint 5-6%-os anyagkalkulációs hibával lehet számolni (alapanyag nyilvántartás híján ezek csak becsült értékek lehetnek). Az anyagokat jellegüktől függően rendelik, van olyan anyag mely csak néhány nappal a felhasználás előtt érkezik az építési területre, és vannak olyan anyagok melyekből a teljes projekthez szükséges mennyiséget kiszállítják, és van, hogy hónapokig áll az anyag az építési területen. A rendelésütemezés megállapításához nem végeznek szortimentanalízis módszertanokat. Magyarországon az építőipari ellátási láncban nem bevett gyakorlat az elosztási központok alkalmazása, ahogyan jellemzően körjáratokat sem alkalmaznak, ennek oka, hogy a rendelési mennyiség megállapításánál a legfőbb szempont a tehergépjármű teljes kapacitásának kihasználása, ebből adódóan inkább az irányfuvarok a jellemzők.

A hazai építőipari vállalatok alapanyag nyilvántartási módjai jelentősen eltérnek egymástól, ezért ennek felmérése esetében Likert skálát alkalmaztam, hiszen ezen módszertan segítségével kezelhetőek az eltérő módszertanok. Fontos szempont volt, hogy ne legyen túl magas a kategóriák száma, ezért az anyagellátás ellátási láncra gyakorolt hatása szempontjából azonos eseteket összevontam. A lehetséges anyagnyilvántartási módszertanokat a nemzetközi publikációk, valamint a hazai elsőkörös felmérések tapasztalatai alapján gyűjtöttem össze. A cél annak megállapítása, hogy a hazai építőipari vállalatok mennyire rendelkeznek naprakész anyagnyilvántartási rendszerrel.

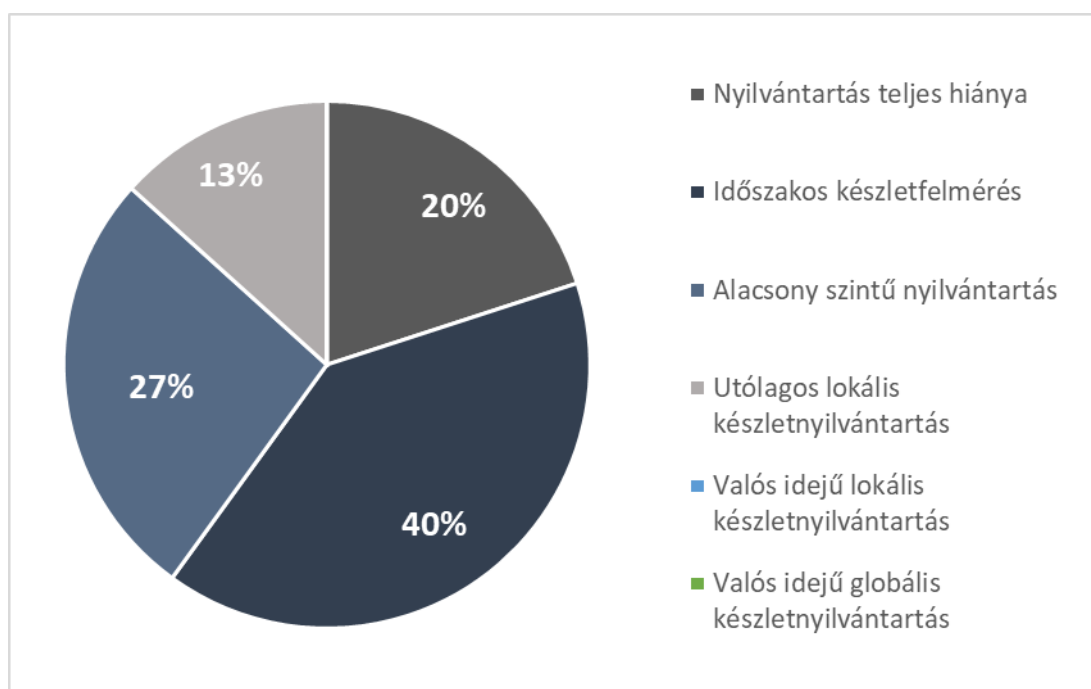
7. táblázat: A hazai építőipar alapanyag nyilvántartási folyamatainak felmérése során alkalmazott Likert skála kategóriák

Alapanyagnyilvántartási rendszerek szintjei	Skálázási érték
Amennyiben a beérkező alapanyagokat csak számlák alapján utólag rögzítik a könyvviteli rendszerben, majd azokat azonnal leírják a készletről, azaz az ügyviteli rendszerben lévő készlet folyamatosan nulla, másfajta nyilvántartás nincsen.	1
Az ügyviteli rendszerbe történő felkönyvelés és leírás mellett adott időközönként bejárások során szemrevételezéssel mérik fel és jegyzik fel papírra az építési területen lévő készletet	2
Az ügyviteli rendszerbe történő felkönyvelés és azonnali leírás mellett feljegyzik a beérkező anyagmennyiségeket valamint adott időközönkénti bejárások során szemrevételezéssel mérik fel és jegyzik fel az építési területen lévő készletet. A beérkezések, és készletek feljegyzése excel táblákban vagy papíron történik.	3
Az ügyviteli rendszerbe történő felkönyvelés és azonnali leírás mellett feljegyzik a beérkező anyagmennyiségeket valamint az adott napon elvégzett feladatok alapján megbecsülik a felhasznált anyagok mennyiségét, és ezáltal a megmaradt készletet, adott időközönként bejárások során szemrevételezéssel mérik fel és pontosítják az építési területen található készleteket.	4
Feljegyzik a beérkező anyagmennyiségeket valamint vagy minden esetben felkönyvelik a kivett alapanyagmennyiségeket, vagy az egyes feladatokhoz tartozik standard anyagfelhasználási mennyiség, így az adott napon elvégzett feladatok alapján számítható a napi anyagfogyás. Ezen tranzkációkat felviszik egy lokális nyilvántartási rendszerbe, így az építési vezető számára látható az építési területen lévő alapanyagkészlet, vállalati szinten azonban nem látható az egyes projekteken megtalálható készletek.	5
Feljegyzik a beérkező anyagmennyiségeket valamint vagy minden esetben felkönyvelik a kivett alapanyagmennyiségeket, vagy az egyes feladatokhoz tartozik standard anyagfelhasználási mennyiség, így az adott napon elvégzett feladatok alapján számítható a napi anyagfogyás. Ezen tranzkációkat felviszik egy vállalati szintű nyilvántartási rendszerbe, így az építési vezető számára látható az építési területen lévő alapanyagkészlet, valamint vállalati szinten láthatóak az egyes projekteken megtalálható készletek, lehetővé válik a vállalati szintű készletgazdálkodás.	6

Forrás: Saját szerkesztés

A felmérés résztvevői közül valamennyi esetben a beérkező alapanyagokat a művezető veszi át szemrevételezéssel. A résztvevők elmondása szerint a mennyiségi eltérések ritkák, inkább minőségi problémák szoktak előfordulni, ezen esetekben jellemzően megállapodnak a felek az áru értékcsökkenésében, ha nem akkor legvégső esetben visszafordítják a szállítmányt. A beérkező alapanyagokat a felmérésben résztvevő vállalatok többsége a beérkezésük pillanatában nem rögzítik semmilyen rendszerben, hanem a művezető hetente egyszer kétszer beviszi a szállítóleveleket az irodába, ahol jellemzően, valamilyen könyvviteli rendszerbe felviszik a mennyiségeket, és azonnal felhasználtnak veszik az alapanyagokat. A résztvevők jelentős hányada időszakosan (jellemzően egy vagy kéthetente) bejárást végez az építési területen és szemrevételezéssel mérik fel az építési területen található készleteket. Ezen felmérések során határozzák meg hogy mely alapanyagokból lehet szükséges rendelés

rövid és középtávon. Azonban elmondható, hogy ezen esetekben a rendszer nem alkalmas a folyamatos „éppen időben” történő megrendelések kezelésére. Különösen a vonalas építkezések esetében gyakori, hogy a terület jelentős méretei miatt nem vagy csak nehézkesen beláthatók az építési területen található készletek, ezen projektek esetében gyakori eljárás hogy feljegyzik a bejövő anyagmennyiségeket, valamint megbecsülik az adott időszakban felhasznált mennyiségeket, ezek alapján döntést hozva a szükséges anyagrendelésekről.



41. ábra: Alapanyagnyilvántartási fejlettségi szintjei a hazai építőiparban

Forrás: Saját szerkesztés

A definiált 6 módszertan közül a nemzetközi esettanulmányok alapján a just in time bevezetésére csak a valós idejű lokális és globális nyilvántartó rendszerek alkalmasak (PHENG - SHANG, 2011). Az utólagos nyilvántartások az építőipari folyamatok során tapasztalható jelentős bizonytalanságok miatt nem alkalmasak az éppen időben történő szállítások lebonyolítására (PHENG - MENG, 2018). Az utólagos lokális nyilvántartás csak a felmérésben résztvevő vállalatok 13%-ban valósult meg. Azonban a just in time bevezetése a lokalitás miatt ezen vállalatok esetében sem lehetséges. Az interjúalanyok elmondták, hogy vagy a tervek alapján rendelkeznek a teljes építkezésre vonatkozó alapanyagigénnyel, vagy a projekt kezdete előtt kalkulálnak egy előzetes anyagigényt. A projekt során az addig felhasznált anyagmennyiséget hasonlítják össze a teljes anyagigénnyel, azonban mivel nincsenek pontos információik arról, hogy mely műveletek kerültek elvégzésre adott időpontig, ezért csak akkor látszik a többlet anyagfelhasználás (mely oka lehet dézsmálás,

vagy technológiai hiba) amikor a teljes kiszállított anyagmennyiség meghaladja a tervezett. Ilyenkor azonban már csak utólagos problémakezelésre van lehetőség. A felmérésben szereplő vállalatok egyike sem tartotta nyilván közös vállalati szintű rendszerben az egyes építési projekteken található anyagkészleteket, így sem a projektek közötti készletkiegyenlítés, sem a körjáratos anyagellátás nem vált lehetségessé. A definiált Likert skála kritikus sokasági varianciája: $MSS_{krit} = 1,88$

A kapott eredmények sokasági varianciája: $MSS = 0,89$ azaz $MSS < MSS_{krit}$

A variancia értéke alapján elmondható, hogy a mintavétel normális eloszlást mutat, a felmérés alapján kijelenthető, hogy hazánkban nagyon alacsonyszintű az építési területen lévő készletek nyilvántartása. A valós idejű vállalati szintű készletnyilvántartások a felmérésben résztvevők egyikének esetében sem állt rendelkezésre. Hazánkban jellemzően alacsony szinten vannak nyilvántartva az építési területen található készletek, azokat szemrevételezéssel mérik fel, ami az egyik kiváltó oka lehet az építési projektek során tapasztalható magas anyagihiány problémáknak.

Az alapanyagokat jellemzően a szabad ég alatt tárolják, csak néhány anyag igényel fedett tárolást, ezt vonalas építkezések esetén jellemzően ponyvával oldják meg. Az alapanyagselejtelek kezelésének fő oka a szállítás, valamint kezelés közben keletkező árukárok (törések), kisebb részben a tárolás közben elszenvedett értékcsökkenés, azonban az anyag nyilvántartási rendszer hiánya miatt a selejtelek arányáról nincs a cégeknek információja. A dézsmálással kapcsolatban a résztvevők elmondták, hogy a 2008-as válság után a cégek többsége jelentős szankciókat vezetett be azok csökkentésére, mely erőfeszítések részben eredményesek voltak, de még így is jelentősnek tartották mértékét. A vizsgált vállalatok esetében projektenként 2-3-szor elő szokott fordulni, hogy át kell tárolni valamely alapanyagot, ez különösen a városi építkezések esetében jelent problémát.

4.1.3. A hazai építőipari vállalatok által alkalmazott projekttervezési gyakorlatok, valamint azok szoftveres támogatása

Alapvetően elmondható, hogy a hazai építőipari vállalatok nem rendelkeznek normaidővel az egyes építési műveletek esetében. A leggyakoribb, hogy tapasztalat alapján becsülik meg az egyes fázisok időigényét. A dolgozók bérezésében ebből kifolyólag semmilyen formában nem jelenik meg az egyéni teljesítmény. Magyarországon az óraalapú, illetve a feladatalapú bérezés jelenik meg. Technológiai folyamatok esetében (beton kötése, száradás stb.) rendelkeznek a vállalatok időadatokkal.

A felmérés egyik fő célja volt annak vizsgálata, hogy az építőipari logisztika szempontjából legfontosabb projekttervezés szoftveres támogatása, hogyan függ össze a tapasztalt projekt teljesítési határidő túllépésekkel. A vizsgálat elvégzéséhez a vizsgált projekteket klaszterekbe rendeztem az alkalmazott projekttervezési szoftvertámogatás alapján. A szakértői interjúk felmérés előtt a nemzetközi publikációk, és a hazai előzetes felmérések alapján kialakított klaszterek a következők:

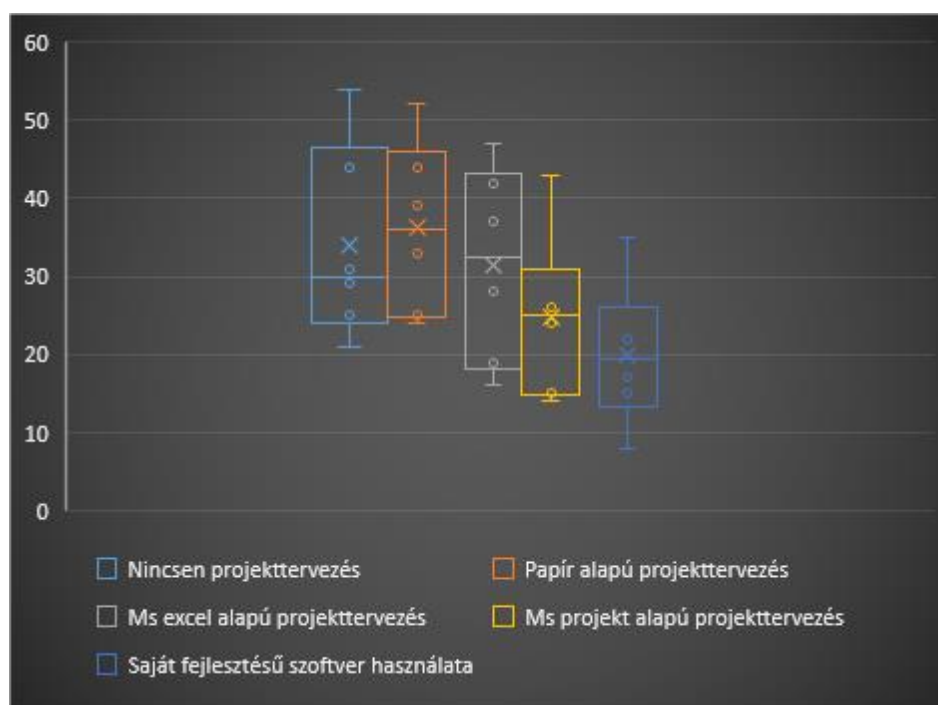
- Az első klaszterbe azon projektek kerültek melyek esetében nem történt a teljesítési határidők meghatározásán túlmenően semmilyen projekttervezés.
- A második klaszterbe kerültek azok a vállalatok melyek a teljesítési határidők meghatározását követően végeznek bizonyos szintű projekttervezést. Azonban ezen projekttervezésnek nincsen semmilyen szoftveres támogatása, ebbe a kategóriába soroltam a papír alapú projekttervezéseket. Azon projekttervezések is ezen kategóriába kerültek melyek fizikailag nem papíron történtek, hanem számítógépen, de a tervezést semmilyen számológéptábla vagy algoritmus nem segítette.
- A harmadik klaszterbe azon projektek kerültek melyek tervezése során használtak valamilyen saját fejlesztésű excelest alkalmazást, mely segítette a projekttervezést, valamint az elkészült tervek vizualizálását (például Gantt diagrammon ábrázolta az egyes lépések kapcsolódását).
- A negyedik klaszterbe soroltam azon projekteket, amelyek tervezése során a Microsoft projekt programot használták. Ezen program nem kifejezetten építőipari projektek tervezésére szolgál, azonban strukturált keretek között végezhető vele a projekttervezés, valamint amint nagyon fontos, hogy használatához szükség van bizonyos alapadatokra, azaz használata már bizonyos szintű dokumentáltságot, és adat ellátottságot feltételez.
- Az ötödik egyben utolsó klaszterbe azon projektek kerültek melyek tervezését saját fejlesztésű egyedi szoftverben végezték. A felmérésben résztvevők közül három külföldi tulajdonossal rendelkező vállalat alkalmazott ilyen egyedi szoftvert. Az egyedi szoftverek előnye, hogy speciálisan az építőipari projektek tervezésére fejlesztették őket, valamint, hogy folyamatosan továbbfejleszthetők a felhasználók igényeinek megfelelően.

A felmérés során fontos módszertani döntés volt, hogy a klaszterbe sorolás projektszinten történt, ennek oka, hogy a felmérésben résztvevő vállalatok eltérő módszereket alkalmaztak az egyes projektjeik során. Ennek oka lehetett egyrészt, hogy a vizsgált időszakon belül

történt meg a projekttervezés szoftveres támogatásának fejlesztése. A másik indok, hogy bizonyos projektek esetében a megkérdezett vállalat (tapasztalat hiányában) nem rendelkezett megfelelő adatokkal egyes műveletek esetében, így a projekttervezés nem volt elvégezhető. A felmérés során minden egyes résztvevő vállalat esetében összegyűjtésre került, hogy az eredetileg vállalt határidőhöz képest hány hét csúszással került átadásra a projekt. Ezen adatok a szerződésben szereplő és a teljesítési igazolásokon szereplő végső dátumok különbségét jelentik. A felmérés csak a végteljesítést vizsgálta, egyrészt mert összességében ez a legfontosabb adat másrészt a szerződéskor meghatározott mérföldkövek a későbbiekben gyakran módosításra kerülnek a felek részéről, ebből adódóan nem alkalmasak. A csúszás mértékének meghatározását követően a résztvevőkkel történt interjúk alapján besorolásra került az adott projekt, az előbbieken már definiált klaszterekbe.

A megkérdezett építőipari vállalatok egyike sem alkalmaz kötött projekttervezési módszertant. A projekttervezés sok esetben az előre megadott szükséges teljesítési dátumokhoz idomul, a résztvevők szerint ez az egyik fő oka a Magyarországon tapasztalt csúszásoknak, hogy sokszor nem az egyes folyamatok időigényei alapján kerül meghatározásra az egyes mérföldkövek időpontjai, hanem a megrendelő határozza meg a határidőket, melyek az egymásra épülő folyamatok miatt már eleve nem tarthatók.

Az adatok összegyűjtését követően azt vizsgáltam meg hogy az egyes klaszterek között van-e szignifikáns eltérés a csúszások mértékét illetően. Első lépésben elkészítettem az egyes klaszterekbe tartozó projektek késedelmi hetek számát ábrázoló doboz diagramot.



42. ábra: Az egyes klaszterekbe tartozó projektek határidőtúllépései hetek számában kifejezve doboz diagramon ábrázolva

Forrás: Saját szerkesztés

A diagramon a téglalap alakú doboz mutatja a 25 % és 75 %-os percentilis adatok értékét, míg az „X”-ek jelzik az adott klaszterbe tartozó adatok medián értékét. A diagram alapján azt lehet mondani, hogy a 4. és ötödik csoport tér el jelentősen az első háromtól. A szignifikancia eldöntésére az SPSS program ANOVA, azaz variancia eszköztárából a Tukey és a Scheffe tesztek végeztem el. A két módszertan közül a Tukey-teszt a leggyakrabban használt és kevesebb ellentmondást tartalmazó módszertan, a Scheffe-próba konzervatívabb eljárás és csak nagy különbségek esetén jelez szignifikánsan eltérő klaszterátlagokat (SAJTOS - MITEV, 2007).

A Tukey teszt alapján a 4. és 5. klaszter átlaga tér el jelentősen az első három klaszter átlagaitól, azaz ezen teszt alapján elmondható, hogy a célzott projekttervező szoftverek alkalmazása szignifikánsan csökkenti a projektekben tapasztalható késedelmi idő átlagos értékét. A felmérés során azon résztvevők melyek ilyen célszoftvereket alkalmaznak, a szoftver használatához szükséges adatok feltöltését jelölték meg, mint fő nehézség. Ugyanakkor ezen adatok összegyűjtése biztosíthatja a jóval pontosabb projekttervezéseket is. A szignifikancia szint igazolására elvégeztem a konzervatívabb Scheffe-próbát is. Ezen próba is azt mutatta, hogy a 4. és 5. klaszter átlaga tér el szignifikánsan az első három klaszter átlagától, azaz a két teszt alapján kijelenthető, hogy a projekttervezés pontosságára

szignifikáns hatással van az hogy alkalmaznak-e a projekttervezés során erre szolgáló célszoftvert. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy nincsen szignifikáns eltérés a saját fejlesztésű szoftver és egy általános célú (jelen esetben Ms projekt) használata között.

Az építőipari projektekkel kapcsolatban az emberek többségének a jelentős csúszások és késések jutnak eszükbe, a megkérdezettek elmondták, hogy ennek oka (a fentiekén túlmenően) egyrészt az engedélyezési eljárások elhúzódása, másrészt vis major esetek (például az időjárási körülmények miatt szüneteltetni kell a munkálatokat, vagy leleteket találnak a munkák során). Ezen esetek mellett persze sokszor a részletes tervezés, és a folyamatos utókövetés hiánya is okoz csúszásokat. Az utókövetés, és újratervezés hiánya miatt gyakran csak az utolsó pillanatokban válnak nyilvánvalóvá jelentős csúszások. A fenti okok mellett megemlítették a résztvevők a beszállítói késedelmeket, és minőségileg nem megfelelő alapanyagokat is. Magyarországi specifikumnak tekinthető, de gyakori esetnek mondták a résztvevők, hogy bizony az építési projekt valamely alvállalkozó, vagy beszállító pénzügyi csődje miatt szenvedett késedelmet, hiszen ilyenkor a jogi eljárások miatt van, hogy teljes egészében le kell állítani a projekt végrehajtását. Ezen ok miatt is tartották az építési vállalatok egyre fontosabbnak a stratégiai beszállítói kapcsolatok kialakítását.

Az interjúban résztvevők közül öten hallottak már a lean menedzsmentről, és a lean alkalmazásának előnyeiről. Ketten a lean alapelveit és főbb eszközeit is meg tudták fogalmazni. A lean építőipari alkalmazása csak egyik interjúalany számára volt ismert. Azon résztvevőknek, akik rendelkeztek lean ismeretekkel egyöntetűen az volt a véleményük, hogy a lean magyarországi bevezetésével jelentősen javulna a hazai építőipari vállalatok termelékenységé, mely jelenleg igen alacsony. Mindezek ellenére az interjúban résztvevő vállalatok egyike sem tervezi jelenleg a lean menedzsment bevezetését. Arra a kérdésre hogy annak ellenére hogy ők személyesen hisznek abban hogy a lean menedzsment bevezetése elősegítené a vállalat hatékonyságának növekedését, akkor miért nem tervezik annak bevezetését mindannyian azt válaszolták hogy hiányzik a vezető elkötelezettsége, mely nélkülözhetetlen a lean eredményes bevezetéséhez (AZIZ - HAFEZ, 2013). A másik fő oka a szervezeti ellenállástól való félelem volt az interjú alanyok részéről.

