



HÁSKÓLINN Á BIFRÖST
BIFRÖST UNIVERSITY

Verkefnastjórnun í byggingaiðnaði



Garðar Örn Þorvarðarson

Kt. 010775-4699

Lokaverkefni til B.Sc. gráðu í Viðskiptafræði

Leiðbeinandi:

Einar Svansson

Háskólinn á Bifröst

19. janúar 2010

Ágrip

Í ritgerðinni er fjallað um uppbyggingu verkefnastjórnunar í byggingainðnaðinum og þær kenningar sem notast er við. Fjallað er um fræðileg hugtök og sagt frá tengingu þeirra við framleiðslu. Tekin eru viðtöl við aðila innan byggingainðnaðarins þar sem viðhorf þeirra og þekking á verkefnastjórnun er skoðuð og farið er yfir hverjar helstu hömlur byggingainðnaðarins eru í nútímasamfélagi og harðnandi samkeppnisumhverfi. Einkenni iðnaðarins eru skoðuð sem og innri og ytri þættir hans. Verkefnastjórnun er skipt upp í sex stig í þessari ritgerð, þar sem hvert stig inniheldur ákveðin hluta þess ferlis sem verkefnið gengur í gegnum, stjórnunarlega séð. Megin markmiðið er að varpa ljósi á hlutverk verkefnastjórnunar og mikilvægi þess í byggingainðnaðinum. Við rannsóknir hefur komið fram að almenn vanþekking er á hugtökum verkefnastjórnunar sem gerir samhæfingu erfiða og skortur er á menntun innan fræðanna. Flestir sem starfa við verkefnastjórnun í dag eru sjálfmenntaðir, sem leiðir til þess að fjöldi mistaka hefur verið gerður til að öðlast þá þekkingu sem menn búa yfir. Með því að innleiða verkefnastjórnun sem hluta af námi í byggingainðnaði væri hægt að stytta til muna lærdómsferlið og draga úr mistökum og endurvinnslu á verk tíma. Byggingainðnaðurinn er í kringum tíu prósent af vergri landsframleiðslu hvers lands en er einnig sá iðnaður sem þróast hvað hægast af öllum iðnuðum. Hagnaður byggingafyrirtækja er að meðaltali í kringum 1.5 % af veltu og talið er að soun geti numið allt að þrjátíu prósentum. Það er því til mikils að vinna fyrir fyrirtæki innan iðnaðarins við innleiðingu úrbóta og bættra starfshátta. Verkefnastjórnun bíður upp á rekstrarleg- og fagleg stjórnþæki sem getur auðveldað fyrirtækjum að bæta hag sinn og auka samkeppnishæfni í erfiðu samkeppnisumhverfi.

Efnisyfirlit

Ágrip	3
Myndalisti	6
Formáli	7
1. Inngangur	8
1.1 Uppbygging ritgerðar	8
1.2 Annmarkar rannsóknar	9
2. Bygging sem framleiðsla	10
2.1 Upphafið	10
2.2 Ferlar og vinnsla	12
2.3 Bundin leið (e.critical path method)	15
2.4 Virðissköpun	17
3. Verkefnastjórnun	18
3.1 Hefðbundin túlkun	19
3.2 Umhverfi verkefnis	20
3.2.1 Innra umhverfi	21
3.2.2 Samkeppnis umhverfi	21
3.2.3 Hefðbundið umhverfi	23
3.2.4 Ytra umhverfi	26
3.3 Skilgreining verkefnis	28
3.4 Skipulagning verkefnis	30
3.4.1 Framkvæmdaáætlun	32
3.4.2 Fjárhags- og kostnaðaráætlun	32
3.4.3 Tímaáætlun	32
3.4.4 Útdeiling auðlinda	33
3.4.5 Gæðastjórnun	33
3.4.6 Altæk Gæðastjórnun (e.TQM)	35
3.4.7 ISO 9001	35
3.4.8 Benchmarking	36
3.4.9 Six Sigma	36
3.5 Framkvæmd verkefnis	37
3.5.1 Skipulagningar-eftirlits- og stjórnunarhringurinn	39
3.5.2 Ferlaskipulagning	40

Verkefnastjórnun í byggingaiðnaði

3.5.3	Flæðisbygging (e.Lean Construction)	40
3.5.4	Viku- og fimmviknaplan	41
3.5.5	Fundarhöld	42
3.6	Eftirlit og stjórnun verkefnis	43
3.7	Lok og endurskoðun verkefnis.....	44
4.	Rannsóknir	46
4.1	Rannsóknaraðferð	46
4.2	Kenningar.....	46
4.3	Viðtalsrannsóknir.....	46
4.4	Niðurstöður rannsókna.....	48
4.4.1	Þekking á verkefnastjórnun innan byggingaiðnaðarins.....	48
4.4.2	Aðgengi að markaði.....	49
4.4.3	Sóun í byggingaiðnaði.....	49
5.	Niðurstöður	51
5.1	Þekking á verkefnastjórnun	51
5.2	Gæðastjórnun.....	51
5.3	Notkun fræðilegra stjórntækja	52
6.	Lokaorð.....	53
7.	Heimildaskrá.....	54

Myndalisti

Mynd 1: Framleiðsluferli (Bertelsen, 2003).....	12
Mynd 2: Framleiðsluferli þar sem tafir hafa orðið á verkþætti (Bertelsen, 2003)	13
Mynd 3: Framleiðsluferli með eftirliti, biðtíma og flutningum (Bertelsen, 2003)	14
Mynd 4 : Gantt verkáætlun frá MS Project	16
Mynd 5: Gantt verkáætlun frá MS Project þar sem búið er að brjóta verkefnið niður eftir bundinni leið.....	16
Mynd 6: Project Triangle (Microsoft, 2009)	18
Mynd 7: Umhverfi fyrirtækja (Boddy, 2008)	20
Mynd 8: Fimm Krafta Líkan Porter's (Boddy, 2008)	21
Mynd 9: PESTEL-greining (Boddy, 2008)	23
Mynd 10: Skipting Mannvirkjagerðar (Jackson, 2004)	24
Mynd 11: Fjögur stig hagsveiflu (Karlsson).....	26
Mynd 12: Stig áhrifa (Jackson, 2004).....	26
Mynd 13: Væntingar hagsmunaaðila (Boddy, 2008).....	27
Mynd 14: Líftími verkefnis (Meredith, 2009)	28
Mynd 15: Stig skipulagningar ferilsins (Nigel Slack, 2007)	29
Mynd 16: Normaldreifing framleiðslu með staðalfrávikum (Wikipedia, 2010)	36
Mynd 17: Framgangur verks í prósentum (S. Keoki Sears, 2008).....	39
Mynd 18: Straumarnir sjö (Kurtis, 2009)	40

Formáli

Ritgerð þessi er 12 eininga lokaverkefni til B.Sc. í Viðskiptafræði við Háskólann á Bifröst og var hún unnin undir leiðsögn Einars Svanssonar, lektors við Viðskiptadeild Háskólans á Bifröst.

Ritgerðarhöfundur vill þakka öllum þeim sem komu að gerð ritgerðarinnar, með beinum eða óbeinum hætti. Fyrst ber að nefna leiðbeinanda verkefnisins, Einar Svansson, sem kom með góð ráð þegar þörf var á og sýndi efnisvali áhuga. Einnig ber að þakka Tómasi Erni Sigurbjörnssyni og Halli Þóri Sigurðarsyni yfirlestur og ábendingar. Ekki má gleyma viðmælendum mínum frá atvinnulífinu sem sýndu efnistöfum mikinn áhuga og átti ég langar og góðar samræður um verkefnið við þá. Síðast en ekki síðst ber að þakka eiginkonu og börnum fyrir þá þolinmæði sem þau hafa sýnt á meðan vinnslu ritgerðar stóð, sem og ómetanlegan stuðning. Ég vona að lesandi hafi bæði gagn og gaman af lestri.



Garðar Örn Þorvarðarson

Aarhus, 19. Janúar 2010

The 7 Phases of a Project (Roberts)¹

- 1. Wild enthusiasm*
- 2. Disillusionment*
- 3. Confusion*
- 4. Panic*
- 5. Search for the guilty*
- 6. Punishment of the innocent*
- 7. Promotion of non-participants*

¹ Hin spaugilega útleiðsla á verkefnastjórnun

1. Inngangur

Verkefnastjórnun er að verða hefðbundið stjórnunartæki innan ýmsa starfssviða atvinnulífsins þar sem sérstök uppbygging þess gerir mönnum kleift að einangra starfið í kringum eitt ákveðið verkefni. Skilgreiningin á verkefni er að það hefjist á ákveðnum, fastsettum tímapunkti, og að því ljúki á einhverjum öðrum. Með því að búa til ákveðið vinnuferli sem fer í gang við hvert verkefni er hægt að fastmóta það starf sem hefst og búa til samræmd hugtök um starfið. Nú er svo komið að farið er að kenna verkefnastjórnun víða og hafa verið hönnuð ýmis kerfi til að styðja við starf verkefnastjóra. Með árunum hefur safnast upp mikil reynsla í kringum fagið og eru því ýmsir aðilar farnir að leita leiða til að staðla hugmyndafræðina sem liggur á bak við verkefnastjórnun. Á margan hátt má segja að verkefnastjórnun megi rekja til byggingageirans og því er áhugavert að skoða hver þróunin hefur verið innan byggingaiðnaðarins í verkefnastjórnun. Verkefnastjórnun snýst um að búa til ramma utan um þá starfsþætti og ferla sem eru unnir innan verkefnis og er megin markmiðið að bæta vinnsluflæðið svo að sem minnstar tafir eða seinkanir verði í gegnum allt flæðið, þar til verki er lokið. Eitt helsta einkenni byggingaiðnaðar er að hann er samsettur af fjöldanum öllum af verkefnum sem þarf að leysa innan ákveðins tímaramma. Margir aðilar koma að þessu starfi á ólíkum tímapunktum í ferlinu og er því mikilvægt að samræma aðkomu þeirra á sem bestan hátt. Megin markmiðið með verkefnastjórnun er að bæta rekstur verktakafyrirtækja og gera alla starfsemina straumlínulaga. Einnig er mikilvægt fyrir fyrirtæki að þekkja vel eigin kosti og galla og er hægt að notast við ýmis stjórnartæki sem finnast innan fræðanna til að öðlast þá þekkingu.

1.1 Uppbygging ritgerðar

Verkefnastjórnun er í sjálfu sér gamalt fag en það er fyrst nú sem það er að verða viðurkennt sem sjálfstæð menntun og fag. Stærri fyrirtæki innan byggingaiðnaðar eru farinn að átta sig á mikilvægi verkefnastjórnunar og eru mörg fyrirtæki farin að mennta eigin starfsmenn í fræðunum. Í vaxandi samkeppni er mikilvægt að auka gæði framleiðslu, sem og að minnka galla og endurvinnslu á hverjum verkþætti. Enn sem komið er virðist þó skorta á þekkingu á faginu og þeim verkfærum sem það hefur upp á að bjóða. Meginmarkmið ritgerðarinnar er að greina hlutverk verkefnastjórnunar í byggingaiðnaði og bera það saman við hefðbundnar kenningar verkefnastjórnunar. Rannsóknarspurningin sem lagt var upp úr að svara er:

Hvernig samræmist verkefnastjórnun í byggingaiðnaðinum hefðbundnum hugmyndum um verkefnastjórnun og hvernig er hún notuð sem stjórnartæki.

Höfundur hafði áhuga á að skoða hversu vel hugmyndir um almenna verkefnastjórnun samræmdist því sem viðhaft er í byggingaiðnaðinum og hófust því rannsóknir á hversu mikið hefði verið skrifað um efnið. Vinnsla verkefnis byggði á miklu leiti á lestri erlendra fræðibóka og rannsókna sem gerðar höfðu verið, ásamt því að helstu fræðilegum hugtökum tengdum viðfangsefninu eru gerð skil. Einnig var unnin viðtalsrannsókn í samstarfi við leiðandi fyrirtæki á Íslandi og í Danmörk til þess að varpa ljósi á hvað þessi fyrirtæki væru að gera í dag og einnig til að sjá hversu vel þau fylgdu með þeirri þróun sem á sér stað í faginu. Í öðrum kafla verkefnisins er farið yfir sögu byggingaiðnaðarins út frá hugmyndafræði framleiðslu þar sem skoðuð er ferlaupbygging verkþátta og hvað það er sem ræður flæði framkvæmda. Í þriðja kafla er svo hugmyndafræðin á bak við verkefnastjórnun skoðuð og hvernig það samræmist verkefnastjórnun í mannvirkjagerð. Hér er tekið á helstu hugtökum og verkfærum sem til boða standa sem og verkið er skilgreint í stig, til þess aðhægt sé að aðgreina hvern verkhluta fyrir sig. Í fjórða kafla eru svo viðtalsrannsóknir teknar fyrir og fjallað um helstu niðurstöður sem fengust úr þeim. Um var að ræða eigindlega rannsókn sem var svo borin saman við fræðilegar kenningar. Í fimmta kafla eru niðurstöður dregnar saman, rætt um gagnsemi fyrir atvinnulífið og komið með tillögur til úrbóta. Að lokum eru gerðar tillögur að frekari rannsóknum.

1.2 Annmarkar rannsóknar

Helstu annmarkar rannsóknarinnar er að höfundur hefur starfað innan byggingaiðnaðar síðastliðin fimmtán ár og hefur því fyrirfram skoðanir á því hvernig málum er háttað þar. Sú þekking sem viðkomandi hefur úr iðnaðinum getur svo leitt til þess að viðtölin leiðast í þær áttir sem óskað er eftir og geta spurningar orðið leiðandi. Kosturinn við það er þó að viðkomandi þekkir hverja á að spyrja og að hverju til þess að fá sem nákvæmasta lýsingu og skoðanir viðmælenda fram. Það er ekki víst að sá sem ekki hefur þekkingu á iðnaðinum sé nægjanlega vel að sér í starfsháttum til þess að fá sem mest út úr viðmælendum – lesandi verður þó látinn meta hvort það teljist kostur eða galli í heildar verkefninu.

2. Bygging sem framleiðsla

Undanfarna áratugi hefur verið unnið að því að bæta framleiðsluferill byggingaiðnaðarins og auka skilning á því sem gerist við byggingu mannvirkja. Flestar þær bækur sem hafa verið skrifaðar um efnið eru skrifaðar af verkfræðingum og því er oft um mjög tæknileg rit að ræða. Þrátt fyrir að mannvirkjagerð hafi fylgt okkur frá örófi alda hefur ekki verið fullur skilningur á ferlinu sem slíku, enda um mjög flókið og dýnamískt kerfi að ræða þar sem samvinna margra ólíkra þátta kemur saman.

Á undanförnum árum hafa menn þó verið að reyna að skapa yfirsýn yfir þessa ferla og setja þá inn í ramma framleiðslu en það hefur ekki verið mótað að fullu. Mannvirkjagerð er í eðli sínu á barmi óreiðu og til þess að hafa reiður á henni hafa verið hönnuð ýmis módel sem notast er við til að halda utan um ferlana.

Ekki er unnt að fara djúpt ofan í saumana á þeim aðferðum sem notast er við, heldur verður miðað við að gefa góða yfirlitsmynd af helstu kenningum og aðferðafræðum. Vandamál byggingaiðnaðarins eru vel þekkt. Framleiðni mælist langt frá því sem þekkist í framleiðslugeiranum, vinnuaðstæður og öryggismál eru vanbúinn og víða er skortur á hæfu starfsfólki til iðnaðarins. Síðast en ekki síst teljast gæði bygginga oft vera undir því sem ætlast var til í upphafi. Helsti ókostur byggingageirans er þegar mistök hafa verið gerð er oftast illmögulegt að leiðrétta það svo vel sé. Aðeins er leitast við að búa til viðunandi niðurstöðu. Þeir sem starfa innan geirans þekkja flestir þann leik sem á eftir kemur þar sem eigandi reynir að fá afslátt vegna þess að gæðin eru ekki þau sem beðið var um. Á hinn bóginn mætti auðvitað segja að framkvæmdaaðillar í byggingageiranum reyna að hafa gæðin eins lág og frekast er unnt án þess að vera undir þeim viðmiðum sem tilgreind eru í tilboðsgögnum og halda þannig kostnaði í lágmarki.

2.1 Upphafið

Upphaf þess að farið var að líta á mannvirkjagerð sem framleiðslu má rekja til Dr. Shigeo Shingo (Bertelsen, 2003). Árið 1969 var hann fenginn til að skoða skiptitíma á 1000 tonna pressu hjá Toyota Motor Company sem tók fjórar klukkustundir í uppsetningu. Honum tókst að ná því niður í 90 mínútur, á sex mánuðum. Menn voru nokkuð sáttir með þennan árangur en stjórnendur Toyota vildu fá skiptitímann niður í þrjár mínútur. Innan þriggja mánuða hafði honum tekist það (yahoo - geocities, 2003). Árið 1988 skrifaði hann bókina Non-Stock Production og telst hún vera grunnurinn að því sem menn kalla í dag LEAN aðferðafræði – þó að framleiðslu fræðin sem slík hafi verið til í langan tíma undir ýmsum nöfnum², þá markar þetta upphafið á vesturlöndum. Ástæðuna má væntanlega rekja til þess að Japanir voru að ná undirtökum á framleiðslumarkaði og hugtök eins og *Made in Japan* voru orðin sterk í hugum neytenda.

² Eins og world class manufacturing, lean production og new production system

Verkefnastjórnun í byggingaiðnaði

Nú mætti spyrja sig að því hvað þetta hefur með mannvirkjagerð að gera þar sem ljóst er að ekki er hægt að framleiða byggingar í verksmiðju eða á færibandi þó ýmsar tilraunir séu og hafi verið gerðar með það³. Til þess að skoða það nánar liggur beinast við að skoða ákveðnar tölur úr byggingaiðnaðinum aðeins nánar.

Velta byggingaiðnaðarins á heimsvísu mælist í kringum \$ 3.400 milljarða (Jackson, 2004), eða 435.000 milljarða ísl. króna. Um sjö milljónir manna starfa beint í byggingaiðnaði, svo sem pípulagningamenn, smiðir, logsuðumenn o.s.frv.. Auk þess hafa hundruðir þúsunda störf óbeint störf af byggingaiðnaði. Þar mætti telja stáliðnað, sementsiðnað, húsgagnaiðnað. Einnig mætti nefna flutningaiðnað, námuiðnað, arkitektar, verkfræðingar, eftirlitsmenn af ýmsum toga sem og starfsmenn á vegum ríkis- og sveitafélaga. Ef við víkjum aftur að spurningunni hvað framleiðsluferli bílaverksmiðja hefur með byggingaiðnaðinn að gera, er þörf á að skoða annan þátt til að sjá samhengið. Um 60 % af fyrirtækjum í byggingaiðnaði hafa færri en fjóra starfsmenn, en á sama tíma er aðeins um eitt prósent sem hefur fleiri en hundrað⁴. Gríðarleg samkeppni ríkir á þessum markaði og hagnaðarhlutfall er lágt. Samkvæmt tölum frá Bandaríkjunum hefur hreinn hagnaður verktaka undanfarinna ára legið á milli 1,2% til 1,5% (Levy, 2006), sem er töluvert lægra en hægt er að fá á skuldabréfum eða almennum bankareikningi.

