



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki kar
Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

Vonalas létesítmények életciklus-menedzsmentje
építményinformatikai alapokon

2023.



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL



Konzulens:

Dr. Lovas Tamás

Dr. Somogyi József Árpád

Készítette:

Nagy Zoltán

Tartalomjegyzék

Kivonat	2
Abstract	2
Bevezetés.....	3
Vonalas létesítmények.....	3
1. Utak	3
2. Vasutak.....	7
3. Egyéb infrastruktúra létesítmények.....	11
Iparági igények vizsgálata az életciklus tükrében	13
4. Tervezés	13
5. Kivitelezés	14
6. Üzemeltetés	15
7. Törvényi szabályozások	19
8. Nemzetközi kitekintés	21
8.1. Hol tart az InfraBIM	27
9. Hasznosítható technológiák.....	30
9.1. Industrial Foundation Class (IFC).....	30
9.2. Tranzakciók és triggerek.....	32
9.3. Blockchain	33
9.5. Internet of Things.....	36
9.6. Vizuális programozás.....	38
9.7. Térinformatika (GIS)	40
Javaslatok a teljes életciklusra kiterjedő BIM eléréshez	41
10. Szereplők és feladataik definiálása.....	41
11. Objektumok és osztályok szabványosítása.....	41
12. Rendszerstruktúra	42
Összefoglalás.....	44
Köszönetnyilvánítás	45
Irodalomjegyzék.....	46
Ábrajegyzék	49

Kivonat

A magasépítésben a digitális megoldások és az Építmény-információs menedzsment (BIM) alkalmazása az elmúlt években a mindennapok részévé vált. A vonalas létesítmények esetében ez a fejlődés egyelőre csak követi a magasépítésben látható irányokat, azonban az igény itt is megvan ezen technológiák és eljárások bevezetésére, mivel a legtöbb infrastruktúrával kapcsolatos építményünk nagy kiterjedésű és összetett mérnöki létesítmény.

Dolgozatomban egy lehatárolt körben körüljárom a hazai közlekedési infrastruktúra fejlesztésben érdekelt szereplők igényeit, jelenlegi helyzetüket, megvizsgálom az éppen átalakulóban lévő törvényi szabályozásokat, összevetve a jelenlegi ipari állapotokkal. A BIM szemléletnek megfelelően nem elég külön-külön vizsgálni a tervezés, kivitelezés és üzemeltetés folyamatát, ezeket egészében szükséges kezelnünk. Célom, hogy a feltárt igények és lehetőségek mentén egy olyan megoldást dolgozzak ki, mely együttműködésre alkalmas szoftverkönyezetekkel támogatja a vonalas létesítmények teljes életciklusát kiszolgáló mérnöki folyamatokat.

Abstract

In high-rise construction, the use of digital solutions and Building Information Management (BIM) has become an integral part of everyday operations in recent years. In the case of linear facilities, this development is currently following the trends seen in high-rise construction. However, there is a demand for the introduction of these technologies and methods here as well, as most of our infrastructure-related facilities are extensive and complex engineering structures.

In my thesis, I will focus on the needs of stakeholders involved in the development of domestic transportation infrastructure within a defined scope. I will examine their current situation and analyze the evolving legislative regulations, comparing them with the current industrial state. Following the BIM approach, it is not sufficient to examine the design, construction, and operation processes separately; they need to be managed as a whole. My goal is to develop a solution that, in line with the identified needs and possibilities, supports engineering processes serving the entire lifecycle of linear facilities with collaborative software environments.

Bevezetés

Az építőipar digitalizációja és az építmény információs rendszerek elterjedése lehetővé teszi, hogy az építmény teljes életciklusát hatékonyan menedzselni, felügyelni lehessen. A szereplők szorosabb együttműködése egy olyan folyamatot hoz létre, ahol az információ áramlása veszteség nélkül biztosított, szabályozott és folyamatos, így növelve a hatékonyságot, csökkentve a hibák számát, gyorsítva a folyamatokat. A magasépítésben egyre elterjedtebbek az építmény információs rendszerek és ezeket támogató informatikai technológiák, azonban ez a vonalas létesítmények esetében még nem került széles körben alkalmazásra. A magasépítésben már kipróbált és jól működő megoldásokat célszerű átültetni az infrastrukturális létesítmények életciklusába is, azonban figyelembe kell venni a terület sajátos igényeit, szabályozásait és azok alkalmazásával megvalósítani a szereplők együttműködését. Az eddig megszokott, széleskörben alkalmazott és kipróbált tervezési, kivitelezési és üzemeltetési eljárások, megoldások modernizálását kell végrehajtani az ipari szereplők bevonásával és a hatóságok felügyeletével. Ezek a fejlesztések erőforrások felhasználását igénylik, így fontos, hogy a folyamatban résztvevők egységesen profitáljanak a hatékonyabb eljárások használatával.

Vonalas létesítmények

1. Utak

A közlekedés igénye az emberiség megjelenésével azonos időkre vezethető vissza, a helyváltoztatás eszközeinek fejlődése pedig az ember fejlődésével arányos ütemben zajlott. A forgalmi elvárások rohamos növekedése újabb és újabb utak kialakítására sarkallta a világot. (Kisgyörgy, 2012)

Történelmünk során a közlekedéssel támasztott elvárások növekedésével az alkalmazott technológiák is fejlődtek. Eleinte a legrövidebb kitaposott ösvények jelentették az „utakat” majd megjelentek a kezdetleges természeti akadályokat áthidaló hidak, gázlók. A kerék megjelenése és használata megteremtette az igényt a megfelelő anyagokból és mindig járható utak kialakítására, amivel fentartható a kereskedelmi kapcsolat különböző központok között. Igen nagy lépést jelentett a modernkori utak felé Európában a Római Birodalom úthálózata, mely technológia fejlettségben, meghaladta az utána következő korokét, és nyomvonalai alapjául szolgáltak akár a modernkori hálózatoknak is. A középkor egyértelmű visszafejlődése után, ahol a távolsági kereskedelem szinte csak a luxuscikkekre korlátozódott, a 18. században

megjelentek a tömörített zúzottkő burkolatú utak, amelyek lehetővé tették az évszaktól és időjárástól független járhatóságot. Másik nagy ugrást jelentette a gépjárművek megjelenése és elterjedése. Ezzel megjelent az igény az egyre jobb minőségű és nagyobb átbocsátóképességű utak tervezésére és építésére.

A ma használt úthálózat Magyarországon és az Európai Unióban is sokéves tervezés és fejlesztés eredménye, ahol egyre inkább a költséghatékony, környezetkímélő és tudatos fenntartás és felújítás kerül előtérbe.

1.1. Utak tervezése

A vonalvezetés tervezése során számos szempontot kell figyelembe venni, pl.: a műszaki, a jogszabályi, a költségvetési, és környezeti hatásokat. Ennek keretében tekintettel kell lenni az út rendeltetésére, típusára, az azon közlekedő járművek járműdinamikai biztonságára, a kivitelezés és üzemeltetés gazdaságosságára, illetve a vonalvezetésesztétikájára. Ezeket a szempontokat a tervezés során a megfelelő nyomvonal, a helyes rétegrend, illetve a tervezési sebesség és látótávolság meghatározásával lehet érvényesíteni.

A dinamikai szempontokat figyelembe véve egyrészt egy biztonsági igényt kell kielégíteni, másrészt a forgalom számára gyorsan járható geometriát kell biztosítani.

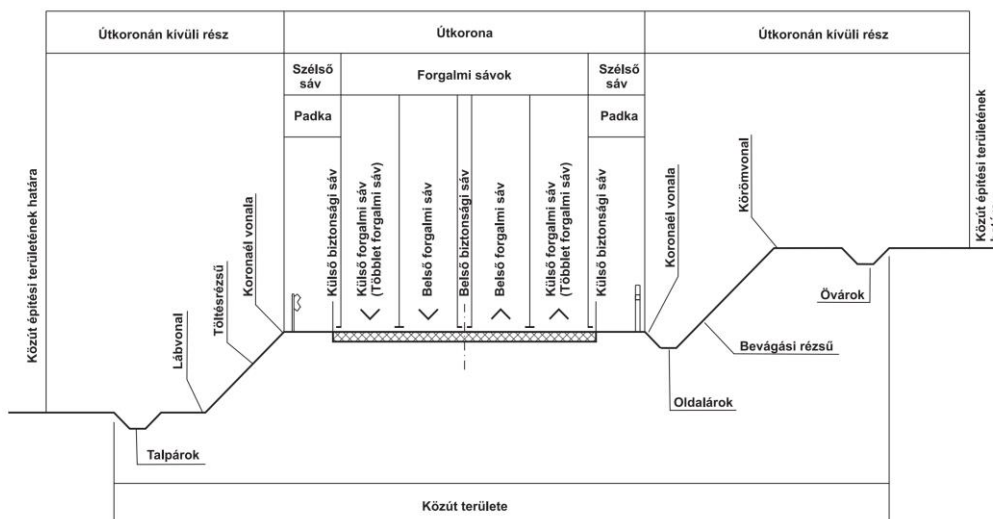
Ezen kívül a gazdaságosságot is figyelembe kell venni, mely azt jelenti, hogy mérlegelni kell az építési és közlekedési költségeket, számításba kell venni a forgalom nagyságát, a vonalvezetést pedig úgy kell megtervezni, hogy a lehető legkisebb távolsággal és magasságkülönbséggel valósulhasson meg a közlekedés.

Az utak vízszintes vonalvezetése egyenesekből, ívekből és átmeneti ívekből tevődik össze. Az egyes elemeknek előnyei és hátrányai vannak, például a hosszú egyenes szakaszok figyelemvesztéshez vezethetnek, a tervezés során ezeket, a biztonságot és tájba illeszkedést figyelembe véve szünetnek meg a vízszintes vonalvezetés tervei.

A magassági vonalvezetést hossz-szelvényi tervekben ábrázoljuk, elemei az egyenesek és a lekerekítések, melyek domborúak és homorúak lehetnek. A tervezés során fontos szerepet játszik a menetdinamika és a közlekedési költségek optimalizálása, ezért törekszünk arra, hogy kis emelkedésű és minimális törést tartalmazó utakat tervezzünk.

A térbeli vonalvezetésnél a vízszintes és magassági elemeket hangoljuk össze, hogy közösen térben elhelyezkedő vonalként tudjuk értelmezni. Összehangoljuk, az egyes elemek töréspontjait, hogy esztétikus és közlekedésbiztonsági szempontból is megfelelő vonalvezetést kapjunk.

A keresztmetsvény tervezése során a felmért és meghatározott igények alapján végrehajtjuk a keresztmetszeti tervezést. Meghatározásra kerül a sávok száma, a szélességi méretek, a burkolat oldalesését és típusát, a túlemelés mértékét, és egyéb keresztmetsvényi elemeket. Az utak keresztmetszvényét két részre tudjuk bontani, az útkoronán belüli és útkoronán kívüli részre. (1. Ábra)

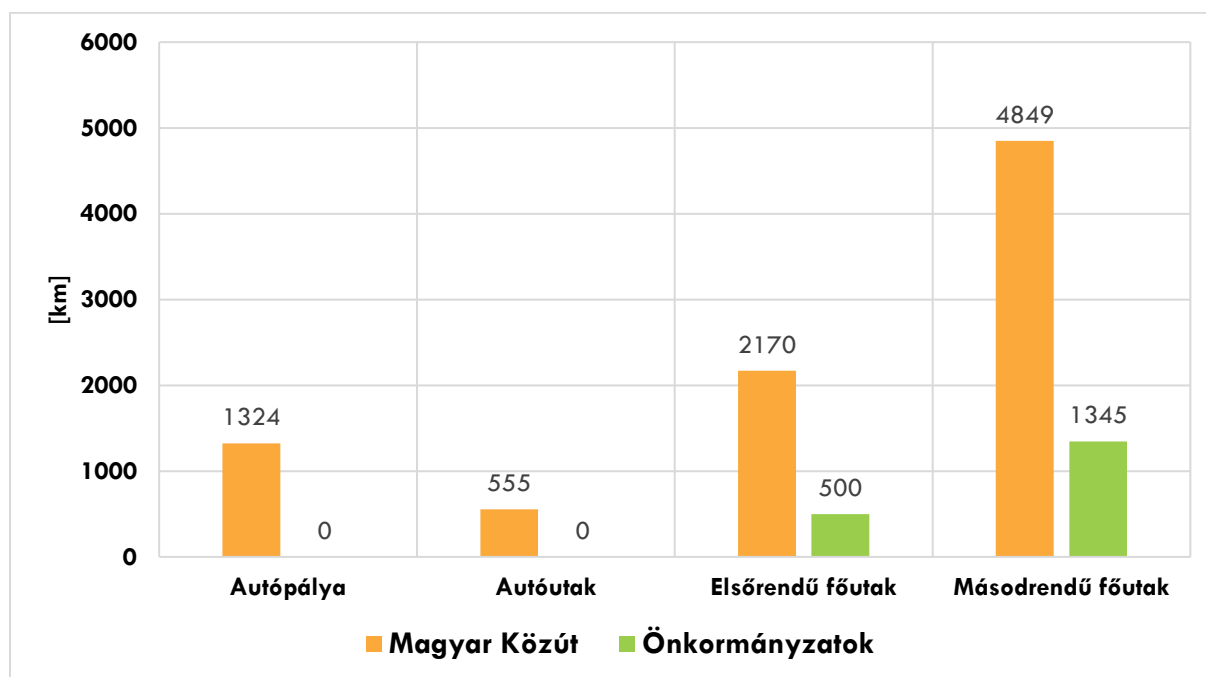


1. Ábra Keresztmetsvényelemek. Külterületi osztatlan pályás közutak
(*Útügyi Műszaki Előírás, ÚT 2-1.201*)

A magassági vonalvezetés tervezése során a biztonsági és esztétikai szempontok mellett fontos a menetdinamika és a közlekedési költségek optimalizálása is. A hossz-szelvényen ábrázoljuk az esésviszonyokat, az alkalmazott túlemeléseket, a homorú és domború túlemeléseket, a vízszintes ívviszonyokat és természetesen a magassági viszonyokat.