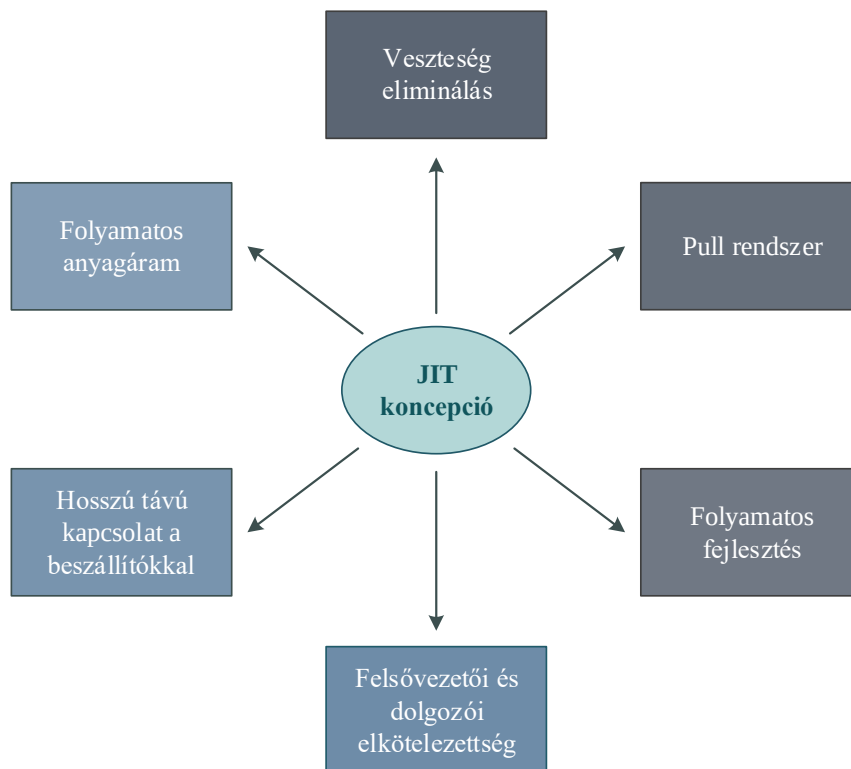
4.2. Az ellátási lánc felmérés alapján a Just in time módszertan alkalmazása a hazai építőipari logisztikában

A logisztikai folyamatok súlyponti eleme az anyagellátás, különösen igaz ez a folyamatosan változó helyszínen megvalósuló építőipari folyamatokra, ahol a folyamatok jellegéből adódóan nincsen kialakított alapanyag raktár, hanem a beérkező termékek ad hoc módon kerülnek lehelyezésre emiatt gyakran akadályozva a napi operációt, valamint tárolásuk

közben ki vannak téve az időjárás veszélyeinek, azaz fennáll a tárolás közbeni árukár veszélye. Az említettek miatt különösen fontos, hogy minél kevesebb anyag minél rövidebb időt töltsön az építési területen, erre megoldást nyújthat a „just in time” elvű anyagellátás alkalmazása. Az alkalmazhatóság vizsgálatához azonban érdemes áttekinteni, hogy a feldolgozóiparban jelenleg milyen anyagellátási módszertanokat alkalmaznak, és ezeknek milyen alapvető feltételei vannak.

A vállalatok versenyképességének növelése érdekében, a költségek csökkentését célzó „lean menedzsment”-ben eszközként jelenik meg az új termelési és logisztikai filozófia az „éppen időben” vagy másképpen „just in time” (JIT) beszállítás, gyártás és elosztás. A just in time elv megvalósítása kihat az egész logisztikai láncra, újszerű partneri kapcsolat kialakítását teszi szükségessé az érintett vállalatok között. A just in time lényege, hogy a megfelelő mennyiségű és minőségű termék a megfelelő helyen éppen időben érjen oda. A hagyományos ellátási láncban a termelőüzemek alkatrésszel való ellátására a beszállítóknál rendelkezésre áll egy készáruraktár és az üzemeknél egy alapanyag- ill. alkatrésraktár, azaz mind a két szereplő végez raktározást alapesetben. Ez a megduplázott raktározás azonban veszteség hiszen nem növeli az áru értékét, sokkal inkább a raktározási költségek megduplázódásához vezet. A JIT-koncepció alkalmazása során ezért a felhasználó lemond raktárkészletének jelentős részéről, az alapanyagot és alkatrészeket ezzel szemben a beszállító igény szerint szállítja be (MARCHWINSKI et al., 2008).

A just in time azonban nem csak a készletek eliminálását tűzi ki célként, hanem az anyagellátás során felmerülő valamennyi veszteség kiküszöbölését, ezt nevezik öt zérus viselkedésmódnak (43. ábra), azaz zérus készlet, zérus várakozási idő, zérus hiba, zérus váratlan meghibásodás, zérus papír (WOMACK - JONES, 1996). Egy felmérés során 172 európai vállalat esetében vizsgálták meg hogy milyen hatásai voltak a just in time bevezetésének, eszerint a termékek átfutási ideje 60-90 %-kal csökkent, az alapanyagkészlet 50 %-kal, a raktározási és anyagmozgatási költségek 20 %-kal, a termelékenység 25 %-kal nőtt, a teljes költségek tekintetében átlagosan 8-12 %-os megtakarítást értek el a vállalatok (KÄFER, 2007).



43. ábra: A just in time koncepció fő céljai

Forrás: Saját szerkesztés

Előnyei mellett azonban fontos megemlíteni a just in time kockázatait is. A just in time bevezetése lecsökkenti a költségeket, de ugyanakkor fokozottan sebezhetővé teszi a vállalatokat a gyártási folyamat leállásával szemben. A lecsökkentett készletek miatt már a kisebb szállítási késedelmek, vagy minőségi hibák is a termelés leállításához vezethetnek, ezért a termelő vállalatnak sokkal szorosabb kapcsolatot kell fenntartania a beszállítókkal, másrészt meg is kell bíznia beszállítóiban (WOMACK et al., 1991), valamint csökkenteni kell a beszállítások során fellépő zavarok valószínűségét (például a távolság csökkentésével). Az éppen időben történő rendelés miatt nagyon fontos, hogy az előre elkészített termelési tervek pontosak és tarthatók legyenek, azaz a just in time alapvető feltétele a zavarmentes termelési rendszer. A vállalatok a legtöbbször a just in time bevezetése után is tartanak bizonyos mennyiségű biztonsági készleteket, ezeket jellemzően alacsony, gyakran állvány nélküli cross-docking raktárakban tárolják. A fent említett kockázatok miatt nagyon fontos, hogy a just in time bevezetése előtt az adott vállalat teljesítse annak feltételeit, melyek a következők:

- Beszállítók auditálása, számuk csökkentése, a közeli beszállítók előnyben részesítése.
- Hosszú távú és partnerszerű együttműködés a beszállítók és a felhasználók között.

- Standard megrendelés lebonyolítási és követési rendszer létrehozása.
- Szabványos kommunikációs technológiák használata.
- Pontosan meghatározott gyártási normaidők.
- Megbízható termelési tervek, pontos anyagigényekkel.
- A gyártást termékcsopontonként orientált gyártási folyamatként kell átszervezni.
- Pontos naprakész anyagnyilvántartás.

A just in time filozófiát a nagy autógyárak továbbfejlesztették létrehozva a just in sequence-t, melynek lényege, hogy az alkatrészeknek a beépítés időpontjában kell a szerelés helyén rendelkezésre állniuk, olyan formában, hogy az azonnal beépíthetők legyenek, és ha több változat is van az adott alkatrészből, akkor a termelési tervnek megfelelő sorrendben helyezkedjenek el. A just in sequence alapvető feltétele, hogy a beszállító minél közelebb (lehetőleg egy ipari parkban) legyen a gyárhoz, valamint, hogy a gyártási folyamatban résztvevő munkatársak cégeket átfogó munkacsoportokat alkossanak, folyamatosan konzultáljanak.

A just in sequence esetében már nem napi beszállítások vannak, mint a just in time esetében, hanem akár egy órás gyakoriságúak is, a beszállítók és a termelő cég között folyamatos a kapcsolat. Kutatások azt mutatják, hogy egy beépítendő alkatrész esetében a szortiment száma és a teljes logisztikai költség között just in time elvű beszállítás esetén exponenciális összefüggés áll fenn, míg just in sequence elvű beszállítás esetén lineáris az összefüggés. Ebből adódóan egy adott féleség szám felett (ez jellemzően 5-10 db termék, jellegétől függően), már érdemes áttérni a just in sequence elvű beszállításra (WAGNER - CAMARGOS, 2011).

Az építőiparban gyakori filozófia a „szerezzük be a legalacsonyabb költségszinten,” ami egyrészt nagy mennyiségek rendelését eredményezi (mivel ekkor csökkenés érhető el a szállítási költségben), másrészt nagy mennyiségek esetén jelentős árkedvezmény érhető el a partnereknél. Az építőiparra a toló rendszerű anyagellátás a jellemző, a korszerű húzó elv helyett. Egy felmérés szerint az építkezések során az erőforrások 16%-a veszik el a nem megfelelő alapanyag utánpótlás következtében (ANDERSSON et al., 1983). Látható, hogy ezek az utánpótlási folyamatok teljesen ellentétesek a lean filozófia és a just in time (JIT) alapanyag utánpótlási elveivel. Az építési projektek költségeinek hozzávetőlegesen 10%-át adják a szállítási és közvetlenül nem az építési folyamatokhoz köthető anyagmozgatási folyamatok (ANDERSSON et al., 1983). Svéd kutatások kimutatták, hogy a fizikai dolgozók munkaidejük harmadát alapanyag szállítással töltik (LINDGREN - HJÄRTSTRÖM, 1985).

Az alapanyag szállítás az építési terület folyamatos változásából adódóan jellemzően kézi eszközökkel történik, azaz rendkívül erőforrás igényes, ebből adódóan kiemelt cél az anyagmozgatások csökkentése.

Az építőipari ellátási láncok korszerűsítésére a felmérésben szereplő vállalatok részéről a múltban számtalan kísérlet történt. A legtipikusabb megoldások információtechnológiai, vagy kommunikációs fejlesztéseken alapultak, azonban ezek a fejlesztések sokszor nem a valós problémákra adtak választ. Az építőipari projektek során meghatározók az ütemtervek és a határidők, a vezetőségen mindig nagy a nyomás, hogy elérje a kitűzött mérföldköveket, olyannyira, hogy általában nem marad ideje áttekinteni az egész rendszert összességében. Általánosságban igaz a hazai építőiparra, hogy gyakran hiányzik egy olyan szereplő, aki rálátna az egész ellátási láncra, aki átlátná az anyagok útját az ellátási láncban. Az építésvezetők jellemzően csak a saját területük belső folyamataival, paramétereivel vannak tisztában, így nem meglepő, hogy a saját projektjük igénye szerint optimalizálnak, amely a felmérésben résztvevő vállalatok elmondása alapján jelentős biztonsági készségek felépítését jelentette. Azonban ezek a rész-optimumok rendszerint messze vannak a teljes rendszer optimumától. A felmérést követően két résztvevő esetében is felmerült a Last Planner System alkalmazása, mely rendszer növeli az ütemtervek megbízhatóságát és kiszámíthatóbbá teszi a folyamatokat. Az ellátási lánc fejlesztésének következő lépése a felmérés eredményei alapján a beszerzés átgondolása lehet, ugyanis a beszerzést legtöbbször a „lehető legalacsonyabb költségszinten beszerezni” elv vezérli. A beszerzőknek jobban meg kellene érteniük az építőipar ellátási láncainak dinamikáját és komplexitását (SZTRAPKOVICS et al., 2014).

Az interjúk alapján megállapításra került, hogy az egyes feltételek esetében melyek szükségesek, hogy a just in time elvű anyagellátás bevezethető lehessen építőipari projektekben (8. táblázat), melyek azok, amelyek teljesülnek a hazai építőipari vállalatok esetében. Az a jelenlegi helyzet feltárása során nyilvánvalóvá vált, hogy a folyamatosan változó projekthelyszínek miatt a rendkívül közeli beszállítókat igénylő just in sequence technológia az építőiparban nem megvalósítható, másrészt az alacsony alapanyag szortiment sem igényli, ezért ennek további kutatását elvettem. A feldolgozóiparral ellentétben az építőiparban nem szükséges a beszállítók számának csökkentése, viszont a just in time kialakításához elengedhetetlen a partneri szintű együttműködések kialakítása. Az építőipari cégek észrevették, hogy partneri együttműködések nélkül, megbízható beszállítók nélkül jóval nehezebb sikeresen végrehajtani a projekteket, ezért az utóbbi időben, hazánkban is

elkezdtek szorosabbra fűzni a kapcsolatokat a beszállítók és vevők (SZTRAPKOVICS et al., 2014).

8. táblázat: A just in time elvű anyagellátás építőipari megvalósításának feltételei, és azok jelenlegi státusza a hazai építőiparban

Ssz.	Feltétel	Státusz
1.	Partneri szintű együttműködés a beszállítókkal	Létrejött
2.	Standard megrendelési és követési rendszer	Nincs
3.	Pontos naprakész anyag nyilvántartási rendszer	Nincs
4.	Az egyes folyamatok elvégzéséhez szükséges normaidők	Nincs
5.	Részletesen kidolgozott és rendszeresen felülvizsgált projekttervek	Nincs

Forrás: Saját szerkesztés

Az interjúkat megelőzően megállapítottam a just in time elvű anyagellátás alkalmazásának feltételeit építőipari projektekben. Alapvetően 5 olyan feltételt definiáltam mely szükséges a just in time építőipari bevezetéséhez (8. táblázat).

A 8. táblázatban látható, hogy a partneri együttműködésen túlmenően az összes többi a just in time bevezetéséhez szükséges feltétel hiányzik a hazai építőiparban. A legnagyobb hiányosság két tényezőre vezethető vissza, egyrészt az anyagnyilvántartási rendszer hiányára, másrészt ugyan a hazai projektek is rendelkeznek projekttervekkel, de ezen tervek nem kellően részletesek, és nem tartalmazzák a részletes anyagigényeket időbeni bontásban, és hiányzik ezen terveknek a projektek közbeni folyamatos felülvizsgálata. A standard integrált rendszerben megjelenő megrendelési rendszer szintén elengedhetetlen feltétele a just in time bevezetésének, hiszen nélkül nem követhető a megrendelések pontos története, ami fontos ahhoz, hogy pontosan tudjuk értékelni a beszállítókat. A részletesen kidolgozott projekttervek hiánya alapvetően a hiányzó normaidő adatokra vezethető vissza hiszen, ha nem tudjuk az egyes folyamatok időigényét, akkor nem tudunk részletes projekttervet sem kidolgozni.

A Byggelogistik (magyarul épületlogisztika) egy, a Dán Építőipari Kutatóintézet által támogatott projekt, mely során egy új építőipari logisztikai koncepció került kidolgozásra, majd kipróbálásra a gyakorlatban. A koncepció megalkotása során felhasználásra kerültek a lean filozófia alapelvei, melyek közül különösen a just in time és a húzó elv került előtérbe, azaz hogy az anyagutánpótlás igényvezérelt legyen az építési területen, és amennyire a

lehetőségek engedik, az anyagok akkor, olyan mennyiségben és arra a helyre kerüljenek, ahol az építési folyamat igényli őket. Napi egyszer történt szállítás, és csak olyan mennyiségben, amely szükséges volt a másnapi folyamatok elvégzéséhez. Az egyes unitok kaptak egy azonosító számot, ami arra szolgált, hogy a projekt összes résztvevője egyértelműen azonosítani tudja a folyamatokat (BERTELSEN - NIELSEN, 1997).

A just in time rendszer bevezetése mellett sor került a Last Planner System bevezetésére is. A LPS rendszerének megfelelően heti szintű megbeszéléseken összegezték az elmúlt hét eseményeit, valamint megtervezték a következő 3 hét feladatait, először heti bontásban, majd részletesen napi szinten megtervezték a következő hét feladatait, és rögzítették a folyamatok elkészítéséhez szükséges alapanyagigényeket. Ezek után elküldték a következő hét részletes szállítási tervét a beszállítóknak, valamint a következő két hét várható aggregált alapanyagigényeit. Így a beszállítók is láthatták előre az igényeket, mely számukra is jelentős előrelépést jelentett. A heti megbeszélések során ismertetésre került az előző heti riport, melyben leírták az előző hét főbb eseményeit, valamint hibáit és mulasztásait is. Ezeket a hibákat közösen átbeszélték a résztvevők, és ha szükséges volt Kaizen események keretében próbálták megszüntetni a hibák okait. Látható volt, hogy néhány hét után jelentősen javult a vállalatok teljesítménye, hiszen senki sem szereti, ha nyilvánosan rámutatnak a hibáira, valamint a Kaizen események megoldásai is tartósan bizonyultak. A projektek során szükségessé vált egy logisztikai vezető kijelölése, aki irányítja, kontrollálja mind a heti megbeszéléseket, mind a belső és külső logisztikai folyamatokat. Létrehoztak egy „kormányzó bizottságot,” melynek tagjai a részvevő vállalatok vezetői közül kerültek kijelölésre, melynek feladata a vállalatok között felmerülő vitás kérdések tisztázása volt (BERTELSEN - NIELSEN, 1997).

A koncepciót először Dániában alkalmazták egy tipikus dán társasház projektben, mely 100 lakást foglalt magában. Ez nemzetközi összehasonlításban nem számít jelentős projektnek. Egy fővállalkozó és 10 alvállalkozó vett részt az építésben, azaz az építés mértékéhez képest a projektszervezet komplexnek mondható (PHENG - SHANG, 2011). Kinevezésre került egy logisztikai vezető, aki megtervezte a napi operációt, irányította az alapanyag utánpótlást, és kontrollálta a heti megbeszéléseket. A koncepciónak megfelelően felállításra került egy kormányzó bizottság is. Ahogy fokozódott a résztvevők partnersége, a kormányzó bizottság folyamatosan menedzsment feladatokat is átvett, így a logisztikai vezető koncentrálhatott az operatív végrehajtásra. A középvezetők mellett nagyon fontos volt, hogy az operatív dolgozók is rendelkezzenek alapszintű ismeretekkel a projektről, a lean és just in time

elvekről (PHENG - SHANG, 2011). A just in time építőipari bevezetésének nagy előnye hogy a határidők betartására sarkallja a résztvevőket (LI et al., 2017).

Az eredmények meglepők voltak. Köszönhetően a just in time elvű anyagutánpótlásnak, a folyamatok anyagszükségletei jelentősen csökkentek, a dolgozók termelékenysége jelentősen növekedett, egyszerűbbé vált az anyagmozgatás a munkaterületen, és csökkent a balesetek száma. Az alapanyag és az időszükséglet több mint 5%-al kevesebb lett az előre (a múltbeli tapasztalatok alapján) kalkulátnál. A hatékonyságnövekedés leginkább abban látszódott, hogy kevesebb dolgozóra volt szükség, és a teljesítmény alapú bérezésű dolgozók fizetése szokatlanul magas lett. A résztvevők és a Dán Építőipari Kutatóintézet által becsült megtakarítás eléri a projekt nettó költségeinek 9%-át a következő megoszlásban: a munkabéreköltségek 18%-al, az alapanyagköltségek 3,6%-al csökkentek. A költségcsökkenések nem egyenletesen jelentkeztek az egyes vállalatoknál, amely vitára adott okot. Mivel egy teljesen új koncepció került kipróbálásra, ezért előzetesen nem állapodtak meg a résztvevők a megtakarítások újraelosztásáról, ez a későbbiekre nézve fontos tapasztalat. Az első mintaprojekt után további projektekben is alkalmazásra került a koncepció, ám az elért megtakarítások jelentős szórást mutattak. Volt olyan projekt, ahol a mintaprojekthez hasonlóan majdnem 10%-os költségcsökkenést sikerült elérni, viszont volt olyan is, ahol nem tudtak a résztvevők kimutatható megtakarítást realizálni. Az oka annak, hogy különböző nagyságú lett a költségcsökkenés, a projektek eltérő jellegén túlmenően a határozatlan irányításra és a gyenge kormányzó bizottságra volt visszavezethető, melyek nem szenteltek elég figyelmet a koncepció megvalósítására, így a résztvevő vállalatok motivációja is hamar elkezdett csökkeni, és hamar visszatértek a régi reflexekhez. Fontos tapasztalat tehát, hogy kulcsfontosságú a logisztikai vezető és a kormányzó bizottság tagjainak személye, valamint a módszertan betartása, és annak folyamatos kontrollja. Fontos, hogy ezek a személyek komoly gyakorlattal rendelkezzenek az építőipar területén, tisztában legyenek az építési terület napi folyamataival, ismerjék a partnerek szemléletét és motiváltak legyenek (BERTELSEN - NIELSEN, 1997).

A nemzetközi gyakorlatban láthatunk gyakorlati példákat is a just in time bevezetésére, és ezen pilot projektek eredményei igen kiemelkedők, különösen azokban az esetekben amikor a just in time-ot az LPS rendszerrel együtt alkalmazták. Köszönhetően a just in time elvű anyagutánpótlásnak a folyamatok anyagszükségletei jelentősen csökkentek, a dolgozók termelékenysége jelentősen növekedett, egyszerűbbé vált az anyagmozgatás a munkaterületen és csökkent a balesetek száma. Látni a kimagasló nemzetközi

eredményeket, elmondható, hogy a just in time elvű anyagellátás és az LPS együttes alkalmazásával jelentő eredmények érhetők el hatékonyságnövekedés terén.

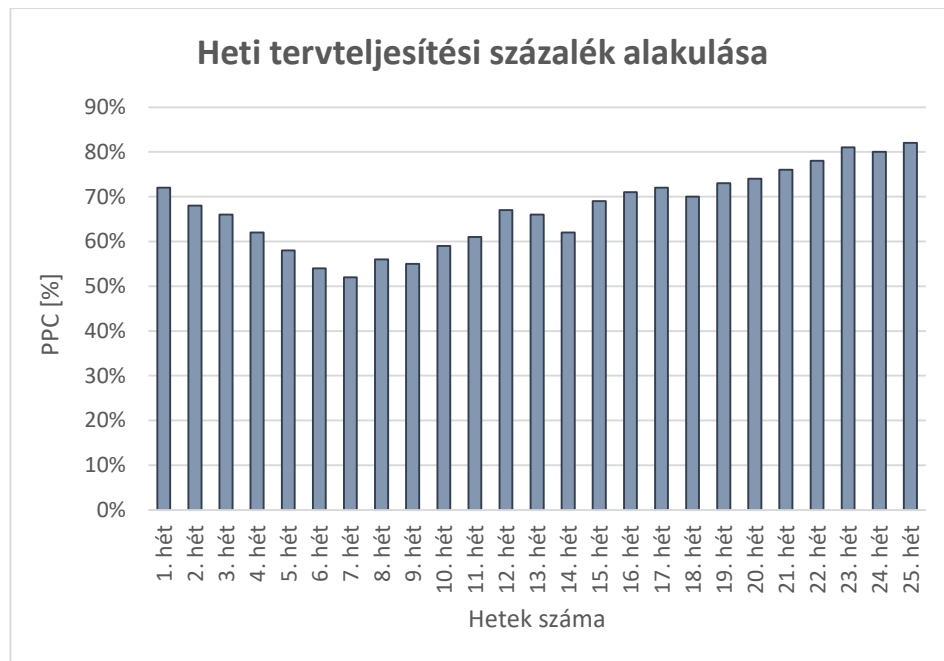
4.3. A just in time és a Last Planner System bevezetése hazai építőipari vállalatoknál

Az interjúk elvégzését követően a gyakorlatban vizsgáltam meg a Just in Time és a Last Planner System bevezetését. Két magyar építőipari vállalatnál vittem végig a Last Planner System és a just in time bevezetését 6 projekt esetében. A projektek célja egyrészt a bevezetés vállalati folyamatokra gyakorolt hatásainak vizsgálata volt, másrészt annak felmérése, hogy a bevezetések tapasztalatai alapján megalkossam a húzó rendszer teljeskörű ellátási lánc modelljét.

A két bevezetés néhány hónapos eltéréssel ugyan de közel párhuzamosan indult, és mindkét bevezetés több mint egy éven át tartott. Az egyik vállalat épületgépészeti kivitelezéseket végez, így nagy mennyiségű különböző alapanyaggal dolgoznak, jellemzően hosszabb projektek során. A másik vállalat kisebb út-, járda, parkfelújításokkal foglalkozik, itt kisebb az alapanyagfélések száma azonban nagyobb mennyiségben kerülnek felhasználásra.

A módszer alkalmazásának legnehezebb, de egyik legfontosabb kihívása a dolgozók kiválasztása és bevonása volt. A jelenlegi építőipari gyakorlat megváltoztatása igen nehéz feladat, a megszokott rutinok határozzák meg a munkavégzés folyamatát. Mivel az eddig alkalmazott gyakorlatok igen nagy önállóságot engednek a projektvezetőnek és az építésvezetőnek, ezért a standard heti rendszerességi feladatkijelölés is korlátokat, illetve kötelezettségeket jelent a csapattagok számára. A konkrétan kijelölt feladatokat meg kell valósítani, ami kényelmetlenséget jelent a megszokott laza tervezéshez képest, továbbá megteremti a számon kérhetőség alapait.