Af þessu er ljóst að með því að bæta framleiðsluhætti geta fyrirtæki náð fram töluverðu hagræði og samkeppnisforskoti á aðra. Það er jafnframt ljóst að ekki er víst að hægt að ná fram hagræði hjá verktaka með undir fjóra menn í vinnu sem hefur Jón og Gunnu sem kúnna og keyrir á milli smáverka. Við munum í þessu verkefni einbeita okkur að þeim hluta byggingaiðnaðarins sem á eitthvað skylt við framleiðsluiðnað og láta eiga sig að skoða þann hluta sem sér um minni viðgerðir og almenna þjónustu.

Neikvætt viðhorf gagnvart iðnaðinum hefur verið ríkjandi, jafnt utan sem innan. Í verktakafyrirtæki í Danmörku, þar sem ég starfaði sem verkefnastjóri höfðum við blaðamann starfandi hjá okkur til þess að finna verkefni og vinna að tilboðsgerð og var oft gaman að fylgjast með honum í samskiptum við aðra sem störfuðu í byggingaiðnaðinum. Að hans mati sagði enginn það sem hann meinti og orð stóðu ekki. Þetta er auðvitað bara hálfur sannleikur því að aðstæður geta breyst mjög fljótt og þá gildir ekki það sem áður var. Þetta lýsir engu að síður þeim vanda sem byggingaiðnaðurinn á við að etja. Þegar staðið er að mannvirkjagerð eða byggingu húsa eru margir andstæðir hagsmunir sem skarast og allir eru að reyna að koma sem best út úr framkvæmdum. Í könnun sem var gerð í Bandaríkjunum árið 2004, af CMMA⁵ í

³ Svokallaðar einingaverksmiðjur hafa verið settar á laggirnar á síðustu þremur áratugum. Í upphafi gekk ekki sérstaklega vel að koma því á markað en mikill árangur hefur náðst á undanförunum árum og þá sér í lagi við steinsteyptar einingar.

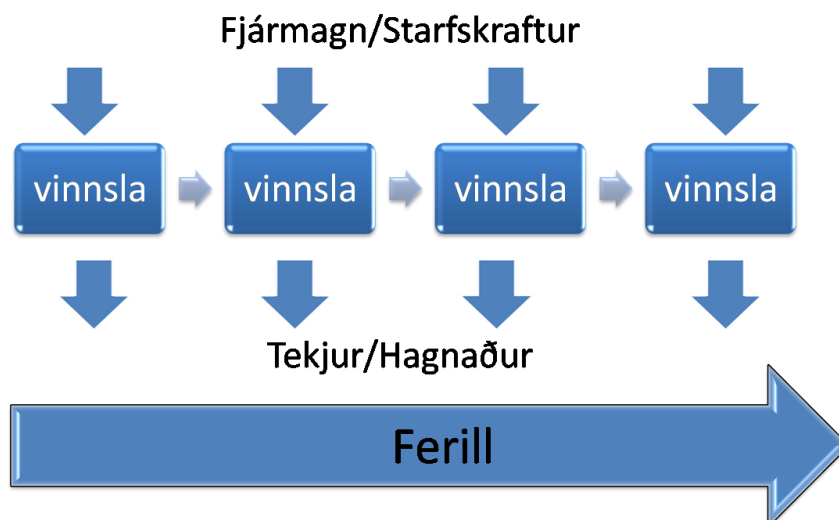
⁴ Hlutfallið virðist vera svipað allstaðar sem kannað var, óháð landi

⁵ Construction Management Association of America

samstarfi við FMI⁶ kom í ljós að hægt væri að skipta gagnrýninni jafnt á alla aðstandendur. Eigendur bygginganna voru sakaðir um að veita leyfi fyrir vinnu verkþátta en svo að reyna að koma sér undan að greiða fyrir það. Einnig voru þeir sakaðir um að víkja sér undan ábyrgð og spila með greiðslur⁷ sem og að halda áfram að leita eftir verðum þegar öll tilboð höfðu borist. Verktakar voru á hinn bóginn sakaðir um að senda of háa reikninga, framhlaða⁸, leita eftir verðum eftir að öll tilboð hafa borist sem og að reyna að breyta skilgreiningu á verki. Verkfræðingar og arkitektar sleppa heldur ekki undan ásökunum þar sem þeir eru sakaðir um að gera hvað sem er til að þóknast eigenda byggingar og þá á kostnað verktaka. Einnig voru þeir sakaðir um að skila inn gölluðum teikningum, meðvitað, sem og villandi gögnum sem þeir svo túlka eftir eigin hentileika (Levy, 2006). Af þessu er ljóst að það mun krefjast töluverðrar vinnu að breyta skynjun fólks, jafnt innan sem utan byggingaiðnaðarins.

2.2 Ferlar og vinnsla

Hin hefðbundna leið á að líta á ferla er sem keðju í framleiðslu. Þegar búið var að brjóta keðjuna niður í ákveðna ferla var hægt að fara í að hámarka framleiðni í hverjum ferli fyrir sig og á þann hátt ná fram



Mynd 1: Framleiðsluferli (Bertelsen, 2003)

hagræðingu í heildar framleiðslunni. Dr. Shingo taldi þetta vera rangtúlkun. Hann taldi að til þess að fá fullan skilning á eðli framleiðslunnar yrði maður að skilja á milli ferlanna og sjálfrar vinnslunnar – hvor þáttur fyrir sig er að finna á sitthvorum öxlinum í hnitakerfinu. Þar með taldi hann að vinnslan væri sá þáttur sem krefst mannafla og tækja til

vinnslu á efni en að ferlarnir væru það sem efnið upplifar á ferð sinni í gegnum vinnslu. Þetta leiðir til þess

⁶ Heimasíða FMI: <http://www.fminet.com/> Þeir starfa sem ráðgjafar fyrir byggingaiðnaðinn með fókus á áhættustjórnun, yfirstjórnun og svo samruna og yfirtökur.

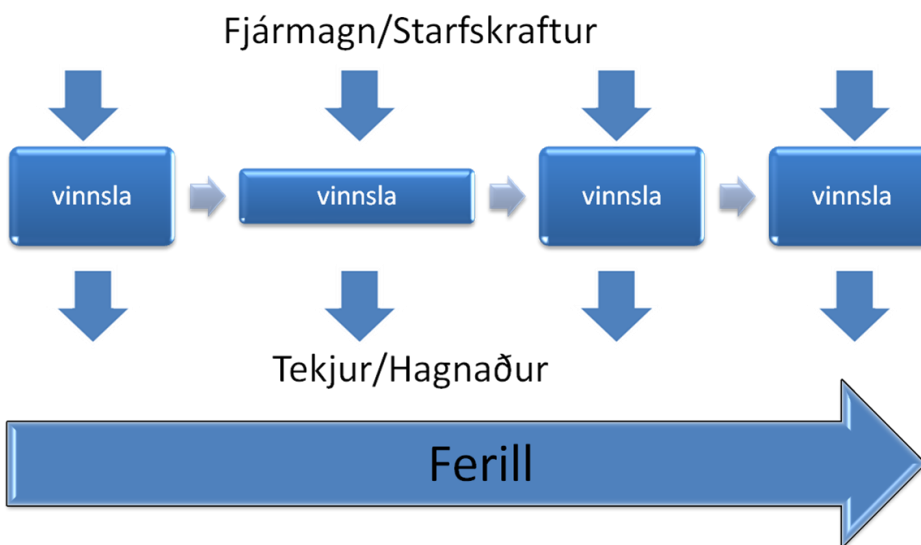
⁷ Þ.e.a.s. reyna að dregja greiðslur á langinn og reyna þannig að komast hjá því að borga ákveðna þætti á ýmsum forsendum.

⁸ Það er þegar þeir þættir framkvæmda sem eru fyrstir á verkáætlun eru óvenjulega dýrir og þeir liðir sem eru síðastir eru óvenju ódýrir. Þannig kemst verktaki hjá því að leggja út í nokkurn kostnað sjálfur, þar með talinn vaxtakostnað, og verkið er fyrirfram greitt það sem eftir er framkvæmda. Fyrir verktaka getur þetta þýtt að hann fær aukinn staðgreiðsluafslátt og getur því unnið verkið á lægra verði eða náð hærri hagnaðar hlutfalli, vegna efniskaupa.

Verkefnastjórnun í byggingaiðnaði

að það eru ferlarnir sem skapa verðmæti (Shingo, 1988), þar sem framleiðslan fer fram og hagnaður þeirra sem að standa kemur frá gegnumflæðinu. Á sama tíma er það vinnslan sjálf sem krefst fjármuna og starfskrafts – því er hægt að segja að öll kostnaðar myndun verði af völdum sjálfrar vinnslunar. Þegar það er búið að aðgreina þessa tvo þætti er mun auðveldara að skilja kerfið í heild sinni.

Ef þetta er sett upp á myndrænan hátt er mun auðveldara að aðskilja þessa tvo þætti og greina hvar er möguleiki á að bæta ferilinn. Þetta gefur möguleika á að skoða hvern þátt vinnslunnar og sjá hvort hún sé hluti af þeirri verðmætasköpun sem á sér stað eða hvort sé hægt að taka þann þátt út. Þetta geta verið þættir eins og flutningar eða eftirlit – þetta getur svo leitt til þess að komist verður hjá útgjöldum vegna flutninga og útbúnaðar til eftirlits (Bertelsen, 2003). Þegar hagrætt er í einum liði vinnslunnar, án þess að tekið sé tillit til annara þátta, getur það valdið því að heildar flæði ferilsins skaðast. Hægt væri að ímynda sér að hver vinnsluþáttur stæði fyrir einn verkþátt, eða fagaðila, og að sá sem að honum stæði hefði verk á öðrum stöðum sem hann þyrfti að sinna líka og að það hentaði honum ekki að bæta við sig starfsfólki⁹. Þetta veldur því að flöskuháls myndast í framleiðslunni sem leiðir til þess að verulega dregur úr gegnumstreyminu og heildarflæðið hlýtur skaða af.



Mynd 2: Framleiðsluferli þar sem tafir hafa orðið á verkþætti (Bertelsen, 2003)

fagaðilla. Þegar leitast er við að hámarka ferli ber að skoða þá þætti sem ekki leggja til aukið verðmæti við vöru eða draga úr gegnumstreymi. Því er mikilvægt að geta samhæft heildarstarfssemi á vinnustað og þannig ná hámarksframfarir. Vandamál bygginga eru í höfuðdráttum þau að sífellt er verið að vinna með frumeintak – það eru engar tvær byggingar eins eða byggðar við sömu aðstæður. Landið sem þær standa á

Ef þetta er skoðað myndrænt má sjá að heildar ferillinn lengist og verulega dregur úr gegnumstreyminu. Til þess að koma í veg fyrir að slíkt gerist er mikilvægt að verkefnastjórnendur taki fast á því að full mönnun sé á vinnustað og áskilji sér rétt til þess að bæta við mannskap á kostnað

⁹ Slík gerist æði oft og getur það stafað af verkefnastöðu fagaðila eða vegna skorts á hæfu vinnuafli á markaði. Þannig hentar það honum betur að teygja út vinnuna og deila vinnuafnanum út á milli svæða.

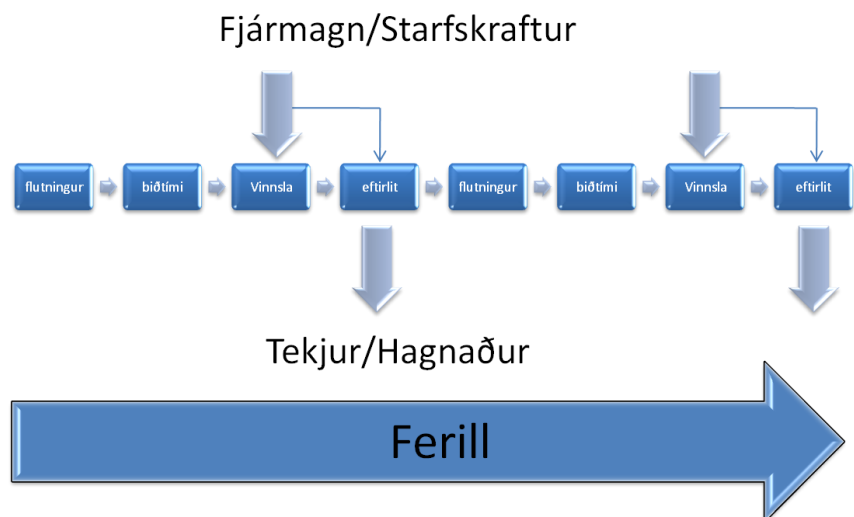
Verkefnastjórnun í byggingaiðnaði

er mismunandi sem og fólkið sem kemur að byggingu. Þetta leiðir til þess að í hvert skipti sem kemur að því að reisa nýja byggingu, eða mannvirki, þarf að líta á það frá nýju sjónarhorni. Dr. Shingo var fyrstur til þess að aðskilja vinnslu og ferla á þennan hátt og síðar var aðferðin þróuð frekar, eða sniðin að byggingaiðnaði, af Lauri Koskela. Það er mikilvægt fyrir verkefnastjóra að hafa fullan skilning á því flæði sem á sér stað í mannvirkjagerð. Sú mynd sem ég hef sett upp hér er auðvitað einföldun því það eru ýmsir þættir sem ekki eru til þess gerðir að auka verðmæti vörunnar en gera hana töluvert dýrari í framleiðslu og lengja ferlið. Það er ljóst að ekki er hægt að fjarlægja þessa liði en það getur verið mögulegt að hámarka nýtinguna á þeim þannig að sem minnst röskun verði á vinnslunni. Sé þetta borið saman við virðiskeðju Porter's má sjá að aðeins vinnslan eykur verðmæti vörunnar skv skilgreiningu Koskela en í virðiskeðju Porter og í skilgreiningu dr. Shingo eru allir þættir teknir með. Ef þetta er borðið saman við hefðbundna framleiðslu má sjá að munurinn liggur í því að verðmætasköpun í mannvirkjagerð liggur nær eingöngu í því breytingaferli sem á sér stað og verður við vinnslu á hráefni. Flutningur, biðtími og eftirlit er því eingöngu hluti af flæði hráefnis í gegnum ferilinn¹⁰. Af rannsóknum sem hafa verið gerðar á Norðurlöndunum hefur komið í ljós að

byggingaiðnaðurinn er minnst þróaðasti iðnaðurinn og hefur tekið minnstum breytingum frá upphafi. Þetta á sér auðvitað ýmsar skýringar sem hægt væri að „fabulera“ með. Hluti af skýringunum liggur í því hversu auðvelt er að komast inn í byggingaiðnaðinn. Með litlum kostnaði er hægt að hefja rekstur

byggingafyrirtækis sem leiðir til **Mynd 3: Framleiðsluferli með eftirliti, biðtíma og flutningum (Bertelsen, 2003)** þess að meirihluti fyrirtækja í

rekstri eru með 4 starfsmenn, eða minna. Það er ljóst að ekki mikið hagræði getur skapast við svona aðstæður og sérhæfing er því oft í lágmarki. Það er auðvitað þekkt að menn geri ekkert annað en að leggja flísar¹¹ en algengara er, svo við höldum áfram með múrara, að menn steypi sökkla, fildi vegg, leggi í gólf, slái upp mótum, fúgi, stundi múrbrot og allt smálegt sem talist getur til fagsins. Annað sem talið var fram í þessum rannsóknum var að verkefni á vegum ríkja og sveitafélaga fara oft og iðulega fram úr



¹⁰ (Koskela, An exploration towards a production theory and its application to construction, 2000)

¹¹ Svona til að nefna einn ákveðinn verkþátt.

kostnaðaráætlun og jafnvel 100 til 200 prósent fram úr. Slík dæmi eru vel þekkt víðast hvar og geta ástæður þess verið margar¹².

2.3 Bundin leið (e.critical path method)

Skipulagning byggingaframkvæmda er venjulega byggð netverks grunni sem kallað er „Bundin Leið“, eða í daglegu tali nefnt CPM. Það var þróað með það að leiðarljósi að skapa árangursríkt og nothæft tæki til að skipuleggja flóknar framkvæmdir. Þetta er mikið notað til þess að ná utan um verkefni af þessum toga vegna þess að það gefur góða mynd af hversu langan tíma verk muni taka og hvers þarf að gæta (S. Keoki Sears, 2008). CPM er sett upp áður en verkframkvæmd fer af stað og er eitt af megin hlutverkum þess að meta hversu langan tíma verkefnið mun taka. Verktími er oftast styttri en menn óska og því er mikilvægt að geta metið hver mannaflí þarf að vera í gegnum verktíma. CPM gefur myndrænt innsæi í framkvæmdir og varpar ljósi á veiku punktana í áætlanagerð. Það er auðvelt að vinna með það þar sem hægt er að flytja verkþætti til og frá innan skipulagsins – þetta gefur því möguleika á að hámarka nýtingu á verki og draga eins mikið úr biðtímum og hægt er. Myndin hér á næstu bls. (Mynd nr. 4) sýnir grunn uppbyggingu hefðbundins verkefnis í sinni einföldustu mynd. Það eru þó margir þættir undir hverjum lið sem tengjast hverjum öðrum. Það þýðir að ef þeim er ekki lokið þegar kemur að næsta er hætt á að allt verkefnið riðlist. Til þess að sjá hvaða þættir eru mikilvægir til að halda verkefni á áætlun og innan kostnaðar áætlunnar er því nauðsynlegt að tengja saman þá verkþætti sem gera næsta þátt mögulegan. Fær verkefnastjóri yfirsýn yfir heildar verkefnið með því að búa til tengingu á milli þeirra þátta sem þarf til að hægt sé að hefjast á næsta og fær þar með einnig yfirsýn yfir lágmarkstíma verkefnis – mikilvægt er því að sjá til þess að þessir liðir haldist á áætlun. Aðrir þættir verkefnis sem ekki eru hluti af bundnu leiðinni geta svo raðast þannig að þeir hafi ekki áhrif á lokadag verkefnis.

¹² Ekki er þó hægt að segja að það sé eingöngu byggingaiðnaðinum sjálfum að kenna vegna þess að oft eru kostnaðaráætlanir látnar vera í lægri kantinum til þess að koma þeim í gegnum pólitíska kerfið. Nýlega var t.d. ákveðið að leggja 30% ofan á allar kostnaðaráætlanir í Árósum, á vegum sveitafélagsins, þar sem ljóst þótti að ekki væru um raunverulegar kostnaðaráætlanir að ræða heldur pólitískan málalímbúning.