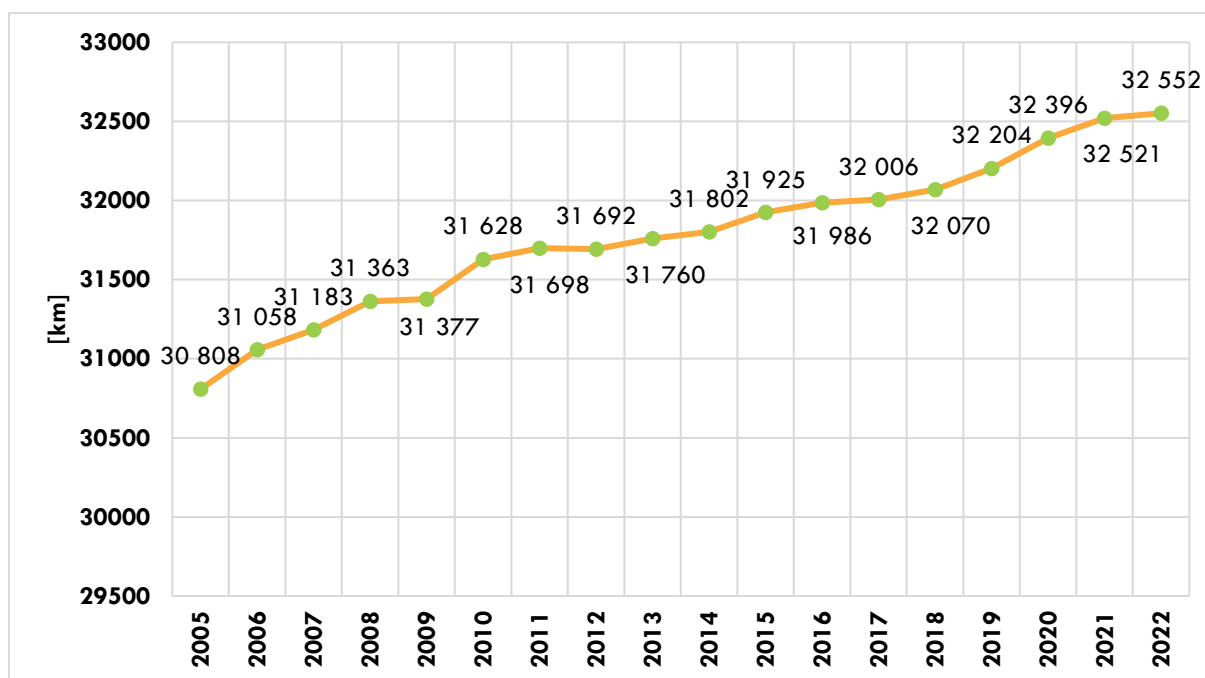
1.2. Magyarország úthálózata

Az ország útállománya közutakra és magánutakra oszlik. A közutak állami tulajdonú országos közutak és önkormányzati tulajdonú helyi közutak. (2. Ábra) Az országos közutak hossza 32 552,1 km (3. Ábra), ehhez társult 2018-ban körülbelül 1000 km kerékpárút hálózat is, mely a 355/2017. (IX.29.) kormányrendelet hatálybalépésével került a Magyar Közút kezelésébe. A helyi közutak hossza 183 988,6 km. Az országos közúthálózat bonyolítja le az ország teljes közúti forgalmának mintegy 75%-át. Az országos közutakból 9 439,8 km főhálózat, melyből 2 485 km „E” út, vagyis az európai úthálózat része. A gyorsforgalmi úthálózat hossza összesen 2 422,1 km, melyből 1 324,4 km autópálya, 554,5 km autóút, és 543,2 km autópálya vagy autóút csomóponti ága. Az országos közutak hosszának 26 %-a településeken halad keresztül, tehát a települések helyi forgalmának lebonyolításában is jelentős szerepet játszanak. Az országos közutakon 8216 db híd, 1853 db közúti-vasúti keresztezés (melyből 1390 db szintbeli, ebből 77 db biztosítás nélküli) van, ezen kívül 6711 db szintbeli gyalogos/kerékpáros átkelő található. (Magyar Közút)



2. Ábra Magyarországi közutak hossza (gyorsforgalmi és főutak) kezelői megoszlása Forrás: Magyar Közút

A nyilvántartás egy része a Magyar Közút honlapján elérhető, itt közzé teszik csoportosítva, a burkolat típusát, szélességét, az utat minősítő adatokat és a forgalmi adatokat is, illetve térképen megjelenítve és böngészhetőek az adatok. Az utakhoz kapcsolódó pontszerű objektumokról, határátkelők, ellenőrző pontok is ugyan ebben a jelentésben találhatóak.



3. Ábra Magyarországi közúthálózat hosszának változása Forrás: Magyar Közút

2. Vasutak

Az utakhoz hasonlóan a vasutakat is a közlekedés definíciójával jellemezhetjük, „A közlekedés személyeknek és dolgoknak olyan szabályszerűen ismétlődő tömeges helyváltoztatása, amely műszaki eszközök igénybevételével, a társadalom szükségletei alapján, termelő munka útján valósul meg.” (Kazinczy, 2004)

A mai vasúti pályák elődjei már a középkorban megjelentek olyan helyeken, ahol nagytömegű árut, terméket kellett mozgatni, ugyanazon a változatlan útvonalon. Ezek a helyek a bányák voltak, ahol a kitermelt kőzetet, a felszínre kellett juttatni további feldolgozás céljából. Az igazán nagy áttörést az ipari forradalom során érte el a vasút a gőzgép megjelenésével. George Stephenson gőzmozdonya, forradalmasította az addig bányákban használt, kötőtpályás állati erővel vontatott szerkezeteket, és megalapozta a vasúti személy és áruszállítás jövőjét.

A vasút elterjedésével egy biztonságos, gyors és megbízható közlekedési forma jött létre, melyre Európában jelenleg is nagy hangsúlyt fektetnek mivel személy és áruszállítás terén is meghatározó közlekedési mód. Nem mellesleg a vasút fejlesztése összhangban van a fenntartható fejlődéssel is, a hatékony mobilitás megtartása mellett.

2.1. Vasúti pályák tervezése

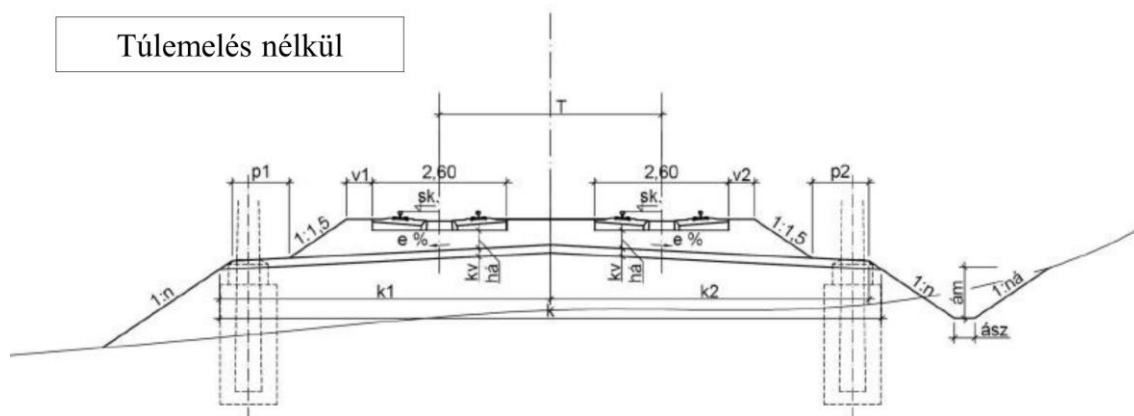
A pálya vonalvezetésének megtervezésénél különös tekintettel kell lenni a terep adottságaira, törekedni kell arra, hogy a nyomvonal a lehetőségekhez mérten kövesse a semleges vonalat, melynek esése állandó. Ezzel biztosítva a hatékony és biztonságos közlekedést.

A vasúti pálya vízszintes vonalvezetése állandó és változó görbületű elemekből áll, az állandó elemek lehetnek egyenesek, ezeknek a görbülete zérus, illetve tiszta körívek, ahol a görbület a körív sugarával fordítottan arányos. A változó görbületű elemek pedig az átmeneti ívek melyek a különböző állandó görbületű elemeket kapcsolják össze.

A magassági vonalvezetést az esések és emelkedések határozzák meg, ezeket az értékeket ezrelékben határozzák meg. Különböző lejtésű pályaszakaszok csatlakozásánál lejtőtörések jönnek létre, itt átmeneti vonalszakaszokat, illetve függőleges lekerekítő körívet alkalmaznak.

A térbeli vonalvezetés megtervezése során figyelembe kell venni a vízszintes és magassági elemeket, valamint a pálya egyéb elemeit. A magassági lejtőtörés és az alkalmazott lekerekítő körív nem eshet átmeneti ívbe, kitérőbe, útátjáróba, illetve acélhídra.

A vasúti pályatest és környezetében lévő terep vágánytengelyre merőleges metszete, méreteit a nyomtávolság, a vágányok száma, a keresztaljak hossza, az ágyazat vastagsága és túlnyúlása, a padka szélessége és a rézsű határozzák meg.



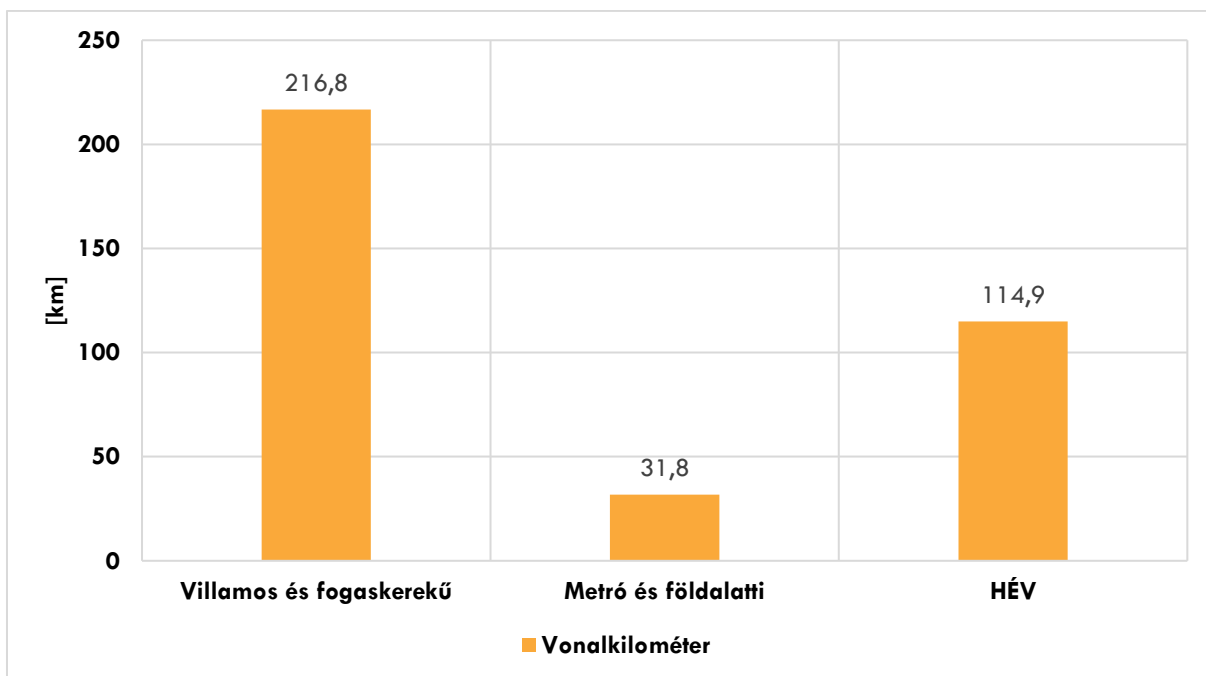
4. Ábra Kétvágányú, zúzottkő ágyazatú pálya mintakeresztmetszelve nye töltés esetén Forrás: Vasúti pályák előadás

A pálya tengelyirányú metszete, tartalmazza az egyes szakaszok lejtviszonyait, a pályához kapcsolódó létesítmények helyét (állomások, átjárók), a felépítmény bizonyos tulajdonságait, a töltés, illetve bevágások hosszát és nagyságát, illetve a vízszintes vonalvezetés elemeit is.

2.2. Magyarország vasúthálózata

A magyarországi vasúthálózat jelentős részét a Magyar Állam Vasutak Zrt. végzi. Az általuk kezelt 7200 vonalkilométerből 1233 vonalkilométer kétvágányú. A villamosított vasúti pálya hossza 2810 vonalkilométer. Az ország területén több nemzetközi vasúti korridor halad keresztül a IV., V., VII. és X. páneurópai vasúti korridor, valamint a 6. („Mediterrán”) és 7. („Orient”) árukorridor. A MÁV pályahálózatát több mint 30 vasúttársaság veszi igénybe. Ennek a nemzetközi törzshálózatnak a hossza 2703 vonalkilométer. A MÁV által üzemeltett vonalon 639 állomás, 762 megállóhely és 2507 biztosított útátjáró található. (MÁV, 2021)

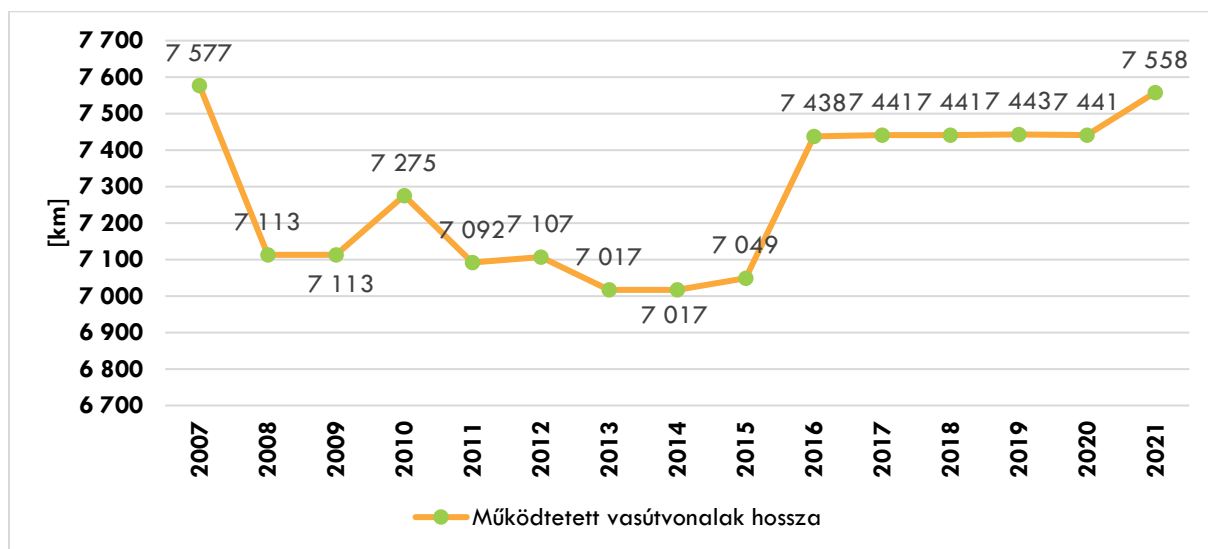
Az országos építésű normál nyomtávú vasutakon kívül a helyi közlekedés is rendelkezik vasúti pályákkal, amik a következők szerint oszlanak meg pályahossz alapján. (5. Ábra)



5. Ábra Kötőpályás helyi közlekedés pálya állománya Forrás: KSH

A legtöbb pálya Budapesten található melyeket a Budapesti Közlekedési Vállalat és a Budapesti Közlekedési Központ üzemeltet és tart karban, ide tartoznak a villamos és fogaskerekű vonalak (149 vonalkilométer) és a teljes metróhálózat, HÉV (Helyiérdekű vasút) pedig a MÁV-HÉV üzemelteti.

A Magyarországon működtetett vasútvonalak hossza igen változó volt a történelem során, az első világháború után a vasútvonalak jelentős része az új határokon kívülre került, a második világháború után pedig a vonalak jelentős károkat szenvedtek. Az elmúlt két évtizedben vonalak megszüntetése és újra nyitása is lezajlott. (6. Ábra) Jelenleg stagnálás, illetve enyhe növekedés tapasztalható, főként állagmegóvási beavatkozások történnek. Mindemellett több tervezett vagy éppen kivitelezés alatt álló vasúti beruházás zajlik jelenleg is az országban.



6. Ábra Működtetett vasútvonalak hossza Forrás: KSH

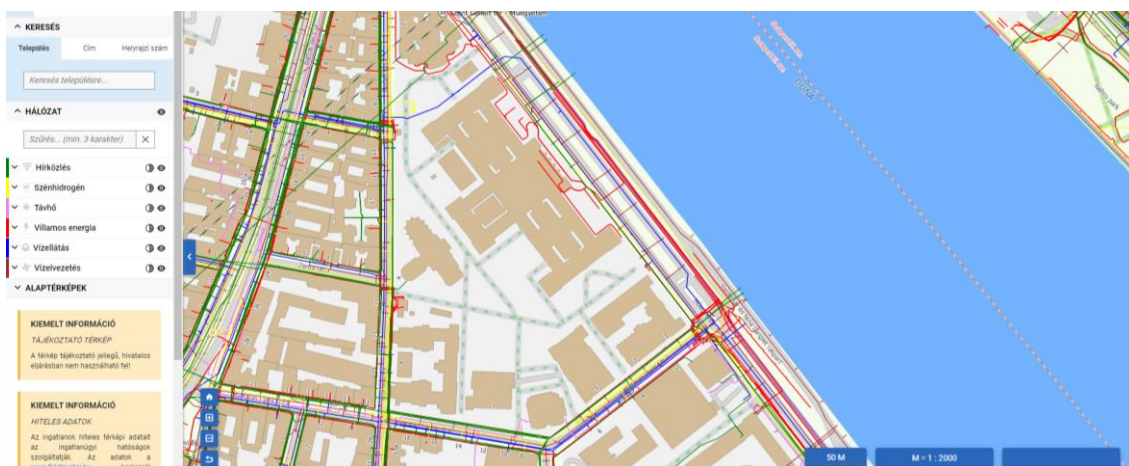
3. Egyéb infrastruktúra létesítmények

Dolgozatomban az út és vasúti infrastruktúrának a vizsgálatára helyezem a hangsúlyt azonban fontos kiemelni, hogy ezen kívül számos vonalas infrastruktúra létesítménnyel foglalkoznak az építőmérnökök. Kezdvé az energia szállítástól; villamosenergia esetében nagyfeszültségű távvezetésekre van szükség, amik haladhatnak a föld felett, illetve alatt, míg a fosszilis tüzelőanyagoka gáz (7. Ábra) és kőolajvezetésekkben továbbítódnak.