A Last Planner System és a just in time egyidőben részben integrált módon került bevezetésre, mindkét vállalat esetében a heti szintű just in time bevezetése bizonyult megvalósíthatónak, ahol a heti tervek során határozták meg a következő heti megrendeléseket. Az első projektek esetében a beszállítók még nem vettek részt a heti egyeztetéseken, a későbbiekben már bevonásra kerültek a projektek kulcsbeszállítói.



44. ábra: Heti tervteljesítési százalék alakulása

Forrás: Saját szerkesztés

Az első vállalatnál a második bevezetés tárgyát képező projekt majd fél évig tartott így hosszútávon vizsgálni lehetett a Last Planner System hatásait. Valamennyi projektben tapasztalható volt egy kezdeti visszaesés a tervteljesítési százalékokban (44. ábra). Ennek oka hogy jellemzően a projektek első heteiben derülnek ki azok a helyszíni nehézségek melyekkel a magasabb szintű tervezés során még nem voltak ismertek. Másrészt a projekt kezdeti fázisában a résztvevők felismerték, hogy érdemes reálisan meghatározniuk a következő heti feladat mennyiséget. A heti szintű megrendelések rendszerét hamar megszokták a résztvevők. A problémát az jelentette, hogy a magas szállítási költségek miatt sokszor költséghatékonyabb volt készletezni az anyagokat. A bevezetés tapasztalatai alapján megállapítható, hogy a just in time és a húzó elvű anyagellátás megvalósításához szükséges a beszállítási igények körjáratokba történő rendezése.

Amennyiben az adott hétre kitűzött valamelyik feladat nem teljesült teljes mértékben, a nem teljesült feladatok okainak elemzésére van szükség. Az elemzéseket a tervezésben résztvevőkkel végeztük el. A nemteljesülés okait csoportosítottam a probléma eredete alapján.

Ilyen módon az alábbi kategóriákat hoztam létre a nem teljesült feladatok gyökérokai részére:

I. Gyökérok típusa szerinti kategóriák:

a. Műszaki tervezés hiba.

- b. Megrendelői kommunikáció.
- c. Létszámhiány.
- d. Szervezeti problémák.
- e. Előre nem látható műszaki esemény.
- f. Munkaszervezés.

II. Szervezeti besorolás szerinti kategóriák:

- a. Megrendelőre visszavezethető okok.
- b. Saját szervezeten belüli okok.
- c. Alvállalkozókra visszavezethető okok.
- d. Egyéb külső okok.

A nem teljesült heti feladatok vizsgálatára az 5 Miért módszert használtam. A módszer hátránya, hogy a kérdezőnek ügyelnie kell arra, hogy ne álljon meg abban az esetben sem, amikor látszólagosan megtalálta a lehetséges választ. Ezt jómagam is többször tapasztaltam, amikor a kérdésekre kapott válaszok során a kérdezett személy úgy érezhette, hogy a személyes felelősség az övé az adott probléma kialakulása miatt. Ilyen esetekben mindig tisztázni kellett, hogy a vizsgálat célja nem a személyes felelősök megtalálása, és felelősségre vonása, hanem végső soron a kiváltó okokra szeretnénk megoldást találni.

9. táblázat: Egy nem teljesült feladat kiértékelése 5 miért módszerrel

Kérdés	VÁLASZOK	VESZTESÉG KATEGÓRIA	SZERVEZET SZERINTI KATEGÓRIA	SZERVEZET SZERINTI KATEGÓRIA
<u>Miért?</u>	Trapézlemez rendelés - beszállítás csúszott	-	-	-
<u>Miért?</u>	Meg kellett várni a tartószerkezetek beépítését, hogy a méreteket ellenőrizni lehessen	-	-	-
<u>Miért?</u>	Újra kellett tervezni a statikát	-	-	-
<u>Miért?</u>	Az eredeti statikai terv lényegesen túl volt méretezve	-	-	-
<u>Miért?</u>	Biztonsági okokból méretezte túl a statikai tervező	Műszaki tervezési hiba	Műszaki tervezési hiba	Alvállalkozó statikus tervező

Forrás: Saját szerkesztés

A bevezetésben résztvevő vállalatoknál nem volt lehetőség célszoftvert használni a Last Planner System és a just in time alapú megrendelések adminisztrációjára, ezért létrehoztam egy MS Excel alapú nyilvántartó alkalmazást, melyet folyamatosan fejlesztettem. Látható volt azonban, hogy nagyon sok adminisztrációra és kommunikációra volt szükség amiatt, hogy nem egy integrált rendszerben történt a projekttervezés a megrendelések regisztrációja,

és a készletkezelés. Levonható az a következtetés, hogy a húzó elvű anyagellátás bevezetéséhez szükséges egy integrált informatikai rendszer.

4.4. A just in time és a kanban együttes építőipari alkalmazásának ellátási lánc modellje

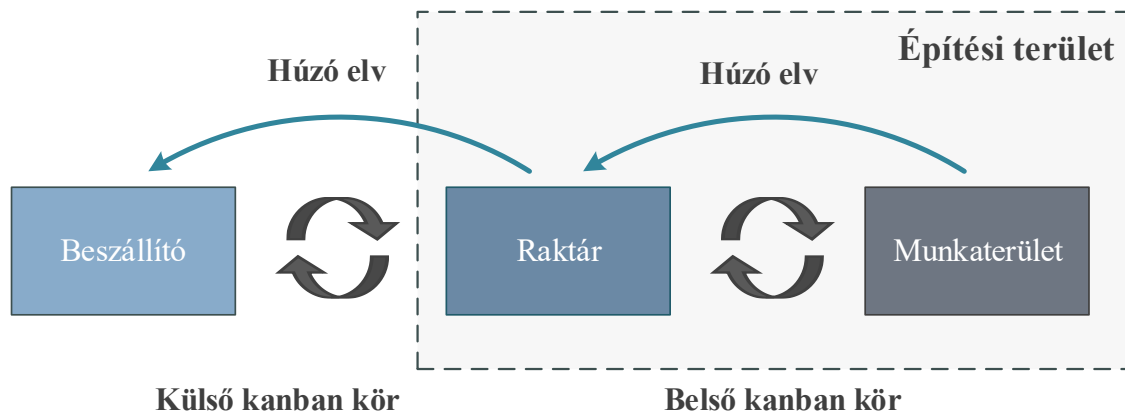
A kanban rendszert a 40-es években a japán Toyota gyár alkalmazta először, produktivitásának növelése érdekében. A vizuális irányítás egyik eszköze, és a just in time működés alapkövetelménye (MONDEN, 1998). A lean gyártó iparban, a kanban egy fejlett vizuális irányító rendszer, a túltermelés megszüntetésére, a vevői igényekre való rugalmas válaszadásra, és a költségek csökkentésére, a veszteségek megszüntetésével. Megvalósításához általában kártyákat alkalmazunk (kanban-kártyák), az ezen található információk az adott folyamat számára szükséges adatokat tartalmazzák (WOMACK - JONES, 2003). Általánosságban elmondható, hogy minden kanban kártyán szerepelni kell: a termék vagy folyamat nevének, mennyiségnek, illetve, hogy honnan és hová kell történnie a szállításnak. Manapság már léteznek digitális kanban rendszerek is (TEZEL et al., 2010). Használatával a „toló” elv helyett, a „húzó” elv érvényesül. Ez azt jelenti, hogy az adott folyamat (szállítás, gyártás, stb.) csak akkor kezdődhet meg, ha rendelkezésre áll az indításához szükséges kanban kártya.

Az építőiparban alapvetően kétfajta kanban használható, a termelési és a szállítási, az első vezérli a helyben készített anyagok gyártását és utánpótlását, míg a második vezérli azon anyagok utánpótlását melyek nem az építési területen kerülnek előállításra (SZTRAPKOVICS et al., 2013).

A termelési kanbant, azaz a belső szállítások vezérlését, és a telephelyen történő alapanyaggyártást nemzetközi szinten már több projektben is alkalmazták (BURGOS - COSTA, 2010). A fő probléma a nemzetközi irodalomban megjelenő esettanulmányok esetében a kommunikáció és az átláthatóság hiánya volt, továbbá, hogy a dolgozók nem voltak megfelelően tájékoztatva a tervekkel, és a kivitelezéssel kapcsolatban csak részinformációkkal rendelkeztek, többek között a bevezetésre kerülő kanban rendszerről sem kaptak teljeskörű tájékoztatást (TEZEL et al., 2018). A nemzetközi példák esetében valamennyi projekt esetében heti tervek alapján dolgoztak, valamint a heti terveknek megfelelően állították be a kanban mennyiségeket, azonban utólag nem vizsgálták sem ezen tervek teljesülését, sem az esetleges csúszások okait, azaz nem alkalmazták az LPS rendszert a kanban bevezetésével egyidőben.

A kiválasztott projektben a munkaterületen történő készletmozgások kezelésére és a beszállítói megrendelések kezelésére is kanban rendszer került bevezetésre, melyet

összehangoltam az alkalmazott projekttervezési módszertannal. A beszállítói kanban mennyiségek meghatározása a heti tervek alapján meghatározott igények alapján történt.



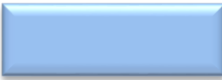
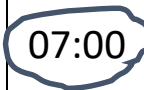
45. ábra: Bevezetett kanban rendszer felépítése

Forrás: Saját szerkesztés

Az esettanulmányok megmutatták (ARBULU et al., 2003), (BURGOS - COSTA, 2010), (PHENG - SHANG, 2011), hogy a Kanban rendszer alkalmazásával az építőiparban is hasonló eredményeket lehet elérni, mint a gyártó iparban. Az építőipar sajátos környezete ezért a kanban technikák bizonyos szintű módosításokat igényelnek a megfelelő működés elérésének érdekében, emellett a nemzetközi példákban jól megmutatkozott, hogy a kanban rendszer az LPS rendszerbe integrálva tud jelentős eredményeket elérni. Az alkalmazási példákban már voltak próbálkozások a két rendszer integrációjára, és a just in time bizonyos területeken való bevezetésére. Azonban elmondható, hogy az eddigi esettanulmányokban a kanban inkább együtt, mint integrálva alkalmazták az LPS-el, a gyakorlati bevezetés során a céloom (az informatikai akadályok ellenére) a két rendszer szoros integrációja volt.

Az építési területen belül az anyagok kanban kártyák kíséretében mozognak. A termelési területen alkalmazott kanban-okkal ellentétben az építési területen bizonyos információk kitöltése csak a kiszállításkor lehetséges a folyamatosan változó helyszín és alvállalkozói kör miatt. Ezért a kártya tervezése során kialakítottam filccel kitöltendő adatokat, melyet a művezető a helyszínen tud kitölteni.

KANBAN	
termék neve:	KG-PVC DN110/110 ág 45°

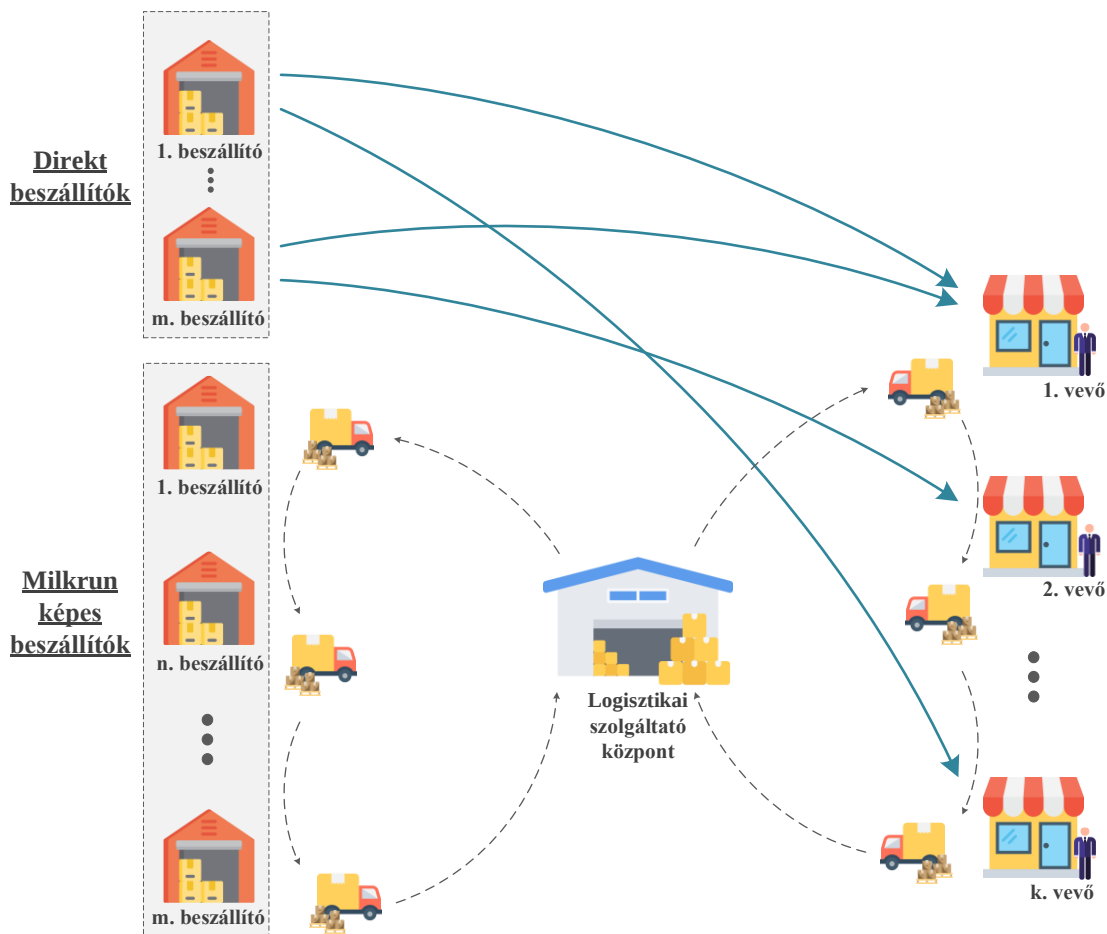
termék cikkszáma: KGPVC110/110X45	termék fényképe: 
kiszárlés mennyisége: 4 db	
raktárhely: A.2.1.	raktárhely színekódja: 
alvállalkozónak (filccel kitölteni): <i>Példa Alvállalkozó Kft.</i>	beépítés helye (filccel kitölteni): <i>1-0-0 szakasz 23-24j. aknaköz</i>
kiszállítás napja (filccel kitölteni): <i>2019.02.10.</i>	melyik fordulóval (filccel bekarikázni):  07:00 11:00 16:00

46. ábra – KANBAN kártya a DN 110 átmérőjű, 45°-os Y-idom esetében, a munkavégzés helyszínén kitöltve

Forrás: Saját szerkesztés

A kártyák begyűjtése, illetve az anyagszükségletek kielégítése milkrun rendszerben történt, napi háromszori kiszállítással és kártyabegyűjtéssel (7 órakor, 10 órakor, illetve 16 órakor). A fix menetrendes kiszállításhoz nagyon hamar hozzászoktak a kollégák, hiszen egyszerűen tervezhetővé tette a napi operációt és jelentősen csökkentette a szükséges verbális kommunikációk számosságát. A külső kanban rendszer esetében elmondható, hogy a nagyszámú beszállítói állomány miatt, ahhoz, hogy a szállítási költség ne növekedjen drasztikusan nagyon magas újra rendelési szinteket kellett beállítani. Ennek oka hogy a beszállítók között jelenleg nincsen semmilyen együttműködés, egymástól függetlenül szervezik szállításaikat. Ez viszont nagyon magas készletszinteket eredményezett az építési területen, és csak korlátozottan volt alkalmazható a just in time rendszer. A bevezetés tapasztalatai alapján elmondható, hogy a just in time rendszer bevezetéséhez szükséges a hazai építőiparban jelenleg alkalmazott ellátási lánc modelljének újragondolása. A magas készletszintek ellenére a húzó rendszerű anyagellátás bevezetése, és összekapcsolása a heti tervezés folyamatával 12%-kal csökkent az építési területen tárolt készletszint. További jelentős készletcsökkentés az építési területen a szállítási költségek emelkedése nélkül csak az ellátási lánc modell átalakításával lehetséges.

A célom egy olyan ellátási lánc modell kidolgozása mely segítségével lehetővé válik a just in time alkalmazása az építőiparban. A nemzetközi példák és a hazai építőipari bevezetési tapasztalataim alapján látható, hogy a just in time alkalmazhatóságának a legnagyobb akadálya a beszállítók nagy száma, valamint alacsony megbízhatóságuk. Ebből adódóan ellátási lánc oldalról úgy tudjuk megteremteni a just in time feltételeit, ha egy harmadik szereplő közbeiktatásával csökkentjük a szereplők számát és növeljük azok megbízhatóságát (47. ábra). Logisztikai központok használata, amelyekben a különböző beszállítóktól rendelt alapanyagokat tárolják és kezelik, csökkenti a több beszállítóból eredő kiszámíthatatlanságot, és kiküszöböli az építési területen felhalmozódó készleteket. Jellemzően azok az anyagok kezelhetők így, amelyek általánosságban használatosak építkezések során (pl. cement, téglák, habarcs stb.) (ARBULU - BALLARD, 2004). Érdemes a logisztikai központnak az építési területtől félnapos utánpótlási időn belül lennie (ez Magyarországon akár egy Budapest környéki logisztikai központ létrehozásával megoldható), hiszen így jelentősen csökkenthetők a szállítási bizonytalanságok. Kutatások szerint ennél nagyobb idő esetén a szállítási bizonytalanságok kiküszöbölése miatt jelentős puffert készleteket kell tartani az építési területen, ilyen távolságban viszont lehetővé válnak a napi szintű beszállítások (ARBULU - BALLARD, 2004). Természetesen vannak olyan alapanyagok, melyek kiszállításába nem érdemes bevonni a logisztikai központokat. Ennek oka lehet technológiai: például a beton vagy az aszfalt esetében, ahol csak a felhasználás előtt meghatározott idővel állítják elő az anyagot és egyből megkezdik annak kiszállítását. A másik ilyen tipikus anyagcsoport az egyedi gyártású idomok, melyek speciálisan az adott építkezésre és/vagy az adott művelethez készülnek. Ezek az anyagok az általam kidolgozott modellben továbbra is direkt módon kerülnek kiszállításra.



47. ábra: A just in time képes építőipari ellátás lánc modellje

Forrás: Saját szerkesztés

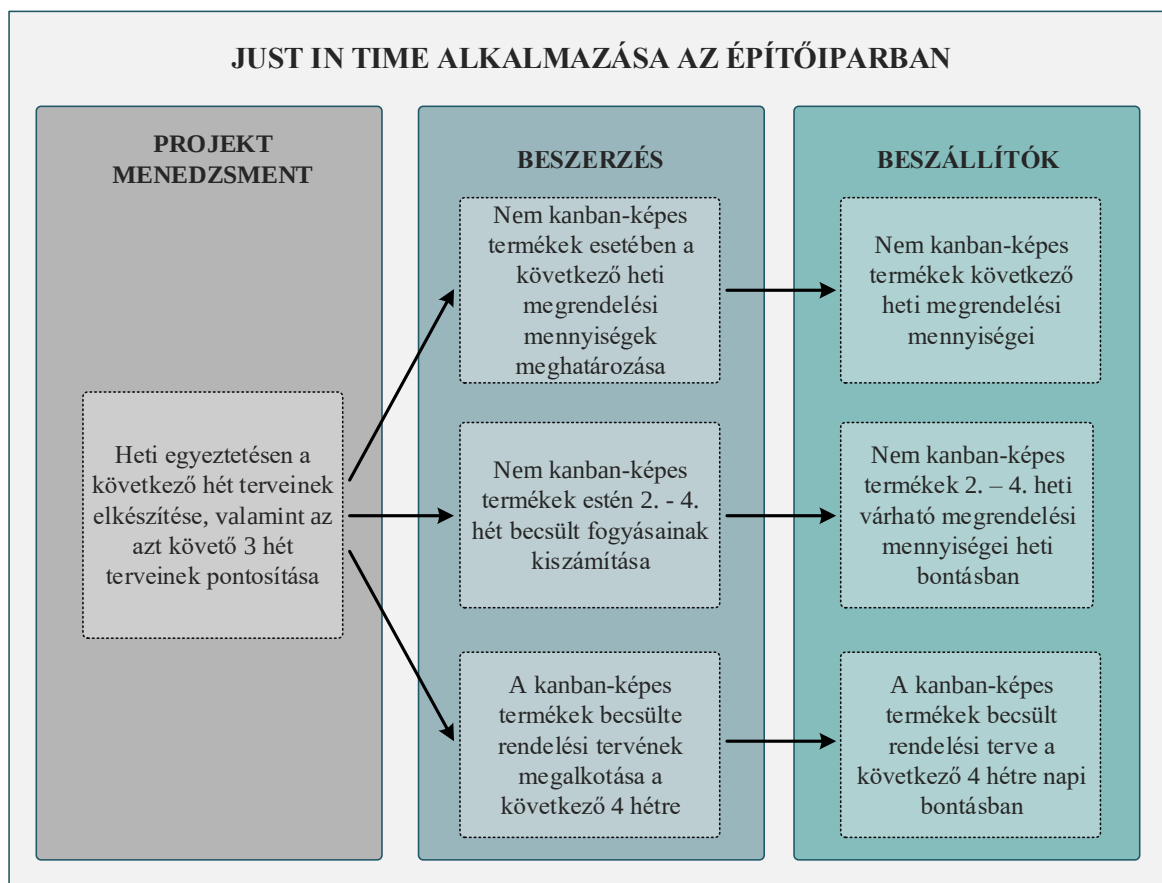
A megalkotott modellben a logisztikai központok beszállítása, és az onnan való kiszállítás is (ha lehetőség van rá) milkrun rendszerben történne, azaz ha lehet, akkor a járat több beszállítót, valamint vevőt érintene. A logisztikai központokból napi kiszállítás megvalósulása lenne ideális az építési területre, azaz mindig a megelőző napon készítik össze a következő napra szükséges alapanyagokat (SZTRAPKOVICS et al., 2014). A napi kiszállítás alapvető követelménye a szoros kommunikáció a központ és az építési terület között. Fontos a húzó filozófia megvalósítása, azaz a központból csak az építési területen megjelenő valós igényeknek megfelelően történjen a kiszállítás. Ennek megvalósítása érdekében érdemes korszerű igényvezérelt anyag utánpótlási technikákat implementálni, mint például kanban. Belátható, hogy a logisztikai központok közbeiktatása egy makró szintű fejlesztés, azaz akkor lehet életképes, ha egy időben több projekt is alkalmazza azt, azaz nem elegendő szigetszerűen egy-két vállalatnál bevezetni a módszertant, hanem iparági szintű döntés szükséges a rendszer bevezetéséhez.

Ahhoz hogy a vázolt modell igazán hatékony legyen mindenképpen cél a logisztikai központban kezelhető termékek arányának a növelése, hiszen igazán ezen a területen érhető el költségmegtakarítás. Ahhoz hogy e termékek aránya növelhető legyen fontos lenne az egyes projektekben felhasznált termékek standardizálása. Az építőipar beszállítók és gyártók termékpalettája jóval a szükséges mennyiség felett van. Ezt példázza, hogy Glenn Ballard egyik Kanban kutatása folyamán (ARBULU et al., 2003) megfigyelték, hogy az 5 beszállító egyenként 1500 különböző termékkel rendelkezik. A vizsgált vállalatok raktárai pedig mindösszesen 800féle termék befogadására képesek. Az összes termékek 97,6 %-ának havi igényei 0-100 egység közé estek, és 91,2 %-uknak 0-20 egység közé. Ennek a problémának a gyökere a beszállítói katalógusból való válogatás (kb. 2000 termékes), egy speciális katalógus helyett, amiben egységes és standardizált termékek lennének. Ugyan az építőiparban alapvetően az egyedi termékek előállítása a jellemző, de ez továbbra is elérhető lenne egyes szerkezeti elemek standardizálásával. Ezzel a megoldással a beszállítók készletei csökkennének, és a kiszállítások is egyszerűsödnek. Vállalati oldalról nézve szintén készlet csökkenés lépne fel, ezenfelül az egyes beszállítóktól való nagyfokú függés is megszűnhetne, egyszerűsödne a termékek nyilvántartása.