2.4 Virðissköpun

Virðissköpun er það sem verður til við ferlana sem hráefnið fer í gegnum. Þegar búið er að ljúka við hvern vinnsluþátt fyrir sig hefur efnið aukið verðmæti sitt. Hægt væri að lýsa þessu sem byggingu sem hefur líf sitt sem hola í jörðinni. Fyrst er byrjað á því að steypa sökkla, eða undirstöður. Við hvert skref sem stigið er er byggingin að auka verðmæti sitt, bæði fyrir þá sem standa að því að byggja en einnig eiganda byggingar. Síðan koma veggir og þak og þar næst er farið í að gera innri stoðkerfi og innréttingar. Þegar verkið stendur fullbúið hefur allur kostnaður vegna vinnslu verið innleystur og eftir stendur sú virðissköpun sem hefur orðið til í ferlinu. Virði eiganda byggingarinnar verður til við þá ferla sem efnið fer í gegnum en verðmæti þeirra er ákveðið í hönnunarferlinu (Bertelsen, 2003).

3. Verkefnastjórnun

Þó að menn hafi leyst verkefni frá örófi alda, í öllum stærðum þá mætti líklega telja byggingu pýramíðana í Egyptalandi til fyrstu risaverkefnanna þar sem samhæfing flutninga, vinnuafis og skipulagning var gríðar mikilvæg. Nútíma verkefnastjórnun er talin eiga upphaf sitt í „the Manhattan project“ (e.Manhattan verkefninu) og á upphafsdögum var verkefnastjórnun aðallega notuð til stjórnunar mjög flókinna verkefna, fyrir rannsóknar og þróunarvinnu, sem og hernaðarverkefna (Meredith, 2009). Þó að verkefnastjórnun megi rekja til stórra og mannaflsfrekra framkvæmda hefur aðferðin verið notuð í síauknum mæli til allra þátta sem hægt er að skilgreina sem „verkefni“. Verkefni er röð aðgerða sem klárast á ákveðnu tímabili (Meredith, 2009). Tilgangurinn með því að framkvæma verkefni er að ná fram einstakri niðurstöðu.



Mynd 6: Project Triangle (Microsoft, 2009)

Oftast er um breytingu á einhverjum eiginleika eða um nýja þjónustu, eða vöru að ræða. Verkefni er sem sagt sérstæð skammtímaaðgerð og niðurstaða afmarkast skýrt, sem og það sem sett er í verkefnið og sá tími sem það tekur. Það sem einkennir verkefni eru þrír meginþættir – tímaramminn sem því er sett, þeim þáttum sem eru lagðir í það og niðurstöðunni. Þetta er oft kallað verkefnapríhyrningurinn (e. The Project Triangle) (Microsoft, 2009). Ef togað er í eina hliðina þá hefur það áhrif á hinar, sem og gæðin sem eru staðsett inni í þríhyrningnum. Ekki er hægt að horfa framhjá gæðum þegar verið er að skoða þríhyrninginn enda er það einn af meginþáttum framkvæmdanna. Það má þó segja að gæði séu það sem kunninn óskar eftir, skilið á þann hátt að ef verkið uppfyllir kröfur viðskiptavinarins sé um gæði að ræða. Þó er það ekki sú skilgreining sem verið er að leita að hér heldur er átt við eiginleg gæði – þ.e.a.s. með því að auka einhvern einstakan þátt þríhyrningsins gefst svigrúm til að bæta aðra hlið þríhyrningsins. Ef við t.d. aukum við tímann þá er líklegt að niðurstaðan verði betri, en á sama hátt er hægt að segja að ef dregið er úr niðurstöðunni er líklegt að hægt sé að draga úr framlagi og tíma. Það sem skiptir megin máli er að finna út hvaða þáttur er ráðandi í verkefninu.

Til eru ýmsar útfærslur verkefnastjórnunar og eru atvinnuvegir farnir að sérsníða hugmyndina að eigin þörfum. Hlutverk verkefnastjóra er oft á tíðum sérstök staða innan fyrirtækja og valdsvið þeirra órætt (Meredith, 2009). Ekki er um eiginlega stjórnendur að ræða heldur er meira um miðlara sem koma sínum hugmyndum áleiðis og samhæfa verk. Oft á tíðum eru þeir með starfsfólk tímabundið undir sér sem getur leitt til vafa um valdsvið þeirra. Þar sem völd þeirra eru ekki óskorðuð og endanleg þurfa þeir að beita

öðrum aðferðum til að fá starfsfólk á band með sér – sú lokkun getur legið í áhugaverðum verkefnum, sannfæringakrafti eða áhrifamætti og stjórnunin felst oft í málamiðlunum sem allir geta sætt sig við. Við munum því fara lauslega yfir þær aðferðir sem til eru og hvernig þær eru notaðar. Einnig verður skoðað hvernig hægt er að nota framþróun verkefnastjórnunar í öðrum iðnuðum til framdráttar byggingaiðnaðinum. Til þess að hægt sé að samhæfa starf margra ólíkra aðila í verkefni er mikilvægt að hæfur einstaklingur sé við stjórnvölin. Slíkur aðili er kallaður verkefnastjóri og sér um að samhæfa verkið frá upphafi til enda. Hann hefur yfirleitt ekki völd til þess að setja verkefni af stað eða ákveða hversu mikið fjármagn á að nota til þess heldur tekur hann við því þegar búið er að ákveða þessa þætti (Nigel Slack, 2007). Stór hluti af starfi verkefnastjóra er mannauðsstjórnun. Það er mikilvægt að þeir sem koma að verkefni hafi góða mynd af hlutverki sínu í verkefninu og fullan skilning á því sem á að gerast. Það er flókið verkefni að sjá til þess að fjármagni og vinnuafli sé deilt út á réttan hátt og eru fimm þættir taldir mikilvægir í einkennum árangursríks verkefnastjóra (Nigel Slack, 2007):

- Bakgrunnur og reynsla sem eru í samræmi við þarfir verkefnisins.
- Leiðtoga- og stefnumótandi sérfræðiþekkingu, til að geta skilið heildar verkefnið og umhverfi þess og samtímis geta starfað að verkefni, niður í smáatriði.
- Tæknilega sérþekkingu á verkefni til þess að vera hæfur til að taka tæknilegar ákvarðanir sem eru í samræmi við þörf verkefnis.
- Vera fær í mannlegum samskiptum og að geta fengið aðra til að skila sínu besta, jafnt að geta komið skilaboðum á framfæri, miðlað málum og leyst deilur.
- Hafa sannanlega eiginleika sem stjórnandi og að geta klárað málin.

3.1 Hefðbundin túlkun

Það eru ýmsar útfærslur af uppbyggingu verkefnastjórnunar en flestar innihalda sömu grunnþættina. Hin almenna útfærsla skiptist í sex flokka þar sem hver flokkur fyrir sig tekur til mismunandi þátta og er því kafla skiptingin eftir því hér. Hin hefðbundna skipting er á þessa leið (Boddy, 2008):

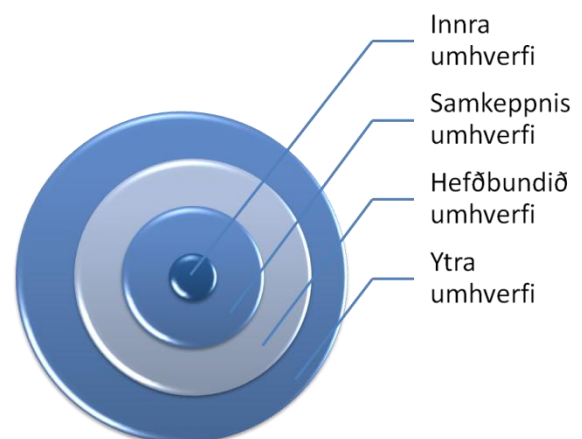
- 1. Stig** Skilningur á umhverfi verkefnis – þetta á bæði við innviði og útvíði verkefnis sem geta haft áhrif á gang mála.
- 2. Stig** Skilgreining á verkefni – hér eru almenn markmið sett, sem og umfang og stefnumótun.
- 3. Stig** Skipulagning á verkefni – þar sem ákveðið er hvernig framkvæmdin fer fram
- 4. Stig** Framkvæmd verkefnis – hér fer sjálf vinnslan fram sem og verðmætasköpunin.
- 5. Stig** Stjórnun verkefnis – hér er þess gætt að verkefnið sé unnið eftir þeirri áætlun sem áður var ákveðin.

6. Stig Endurskoðun verkefnis – þar sem verkefnið er gert upp og reynt er að fanga kjarna verkefnisins, sem og þá þætti sem fóru úrskeiðis.

Þar sem flestir sem starfa að verkefnastjórnun munu koma að öðrum verkefnum í framtíðinni tel ég mikilvægt að bæta við kaflan um endurskoðun verkefnis en hér er þó ekki um eiginlega endurskoðun í fjármálalegum skilningi heldur er þetta notað til þess að sjá hvað hefði betur mátt fara og hvað var vel gert. Þetta er auðvitað gert til þess að auðveldara sé í framtíðinni að koma auga á atriði sem geta farið úrskeiðis sem og að gera verkefnastjórnann betri í sínu starfi. Annað sem mikilvægt er að komi fram er að í raun er hægt að skipta verkefnastjórnun í byggingageiranum upp í tvo hluta. Fyrri hlutinn er hönnunarstig og sá seinni er framkvæmdastig (Teknologisk Institut, 2007). Ef maður ætti að vera alveg samkvæmur verkefnastjórnunar hugmyndinni þá mætti segja að mannvirkjaframkvæmdir skiptist í hugmyndastig þar sem þörfin er greind og umhverfi verkefnis er skilgreint. Næsta stig væri svo skilgreininga stigið þar sem hönnuðir eru komnir inn í verkefnið í samstarfi við eiganda. Á þessu stigi gerir eigandi hugmyndir sínar opinberar fyrir hönnuðum sem finna svo út hvernig hægt er að mæta þörfum hans út frá verkefnapríyrninginum. Þegar ljóst er hvers krafist er og hver áætlaður kostnaður mun vera er svo hægt að fara á næsta stig sem er skipulagning verkefnis þar sem val á efni og tímarammi er settur, sem og endanleg kostnaðaráætlun er gerð. Þriðja stig mætti kalla framkvæmdastig í hönnun þar sem söluteikningar hafa verið gerðar til þess að eigandi átti sig á hvernig bygging mun líta út og hvernig hún skiptist upp. Hér fer fram öll hönnun á mannvirki, t.d. burðarvirki, rafhönnun, lagnahönnun, deiliskipulag o.fl.. Lokapáttur þessa stigs í hönnunarferlinu er að fá leyfi til framkvæmda frá eftirlitsaðilum og fara með verkið annaðhvort í útboð eða kalla til verktaka til að gefa verð í verkið. Þegar verktaki er fenginn og samningur undirskrifaður má segja að eftirlits stig ráðgjafa eiganda og hönnuða taki við og framkvæmdastig verktaka.

3.2 Umhverfi verkefnis

Hægt er að skipta umhverfinu upp í ytra umhverfi, hefðbundið umhverfi, samkeppnis umhverfi og síðan innra umhverfi. Árangur fyrirtækja ræðst að miklu leiti af því hvernig þeim gengur að stjórna sínu umhverfi og því er mikilvægt fyrir þau að átta sig á því hvernig þeirra umhverfi lítur út. Margir af þessum þáttum er flestum kunnugt um þó að þeir séu ekki að túlka þá á faglegan hátt. Allir stjórnendur starfa þó innan



Mynd 7: Umhverfi fyrirtækja (Boddy, 2008)

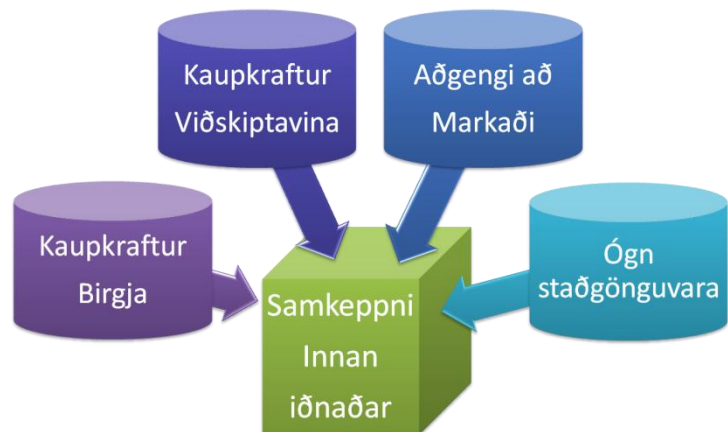
samhengis, eða umhverfis, sem bæði styðja við þá í því sem verið er að gera og á sama tíma setur þeim hömlur. Því endurspeglar skilningur þeirra á umhverfinu, túlkun og samskipti það hversu góðum árangri þeir ná. Ef við skoðum aðeins nánar hvað fellst í hverjum þætti umhverfisins þá skiptist það eins og sjá má á mynd nr. 7.

3.2.1 Innra umhverfi

Hvert fyrirtæki er í sjálfu sér einstakt, sem og þau öfl sem innan þeirra eru. Þeir sem geta greint þau og mótað eru líklegir til að ná meiri árangri í starfi en þeir sem ekki átta sig á því samhengi sem starfað er eftir. Hægt er ennfremur að skipta innra umhverfinu upp í átta þætti (Boddy, 2008). Menning fyrirtækja er misjöfn og breytist með tímanum samhliða stjórnendum og starfsmönnum. Byggingageirinn er einstakur bransi sem einkennist af karlhormónum og töffaraskap (Bjarnason, 2009). Menn eru oft fljótir upp á háa C og deilur eru oft reknar í gegnum réttarsali. Ef litið er til vinnustaða þá er valdaröðin fastsett og mætti líkja því við úlfahjörð. Menning í byggingaiðnaði væri áhugavert rannsóknarefni en ekki verður unnt að gera því nákvæm skil hér. Hægt er að segja að menning sé sú leið sem fólk notar til að leysa vandamál og samræma aðgerðir (Fons Trompenaars, 2007). Á sama hátt og hægt er að skipta umhverfi fyrirtækja í lög (sbr. Mynd 7) er hægt að skipta menningu í þrjú lög þar sem við höfum menningu út á við, almenn gildi og virðismat og síðan innri, eða grunn, túlkun á umhverfi og gildismat (Fons Trompenaars, 2007). Grunnreglan er sem sagt að líkur sækir líkan heim og að við séum öll háð umhverfi okkar. Sá sem hefur góðan skilning á umhverfi sínu og þeirri pólitík sem á sér stað innan fyrirtækis getur mótað það eftir því sem við á er því líklegri til að ná árangri en sá sem ekki hefur góðan félaglegan skilning. Innan byggingaiðnaðarins má gera ráð fyrir að um svipaða menningu sé að ræða en þó er ljóst að með tímanum þróa fyrirtæki með sér mismunandi gildi sem gera þau ólík. Þetta kemur oft í ljós við sameiningu fyrirtækja þar sem þau hafa verið talin eiga vel saman fyrirfram, en þetta getur líka komið fram á milli deilda innan fyrirtækis eða með komu nýrra starfsmanna (Boddy, 2008).

3.2.2 Samkeppnis umhverfi

Sem áður sagði þá er samkeppni í bygginga geiranum mikil, hvort sem um er að ræða í góðæri eða kreppu. Fyrirtæki ná sjaldan að auka hagnaðarhlutfall þrátt fyrir meiri framleiðslu og ástæður þess geta legið í samkeppnisumhverfinu. Birgjar eru í flestum löndum nokkuð samþjappaðir sem



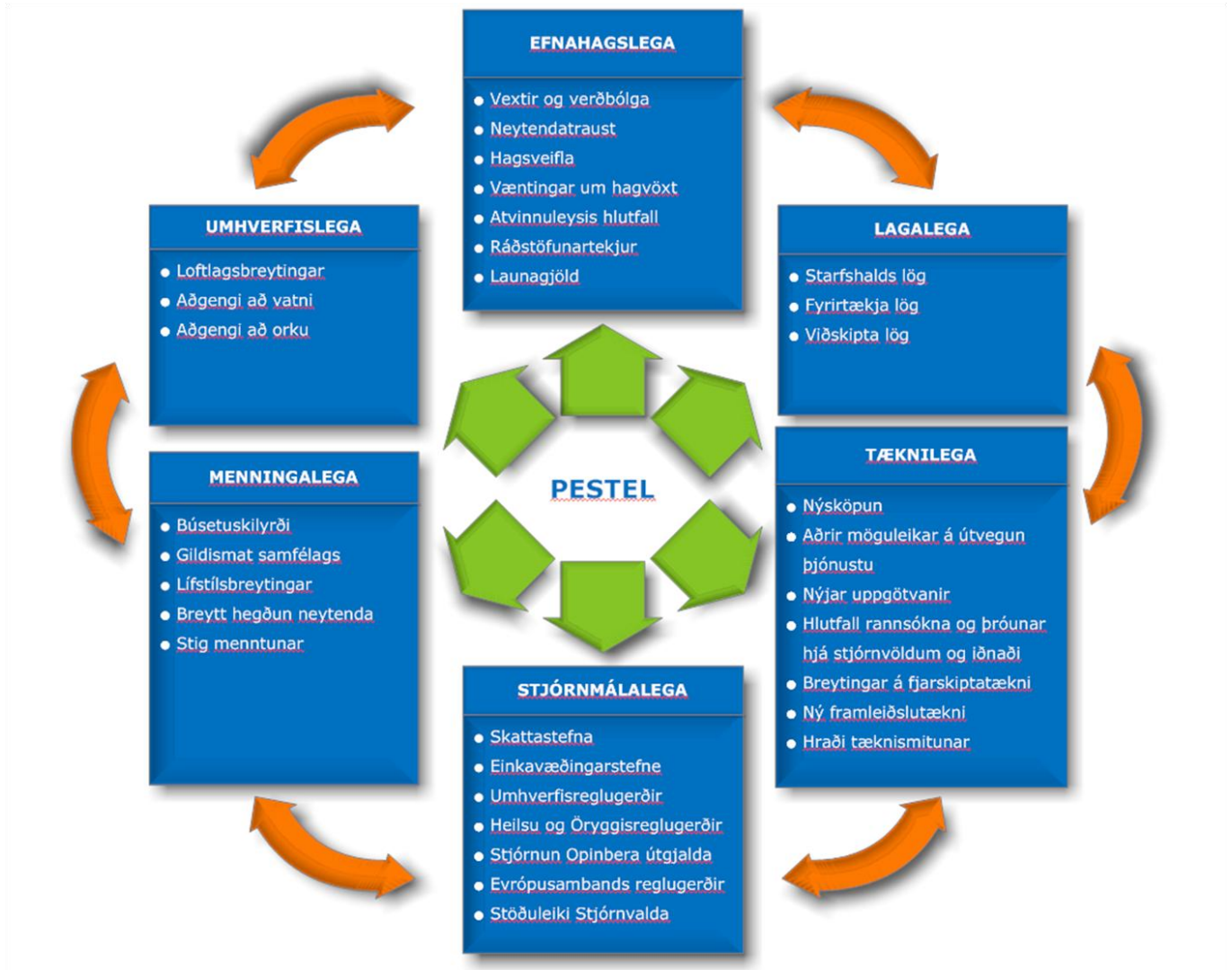
Mynd 8: Fimm Kraftra Líkan Porter's (Boddy, 2008)

gefur þeim stöðu einokunnar, eða fákeppnis. Í þessu samhengi mætti nefna BYKO og Húsasmiðjuna á Íslandi.