7. Ábra A jelenlegi magyar nagynyomású gázvezetékrendszer, export/import határkeresztező pontokkal
Forrás: FGSZ

Az országot ellátó energiahordozók mellett fontos megemlíteni még a lakossági áram és gáz hálózatokat; valamint a többi lakossági közműhálózatot, mint az ivóvíz, csatorna és telekommunikációs hálózatok. (8. Ábra) Ezek a hálózatok számos esetben, a lakott területen belül a közút hálózattal együtt kerülnek megtervezésre és kiépítésre.



8. Ábra Képernyőmentés a lakosság számára ingyenes közműtérképről

Végül fontos megemlíteni a természetes vagy mesterséges vízi utakat (9. Ábra), amelyek szintén a vonalas létesítmények és az építőmérnöki szakterülethez is tartoznak.



9. Ábra Magyarországi vízi utak osztályozása Forrás: KTI nonprofit kft.

Dolgozatomban az út és vasút szempontjából vizsgálom az életciklus menedzsment lehetőségét, mely a tervezés és annak alapelveinek alkalmazásával, folytatódik a kivitelezéssel, ahol maga a pálya és a forgalomirányítási és befolyásoló rendszerek (1. Táblázat) is kiépítésre kerülnek és végül az üzemeltetésben teljeseedik ki, ahol ezen rendszerek működtetése, a pálya állapotmegóvása és felügyelete és a közlekedés szervezése zajlik. Mivel a két szakág nagyon hasonló, a felmerülő feladatok és kihívások is. Illetve sok esetben együtt kell őket kezelni a szintbeli keresztezések, hidak vagy vasútállomások esetében. Az országban több beruházás a közelmúltban fejeződött be, illetve jelenleg is zajlik. Például az M6 jelű autópálya, az M44 különböző szakaszai vagy a Budapest-Belgrád vasútvonal kivitelezése. (Magyar Építők)

Iparági igények vizsgálata az életciklus tükrében

4. Tervezés

A tervezés és a tervezési folyamat megalapozza egy építmény életciklusát. A közlekedési infrastruktúra létesítmények esetében számos különböző szakág együtt dolgozása szükséges a kiviteli tervek megszületéséhez. Azokban az irodákban, ahol generáltervezést végeznek, ezek a szakágak általában különálló egységekként, osztályoként látják el a saját feladatukat. A tervezési folyamat az egyik legjobban digitalizált egy építmény életciklusa során, a tervezés már digitális megoldásokkal zajlik, ahol az egyes szakágak a saját igényeik szerint alkalmazott szoftveres környezetben dolgoznak, majd ezeket a terveket egyesítik. Ez a munkafolyamat nem teszi lehetővé az ütközésvizsgálatok elvégzését a szakágak közötti folyamatos információ áramlást. Ennek fejlesztése szükséges azonban, először a külső kapcsolatokkal való információ átadás meghatározása és fejlesztése szükséges, például tervek átadása, aláírása, elfogadása jelenleg digitális nyomtatott formában elfogadott és szükséges, a digitális szerkeszthető állományok is átadásra kerülnek a legtöbb esetben, azonban jogilag ez a szerződésben szabályozott, de nem törvényben jelenleg.

Mind az út- mind a vasúttervezésben keresik a lehetőségeket a tervezők a BIM alapú megoldások használatára, általános tapasztalat, hogy a magasépítésben alkalmazott szoftverek, nem képesek megfelelően ellátni az infrastruktúra tervezés során előforduló feladatokat (például, hossz-szelvények, kereszt-szelvények automatikus készítése). A tervező irodák, a kivitelezők és üzemeltetők nyomására alkalmazzák, állnak át BIM alapú megoldásokra. Tervezőként, a haszon jelenleg kicsi, természetesen a folyamatok automatizálása, szabványosítása segíti a tervezési folyamatot, azonban az átállás az új környezetre, időigényes és pénzügyi befektetést is igényel. Ez a kettő hátráltatja leginkább az átállást, kisebb cégeknél nincs meg a tőke a fejlesztésre, illetve a dolgozók minden munkaidejüket a futó projektek teljesítésére fordítják, így az innovációra. Azonban, nem példa nélküli az sem, hogy tudatosan a megjelenő igények és az addigi tervezői tapasztalatokra építkezve új szoftveres megoldások szülessenek, melyek megteremtik a közös adatkörnyezetet, ahol a tervezők saját szakáguknak megfelelő tervezési feladatokat elláthassák, és a szükséges esetekben hatékonyan tudják azt összeegyeztetni a többi szakággal. Több olyan feladat is megjelent amire nincs, vagy nem éri meg kész szoftverterméket alkalmazni, ebben az esetben a tervezőknek szükséges akár szoftverfejlesztéssel is foglalkozniuk, amivel a tervezési folyamataikat megkönnyítik és a megfelelő adatokkal tudják ellátni a megrendelőt.

A jelenlegi tényállás szerint, még a hagyományos tervezés zajlik, esetleg minta projekten keresztül alkalmazzák az új technikákat, a tervátadás formátuma még mindig a PDF, de más nem kötelező adatok is átadásra kerülnek. Például a Kontúr Csoport a saját BIM alapú megoldásának bevezetését az elkövetkező évre tervezi, a fejlesztés már 2021-óta zajlik. Azonban nem minden kihívásra nyújt megoldást a BIM alapú tervezés, a szabványosított objektumok és a közös adatkörnyezet. A szakágak együtt dolgozása során, a folyamatok összefonódnak egymásra épülnek, így az esetleges csúszások a teljes projekt csúszását is okozhatják. A határidő betartása pedig igen fontos a megrendelő szempontjából.

5. Kivitelezés

Az életciklus három nagy részfeladata közül a középső a kivitelezés, ahol a másik két részfeladatban résztvevő szereplőkkel elengedhetetlen a megfelelő kommunikáció és információ átadás. Ez sok esetben nem valósul meg, ennek oka legtöbb esetben nem az emberi hanyagság szerencsére, hanem az előre nem tisztázott átadásra kerülő adatok típusa, tartalma, formátuma; a tervlapokon különböző információk szerepelnek, a kivitelezés során meglévő információ, átadása nincs előírva az üzemeltetőnek. A kivitelezésben fontos szerepet játszik költség- és időoptimalizált munkavégzés, a hatékony építési folyamat. Ennek elérése érdekében a megfelelően képzett munkaerőn kívül, jól olvasható tervek, egyértelmű technológiai utasításokra, megfelelő munkaszervezésre, elegendő a helyszínen rendelkezésre álló építőanyagra és következetes minőségbiztosításra van szükség. Ezek biztosítása és összehangolása egy erőforrás igényes feladat, ezért törekedni kell a feladatok egymással összefüggő optimális elvégzésére. Egy példa az optimalizálásra, mérőállomás vagy GNSS által vezérelt munkagépek (pl.: gréder, finisher), ahol a BIM szemlélet segítségével az addigi manuális adatbevitelt, átvette a modell alapú kommunikáció, ezzel értékes munkaórákat takarítva meg a kivitelező cégnek. (Duna Aszfalt, 2021)

Egyes cégcsoportokon belül, ahol a tervezés és a kivitelezés irányítása egy kézben van az információáramlás megfelelően működik, megvalósul az egységes adatkörnyezetben együtt dolgozás. Cégcsoporton belül megvannak a meghatározott objektumok, osztályok, ezeket alkalmazzák és a tervezők közvetlenül a kivitelezésben hasznosítható adatokkal töltik fel a modellt. Azonban amennyiben, a terveket külsős fél adja át, napjainkban még a kivitelezés előtt abból modellt kell sok esetben készíteni, amely alkalmazható kivitelezés során.

A kivitelezés folyamán egy igen fontos elem a haladás monitorozása, illetve a munkafolyamatok térigényének, kivitelezhetőségének ellenőrzése, ennek hatékony

ellenőrzéséhez különböző technikákkal előállított pontfelhőket alkalmaznak, illetve a térbeli modelljét az építménynek. Az vizualizált építési helyzetekről, már az irodában el tudják dönteni, hogy biztonságosan végrehajtható, vagy másik megoldást kell alkalmazni az eredeti elképzelés helyett, így a terepen egy jobban szervezett kivitelezési folyamat hajtható végre. (STRABAG, 2023)

6. Üzemeltetés

Az üzemeltetési feladatok során, a közlekedés szervezési feladatokat külön kezelve, legnagyobb hangsúlyt a folyamatos és rendszeres vizsgálat és az azt követő esetleges beavatkozás teszi ki. A hatóságok még mindig a papír alapúan hitelesített mérési jegyzőkönyvekhez ragaszkodnak, ezért az üzemeltetőknek sem érdekük feltétlenül a digitalizáció. Ha digitalizáltan is rögzítik az adatokat azt nem egy egységes rendszerben teszik, hanem táblázat kezelő, vagy szövegszerkesztő szoftverekben. Azonban egyértelműek a digitalizáció előnyei, ezért vannak előremutató kezdeményezések. A budapesti metróban történi kitérők ellenőrző méréseit már digitálisan dokumentálva, RFID rendszerrel támogatva hajtják végre. Szerencsés, hogy az egy cégcsoporton belül történő fejlesztéseket, a különböző osztályok divíziók megosztják egymással, vagy akár példa van a vállalatok közötti együttműködésre is, ha azonos területi illetékességgel rendelkeznek. Azonban visszatérő elem, hogy gyakran koncepció szinten egyezik a specifikáció, azonban az igények különbözősége miatt akár, fundamentális változtatásokat szükséges eszközölni a megoldásban. Ez komoly anyagi, humán erőforrás és időráfordítást is igényelhet, ami lassítja, vagy akár teljesen ellehetetleníti a fejlődést. Például a budapesti metróban megfelelően működik a kitérőmérések közben az RFID alapú azonosítás azonban, ezt a felszíni kötőtpályás vonalakra átültetni nem tudták. Ennek oka, hogy több kitérő felmérése zajlik egy időben, megszakításokkal, mivel a forgalomkorlátozásra nincs lehetőség, így az adatok hiteles, szabályozás alapján történő rögzítése egyszerűbb papír alapon, mint elektronikusan, továbbá mivel civilek is hozzáférhetnek az azonosítókhoz azok megsérülhetnek, eltűnhetnek, ez további akadályokat és idővesztést okoz.

A felmérés után keletkezett adatokat sokszor papír alapon, rendszerezetten, de nehezen kereshetően, vagy digitálisan, de nem megfelelően rendszerezetten tárolják. Számos esetben szüksége lenne konkrét lekérdezésekre, mely összetetten kezeli a forgalmi adatokat, a felmérési adatokat és egyéb pályára vonatkozó információkat. Ezen kívül automatizálni lehetne olyan döntési folyamatokat, amiket előírások szabályoznak, illetve ahol nincsen szabályozás ott a

tapasztalt szakemberek segítségével, nem csak empirikus úton alkalmazható, egyértelműen leírható döntéstámogató rendszereket kell létrehozni. Itt érdemes kiemelni, hogy egy ilyen rendszer esetében fontos szerepet játszik az adatok hitelességét igazoló és jogosultságokat kezelő informatikai rendszerben való kiépítése. Ezzel biztosítva, hogy a rendszerhez hozzáférők munkakörüknek megfelelő adatokhoz férhessenek hozzá, tudják módosítani, ezeknek nyoma legyen és egyértelműen azonosítható legyen ki végezte el a módosításokat

6.1. Informatikai megoldások üzemeltetés során

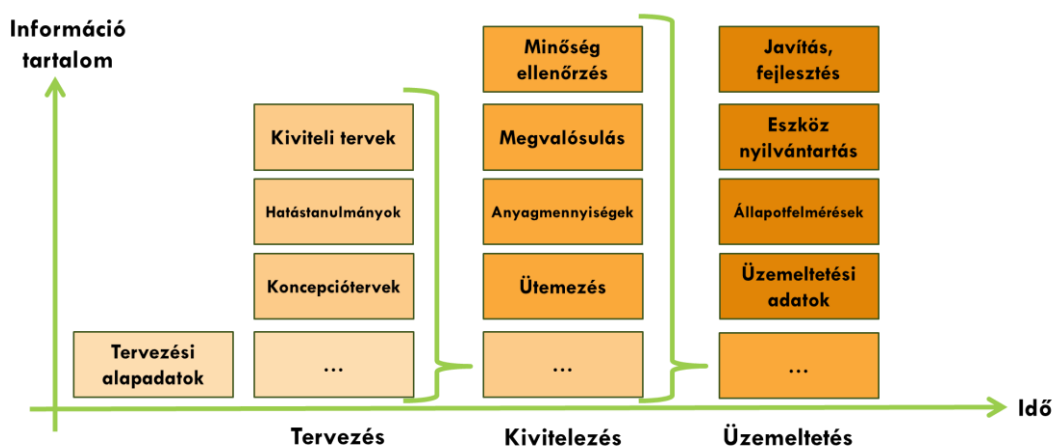
Az üzemeltetés során több jól működő megoldást is használnak, mind az út mind a vasút területén, ennek alapját térinformatikai adatbázisok alkotják. Ahova, különböző üzemeltetéssel kapcsolatos információt, felmérést, forgalmi adatokat, pályaállapotot tudnak rögzíteni, elemezni és lekérdezni. A MÁV sikeresen használja a PÁTER szoftvert mely egy pályadiagnosztikai döntésszolgáltató rendszer, ami a szakembereknek támogatást nyújt az elemzési és tervezési feladatokban. (MÁV-KFV, 2022). A Budapest Közút KAPU nevet viselő megoldása, egy adatgyűjtő rendszerből indult és fejlődött, mely mára egy komplex térinformatikai rendszer központi része. KARESZ (Közúti Adatgyűjtő Rendszer) adatok mellett elérhető a teljes közúti nyilvántartás adattartalma, a forgalmi rend nyilvántartástól elkezdve a kezelői határokon át, az utak állapotáig. A rendszer a jogosultságok kezelésére is képes, így képes az ügyviteli rendszerekhez való csatlakozásra is, mára számos fővárosi önkormányzat átvette már a használatát. (Budapest Közút, 2023)

7. Összefoglalva

Minden szereplő célja a saját működésének optimalizálása, végső soron az anyagi optimalizálás, ami az azt alkotó részletek tökéletesítést foglalja magában. A megfelelően optimalizált folyamatokat lehet automatizálni ezzel növelve a termelékenységet csökkentve az előmunkaerőt. Továbbá az így kialakult eljárásrendeket és folyamatokat szabványosítani lehet ezzel megkövetelve a használatukat. A BIM már bizonyítottan képes a felsoroltak ellátására az építőipar más területein, azonban fontos megvizsgálni képes-e erre a közlekedési infrastruktúra létesítmények esetében is, vagy csak bizonyos építőelemeit érdemes átvenni, amivel nagyobb hatékonyságot lehet biztosítani a lehetőségekből adódóan, mint egy teljes mértékben infraBIM-nek minősített rendszer kényszerítésével.

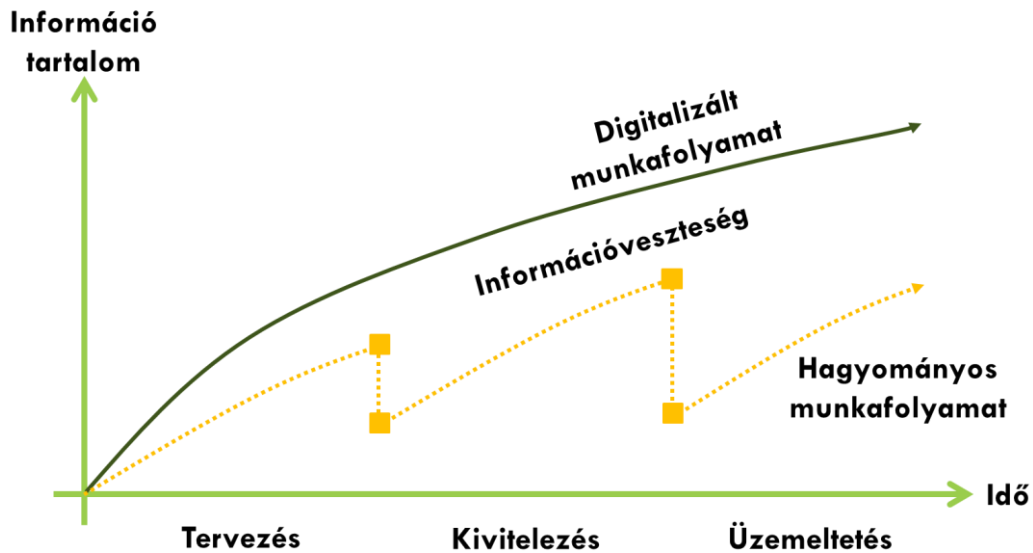
Érdemes megvizsgálni az eltérő be és kimeneti adatmennyiségeket, és minőségeket egy BIM modell és a különböző szereplők között. Célszerű az összes bemeneti adatot megőrizni (1.