Ahogyan az előző fejezetben ismertetésre került, valamint ahogyan azt a nemzetközi példák is mutatják a just in time bevezetéséhez szükséges feltétel a részletes és naprakész projekttervek megléte, hiszen csak e projekttervek alapján előrejelezhetők a pontos alapanyagigények. A nemzetközi bevezetések során az alapot az LPS bevezetése jelentette, és a projektek rendkívül sikeresek voltak. Két jelentős hiányosságra azonban rámutattak, egyrészt a valós idejű készletkövetés hiányára, másrészt a megrendelések valamilyen szintű standardizálásának igényére. A projektek során a heti tervekből láthatóvá váltak a várható igények, azonban a pontos készletek nem voltak ismertek, így a rendelési folyamatok sem váltak automatizálhatóvá. A rendelési folyamatok standardizálásának egyik módja a kanban rendszer bevezetése az alapanyag beszerzések során. A kanban rendszert csak azon alapanyagok rendelési folyamatában lehet azonban bevezetni, amelyek felhasználása viszonylag állandó, és a projekt időben jelentős részében történik (például sóder, cement), ezek a termékek az úgynevezett, kanban képes termékek hívjuk (SZTRAPKOVICS et al., 2014). Azon alapanyagok esetében, amelyek csak rövid időszakokban kerülnek felhasználásra egy adott művelethez köthetően (például egyedi gyártású idomok), nem alkalmazható a kanban rendszer.

A kanban képes termékek esetében a rendelési folyamat megegyezik a feldolgozóiparban már jól megismert folyamattal, azaz ha a készlet a kritikus szint alá csökken, akkor a rendszer

rendel egy kanban kártyának megfelelő mennyiséget a beszállítótól. Ez a rendelés akár történhet teljesen automatikusan is, ez alól kivételt képez a projekt utolsó időszaka, amikor mindenképpen fontos, hogy a beszerző jóváhagyja a rendeléseket (hiszen ekkor már nem biztos, hogy a projekt során fel fognak használni annyit az adott alapanyagból, hogy szükséges legyen még az utánrendelés).



48. ábra: A just in time az LPS és a kanban együttes alkalmazásának egy lehetséges módszertana

Forrás: Saját szerkesztés

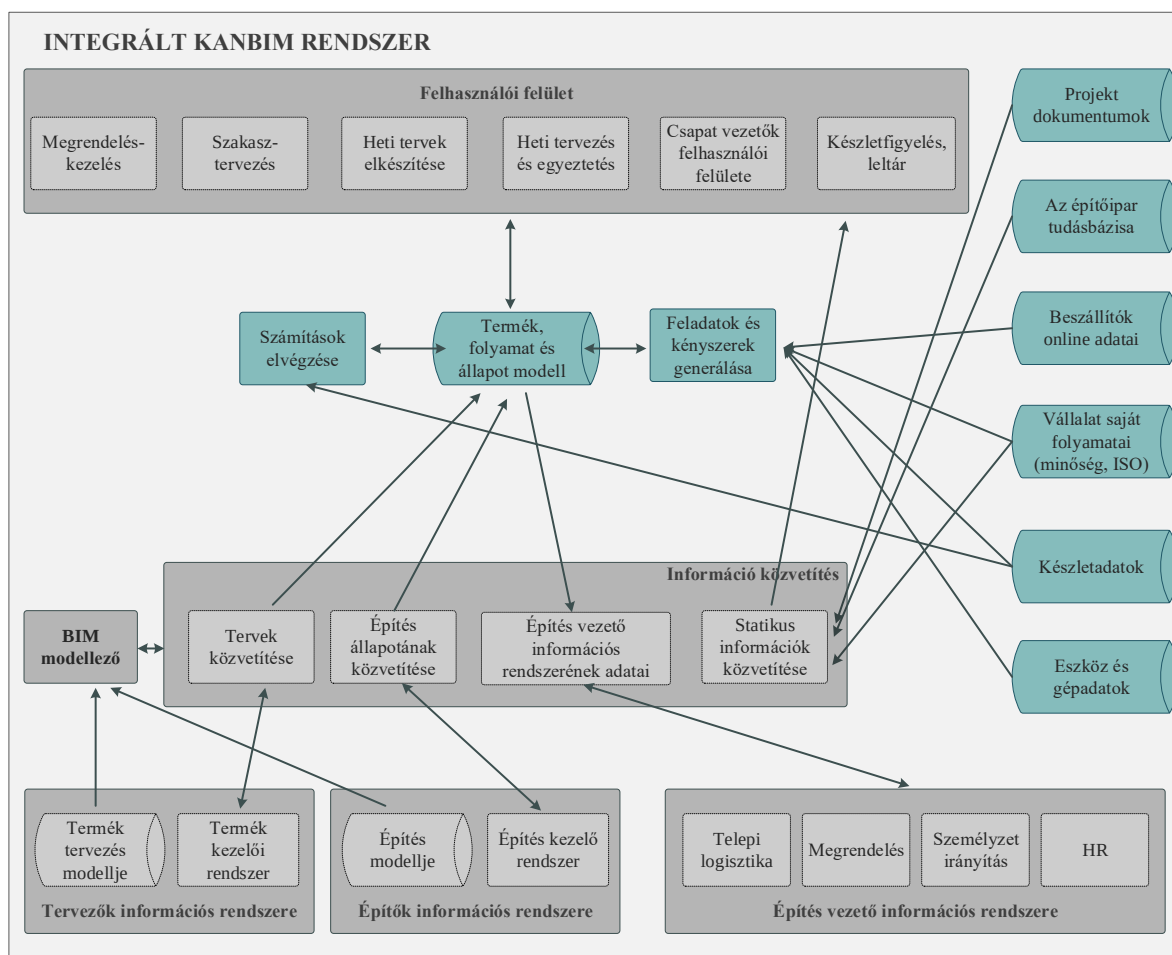
Az LPS módszertana szerinti heti egyeztetések során meghatározásra kerül a következő heti terv (48. ábra), valamint pontosításra kerülnek az azt követő három hét tervei. Ezen tervek alapján meghatározhatók a következő hét rendelési mennyiségei, valamint az azt követő három hét várható rendelési mennyiségei a beszerzés számára. Fontos, hogy a just in time csak akkor működőképes, ha a beszállítóinkat partnerként kezeljük, segítjük őket, például azzal, hogy az előre látható alapanyagigényeket elküldjük számukra (persze hangsúlyozva, hogy azok még módosulhatnak kis mértékben). Ha partnereink látják az előre várható igényeinket, akkor előre fel tudnak készülni azokra, ezáltal növelve a teljes ellátási lánc megbízhatóságát.

Látható, hogy a megalkotott modellben szétválik a kanban képes és a nem kanban képes termékek megrendelés-kezelési folyamata, a két csoport termékeinek kezelése jelentősen eltér. Ennek oka, hogy a nem kanban képes termékek igénylése alapvetően az adott feladat megkezdéséhez köthető, míg a kanban képes termékek igénylése a projekt teljeskörű haladásától függenek. A beszállítókat partnerként kezelve a középtávú terv alapján látható alapanyagigények is elküldésre kerülnek, hogy fel tudjanak készülni a jövőbeni igényekre.

A nemzetközi példák mutatják, hogy a just in time és a kanban is a Last Planner System bevezetésével mondható igazán hatékonnak. Azonban ahogy a nemzetközi példákban is látható mindezen eszközök bevezetéséhez szükséges az informatikai háttér megteremtése is, hiszen ezek nélkül a projektcsapatok gyakran erőforrás hiány miatt nem tudják elvégezni a szükséges adminisztrációs feladatokat, emellett az informatikai rendszer segít a folyamatok standardizálásában is. Az említett okok miatt az integrált rendszer megvalósításában kiemelt jelentőségű a megfelelő informatikai rendszer kiválasztása.

4.5. A KanBIM hazai építőiparra megalkotott rendszerintegrátori modellje

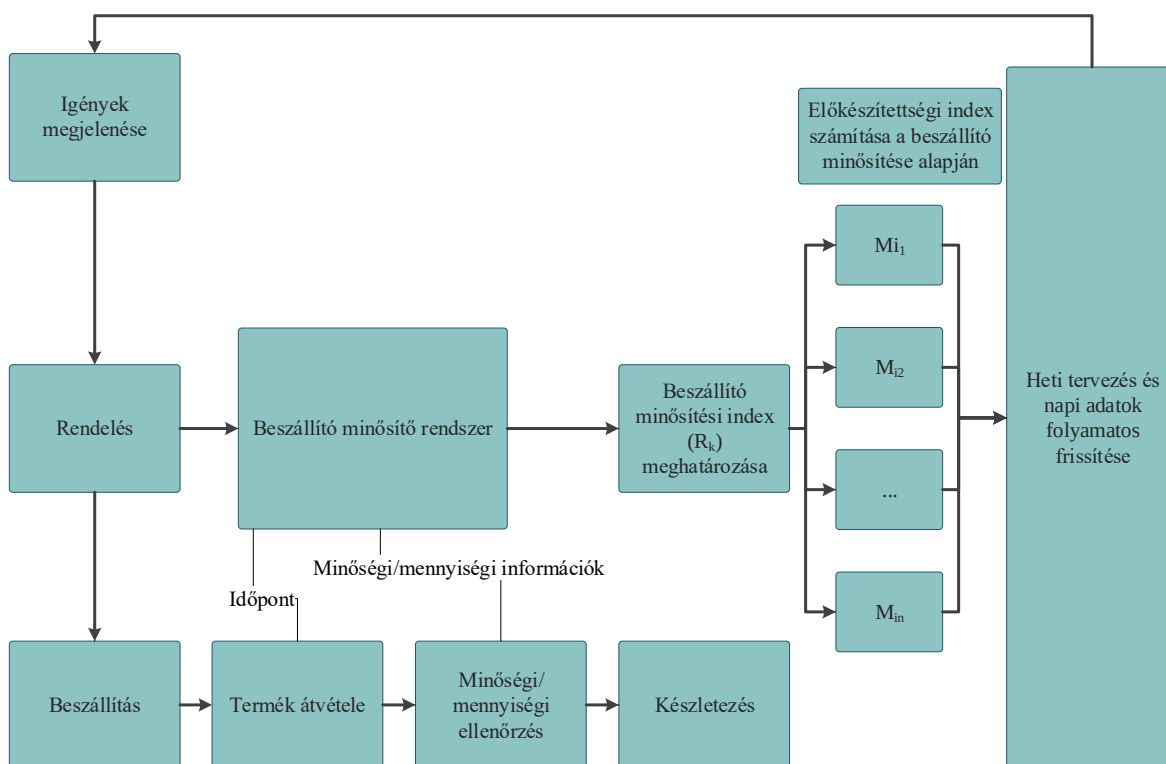
A KanBIM rendszer (49. ábra) jelenleg a legfejlettebb LPS-t támogató építőipari projektirányító szoftver. Ahhoz hogy a just in time és a kanban elvű anyagellátás is a KanBIM rendszerben valósuljon meg ahhoz szükséges a rendszer és a folyamatok kiterjesztése. A KanBIM rendszer főként az egyes folyamatok megkezdésének feltételeire, valamint a folyamat végrehajtásához szükséges erőforrásokra koncentrálni jelenleg (DAVE et al., 2016). A just in time és a kanban elvű anyagellátás megfelelő támogatásához a KanBIM rendszernek ki kell terjednie az alapanyagellátásra, valamint a rendelési folyamatok kezelésére is. Fontos hogy ezen beszerzési és készletezési folyamatok is a KanBIM rendszerben mint integrátor rendszerben legyenek vezetve és kezelve. A rendszer kiterjesztése mellett folyamatfejlesztésre is szükség van. Az integrált rendszer igazi előnye akkor domborodik ki ha a heti tervek elvégzését követően az anyagigények automatikusan generálódnának, majd ez után egy manuális jóváhagyást követően feladásra kerülnének a beszállítók felé. Ehhez két feltétel szükséges: egyrészt az egyes folyamatok pontos alapanyagigényei, másrészt a pontos alapanyagkészletek megléte.



49. ábra: A teljes vállalati rendszerhálózatot magába foglaló integrált KanBIM rendszer elméleti modellje

Forrás: Saját szerkesztés

Az integrált KanBIM rendszer fontos elem, hogy a készletezési rendszert beleépítik a szoftverbe, az eddigi gyakorlatban a rendszer nem vette figyelembe a készletadatokat, azokat külön kellett figyelnie a projekt résztvevőinek. A készletadatokat, valamint a megrendelési folyamatok integrálásának modelljét alkottam meg, és ábrázoltam a fenti ábrán. Az integrációt és az adatkezelést a standardizált termék csoportok megalkotása könnyítené meg. A fenti modell fontos alapja a partnerek szoftveres integrációja, azaz a beszállítók jóval könnyebben hozzájutnának a számukra fontos információkhoz, ha rendelkeznének az integrált informatikai rendszerben hozzáféréssel. Többek között ezért is fontos lenne a beszállítókkal való szorosabb kapcsolat tartás. A végső cél egyértelműen a teljes integráció a különböző vállalat irányítási rendszerekkel.



50. ábra: A beszállító minősítési rendszer alkalmazása a megrendelési és készletezési folyamatokban

Forrás: Saját szerkesztés

A beszállítók integrálásán túl folyamatossá kell tenni a beszállítók minősítését, valamint be kell építeni a minősítés eredményeit a tervezés folyamatába. Ahhoz hogy a projekt során folyamatosan felülvizsgálható legyen az egyes beszállítók minősítése szükséges a megrendelések, azok beérkezése és teljesítésének folyamatos követése és könyvelése az integrált rendszerben. Amennyiben az egyes megrendelések időbeni mennyiségbeli, és minőségbeli teljesítési arányának könyvelése megtörténik a rendszerben, akkor a beszállítók megbízhatósága, a heti tervezések során újra kiszámíthatóvá válik, mely megbízhatóságok megjelenhetnek ebben az esetben a fejlettségi indexben is. Azaz ha egy beszállító megbízhatósága csökken egy adott projekt során, akkor ez megjelenik a fejlettségi indexben is, azaz a projekt heti tervezése során is.

4.6. Automatizált készletkövetési rendszerek alkalmazása az építőipari logisztikában

Az alapanyagellátás integrációjához, valamint a just in time elvű anyagellátás alkalmazásához, szükség van a telephelyen lévő készletek folyamatos kontrolljára. Az építési folyamatokban a többlet alapanyag felhasználás jelentősen függ a körülményektől (páratartalom, alapanyagok minősége stb.), és a folyamatot végző személyek jártasságától,

így habár a folyamatokhoz történő készletadatok megadásával tudjuk követni a telephelyen lévő készletünket, szükséges annak időszakos felülvizsgálata (NAIM et al., 1999). A készletek kontrollja azonban nagyon nehéz kérdés építőipari területeken, hiszen jellemzően korlátozott mértékű eszközök állnak rendelkezésünkre.

A negyedik ipari forradalom célja a digitalizáció, a teljes automatizáltság megteremtése. A 4. ipari forradalom (Ipar 4.0) elterjedése egyre nagyobb nyomást helyez a gyártó vállalatokra, hogy versenyképességüket fenntartsák. Ipar 4.0 alatt a gyártási technológiák fokozatos modernizálódását, fejlett szoftverek és okos eszközök használatát értjük. Ezenkívül a termelés olyan fokú automatizálását, hogy az minden kapcsolódó termékkel kommunikálni tudjon, és önálló legyen a döntéshozatalban. Ezek a folyamatok óriási adatforgalmat generálnak, amit gyorsan, megbízhatóan, átláthatóan és a vevői igényeknek megfelelően szükséges kezelni (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018).

Az Ipar 4.0 elsőként a termelési folyamatokban jelent meg azonban látható, hogy más ágazatokban is van igény a digitalizációra, a folyamatok automatizált elvégzésére. Az Ipar 4.0 megjelenésével számos a lean menedzsment eszközeinek bevezetésekor felmerülő akadály kiküszöbölhetővé vált (MAYR et al., 2018). Az építőipari folyamatokban a képfelismerés alkalmazása jelenthet jelentős előrelépést, és segíthet elő a húzó elvű anyagellátás bevezetését.

4.6.1. A képfelismerés technológiája

A képfelismerés technológiája egyidős a számítógépekkel, már az 1960-as években is kísérleteztek ezen a téren. A '70-es évekre pedig szinte az összes ma használt algoritmus alapjával elkezdtek foglalkozni (SZELISKI - RICHARD, 2010). Az elméleti háttér ugyan hamar kidolgozásra került, de a gyakorlati alkalmazás elterjedéséhez még várni kellett. Ehhez pedig a képalkotó technológia nagyívű fejlődése és a számítógépek teljesítményének gyors növekedése kellett. Napjainkban a Google saját képfelismerő mesterséges intelligenciája 94%-os pontossággal mondja meg bármilyen képről, hogy azon mi található. Azaz látható, hogy a technológia fejlődésével a képfelismerés ipari alkalmazása is anyagilag rentábilissá vált.

A képfelismerő rendszerek legfontosabb eleme a képfeldolgozás. Képfeldolgozás alatt azt a folyamatot értjük, ami a kép elkészítésétől, az abból való szükséges információ kinyeréséig tart. A képfeldolgozás 5 lépése (KUBÁC - LUKÁS, 2016):

1. **Vizsgálat és digitalizálás:** Ez alatt tulajdonképpen a való világ leképezését értjük digitális jelként. A digitalizált képeket egyfajta koordináta rendszerben elhelyezkedő

pontok összeségének kell tekinteni, ahol minden pontnak van két koordinátája és egy világosságkódja. Ezt akár egy kétdimenziós mátrixként is értelmezhetjük.

2. **Előkészítés:** A digitalizálás során keletkezett zajokat szűri. Beállítja a vizsgálathoz szükséges tulajdonságokat (fényesség, kontraszt, stb.)
3. **Szegmentálás:** Ennek az a célja, hogy az egyes pixelek információit úgy egyszerűsítsük, hogy a későbbi vizsgálatok során hasznosabb jelentéstartalommal bírjanak. Ezt csoportokba való besorolással érhetjük el, azaz a kép szegmensekre bontásával. A szegmentálás alapja lehet a szín, a fényesség, a képen található élek vagy területek.
4. **Objektumok leírása:** A szegmentált objektumok információval való felruházása. Két alapvető módszer van a vizsgálatra. Az egyik jellemző a mennyiségi (méret, tömörség), a másik pedig a minőségi, ami az objektum és az alaki tulajdonságai közötti kapcsolatot írja le. Algoritmus függő, hogy mi a leírás alapja, ezért a különböző programok nem használhatók univerzálisan.
5. **Objektumok besorolása:** A besorolás célja a kép tartalmának megértése, az egyedi objektumok gyakori jellemzői alapján. Általában a képfelismerő szoftver előre hozzáadott mintákkal hasonlítja össze ezeket a csoportokat, és ezekből választja ki a megfelelőt, de az ilyen minták száma véges, ezért előfordulhat, hogy egyes objektumok nem azonosíthatók. Léteznek tanuló algoritmusok is, amik képesek új mintákat felismerni.

4.6.2. A képfelismerés építőipari alkalmazásai

A képfelismerést, ahogyan az Ipar 4.0-át is a feldolgozóiparban kezdték el alkalmazni. A képfelismerés alkalmazása több folyamatosan meglévő probléma együttes kiküszöbölésének lehetőségét teremti meg.

Az egyik ilyen problémakör a termékazonosítás. A régóta használt, vonalkódos azonosítás során alkalmazott, lézer szkennerek alapvető hátránya, hogy a sérült, homályos, gyűrött kódok azonosítását nehezen hajtják végre (BOHÁCS, 2004), továbbá, ha a csomagoláson több azonosító található, vagy nem megfelelően van pozicionálva az áru. Megfelelő kamerával és szoftverrel ezek a problémák mind elkerülhetők (BOHÁCS, 2004).

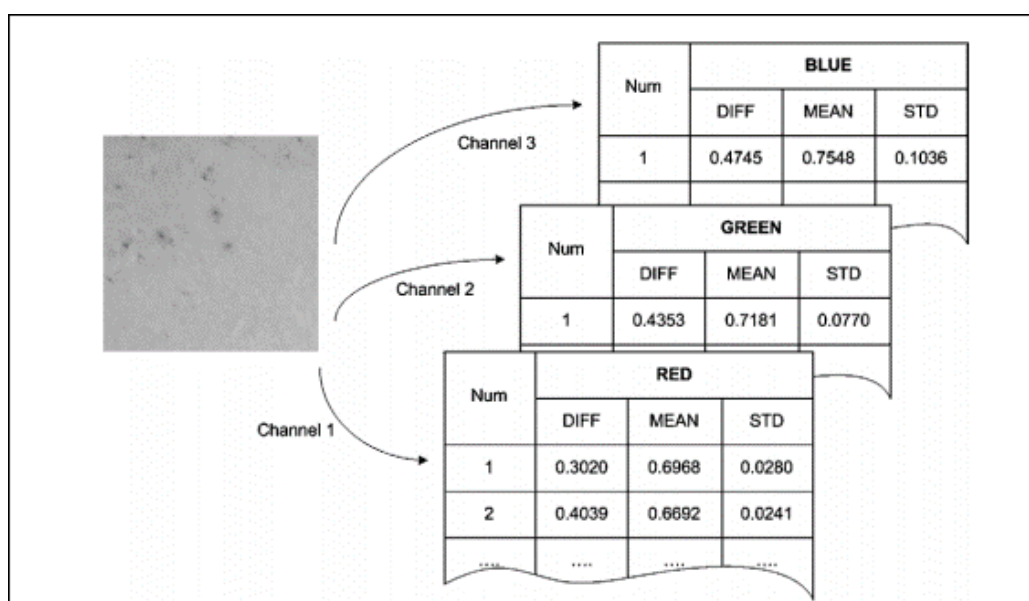
Elmondható, hogy az építőipar sajátos jellemzői ellenére, a technológiában rejlő lehetőségek miatt, folyamatos kísérletek folynak annak implementálására. Egyes módszereket pedig már sikeresen használnak napjainkban is. A különböző alkalmazások esettanulmányokon keresztül kerülnek bemutatásra. A tanulmányok alapján kategóriákat képeztem, hogy az

egyres technikák milyen funkciót töltenek be a folyamatokon belül, és ez alapján kerültek csoportokba. Ezek az alábbiak lettek:

- Minőség ellenőrzési, karbantartó funkció: amikor a képfelismerést a minőségi hibák kiküszöbölésére használjuk vagy a már kész konstrukciók időszakos vizsgálatát végezzük képfelismerés segítségével.
- Vizsgáló, mérő, ellenőrző szerep: amikor a már lezajlott folyamatokat szeretnénk vizsgálni, hatékonyságát szeretnénk mérni.
- Folyamat irányító szerep: amikor a képfelismerésből nyert információ szükséges egy folyamat végrehajtásához vagy az indít be egy adott folyamatot (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018).

Két esettanulmány is hidak karbantartásával foglalkozott. Az elsőben betonhidakon lévő repedések megtalálásához használtak azonosítást (JIEH-HAUR - MU-CHUN, 2009). A képek rendelkezésre álltak mivel a jelenlegi gyakorlat szerint is ez alapján vizsgálódtak. Az alkalmazott módszer segítségével 90%-os pontosságot tudtak teljesíteni. Itt meg kell jegyezni, hogy nem csak az képezte a rendszer pontosságát, hogy a repedéseket sikeresen megtalálja-e a szoftver, hanem az is, hogy ott, ahol nem található repedés, ott a rendszer se jelezzon, azaz ne mutasson ki nem létező hibát (BALALI - GOLPARVAR, 2015).