Annar þáttur er kaupkraftur viðskiptavina – í eðli sínu eru byggingaverktakar að eiga við aleigur fólks eða þá stærstu einstöku framkvæmd sem kaupandi mun fara í á ævi sinni. Þessi þáttur einn og sér leiðir til þess að kaupandi mun alltaf leita hagstæðustu tilboða. Í flestum tilfellum eru margir í stakk búnir að taka verkið að sér. Þetta leiðir til þess að kaupkraftur hvers einstaks viðskiptavinar er töluverður í hlutfalli við það verk sem á að vinna. Einnig má segja að viðskiptavinir geri sér ekki alltaf grein fyrir hver raunverulegur kostnaður við verkið er, sem leiðir til óraunhæfra væntinga. Þetta leiðir svo til þess að viðskiptavinur beitir þrýstingi til að fá verðið niður í það sem hann telur ásættanlegt og þrýstir þar með talið hagnaði fyrirtækis niður. Aðgengi inn í byggingaiðnaðinn verður að teljast auðvelt þar sem upphafskostnaður er mjög lágur. Þetta leiðir til þess að þegar markaður sveiflast upp þá fjölgar aðilum á markaði mjög hratt. Dreifingaleiðir stórra og smárra aðila er að miklu leiti samskonar þar sem keypt er í gegnum sömu aðila. Þó eru stærri aðilar með betri afsláttakjör en þeir sem minni eru. Þetta leiðir til þess að fyrirtæki sem eru á markaði aðgreina sig með þeirri þekkingu sem þeir hafa upp á að bjóða sem og það vörumerki sem þeir standa fyrir. Eins og áður hefur komið fram að þá eru 96% fyrirtækja með færri en tíu starfsmenn sem leiðir til þess að vörumerkið er oft mjög tengt þeim aðila sem stendur fyrir því. Í eiginlegum skilningi er ekki hægt að segja að það sé um eiginlega ógn af staðgönguvörum, nema hægt sé að flokka tjöld sem staðgönguvöru, en þær aðferðir sem eru notaðar til að fá vöru sem gegnir sama hlutverki eru breytingar í efnisvali, en ekki er um breytingu í eiginlegum skilningi. Reynslan sýnir þó að breytingar gerast hægt í byggingageiranum.

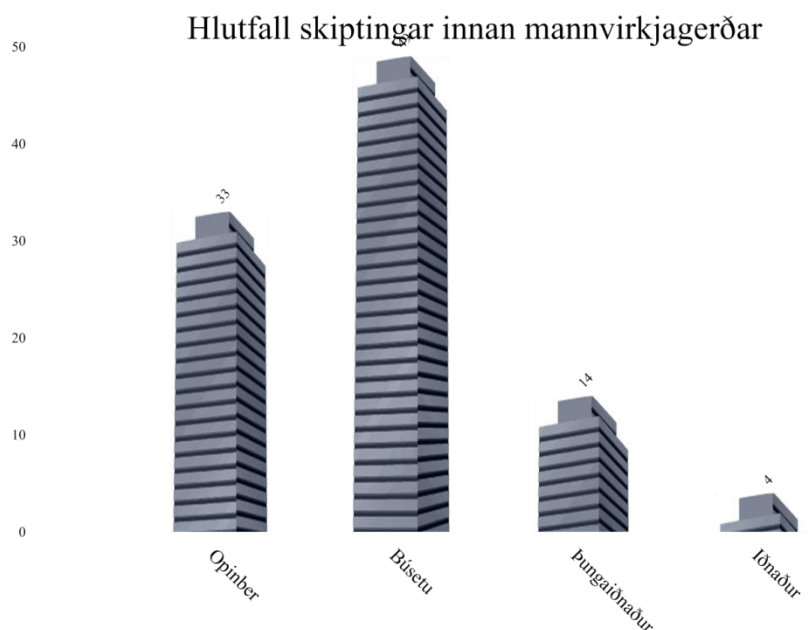
3.2.3 Hefðbundið umhverfi

Greining á hinu hefðbundna umhverfi er einn af þeim þáttum sem mikilvægt er að fyrirtæki geri sér grein fyrir því það er það umhverfi sem fyrirtækið starfar í, lagalega, tæknilega, samfélagslega, efnahagslega, umhverfislega, og stjórnmálalega. Fyrirtæki sem eru að koma inn á nýjan markað þurfa að kynna sér þetta umhverfi gaumgæfulega áður en lagt er af stað. Í því umhverfi sem er í dag er ekki sjaldgæft að



Mynd 9: PESTEL-greining (Boddy, 2008)

sambjöppun verði á mörkuðum, jafnt innan lands sem utan (Levy, 2006). Flestum er kunnugt hvernig mál standa á sínum heimaslóðum en engu að síður getur hjálpað að gera svokallaða PESTEL-greiningu (Boddy, 2008)¹³. Ef mynd nr. 9 er skoðuð má sjá þá þætti sem hafa áhrif á okkar hefðbundna umhverfi. Hægt er að segja að sumir af þessum þáttum hafi ekki mikil áhrif á Íslandi, en með þeim skyndilegu breytingum sem urðu á efnahagskerfi landsins, sem og stjórnmálalegu, má segja að í einni svipan hafi þessir þættir fengið vægi. Eins getur breyting í aldurskúrfu haft áhrif á þarfir neytenda. Einn áhugaverður þáttur er umræðan um loftlagsbreytingar, en það er að hafa veruleg áhrif um þessar mundir á byggingaiðnaðinn og ljóst er að þetta mun verða ofarlega á dagskrá næstu árin. Í Danmörku eru stjórnvöld og sveitafélög leiðandi í að koma breytingum af stað með svokölluðum hlutlausum byggingum, sem ætlunin er að hafi sem minnst áhrif á umhverfi sitt. Þetta er gert með notkunn sólarrafhlaða, sólfangara¹⁴ og einnig er sá gróður sem er fjarlægður við gróft á byggingunni endurlagður á hluta þaksins¹⁵. Á mörgum stöðum er þörf á að draga úr því vatni sem fer í skólpkerfi, vegna of mikils álags, en einnig að draga úr þungmálms mengun í stórborgum og rannsóknir hafa sýnt að með því að leggja græn þök á hús er hægt að draga verulega úr óæskilegum áhrifum röskunar (Manfred Köhler, 2003). Annar þáttur sem er að hafa áhrif á byggingaiðnaðinn eru auknar kröfur um einangrunargildi bygginga og notkunn á umhverfisvænum afurðum. Hægt væri að skoða alla þætti PESTEL-greiningarinnar gaumgæfilega, með hliðsjón af byggingaiðnaðinum en það er ekki beinlínis markmiðið hér. Það er hinsvegar ljóst að alla þessa þætti er hægt að heimfæra á byggingaiðnaðinn til að greina það



Mynd 10: Skipting Mannvirkjagerðar (Jackson, 2004)

umhverfi sem starfað er í og fá betri yfirsýn. Það er hægt að skipta mannvirkjagerð upp í marga mismunandi þætti þar sem fyrirtæki einbeita sér að einum ákveðnum þætti. Megin flokkar byggingaiðnaðarins eru opinber mannvirki, þungaiðnaðar mannvirki, iðnaðarmannvirki og búsetumannvirki (Jackson, 2004). Ef grafið hér að ofan er skoðað má sjá að hlutfall íbúðahúsnæðis er töluvert stór, sé miðað við aðra þætti, en hafa ber í huga á fjármögnun er misjöfn innan þessara geira sem og þekkingin sem í þeim

¹³ Skammstöfun fyrir Political, Economical, Socio-cultural, Technological, Environmental og Legal

¹⁴ Eru lagðir undir loftlagsskermir og fanga þann hita sem myndast á yfirborðinu

¹⁵ Svokölluð Græn þök. Oft eru þau hönnuð sem garður í þakíbúðum eða bara sem hefðbundið þak.

er. Einnig er hægt að skipta þessum liðum meira niður í nýbyggingar, endurbætur og viðhald. Það sem flokkast sem opinberar byggingar eru allar skrifstofubyggingar, verslanir, stjórnsýslubyggingar og viðskiptamiðstöðvar. Allir þeir staðir sem fólk safnast saman falla undir þennan geira og má telja til þess banka, skóla, skrifstofur, hótél, verslunamiðstöðvar, íþróttaleikvangir, tónlista og leiklistahús, háskóla, sjúkrahús og dómshús. Ekki er óalgengt að slík verkefni taki þrjú ár eða meira og krefjast þau töluverðrar þekkingar og sérhæfingar. Mannvirki þar sem um búsetu er að ræða eru líklega einfaldasta form bygginga þar sem ekki er þörf á mikilli sérfræðiaðstoð og oft er hægt að styðjast við staðlað form af teikningum¹⁶. Hægt er að skipta búsetu geiranum upp í framleiðslu húsnæði, þar sem annað hvort er gert heilt hverfi með eins byggingum eða blokkaríbúðir, eða sérhönnuð húsnæði, þar sem byggt er húsnæði með einstök svipbrigði. Þeir sem byggja sérhönnuð húsnæði og minna en 25 húsnæði á ári teljast til áttatíu prósent af markaðinum en framleiða þó aðeins um tuttugu prósent af íbúðunum (Jackson, 2004). Þetta er einnig sá markaður sem auðveldast er að komast inn á og er oft sagt að ef þú átt hamar, sög og gamlan sendiferðabíl þá geturðu gerst verktaki. Þetta er með til að halda verði niðri á þjónustu fyrir búsetumarkaðinn en þrátt fyrir það er framleiðslumarkaður búsetumannvirkja afar ábatasamur en krefst töluverðs fjármagns og þekkingar á markaðsaðstæðum. Verkefni af þessum toga taka oft í kringum sex mánuði, en er þó breytilegt eftir stærð verks og fjölda íbúða sem byggja á. Iðnaðarmannvirki eru hverskonar mannvirki þar sem framleiðsla á sér stað innan skeljarinnar. Þar má segja að skelin sjálf sé ekki aðalatriðið heldur þau tæki og tól sem eru innan hennar. Því er húsnæðið sjálft oft frekar einfalt í byggingu en aðal fókusinn á byggingu þeirra tækja sem til framleiðslunar þarf. Í slíkum húsnæðum er oft mikil þörf á verkfræði þekkingu og ýmsum sérfræðipjónustum – í slíkum byggingum eru oft fengnir utanað komnir aðilar sem hafa sérhæft sig í uppstillingu véla og tækja af því tagi sem þörf er á og ferðast þeir þá á milli landa í þeim erindagjörðum. Til slíkra mannvirkja gætu talist verksmiðjur af ýmsum toga, rafmagnsveitur, vatnsfallsvirkjanir, efnaverksmiðjur, olíuhreinsunarstöðvar og skipasmíðistöðvar. Byggingatími er oft frá fimm til tíu ár. Síðasti flokkurinn er svo þungaiðnaður en til hans telst hverskonar uppbygging á innviði flutningskerfis, s.s. skólplögnum, gatnagerð, flugvellir og brúagerð. Þetta er sá hluti byggingabransans sem verður minnst fyrir áhrifum sveifla í efnahagslífinu og bíður því upp á nokkuð jafnt vaxandi verkefnaflæði. Eins og með iðnaðinn geta verkefni í þessum hluta oft tekið langan tíma og má að mörgu leiti segja að um endalaus verkefni sé að ræða þar sem stöðugt er þörf á endurbættum flutningakerfa landa.

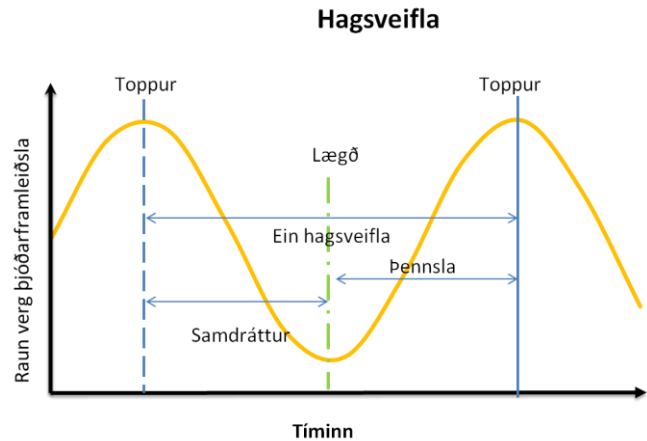
¹⁶ Þó að skilað sé inn teikningum fyrir hvert hús sem byggt er þarf ekki eins ýtarlegar verkfræðiteikningar fyrir einbýlishús eins og þarf fyrir opinberar byggingar.

3.2.4 Ytra umhverfi

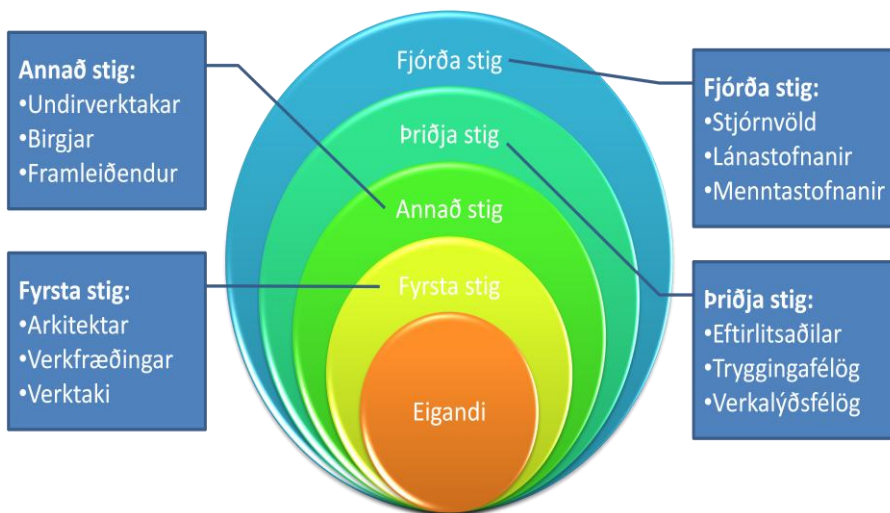
Það er breytilegt eftir iðnuðum hvernir hægt er að túlka ytra umhverfið en sú túlkun byggist að mestu leiti á PESTEL greiningunni. Flestir stjórnendur myndu segja að þeir starfi í flóknu og ört breytanlegu umhverfi en þrátt fyrir það má segja að flækjustig hvers iðnaðar fyrir sig sé mjög mismunandi. Sé byggingaiðnaðurinn skoðaður í samhengi við hagsveiflur má segja að hann sé stöðugt í undirframleiðslu og offramleiðslu¹⁷.

Hægt er að skipta hagsveiflu upp í fjögur stig, en það er þennsla, góðæri, samdráttur og að lokum kreppa¹⁸. Þetta veldur því að þegar markaður fer í uppsveiflu byggist upp þörf fyrir

húsnæði og markaðsverð fer hækkandi sem leiðir svo til þess að veruleg aukning verður á framleiðslu hverskonar húsnæðis, jafnt skrifstofu sem búsetu húsnæðis. Þegar toppi hagsveiflunnar er svo náð er framleiðsla ennþá á leiðinni upp sem veldur því að um offramleiðslu verður að ræða og fer framleiðslan niður fyrir það stig sem raunveruleg þörf eða eftirspurn er á þeim tíma. Þetta leiðir oft til gjaldþrots byggingafyrirtækja þar sem lóðir hafa jafnvel verið keyptar dýru verði þegar markaður var í uppsveiflu en þarf nú að seljast á markaði sem er á niðurleið. Fyrirtæki geta á margan hátt undirbúið sig fyrir hagsveiflur



Mynd 11: Fjögur stig hagsveiflu (Karlsson)



Mynd 12: Stig áhrifa (Jackson, 2004)

með því í fyrsta lagi að átta sig á tilvist þeirra og hvaða áhrif þær hafa á byggingaiðnaðinn.

Þrír aðilar eru beintengdir hverju því verkefni sem er sett í gang – það eru eigendur, hönnuðir og verktaki. Þar fyrir utan er síðan hægt að skipta því niður í hagsmunaaðila

¹⁷ Sér í lagi þegar skoðaður er búsetuiðnaðurinn.

¹⁸ Þó er ekki farið að tala um kreppu fyrr en hagvöxtur er orðin neikvæð stærð og oft er miðað við tvo ársfjórðunga í röð áður en farið er að skilgreina ástand sem "kreppu". (Magnússon, 2003)

Verkefnastjórnun í byggingaiðnaði

framkvæmda, eins og sjá má á mynd númer 12¹⁹. Þar má sjá hvernig áhrifastigið færist út á við í gegnum alla hagsmunaaðila. Hver hagsmunaaðili hefur mismunandi hlutverki að gegna í framkvæmd mannvirkja en allir skipta þeir þó framvindu verksins máli, þó að áhrif þeirra eru mismunandi. Til þess að átt sig betur á hagsmunum hef ég sett það upp í töflu sem sýnir hluta þeirra væntinga sem hagsmunaaðilar hafa til fyrirtækja²⁰. Mikilvægt er að fyrirtæki geri sér grein fyrir hverjir hagsmunaaðilar þeirra eru og átti sig á hver áhrif þeirra eru á fyrirtækið, eða það verkefni sem verið er að fara í. Einn liður í því er að grein hver skoðun þeirra er á verkefninu svo að hægt sé að átta sig á hverjir eru að vinna með þér og hverjir eru á móti. Þegar búið er að átta sig á hver stuðningur við verkið er er hægt að fara að vinna úr hvaða áhrif þeir geta haft á verkið og hver áhugi þeirra á verkinu er.