Ábra), így hatékonyabb és nagyobb információ tartalommal rendelkező kimeneti adat állítható elő. Míg a tervezők főként adattal töltik fel a modellt addig és a lekérdezések kisebb hangsúlyt kapnak, főként a különböző szakágak által feltöltött új adatokat kell megjeleníteni addig, a kivitelezés folyamán ez az arány egyensúlyba kerül, metszeteket kimutatásokat, anyagmennyiségeket kérdeznek le és a megvalósult állapottal töltik fel a modellt. Az üzemeltetés során előtérbe kerülnek az attribútum adatok és geometria háttérbe szorul, nyilván kell tartani az egyes elemek élettartamát, a felmérések során feltárt hibákat, azok javítását, esetleges fejlesztéseket, ezekből az idősorosnak tekinthető adatokból lekérdezéseket kell végrehajtani, akár igen összetett képletek szerint, bevonva különböző előrejelző eljárásokat is.



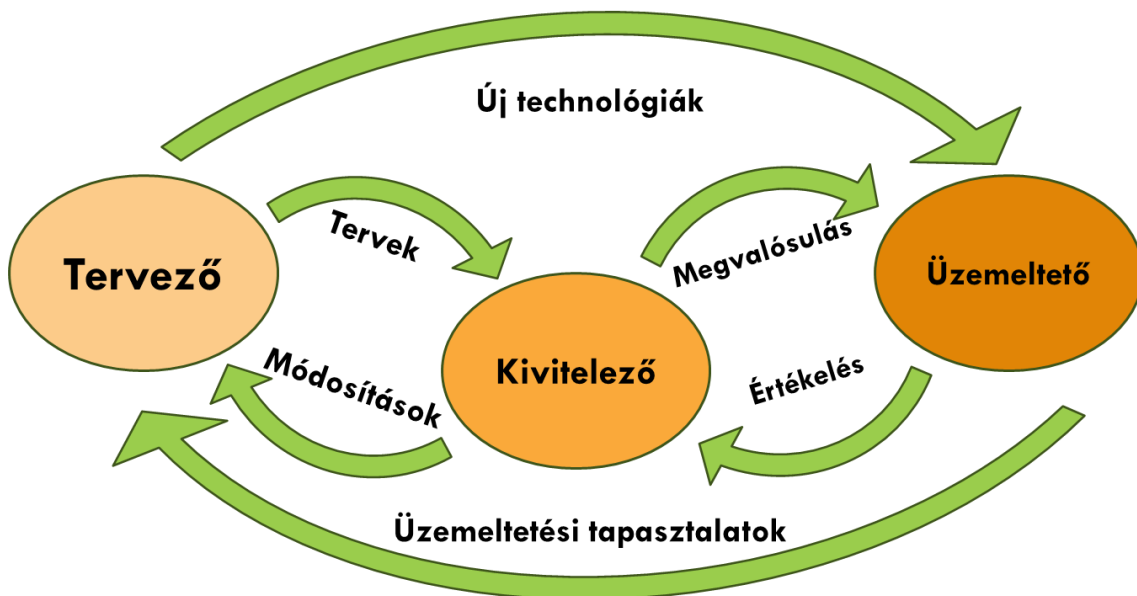
10. Ábra Információtartalom növekedése az építmény életciklusa során

Az adatátadási folyamatok, digitalizáció és a nem megfelelő eljárás nélkül sérülnek, információvesztés történik (11. Ábra), mely gátolja a projekt előrehaladását, elkerülhető költségeket generál és csökkenti az üzemeltetés hatékonyságát.



11. Ábra Információ veszteség és annak megakadályozása Forrás: MAÚT

Fontos kiemelni, az információáramlás nem szükségszerűen egyirányú (12. Ábra), itt van annak a lehetősége, hogy a tervezők, illetve kivitelezők visszacsatolást kapjanak a tervek, illetve a kivitelezés minőségéről, amennyiben az üzemeltetés során fellépő, sorozatosan előforduló hiba valamilyen tervezési vagy kivitelezési hiányossághoz köthető.



12. Ábra Információ áramlás a szereplők között

A 12. Ábra lehetséges információk áramlását mutatja a projekt kiemelt szereplő között. További szereplő még az építető, megrendelő, a hatóságok, a beszállítók stb. Számukra is szükséges megteremteni az információ áramlást, ezt az építményinformatikai rendszerek segítségével meg lehet valósítani.

8. Törvényi szabályozások

A vonalas létesítmények nagy része, kiterjedése, célja és mérete miatt az állami és társadalmi érdekekhez is, ezért minden szereplő célja ezek törvényi szabályozása, egy közös keretrendszer kialakítása, ami az összes szereplő számára átlátható, hatékony, minimalizálja a költségeket a minőség megtartása mellett.

Ezen igények mentén került kialakításra „Az állami építési beruházások rendjéről” című törvényjavaslat, melyet az országgyűlés 2023. október 25-én újból elfogadott.

A törvényben meghatározott célok között kiemelten szerepel a hatékonyság és megbízhatóság biztosítása, valamint egységes szabályozási rendszer lefektetése az előkészítés, tervezés, kivitelezés és üzemeltetés területén is. A törvény tisztázza a beruházásban részt vevő szereplők feladatait és viszonyát növelve az átláthatóságot és teret enged a közösségi érdekeknek, illetve a fentartható megoldásoknak.

A törvény hatálya az olyan beruházásokra terjed ki, melyek elérik a közbeszerzési értékhatárt, illetve uniós források bevonásával valósulnak meg. Kivételt képezhetnek a honvédelmi, katonai és nemzetbiztonsági beruházások. Ezek esetében a törvénnyel összhangban, külön rendeletet hoz a kormány. Egyéb kivételek az elemi csapás, illetve ipari katasztrófa miatt szükségessé váló beruházások, valamint, a vagyonkezelő alapítványok és egyházak beruházásai, a szénhidrogén kutatás, feltárás és kitermelés, illetve kormányhatározatban bármely beruházás mentesíthető a törvény által előírtak alól.

Tartalmát tekintve a törvény előremutató technológia szempontból is definiálja az építmény információs modellt és előírja egy felhő alapú rendszer létrehozását, amiben a műszaki megvalósítás vezetése történik. A projektek ellenőrzése céljából a törvény előírja az egységes BIM alapú rendszer létrehozását minden beruházás esetében. Definiálja az Állami Beruházási Érdekegyeztető Tanácsot, aminek tagjai az ipari, gazdasági szereplők és önkormányzatok is. A tanács feladatai közé tartozik a BIM rendszer feltételeinek megteremtése, annak rendszeres kétévenkénti felülvizsgálata a hazai és nemzetközi trendek alapján, majd pedig a szükséges korrekciók végrehajtása. Meghatározza a beruházásban szereplők feladatköreit és

kötelezettségeit, bizonyos feladatkörök betöltését meghatározott követelményeknek kell megfelelni. A törvény szövegében meghatározásra kerül, mire kell képesnek lennie a BIM rendszernek. Kiemelésre kerül az ütközésvizsgálatok elvégzése, valamint a megvalósulás nyomán követése, ezen kívül pedig segítenie kell a szakmai és pénzügyi beszámolók teljesítési igazolások előkészítését. A törvény hatálya alá tartozó beruházásokban előírja a BIM alkalmazását a teljes életciklusra ezzel is biztosítva a szorosabb együttműködés lehetőségét a szereplők között.

A törvény a kitűzött céljának és feladatának tekinti, hogy jogi alapot teremtsen a szorosabb együttműködéshez az építési beruházásban résztvevők között. Hangsúlyozza a szakmai ismeretek továbbfejlesztését és átadását a résztvevők között. Illetve biztosítani szeretné, hogy az átláthatóbb, jobban hozzáférhető adatok segítségével az állampolgárok is mint résztvevők részt vegyenek a beruházás különböző fázisaiban.

Egy másik törvény is készülöben van, ez a „Magyar építészettről szóló törvény”, mely a vonalas létesítményekre jóval kisebb hatással van, mint az előző. Azonban itt is megfigyelhetők a digitalizációt és BIM-et előíró, megkövetelő paragrafusok.

8.1.Előírások és irányelvek

Az előírások kidolgozásának és alkalmazásának célja a hatálya alá tartozó tevékenységek eredményességének és biztonságának egységes szakmai alapelvek mentén történő, országosan egyenletes színvonalú biztosítása. Ennek mentén kerültek és kerülnek kialakításra az „Útügyi Műszaki Előírások” és a „Vasútügyi Műszaki Előírások”. Ezek tartalmazzak egy általános összefoglalót, illetve szakág specifikus témaköröket.

Útügyi Műszaki Előírások	Vasútügyi Műszaki Előírások
Közlekedés szervezés	Pálya
Úttervezés	Erősáram
Forgalomszabályozás	Pályamenti ellenőrző-, irányító és jelző alrendszer
Építőanyagok	Fedélzeti ellenőrző-, irányító és jelző alrendszer
Útépítés	Forgalom üzemeltetés és -irányítás
Hidak és műtárgyak	Telematikai alkalmazások
Fenntartás és üzemeltetés	Járművek
Mérések és vizsgálatok	

1. Táblázat Útügyi és Vasútügyi Műszaki Előírások témakörei Forrás: MAÚT

Az előírások mellett irányelveket is meg lehet fogalmazni, melyek egy társaság, csoport saját tapasztalatain alapulnak, saját működésüket szabályozzák, ilyen például a „Sárga könyvként” emlegetett BKV által kiadott, Közúti Vasúti Infrastruktúra Tervezési Irányelvek, ebben megfogalmazzák közúti vasutak tervezési igényeit, a specifikus pályaelemeket, alkalmazott technológiákat. A tervezésen kívül egy másik kötetben Közúti Vasúti Pályaépítési és Fenntartási Műszaki Utasítás címen összegzik az ehhez kapcsolódó feladatokat.

Az építmény teljes életciklusát támogató rendszer esetében ezeket a törvényeket, előírásokat, irányelveket alkalmazni hasznos és kell is. A rendszert ezekkel összhangban kell kialakítani és lehetővé kell tenni

9. Nemzetközi kitekintés

Egy 2021-ben végzett kutatás azt volt hivatott feltárni, hogy milyen BIM alapú megoldásokkal lehet elérni egy teljes életciklus-menedzsmentet közlekedési infrastruktúra létesítmények esetében. Vizsgálatuk során négy különféle témában (infrastruktúra, BIM, robotok és szenzorok, mesterséges intelligencia és szerkezet monitoring) kerestek különböző címszavak alapján kutatásokat és tanulmányokat. Közel 4000 cikket találtak a témában, amiből kiválogatták az angol nyelven megjelenteket, majd manuális ellenőrzéssel a cím és kivonat alapján is szűrtek; végül így negyven cikket dolgoztak fel. (Jang et al., 2021)

A cikk írói is három fő részre osztották fel egy létesítmény életciklusát, tervezés, kivitelezés és üzemeltetés. A feldolgozott irodalom alapján feltárták azokat a területeket, ahol a BIM

használata pozitív példákat eredményezett. A tervezés során hatékonyan segítette az optimális tervváltozat kiválasztását, illetve a nagy léptékű projekteknel az információáramlást a beruházásban részt vevők között is elősegítette. Ezeken kívül csökkentette a fellépő hibák számát, növelte a tervek minőségét lehetővé tette az ütközés és egyéb vizsgálatok elvégzését. A kivitelezési fázis során is számos pozitív példát találtak, megfelelő tervekkel jelentősen csökkenthető a hibák és ütközések száma a kivitelezés során, ezáltal minőségi és ütemezett kivitelezés tud megvalósulni. Üzemeltetés során az infrastruktúra szerkezetek rendszeres vizsgálatokat igényelnek. Az igények kiszolgálására megfelelő felmérési technikák és az adatok rendszerezésére és tárolására hatékony rendszert kell létrehozni, amiben ütemezhető a karbantartások, követhető az egyes elemek életútja. (Jang et al., 2021)

A szerzők továbbá kiemelik a State-of-Art technológiákban rejlő lehetőségek kiaknázását a monitorozás során. Lidar, UAV és szenzorrendszerek használata és az adatok automatikus kiértékelése gépi- és mélytanulós rendszerek segítségével. (Jang et al., 2021)

Egy 2019-es cikkben arra keresték a választ, milyen Digitális Iker (DI) szükséges ahhoz, hogy az egy út vagy vasút életciklusát az teljes mértékben támogatni tudja. A DI-t úgy definiálják, hogy annak legfontosabb eleme az adatok szinkronizációja a valós világ és a digitális tér között. A virtuális leképezése egy dolognak azzal válik teljessé, hogy adatai gyűjteni képes okos eszközökkel rendelkezik és ezeket modellek segítségével fel is dolgozza. (Tchana et al., 2019)

Kiemelik, hogy számos kihívással kell szembenézni egy DI megalkotása során, mint például a hosszadalmas fejlesztési folyamat, nehéz testreszabhatóság, illetve a felmerülő költségek. Azonban az előnyök megtérítik a befektetést. Elsőként kiemelik, hogy az együttműködés egy új szintre emelhető, mivel egy mindenki számára elérhető, véleményezhető és változás követést biztosító modellt hozható létre. A legnagyobb hatása azonban, az utolsó leghosszabb életciklusban van, az üzemeltetésben és karbantartásban. A rendelkezésre álló adatok és az idő során gyűjtött információk alapján szimulációkat lehet futtatni, amivel felderíthetők a hiányosságok és ezáltal költségek takaríthatók meg. Az életciklus során gyűjtött és elemzett adatok segítségével a későbbi eszközök és termék fejlesztése során is fel lehet használni. (Tchana et al., 2019)

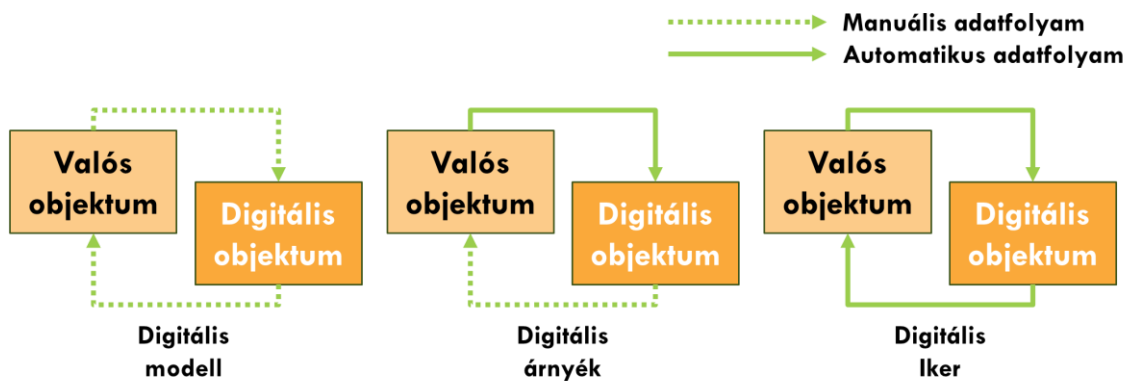
A szerzők négy részre osztják egy építmény életciklusát, konceptuális tervezés, tervezés, kivitelezés és üzemeltetés, fenntartás. Szembe állítják egymással a digitális modell és DI fogalmakat, ahol a modell egy adott állapotot tükröz, tervezés, megvalósulás, üzemeltetés, míg a DI ezeket ötvözi együttesen kezeli. Egy megfelelő DI, hatékonyan tudja kezelni a vonalas

közlekedési létesítmények sajátosságaiból adódó megoldandó kihívásokat, például a számos szereplőt, akik nem feltétlen minden projekt esetében ugyanazok, van a hol számuk több vagy kevesebb, illetve más jogokkal és feladatkörrel rendelkeznek minden egyes projekt esetén.(Tchana et al., 2019)

Főbb céloknak az alábbiakat határozták meg:

- Együttműködés eléréséhez meg kell állapodni egy minden szereplő által elérhető és használható adatcsere formátumban. Szükséges adatcsere protollokat és standardokat megalkotni és azokat használni.
- Strukturált adatkezelés támogatása, mely garantálja, hogy a szereplők szerepkörüknek megfelelő módon férjenek hozzá, minden adatnak legyen tulajdonosa, aki felelős a megosztott információ hitelességéért.
- 3D modellező és megjelenítő eszköz kialakítása, mely képes a CAD modellek készítésére integrációjára, illetve legyen képes kezelni a kettő dimenziós állományokat is a modellhez rendelve.
- Egy olyan eszköz létrehozása, mellyel követhető az információ változása, fejlődése. Vizsgálható az adatok minősége és megbízhatósága. Továbbá biztosítható, hogy DI-ben ezek tárolásra kerüljenek.