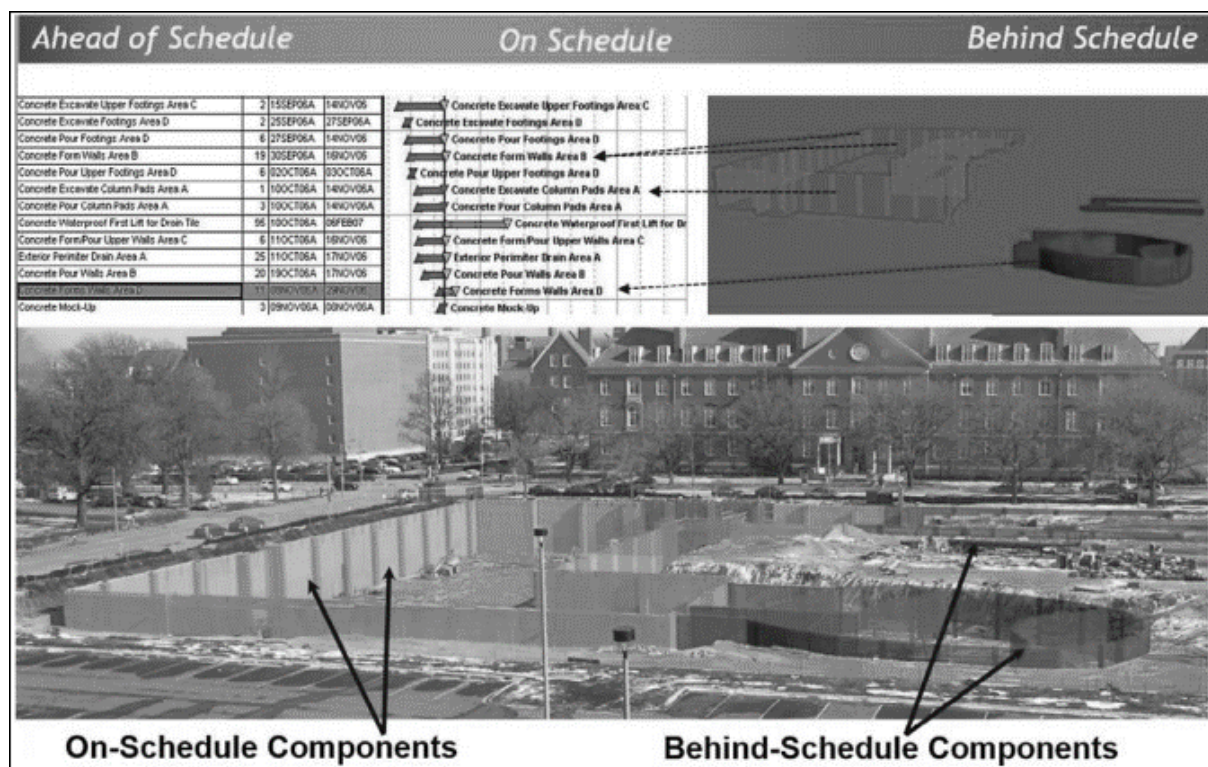
A második esettanulmány során (51. ábra) hidak fémszerkezetén megjelenő rozsdát próbálták felismerni (SANGWOOK et al., 2006), 85%-os pontosságot sikerült elérni. Itt a fő kihívást az alapfelülettől való színeltérés keresése jelentette, főleg az árnyékosabb, sötétebb részekben. Az ilyen és ehhez hasonló problémákat különböző javító algoritmusokkal lehet korrigálni (KUO-WEI - YI-TING, 2016).



51. ábra Rozsda felismerése

Forrás: (SANGWOOK et al., 2006)

Az azonnali beavatkozási lehetőség az építőiparban különösen fontos, hogy az operatív munkafolyamatok mentetét ne szakítsuk meg a dolgozók ne essenek ki az operációból. Ehhez az egyes folyamatoknak visszajelző funkcióval kell rendelkezniük (TURKAN et al., 2012) amihez megfelelő adatgyűjtő eszközök szükségesek. A képfelismerés összekapcsolható a BIM-el (Building Information Modell), ami szintén újszerű technológia, segítségével az egész építkezés felügyelhető a projekt kezdetétől, egészen az épület átadásáig (YANG et al., 2015). A képfelismerés itt alapvetően, a jól működő BIM számára elengedhetetlen, folyamatos információ szerzést valósítja meg az építés aktuális állapotáról. A program feltérképezi az építkezés állapotát, és összehasonlítja a tervezett állással (KIM et al., 2013). Ha szükséges a program képes feladatok és erőforrások átcsoportosítására a zökkenőmentes haladás támogatása érdekében.



52. ábra BIM ütemezés

Forrás: (KIM et al., 2016)

Egy esetben az építési területen található betonozott részek felismerhetőségét és lokalizálhatóságát vizsgálták, különböző tanuló algoritmusok segítségével (ZHU - BRILAKIS, 2010). A szoftverek betanítása manuálisan történt. Több száz korábban készített, természetes megvilágítású, képen jelölték ki azokat a részeket a programok számára ahol beton található (52. ábra). Ezáltal a képfelismerő rendszer képes lesz a tipikus

beton „mintákat” azonosítani, a fotókon azt megtalálni, és egy előre beállított szín szerint azt kiszínezni. A tesztek során hasonló módszerrel dolgoztak, az algoritmusok által betonnak minősített részeket hasonlították össze a manuálisan kiválasztott elemekkel (53. ábra). A kísérlettel átlagban 80%-os pontosságot értek el. Látható, hogy ez a pontosság még nem mérhető össze a feldolgozóiparban elvárt pontosságértékekkel, de jelen tanulmányban elegendő mértékűnek bizonyult, ezen pontossággal már lehet következtetéseket levonni az építkezés jelenlegi állására vonatkozóan.



53. ábra Betonrészek felismerése

Forrás: (ZHU - BRILAKIS, 2010)

A kísérletek alapján elmondható hogy a mai képfelismerő algoritmusok tanulással tudnak alkalmazkodni a folyamatosan változó körülményekhez, mely egy építőipari területre, és folyamatokra jellemző. Az egyik legnagyobb lehetőség láthatóan a folyamatirányítás területén történő alkalmazás lehet, a Last Planner System rendszer (LPS) bevezetésében és folyamatos használata során jelenthet jelentős erőforrásmegtakarítást. Az LPS alkalmazása során jelenleg az egyik legnagyobb probléma az egyes feladatok készültségi fokának meghatározása, nyomonkövetése (SZTRAPKOVICS, 2018), melyre megoldást nyújthat a képfelismerő szoftverek használata. Látható hogy mivel tanulásra alkalmas algoritmusokat kell alkalmazni, ezért a rendszer installációja, és betanítása jelentős beruházást jelent, azaz azon vállalatok számára jelenthet megoldást melyek több projekt során is hasonló módon tudják alkalmazni a képfelismerést. Ez jellemzően a lakóparkok irodaházakra és a vonalas építkezésekre lehet igaz.

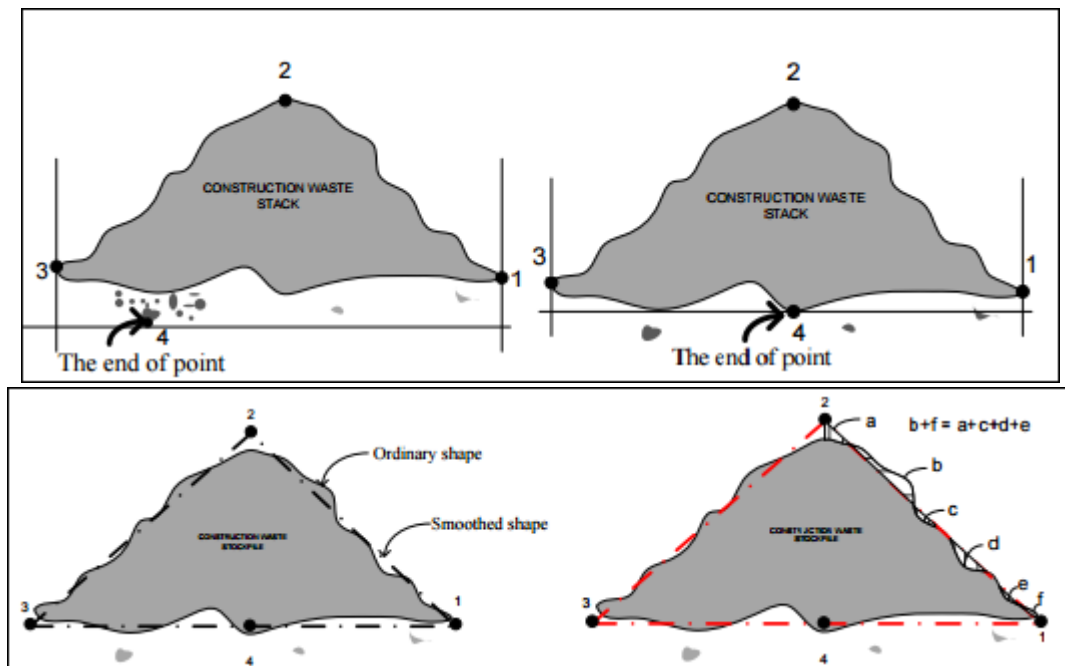
4.6.3. Képfelismerés építőipari logisztikai gyakorlati alkalmazása

Az eddig a nemzetközi gyakorlatban megvalósított építőipari alkalmazások alapján látható hogy a képfelismerés már a változó építőipari környezetben is megfelelően alkalmazhatóak. A képfelismerő szoftverek egyik jelentős alkalmazási terepe az építési területen található alapanyagkészletek figyelése lehet (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2017). A lean építőipari alkalmazása során elsődleges igényként merült fel a just in time alkalmazása az építőipari logisztikai folyamatokban, mely alkalmazásának fő aladálya hogy az építőipari projektek jó részében nincsen folyamatos készletnyilvántartás (SZTRAPKOVICS et al., 2014). A készletnyilvántartás hiányának több oka van, egyrészt a folyamatosan változó környezet miatt a felhasznált anyagok nem kerülnek lekönnyelésre, másrészt az ömlesztett anyagok esetében az anyag jellege miatt nagyon nehézkes a felhasznált mennyiségek, valamint a meglévő készlet megállapítása. Az ömlesztett anyagok készletének felméréséhez alkalmazhatóak a képfelismerő rendszerek. Ömlesztett anyagok térfogatának megállapítására építési területen, már voltak pilot projektek (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018) az építési területen felhalmozódó, ömlesztett anyag szerű hulladék, kép alapú vizsgálatával foglalkozott, amivel kifejezetten pontos eredményeket értek el. A kísérlet alapja az volt, hogy ezt a tényezőt viszonylag nehéz figyelemmel követni az építkezés során, a legjobb közelítést az azt elszállító teherautók térfogatát alapul véve kaphatjuk (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018).

Vizsgálatom tárgyát a fentiekből következően az ömlesztett anyagok térfogatának képfelismeréssel történő meghatározása képezte.

A célom egy olyan megoldás kidolgozása volt, ami egyszerre egyszerű, pontos, praktikus, és gazdaságos, hiszen ebben az esetben van esély a széleskörű alkalmazására. A kísérleti projekt során sóder és homok térfogatának meghatározásával foglalkoztam.

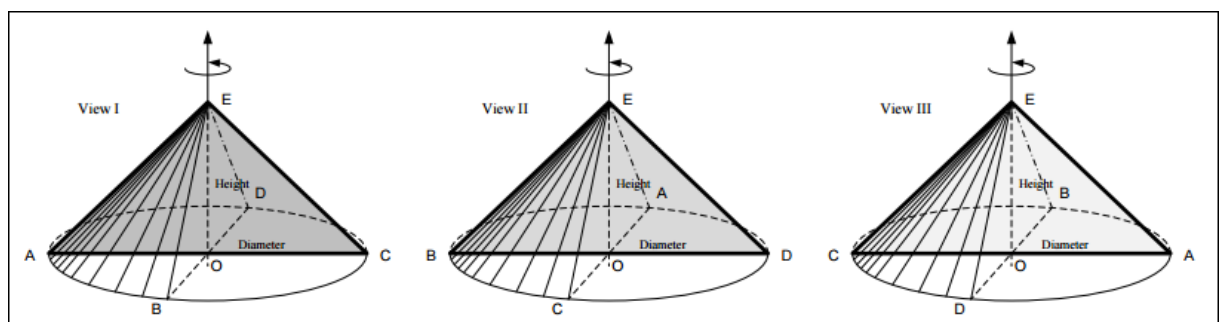
Alapvetően kúp szerű formák kerültek megfigyelésre, és ezeknek a térfogata lett kiszámolva különböző technikák segítségével (54. ábra). Ahhoz, hogy a képek elemezhetőek legyenek, elsőként a színek és a fények zavaró hatását kellett eltüntetni róluk, majd meg kellett találni a kúpos sarokpontjait. Komplexebb formák esetén több kúp összegeként került értelmezésre a forma. A megfelelő vizsgálatokhoz 3 horizontális képre volt szükség, 3 különböző nézetből (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018).



54. ábra Koordináták és a háromszög keresése

Forrás: (NUGROHO et al., 2013)

A három különböző irányú fotó három darab háromszöget adott ki, amik egymáshoz képest 90 fokkal elforgatva meghatározták a kúp alakját (55. ábra). A térfogat megállapításához tehát három adott elhelyezkedésű vetületi kép szükséges, ehhez három fix elhelyezésű kamerát használtam.



55. ábra: A térfogat meghatározásához szükséges három vetület forrás

Forrás: (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018)

Ezután néhány egyszerű képlettel már meghatározható volt a térfogat:

- d (átmérő) = $(AC+BD+CA)/3$
- m (magasság) = $(OE_1+OE_2+OE_3)/3$
- V (térfogat) = $1/3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot m$

A képfelismeréssel meghatározott térfogat pontosságát a megmaradt anyag elszállításakor tudtam ellenőrizni. Mind a sóder mind a homok esetében nagyobb mennyiségeket rendeltek és a megmaradt anyagot teherautóval elszállították és mérlegelték. Az anyagok sűrűségének ismeretében meghatározható az elszállított anyag térfogata. A homok esetében 11 a sóder esetében 8 alkalommal volt lehetőségem a mérések visszaellenőrzésére. A képfelismerés segítségével kalkulált érték és a mérlegelt érték közötti eltérés a homok esetében 6,7 %-ot, a sóder esetében 9,4 %-ot mutatott. 95%-os megbízhatósággal számolva a homok esetében a rendszer a mérések 81,8 %-án, a sóder esetében a mérések 62,5%-án az előre megadott alsó és felső határértékek között mozgott. A sóder esetében a nagyobb eltérések egyik magyarázata az anyag sűrűségének inhomogenitása, amely különösen jellemző az egy helyen tárolt anyagra (az alsóbb rétegeknek magasabb a kavics tartalma) (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018).

Alsó határérték: $x_{alsó} = \bar{x} - 1,96\sigma$

Felső határérték: $x_{felső} = \bar{x} + 1,96\sigma$

Jól látható hogy a képfelismerő rendszerek segítségével kellő pontossággal meghatározhatóak az építési területen lévő alapanyagkészletek. A változó építési terület, és ezáltal gyakran változó tárolási terület miatt azonban csak abban az esetben alkalmazhatóak jól ezen rendszerek ha kellően rugalmasan tudnak alkalmazkodni a változó körülményekhez, és rövid idő alatt egyszerűen akár a dolgozók által is telepíthetőek. Utóbbiból következik hogy az építőipari logisztikában nem alkalmazhatóak a feldolgozóiparban elterjedt fixen telepített és beállított kamerás rendszerek.

Nagy lehetőség lehet a jövőben a drónok alkalmazása az építőipari képfelismerésben, ez mind a folyamatirányítói funkciók, mind az alapanyagkészletek megállapítása szempontjából áttörő eredményeket hozhat. A drónok alkalmazása egyszerű, és könnyen alkalmazkodnak a változó környezethez, ezért jelenthetnek megoldást. A drónipar közelmúltban végbement rohamos fejlődésének köszönhetően olyan eszközök állnak a rendelkezésünkre, melyek jelenlegi logisztikai rendszerekbe történő megfelelő integrálásában rendkívül nagy potenciál rejlik. Számos gyártó olyan eszközöket hoz forgalomba, melyek programozhatók, taníthatók, sőt akár önálló döntéshozatalra bírhatók így alkalmazásuk a logisztika minden területén elképzelhető a közeljövőben (THIANG et al., 2016). A drónok segítségével a folyamatosan változó helyszínen tárolásra kerülő alapanyagok térfogatának képfelismerés által történő térfogatomeghatározása is lehetővé válik. A drónok helyszíntől függetlenül tudnak vetületi képeket készíteni akár nagyszámban is, ami azért fontos mert felhasználás közben az ömlesztett anyagok gyakran nem szabályos

formában találhatóak meg az építési területen. Nem szabályos formák pontos térfogat meghatározása úgy történik hogy alap testekre bontják az amorf formákat, majd ezen testek térfogata külön-külön kerül meghatározásra (SZTRAPKOVICS - PATAKI, 2018). Kutatásomban sajnos anyagi okok miatt nem volt lehetőségem a drónok segítségével történő térfogatomeghatározás gyakorlati alkalmazására.

Gyakorlati kísérleteim bizonyítják, hogy a képfelismerő rendszerek alkalmazásával lehetővé válik a telephelyen lévő készletek időszakos felülvizsgálata, mely segítségével jelentősen növekedhet a just in time elvű anyagellátás bevezetésének lehetősége. A készletek automatizált vizsgálatával csökkenthető a telephelyen tárolt anyagok mennyisége, valamint hosszútávon az egyes folyamatokhoz szükséges anyagszükségletek is pontosíthatóak.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Ebben a fejezetben összefoglalom a kutatásom főbb célkitűzéseit, hipotéziseit, valamint az ezekkel kapcsolatos főbb megállapításokat. Ezt követően összegyűjtöm a kutatásom során tapasztalt legfőbb korlátokat, valamint, hogy milyen feltételek szükségesek ezen korlátozó feltételek megszűnéséhez.

A disszertációm alaptézise a nemzetközi szakirodalom, valamint kutatásaim alapján: A feldolgozóiparban nagy sikerrel alkalmazott lean menedzsment implementációja nem csak az építőipari folyamatokban, de az építőipari logisztikában is lehetséges, alkalmazásával jelentős hatékonyságnövekedés érhető el az építőipari ellátási lánc valamennyi tagja számára, és megvalósíthatóvá válik a húzó elvű anyagellátás.

Az alaphipotézisem helytállóságát a megfogalmazott célkitűzésekkel és az azokon alapuló mellékhipotézisekkel vizsgálom.

C1. Az építőipar és a feldolgozóipar folyamatainak fejlettségi szint alapján történő összehasonlítása, a hatékonyságbeli különbségek okainak feltárása és az eltérő iparági jellegek folyamatokra gyakorolt hatásainak elemzése.

Kutatásom első lépése az volt, hogy megvizsgáljam milyen területeken tér el egymástól az építőipar és a feldolgozóipar. A feldolgozóiparban sikerrel alkalmazzák több évtizede a lean eszközöket, melyek szorosan beépültek az iparági gyakorlatokba, ezért fontos volt megvizsgálni, hogy milyen eltérés van a két iparág között. Alapvetően kutatásaim során megállapítottam, hogy jelentős eltérés az építőipar projekt jellege miatt van. A folyamatok folyamatosan változó helyszíneken, változó körülmények között valósulnak meg. Disszertációmban sorra vettem a két iparág közti egyezőségeket, és különbségeket, azaz ezen célkitűzésemet teljesítettem.

C2. Az építőipari logisztika, mint terület lehatárolása sajátosságainak feltárása, a terület főbb feladatainak és funkcióinak összegyűjtése, majd ezen információk alapján az építőipari logisztika definiálása.

Az építőipar és a feldolgozóipar részletes vizsgálatát követően, az építőipari logisztikát helyeztem kutatásom fókuszába. Elsőként az építőiparban megjelenő ellátási láncot vizsgáltam, figyelembe véve az építés helyszínétől függő sajátosságokat. Ezt követően az építőipari logisztika szervezeti megjelenési formáit vizsgáltam, elmondható, hogy a logisztika, mint különálló szervezeti egység nem jelenik meg az építési projektek döntő többségében, azaz csak különböző félinformális rendszereken keresztül valósulnak meg a logisztikai folyamatok.

Kutatásaim alapján az építőipari logisztika definíciója az alábbiak szerint fogalmazható meg: építési területen belüli anyagáramok, valamint az ezt kiszolgáló ellátási logisztikai folyamatok irányítása, szervezése, tervezése, ellenőrzése meghatározott időn, helyen, pénzügyi kereteken belül.

C3. A lean menedzsment egyes eszközeinek építőipari alkalmazását bemutató esettanulmányok és szakirodalmak rendszerezése, elemzése, majd az eredmények értékelését követően eldönteni, hogy mely eszközök alkalmazhatóak hatékonyan az építőipari logisztikában.

Ezen célkitűzésemhez kapcsolódóan két hipotézist alkottam. A H1 hipotézis a következő: *Az építőipar feldolgozóipartól jelentősen eltérő jellege ellenére a feldolgozóiparban már sikerrel alkalmazott lean módszertanok bizonyos korlátok és sajátosságok figyelembe vételével eredményesen alkalmazhatóak az építőiparban is.* Első lépésben áttekintettem a lean eredetét, és főbb alapelveit, majd ezt követően vizsgáltam, hogy ezen alapelvek, hogy alkalmazhatóak a már általam definiált építőipari logisztikai folyamatokban. Áttekintve a nemzetközi szakirodalmat, kutatásaim alátámasztják, hogy a lean menedzsment sikerrel alkalmazható az építőipari logisztikában is. A nemzetközi szakirodalom és kutatásaim alapján **az első hipotézisemet igazoltnak tekintem.**

A harmadik célkitűzésemhez kapcsolódóan megfogalmaztam egy újabb hipotézist, ugyanis a lean eszközök alkalmazása mellett egyre fontosabb a logisztika környezetterhelésének csökkentése is. A H2 hipotézis a következő: *A lean menedzsment építőipari bevezetésével az építési projektek környezetterhelése is jelentős mértékben csökkenthető.* Kutatásomban a lean építőipari logisztikában való alkalmazhatóságának vizsgálatával párhuzamosan feltártam a lean eszközök bevezetésével elérhető környezetterhelést csökkentő lehetőségeket. Néhány lean eszköz esetében speciális a környezetvédelemre fókuszáló módszertani módosítást is vizsgáltam, valamint ezek gyakorlati alkalmazhatóságát az építőipari logisztikában. Az építőipar fajlagosan jóval magasabb környezetterhelést okoz mint a feldolgozóipar, és látható hogy a lean menedzsment bevezetésével nemcsak a veszteségek, de a „zöld veszteségek” is visszaszoríthatók, mindezek alapján elmondható hogy **a második hipotézisemet is igazoltnak tekintem.**

C4. Projekttervezési módszertanok és azok rendelkezésre álló szoftveres támogatásainak áttekintése, esettanulmányokon keresztül a gyakorlati alkalmazhatóságuk elemzése, fejlesztési irányok kijelölése.

A feldolgozóiparral történő összehasonlítás eredményeként láthatóvá vált, hogy a legfontosabb különbség a projektjellegű munkavégzés, ebből adódóan ahhoz, hogy sikerrel

bevezethetőek legyenek a lean módszertanok, szükséges korszerű projekttervezési módszertanok alkalmazása, megfelelő szoftveres támogatással. Disszertációmban bemutatom a lean építőipari alkalmazásával párhuzamosan kidolgozott projekttervezési módszertant a Last Planner Systemet. Nemzetközi esettanulmányok bizonyítják, hogy a lean eszközök alkalmazásával abban az esetben alkalmazhatók ki a megfelelő megtakarítási potenciálok, ha a Last Planner System is bevezetésre kerül. A legújabb kutatások már alapvetésként kezelik a Last Planner System bevezetését a lean építőiparban. A Last Planner alkalmazásának egyik hátránya, hogy jelentős adminisztrációval jár, keretrendszere merev, éppen ezért a hatékony alkalmazásához szükséges a szoftveres támogatás. Kutatásaim során bemutatott esettanulmányok alapján láthatóvá válik, hogy a Last Planner System szoftveres támogatással történő alkalmazása, jelentősen csökkenti a veszteségeket, valamint csökkenti az építési projektek során tapasztalható késedelmes teljesítések nagyságát.