Hagsmuna aðilar byggingaiðnaðarins	
Eigendur:	Viðskiptavinir:
•Arðgreiðslur	•Samkeppnishæft verð
•Hækkandi virði	•Gæði þjónustu
•Aukin eignamyndun	•Ábyrgð þjónustu
Birgjar:	Starfsmenn:
•Greitt á réttum tíma	•Laun
•Greiðsluhæfi	•Atvinnuöryggi
•Heilindi stjórnenda	•Mikilvægi starfs
•Heiðarlega innkaupastjórar	•Þróunarmöguleikar í starfi
Stjórnvöld:	Lánveitendur:
•Fylgi lögum lands	•Fjárhagslegur styrkur fyrirtækis
•Borgi skatta	•Gæði stjórnunar
•Veiti atvinnu	•Gæði eigna til veðsetningar
•Virðisaukning við notkun opinberra sjóða	•Greiðslugeta vaxta og lána

Mynd 13: Væntingar hagsmunaaðila (Boddy, 2008)

Þessi hluti verkefnastjórnunar má segja að fari að mestu leiti fram áður en verkefnið er orðið að veruleika enda kannast verktakar ekki við að eyða miklum tíma í þetta hluta ferlisins. Þó eru ákveðnir hlutar sem þarf að skýra áður en lengra er haldið. Hvort sem rætt er við fyrirtæki á Íslandi eða í Danmörku að þá eru þessir markaðir ekki það stórir að aðeins sé hægt að einbeita sér að einum hluta markaðsins heldur eru öll fyrirtækin sem rætt var við, að undanskildu einu, með starfsemi í öllum þáttum. Með þessu móti geta þau dregið úr áhættu hvers markaðar fyrir sig og hámarkað ávöxtunina. Eitt af fyrirtækjunum sem var rætt við hefur einbeitt sér að byggingu iðnaðarhúsnaðis²¹, með framleiðslu í huga og voru þeir eitt af því

¹⁹ (Jackson, 2004)

²⁰ (Boddy, 2008) tafla á bls. 105

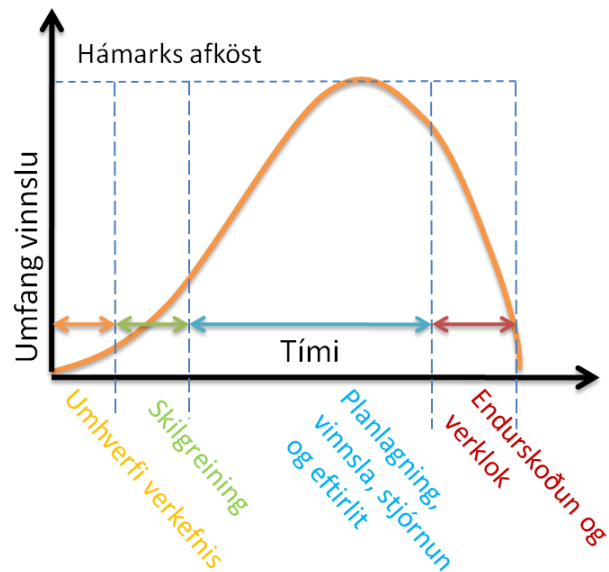
²¹ (Hansen, 2009)

fyrirtækjum sem varð verst fyrir barðinu þegar kreppan varð að veruleika. Ein af ástæðum þess að þessi markaður varð verst úti var sá að Danska krónan er bundin við evru sem hefur gefið Danmörku stöðugleika lengi framan af í fjármálakreppunni. Einn af ókostunum er auðvitað að fyrir vikið verður dýrar að kaupa vörur til innflutnings sem leiðir til þess að samkeppnisstaða veikist verulega. Þetta kom sem verulegt högg á framleiðslumarkaðinn og allar þær framkvæmdir, til stækkunar eða nýrra húsakosta var skotið á frest. Þetta leiddi svo til þess að fyrirtæki sem höfðu tekið verkin að sér sátu að mörgu leiti verkefnalaus, eða verkefna lítil.

3.3 Skilgreining verkefnis

“Attempts to get answers early in a project fail as there are many more wrong questions than right ones. Activity during the early stages should be dedicated to finding the correct questions. Once the correct questions have been identified correct answers will naturally fall out of subsequent work without grief or excitement and there will be understanding of what the project is meant to achieve.” (Hoggarth's Law)²²

Áður en hægt er að hefja verkefni er mikilvægt að átta sig á hver þörfin er og hvers vegna er farið í verkefnið. Það er að segja, í upphafi skal endinn skoða. Þessi verkhluti hvílir að mestu leiti á eiganda verkefnis og hönnuðum í byggingaiðnaði. Því má segja að verktaki hefur ennþá ekki komið að verkinu og eiginleg verkefnastjórnun af hans hálfu því ekki hafin. Að öllu jöfnu hefur verktaki um tvær vikur til þess að öðlast skilning á verkefni, skilgreina það og skipuleggja²³ - og verkið er oft þegar komið undir tímapressu vegna þess að það hefur legið of lengi á hönnunarstigi. Þegar hér er komið er ljóst að hefja eigi byggingu mannvirkis og hefur þörfin á því verið skilgreind út frá umhverfis þáttunum. Nú



Mynd 14: Líftími verkefnis (Meredith, 2009)

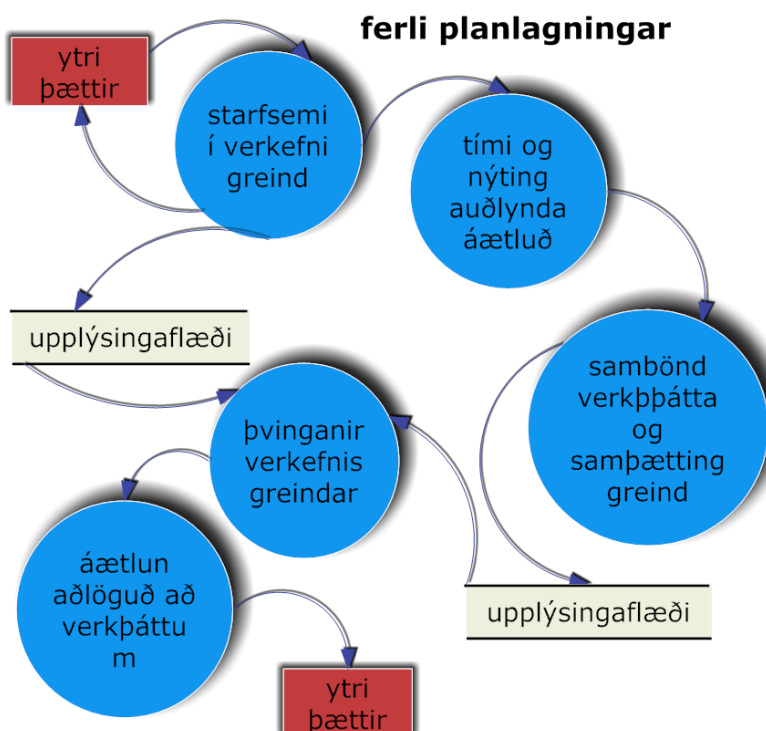
þarf því að finna út hvert framlagið í verkið á að vera í formi fjármagns, mannafla og tækja, þess tíma sem verkið má taka og hver niðurstaða verksins á að vera – hér fer því fram greining á verkefna þríhyrninginum²⁴

²² (Roberts)

²³ (Kurtis, 2009)

²⁴ Sjá inngangur að verkefnastjórnun.

og út frá því er hægt að meta eiginleg gæði verksins. Yfirleitt eru verkefni metin út frá þeirri þörf sem krafist er að þau uppfylli og svo út frá því er gerð kostnaðaráætlun. Þessi nálgun er þó misjöfn eftir þeim markaði sem verið er að vinna í. Þannig má segja að töluverður hluti búsetu mannvirkja sé það sem kalla má spákaupmennsku og þar er stjórnun á hönnunar fasa í lágmarki²⁵. Iðnaðar og þungaiðnaðar sem og opinber mannvirki eru oft betur skipulögð verk sem koma vegna ákveðins uppsafnaðs skorts. Þetta getur verið vegna þess að fyrirtæki þurfi að auka framleiðslugetu vegna breytilegra þátta eða þá gatnagerð vegna aukinnar umferðar og virkjunarframkvæmdir vegna aukinnar straumnotkunnar. Þetta eru allt verkefni sem hafa langt hönnunarferli þar sem verktakar koma oft ekki að fyrr en mörgum árum síðar. Við framkvæmdir búsetu mannvirkja eru það oft verktakar sjálfir sem standa að framkvæmdum frá upphafi til enda og eru því í þeim tilfellum með í öllum skrefum verkefnastjórnunarinnar. Þeir sem eru í þessum geira byggingaiðnaðarins eru oft ekki í neinu öðru og því ekki endilega um eiginlega verktaka að ræða, þar sem þeir eru oft í lóðakaupum sem þeir ráða síðan verktaka til að byggja á og selja síðan fullbúna afurð. Skilgreining verkefnis fer að mestu fram sem hönnun mannvirkis og það er hér sem kostnaður og tímanotkunn við framkvæmdir hefst. Það sem hafa þarf í huga á þessu stigi er að árlegur kostnaður við mannvirki er metið og líftími mannvirkis er borinn saman við kostnað af viðhaldi og upphafs fjárfestingu. Mannvirki hafa mismunandi eiginleika og því eru ekki alltaf sömu þættir sem hægt er að bera saman og enn



Mynd 15: Stig skipulagningar ferilsins (Nigel Slack, 2007)

síður er alltaf hægt að virðisgreina fegurð byggingar. Í flestum tilfellum er reynt að gera mannvirki þannig að það rúmi þá þætti sem óskað er eftir innan kostnaðaráætlunnar – því er reynt að átta sig á hvað það er sem skiptir máli og hvað er hægt að skera í burtu án þess að virði eða notkunar möguleikar séu skertir. Eftir að búið er að vinna kostnaðargreiningu og tímaáætlun er hægt að fara að skoða hver endanlegur kostnaður verkefnis er og hvernig það samræmist fjárfestinga þörf viðskiptavinarins sem og þær áhættur sem fjárfestingin

²⁵ (S. Keoki Sears, 2008)

hefur í för með sér.

Skilgreining verksins hefur í för með sér að eigandi framkvæmdar þarf að velja úr þeim leiðum sem hægt er að fara við byggingu mannvirkis, sem og þeim leiðum sem eru mögulegar við fjármögnun. Slíkt fer að mörgu leiti eftir stærð framkvæmda og eðli þeirra (Levy, 2006). Það er hægt að skipta þessu skilgreiningaferli í tvo þætti – sá hluti sem á sér stað á hönnunarstigi byggingar og sá hluti sem á sér stað við útboð. Eigandinn þarf s.s. að skilgreina þær þarfir sem mannvirki þarf að uppfylla fyrir hann og síðan þarf verktakinn að skilgreina verkið svo að skipulagning verksins geti átt sér stað. Þegar heildarframkvæmdin er skoðuð er mikilvægt að hafa í huga að sjálfur byggingakostnaðurinn er aðeins lítill hluti af kostnaði byggingarinnar þegar líftími hennar er skoðaður. Því skiptir meginmáli að notkunargildi hennar sé hámarkað, innan þeirra fjárhagsmarka sem líftími hennar segir til um (Chris Hendrickson, 2008). Þetta er sá þáttur sem þarf að skoða í upphafi hverrar framkvæmdar og kemur það í hlut eigenda og hönnuða í upphafi að meta hvort fjárfesting borgi sig með þeim kostnaði sem er áætlaður við mannvirkið. Sá hluti sem svo má segja að falli í hendur verktaka er að meta eiginlegan kostnað við að reisa mannvirki og skila því í hendur eigenda á þann hátt sem óskað var eftir. Eins og áður var sagt fer skilgreining á verkinu fram bæði á hönnunar stiginu sem og á framkvæmda stiginu. Fyrir verktakan á það sér stað þegar verkið er komið í útboð eða haft hefur verið samband við hann vegna verksins og flestir þættir hönnunar er nú lokið eða á lokastigi.

3.4 Skipulagning verkefnis

"I love deadlines. I love the whooshing noise they make as they go by." (Douglas Adams)

Þeir verktakar sem ég hef rætt við telja að oft sé áætlaður of skammur tími til skipulagningar verkefnis þar sem allt sem gert sé þar hafi áhrif á alla framvindu verks og einnig séu teikningar oft ekki tilbúnar á þeim tíma eða séu gallaðar (Kurtis, 2009). Slíkir gallar koma oft ekki í ljós fyrr en framkvæmd er hafin þar sem mismunandi fagaðilar eru að vinna út frá mismunandi teikningum. Hér koma því gallar fram sem áttu að leysast í skipulagningu verkefnis á hönnunarstigi en kemur fram á framkvæmdastigi verkefnis hjá verktaka. Byggingaframkvæmdir eru mannaflafrekar þar sem margir mismunandi fagaðilar koma að, jafnt á hönnunar- sem og framkvæmdarstigi. Hér verður því gríðar mikilvægt að öllum sé ljóst hvert hlutverk þeirra er sem og sá tími sem því þarf að vera lokið á. Til eru ýmis verkfæri sem hægt er að nota við stýringu verkefna en segja má að fyrirtæki séu misjafnlega góð í að nýta sér þau. Þau fyrirtæki sem rætt var við nota flest eitthvert form af bundinni leið (e.Critical Path Model) en ekki var öllum hugtakið tamt. Einn af þeim þáttum sem kom því fram við rannsókn mína var skortur á þekkingu hugtaka verkefnastjórnunar því þegar farið var að ræða um hvað ýmis hugtök þýddu eða stóðu fyrir könnuðust flestir við einhver af þeim, eða

innihald hugtaks. Allir vildu þó meina að svo væri ekki algilt og hafa ber í huga að rætt var við aðila sem stóðu fyrir gæðastjórnun innan fyrirtækjanna. Bendir því ýmislegt til að kanna þyrfti betur notkunn faglegra hugtaka innan byggingaiðnaðarins, jafnt á Íslandi sem og í Danmörku. Rannsóknarstofnun iðnaðarins í Danmörku (Teknologisk Institut) hefur á undanförunum árum unnið að greiningu á þáttum byggingaframkvæmda og hafa skipt því upp í fjóra fasa – ferlahönnun, byggingahönnun, framkvæmd og skil á byggingu. Innan hvers þáttar eru svo ýmsir þættir til þess að auka skilvirkni framkvæmda og þeirrar hönnunar sem þörf er á. Hugmyndin er að með því að fá alla aðila til að leggja sitt af mörkum við hönnun er hægt að sníða burtu vankanta sem annars kunna að koma upp vegna skorts á samskiptum. Talið er að á meðan byggingaframkvæmdum stendur tapist átta prósent af verðmæti framkvæmda sem megi rekja til skorts á samskiptum (Teknologisk Institut, 2007). Slíkt kemur fram sem lægri hagnaður framkvæmdaaðila og aukins vinnuframlags. Því er ekki skrítið hagnaður verktaka reynist svo lágur sem raun ber vitni þegar heildar soun við byggingaframkvæmdir getur legið hátt í 30 prósentum (Kurtis, 2009). Þrátt fyrir að hægt sé að gera margt til að draga úr soun á verktíma er ljóst að vegna eðlis byggingaframkvæmda er aldrei alveg hægt að koma í veg fyrir að tími og verðmæti séu ekki nýtt að fullnustu. Hægt er að skipta skipulagningu verkefnis í fjóra þætti:

- Framkvæmdaáætlun
- Fjárhags- og kostnaðaráætlun
- Tímaáætlun
- Útdeiling auðlinda, í formi mannauðs og tækja.

Ef vísað er til myndar 16 má sjá að sé verkinu skipt upp í hönnunar stig og framkvæmda stig fer þessi vinna fram á báðum stigum. Ef við einbeitum okkur að því sem snýr að verktakanum þá fer hluti skipulagningin fram í útboðs fasanum þar sem vertaki er í raun ekki búinn að taka að sér verkefnið og því má segja að þessi vinna feli í sér ósk eða vilja til að taka það að sér – einskonar viljayfirlýsing. Seinni hluti skipulagningar fer fram við undirskrift samnings þar sem verktaka gefst tækifæri til að leggja fram sína framkvæmdaráætlun og gera athugasemd við kostnaðaráætlun og tímaáætlun. Það er í þessum hluta sem gæðaeftirlit er sett af stað og er mikilvægt að innleiða það inn í alla þætti verksins til þess að komast hjá endurvinnslu. Því fyrr sem gallar koma í ljós því auðveldara er að leiðrétta þá með minni kostnaði. Ég lít á það sem hluta af verkefnastjórnun að koma gæðastjórnun á í því sjónarmiði að draga úr þeim tíma sem fer til spillis í að endurvinna verkþætti, laga og draga úr hættu á slysum á vinnustað.

3.4.1 Framkvæmdaáætlun

Framkvæmdaáætlun snýst fyrst og fremst um að greina þá verkþætti sem eru í verkefninu. Þegar ljóst er hvaða þætti þarf að tvinna saman er þeim raðað eftir þeirri röð sem þeir þurfa að vinnast í til þess að móta hvað kemur til með að stjórna framgöngu verksins, hinni bundnu leið. Þeir verkþættir sem ekki hafa bein áhrif á framgang verks eru einnig settir inn þar sem þeir passa. Til þess að komast á næsta skref í áætluninni er mikilvægt að samræma alla verkþætti til þess að full yfirsýn yfir verkið myndist.

3.4.2 Fjárhags- og kostnaðaráætlun

Fjárhags- og kostnaðaráætlun á sér stað á skipulagningarstigi bæði fyrir hönnuði og verktaka. Fyrir hönnuði og ráðgjafa eigenda setur það ramman utan um verkið ef þetta er hinn bindandi þáttur verksins – þ.e.a.s. stakkur sé sniðinn eftir vexti. Oft á tíðum er þetta hins vegar ekki ráðandi þáttur í verkframkvæmdum heldur þeir þættir sem eiga að vera innan rammans. Fyrir verktaka er oft takmarkaður tími sem gefst til að gera þessa áætlun og í samræðum sem ég hef átt við aðila innan verktakageirans mætti oft nota meiri tíma í þennan þátt – þau mistök sem gerð eru hér koma oft ekki í ljós fyrr en í lok verks.