A DI mellett kifejtésre kerül a digitális modell és digitális árnyék definíció is. (13. Ábra) A digitális modell esetében nincs automatikus információáramlás, a digitális másolat manuális folyamatokkal jön létre és kerül frissítésre. Az árnyék esetében, a valóság „árnyékot vet” befolyással van a digitális objektumra, automatikus információ áramlás történik a digitális modell adatbázisába, például szenzorok által mért adatok által.(Tchana et al., 2019)



13. Ábra Digitális modell, árnyék és Iker Forrás:(Tchana et al., 2019)

Összefoglalva, biztosítani kell az adatok digitális áramlását és megmaradását a teljes életcikluson keresztül. Szem előtt tartva az üzemeltetés igényeit és a lehetőségekhez mérten egyszerű IT megoldásokat és adatfeldolgozást alkalmazni.

Egy 2019-ben készített esettanulmány az olaszországi velencei vasút fejlesztését vizsgálta, milyen lehetőségek vannak a BIM alkalmazásában a vasúti infrastruktúra fejlesztés területén. Cikkük főként a tervezésre fókuszál azonban, figyelembe veszik a kivitelezés és üzemeltetés igényeit is. Bemutatásra kerül az országhoz kötődő jogi helyzet, kötelezettségek, melyek hasonlóak a jelenlegi magyar tényálláshoz. A BIM kötelezővé tétele, bizonyos kritériumot teljesítő projekteknél, azonban kidogozott eljárások még nincsenek az infrastruktúra tervezés területén hiányosak a szabványos objektumokat tartalmazó könyvtárak. Ezen kívül még kihívásként hivatkoznak a közös tulajdonjogokkal rendelkező infrastruktúrára és az építőipar tagoltságára, az infrastruktúra projekteken belüli nagy beruházási területre.(Pasetto et al., 2020)

A szerzők kiemelik, hogy sokszor a BIM-et tévesen azonosítják valamilyen szoftverrel vagy modellezési módszerrel azonban, a fő lényege az elvek megosztása és használata a szereplők között.(Pasetto et al., 2020)

Kutatásaik során a szerzők is vizsgálták a BuildingSmart által fejlesztett IFC alapú infrastruktúrához fejlesztett kiegészítőket. A fejlesztési irányt megfelelőnek tartják azonban, kiemelik a hiányosságokat is melyek fontassak lennének a vasúti infrastruktúra tervezése során, például a különböző típusú átmeneti ívek kezelése. Komoly lehetőséget látnak a BIM és GIS integrációjában a vasútfejlesztés területén.

Két részre osztják a BIM hasznosíthatóságát a vasúti infrastruktúra fejlesztés területén, „Földrajzi”, illetve „Objektum szintű”

BIM használat	„Földrajzi”	„Objektum szintű”
Megjelenítés	X	X
Terv értékelése	X	X
Életciklus információ management	X	X
Ütközésvizsgálat	X	
Mennyiségi elemzés	X	X
Ütemezés tervezése	X	X
Költségbecslés	X	X
Forgalom szimuláció	X	
Virtuális vizsgálat (biztonsági és láthatósági elemzések)		X

2. Táblázat BIM különböző léptékben történő hasznosíthatósága (Pasetto et al., 2020)

A megjelenítés és terv értékelés során ki tudták használni a GIS megjelenítést, illetve az egyes elemek ellenőrzését, lehetővé téve a hibák jelzését elemekhez rendelésével. Az építménye életciklusa során az adatokat szintén lehet vizsgálni két különböző szinten, ezzel elősegítve a hatékony karbantartási munkákat. Ütközés vizsgálat során vizsgálható az új infrastruktúra meglévők közé illesztésének megvalósíthatósága, például épületek, hidakkal való ütközések elkerülése. A mennyiségi elemzés során számítani lehet a töltések, bevágások nagyságát, a kisajátítások területét, illetve objektumok szintjén kimutatható a kivitelezéshez szükséges elemek tényleges projekthez köthető száma. Amennyiben az elemekhez költségelemek is társulnak, úgy a költségbecslés is elkészíthető. Az ütemezés tervezéshez, egyéb többletinformációra is szükség van, nem elég az egyes elemekhez ismerni az építési sorrendiséget, valamint a megvalósítási idő, hanem az adott projekt környezetéhez kell alakítani az ütemezést. Ezenfelül a BIM szemlélettel megtervezett projekt esetében forgalmi szimulációkat lehet futtatni, ami segíti a közlekedés szervezést. A virtuális vizsgálatok segítségével ellenőrizhetők a látótávolságok, a kihelyezett jelek és jelzők észlelhetősége, a

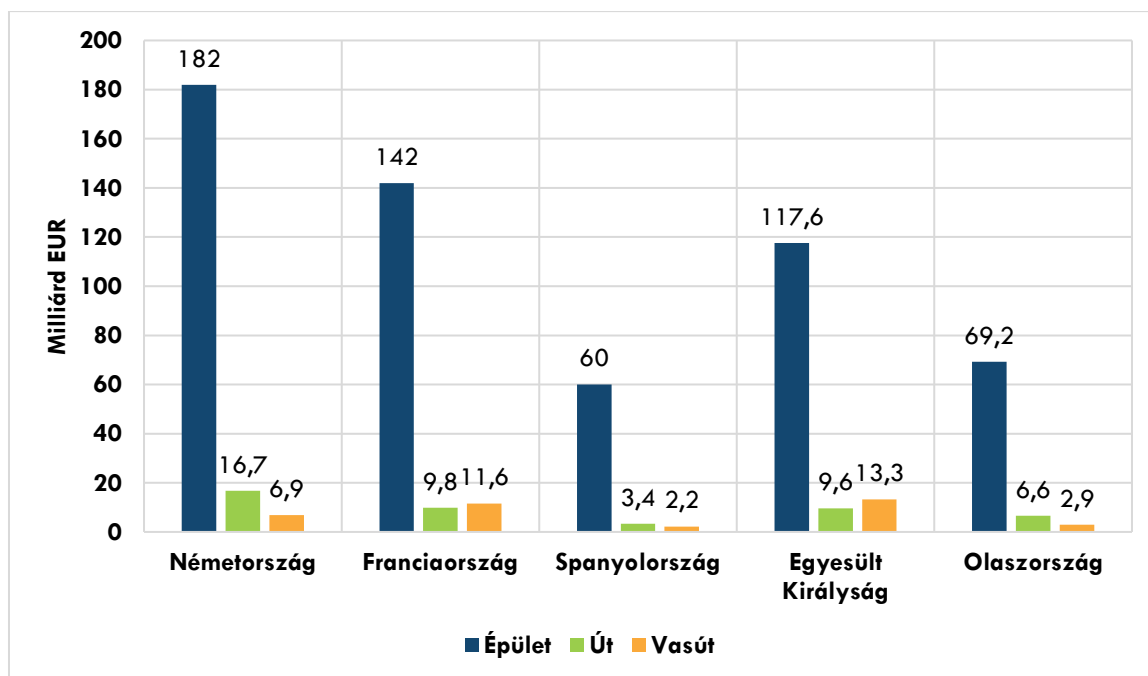
közlekedők szempontjából és vizsgálható a különböző úrszelvényű szerelvények biztonságos áthaladásának lehetősége.(Pasetto et al., 2020)

A két lépcsős megközelítés megfelelően működött, azonban a szerzők kiemelik a megfelelő osztályok és vasút specifikus elemek meglétének szükségességét, mivel a magasépítésben alkalmazottak, bizonyos megkötések mellett alkalmazhatók azonban, a teljes hatékonyságot csak ezzel lehet majd elérni.(Pasetto et al., 2020)

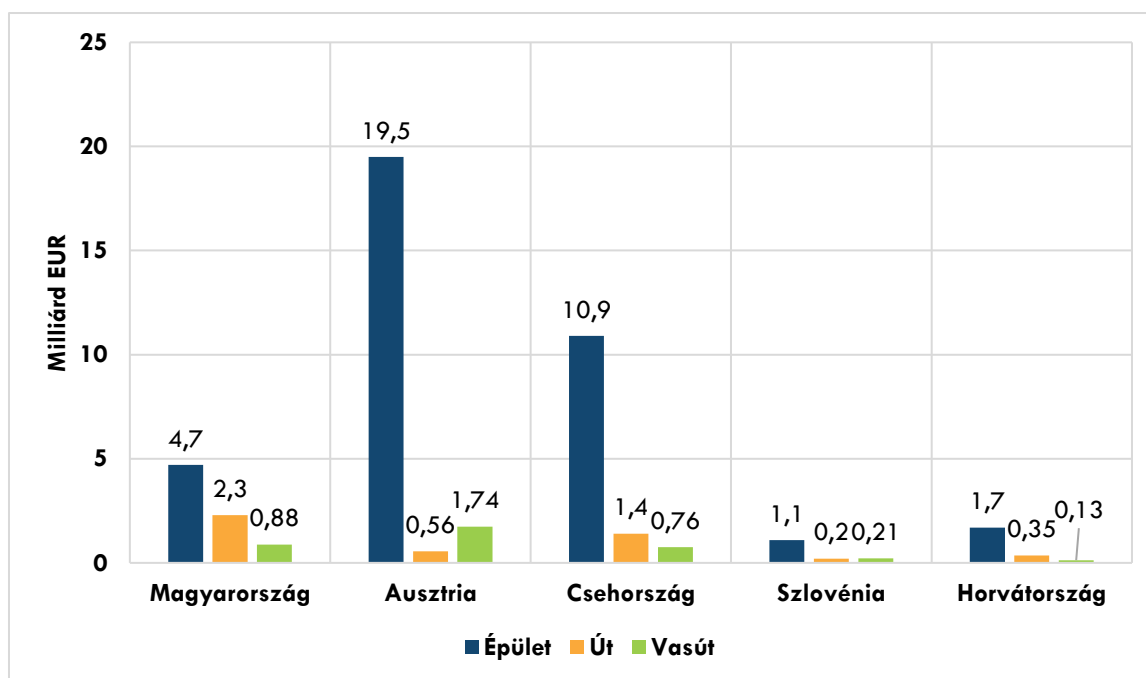
9.1.Hol tart az InfraBIM

Számos cikk és tanulmány indít azzal a felütéssel, emeli ki a kivonatban, hogy a magasépítésben már elterjedt BIM technikák, technológiák hogyan hasznosíthatóak a vonalas létesítmények, közlekedési infrastruktúrák területén. Durva becslést használva a Mendeley szakirodalom adatbázisában a „BIM” kifejezésre keresve több mint 18 ezer találatot ad, míg, ha az „infrastructure BIM” keresést hajtjuk végre kicsivel kevesebb mint 1300 eredményünk van az elmúlt 5 évre visszamenőleg. A „BIM highway” és „BIM road” találatokra összesen 535 találatot kapunk míg a „BIM railway” kifejezésre 264 cikk és tanulmány áll rendelkezésre. Látható, hogy az infrastruktúra területén, a tudományos cikkek tekintetében egy kis szegmensét képvisel a BIM-mel kapcsolatos értekezések. Ennek különböző okai vannak, amik együttesen okozzák, az infraBIM lemaradását.

Érdekes megvizsgálni az egyes területekre fordított beruházások összegét, összevetettem öt jelentősebb európai gazdaság, valamint, Magyarországhoz, közeli hasonló helyzetben és adottságokkal rendelkező országok ingatlan piacának értékét és az út és vasút befektetéseket a 2019-es évben. (Ebben az évben volt utoljára elérhető adat minden országból). Az adatokat az OECD Data honlapjáról, illetve az Európai bizottság által kiadott építőipari jelentésekből szereztem be.



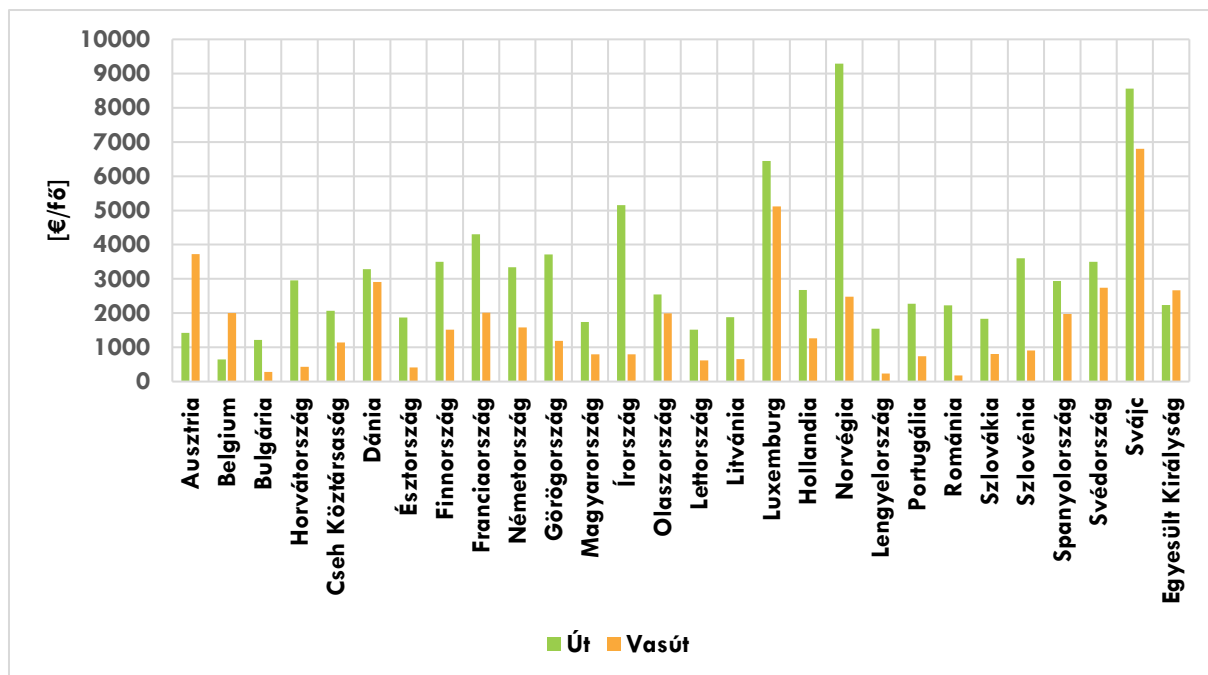
14. Ábra Nyugat Európai országok építőipari beruházás értékei 2019 Forrás OECD Data, EB



15. Ábra Régiós országok építőipari beruházás értékei Forrás: OECD Data, EB

A diagramokból egyértelműen leolvasható, hogy az ingatlanpiac pénzügyi részesedése jóval meghaladja, az infrastrukturális beruházások értékét. Ezzel magyarázható a BIM meghatározóbb térnyerése az ingatlan beruházások piacán, az innováció a kezdeti megnövekedett költségek után, akár 5-10%-os költség csökkentést is eredményezhet az építmény teljes életciklusa során, ezzel hatalmas összegeket takarítva meg. (Bensalah et al., 2019) Ezt a jelenlegi hátrányt azonban az út és vasút az előnyére is fordíthatja, megfelelően megválogatva a magasépítésben már alkalmazott technológiákat azokat átalakítva az igényeknek megfelelően, megspórolható az időigényes és költséges fejlesztési folyamatok egy része, ezzel felgyorsítva az infraBIM elterjedését.