C5. A hazai építőipar jelenlegi helyzetének áttekintése, egyrészt a főbb gazdasági folyamatok tekintetében, másrészt a jelenlegi ellátási lánc fejlettsége szempontjából, a felmérés eredményei alapján eldönteni, hogy alkalmasak-e a hazai építőipari vállalatok jelenleg a lean elvű anyagellátási módszertanok bevezetésére.

A nemzetközi kutatásokat követően a nemzetközi tapasztalatok, legjobb gyakorlatok, hazai iparágba történő lehetséges implementációját vizsgáltam, ehhez kapcsolódóan az alábbi hipotézist fogalmaztam meg: *H3. A hazai építőipar széleskörű iparági felmérése, valamint gyakorlati bevezetési projektek megvalósítása mely alapján megállapítható, hogy az iparági (ellátási lánc szinten), valamint vállalati folyamat fejlettségi szinten is több területen fejlesztésre szorul a húzó rendszerű anyagellátás bevezetésére.* A fenti hipotézis igazolásához kérdőíves felmérést végeztem a hazai építőipar nagyobb vállalatai körében. Kutatásaim alapján kiderült hogy a projektek rétegződött szerkezete, valamint a hazai piac nagyfokú koncentrálttsága miatt igen kevés vállalat számára relevánsak az anyagellátásra vonatkozó kérdések, 15 vállalatot tudtam felmérni teljeskörűen, két esetben részlegesen tudtam elvégezni a szakértői interjúkat, azonban hozzá kell tenni, hogy jelenleg Magyarországon az előbbieken részletezett okok miatt mindössze 19 olyan vállalat van, amely érdemben nagy projektek esetében is foglalkozik anyagellátással, így releváns lehet számára a húzó rendszerű anyagellátás bevezetése, azaz a felmérés reprezentatívnak mondható. A gazdasági világválságot követően jelentősen csökkent mind az építőipari vállalatok, mind azok beszállítóinak száma. Kutatásom alapján látható, hogy ez a folyamat meglepő módon a gazdaság fellendülése ellenére is folytatódik, azaz elmondható, hogy az utóbbi évtizedben a magyarországi építőipari piac folyamatosan koncentrálódik. A

beszállítók számának csökkenése következtében elindultak kezdeményezések a stratégiai együttműködések irányába, azonban a hazai építőipari vállalatok nem rendelkeznek semmilyen anyag nyilvántartási rendszerrel, sem pedig megrendeléskezelői felületekkel. A megrendelések jellemzően telefonon vagy nem standardizált módon e-mailben történnek. Ezen túlmenően nem rendelkeznek normaidőkkal, és ebből adódóan részletesen kidolgozott és rendszeresen felülvizsgált projekttervekkel sem. Az interjúk alapján 5 a húzó rendszerű anyagellátás bevezetéséhez szükséges feltételt definiáltam, melyek közül 4 feltétel nem teljesül a hazai építőipari vállalatok esetében. A felmérést követően két hazai vállalatnál bevezettem a Last Planner System-et és a húzó elvű anyagellátást. A bevezetés során láthatóvá vált, hogy ezen módszertanok integrációja az informatikai rendszerek jelenlegi fejlettségi szintje, valamint az ellátási lánc sajátosságai miatt nem valósítható meg teljeskörűen. A fentiek alapján **harmadik hipotézisemet igazoltam.**

C5. A hazai építőipar jelenlegi helyzetének áttekintése, egyrészt a főbb gazdasági folyamatok tekintetében, másrészt a jelenlegi ellátási lánc fejlettsége szempontjából, a felmérés eredményei alapján eldönteni, hogy alkalmasak-e a hazai építőipari vállalatok jelenleg a lean elvű anyagellátási módszertanok bevezetésére.

Az építőipari logisztikában a legnagyobb hatékonyságnövekedési lehetőség a lean elvű anyagellátási módszertanok alkalmazásában van. Megállapítható, hogy jelenleg az építőipari ellátási láncok hagyományos toló elven működnek. A rendelésütemezések jellemzően, az elérhető legkedvezőbb ár alapján kerülnek kialakításra. Első lépésben megvizsgáltam a just in time és a just in sequence anyagellátási koncepciók jellemzőit, valamint ezek alkalmazhatóságát az építőiparban. A szakirodalom és kutatásaim alapján megállapítottam, hogy a just in sequence nem alkalmazható hatékonyan az építőiparban, míg a just in time alkalmazásával jelentős megtakarítás érhető el. Két hazai vállalat esetében bevezetésre került a húzó elvű anyagellátás, melyek során jelentősen csökkent a tárolt készletek mennyisége. Azonban a just in time hatékonyabb alkalmazhatóságához szükség van az építőipari ellátási lánc újragondolására, ezért kutatásaim alapján megalkottam a just in time képes ellátási lánc modelljét, mely alkalmazásával csökkenthetők az alacsony készletszintek miatt kialakuló kockázatok, és nem növekednek jelentősen a szállítási költségek. Nemzetközi tapasztalatok valamint az általam vizsgált hazai példák alapján látható, hogy a just in time és a kanban bevezetésével jelentősen csökkennek az alapanyagkészletek, az árukárok, valamint az operációs költségek, viszont a példák alapján láthatóvá vált, hogy a just in time sikeres alkalmazásához szükséges feltétel a részletes és naprakész projekttervek megléte, azonban a

gyakorlati alkalmazások megmutatták, hogy ahhoz hogy a projekttervek naprakészek legyenek, szoftveres támogatást kell biztosítani. Az építőipari projekteket támogató szoftverekben egyre inkább megjelentek a Last Planner Systemet támogató funkciók, valamint jellemzően tartalmaznak anyagnyilvántartási funkciókat is, de eddig ezen funkciók összekapcsolása integrált rendszerré nem történt meg. Kutatásomban megvizsgálom ezen két funkció integrálásának lehetőségét, hogy automatikus készletkövetés váljon lehetővé az egyes feladatok elvégzésével, ezen módszertan eredményeit egy dán kutatás eredményeivel bizonyítom, majd létrehoztam az integrált rendszer információs modelljét.

C6. Lean elvű anyagellátási módszertanok gyakorlati bevezetése a hazai építőipari logisztikában, az eddigi esettanulmányok áttekintése, valamint a hazai bevezetés tapasztalatai alapján ezen eszközök ellátási lánc szintű alkalmazásának lehetőségeinek feltárása.

A projekttervezéssel összekötött anyagellátás esetén is szükséges a készletszintek ellenőrzése, a jelentős változékonyság miatt, mely az iparági jellegekre vezethető vissza. Az utolsó hipotézisem: *A lean építőiparban alkalmazott projekttervezési módszertanba és az azt támogató szoftverekbe hatékonyan integrálhatók a készlet nyilvántartási és rendelési, valamint alapanyag felhasználási funkciók, lehetővé téve a készletek valós idejű követését. Az időszakos készletkontrollok megvalósíthatók az Ipar 4.0 iránymutatásának megfelelően automatizáltan intelligens eszközök segítségével. A húzó rendszer megvalósításával lehetővé válik a just in time (éppen időben filozófia) alkalmazása, ezzel jelentősen csökkentve a telephelyen tárolt készletmennyiségeket.* Megalkottam az integrált rendszer információs modelljét, mellyel hatékonyra válhatnak a húzó rendszerű anyagellátáshoz szükséges adminisztrációs folyamatok. Disszertációmban bemutatásra kerülnek azon korszerű képfelismerő rendszerek, melyek segítségével az anyag manuális mérése nélkül megfelelő pontossággal megállapíthatók a készletszintek, ezen módszertanokat pilot jelleggel már alkalmazták az építőiparban is. Ömlesztett anyagok térfogatának mérését végeztem el képfelismerő rendszerek segítségével, a mérések és az anyag visszaszállítások alkalmával elvégzett mérlegelések összehasonlítása alapján elmondható, hogy a képfelismerő rendszerek segítségével kellő pontossággal határozható meg az ömlesztett anyagok építési területen tárolt térfogata. Kutatásomban rámutatok, hogy a drónok alkalmazásával még inkább adaptívvá tehetők ezek a rendszerek mely fontos szempont a projekt elven működő építőipar esetében. Összességében a megalkotott modell, az alkalmazási példák és a technológiai újítások alapján **a negyedik hipotézisemet igazoltam.**

5.1. A kutatás jövőbeli irányai és jelenlegi korlátai

Jelen fejezetben térek ki azon korlátozó tényezőkre melyekkel a kutatásom során találtam szemben magam, valamint kifejtem a kutatás jövőbeni irányait.

Kutatásom során a nemzetközi módszertanok és gyakorlatok áttekintését követően a hazai építőipar felé fordultam. A hazai építőipari szereplők többsége kifejezetten elzárkózó volt a lean építőipari alkalmazása iránt. Alapvetően elmondható, hogy mivel jelenleg hazánkban a személyes kapcsolatok jóval inkább meghatározzák egy vállalat üzletszerzési potenciálját, mint folyamatainak hatékonysága, ezért a vállalatok nem érdekeltek hatékonyságuk növelésében. Sajnos az építőipari üzletek jó része a szürke vagy a fekete zónában van, ezért nem szívesen engednek belátást külső szereplők számára mely elengedhetetlen lenne kutatásom eredményeinek további gyakorlati vizsgálatához. A szervilis viszonyok miatt a vállalatok nem érdekeltek abban, hogy javítsák folyamataik hatékonyságát, így nem látnak lehetőséget a lean bevezetésében. A fentiek miatt kutatásom során csak olyan vállalatok esetében volt lehetőségem valamely lean eszköz Magyarországi bevezetésére a gyakorlatban, ahol személyes kapcsolataim voltak. Sajnos ezen körülmények változása nem várható a közeljövőben, azonban hosszútávon amennyiben megváltoznak az iparági viszonyok és a szereplők nyitottá válnak a lean bevezetésében, akkor mindenképp érdemes lenne még több hazai vállalat esetében is bevezetni a lean menedzsmentet, és annak minél több eszközét, és vizsgálni annak hatásait az építőipari logisztikai folyamatokra.

Kutatásom legfőbb eredménye a készlet nyilvántartási, rendelési és alapanyag felhasználási funkciók integrálásának modellje, mely részeiben már gyakorlati projektekben is bevezetésre került, azonban a teljes integráció eddig nem történt meg. A kutatás egyik fontos jövőbeni célja ezen integráció szoftveres megvalósítása, valamint tesztelése a gyakorlatban. Ehhez szükséges a modellben vázolt funkciók pontos adatbázisszintű specifikációja, valamint a modell megjelenítési környezetének tervezése. Az informatikai specifikáció mellett át kell gondolni a hozzá kapcsolódó folyamatokat, ezeket valamely standardizált folyamatleíró nyelvben lenne szükséges specifikálni.

Ezt követően a következő lépés az Ipar 4.0 automatizált megoldásainak integrációja a rendszerbe. Kutatásom során gyakorlati eredményekkel igazoltam, hogy az Ipar 4.0 sikerrel alkalmazható a készletnyilvántartás automatizálására. Az Ipar 4.0 területén folyamatos a fejlődés éppen ezért a jövőben kiemelt figyelmet kell fordítani az újabb már az ipar szintjén is megfizethető megoldásokra, hiszen a képfelismerésen túlmenően más az építőipar számára is alkalmazható megoldások is előkerülhetnek, melyek akár eredményesen alkalmazhatóak az építőiparban is.

A fentiekén túlmenően, vannak még olyan lean eszközök, melyek alkalmazása eddig nem jelent meg az építőiparban, a hazai építőipar fentiekben kifejtett helyzete miatt ezen eszközök bevezetésére jelenleg nem volt alkalmam, azonban a jövőben fontos lenne ezen eszközök bevezetését is kipróbálni a gyakorlatban. Az egyik eddig csak érintőlegesen alkalmazott ilyen eszköz a SMED, holott az építőiparban is nagyon gyakoriak az átállások, és mivel a feldolgozóiparhoz képest jóval dinamikusabban változnak a folyamatok, ezért különösen fontos a gyors átállás. Ebből adódóan ezen eszköz bevezetésében jelentős lehetőséget látok.

6. AZ ÉRTEKEZÉS FONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSAI, ÚJ ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI

A lean menedzsment építőipari alkalmazásának kutatása eddig nem jelent meg Magyarországon, azaz kutatásom önmagában újszerűnek mondható hazánkban. Nemzetközi kutatások jórészt a lean menedzsment építőipari folyamatokban történő bevezetését kutatták kevésbé koncentráltak az építőipari logisztikai vetületére. Kutatásomban a lean menedzsment építőipari logisztikában történő bevezetésének lehetőségeit kutattam, mely alapvetően egy új irány ezen témakörben. Új eredmény a hazai építőipari vállalatok logisztikai fejlettségének felmérése, a húzó elvű anyagellátás bevezetési feltételeinek meghatározása, hat gyakorlati projekten keresztül pedig a bevezetéssel elérhető eredmények meghatározása, valamint a felmérés alapján megállapításra került, hogy mely feltételek teljesülnek a hazai építőipari vállalatok esetében. Értekezésem új, illetve újszerű eredményei a következők:

E1: A szakirodalom és kutatásaim alapján elvégeztem az építőipari logisztika lehatárolását, elemeztem az építőipari ellátási láncokat, valamint megalkottam az építőipari logisztika definícióját. Felmértem a hazai építőipari logisztika fejlettségi szintjét, meghatároztam a húzó elvű anyagellátás megvalósításának 5 feltételét, valamint interjúk segítségével megállapítottam, hogy a hazai építőipari vállalatok esetében melyek teljesülnek ezen feltételek közül.

E2: Megvizsgáltam, hogy a lean eszközök építőipari logisztikában történő alkalmazásával, hogyan csökkenthetők az építkezések során tapasztalható környezetterhelések. Alkalmazási példák alapján továbbfejlesztettem a zöld szempontú értékáram elemzés módszertanát az építőipari logisztikai folyamatokban.

E3: A húzó elvű anyagellátás hazai vállalatoknál történő bevezetési tapasztalatai alapján megvizsgáltam építőipari ellátási láncokban való alkalmazásának lehetőségét, valamint ennek folyamatokra gyakorolt várható hatását. Kutatásaim alapján megalkottam a just in time képes ellátási lánc modelljét, mely alkalmazásával csökkenthetők az alacsony készletszintek miatt kialakuló kockázatok, valamint elkerülhető a szállítási költségek jelentős növekedése. Értekezésemben létrehoztam a just in time építőiparban történő alkalmazásának módszertanát, az eltérő típusú termékek anyag utánpótlási módszertanait, valamint ezen módszertanok illeszkedését a Last Planner Systemhez.

E4: Létrehoztam az integrált KanBIM rendszer modelljét, melynek lényege, hogy a rendszer a projekttervezés és az anyaggazdálkodás támogatásán túlmenően integrálja is ezen két funkciót, mely jóval kisebb erőforrásigénnyel lehetővé teszik a valós idejű készletkövetést.

E5: Megvizsgáltam a képfelismerő rendszerek alkalmazhatóságát az építési területeken tárolt ömlesztett anyagok térfogatának meghatározása során. Gyakorlati vizsgálataim alapján kijelenthető, hogy a képfelismerő rendszerek kellő pontossággal képesek meghatározni az ömlesztett anyagok térfogatát.

ÖSSZEFOGLALÁS

A lean menedzsment a XX. század végén terjedt el széleskörűen az európai termelő vállalatok között. Első körben az autógyártó vállalatok sajátították el a lean filozófiát és alkalmazták a lean eszközöket. Ez érthető tekintve, hogy a lean menedzsment alapját a Taichii Ohno által kidolgozott Toyota Production System jelentette, azaz az alapok is az autógyártóból eredeztethetők (KRAFCIK, 1988). A termelő vállalatok sikereit látva megkezdődtek a kutatások a lean menedzsment eszközeinek más iparági szektorokban történő alkalmazására.

Kutatásaim során többször felügyeltem, illetve részt vettem a lean menedzsment logisztikai folyamatokban történő bevezetésében, valamint fejlesztésében. Több projektben is jelentős sikereket tudunk elérni a filozófia raktári meghonosításával, valamint a lean eszközök raktári folyamatokban történő alkalmazásával. Látható, hogy a lean logisztikai területen történő alkalmazásában megtakarítási lehetőségek rejlenek. Látva a lean logisztikai alkalmazásában rejlő lehetőségeket, valamint az építőipari folyamatokban is megvalósuló lean fejlesztéseket, kutatásom témájaként a lean menedzsment építőipari logisztikában történő alkalmazási lehetőségeit választottam. A kutatásom fő célja a jelenleg a feldolgozóiparhoz képest tapasztalható építőipari hatékonyság lemaradás okainak feltárása, és javaslattétel arra vonatkozóan, hogy a jövőben hogyan valósulhat meg az építőipari folyamatok hatékonyságának „felzárkóztatása”.

Az értékezés elkészítéséhez a klasszikus értelemben vett kutatómódszertani lehetőségeket vettem igénybe. Szekunder és primer kutatásokat egyaránt végzettem a téma alapos megismerésének céljából. Jelenleg Magyarországon nincsen a lean építőipari alkalmazásaival foglalkozó szakmai szervezet, sem jelentősebb magyar nyelvű kutatás a témában, ezért disszertációm egyik célja a téma meghonosítása, elindítása a hazai kutatói szférában, hosszútávon célom megalkotni a Lean Construction Institute magyarországi tagszervezetét, ezáltal bekapcsolódni a nemzetközi vérkeringésbe. A szekunder adatgyűjtést 2010-től kezdve, kezdetben csak a lean menedzsment alkalmazására koncentrálva, 2012-től a lean menedzsment építőipari és építőipari logisztikai alkalmazására koncentrálva, napjainkig, a legfrissebb kutatásokat is felhasználva végeztem. A kutatás során a leginkább jegyzett internetes publikációs adatbázisokon túlmenően (Science Direct, Web of Science, és Google Scholar), valamint a Lean Construction Institute 2019-ig publikált eredményeit is alapul vettem.

A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése után kijelöltem a kutatás fő fókuszát. Az irodalmi áttekintés alapján látható, hogy az építőipari logisztikában „szigetszerűen” alkalmaznak bizonyos eszközöket. Kutatásom fő célja ezen eszközök integrációs lehetőségeinek feltárása, valamint továbbfejlesztése az Ipar 4.0 elvei mentén, mindemellett a hazai bevezetési lehetőségek feltárása. Szükségesnek tartottam a hazai építőipari vállalatok jelenlegi fejlettségi szintjének feltárását, és megjelölni azon pontokat melyek fejlesztése szükséges a lean menedzsment hazai építőipari logisztikában történő alkalmazásához.

A felmérés céljainak megfogalmazása után a következő lépés a mintavételi keret meghatározása, azaz melyek azok az építőipari cégek melyeket érdemes felkeresni a felmérés során, hiszen relevánsak számukra a fentiekben vázolt területek. A mintavételi keret definiálásához szükséges volt megismerni a hazai építőipari projektek felépítését. Ezt követően meghatároztam a kutatás mintavételi keretét adó vállalatok körét, ahol a kritériumokat a szekunder adatgyűjtés eredményeire alapoztam. A kérdéses vállalatok felkutatásában az ÉVOSZ (Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége) volt segítségemre, a releváns vállalatok listáját biztosították, valamint segítettek a nem releváns vállalatok kiszűrésében. Ezek alapján meghatározott feltételeknek 19 Magyarországon aktívan tevékenykedő építőipari vállalat felelt meg, ez jelentette a felmérésem esetében a mintavételi keretet, azaz a releváns sokaságot. Az interjúkat 2014 és 2018 között végeztem, 19 vállalatból 15 esetben sikerült teljeskörűen elvégezni a felmérést, két esetben nem kaptam az értékeléshez elegendő információt. Azaz a szakértői interjúk felmérésem kiválasztási aránya 78,94 % a releváns sokaságot figyelembe véve. Az interjúk elvégzését követően azok reprezentativitását vizsgáltam. A bináris kritériumok esetén módszertanilag a szükséges mintaszámot az úgynevezett „telítettség” határozza meg, telítettség alatt azon pontját értjük az adatgyűjtésnek, amikor láthatóvá válik, hogy az újabb interjúk nem hoznak új releváns információt. Valamennyi meghatározott kritérium esetében 95%-os megbízhatósági szinten reprezentatívnak bizonyult a mintavétel. A szakértői interjúk felmérés bizonyos kérdései nem eldöntendők, hanem többkimenetelűek, gyakran csak kisebb elemekben eltérő kimenetekkel. A statisztikai kiértékelés elősegítése végett Likert skálát alkalmaztam. A kapott értékek esetében meghatároztam a sokasági varianciát, valamint annak kritikus értékét. Valamennyi esetben kisebb volt a sokasági variancia értéke, mint a kritikus értéke, így felmérése reprezentativitása a Likert skálás kérdések esetében is megfelelő. Bizonyos kérdések esetében klaszterezést alkalmaztam. A szignifikancia eldöntésére az SPSS program ANOVA, azaz variancia eszköztárából a Tukey és a Scheffe tesztekkel végeztem el.

A szakértői interjúk elemzését és kiértékelését követően, az interjúk eredményei alapján meghatároztam azokat a lean eszközöket és elemeket melyek bevezetését a gyakorlatban is vizsgálni akarom. A disszertáció terjedelmi korlátai miatt valamennyi lean menedzsment eszköz bevezetésével nem volt lehetőségem foglalkozni. A kérdőíves felmérés tapasztalatai alapján a húzó elvű anyagellátás és a last planner system együttes bevezetését és vizsgálatát jelöltem ki. Mindemellett célom volt az Ipar 4.0 építőipari logisztikában történő alkalmazásának vizsgálata. Két eltérő jellegű építőipari vállalatnál volt lehetőségem a húzó elvű anyagellátás és a last planner system bevezetésére és hatásainak vizsgálatára. A 2018-2019-es időszakban 15 hónapon át összesen 6 projekt esetében került bevezetésre a lean menedzsment. A magas készletszintek ellenére a húzó rendszerű anyagellátás bevezetése, és összekapcsolása a heti tervezés folyamatával 12%-kal csökkent az építési területen tárolt készletszint.

Kutatásaim alapján megalkottam a just in time képes ellátási lánc modelljét, mely alkalmazásával csökkenthetők az alacsony készletszintek miatt kialakuló kockázatok, és nem növekednek jelentősen a szállítási költségek. A gyakorlati bevezetések egyik fontos tapasztalata volt a szoftveres és folyamatszintű integráció szükségessége, ezen gyakorlati tapasztalatokra alapozva megalkottam a teljes vállalati rendszerhálózatot magába foglaló integrált KanBIM rendszer elméleti modelljét. Kutatásom során fókuszáltam ezen eszközök továbbfejlesztési lehetőségeinek vizsgálatára az Ipar 4.0 elvei mentén. Ömlesztett anyagok térfogatának mérését végeztem el képfelismerő rendszerek segítségével, a mérések és az anyag visszaszállítások alkalmával elvégzett mérlegelések összehasonlítása alapján elmondható, hogy a képfelismerő rendszerek segítségével kellő pontossággal határozható meg az ömlesztett anyagok építési területen tárolt térfogata. Kutatásaim során bizonyítottam, hogy a képfelismerési rendszerek hatékonyan alkalmazhatók az építőipari logisztikában.

Disszertációm fontos gyakorlati eleme az építőipari ellátási láncok fejlesztése, a húzó elvű anyagellátás bevezetése az építőiparban is. A kutatásaim során megalkotott hálózati és informatikai modellek segítségével lehetővé válik az építőipari ellátási lánc fejlesztése. A kérdőíves kutatásaim, valamint a gyakorlati bevezetések eredményei alapján kiterjeszthetővé válik a lean menedzsment építőipari logisztikában történő bevezetése. Az iparág hatékonysága szempontjából kulcskérdés, hogy az értéklánc hatékonysága is jelentősen fejlődjön, versenyképesebbé váljon, alkalmazza a feldolgozóiparban már évtizedek óta sikerrel meghonosodott módszertanokat.

SUMMARY

The lean management system spread among European manufacturing corporations at the end of the 20th century. The lean philosophy was first acquired by the automotive industry and the first lean tools were used this industry. It is understandable, taking into consideration that the foundations of lean management were laid by the Toyota Production System conceived by Taichii Ohno, so the basics also originate from the automotive industry (KRAFCIK, 1988). Noticing the success of manufacturing corporations, research have begun to introduce lean management in other industrial sectors.