3.4.3 Tímaáætlun

Tímaáætlun er í raun unnin út frá framkvæmdaáætlun. Þó er hún ekki í öllum tilvikum raunhæf. Verk eru oft bundin af afhendingadegi því getur orðið þörf á að þjappa verkefni saman, eða það sem kallað er „crashing the project“ á ensku. (Meredith, 2009). Slíkt er mjög algengt þegar um er að ræða afhendingu á skólabyggingum og annað slíkt. Það má í sjálfu sér líkja því við að gera níu konur óléttar til þess að ná fram fæðingu á einum mánuði (Douglas Adams). Kostnaður við það getur verið verulegur og ekki er óalgengt að endurbótakostnaður verði til vegna þess að langir vinnudagar eða aukning vinnuafls leiðir til fleiri mistaka (Kurtis, 2009). Hins vegar eru skiladagar yfirleitt bundnir inn í samninginn og því væri um rof á samningi að ræða sé ekki skilað á umsömdum tíma sem leiðir til fjársektar (S. Keoki Sears, 2008). Sá kostnaður sem verktaki verður fyrir er oft ásættanlegur miðað við fjársektir sem hann annars þyrfti að greiða og gerir hann jafnvel ráð fyrir að þurfa gera úrbætur, en slíkt fellur yfirleitt fyrir utan tímaáætlunar eða gefinn er upp ný tímaáætlun fyrir úrbætur. Einn helsti gallinn við notkun bundinnar leiðar er að hverjum verkþætti sé í raun gefinn of skammur tími sem leiðir til þess að verkið verður undir tímapressu frá upphafi og gallar verða til vegna þess að hafin er vinnsla á verkþáttum áður en undanfarinn er að fullu tilbúinn. Þetta er að hluta til vegna þess að bundin leið sýnir ekki þá þætti sem ekki bæta við verðmæti framleiðslunnar, eins og biðtíma, geymslu á vörum, tilflutning efnis og eftirlits (Koskela, Application of the new production philosophy to construction, 1992).

3.4.4 Útdeiling auðlinda

Útdeiling auðlinda snýr að mestu leiti um hverjir eiga vera hvar, á hvaða tíma og með hvaða verkfæri í byggingaframkvæmdum. Oft koma margir verktakar að mannvirkjagerð svo mikilvægt er að það efni sem á að notast við á hverjum tíma sé á verkstað þar sem vinnslan fer fram. Hluti af áætlunargerð snýr að því hver á að vera hvar og hvenær og skiptir því gríðarlegu máli að þessir þættir séu vel unnir í upphafi áætlunar.

3.4.5 Gæðastjórnun

Í mannvirkjagerð eru gæði skilgreind þannig að hafi verki verið skilað á þann hátt, eða betri, sem farið var fram á í útboðsgögnum sé um gæði að ræða (Jackson, 2004). Þó er hægt að segja að margar tegundir gæða séu innan byggingageirans og það sem skiptir mestu máli í því samhengi eru megin markmið áætlanagerðar – það er að koma í veg fyrir að vinna þurfi hlutina aftur með því að gera þá rétt í fyrsta skipti, koma í veg fyrir slys og skaða á byggingahlutum og að vinna að því að stöðugt bæta vinnsluferlana. Gæðaeftirlit gerist ekki af sjálfu sér og því er mikilvægt að innleiða það inn í alla þætti skipulagsins og verkefnastjórnunar. Ef tekin er hliðsjón af eðli mannvirkjagerðar þá er margt frábrugðið hefðbundinni framleiðslu og gæðastjórnun þar. Fyrir það fyrsta þá eru mannvirki unnin á misjöfnum svæðum þar sem aðstæður eru mismunandi. Oft á tíðum er ekki ljóst í upphafi hvað liggur undir yfirborðinu fyrr en verk er hafið og gröftur og undirstöður geta því verið annars eðlis en gert var ráð fyrir í upphafi. Eitt gott dæmi um það var þegar hafist var handa með Petronas Twin Tower, í Kuala Lumpur. Framkvæmdin átti að eiga sér stað yfir kalksteins undirlagi þar sem misjafnlega djúpt var niður á fast. Þegar boranir hófust kom í ljós að mikil munur var á hversu djúpt var niður á fast undirlag og nam dýptin 20 metrum þar sem styðst var og upp í 200 metra. Slíkur munur á undirlagi hefði þýtt spennu í byggingunni sem hefði getað haft ófyrirsjáanlegar afleiðingar í för með sér. Því var eini kosturinn í stöðunni að flytja bygginguna og vegna óvissu um styrkleika kalksteinsundirlagsins var valið að færa staðsetningu byggingar um 60 metra þar sem dýpst var á undirlag. Grafið var 20 metra niður fyrir það sem sökkullinn hefst og komið fyrir 4,5 metra þykkum samþjöppuðum púða af stöðugu undirlagi (Hamdan). Annar þáttur eru veðurskilyrði sem erfitt getur verið að hafa stjórn á. Þegar byggt er á norðlægum slóðum getur veður breyst fljótt og komið geta tímabil þar sem illmögulegt er að koma nokkru í verk. Ef það blæs of mikið getur komið upp sú staða að krani verður óstarfhæfur, sem leiðir svo til þess að ekki er hægt að koma efni á verkstað eða stilla upp mótum fyrir steypu. Slíka hlut er ekki hægt að setja inn í áætlun en það leiðir augljóslega til sóunar á vinnustað sem ekki er hægt að koma í veg fyrir. Annar þáttur er að hvert mannvirki er í eðli sínu frumeintak þar sem aldrei hefur annað nákvæmlega eins mannvirki verið reist á sama stað, við sömu skilyrði, af sama fólki. Þrátt fyrir að samskonar byggingar hafi hugsanlega verið reistar af svipuðu fólki, við svipuð veðurskilyrði er það þó ekki sama verk. Hvert verksvæði er einstakt þegar horft er landslags, aðgengi og öryggisþátta. (Jackson, 2004). Margt af því efni sem notast er við til

Verkefnastjórnun í byggingaiðnaði

framkvæmda er sérhannað á staðnum fyrir þær einstöku aðstæður sem þar eru svo ekki er hægt að leita í gæðahandbók eða treysta á þann stöðuleika sem hægt væri að vænta frá staðlaðri framleiðslu. Einn annar þáttur sem hefur áhrif á og flækir stjórnun gæðamála á verkstað eru breytileg samblanda fólks á vinnusvæði með sérhæfingu á ákveðnum þáttum. Starfsmenn koma og fara og getur þetta valdið misskilningi sem og mistökum vegna skorts á þekkingu á verksviði annarra. Slys hafa gerst og gerast vegna þess samskipti hafa ekki verið nægjanlega góð á milli fagaðilla eða miskilnings um hver bæri ábyrgð á tryggingu verksvæðis, eða jafnvel að einhver hefji störf á verksvæði sem ekki var tilbúið en leit út fyrir að vera það.

Einn af meginþáttum gæðastjórnunar er fókusinn á viðskiptavininn (John Oakland, 2004). Innan byggingaiðnaðarins er þetta að hluta til rétt því gæði endurspeglast í fyrirtækinu en gæðastjórnun hefst þegar í hönnunarferlinu (Levy, 2006). Annar þáttur gæða snýr þó að rekstri fyrirtækja þar sem skortur á gæðum kemur fram í endurvinnslu verkþátta, rusli á verkstað, sóun í formi vannýtingu efnisauðlinda sem og mannauðs, töpuðum viðskiptavinum og skorti á hagnaði. Fyrirtæki sem ekki horfa til gæðastjórnunar í rekstri sínum verða af miklum tækifærum og hafa á hættu að lognast út af vegna málaferla og skorts á verkefnum. Innan gæðastjórnunar eru ýmis verkfæri sem hægt er að nýta til að auðvelda bæði skilgreiningu gæða sem og innleiðingu gæðastjórnunar inn í fyrirtæki. Skilgreining á gæðum skiptir miklu máli við innleiðingu gæðastjórnunar í fyrirtæki því ef það tekst að koma á sama skilningi um hugtakið er öllum ljós sú stefna sem fyrirtækið hefur í gæðamálum (Sigurðardóttir, 2008). Mannvirkjagerð er ekki iðnaður fullkomnnunar heldur snýst það um að halda hlutunum innan ákveðins ramma og halda göllum í lágmarki. Byggingagerð snýst að miklu leiti um notkunn á náttúrulegu efni sem hefur mismunandi einkenni og eiginleika. Það er ekki hægt að biðja tré um að hafa enga kvisti og það er heldur ekki hægt að fella öll tréin í skóginum til að finna þau sem eru án kvista. Þá mætti bæta við að starfsfólkið sem vinnur verkin er heldur ekki fullkomið og mistök gerast á verkstað og því er mikilvægt að verkefnastjóri fókuseri á þrjú megin markmið við framkvæmdir og skipulagningu (Jackson, 2004):

- Gera hlutina rétt í fyrsta skipti
- Koma í veg fyrir að hlutir fari úrskeiðis
- Stöðugar umbætur í vinnsluferlum

Með innleiðingu gæðastjórnunar er hægt að draga úr óþarfa kostnaði sem verður til á verkstað og draga úr þeim kostnaði sem verður til vegna skorts á gæðum. Hoffmann A/S í Danmörku hefur notast við ákveðið form gæða- og verkefnastjórnunar, sem komið verður inn á betur síðar, síðustu þrjú ár og hafa þeir mælt árangurinn sem af því hefur hlotist. Við framkvæmdir í Danmörku bera fyrirtæki ábyrgð á því efni sem notað hefur verið fimm ár eftir að verk hefur verið afhent. Það fer fram athugun á því hvort allt er eins og það á að vera einu ári eftir afhendingu og svo fimm árum síðar. Þeir þættir sem teljast gallaðir við þessar

skoðanir verða fyrirtæki að endurvinnna svo að þeir haldi þeim eiginleikum sem til var ætlast í upphafi. Hoffmann hefur haft sjóð til þessara framkvæmda sem þeir hafa stillt út frá uppsafnaðri reynslu fyrri verka. Eftir að farið var að vinna með nýju verkefnastjórnunarkerfi hefur endurbótasjóður þeirra vaxið verulega sem bendir til þess að hlutfall endurbóta hafi dregist töluvert saman (Kurtis, 2009).

3.4.6 Altæk Gæðastjórnun (e.TQM)

Altæk gæðastjórnun snýst um að draga úr göllum, koma í veg fyrir mistök og koma á stöðugum umbótum. Altæk gæðastjórnun snýst um allt frá hvernig verkefni eru skipulögð, stjórnun skjala innan fyrirtækis, s.s. reikningshalds og breytingar á verkefni, greining á vandamálum áður en þau verða að veruleika og þjálfun starfsfólks (S. Keoki Sears, 2008). Stór þáttur í altækri gæðastjórnun snýr að meðhöndlun skjalaupplýsinga og að gæta þess að skipulag sé í lagi.

3.4.7 ISO 9001

Iso er dregið frá gríska orðinu „isos“ sem þýðir jafn, eða staðlaður. Samtökin eru staðsett í Sviss og voru stofnuð 1946. Þau bera nafnið ISO (e.International Standards Organization) en það er ekki þaðan sem nafn staðalsins er þó dregið. ISO 9001 snýr að grunn gæðastjórnunar lögmálum (Levy, 2006). Til þeirra má telja:

- Ábyrgð í stjórnun
- Gæðastjórnununar reglur
- Innri endurskoðun
- Endurskoðun samninga
- Hönnunar eftirlit
- Innkaupastjórnun
- Ferlastjórnun
- Vörugreining og rekjanleiki
- Eftirlit og könnun
- Endurbótastarf
- Meðhöndlun, geymsla, pökkun og afhending
- Þjónusta eftir kaup á vöru
- Meðhöndlun skjala
- Gæðaskráning
- Þjálfun starfsfólks

Mörg byggingafyrirtæki hafa farið af stað í innleiðingu staðalsins en oft gefist upp á leiðinni (Sigurðardóttir, 2008). Eitt af þeim fyrirtækjum sem hefur innleitt staðalinn og telur það hafa komið sér vel er Íslenskir Aðal

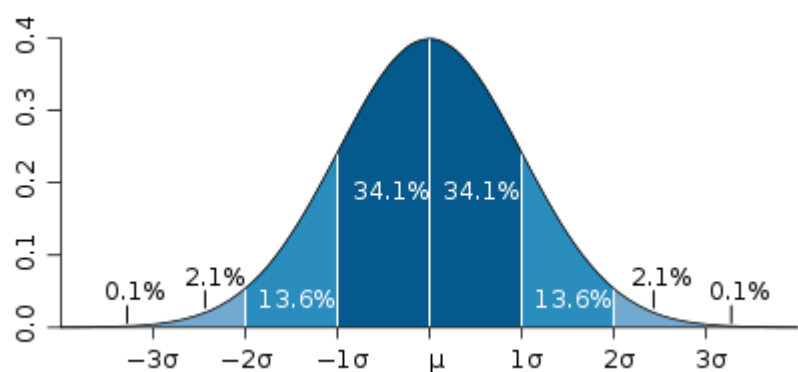
Verktakar (ÍAV). Handbókin sem þróuð var út frá því er notuð bæði í verkefnastjórnuninni og í gæðastjórnuninni en erfiðlega getur þó gengið að koma innihaldinu út til einstakra verkefnastjórnenda (Bjarnason, 2009). Einn af mikilvægustu þáttum innleiðingar gæðastjórnunar er því vilji æðstu stjórnenda til að taka þátt í vinnuni og leiða innleiðingarstarfið (John S. Oakland, 2006). Gæðastjórnun hættir til að lokast inni í „gæðastjórnunardeild“ þar sem starf gæðastjórnans einangrast og erfiðlega reynist að koma boðskapnum út séu stjórnendur ekki leiðandi afl í breytingastarfinu, sem leiðir síðan til að það mistekst (Sigurðardóttir, 2008).

3.4.8 Benchmarking

Benchmarking er aðferð þar sem fyrirtæki leitar leiða við að finna bestu mögulegu aðferð við að ná fram sem bestum árangri. Þetta felur í sér að skoða verkefni sem hafa gengið vel og greina hvaða þættir hafi verið þar sem ekki voru annarstaðar. Með því að einangra þá þætti sem hafa leitt til betri árangurs er hægt að ná fram hagkvæmari rekstri og auka samkeppnishæfni (Levy, 2006). Þetta getur verið verkefni þar sem vegna anna var valið að fá utanaðkomandi aðila til að leysa ákveðinn verkþátt og varð til þess að aukinn hagræðing náðist vegna þessa, þar sem endurvinnsla verkþátta drógst saman. Ef í ljós kemur að það er betra fyrir fyrirtækið að úthýsa ákveðna verkþætti er hægt að gera það að staðlaðri aðferð fyrirtækisins í starfi. Með því að finna alla þá þætti sem auka samkeppnishæfni fyrirtækis og „Benchmarka“ þá fæst aukinn hagræðing sem leiðir til aukinnar samkeppnishæfni og endanlega til ánægðra viðskiptavina. Hægt er að skipta Benchmarking í innri þætti og ytri, þar sem innri aðferðin snýr að því að bæta verkferla og viðskiptahætti en sú ytri í að bera sig saman við samkeppnisfyrirtæki og sjá hvernig fyrirtækið er í samanburði (Levy, 2006).

3.4.9 Six Sigma

Six Sigma má upphaflega rekja til Motorola þar sem leitast var við að auka gæði framleiðslu og draga úr göllum (Levy, 2006). Í grundvallaratriðum má segja að sex sigma vísi í normaldreifingu í tölfræði þar sem hægt er að skipta dreifingunni upp í sex stig. Innan fyrsta stigs er staðalfrávikíð ca. 32 %, og svo minnkar staðalfrávikíð eftir því sem utar er farið. Til þess að ná sex sigma þarf því að ná framleiðslu sem hefur færri en 3.4 gölluð eintök á hver milljón framleidd. Ekki er það fullkomnlega í samræmi við tölfræðikenningar en



Mynd 16: Normaldreifing framleiðslu með staðalfrávikum (Wikipedia, 2010)

engu að síður er það markmiðið með stjórnunarkerfinu. Til þess að ná Six Sigma þarf því að halda staðalfrávikinu innan þess ramma. Án þess að hafa gert á því sérstakar rannsóknir er ekki hægt að gera ráð fyrir sömu nákvæmni innan byggingaiðnaðarins þar sem oftast sé um sérútbúnað lausnir að ræða, sem ekki er hægt að setja í staðlaða framleiðslu og sjaldan framleidd í milljón eintökum. Þó er það ekki það sem skiptir máli heldur hugmyndafræðin á bakvið. Markmiðið er að bæta ferla og fjarlægja þá sem valda göllum með notkun til þess gerðra stjórnunarverkfæra og er umbótaferlið þekkt undir skammstöfuninni DMAIC (sem stendur fyrir Define, Measure, Analyze, Improve og Control) og hægt er að skipta því upp á eftirfarandi hátt:

- **Define** – skilgreining markmiðanna
- **Measure** – mæling á núverandi kerfi til þess að hægt sé að skilgreina hver framgangur breytinga í átt að því sem talið er ásættanlegt
- **Analyze** – greining á kerfinu til þess að hægt sé að ná þeim markmiðum sem óskað er eftir
- **Improve** – umbætur á núverandi kerfi
- **Control** – stjórnun á nýja kerfinu til þess að hægt sé að viðhalda þeim umbótum sem náðst hafa fram

Gæðastjórnun felur að miklu leiti í sér breytingu á hugafari og viðurkenningu þess að hægt sé að gera hlutina betur. Ef samstarfsmenn eða fyrirtæki er ekki opið fyrir að hægt sé að gera umbætur á kerfinu er í raun verið að koma í veg fyrir að hægt sé að gera betur – hætt er við að slík hugsun leiðir til stöðnunar. Þó að ekki sé mögulegt að ná ástandi fullkomnunar í mannvirkjagerð er ekkert sem segir að ekki sé hægt að stefna að fullkomnun.

3.5 Framkvæmd verkefnis

“The major difference between a thing that might go wrong and a thing that cannot possibly go wrong is that when a thing that cannot possibly go wrong goes wrong it usually turns out to be impossible to get at or repair.” (Douglas Adams, Mostly Harmless)

Til þess að hægt sé að hefja verkframkvæmd er mikilvægt að skipulagningu sé að fullu lokið, öll útboðsgögn séu vel yfirfarin, öll tilskilin leyfi liggi fyrir og samningar undirritaðir. Annar þáttur sem vert er að hafa í huga er að ekkert fer eins og það var skipulagt, í það minnsta ekki af sjálfu sér. Murphy's law²⁶ á hvergi eins vel við og í byggingaiðnaðinum og það er alltaf eitthvað sem ekki er eins og það á að vera. Þegar framkvæmd verks hefst tekur leiðtogaþáttur verkefnastjóra við. Oft er verið með marga undirverktaka sem sjá um

²⁶ Gamansöm lögmál tengd við raunveruleika og fjalla hluti sem geta farið úrskeiðis og það lögmál að allt sem getur farið úrskeiðis geri það. Hefur einnig verið aðlagð að verkefnastjórnun með sama inntaki.