Vizsgálva az út- és vasútépítésre fordított összegeket, pár kivételtől eltekintve, a közutakra fordított összegek mindenhol magasabbak. Ennek utánajárva, találtam egy a Greenpeace által közzétett összefoglalást, az európai országok út és vasúttal kapcsolatos költségeikről 1995-től egészen 2018-ig. (16. Ábra) Országoként igen különbözőek az értékek és az eltérések is, általánosan elmondható, hogy az út nagyobb összegű finanszírozással rendelkezik a legtöbb országban. Vannak olyan országok, ahol ezzel ellentétes trendek figyelhetők meg, például Svájc vagy Ausztria, ahol a vasútépítés költségeit nagyban növeli az ország domborzati viszonya. Az Egyesült Királyság esetében pedig a már jól kiépített vonalak karbantartására fordított összeg növeli meg a kiadásokat.



16. Ábra Egy főre jutó költség 1995-2018 összegezve, Forrás: Greenpeace

Az összehasonlításból jól látszik, hogy a vizsgált országokban a vasút a legtöbb helyen kevésbé finanszírozott, mint az út. A kimutatás erre hivatott felhívni a figyelmet, hogy bár a környezettudatosság jegyében a vasút alternatívája a közútnak, ez kijelentések és nyilatkozatok tekintetében jelen is van a döntéshozók részéről, azonban mégsem történik monetáris változás, ami elősegítené a váltást. A kisebb összegek mellékhatásaként pedig, az innovációra szánt összegek is kisebbek, így a BIM térnyerése az út esetében kedvezőbb.

10. Hasznosítható technológiák

10.1. Industrial Foundation Class (IFC)

Az IFC egy standardizált, digitális leírása az épített környezetnek, beleértve az épületeket és az infrastrukturális létesítményeket is. Egy nyitott, nemzetközi szabvány (ISO 16739-1:2018), amely gyártó független ezáltal számos hardveren, szoftverrel és interfésszel használható számos esetben. Pontosabban, az IFC séma egy szabványos adatmodell, amely logikus módon kódolja:

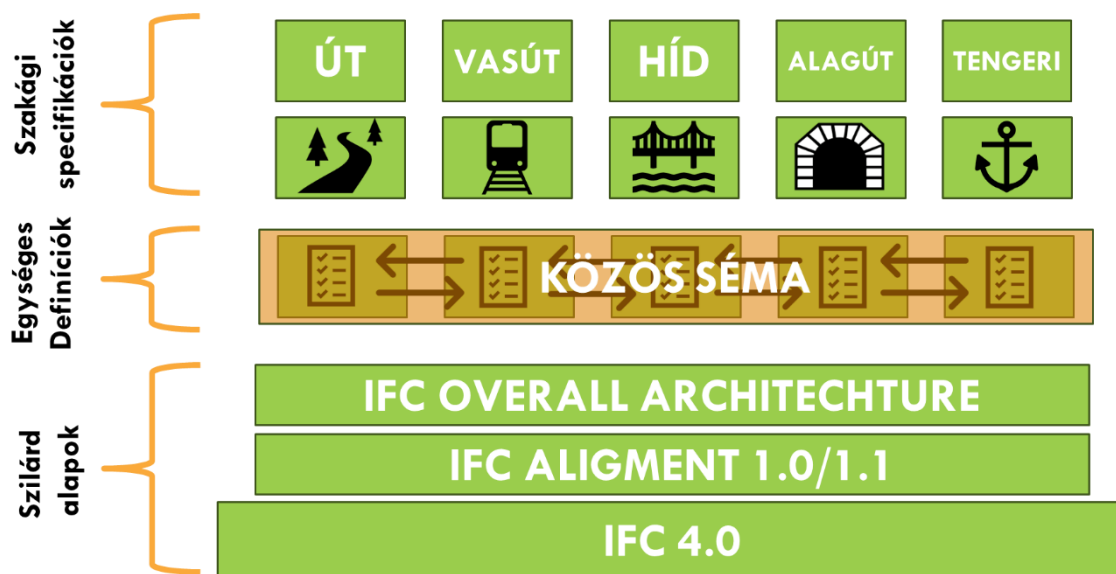
- Az azonosítókat és szemantikát (név, eszközzel olvasható egyedi azonosító, objektum funkciója vagy típusa)
- Jellemzőket és attribútumokat (anyag, szín, hővezetési tulajdonságok stb.)
- Az egyes elemek közötti viszonyokat (elhelyezkedés, kapcsolatok és tulajdonjogok)
- Az objektumokat (mint például, oszlopok, alapozás, ágyazat)
- Absztrakt fogalmakat (költségek, teljesítmény)
- Folyamatokat (telepítés, üzemeltetés)
- Szereplőket (tulajdonosok, tervezők, vállalkozók, beszállítók stb.)

A sémaszpecifikáció leírja egy létesítményt vagy annak használatát, felépítését és üzemeltetését. Az IFC képes meghatározni az épületek fizikai elemeit, gyártott termékeket, mechanikai/elektromos rendszereket, valamint elvontabb szerkezetelemzési modelleket, energiaelemzési modelleket, költségbontásokat, munkabeosztásokat és még számos egyéb elemzés is végrehajtható a segítségével.

Napjainkban az IFC-t jellemzően arra használják, hogy az egyik féltől a másikhoz információt juttassanak el. Például egy építész megadhatja a statikusnak egy új létesítmény tervének modelljét, a statikus a modell alapján felépíthet a statikai vázat, majd az épületgépész, mindkét modell figyelembevételével. A modell feltölthető a berendezések leírásával és az egyes gyártók adataival, illetve akár a többi szakág számára hasznos információval is, például a nem módosítható elemekről. Az IFC a projektinformációk archiválásának eszközeként is használható, akár fokozatosan a tervezési, beszerzési és kivitelezési szakaszban, akár „beépített” információgyűjteményként hosszú távú megőrzési és üzemeltetési célokra. A megosztás történhet web alapon, importált/ exportált fájlként vagy kezelhető központi vagy csatolt adatbázisként is.

10.1.1. IFC Road and Rail

Az IFC szabvány kiterjesztéseként a felmerült igényekre válaszul megszülettek az IFC út és vasúthoz specifikált kiegészítói. Ezek a kiegészítők együttműködésben készültek el egy nagyobb az egész infrastruktúrát lefedő fejlesztés keretében, a kiegészítések az IFC 4.0-ra (ISO 16739) épülnek, illetve felhasználják a már létező IFC Aligment 1.0/1.1, illetve kiterjesztéseket is. (17. Ábra)



17. Ábra IFC szabvány az infrastrukturális létesítmények leírásához Forrás: buildingSMART

Létrehoztak egy közös alapot, mely kapcsolatot teremt és megtalálható az összes infrastrukturális létesítmény leírásához. Illetve meghatározásra kerültek a szakág specifikus definíciók is. Fő cél, hogy a megfelelő sémákkal alapot biztosítsanak egy platformfüggetlen, az építmények teljes életciklusának adatszükségletét támogatja

A fejlesztés jelenleg a tesztelési fázisban jár (az IFC Road előrébb tart), szoftverfejlesztőket és mérnököket várnak tesztelésre, akik saját termékükben teszt jelleggel alkalmazzák az új IFC szabványt. Érdekes kutatási téma lenne, annak utánajárni, hogy amely cégek részt vettek, befektettek a fejlesztési folyamatba versenyképesebbé váltak-e.

10.2. Tranzakciók és triggerek

Ez a két fogalom alapvető koncepciója az adatbázisoknak, több fontos célt is szolgálnak. A tranzakciók biztosítják az adatok konzisztenciáját és integritását, olyan módon, hogy több adatbázis műveletet egy összefüggő blokként kezelik, ezzel biztosítva a problémamentes és teljes végrehajtást. A triggerek pedig olyan automatikus események, amelyek meghatározott esetben hajt végre az adatbázist kezelő szoftver. Ezzel kikényszerítve a szabályok betartását, elősegíti az integritás megőrzését és egyéb személyre szabható funkcionalitást tesz lehetővé. (Gajdos, 2019)

10.2.1. Tranzakciók

A tranzakciók az „ACID” tulajdonságokat követik, amik a következők:

- **Atomicitás (Atomicity)**
Biztosítja, hogy minden tranzakció egy, egységes egészként legyen kezelve. Ezzel elérve, hogy minden változtatás megtörténjen, vagy egyik sem, abban az esetben, ha a tranzakció bármely része meghiúsul. Ezzel biztosítva az adatok integritását.
- **Konzisztencia (Consistency)**
Biztosítja, hogy az adatbázis a tranzakció végrehajtása után az eredeti érvényes állapotból ismételten érvényes állapotba kerüljenek. Ezzel biztosítva, hogy a meghatározott megkötéseknek, például elsődleges kulcsok, relációk, az adat megfeleljen.
- **Izoláció (Isolation)**
Biztosítja, hogy az egyszerre végrehajtott tranzakciók ne akadályozzák egymást, úgy működjenek, mintha egymás után hajtották volna őket végre. Több szintre lehet bontani az izolációt, attól függően mennyi információt kapnak a tranzakciók egymásról.
- **Tartósság (Durability)**
Biztosítja, hogy amennyiben egy tranzakció lezajlik annak hatása, rögzül és nincsenek rá hatással a rendszer összeomlásai leállításai.

10.2.2. Triggerek

A triggereket változatosan lehet használni az adatbázis integritásának megőrzésére, változások követésére, a biztonságosság megvalósítására és egyedi területspecifikus eljárások automatikus végrehajtására. Bizonyos események következtében az előre eltárolt kód fut le, ez lehet

eseményt megelőző vagy követő trigger, első esetben az adatok validálása a cél, második esetben valamilyen az adott eseményhez köthető egyéb eljárás végrehajtása.

Egy példával szemléltetve, amennyiben egy közös környezetben dolgoznak a tervezők, ezekkel a technológiákkal biztosítható, hogy amíg egy objektumon változásokat végeznek (másolás, módosítás, törlés). addig azon módosításokat más felhasználó nem tud végezni, illetve a változtatások elvégzése után, a változtatásban érdekelt többi felhasználó erről értesítést kap, eltárolásra kerül az objektum történelmében.

10.3. Blockchain

A technológia nagy nyilvánosságot kapott a kriptovaluták által, azonban számos más területen is alkalmazható a technológia, ahol a biztonság fontos és sok különböző szereplő együttműködéséről beszélünk, az építőipar is egy ilyen terület. (Turk & Klinc, 2017)

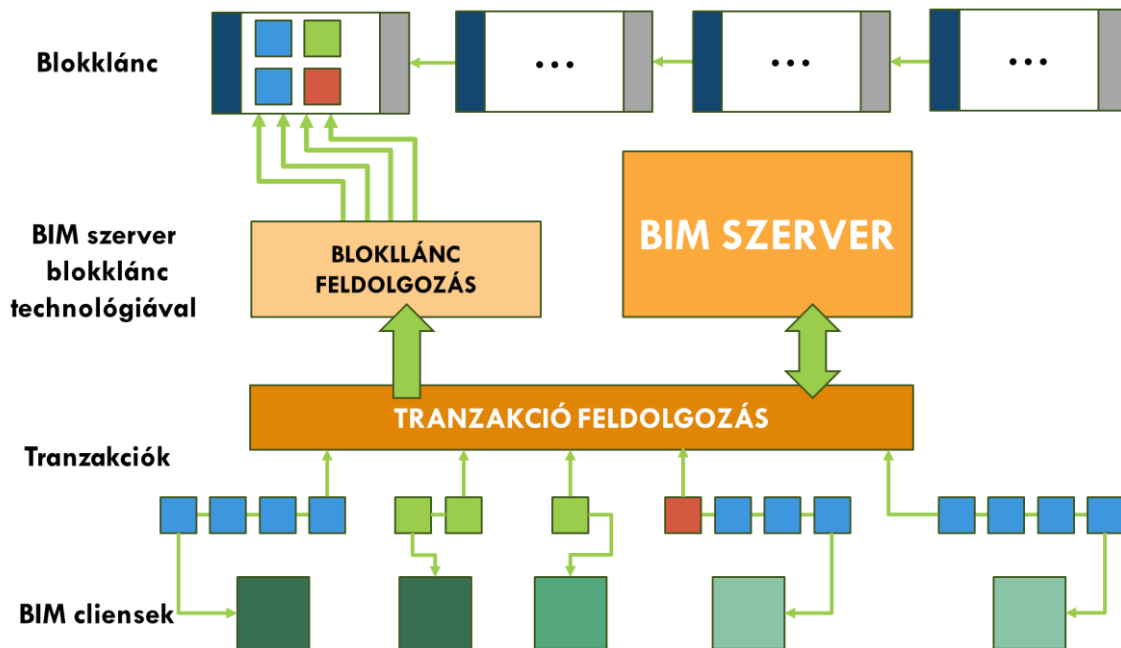
Két fontos tulajdonsága van a technológiának, amivel elkülönül a hagyományos adatbázisoktól,

- A teljes adattörténet, minden módosítással és metaadattal együtt egy védett helyen eltárolásra kerül, ami megfeleltethető egy aláírás jogi erejének.
- Mivel a megoldás nem központosított, ezért nincs szükség egy fő, központi irányítói szervezetre.

Mindkét tulajdonság megfeleltethető az építőipar igényeinek, mivel a tervezés és kivitelezés egyes szereplők közötti együttműködési kapcsolatok hálója legyenek azok magánszemélyek és/vagy jogi személyek. Nagy erőssége a technológiának, hogy a rendszer adatainak hitelesítése, érvényességének ellenőrzése kevésbé számításigényes mint annak feltörése.(Ammous, 2017)

Több lehetőség is van az építőipari folyamatokban való integrációra. Ezeknek előnyeik és hátrányaikat mérlegelve lehet kiválasztani a megfelelőt, azonban mivel maga a technológia is most nyert teret az IT világban számos esettanulmányt kell még elvégezni az építőipar területén.

Egy lehetséges megoldás, hogy ha BIM szerverrel együtt építjük be a munkafolyamat részeként. (18. Ábra)Így az egyes szereplők tranzakcióinak tárolására nyílik lehetőség, de a nagyméretű fájlokat nem szükséges a láncolaton tárolni, amivel a kezelendő fájl méretek kezelhető méretűek maradnak.



18. Ábra Blockchain technológia használata BIM szerverrel közösen Forrás:(Turk & Klinc, 2017)

10.4. Common Data Environment (CDE)

Common Data Environment, magyarul fordítva annyit tesz, mint egységes adatkörnyezet. Egy építőipari projekt során rengeteg adat és információ keletkezik. Ezek az adatok sokszor csak a projekt végén adják át az üzemeltetőnek, egy kevésbé strukturált formában, amely megnöveli a hibázás lehetőségét a feldolgozás során. Ez a folyamat pedig az adatok pontosságának és helyességének ellenőrzését is megnehezíti. (Patacas et al., 2020)

Látható, hogy egy egységes adatkörnyezet minden szereplő számára előnyös lenne, mivel az elsődleges célja, hogy elősegítse a kollaborációt és kommunikációt és az információ rendszerezését. Ezen folyamatok által pedig növelje a hatékonyságot és csökkentse a hibákat a projekt (építmény) teljes életciklusa alatt.