During my research, I participated in and supervised the introduction of lean management in logistic processes numerous times. We have been able to attain significant successes by the naturalization of the philosophy in warehouse management and the application of lean tools in warehouse processes. It is visible that there are financial saving possibilities in the application of lean processes in the field of logistics. Seeing the opportunities in the application of lean management and lean developments realized in the construction industry, I selected the opportunities of the application of lean management in construction industry logistics to be my research topic. The main goal of my research is to uncover why the construction industry lags behind compared to the processing industry with respect to efficiency and to provide recommendations as per the method of “catching up” the efficiency of construction industry processes.

I have applied the classical research methodology to prepare my dissertation. I have conducted primary and secondary research as well to thoroughly get to know the topic. Currently, there is no professional organization in Hungary, which deals with the application of lean in the construction industry, so one goal of my research is to introduce this topic and launch it in the Hungarian research sphere, in the long term, to create the Hungarian branch of the Lean Construction Institute, thereby connecting to international trends. Secondary data collection was performed from 2012 up to these days, initially concentrating solely on the application of lean management, then from 2012 concentrating on the application of lean management in the construction industry and construction industry logistics, using also the most current research available. During my research I have also depended on the published results of the Lean Construction Institute until 2019 besides the most quoted online publication databases (Science Direct, Web of Science, and Google Scholar).

Following the review of national and international literature, I have set the main focus of the research. Based on the review of literature it can be stated that the certain tools are applied

in an “island-like” nature. The main focus of my research is to uncover the integration possibilities of these tools and the development thereof along the guidelines of IPAR 4.0 and to uncover the adaptation possibilities in Hungary. I also consider it necessary to uncover the current development level of Hungarian construction industry corporations and to indicate those points which are required to be developed to apply lean management in Hungarian construction industry logistics.

Following the definition of the purposes of the survey, the next step is to determine the sampling plan, namely which construction industry corporations are worth contacting after the survey, because the areas outlined above are relevant to them. For the definition of the sampling plan, it was required to learn the structure of Hungarian construction industry projects. Following this, I defined the range of companies providing the sampling plan, whereby criteria were based on the results of the secondary data collection. ÉVOSZ (the Hungarian Organization of Construction Contractors) aided me in contacting the companies in question, the list of relevant companies was supplied, they helped to me filter out irrelevant companies. Based on the above criteria, 19 construction industry corporations, actively operating in Hungary, fulfilled the requirements, which became the sampling plan of my survey, therefore the relevant majority. Interviews were made between 2014 and 2018, in case of 15 out of 19 companies, the survey was full, in two cases no sufficient information was provided for assessment. The selection ratio of my deep interview survey was 78.94%, taking into consideration the relevant majority. Following interviews, the representativity thereof was examined. In case of binary criteria, the required sample size is determined by the so-called “saturation”. Saturation is understood as that point of data collection, where it is visible that no new, relevant information can be gained by newer interviews. For all determined criteria, sampling has proved representative on 95% reliability level. Certain questions of the deep interview are not yes/no questions, but open-ended ones, often with outputs which differ only in minor details. Statistical assessment was helped by the Likert scale. The population variance and the critical value thereof were also determined for the resulting values. The value of the population variance was lower than the critical value in all cases, so the representativity of the survey is appropriate also in case of the questions with Likert scale. I used clustering for certain questions. In order to determine significance, I used the Tukey and Scheffe tests from the SPSS software’s ANOVA (i.e. variance) toolbox.

Following the analysis and evaluation of the deep interviews, I determined the lean tools and elements, based on the results, the introduction of which I would like to examine in reality. Due to the spatial and chronological limitations of the dissertation, I had no opportunity to

examine the introduction of all lean management tools. Based on the experiences of questionnaire-based survey, I decided on the evaluation of the introduction of the pull supply chain together with the last planner system. Besides, my purpose was also to examine the application of Ipar 4.0 in construction industry logistics. I had the opportunity to introduce the pull supply chain together with the last planner system and to study their effects. In the time period 2018-2019, for 15 months, lean management was introduced for altogether 6 projects. In spite of the high supply levels, due to the introduction of the pull supply chain and its coupling with the process weekly planning, the supply level stored at the construction area decreased by 12%.

Based on my research, I have created the model of the just in time supply chain, the application of which enables to reduce the risks associated with low supply levels, and transport costs do not increase significantly. An important experience gained during the practical introductions was the necessity of software and process-level integration and, based on this experience, I created theoretical model of the integrated KanBIM system, incorporating the entire corporation system network. During my research I focused on the development opportunities of these tools along the principles of Ipar 4.0. I performed the volume measurement of the bulk material using image recognition software systems, and based on the comparison of the measurements and the weight measurements performed during returns it can be stated that with the aid of image recognition software systems, the volumes of bulk materials stored at the construction area can be determined with appropriate accuracy. During my research I proved that image recognition software systems can be effectively applied in construction industry logistics.

An important practical element of my dissertation is the improvement of construction industry supply chains and the introduction of pull supply chains in construction industry. The improvement of construction industry supply chains becomes possible using the network and IT models created during my research. Based on the results of the questionnaire-based research and the introductions, lean management becomes extendable to be introduced in construction industry logistics. It is a key question with respect to the efficiency of industrial branch that the efficiency of the value stream should significantly develop, and that the methodology used in the processing industry for decades with success should also be applied.

AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

A kutatásaim és disszertációm megalkotásának a célja kettős volt. Elméleti oldalról megalkottam a lean menedzsment építőipari folyamatokban, különös tekintettel az építőipari logisztikában történő alkalmazásának kutatási alapjait. Összegyűjtöttem és Magyarországon publikáltam a főbb nemzetközi eredményeket, tapasztalatokat, valamint tovább gondolva, speciálisan építőipari logisztikára koncentrálni kifejeztem a húzó elvű anyagellátást lehetővé tévő modellt. Kutatásaim, publikációim, valamint a disszertációm hozzájárulnak a lean menedzsment építőiparban történő bevezetésének, az úgynevezett „lean építőipar” megalkotásához szükséges hazai kutatások minél széleskörűbb megvalósításához. Az eredményeim és publikációm alapot adnak további hazai kutatások elindulásához, valamint a jövőben célozom megalkotni a Lean Construction Institute magyarországi tagszervezetét, ezáltal bekapcsolódni a nemzetközi vérkeringésbe. A kutatások egyik fő célja a felsőoktatási anyagok fejlesztése korszerűsítése, kutatásom során eddig is több elemet beépítettem az általam oktatott tantárgyak tananyagába. Fontos cél, hogy kutatásaim további eredményei is beépüljenek a felsőoktatási tananyagokba, azaz a hallgatók már tanulmányaik során megismerhessék a legfrissebb nemzetközi módszertanokat, kutatási és gyakorlati eredményeket.

Gyakorlati oldalról a célozom a hazai építőipari vállalatok fejlettségi szintjének felmérése volt főként a logisztikai és az ellátási láncot érintő aspektusokra koncentrálni. Felmérésem célja, hogy láthatóvá váljanak azok a területek melyek a jövőben fejlesztendők a hazai építőipari vállalatok részéről, ahhoz, hogy egyrészt bevezethetővé váljon a lean menedzsment az építőipari logisztikában, másrészt lehetővé váljon a húzó elv bevezetése az építőipari ellátási láncokban is. A felmérésem eredménye alapján látható, hogy mely területeken kell fejleszteniük az építőipari vállalatoknak. Ezen területek fejlesztésével, a nemzetközi gyakorlatban már sikerrel alkalmazott szoftveres megoldások, folyamatmodellek bevezetésével jelentős hatékonyságnövekedést érhetnek el a hazai építőipari vállalatok. A hazai építőipari vállalatok számára ismeretlen volt a lean menedzsment építőipari alkalmazásának lehetősége. Kutatásom során két hazai vállalat esetében is bevezettem a lean menedzsment egyes eszközeit, rávilágítva a szükséges fejlesztési területekre lehetővé válik, hogy a hazai vállalatok is meginduljanak a fejlesztés útján. Amint az felmérésemből és a gyakorlati tapasztalatokból is kiderült, jelentős fejlesztési lehetőségek vannak a hazai építőiparban, melyekkel hatékonyságnövekedés érhető el. Az építőipar a nemzetgazdaság rendkívül fontos része éppen ezért Magyarország számára kiemelt érdek a hazai építőipari vállalatok versenyképességének javítása, hogy mind hazai, mind nemzetközi szinten fel

tudják venni a versenyt külföldi versenytársaikkal. Kutatásaim során bizonyítottam, hogy a képfelismerési rendszerek hatékonyan alkalmazhatók az építőipari logisztikában.

Disszertációm fontos eleme az építőipari ellátási láncok fejlesztése, a húzó elvű anyagellátás bevezetése az építőiparban is. A kutatásaim során megalkotott hálózati és informatikai modellek segítségével lehetővé válik az építőipari ellátási lánc fejlesztése. Az iparág hatékonysága szempontjából kulcskérdés, hogy az értéklánc hatékonysága is jelentősen fejlődjön, versenyképesebbé váljon, alkalmazza a feldolgozóiparban már évtizedek óta sikerrel meghonosodott módszertanokat. Magyarország földrajzi elhelyezkedése miatt fontos pozíciót tölt be az Európai Unió logisztikai hálózatában, éppen ezért válhat hazánk az építőipari ellátási láncok fő központjává.

IRODALOMJEGYZÉK

- ABDULLAH, S. A., TZORTZOPOULOS, P. - KOSKELA, L., 2009. Last Planner System experiences from pilot implementation in the middle east.
- ABDUL-RAHMAN, H., 1995. The cost of non conformance during a highway project: A case study. *Construction Management and Economics*.
- AGUINALDO, d. S. - POWELL, J., 1991. Potential of Poka-Yoke Devices to Reduce Variability In Construction.
- ANDERSSON, Ä., KARLSSON, H., LINDAHL, L. - RUBEN, T., 1983. Forms of Cooperation within the Building Materials Distribution. Staten råd för byggforskning.
- ANSAH, R. H. - SOROOSHIAN, S., 2017. Effect of lean tools to control external environment risks of construction projects. *Sustainable Cities and Society*, 32(1), pp. 348-356.
- ANTON, L. - PESONEN, S., 2010. Defining the path: A case study of large scale implementation of last planner. Haifa Israel, IGLC.
- ARBULU, R. - BALLARD, G., 2004. Lean supply systems in construction. 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction.
- ARBULU, R., BALLARD, G. - HARPER, N., 2003. Kanban in construction. Virginia, USA.
- AZIZ, R. F. - HAFEZ, S. M., 2013. Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal* (52), pp. 679-695.
- BABALOLA, O., EZIYI, I. - EZEMA, I., 2019. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. *Building and Environment*, 148. kötet, pp. 34-43.
- BAKER, F. A. - SILVERMAN, M. J. - MACDONALD, R., 2016. Reliability and Validity of the Meaningfulness of Songwriting Scale (MSS) with Adults on Acute Psychiatric and Detoxification Units. *Journal of Music Therapy*, 53(1), pp. 55-74.
- BALALI, V. - GOLPARVAR-FARD, M., 2015. Segmentation and recognition of roadway assets from car-mounted camera video streams using a scalable non-parametric image parsing method. *Automation in Construction*, 49. kötet, pp. 27-39.
- BALLARD, G., 1994. The Last Planner. Spring Conference of the Northern California Institute.
- BALLARD, G., 2000. The Last Planner System of production control.
- BALLARD, G. - HOWELL, G., 1997. Implementing lean construction: stabilizing work flow. In: L. Alarcón, szerk. *Lean Construction*. Rotterdam: A.A. Balkema, pp. 105-112.
- BARBER, P., SHEATH, D., TOMKINS, C. - GRAVES, A., 2000. The cost of quality failures in major civil engineering projects. *International Journal of Quality - Reliability Management*, pp. 479-492.
- BERTELSEN, S. - NIELSEN, J., 1997. Just-In-Time Logistics in the Supply of Bulding Materials. Singapore.
- BOEIJE, H., 2002. A Purposeful Approach to the Constant Comparative Method in the Analysis of Qualitative Interviews. *Quality & Quantity*, 36. kötet, pp. 391-409.

- BOHÁCS, G., 2004. Az intelligens gyártás anyagmozgató- és logisztikai rendszereiben alkalmazott vonalkódos azonosítók sérülése során elveszett információtartalom helyreállításának lehetősége.
- BORTOLAZZA, R. C., COSTA, D. B. - FORMOSO, C. T., 2005. A quantitative analysis of the implementation of the last planner system in brazil. Sydney, Australia.
- BURATI, J., FARRINGTON, J. - LEDBETTER, W., 1992. Causes of quality deviations in design and construction. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- BURGOS, P. A. - COSTA, D. B., 2010. Assessment of kanban use on construction sites. San Diego, International Group for Lean Construction, pp. 1-10.
- CHIARINI, A., 2014. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production* (85), p. 226–233.
- CROWLEY, A., 1998. Construction as a Manufacturing Process: Lessons from the automotive industry. *Computers - Structures*, pp. 389-400.
- DAVE, B., KUBLER, S., FRÄMLING, K. - KOSKELA, L., 2016. Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. *Automation in Construction*, 61(1), pp. 86-97.
- DEMETER, K., LOSONCI, D. - KOVÁCS, Z., 2017. A lean tudás megosztása. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet.
- DWORKIN, S. L., 2012. Sample Size Policy for Qualitative Studies Using In-Depth Interviews. *Archives of Sexual Behavior*, 41(6), pp. 1319-1320.
- EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. - LISTON, K., 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers, Contractors, and Fabricators. 2nd szerk. New Jersey: John Wiley - Sons Inc..
- ELKINGTON, J., 1998. Accounting for the triple bottom line. *Measuring Business Excellence* (3), 2(3), pp. 18 - 22.
- ÉVOSZ, Országos építőipari konferencia, 2015, 2016, 2018.
- FAULKNER, W. - BADURDEEN, F., 2014. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production* (85), 85(1), pp. 8-18.
- FERNANDEZ, F., MINCER, T. - ZETTEL, G., 2009. Using LPS on Miami Intermodal Center. Lean in the public sector Conference.
- FORMOSO, C. T., SOIBELMAN, L., CESARE, C. D. - ISATTO, E. L., 2002. Material Waste in Building Industry: Main Causes. *Journal Of Construction Engineering And Management*, 8(2), pp. 316-325.
- FORMOSO, C., SANTOS, A. d. - POWELL, J. A., 2002. An Exploratory Study on the Applicability of Process Transparency in Construction Sites.. *Journal of Construction Research*, 3(01), pp. 35-54.
- FUJIMOTO, T., 1999. The Evolution of a Manufacturing System at Toyota by Takahiro Fujimoto. New York: Oxford Univesity Press.
- GARZA-REYES, A. J. és mtsai., 2018. A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (EVSM). *Journal of Cleaner Production*, 180(1), pp. 335-348.

- GONZÁLEZ, V. A., YIU, T. W. - BELAYUTHAM, S., 2016. Clean lean administrative processes: a case study on sediment pollution during construction. *Journal of Cleaner Production* (126), 126(10), pp. 134-147.
- GRANT, A. M. - ASHFORD, S. J., 2008. The dynamics of proactivity at work. *Research in Organizational Behavior*, 28(1), pp. 3-34.
- GUBRIUM, F. J. - HOLSTEIN, A. J. - MARVASTI, B. A. - MCKINNEY, K. D., 2012. *The SAGE Handbook of Interview Research: The Complexity of the Craft*. 2nd szerk. Los Angeles: SAGE Publications Inc.
- HIRANO, H., 1995. *5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation*. 1st szerk. Portland, USA.: Productivity Press.
- HOWELL, G. - BALLARD, G., 1998. *Implementing lean construction: understanding and action*. Guarujá, Brazil, IGLC Press.
- HU, J. - LU, S., 2011. Visualization of Environmental Waste by Manufacturing – Equip VSM with Green Perspective.
- JAMIL, A. H. A. - FATHI, M. S., 2016. The Integration of Lean Construction and Sustainable Construction: A Stakeholder Perspective in Analyzing Sustainable Lean Construction Strategies in Malaysia. Porto, Procedia.
- JIEH-HAUR - MU-CHUN, 2009. A self organizing map optimization based image recognition and processing model for bridge crack inspection.
- JIN-WOO, J. - KIM, Y.-W., 2007. Using the Kanban for Construction Production and Safety Control. Michigan, 15th Conference of the International Group for Lean Construction.
- JOSEPHSON, P. - HAMMARLUND, Y., 1999. The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects. *Automation in Construction*, 8(6), pp. 681-687.
- KÄFER, R., 2007. Advantages and disadvantages of a Just in time/Just in sequence production. Herlay, 10th Doctorate Conference.
- KAY, R. - EDWARDS, W. M., 1994. *Farm Management*. New York: Mc Graw-Hill Inc..
- KEHL, D., 2012. Mintaelemszám tervezés Likert-skálás lekérdezések esetén klasszikus és bayesi keretek között. Pécs: PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM.
- KEMMER, S. L. és mtsai., 2006. The Use of Andon in High Rise Building. *International Group for Lean Construction*, 07, pp. 575-582.
- KHANZODE, A., FISCHER, M., REED, D. - BALLARD, G., 2006. *A Guide to Applying the Principles of Virtual Design-Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process*. Stanford: Stanford Univesity.
- KIM, C. y., KIM, B. - KIM, Y.-k., 2013. 4D CAD model updating using image processing-based construction progress monitoring. *Automation in Construction*, 35. kötet, pp. 44-52.
- KIM, H., KIM, K. - KIM, H., 2016. Data-driven scene parsing method for recognizing construction site objects in the whole image. *Automation in Construction*, 71. kötet, pp. 271-282.
- KIM, S. Y. - KHANH, H. D., 2015. A survey on production planning system in construction projects based on Last Planner System. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(1), pp. 1-11.
- KOSKELA, L., 1992. *Application of the New Production Philosophy to Construction*.

- KOSKELA, L. - KAZI, A. S., 2003. Information technology in construction: how to realise the benefits?. *Socio-Technical and Human Cognition Elements of Information Systems*, pp. 60-69.
- KRAFCIK, J. F., 1988. Triumph of the Lean Production System. *MIT Sloan Management Review*, 30(1), pp. 50-62.
- KUBÁČ - LUKÁS, 2016. *Computer Vision in Logistics*.
- KUO-WEI - YI-TING, 2016. Detection of rust defects on steel bridge coatings via digital image recognition. *Automation in Construction*, 71. kötet, pp. 294-306.
- LI, S., WU, X., ZHOU, Y. - LIU, X., 2017. A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71(1), pp. 846-851.
- LINDGREN, P. - HJÄRTSTRÖM, L., 1985. *Building Materials Supply to JIT-building*. Svédország.
- LOLBERT, T., 2004. A sokasági arány meghatározására irányuló statisztikai eljárások véges sokaság és kis minták esetén. *Statisztikai Szemle*, 82(12), pp. 1053-1076.
- MARCHWINSKI, C., SHOOK, J. - SCHROEDER, A., 2008. *Lean Lexicon, a graphical glossary for Lean Thinkers*. 4th szerk. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- MASON, M., 2010. Sample Size and Saturation in PhD Studies using qualitative interviews. *Forum: Qualitative Social Research*, 11(3), pp. 50-62.
- MAXIM, L. D. - CULLEN, D. E. - COOK, F. X., 1976. Optimal Acceptance Sampling Plans for Auditing: "Batched" Stop and Go vs. Conventional Single-Stage Attributes Plans. *The Accounting Review*, 51(1), pp. 97-109.
- MAYR, A. és mtsai., 2018. *Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0*. Nurnberg, Elsevier B.V.
- MONDEN, Y., 1998. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time*. Norcross, USA: Engineering - Management Press.
- MORAUSZKI, K. - LAJOS, A., 2016. Vevő-beszállító kapcsolatok és jellemzőik az autópárházban. *Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények*, 1(1), pp. 1-12.
- NAIM, M., NAYLOR, J. - BARLOW, J., 1999. *Developing Lean and Agile Supply Chains in the UK House Building Industry*. Berkeley.
- NEMOTO, T. - BEGLAR, D., 2014. Developing Likert-Scale questionnaires. Tokió, JALT Conference Proceedings.
- NESTEBY, A. I., AARRESTAD, M. E., LOHNE, J. - BOHNE, R. A., 2016. Integration of BREEAM-NOR in construction projects: Utilizing the Last Planner System. Tallinn, *Energy Procedia*.
- NICKEY, B., 1995. Qualitative Research: Qualitative interviews in medical research. *BMJ*, 311. kötet, pp. 251-253.
- NUGROHO, A., TONGTHONG, T. - SHIN, T., 2013. Measurement of the Construction Waste Volume Based on Digital Images. *International Journal of Civil - Environmental Engineering*, 13. kötet, pp. 35-41.
- OLÁH, J., 2014. A Six Sigma minőségirányzat és a lean management kapcsolódási lehetőségei. *Acta Oeconomica Universitatis Selye*, 3(2), pp. 131-140.
- OLÁH, J. - POPP, J., 2016. Lean Management, Six Sigma and Lean Six Sigma: Possible Connections. *Óbuda University E-Bulletin*, 6(2), pp. 25-31.

- OLÁH, J. és mtsai., 2017. The Impact of Lean Thinking on Workforce Motivation: A Success Factor at LEGO Manufacturing Ltd.. *Journal of Competitiveness*, 9(2), pp. 93-109.
- PATEL, A., 2011. The Last Planner System for reliable project delivery. Arlington: The University Of Texas At Arlington.
- PHENG, L. S. - SHANG, G., 2011. The application of the Just-in-time Philosophy in the Chinese Construction Industry. *Journal of Construction in Developing Countries*, 16(1), pp. 91-111.
- PHENG, L. S. - MENG, C. Y., 2018. Managing Productivity in Construction. 2nd szerk. London: Ashgate Publishing.
- PICCHI, F. A. - GRANJA, A. D., 2004. Construction sites: using lean principles to seek broader implementation. Elsinore, IGLC.
- PREZENSZKI, J., 2003. Logisztika I.. Budapest.
- RAUCHA, E., DAMIAN, A., HOLZNER, P. - MATT, D. T., 2016. Lean Hospitality - Application of Lean Management methods in the hotel sector. *Procedia CIRP* (41), 41(1), p. 614 – 619.
- RISCHMOLLER, L., ALARCÓN, L. F. - KOSKELA, L., 2006. Improving Value Generation in the Design Process of Industrial Projects Using CAVT. *Journal of Management in Engineering*, 22(2), pp. 50-62.
- ROPER, S. - LOVE, J. H., 2002. Innovation and export performance: evidence from the UK and German manufacturing plants. *Research Policy*, 31(7), pp. 1087-1102.
- ROGERS, R., 2018. Structured interviews and dissimulation. *Clinical assessment of malingering and deception*, 1(1), pp. 422-448.
- ROSENBAUM, S., MAURICIO, T. - VICENTE, G., 2009. Green-Lean Approach For Assessing Enviromental and Production Waste In Construction.
- SACKS, R. és mtsai., 2013. KanBIM Workflow Management System: Prototype implementation and field testing. *Lean Construction Journal*, pp. 19-35.
- SACKS, R., KOSKELA, L., DAVE, B. A. - OWEN, R., 2009. The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction.
- SACKS, R., RADOSAVLJEVIC, M. - BARAK, R., 2010. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in Construction*, 19(5), pp. 641-655.
- SADRI, R., TAHERI, P., AZARSA, P. - GHAVAM, H., 2011. Improving Productivity through Mistake-proofing of Construction. Singapore, IACSIT Press.
- SAIEG, P., SOTELINO, E., NASCIMENTO, D. - CAIADO, R., 2018. Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 174. kötet, pp. 788-806.
- SAINI, M., ARIF, M. - KULONDA, D., 2018. Critical factors for transferring and sharing tacit knowledge within lean and agile construction processes. *Construction Innovation*, 18(1), pp. 64-89.
- SAJTOS, L. - MITEV, A., 2007. SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv. 1st szerk. Budapest: Alinea Kiadó.
- SALEM, O., SOLOMON, J., GENAIDY, A. - LUEGRING, M., 2005. Site Implementation and Assessment of Lean Construction techniques. *Lean Construction Journal*.