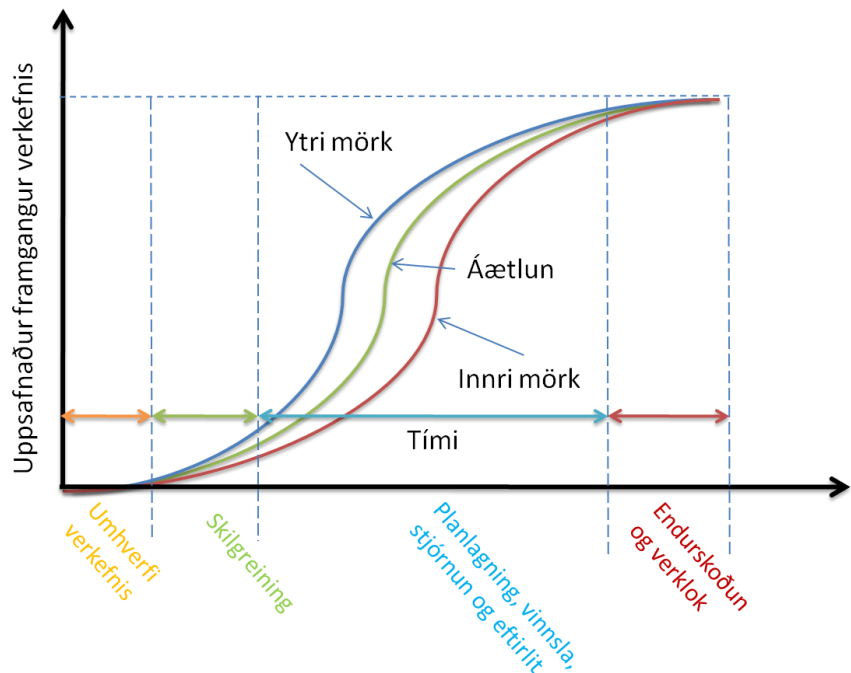
mismunandi þætti verks og þarf að gæta þess að starf þeirra sé samhæft með annari starfsemi sem á sér stað á verkstað. Það er hér sem hlutirnir gerast í raunveruleikanum og því er mikilvægt að stjórnendur geri sér grein fyrir hlutverki sínu í verkefninu. Í upphafi verks eru margir þættir sem geta farið úrskeiðis og það er oft hér sem tafir í verklok verða til. Til þess að koma í veg fyrir að slíkt gerist þarf að hefja það sem kallað er skipulagningar-eftirlits og stjórnunar hringurinn. Mismunandi aðferðir hafa verið þróaðar til þess að stjórna verklegum framkvæmdum en allar leggja þær áherslu á að skipulagning verksins haldi áfram í gegnum alla framkvæmdina. Ef verkferillinn er skoðaður kæmi í ljós að hann hreifðist ekki í beinni línu því stöðugt þarf að gera umbætur og aðlögun á verkinu sem sér til þess að halda því á réttri braut. Líkja mætti því við að keyra bíl þar sem markmiðið er að halda bifreiðinni innan akreinarinnar án þess að fara fyrir brotalínurnar. Þegar bifreiðin fer að nálgast línuna öðrum hvorum megin er kominn tími til að leiðrétta stefnuna svo að ekkert fari úrskeiðis. Þó að það sé ekki endilega sýnilegt er þar um margar smáar hreyfingar sem sjá til þess að bifreiðin kemst á leiðarenda án skaða. Hægt væra að ímynda sér að án bílstjóra kæmist bifreiðin ekki mjög langt (þrátt fyrir að tæknilega séum við að nálgast það) og eins er með mannvirkjagerð sem væri án verkefnastjóra. Starf hans snýst því að mestu leiti um að gera smávægilegar aðlaganir hér og þar til þess að gæta að allt fari fram eins og áætlanir gera ráð fyrir. Þrátt fyrir að stærsti hluti skipulagningar fari fram í upphafi verks er ekki þar með sagt að því ljúki þar. Það eru stöðugt aðstæður sem krefjast þess að verkefnastjóri skeri úr um lausn mála eða kalli eftir ráðgjöfum og hönnuðum til að leysa úr þeim vandamálum sem kunna að koma upp. Ein leiðin til að draga úr hættu þess að vandamál komi upp í vinnslutíma, sem leiðir svo til þess að óþarfa biðtími myndast, er að draga alla sem hlut eiga að máli inn í skipulagningu svo fljótt sem auðið er til þess að finna úrlausn. Þannig er hægt að auka verulega samskiptin á verkstað auk þess sem þeir sem koma að vinnslu hvers verkþáttar eru oft betri í að koma auga á vandamál tengd því og finna ásættanlegar lausnir. Með því að skapa sameiginleg markmið í upphafi er hægt að ná fram betri samskiptum á milli undirverktaka sem kemur í veg fyrir að deilur myndast á verkstað (Kurtis, 2009). Hér á eftir munum við fara yfir þau verkfæri sem eru einna helst tengd við framkvæmd verkefnis sem og þær aðferðir sem eru að vinna fylgi á vesturlöndum. Ein af aðferðunum sem er að aukast í útbreiðslu er það sem kallað er á ensku Lean Construction, eða sem hægt væri að kalla flæðisbygging. Innan þess eru ýmis verkfæri sem hafa gefist fyrirtækjum vel í Danmörku og eru meðal annars notuð af Hoffmann A/S og MT Højgaard A/S og hefur verið rannsakað ýtarlega af Teknologisk Institut, í Danmörk, í samvinnu við Evrópusambandið undir formerkjum BygSol. Þessi aðferð virðist ekki vera mikið þekkt á Íslandi þó að margir innan byggingageirans hafi sótt sér menntun á norðurlöndunum. Í samtölum við verkefnastjóra á Íslandi hefur komið í ljós að algengast er að menn noti þá reynslu sem þeir hafa safnað að sér í gegnum tíðina og ekki sé mikið um sérmenntun í verkefnastjórnun. Slíkt hið sama virðist vera upp á teningnum í flestum öðrum atvinnugreinum þar sem mönnum er beinlínis kastað út í verkefnastjórnun án

fræðilegrar þekkingar (Meredith, 2009). Slíkt hið sama sagði verkefnastjóri innan Hoffmann A/S í Danmörku með verkfræðimenntun á bakinu. Hann sagði að hann nýtti fyrsta eina og hálfa árið af sinni menntun í starfi og restina hafi hann þurft að læra (Kurtis, 2009).

3.5.1 Skipulagningar-eftirlits- og stjórnunarhringurinn

Þegar verk er komið í framkvæmd fer af stað endalaust aðlögunarferli með það að markmiði að halda verki á áætlun og innan ramma þess sem lagt var fram í útboðslýsingu.

Í þessu skipulagi er flæði upplýsinga frá botninum og upp en flæði stjórnunar er frá toppi og niður. Það er mjög mismunandi hver óvissan í verkefnum er (Nigel Slack, 2007) og því er mismunandi hversu mikla stjórnun sjálf framkvæmdin þarf. Hlutverk verkefnastjóra getur verið mismunandi innan verkefnis og koma þeir fram á mörgum stigum verkefnis. Í stærri verkefnum þar sem margir undirverktakar koma



Mynd 17: Framgangur verks í prósentum (S. Keoki Sears, 2008)

að verki er oftast verkefnastjóri aðalverktaka sem sér um að aðgengi að og á vinnusvæði, samskipti og samhæfing verks sé í lagi, sem og að verkið haldi tíma- og kostnaðaráætlun. Hjá undirverktökunum eru svo verkefnastjórar sem sjá um efniskaup og útdelingu mannafla til hvers verks. Ef yfirverkefnastjóranum finnst framgangur verksins ekki ganga eins og gert var ráð fyrir á verkáætlun gerir hann athugasemd við það á svokölluðum verkfundum sem haldnir eru vikulega sem leiðir til þess að undirverktaki verður að aðlagða vinnu sína, annað hvort með auknu vinnuframlagi, betri stjórnun, eða fjölgun vinnuafla – í byggingageiranum geta seinkanir þó orðið af óviðráðanlegum ástæðum, eins og vegna veðurs, aðgengis eða seinkunnar á efnisflutningum hjá birgi. Það má kalla þetta hina hefðbundnu aðferð við stjórnun verkefna og má segja að þessi aðferð sé notuð í einhverju formi og mynd við hvert verkefni sem unnið er. Eitt af mikilvægu verkfærunum í þessum hluta er bundin leið (e. Critical Path Model) og áhættumódel, til að áætla hversu líklegt er að hlutir fari úrskeiðis (Meredith, 2009) – þó að notast sé við orðið módel getur það þess vegna verið hluti verkfunda sem fer í að meta hversu líklegt er að einhver fari úrskeiðis og ef svo væri hvað hægt er að gera til þess að aðlagða hlutina að verkáætlun svo það hafi ekki áhrif á heildarniðurstöðu. Hér er

Því um einskonar áhættumat og aðgerðaáætlun. Þó að bundin leið sé ekki fullkomið verkfæri þá er það eitt af helstu stjórnþækjum verkefnastjórnunar og er það mikið notað í Gantt skjölum verkáætlunar.

3.5.2 Ferlaskipulagning

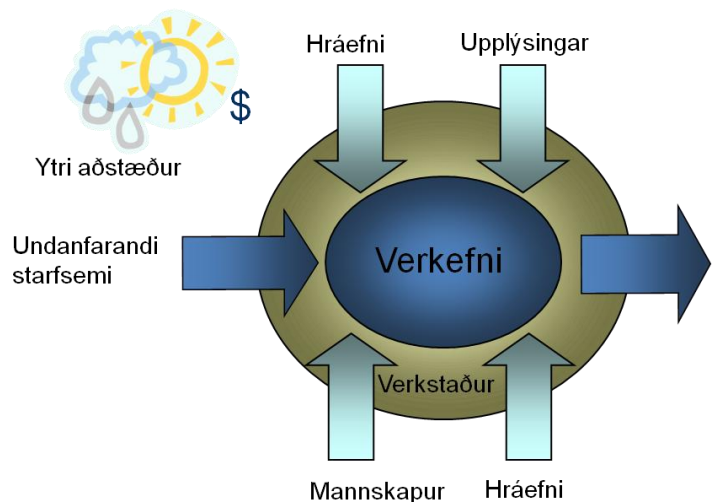
Ferlaskipulagning snýst um að koma skipulagi á flóknum og margbreytilegum byggingaferlum, með því að kortleggja og hafa opna umræðu um það sem gera á (Teknologisk Institut, 2007). Með því að hafa opnar umræður er hægt að fá leyst þau vandamál sem kunna að koma upp fyrirfram og þar með fjarlægja þá þætti sem kunna að valda seinkunum í starfseminni. Með því að auka samskipti á vinnusvæði minnkar þörfin á að byggja biðtíma inn í kerfið til að taka á töfum sem kunna að verða á verktíma, auk þess að hægt er að draga verulega úr mistökum sem kunna að verða vegna misskilnings milli aðila. Verkáætlun er hluti af samningnum á milli verktaka og eigenda byggingarinnar og segir hún til um hvaða hluti verks skuli vera lokið fyrir hvaða tíma. Verkáætlunin samanstendur svo af verkferlum sem eru í eigu ólíkra fagaðilla og er það eitt af verkefnum yfirverkefnastjóra að sjá til þess að samhæfing þeirra á þá vegu að mögulegt sé að ná að ljúka verki innan umsamins tíma (Teknologisk Institut, 2007). Skipulagning af ferlunum er því með til að vernda þá verðmætasköpun sem á sér stað, bæði fyrir verkkaupa og þá aðila sem að framkvæmdum standa og þar meðtalinn eiganda ferilsins. Við það lágmarkast sú soun sem á sér stað á verkstað og samskipti á milli aðila verður betri.

3.5.3 Flæðisbygging (e.Lean Construction)

Grunnurinn að flæðisbyggingu er að hámarka þau verðmæti sem eru sköpuð og að draga úr notkunn auðlinda við að skapa þau. Það er tekinn útgangspunktur í að byggingaferillinn sé kaótískur og nálgunin sem er notuð er gerð til þess að tryggja að þeir þættir sem settir eru upp í skipulagningu verksins sé fylgt. Á sama tíma er unnið að því að draga úr notkunn vinnuafis og hráefnis með því að kalla alla saman sem hafa með verkþætti að gera til þess að leysa úr þeim málum sem upp kunna að koma áður en það verður að vandamálum.

Eins og áður sagði þá er gert ráð fyrir því í nýlegri rannsókn að við vinnslu tapist um 8 %

af verðmæti byggingarinnar vegna skorts á samskiptum, samvinnu og lélegrar stjórnunar á verkstað (Teknologisk Institut, 2007). Á byggingatímanum er meginverkefni verkefnastjórnandas að sjá til þess að sjá



Mynd 18: Straumarnir sjö (Kurtis, 2009)

fyrir þá þætti sem koma til með að hafa áhrif á flæðið í byggingaferlinum og sjá til þess að verkið haldist á áætlun. Eitt af þeim verkfærum sem stjórnandinn hefur til þess að stýra verkefni er það sem kallað er Sjö Straumar og fjallar það í raun um hvað þarf að vera til staðar til að verk geti hafist. Til þess að verk geti hafist þurfa ákveðnir þættir að vera til staðar:

- undanfari þarf að vera lokið
- Efni til vinnslu þarf að vera til staðar
- Efnisþáttur þarf að vera til staðar
- Mannskapur þarf að vera til staðar
- Upplýsingar í formi teikninga og verklýsing þarf að liggja fyrir
- Það þarf að vera pláss til að hægt sé að starfa og öryggismál þurfa að vera uppfyllt
- Ytri þættir í formi samninga, veðurs og framkvæmdaleyfa frá opinberum aðilum þurfa að vera í lagi

Með því að fara ýtarlega yfir þá þætti sem þurfa vera til staðar í upphafi er hægt að leiðrétta það sem ekki uppfylla kröfur verksins. Þar með er mikilvægt að draga þá aðila sem bera ábyrgð á hverjum verkþætti fyrir sig inn í skipulagninguna og sjá hvort að hans þarfir séu uppfylltar. Eigandi hvers verkþátta er oftast bestur til að sjá fyrir hvað það er sem getur farið úrskeiðis og hvernig best er að koma í veg fyrir að það gerist. Með því er verið að auka nýtingu mannauðsins á verkstað sem og þá starfsgleði sem fæst af því að nota þá þekkingu sem hver starfsmaður býr yfir (Teknologisk Institut, 2007). Einn af þeim þáttum sem er mikilvægur við straumana sjö er að þeir innleiða almenna skynsemi inn í framleiðsluferlið. Ef einhvern af þáttunum sjö vantar veldur það streitu á vinnustað sem leiðir til mistaka í framleiðslunni, sem á endanum þarf að leiðrétta við aukinn kostnað fyrir alla aðila. Þetta kerfi byggir á því að auka starfsgleði allra á verkstað með því að auka samskipti, draga úr endurvinnslu verkþátta, koma í veg fyrir óþarfa fluttning á hráefni og aðlaga vörustjórnun.

3.5.4 Viku- og fimmviknaplan

Viku- og fimmviknaplan á uppruna sinn að rekja til þess sem kallað er Last Planner System og kemur frá lean kerfinu (Teknologisk Institut, 2007). Með útgangspunkt í flæðisbyggingar módelinu eru gerðar áætlanir fimm vikur í framtíðina þar sem hægt er að sjá hverja viku fyrir sig og sjá hvað þarf að vera lokið við á hverjum tímapunkti. Markmiðið með þessum áætlunum er að meta hvað þarf að vera til staðar svo hægt sé að fara í gang með hvern verkþátt. Hver verkþáttur er því greindur með tilliti til hinna sjö strauma. Því er það samstarf iðnaðarmanna og verkefnastjóra að sjá til þess að engar hindranir séu til staðar þegar hvert verkefni fyrir sig hefst. Á vikufundunum er svo farið yfir hvað mun eiga sér stað á yfirstandandi viku og hvort allt sé eftir áætlunum. Aðeins þeir verkhlutar sem uppfylla þau skilyrði hinna sjö strauma eru sett í

vikuáætlanir og í vikulok er svo mælt hversu vel gekk að fylgja þeim áætlunum. Þetta er gert til þess að meta hversu áráðanlegar áætlanirnar eru en ekki til að mæla framleiðnina (Tehnologisk Institut, 2007).

3.5.5 Fundarhöld

Árið 1976 skrifaði Antony Jay grein um hvernig ætti að halda fundi í Harvard Business Review. Ástæðan fyrir því að ég tel það eiga að fylgja með hér er að á verktíma eru fjöldinn allur af fundum haldnir og geta þeir haft nokkuð að segja um framvindu verkefna. Það eru þó margar leiðir til að halda fundi, sumar réttar aðrar rangar, en megin markmiðið er að auka framleiðnina og komast hjá því að ágreiningur verði. Þegar haldnir eru fundir er verið að gera það af sérstöku tilefni og þátttakendur eru að fórna tíma sínum þar sem þeir gætu verið að sinna einhverju öðru uppbyggilegu. Því er mikilvægt að tíma fólks sé ekki sóað í óþarfa málefni eða málefni sem hægt er að leysa án þátttöku þeirra sem á fundinum eru. Hver kannast ekki við að hafa setið á fundi þar sem farið var að ræða atriði sem voru þér algerlega óviðkomandi og hafa í raun enga praktíska þýðingu fyrir þátttakendur. Það er mikilvægt að markmiðið með fundinum sé fyrirfram skilgreint og málefni sem ekki snúi að fleiri en tveimur aðilum séu tekin út fyrir og leyst við annað tækifæri. Verkfundir í byggingageiranum eru oftast ætlaðir til þess að upplýsa aðra um stöðu mála og hversu langt verkið er komið. Ef farið er út í smáatriði á slíkum fundum er hætt við að þeir dragist á langinn. Fundarstjórnin á verkfundum er yfirleitt yfirverkefnastjórnin á verkstað og hafa ber í huga að það er ekki meiningin að hann leysi öll vandamál á þessum fundi heldur fái yfirsýn yfir verkefnið ásamt öðrum þátttakendum og ef það eru aðkallandi mál sem þarf að leysa þarf að halda sérfund um það mál með þeim sem eiga hagsmuna að gæta og því ekki sóa tíma þeirra sem gætu verið að gera eitthvað annað á meðan.