Az egységes adatkörnyezettel szemben az alábbiak várhatóak el:

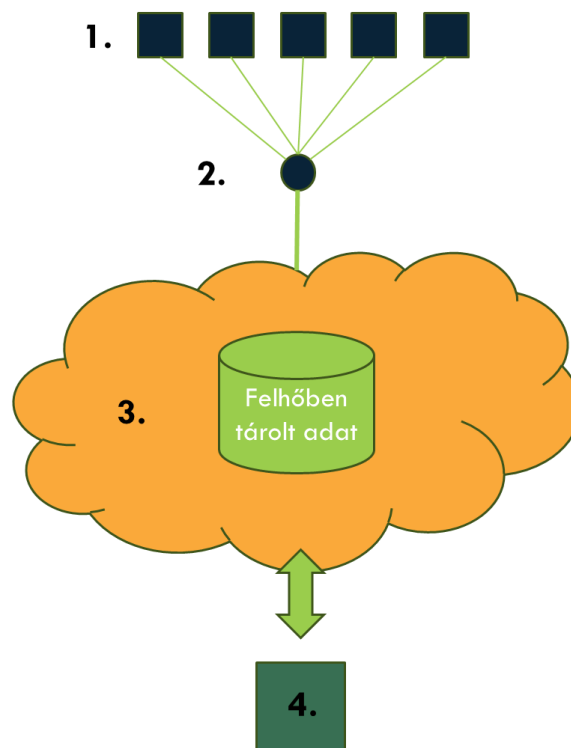
Megnevezés	Igény	Módszer
Központi tárolás	Minden adat hozzáférhető legyen, bárhol, illetve bármikor, minden szereplő számára	Saját szerver üzemeltetése, vagy szakosodott személyre szabható felhő alapú szolgáltatások
Hozzáférési jogosultságok	Mindenki csak a szükséges, feladat- és jogkörének adataihoz férjen hozzá	Többlépcsős hitelesítés, IP cím alapú azonosítás, szerepkörök és jogosultságok egyértelmű meghatározása
Verzió felügyelet	Változások pontos követése szerződésben, tervekben stb.	Hozzáférések, módosítások „logolása”, előző verziók archiválása, biztonsági mentése
Információ management	Mit és hol tárolunk, milyen formátumban, gyors kereshetőség	Metaadatok kezelése, indexelés, adatsémák használata, könyvtárstruktúrák
Átjárhatóság	Számos szereplő, számos cég, számos használt program és formátum, ezeknek az egyszerre kezelése	Nyílt forráskódú technológiák, személyre szabhatóság, egyezményes formátumok használata (PDF, IFC, csv)
Skálázhatóság	Kiépített rendszer, több projekt keretében is használható legyen, gyorsabb megtérülés	Megfelelő számítása kapacitások, illetve formátumok alkalmazása, megfelelő dokumentáció szükséges fejlesztésekhez

3. Táblázat Egységes adatkörnyezettel szemben támasztott követelmények

Az egységes adatkörnyezet használata elengedhetetlen egy építmény teljes életciklusán átívelő információ áramláshoz, azonban nem csak szükségszerűen itt alkalmazható, hanem bármely fázisban is ezzel elkezdve egy fejlődést mely végül a teljesértékű BIM-hez vezethet.

10.5. Internet of Things

Internet of Things (IoT) avagy a „dolgok internete”, egy sokféle képpen értelmezhető technológia, amely folyamatos fejlődésen megy keresztül. Lényege abban rejlik, hogy egy hálózat (nagy kiterjedésű), ami eszközöket köt össze, melyek sokféle adatot tudnak gyűjteni, majd ezen adatokat egy központi rendszer elemzi. és az elemzés termékeként olyan információ állítható elő, mely a társadalom hasznára válik egy objektum monitorozása és üzemeltetése során.(Villamil et al., 2020)



19. Ábra IoT rendszer felépítése Forrás: (Villamil et al., 2020)

Az 1. számú elem(ek) a szenzorok melyek, elsődleges célja az adatgyűjtés, fejlettebb rendszerekben ezek természetesen párosulhatnak, beavatkozást, visszajelzést lehetővé tevő eszközökkel is. Az egyes eszközök valamilyen hálózaton (2.) keresztül továbbítják az adataikat, ez lehet az internet, rádió frekvenciás kommunikáció vagy más zárt rendszer is. Majd a továbbított adatok a felhőben (3.-) kerülnek, tárolásra és elemzésre, végül pedig az információ kerül átadásra a végfelhasználó (4.) számára.

Három olyan területet lehet kiemelni, ahol az IoT kihívásokkal néz szembe (Villamil et al., 2020)

- **Biztonság**

Garantálni kell, hogy a rendszer minden eleme megfeleljen az adatbiztonsági követelményeknek. Ez sokszor nem kis feladat a szakemberek számára, mivel az adatgyűjtés sokszor személyes eszközökön keresztül történik, így az adatok anonimizálásra különös figyelmet kell fordítani, ezáltal elnyerhető a társadalom bizalma a technológia felé.

- **Költségek**

Ahhoz, hogy a technológia dinamikusan fejlődni tudjon, a költségeket minimálisan kell tartani, mivel az alapkoncepció, az, hogy a lehető legtöbb szenzor segítségével adatokat gyűjtését hajtsuk végre, így érzékeny az egyes eszközök üzembehelyezési és üzemeltetési költségeire.

- **Kapcsolódás**

Az egyes eszközök közötti kapcsolaton kívül, hanem a már meglévő eszközökhöz való csatlakozást, információáramlást is biztosítani kell. Hogy a felhasználókkal és régebbi jól működő rendszerek is a hálózat részei legyenek. Ennek elérése érdekében szabványokat kell létrehozni, amivel kezelni lehet az az időeltéréseket, a különböző adatmennyiségeket és sebességeket és minimalizálni az energiafogyasztást.

A vonalas közlekedési létesítmények projektjei is profitálhatnak az IoT megoldásokból. A beruházás, tervezés előkészítéseként forgalmi adatokat lehet szerezni a felhasználók cellaadatai alapján, forgalom számlálást lehet végrehajtani a megfelelő tervezési paraméterek megválasztásához. Kivitelezés során vágányzár nélküli munkavégzés esetén, a munkásokat értesíteni lehet a közeledő szerelvényről, vagy a szerelvény vezetőjét a helyadatok alapján a pályán tartózkodó munkásokról. Üzemeltetés során mobiltelefonok szenzoradatait akár a pályaállapot monitorozására is fel lehet használni. (Kopitkó, 2019).

10.5.1. State of Art adatgyűjtés

A IoT alapon működő szenzorok mellett igen fontos szerepet kapnak az olyan rendszerek melyekkel rövid idő alatt a közlekedési infrastruktúráról teljeskörű geometriai és esetlegesen más az üzemeltetés, tervezés vagy akár a kivitelezés szempontjából hasznosítható információkat gyűjthetőek. Ezeknek lehetnek pilóta nélküli légi úton történő adatgyűjtés, UAV (Unmanned Aerial Vehicle), ahol videófelvételek, fotogrammetriai módszerrel hasznosítható

képek, vagy Lidar technológiával pontfelhő készíthető a vonalas létesítményről. Másik lehetőség valamilyen mozgó platformra szerelt adatgyűjtő szenzorrendszer, mobil térképező rendszer (MMS), mellyel akár a már felsorolt adatokon kívül akár talajradarral a pálya felszíne alá is beláthatunk.

A hagyományos geodézia mérések mellett és kiváltására lehet az útburkolatról készült pontfelhőt használni, részletes felbontásban kimutathatóak a több centiméteres hibák. Továbbá a pontfelhők alapján tetszőleges sűrűségben vizsgálható a burkolat tényleges oldalesése és eltérése tervezett értéktől. (Csaba et al., 2020) A vasútépítésben és karbantartásban pedig szintén a hagyományos geodézia és az időigényes felmérési módszerek kiváltására szenzorrendszerekkel felszerelt mérővonatokat alkalmaznak melyek akár a kitérővizsgálatokat is lehetővé teszik. (Plasser&Theurer, 2023)

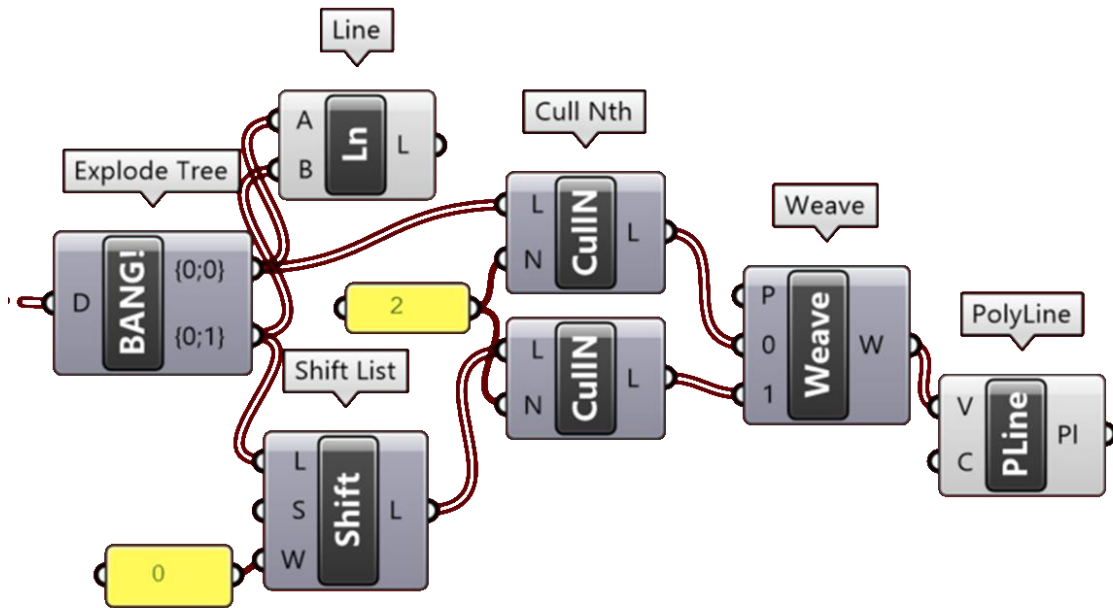
10.6. Vizuális programozás

Az építőipar digitalizációjával megjelent az igény és a lehetőség a folyamatok automatizációjára is, ez magával hozta a programozás gyakorlatát is, amely elsőként a magasépítés szerkezetei körében terjedt el. (Collao et al., 2021)

A vizuális programozással egy olyan eszköztár került az építőmérnökök kezébe, ahol nem szükséges egy programozási nyelv mélyreható ismerete, csupán az a tudás hogyan lehet az addig manuálisan elvégzett folyamatokat algoritmizálni. Természetesen nem árt ismerni a vizuális programozás alapjául szolgáló programnyelvet és tisztában lenni a program írás alapelveivel. Ez hasznos tud lenni, új saját vizuális programozás során használható „blokkok” készítésében. (20. Ábra)

A két legelterjedtebb vizuális programozási környezet a Dynamo és Grasshopper ((Garramone et al., 2020)), az első az Autodesk Revit szoftver beépülő moduljaként terjedt el, míg a második a Rhinoceros 3D modellező szoftver kiegészítéséként. Ezeket a szoftvereket főként a tervezés során használják, nagy adathalmaz és geometria jellemzők feldolgozáshoz, már a Python programozási nyelv az elterjedtebb. A különböző nyelvek azonban számos esetben integrálhatóak, így biztosítva az információk teljeskörű hasznosulását.

Create horizontal truss



20. Ábra Rácsos tartó horizontális elemeinek parametrikus meghatározása a Grasshopperben

A közlekedési infrastruktúra területén a jelenleg a tervezésben van jelen a vizuális programozás, azonban vannak előremutató kutatások a kivitelezés és üzemeltetés területén is, ahol alkalmazható a technológia. (Collao et al., 2021)

10.6.1. Mesterséges Intelligencia (AI)

Amennyiben programozásról beszélünk, nem szabad figyelmen kívül hagynunk a mesterséges intelligencia robbanásszerű fejlődését és elterjedését számos mérnöki területen. (Abioye et al., 2021) Az építőiparban is különböző területeken lehet alkalmazni, legjelentősebb területek, ahol megjelent a mesterséges intelligencia. Különböző AI technológiákat alkalmaztak sikeresen költségbecslések esetén, építési területek monitorozása során, építőanyag menedzsment során, illetve projekt tervezés és kockázatok kezelése során. Az építőipar digitalizációjával a mesterséges intelligencia is megkerülhetetlenné vált, ez új lehetőségek mellett azonban kihívásokat is teremt, olyan munkaerőre van szükség, aki mindkét szakterülethez ért, illetve az adatbiztonság kérdése is felmerül, melyek magukkal hozzák a kezdeti megnövekedett költségeket.

10.7. Térinformatika (GIS)

A térinformatika, angolul „Geographic Information System” (GIS) egy olyan rendszer, amelyet térbeli adatok rögzítésére, tárolására, módosítására, elemzésére és megjelenítésére. Egy hatékony eszköz nagy területre kiterjedő adatok, megértéséhez, minták és trendek felismeréséhez. A térinformatika bár szorosan kapcsolódik az építőmérnöki szakterülethez azonban helye a tudományok rendszerében az informatika és a mezőgazdasági tudományok, földtudományok, térképészet, mérnöki tudományok és grafika között helyezkedik el, ezekhez kapcsolódik. (Kertész Ádám, Térinformatika és alkalmazásai)

A vonalas közlekedési létesítmények üzemeltetése, során gyakran használnak GIS adatbázisokat, mivel ezekkel hatékonyan lehet kezelni az üzemeltetés során leggyakrabban előforduló adatokat. Azonban a geometria és az ahhoz tartozó attribútumúkat jelenleg nem tudják jól kezelni, itt jön előtérbe a BIM. (Cepa et al., 2023)

A GIS és BIM integrálása egy viszonylag új terület, ahol az elmúlt években tapasztalható fellendülés a kutatások és tudományos cikkek területén. Az igény az életciklus menedzsmentre az addig GIS alapokon működő infrastrukturális eszközekezelésben szükségesség tette a BIM-mel való összekapcsolás lehetőségének vizsgálatát. A legnagyobb kihívás, hogy megfelelő adatáramlás biztosított legyen a már működő jól bevált rendszerek között, és ne legyen szükséges egy teljesen új rendszer kiépítése az életciklus menedzsmenthez.(Garramone et al., 2020)

Javaslatok a teljes életciklusra kiterjedő BIM eléréshez

11. Szereplők és feladataik definiálása

Az építmény életciklusában egyértelműen szükséges meghatározni az egyes résztvevő szereplőket és az általuk ellátott feladatköröket és felelősségeiket. Vonalas közlekedési létesítmények esetén, a megrendelő és beruházó legtöbbször maga az állam vagy az állam tulajdonában lévő cég. A megrendelőnek feladata, hogy meghatározza az igényeit, elvárásokat azokat a célokat, amiket a projekttel meg akar valósítani, és a költségkeretet, amiből a projekt gazdálkodhat. Ezeket az igényeket, újabb szereplők bevonásával lehet teljesíteni. Megvalósíthatósági tanulmányok, koncepciótervek készítése erre szakosodott tervezők megbízásával, kapacitás igények felmérése, a lakosság, vállalatok (akik használatba veszik) bevonásával, statisztikai adatok készítése, illetve meglévők bevonása a döntés előkészítésbe. Illetve talán a legfontosabb és problémák és érdekütközés okozója, hogy már ebben a fázisban is szükséges a jövőbeli üzemeltetőt bevonni az előkészítési folyamatokba. Mivel az építmény életciklusának jelentős részét az üzemeltetés teszi ki, így az üzemeltető szempontjából előnyös döntések, nagyban befolyásolják az üzemeltetés során felmerülő költségeket és karbantartások, javítások erőforrásigényét. Szintén a tervezőknek és kivitelezőknek megfelelő kommunikációt szükséges kialakítani a többi résztvevővel. Egyértelmű határokat szükséges húzni, hol érnek véget a tervezők feladatai és hol kezdődnek a kivitelező kötelezettségei. Tisztázni kell az adatok átadásának módját formátumát, tartalmát. A hatóságok, ellenőrző szerveknek ki milyen adatokkal tartozik, milyen szolgáltatásokat szükséges nyújtani.