- SANGWOOK, LUH-MAAN - MIROSLAW, 2006. Automated recognition of surface defects using digital color image processing.
- SHEN, G. és mtsai., 2018. RBL-PHP: Simulation of Lean Construction and Information Technologies for Prefabrication Housing Production. *Journal of Management in Engineering*, 34(2), pp. 34-45.
- SHINGO, S. 1989. *A Study of the Toyota Production System*. Productivity Press, a division of Kraus Productivity Organization.
- SMALL, E. P., HAMOURI, K. A. - HAMOURI, H. A., 2017. Examination of Opportunities for Integration of Lean Principles in Construction in Dubai. *Primosten, Horvátország, Procedia Engineering*.
- SOBOTKA, A., CZARNIGOWSKA, A. - STEFANIAK, K., 2005. Logistics of construction project. *Lublin University of technology Institute of Construction and Architecture*, 6(1), pp. 203-216.
- SYGULLA, A., BIERER, A. - GÖTZE, U., 2011. Material flow cost accounting proposals for improving the evaluation of monetary effects of resource saving process designs. *Madison, CIRP Conference on Manufacturing Systems*.
- SZELISKI - RICHARD, 2010. *Computer Vision: Algorithms and Applications*.
- TAPPING, D., LUYSTER, T. - SHUKER, T., 2002. *Value Stream Management*. 1st szerk. New York: Productivity Press.
- TEZEL, A., KOSKELA, L. - TZORTZOPOULOS, P., 2010. *Visual Management in Construction: Study report on Brazilian cases*, Salford: University of Salford Manchester.
- TEZEL, A., KOSKELA, L. - AZIZ, Z., 2018. Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises (SMEs) perspective. *International Journal of Project Management*, 36(2), pp. 267-286.
- THIANG, I. N., LUMAW - TUN, H. M., 2016. Vision-Based Object Tracking Algorithm With AR.. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC - TECHNOLOGY RESEARCH*, 5(06), pp. 24-29.
- THOMSEN, C., 2009. *Integrated Project Delivery*., UNESCO.
- TOMMELEIN, I. D., 2008. 'Poke-Yoke' or quality by mistake proofing design and construction systems. *Manchester, IGLC-16 proceedings*.
- TÓTH, C. L., 2007. *A Karcsúsított Gyártás - a Lean Production*. Magyar Minőség.
- TURKAN, Y., BOSCHE, F., HAAS, C. T. - HAAS, R., 2012. Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies. *Automation in Construction*, 22. kötet, pp. 414-421.
- VERRIER, B., BERTRAND, R. - CAILLAUD, E., 2016. Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model. *Journal of Cleaner Production*, 116(10), pp. 150-156.
- VERRIER, B., ROSE, B. - CAILLAUD, E., 2016. Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity. *Source Magazine the Home of Lean Thinking*, 116. kötet, pp. 150-156.
- WAGNER, S. M. - CAMARGOS, S. V., 2011. Decision model for the application of just-in-sequence. *International Journal of Production Research*, 49(19), pp. 5713-5736.
- WINCH, G., 2003. *Models of Manufacturing and the Construction Process: The Genesis of Re Engineering Construction*. *Building Research - Information*, 31(2), pp. 107-118.

WOMACK, J. - JONES, D., 1996. Lean Thinking. New York: Simon and Schuster.

WOMACK, J. - JONES, D., 2003. Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation. Simon-Schuster UK lt.

WOMACK, J., JONES, D. T. - ROOS, D., 1991. The Machine that Changed the World. 1st szerk. New York: Simon-Schuster.

www.ksh.hu

www.portfolio.hu

YANG, J., PARK, M.-W., VELA, P. A. - GOLPARVAR-FARD, M., 2015. Construction performance monitoring via still images, time-lapse photos, and video streams: Now, tomorrow, and the future. Advanced Engineering Informatics, 29(2), pp. 211-224.

ZHU, Z. - BRILAKIS, I., 2010. Parameter optimization for automated concrete detection in image data. Automation in Construction, 19(7), pp. 944-953.

SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Idegen nyelvű tudományos folyóirat

1. SZTRAPKOVICS B. – RÓZSA Z. 2016. Validating the aggregation of hybrid fuzzy-kipa MCDM method used in site layout planning. Challenges in Process Management: Decision Points, Network Systems and Strategies in Practice, pp. 108-124.
2. SZTRAPKOVICS B. – RÓZSA Z. 2015. Application of a hybrid MCDM method in construction logistics, advanced logistic systems: theory and practice 9(1) pp. 17-29.

Magyar nyelvű tudományos folyóirat idegen nyelvű összefoglalóval

3. SZTRAPKOVICS B. – OLÁH J. 2020. Húzó elvű anyagellátás alkalmazása hazai építőipari vállalatok esetében. Logisztikai Trendek És Legjobb Gyakorlatok, 6(1), *megjelenés alatt*
4. SZTRAPKOVICS B. – PATAKI B. 2020. Elrendezéstervezés és optimalizálás az építőipari logisztikában. Logisztikai Évkönyv, 25(1), pp. 145-155.
5. SZTRAPKOVICS B. – PATAKI B. 2019 A lean és az Ipar 4.0 együttes alkalmazásának lehetőségei az építőipari logisztikában Logisztikai Évkönyv, 24(1), pp. 19-31.
6. SZTRAPKOVICS B. 2018. Lean elvű projekttervezési módszertan a logisztikában. Logisztikai Trendek És Legjobb Gyakorlatok, 4(1), pp. 55-59.
7. SZTRAPKOVICS B. – PATAKI B. 2018. Képfelismerés alkalmazása az építőipari logisztikában. Logisztikai Évkönyv, 23(1), pp. 180-191.
8. SZTRAPKOVICS B. – PATAKI B. 2017. A Green Lean alkalmazása építőipari folyamatokban Value Stream Mapping segítségével. Logisztikai Évkönyv, 22(1), pp. 144-158.
9. SZTRAPKOVICS B. – RÓZSA Z. 2015. Application of an automated hybrid MCDM method in site layout planning based on the principles of lean construction. Logisztikai Évkönyv, 21(1), pp. 70-83.
10. SZTRAPKOVICS B. – ANTAL N. – BAKOS A. – GYIMESI A. – TAKÁCS A. 2014. Just in time elvű anyagellátás alkalmazása az építőipari logisztikában, nemzetközi példákon keresztül. Logisztikai Évkönyv, 20(1), pp. 49-58.
11. SZTRAPKOVICS B. – ANTAL N. – BAKOS A. – BÓNA K. – TAKÁCS A. 2014. Építőipari logisztikai folyamatok fejlesztési lehetőségének vizsgálata lean elvek mentén. Logisztikai Évkönyv, 20(1), pp. 13-21.
12. SZTRAPKOVICS B. 2012. Rakodólap menedzsment. Logisztikai Évkönyv, 18(1), pp. 222-227.

Magyar nyelvű tudományos folyóirat magyar nyelvű összefoglalóval

13. SZTRAPKOVICS B. – GYIMESI A. 2015. Vizuális eszközök az építőiparban Eurotrade Magazin, 3(10), pp. 22-24.
14. SZTRAPKOVICS B. – GYIMESI A. 2015. Lean eszközök gyakorlati alkalmazása az építőiparban. Eurotrade Magazin, 3(3), pp. 32-33.
15. SZTRAPKOVICS B. 2015. A "nulla hiba" koncepció az építőiparban. Magyar Építéstechnika, 16(10), pp. 36-39.

16. SZTRAPKOVICS B. 2015. Kanban rendszer alkalmazása építőipari folyamatokban. A Jövő Gyára, 1(3), pp. 48-50.
17. SZTRAPKOVICS B. – ANTAL N. – BAKOS A. – GYIMESI A. – TAKÁCS A. 2014. A Just in time és a Kanban hazai építőiparban való implementálásának elméleti módszertana. Gyártástrend, 9(1), pp. 73.
18. SZTRAPKOVICS B. – ANTAL N. – BAKOS A. – BÓNA K. – TAKÁCS A. 2013. Építs okosan!: Lean eszközök és módszerek használatának lehetőségei az építőiparban. Gyártástrend, 10(3), pp. 51-53.
19. SZTRAPKOVICS B. – ANTAL N. – BAKOS A. – BÓNA K. – TAKÁCS A. 2010. Lean elvek alkalmazása a logisztikai folyamatok hatékonyságának növelése érdekében, avagy „egyre kevesebből egyre többet”. Logisztikai Innovációs Füzetek, 1(2), pp. 60-65.
20. SZTRAPKOVICS B. – ANTAL N. – BAKOS A. – TAKÁCS A. 2010. Lean Logisztika: Előremutató lehetőségek a logisztikai rendszertervezés és folyamatfejlesztés területén. Anyagmozgatás-Csomagolás, 55(4), pp. 6-7.
21. SZTRAPKOVICS B. 2010. Rakodólap menedzsment. Logisztikai Híradó: A Magyar Logisztikai Beszerzési És Készletezési Társaság Hivatalos Szaklapja, 7(5), pp. 38-40.

Tudományos könyv/tankönyvrészlet magyar nyelven

22. DULEBA SZ. – BAJALINOV E. – DOBOS I. TÓTH G. – CHRUDINÁK Á. GERDA I. – KOMORÓCZY T. – WINTER K. – ZSÍROS A. – RÉTHY-OSVÁTH E. – HARSÁNYI I. – SZABÓ G. – PALICZ P. – KISS J. – SZTRAPKOVICS B. – ANTAL N. – SZABÓ P. 2015. Matematikai módszerekkel támogatott integrált szervezetfejlesztési rendszer megalkotása: kutatási eredmények összefoglalása Budapest: FINES Magyarország Kft., (ISBN:978-963-12-3177-9) 200. p.

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Az építőipar és a feldolgozóipar hatékonyságának összehasonlítása.....	6
2. táblázat: Lean eszközök bevezetésének körülményei	21
3. táblázat: Az első periódus vizsgálatának eredménye	68
4. táblázat: A második periódus vizsgálatának eredménye.....	69
5. táblázat: A harmadik periódus vizsgálatának eredménye	70
6. táblázat: A hazai építőipar megrendelés nyilvántartási rendszereinek felmérése során alkalmazott Likert skála kategóriák	89
7. táblázat: A hazai építőipar alapanyag nyilvántartási folyamatainak felmérése során alkalmazott Likert skála kategóriák	92
8. táblázat: A just in time elvű anyagellátás építőipari megvalósításának feltételei, és azok jelenlegi státusza a hazai építőiparban	103
9. táblázat: Egy nem teljesült feladat kiértékelése 5 miért módszerrel	108

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Az építőipari termelés alakulása	7
2. ábra: Fizikai dolgozók produktivitása iparáganként	8
3. ábra Lean vállalat folyamatkialakításának metódusa	10
4. ábra: Értékáram a feldolgozóiparban	12
5. ábra: Értékáram az építőipari logisztikában.....	13
6. ábra: A Toyota Termelési Rendszer házmodellje	14
7. ábra: Egy építőipari ellátási lánc.....	15
8. ábra: Építőipari „lean kerék”	18
9. ábra: A fenntarthatóság három tényezője	22
10. ábra: Lean eszközök kapcsolata a különböző veszteségekkel.	23
11. ábra: Lean alapelvek az építőiparban.....	25
12. ábra: Hiba biztos lemezcsavar	29
13. ábra: Falak színkódolása	33
14. ábra: Csavarok színezése	34
15. ábra: A VSM tervezési lépései.....	35
16. ábra: A malajziai esettanulmány CLD ábrája	37
17. ábra: A fejlesztett folyamat VSM ábrája	37
18. ábra: Energia felhasználás követése	38
19. ábra: Víz felhasználás követése	39
20. ábra: Anyagfelhasználás követése.	39
21. ábra: Anyagfelhasználás egy másik típusú megjelenítési módja.....	40
22. ábra: Az E-VSM ábrázolása során megjelenő környezetterhelések	41
23. ábra: A folyamat VSM ábrája.	42
24. ábra: A folyamat fejlesztett VSM ábrája	44
25. ábra: A Last Planner System tervezési szintjei	47
26. ábra: A PPC növekedése egy mintaprojekt során	49
27. ábra: Tervezési KPI-ok ábrázolása egy diagramban.....	50
28. ábra: A SHOULD-CAN-WILL-DID analízis folyamata.....	50
29. ábra: A középtávú tervezés készítésének módszertana.....	51
30. ábra: A BIM-től elvárt funkciók	56
31. ábra: A Lean és a BIM együttes alkalmazásának folyamata	61
32. ábra: A KanBIM rendszer struktúrája, valamint kapcsolódási pontjai	62
33. ábra: A KanBIM részletes folyamat modellje	65

34. ábra: A kutatási modell	72
35. ábra: A primer adatgyűjtés lépései.....	82
36. ábra: Beszállítók számának alakulása az építőipari projektek esetében	85
37. ábra: Szállítási késedelmek aránya az iparági felmérés alapján	86
38. ábra: A magyarországi építőipari termelés alakulása 2013-2017-ig.....	88
39. ábra: Építőipari társas vállalkozások számának alakulása Magyarországon 2011-2017-ig.....	89
40. ábra: Megrendelések nyilvántartása a hazai építőiparban.....	90
41. ábra: Alapanyagnyilvántartási fejlettségi szintjei a hazai építőiparban	93
42. ábra: Az egyes klaszterekbe tartozó projektek határidőtúllépései hetek számában kifejezve doboz diagramon ábrázolva.....	97
43. ábra: A just in time koncepció fő céljai	100
44. ábra: Heti tervteljesítési százalék alakulása	107
45. ábra: Bevezetett kanban rendszer felépítése	110
46. ábra – KANBAN kártya a DN 110 átmérőjű, 45°-os Y-idom esetében, a munkavégzés helyszínén kitöltve	111
48. ábra: A just in time képes építőipari ellátás lánc modellje	113
49. ábra: A just in time az LPS és a kanban együttes alkalmazásának egy lehetséges módszertana	115
50. ábra: A teljes vállalati rendszerhálózatot magába foglaló integrált KanBIM rendszer elméleti modellje.....	117
51. ábra: A beszállító minősítési rendszer alkalmazása a megrendelési és készletezési folyamatokban.....	118
53. ábra Rozsda felismerése.....	121
55. ábra BIM ütemezés	122
56. ábra Betonrészek felismerése.....	123
57. ábra Koordináták és a háromszög keresése.....	125
58. ábra: A térfogat meghatározásához szükséges három vetület forrás	125

MELLÉKLET

Magyarországi építőipari folyamatok fejlettségét felmérő szakértői interjú kérdések

Az interjú során szerzett információkat bizalmasan kezelem azokat harmadik fél számára ki nem adom. Az értékelés során az interjún résztvevő vállalatok neve semmilyen formában nem kerül megjelenítésre.

Beszállítói kapcsolatokra és megrendelési folyamatokra vonatkozó kérdések

1. Milyen szempontok alapján választják ki a beszállítókat?
 - a. Az egyes szempontok (ár, rugalmasság, megbízhatóság stb.) milyen arányban esnek latba (szubjektív százalékos arányok)?
 - b. Vannak-e bizonyos szükséges alapfeltételek melyeket teljesítenie kell a beszállítóknak? (ISO tanúsítvány, pénzügyi feltételek stb.)
2. Jellemzően egy projekt során hány beszállítóval dolgoznak?
3. Auditálják-e a beszállítókat?
 - a. Ha igen melyek az auditációs folyamat főbb lépései, illetve kritériumai?
4. Méri a beszállítók megbízhatóságát?
5. Mennyire megbízhatóak a beszállítók? (megbízhatóság= időben teljesített szállítások száma/összes szállítások száma, amennyiben nem mérik adjon egy erre vonatkozó becslést)
6. Mekkora késedelmek szoktak előfordulni a beszállítások során? (amennyiben nem mérik adjon egy erre vonatkozó becslést)
 - a. Alkalmaznak-e bármilyen kötbérfizetési kötelezettséget a beszállítókkal szemben?
7. Milyen szempontok alapján választják ki beszállítóikat?
8. Egy adott anyag vagy szolgáltatás esetében milyen gyakran váltanak beszállítót?
9. Az egyes beszállítókkal milyen időtávra kötnek együttműködéseket?
 - a. Bizonyos beszállítók esetében alkalmaznak keretszerződéseket?
10. Mi a leggyakoribb oka a beszállítókkal való együttműködés megszakadásának?
11. Milyen feltételek esetén teszik „fekete listára” beszállítóikat?
 - a. Az elmúlt 5 évben hány beszállítót tettek „fekete listára”?

- b. Amennyiben egy beszállító „fekete listára” tesznek az végleges minősítést jelent-e? Amennyiben nem akkor mennyi idő után kerülhet ki a beszállító ezen kategóriából?

Alapanyag megrendelések kezelésére és nyilvántartására vonatkozó kérdések

12. A beszállítók felé milyen kommunikációs csatornákon (szóban, telefonon, faxon, emailen ERP rendszeren keresztül, stb.) történik a megrendelések feladása?
13. Vannak standard megrendelési dokumentumok melyek segítségével feladják a megrendeléseket a beszállítók felé?
14. A beszállító milyen kommunikációs platformon igazolja vissza a megrendeléseket?
15. A beszállítók rendelkeznek a visszaigazolásra alkalmas dokumentumokkal?
16. Biztosítanak a megrendelés visszaigazolására standard dokumentumokat?
17. Rendelkeznek olyan nyilvántartással mely segítségével követhető, hogy mely rendelések teljesülése aktuális, és melyek azok melyek csúszásban vannak?
18. Követik a megrendelések teljesülését? Milyen módon? Ha igen szokták elemezni az eredményeket?

Alapanyagkészletek kezelésére és nyilvántartására vonatkozó kérdések

19. A várható anyagigényeket mi alapján kalkulálják?
20. Jellemzően mekkorák az anyagkalkulációs hibák? (százalékban)
 - a. Melyek az anyagkalkulációs hibák legfőbb okai?
21. Milyen szempontok alapján történik a rendelések ütemezése?
 - a. Vannak-e ökölszámok, vagy irányelvek a rendelésütemezésre, és a készletezésre vonatkozóan? Ha igen melyek ezek?
22. Végeznek-e szortimentanalízist az alapanyagok esetében?
23. A tervezett felhasználás előtt hány nappal érkeztetik be az anyagokat?
24. Szoktak-e alkalmazni integrált ellátási, elosztási központokat?
25. Alkalmaznak-e körjáratokat a beszállítások során?
 - a. Ha igen egy körjárat jellemzően hány beszállítót érint?
26. Ki végzi az anyagok beszerzését? (van-e erre külön munkakör?)
27. A projektek során mekkora alapanyag szortimenttel dolgoznak jellemzően?
28. Hogyan zajlik egy anyagérkeztetés folyamata? (kié a felelősség minőségi, mennyiségi ellenőrzés, anyagkönyvelés stb.)

- a. Gyakoriak a vitás esetek az alapanyag átvétel során? Ha igen mely tényezők okozzák jellemzően a véleménykülönbséget?
29. Milyen jellemző problémák vannak az anyagellátás során?
30. Hogyan tárolják az anyagokat?
- a. Milyen problémák szoktak felmerülni az alapanyagok tárolása során? (például: helyhiány, selejt keletkezése, dézsmálás stb.)
 - b. Milyen szempontok alapján helyezik el az alapanyagokat az építési területen?
 - c. Előfordul-e hogy az építési folyamatok miatt át kell helyezni az alapanyagkészleteket? Ha igen egy projekt során ez átlagosan hányszor fordul elő?
31. Van-e alapanyag nyilvántartási rendszer?
- a. Ha van akkor milyen (papír alapú, számítógépes) az anyagnyilvántartási rendszer?
 - b. Mennyire szoktak megfelelni a valóságnak az anyagnyilvántartási rendszerben lévő készletadatok?
 - c. Szoktak-e alapanyagleltárt tartani projektek közben? Ha igen milyen gyakran?
 - d. Nyilvántartásra kerül-e hogy mely dolgozó milyen mennyiségű, és fajtájú alapanyagokat visz el/használ fel?
 - e. Alkalmaz-e a rendszer az anyagfelhasználás követésére (azaz leírhatók-e rajta keresztül a már beépített alapanyagok)?
 - f. Az anyagnyilvántartási rendszer kapcsolódik-e valamilyen módon a projekttervekhez? (Jövőbeli készletkalkulációk vannak-e a projektterv alapján?)
 - g. Egy építési területen alkalmaznak-e raktárhelyeket? Ha igen átlagosan mennyit és milyen elvek mentén?
32. Használják-e a projektek során valamilyen ügyviteli rendszert?
33. Milyen gyakori az alapanyag készlethiány a projektek során?
- a. Melyek a készlethiány legfőbb kiváltó okai?
34. Milyen gyakori az alapanyag felesleg a projektek során?
- a. Melyek a alapanyag felesleg legfőbb kiváltó okai?
35. Milyen arányú alapanyag selejt keletkezik?
- a. Melyek a selejtképződés legfőbb kiváltó okai?

- b. Kik és milyen szempontok alapján döntenek az alapanyagok leselejtezéséről?
 - c. Milyen adminisztrációs folyamatok kapcsolódnak a leselejtezéshez?
 - d. Ismertesse a leselejtezés fizikai folyamatát!
 - e. Észlelt-e bármilyen problémát a szakanyagok, és a tárgyi eszközök leselejtezése során
36. Milyen arányú a dézsmálás (vannak-e erre vonatkozó kimutatások)?
- a. Miben látják a dézsmálás kiváltó okait?
37. A munkagépek hiánya szokott-e késedelmeket okozni?
38. Ha igen akkor mik a jellemző okai a munkagépek hiányának?
39. Mely tényező késedelme a legjellemzőbb (anyag, munkagép, munkaerő)?
40. Melyek voltak az elmúlt évek során az építőipari logisztikában bekövetkező jelentősebb változások? (pl. informatikai fejlesztés, folyamatszervezési változások, szervezetfejlesztés, stb.)
41. Voltak-e az elmúlt években olyan logisztikai fejlesztések melyek megvalósultak, ha igen kérem, sorolja fel azokat!
42. Voltak-e az elmúlt években olyan tervezett logisztikai fejlesztések, amelyek valamilyen ok(ok)ból nem valósultak meg, ha igen kérem, sorolja fel azokat, valamint jelölje meg a megvalósulás elmaradásának okát!
43. Van-e bármilyen fejlesztési javaslata a logisztikai folyamatokhoz kapcsolódóan?
44. Milyen logisztikai fejlesztések várhatóak jövőben?
- a. Melyek azok, amelyekhez már dokumentáció is kapcsolódik?

Építési műveletek normaidejére vonatkozó kérdések

45. Rendelkeznék normaidőértékekkel az egyes építési műveletekre vonatkozóan?
Amennyiben nem akkor milyen módon történik a projekttervek megalkotása?
46. Hogyan történt a meglévő időadatok meghatározása? (tapasztalati mérés, mozdulelemzés, szekunder adatok elemzése, elnagyolt értékek eddigi tapasztalatok alapján stb.)
47. Amennyiben időméréssel történt a normaidők meghatározása, ismertesse a kiértékelés módszertanát!
48. Jelenleg hogyan tárolják a normaidő adatokat?
49. A napi működés során mely területeken hasznosítják a normaidőadatokat?

Projekttervezésre vonatkozó kérdések

50. A projektek hány százaléka csúszik azoknak melyekben részt vett?
51. Időben mekkorák ezek a csúszások?
52. Mik a legfőbb okai a projektek csúszásának?
53. Szokták-e elemezni a határidőn túli teljesítések kiváltó okait?
54. A projektek tervezése során alkalmaznak-e projekttervezési módszertant, ha igen melyiket?
55. A projekttervezést milyen szoftver segítségével hajtják végre? Melyre elégedettek a jelenleg alkalmazott szoftverrel?
56. Tervezik-e másik projekttervező szoftver alkalmazását?
57. Hallott a lean menedzsmentről?
58. Alkalmaznak jelenleg bármilyen lean eszközt a folyamataik során?
 - a. Mely lean eszközöket alkalmazzák folyamataik során?
 - b. Milyen hatást gyakoroltak vállalatuk működésére a bevezetett lean eszközök?
59. Tervezik-e a lean bevezetését a vállalati gyakorlatukba?
 - a. Amennyiben nem tervezik bevezetni a lean menedzsmentet akkor ennek mi az oka?
60. Elégedett-e vállalata hatékonyságával?