12. Objektumok és osztályok szabványosítása

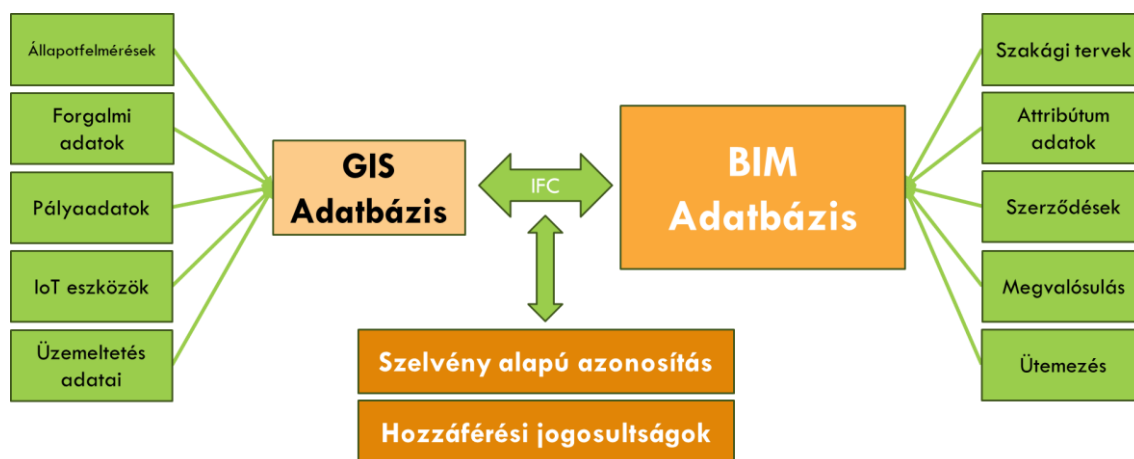
Szükséges egy olyan egységes és minden szereplő által használható rendszer, mely megfelel az igényeknek, hatékonyan használható és a felügyelő szervek és hatóságok is elfogadják. Ennek megalkotásához egy olyan platform- és szoftverfüggetlen eszköztárat kell választani, mely minden szereplő számára elérhető. Egyik ilyen megoldás az IFC szabvány használata, mely jelenleg is fejlesztés alatt áll. Ez a magasépítésben már bizonyított, hogy egy kivitelezhető megoldás az információ cserére, ha megfelelő alapra van fektetve. Az út és vasút ilyen szempontból szerencsés, mivel sokkal jobban lehatárolható objektumokra lehet bontani, mint egy magasépítési szerkezetet, és mivel erősen szabályozott és szabványosított, így ezeket átültetve egy BIM környezetbe nagy hatékonysággal használhatók fel. A folyamatba, be kell vonni az építménnyel kapcsolatba kerülő összes szereplőt, felhasználni az a meglévő

szabályozásokat, megvizsgálni a hazai és külföldi gyakorlatokat és kutatásokat. Legfontosabb azonban, hogy egy olyan rendszerben kerüljenek az objektumok és osztályok kialakításra mely lehetővé teszi a jövőbeli fejlesztéseket, ennek érdekében

Az objektumok és osztályok definiálása mellett, azt is elő kell segíteni, hogy ezeket célszerű és hatékony legyen használni, a projektek során használt szoftverekhez a magyar igényeknek megfelelő beépülő modulokat kell készíteni, melyek tartalmazzák az országspecifikus szabályozásokat, tervezési előírásokat.

13. Rendszerstruktúra

A teljes életciklus menedzsment eléréséhez szükséges egy GIS-BIM rendszerstruktúra (21. Ábra) felépítése, ahol a GIS és BIM adatbázisok összeköttetésben vannak, és a projektek egyes szereplői külön-külön a feladatiaknak megfelelően tudják az adattartalmat módosítani. A tervezők és kivitelezők a BIM adatbázisban módosítják a modellt, tervlapokat kérnek le, feltöltik a megvalósult állapot modelljét, szerződéseket, jogi dokumentumokat, illetve a GIS rendszerben lévő adatok is lekérdezhetőek, kapcsolva a BIM adatbázis adataihoz. A másik irányba pedig az üzemeltetők a GIS adatbázis alapján hozzáférnek az éppen szükséges BIM adatbázisban tárolt információkhoz is. A térinformatikai rendszerben kerülnek rögzítésre a forgalmi adatok, pályaállapotok, felmérésekből szerzett információk, illetve az esetlegesen alkalmazott IoT eszközök adatai is.



21. Ábra GIS-BIM rendszerstruktúra

Ahhoz, hogy ez az átállás sikeres legyen, több lépcsőben kell megtenni. (22. Ábra) Az első lépés, hogy megtörténjen a teljes digitalizáció, külön-külön az egyes szereplőknél, ne legyen olyan adat, mely nincsen kereshető módon digitálisan tárolva. A következő lépcső, hogy minden résztvevő a saját feladatkörében megvalósítsa az egységes adatkörnyezetet. Harmadik

lépésként, az információvesztés nélküli adatátadást kell megvalósítani, itt már szoros együttműködés szükséges a szereplők között, szabványosítani kell az információ formáját. Ennek a következő lépése, amikor a manuális információcseréből automatikus lesz, tehát az előrehaladás megosztása a többi szereplővel folyamatos. És a végső cél, hogy ebbe a rendszerbe, integrálásra kerüljenek az IoT eszközök, mesterséges intelligenciát alkalmazó eljárások és további a jövőben megjelenő technológiák, így létrehozva egy „digitális iker” mely oda-vissza információs kapcsolatban van a valósággal.



22. Ábra Javasolt fejlődési folyamat

Összefoglalás

A vonalas létesítmények, ezen belül a közlekedési infrastruktúra létesítmények esetén is meg van az igény a teljes életciklus-menedzsmentre. A fejlődés elindult, jelenleg az egységes adatkörnyezet és a szabványosított információcsere fejlesztése zajlik, még csak a cégek saját rendszereiben. A további fejlődés érdekében, mindenképpen szükséges egy átfogó állami, hatósági felügyelet, egy olyan részletes infraBIM előírás létrehozása, mely kellően részletes és kitér a közlekedési infrastruktúrák minden szakágának szabályozására, azonban nem túl szigorú, az információk előállításának módját kevésbé szabályozza, az átadás formátumát és tartalmát írja elő. Meg kell határozni ezen kívül a beruházásokban résztvevő szereplők feladatkörét, az ehhez tartozó hozzáférési jogosultságokat és ezek hatékony kezelését, hogy megvalósítható legyen egy közös rendszerben történő együtt dolgozás.

A közös rendszer felépítése és üzemeltetése is egy kérdésé pont, Az üzemeltetők által működtetett GIS adatbázisok már most is jelen vannak, a BIM adatbázis működtetése és létrehozása a nagyobb kihívást jelent, ki viseli ennek létrehozási és üzemeltetési költségeit. A projekt befejezése után átkerül az üzemeltetőkhez, vagy marad a tervezők, kivitelezők gondozásában.

A felvázolt fejlődési folyamatot és irányokat, erőltetni nem célszerű, a folyamatos támogatás, megfelelő idő megteremtése a tesztelésre, megfelelő már létező megoldások felkutatása és kipróbálása a célravezető, ahol együttesen érvényesülnek a tervezők, kivitelezők, üzemeltetők érdekei, nem csak céges szinten, hanem a munkavállalók oldaláról is.

Kutatásom további részében, konkrét szoftvereket és szoftverkörnyezeteket fogok vizsgálni, Létrehozva egy minta rendszert a GIS-BIM integrációra, értékelve ennek eredményességét és bemutatva a kihívásokat.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Lovas Tamásnak és Dr. Somogyi József Árpádnak a sikeres ÚNKP pályázat és a TDK dolgozat megvalósulásáért. Dr. Vinkó Ákosnak a szakmai útmutatásért a kutatás elindításában. Dr. Fischer Szabolcsnak a vasúti tervezéssel kapcsolatos kérdéseim megválaszolásáért. Koller Andrásnak, hogy bemutatta a Kontúr Csoport munkáját és a generáltervezéssel kapcsolatos kihívásokat. Dr. Kiss Csaba Lászlónak és Papp Helgának, hogy megosztották tapasztalataikat az üzemeltetésről. Illetve építőmérnök ismerőseimnek, hogy megosztották saját tapasztalatukat a tervezés, kivitelezés és üzemeltetés területén.

„A Kulturális és Innovációs Minisztérium **ÚNKP-23-2-III-BME-290** kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

Irodalomjegyzék

- Abioye, S. O., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Davila Delgado, J. M., Bilal, M., Akinade, O. O., & Ahmed, A. (2021). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 44). <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103299>
- Ammous, S. H. (2017). Blockchain Technology: What is it Good for? *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2832751>
- Bensalah, M., Elouadi, A., & Mharzi, H. (2019). Overview: the opportunity of BIM in railway. *Smart and Sustainable Built Environment*, 8(2). <https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2017-0060>
- Cepa, J. J., Pavón, R. M., Alberti, M. G., & Caramés, P. (2023). TOWARDS BIM-GIS INTEGRATION FOR ROAD INTELLIGENT MANAGEMENT SYSTEM. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 29(7), 621–638. <https://doi.org/10.3846/jcem.2023.19514>
- Collao, J., Lozano-Galant, F., Lozano-Galant, J. A., & Turmo, J. (2021). Bim visual programming tools applications in infrastructure projects: A state-of-the-art review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/app11188343>
- Csaba, É., Sámuel, G., Péter, H. B., Antal, N. N., & Bence, T. (2020). Pontfelhő az útépitésben. *Geodezia Es Kartografia*, 72(5), 13–17. <https://doi.org/10.30921/GK.72.2020.5.2>
- Garramone, M., Moretti, N., Scaioni, M., Ellul, C., Re Cecconi, F., & Dejacco, M. C. (2020). BIM AND GIS INTEGRATION FOR INFRASTRUCTURE ASSET MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, VI-4/W1-2020(4/W1), 77–84. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-77-2020>
- Jang, K., Kim, J. W., Ju, K. B., & An, Y. K. (2021). Infrastructure BIM platform for lifecycle management. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/app112110310>
- Pasetto, M., Giordano, A., Borin, P., & Giacomello, G. (2020). Integrated railway design using Infrastructure-Building Information Modeling. The case study of the port of Venice. *Transportation Research Procedia*, 45, 850–857. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.084>
- Patacas, J., Dawood, N., & Kassem, M. (2020). BIM for facilities management: A framework and a common data environment using open standards. *Automation in Construction*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103366>
- Tchana, Y., Ducellier, G., & Remy, S. (2019). Designing a unique Digital Twin for linear infrastructures lifecycle management. *Procedia CIRP*, 84, 545–549. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.176>
- Turk, Ž., & Klinc, R. (2017). Potentials of Blockchain Technology for Construction Management. *Procedia Engineering*, 196, 638–645. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.052>

- Villamil, S., Hernández, C., & Tarazona, G. (2020). An overview of internet of things. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(5).
<https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.15911>
- Kisgyörgy, L. (2012). *Utak, Utak (BMEEOUVAT42)*.
- MAÚT, (2008). *Útügyi Műszaki Előírás, ÚT 2-1.201*.
<https://ume.kozut.hu/statusz/ervenben-levo-utugyi-muszaki-eloirasok>
- MAÚT, (2022). *AZ ÚTÉPÍTÉS DIGITALIZÁCIÓJÁNAK MAGYARORSZÁGI MENETRENDJE*
https://portal.maut.hu/dokument/dim/maut_dim_a_magyarorszagi_utepites_digitalizaciojanak_menetrendje.pdf
- Magyar Közút, *Az állami közúthálózatról*, (2022).
<https://www.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/az-allami-kozuthalozatrol/>
- Kazinczy, L. (2004). *Vasúti pályák. Vasúti pályák (BMEEOUVAT22)*
- MÁV, MÁV Zrt. *Bemutakozás (2021)*.
<https://www.mavcsoport.hu/mav/bemutakozas>
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH), (2021). 24.1.1.30. *Út- és vasúthálózat*
https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0030.html
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH), (2022). 24.1.1.31. *A kötőtpályás helyi közlekedés pályaállománya*
https://ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0031.html
- Földgázszállító Zártkörűen Működő Részvénytársaság (FGSZ), (2022). *A jelenlegi magyar nagynyomású gázvezetékrendszer*
<https://fgsz.hu/>
- KTI nonprofit kft., (2016). *Magyarországi vízi utak osztályozása*
https://www.parlament.hu/documents/10181/595001/Infojegyzet_2016_67_belvizi_kozlekedes.pdf/dbc83843-be4e-4e13-8065-a9d8938381b5
- Magyar Építők, (2023). *M6 autópálya*
<https://magyarepitok.hu/utepites/2023/09/videon-mutatjuk-hogy-nyeri-el-vegso-formajat-az-m6-os-autopalya-utolso-szakasza>
- Magyar Építők, (2023). *M44 autóút*
<https://magyarepitok.hu/utepites/2023/08/a-hid-es-az-utepites-is-jelentos-lepesekhez-erkezett-az-m44-es-zaroszakasan-fotokkal>
- Magyar Építők, (2023). *Budapest – Belgrád vasútvonal*
<https://magyarepitok.hu/kotott-palya/2023/06/ujabb-merfoldkoho-erkezett-a-budapestbelgrad-vasuti-fejlesztes>
- Duna Aszfalt (Trimble), (2021). *Spearheading BIM for infrastructure in Hungary with Duna Aszfalt*
<https://www.novapoint.com/spearheading-bim-infrastructure-hungary-duna-aszfalt>

STRABAG, (2023). Building Information Modelling (BIM) a gyakorlatban
https://www.strabag.hu/databases/internet/_public/content30.nsf/web30?Openagent&id=C9C324B447E914A1C1258A1300394AFB&men1=6&men2=undefined&sid=600

MÁV KfV Kft., (2022). PÁTER- Pályadiagnosztika
<https://mavkfv.hu/index.php?lngchg=Array&f=palyadiagnosztika>

Budapest Közút, (2023). KAPU – Adatpublikáció
<https://www.budapestkozut.hu/informatikai-igazgatosag/nyilvantartas-es-adatszolgaltatas/kapu-adatpublikacio/>

Magyarország Kormánya. (2023). Törvényjavaslat
<https://kormany.hu/dokumentumtar/allami-epitesi-beruhazasok-rendjerol-szolo-torveny>

BuildingSMART International, (2018). Industry Foundation Classes (IFC)
<https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>

BuildingSMART International, (2019). IFC Infrastructure Deployments
<https://www.buildingsmart.org/standards/calls-for-participation/ifcroad/>

BuildingSMART International, (2022). Applying IFC 4.3 for Rail Project
<https://www.buildingsmart.org/standards/domains/railway/applying-ifc-4-3-for-rail-project/>

Gajdos, S. (2015). Adatbázisok, A-SzínVonal 2000 Nyomdaipari Kft., Szeged,
ISBN 978-963-313-195-4

Kopitkó, T. (2019). Közúti vasúti járművek összehasonlító futástechnikai vizsgálata okostelefonok inerciális szenzoradatainak mérés technikai alkalmazásával, BME Építőmérnöki Kar TDK Konferencia 2019.
<https://tdk.bme.hu/EMK/geo1/Kozuti-vasuti-jarmuvek-osszehasonlito>

Plasser&Theurer, (2023).
<https://www.plassertheurer.com/fr/pt-research/artikel/complete-turnout-inspection-in-four-minutes>

Ábrajegyzék

1. Ábra Keresztszelvényelemek. Külterületi osztatlan pályás közutak (Útügyi Műszaki Előírás, ÚT 2-1.201)	5
2. Ábra Magyarországi közutak hossza (gyorsforgalmi és főutak) kezelői megoszlása Forrás: Magyar Közút	6
3. Ábra Magyarországi közúthálózat hosszának változása Forrás: Magyar Közút.....	7
4. Ábra Kétvágányú, zúzottkő ágyazatú pálya mintakeresztelvénye töltés esetén Forrás: Vasúti pályák előadás	8
5. Ábra Kötőtpályás helyi közlekedés pálya állománya Forrás: KSH	9
6. Ábra Működtetett vasútvonalak hossza Forrás: KSH	10
7. Ábra A jelenlegi magyar nagynyomású gázvezetékrendszer, export/import határkeresztező pontokkal Forrás: FGSZ	11
8. Ábra Képernyőmentés a laskosság számára ingyenes közműterképről	11
9. Ábra Magyarországi vízi utak osztályozása Forrás: KTI nonprofit kft.....	12
10. Ábra Információtartalom növekedése az építmény életciklusa során	17
11. Ábra Információ veszteség és annak megakadályozása Forrás: MAÚT	18
12. Ábra Információ áramlás a szereplők között.....	18
13. Ábra Digitális modell, árnyék és Iker Forrás:(Tchana et al., 2019).....	23
14. Ábra Nyugat Európai országok építőipari beruházás értékei 2019 Forrás OECD Data, EB	27
15. Ábra Régiós országok építőipari beruházás értékei Forrás: OECD Data, EB	28
16. Ábra Egy főre jutó költség 1995-2018 összegezve, Forrás: Greenpeace.....	29
17. Ábra IFC szabvány az infrastrukturális létesítmények leírásához Forrás: buildingSMART	31
18. Ábra Blockchain technológia használata BIM szerverrel közösen Forrás:(Turk & Klinc, 2017)	34
19. Ábra IoT rendszer felépítése Forrás: (Villamil et al., 2020)	36
20. Ábra Rácsos tartó horizontális elemeinek parametrikus meghatározása a Grasshopperben	39
21. Ábra GIS-BIM rendszerstruktúra	42
22. Ábra Javasolt fejlődési folyamat	43