Í megin atriðum er hægt að skipta fundum niður í þrjár megin tegundir: daglegir fundir þar sem daglegir starfspættir eru ræddir og málefni dagsins leyst, vikulegir og mánaðarlegir fundir sem eru ætlaðir í að taka stöðu mála og skapa auðgerðaáætlun, eða koma málefnum í réttan farveg, og svo fundir sem eru haldnir óreglulega af mismunandi ástæðum (Jay, 1976). Með því að fylgja nokkrum einföldum reglum er hægt að komast hjá því að fundurinn fari úr skorðum og skapi fleiri vandamál en voru fyrir (Jay, 1976):

- Nota skal fundi til að komast að sameiginlegri niðurstöðu og fá yfirsýn yfir stöðu mála
- Hafa skal fyrirfram ákveðinn upphafstíma og lok fundar, sem og skjalfest hvaða málefni á að ræða á fundinum.
- Mæta undirbúinn þar sem annars er verið að sóa tíma þeirra sem hafa undirbúið sig, auk þess að það leiðir til þess að hægt er að ljúka máli á tilsettum tíma
- Taka eigin glósur og sjá til þess að þeir þættir sem þú telur mikilvæga séu með í fundarskýrslunni
- Vera málefnalegur og ekki vera með persónulegar árásir. Allir hafa rétt á að taka til máls

- Ekki hafa fundinn of formlegan þar sem það dregur úr hugmyndaflugi viðstaddra auk þess að það eru líkur á að yngri þátttakendur taki þá ekki þátt í umræðum
- Sérstök vandamál séu tekin út fyrir fund og skipulagður annar tími til að leysa þau þar sem þeir sem hagsmuni eigi að gæta eru kallaðir til

3.6 Eftirlit og stjórnun verkefnis

“The more time you spend in reporting on what you are doing, the less time you have to do anything. Stability is achieved when you spend all your time doing nothing but reporting on the nothing you are doing.” (Cohn's Law)

Hægt er að skipta eftirliti verkefnis í þrjá þætti: mælingar og eftirlit með árangri, kostnaði og tíma (Meredith, 2009). Megin tilgangur eftirlits er að stjórna framgangi verkefnis með aðhaldi og að gæta hagsmuna eiganda og framkvæmdaraðila (Meredith, 2009). Eitt af því sem þarf að skilgreina og ákveða er hvað það er sem á að mæla, til þess að það þjóni tilgangi verkefnisins sem best, án þess þó að setja óþarfa mannafla í að mæla eitthvað sem ekki hefur praktískt gildi í verkefninu. Mörg af þeim verkfærum sem áður voru nefnd eru einmitt ætluð til eftirlits og stjórnunar en þó má segja að skilgreiningin sé aðeins önnur. Hér er meira verið að leita svara við hvað það er sem á að mæla og hvers vegna. Nefna má Balanced Scorecard í því samhengi en því er einmitt ætlað að komast að niðurstöðu um hvað það er sem ætti að mæla og er það út frá fjórum sjónahornum:

- Fjárhagslegu sjónarhorni
- Innra sjónarhorni
- Nýbreytni og lærdómur
- Viðskiptavinir

Ein af spurningunum er hvað á að mæla og hversu marga þætti á að mæla innan hvers hluta (Boddy, 2008). Það er mismunandi á milli fyrirtækja og svo eru viðskiptavinir þeirra einnig mismunandi svo ekki er víst að sama áhersla sé allstaðar. Hér er því markmiðið að skapa heildstæða mynd af því hvað viðskiptavinurinn er að leita eftir og hvernig er hægt að uppfylla það markmið á sem hagstæðastan hátt fyrir fyrirtækið, því eins og áður sagði þá er heildarmarkmiðið að bæta afkomu fyrirtækisins í gegnum gæða- og verkefnastjórnun. Umbætur í gæða- og verkefnastjórnun er því stjórnþætti sem fyrirtæki geta nýtt til að auka samkeppnishæfi sitt en hafa ber í huga að eftir að innleiðing umbóta hefur átt sér stað er ekki þar með sagt að hægt sé að

hætta að hugsa um það. Samkeppnis fyrirtæki gera slíkt hið sama og því eru umbætur í rekstri fyrirtækis endalaust ferli aðlaganna og úrbóta á því kerfi sem komið hefur verið upp (Nigel Slack, 2007) – má í raun líkja því við starf knattspyrnu þjálfara sem stöðugt þarf að vera að gera breytingar og lagfæringar á þjálfunarkerfi sínu til þess að halda íþróttamönnum í toppþjálfun og samstilltum. Ef þreyta kemur í þjálfunarkerfið er hætta á að árangurinn fari niður á við.

3.7 Lok og endurskoðun verkefnis

"I may not have gone where I intended to go, but I think I have ended up where I needed to be."
(Douglas Adams)

Við verklok er eiganda byggingar afhent lyklar, sem táknrænt merki um að hann yfirtaki nú ábyrgðina á verkinu og verkábyrgðir taki nú við. Í verklok eru þó oft margir lausir endar sem þarf að binda saman. Í verklok er gerð loka úttekt á verkinu og verktaka afhentur listi yfir það sem verkkaupi og ráðgjafar hans telja að uppfylli ekki verksamning eða sé ekki í samræmi við þau gæði sem óskað var eftir – því má í raun segja að mannvirkjaframkvæmdir eigi sér tvo verkloka daga (Jackson, 2004). Eins og áður sagði að þá eru verklok oftast bundin í samning og því er um brot á samningi að ræða sé verki ekki skilað á tilsettum tíma. Verklok er því oft tími álags á verkefnastjórnendum og starfsmenn þeirra. Við verklok er ákveðinn listi verkefna sem þarf að ljúka við (Jackson, 2004):

- Yfirlýst verklok, þar sem verktaki telur sig hafa lokið verki
- Fagleg verklok, þar sem lokið er við úrbætur
- Loka úttekt á verki
- Bygging lýst tilbúin til notkunnar og verkábyrgðir taka gildi
- Leiðbeiningar í notkun byggingar
- Málsgögn og gæðatryggingar lagðar fram til geymslu
- Verklok

Eftir verktaki hefur lýst yfir að hann hafi lokið verki eru þónokkur atriði sem þarf að ganga frá áður en hann er laus allra mála. Ári eftir verklok er bygging skoðuð til þess að sjá hvort að leyndir gallar séu í verkinu, eins og rangt efnisval eða hvort að hlutir virki eins og þeir eiga að gera. Þeir gallar sem koma fram í þessari skoðun á umsvifalaust að gera úrbætur á á kostnað verktaka, nema ef um er að ræða hönnunarlega galla. Fimm árum eftir verklok er svo gerð önnur úttekt á byggingu þar sem farið er yfir hvort að endingartími efnislegra þátta er eins og kröfur gera ráð fyrir sem og hvort einhverjir gallar séu í byggingu. Að þessu loknu

fellur ábyrgð verktaka niður, en hafa ber í huga að einstök efni í byggingu hafa þó lengri ábyrgðir, eins og þakfni, gluggar og annað slíkt þar sem oft er um fimmtán ára ábyrgð á efni og vinnu. Það er misjafnt eftir umfangi verks hversu langur tími líður frá yfirlýstum verklokum verktaka og eiginlega verklok eru en það er í hag verktaka að þessi tími sé sem styðstur og sem fæstar úrbætur þurfi að gera á verki, því yfirleitt er um endurvinnslu verkþátta að ræða á þessu stigi og dregur það úr hagnaði verks.

Þegar verkefni eru endurskoðuð eru í raun aðeins tveir þættir sem þarf að skoða: í fyrsta lagi, uppfyllti verkið skilyrði eiganda þess, m.t.t. útlits, notkunnargildi, kostnaðar, gæða og tíma. Hins vegar skilaði verkið fjárhagslegum hagnaði til verktaka. Ef svarið við báðum spurningum er já er ljóst að verkið hefur skilað því sem ætlast var til (Jackson, 2004). Það eru hins vegar mörg skref sem þarf að stíga í mannvirkjagerð og því margt sem getur farið úrskaiðis og þó að verkefni skili því sem ætlast var til er ekki þar með sagt að ekki sé hægt að bæta framleiðsluhættina og er mat ýmisa að allt að 30% sóun sé í verðlagningu byggingaframkvæmda (Hall-Andersen, 2009). Auðvitað er ekki hægt að draga af því þá niðurstöðu að hægt væri að lækka verðið um 30% þar sem ekki er hægt að koma í veg fyrir að einhver biðtími sé á framkvæmdatíma og á endanum er það viðskiptavinurinn sem þarf að greiða fyrir það en með því að bæta starfshætti sína geta fyrirtæki takmarkað sóun eins og hægt er og uppskorið aukinn hagnað og aukið samkeppnishæfi, sem á endanum leiðir til fjölgunar viðskiptavina og möguleika þess að taka að sér fleiri verkefni þar sem ekki er verið að eyða dýrmætum tíma í endurvinnslu. Grundvallar ástæðan fyrir endurskoðun verkefna er einmitt að finna út hvaða þætti fyrirtækið er að gera vel og hvaða þætti illa – hvað er hægt að bæta og hvað ætti að gera að stöðlum innan fyrirtækisins í framtíðar verkefnum og jafnvel hvaða verkefni ætti fyrirtækið að láta aðra sjá um. Tilgangur hvers verkefnis er að auka virði fyrirtækis og með því að endurskoða verkefnin í lokin er í raun verið að leita leiða til að auka verðmæti hvers framtíðar verkefnis og koma auga á veikleika og styrkleika fyrirtækisins (Meredith, 2009). Hægt er að brjóta endurskoðunina niður á heildar verkstjórnunar ferlið, aðferðafræðina, skjalahald, eiginleika, kostnaðaráætlun og útgjöld. Hægt er að horfa á verkefnið út frá heildarmynd eða til að varpa ljósi á einstaka þætti þess, allt eftir þörfum hverju sinni en verkefnaendurskoðunin er liður í því að loka verkefnahringnum og skapa þekkingu úr því sem gert hefur verið áður.

4. Rannsóknir

Hér verður farið yfir hvernig rannsókn var unnin með það að leiðarljósi að skýra tilgang rannsóknarspurningar sem og tilgangi verkefnastjórnunar í mannvirkjagerð.

4.1 Rannsóknaraðferð

Rannsókn þessi byggir á fræðilegum kenningum um verkefnastjórnun og eigindlegum rannsóknum. Með eigindlegum rannsóknaraðferðum er átt við að reynt er að kafa djúpt niður í málefnið og reynt er að komast að því sem einstaklingar eiga ekki auðvelt með að útskýra á einfaldan og fljótlegan hátt (Capacent). Megin tilgangur verkefnisins var að greina hlutverk verkefnastjórnunar í byggingaiðnaði og greina þau ferli sem skipulagningin fer í gegnum frá upphafi verkefnastjórnunar til loka, sem og skoða ýmis af þeim verkfærum sem verkefnastjórnun stendur til boða. Annar þáttur sem var skoðaður var tenging við raunveruleikan og hversu góð þekking er á þeim fræðilegu verkfærum sem til boða eru og var það gert með viðtölum við valda aðila innan mannvirkjagerðar. Reynt var eftir bestu getu að koma að verkefninu með opnum huga og láta ekki fyrirfram gefnar hugmyndir hafa áhrif á svör viðmælenda og á þær kenningar sem stuðst var við.

4.2 Kenningar

Stuðst var við almennar kenningar um verkefnastjórnun og þau verkfæri sem til þeirra teljast. Módelið kemur frá bókinni Five-Phase Project Management: A Practical Planning and Implementation guide sem er skrifuð af J.W. Wiess og R.K. Wysocki og gefin út af Addison-Wesley árið 1992. Ég bætti við sjötta stiginu þar sem ég tel að það sé bæði þörf á því að koma nafni á þá reynslu sem fyrirtæki ávinna sér með árunum sem og að skapa ramma utan um lærdómsferlið.

Aðrar kenningar og verkfæri sem kynnt eru til sögunnar og ekki teljast þekkt innan verkefnastjórnunar í byggingageiranum er flæðisbygging (e. Lean Construction). Vert hefði verið að skoða ýmsar kenningar sem eru notaðar í hugbúnaðargeiranum þar sem annmarkar þeirra eru kostir í byggingageiranum. Mætti nefna þar Agile Management, Waterfall Model og PRINCE2, sem er þó ekki beinlínis hannað með hugbúnaðar geirann sem slíkan í huga heldur ætlað til alls þess sem hægt er að flokka sem verkefni og byggir á nýtingu reynslu fyrirtækis frá bæði slæmum og góðum verkefnum.

4.3 Viðtalsrannsóknir

Tekin voru viðtöl við sex einstaklinga innan bygginga geirans sem allir starfa sem gæðastjórar innan stærri verktaka fyrirtækja eða sem verkefnastjórar, að undanskildum einum sem starfar sem verkefnastjóri hjá Teknologisk Institut í Danmörku. Ástæðan fyrir því að þessir aðilar voru valdir var sú að það var mikilvægt fyrir framgang verkefnisins að fá aðila sem höfðu mikla reynslu af verkefnastjórnun sem og aðila sem stóðu

fyrir gæðastjórnun innan verkefnamiðaðra fyrirtækja – einstaklingar sem hefðu bæði fræðilegan bakgrunn sem og faglegan. Rætt var við Tryggva Jónsson, verkefnastjóra hjá ÍAV á Íslandi og Eyjólf Bjarnason, gæðastjóra ÍAV. ÍAV eru einna stærstu verktakar á Íslandi og hafa því gríðarlega reynslu á öllum sviðum byggingageirans. Í Danmörk var rætt við Faruk Kurtís, Niels Hansen, Susanne Brentstrup og Henriette Hall-Andersen. Faruk Kurtís starfar sem verkefnastjóri hjá Hoffmann A/S en hefur skoðað kenningarnar á bak við verkefnastjórnun ýtarlega. Niels Hansen starfar sem verkefnastjóri hjá Gråkjær Industribyg A/S sem er fyrirtæki sem einbeitir sér að mestu leiti í að hanna og reisa mannvirki fyrir framleiðsluðnað. Susanne Brentstrup er gæðastjóri hjá MT Højgaard A/S, sem er stærsta verktakafyrirtæki í Danmörk og leysir allar tegundir af verkefnum. Viðtölin voru tekin upp í gegnum síma, sem var mest gert af praktískum ástæðum. Þó að ljóst sé að hugsanlega hefði fengist betri árangur úr viðtölum með því að taka þau augliti til auglitis var einnig litið til þess að ekki allir aðilar gátu gefið sér tíma fyrir slíkt viðtal, vegna anna, og því var þessi aðferð valin. Valið var að taka viðtalið með opnum spurningum og sjá svo hvert það leiddi. Fyrirfram var gert ráð fyrir að viðtölin tækju um tuttugu mínútur en reynslan sýndi þó yfirleitt heldur lengri tíma í raun. Ég tel að þetta megí rekja til þess að flestir viðmælendur höfðu mikinn áhuga á efninu sem slíku en bjuggu einnig yfir mikilli reynslu sem leiddi til þess að hægt var að kafa mun dýpra niður í spurningarnar en ella. Settar voru fram tvær aðalspurningar og ellefu aukaspurningar. Markmiðið var að sjá hversu vel hefðbundið verkefnastjórnunar uppsetning ætti við mannvirkjagerð, hvaða aðferðir fyrirtækin notuðu og hvað væri hægt að gera betur. Í upphafi var viðmælendum kynnt hin hefðbundna uppsetning verkefnastjórnunar, eins og hún er sett fram í ritgerðinni og spurðir hversu vel þeim fannst það passa við þann raunveruleika sem þeir þekktu og síðan voru spurningarnar bornar fram:

Aðalspurningar

- Er notað ákveðið módel við verkefnastjórnun
- Er hugmyndafræðileg umræða innan fyrirtækis

Aukaspurningar

- Er gert Critical path módel í upphafi verks til að greina það
- Hvernig samræmist það gæðastjórnunarkerfinu
- Hvaða kenningar eru þekktar innan fyrirtækis
- Hvaða forrit er notast við
- Er notast við þau fjármálalegu verkfæri sem eru í MS Project, t.d. Fjármagnsflæði, kostnaðargreiningar og ráðstöfun vinnuafis
- Er einhver ákveðin stærð verkefnis þar sem notkun verkefnastjórnunar verkfæra verður fýsileg

- Hver er áætluð sóun innan verkefna og fyrirtækis
- Hverjar eru 3 helstu ástæður tímasóunnar á verkstað
- Hver er bufferinn
- Hvað er hægt að gera til að auka framleiðni og þar með hagnað fyrirtækja í byggingaiðnaði
- Hvernig er upplýsingaflæðið

Eini aðillinn þar sem þessar spurningar áttu ekki beinlínis við var viðmælandinn frá Teknologisk Institut en hún hefur starfað töluvert að stjórnunarlegum rannsókum í byggingageiranum og kom því með áhugavert sjónarhorn utan frá.

4.4 Niðurstöður rannsókna

Margar af þeim kenningum sem kendar eru í verkefnastjórnun eru ekki almennt þekktar í byggingageiranum, sem má að mörgu leiti telja undarlegt þar sem verkefnastjórnun má rekja til byggingageirans í Bandaríkjunum. Allir viðmælendur mínir voru að mestu leiti sammála um að skortur væri á fræðilegri þekkingu í verkefnastjórnun innan byggingaiðnaðarins, en þó væri gríðarleg reynsla sem lægi inni í fyrirtækjum. Vandamálið er bara að öll þessi reynsla er fenginn með „trial and error“ aðferðinni svo spurningin er hvort ekki væri hægt að auðvelda lærdómsferlið. Einn af viðmælendum mínum benti á að þó hann væri með töluvert langa menntun á bakinu sem verkfræðingur þá væri hann ekki að nýta nema það sem hann lærði á fyrsta eina og hálfa árinu. Restina sem verkefnastjóri hefði hann svo þurft að læra af reynslunni. Mönnum er því kastað inn í hlutverk verkefnastjóra án þeirra verkfæra sem fagið hefur upp á að bjóða.

4.4.1 Þekking á verkefnastjórnun innan byggingaiðnaðarins

Viðmælendur mínir horfðu á það út frá mismunandi sjónarhornum þar sem annað hvort var rætt um að mikilvægt væri að skapa heildstæða línu innan fyrirtækja sem væru svo miðlað til allra sem komu að verkefnastjórnun. Þar var horft til þess að lykilstarfsmenn væru í því hlutverki að sækja sér nýjustu vitneskju innan verkefna og gæðastjórnunar. Annað sjónarmið var að verkefnastjórnun yrði í meira mæli færð inn í menntakerfið og yrði það hluti af námi þeirra sem væru í hlutverki verkefnastjóra. Nú þegar er boðið upp á slíkt sem einskonar endurmenntun í Danmörku en slík námskeið eru ekki sótt í nægu mæli. Margt er hægt að fjölgæfa um ástæður þess. Viðmælendur mínir voru allir starfandi innan fyrirtækja sem eru mjög stór á sínum markaði svo flest voru þau með ákveðið kerfi í verkefnastjórnun þar sem boðið var upp á þjálfun starfsmanna. Oft var þó vafi um hversu mikið sú þjálfun var notuð úti á „ökrunum“. Allir viðmælenda minna höfðu því einhverja fræðilega verkefnastjórnunar þekkingu á bakinu en voru þó allir sammála um að almennur skortur væri á henni. Bent var á að fjármálaþekking væri í algeru lágmarki þar sem flestir sem koma inn í verkefnastjórnun koma yfirleitt inn sem iðnaðarmeistarar, byggingafræðingar,

tæknifræðingar, verkfræðingar eða arkitektar, en innan þessara fræða rúmast ekki mikil rekstrar- og fjármálaþekking. Sumir ákveða þó að taka viðskipta- og rekstrarnám sem meistaranám til þess að bæta við sig það sem vanta þykir.

4.4.2 Aðgengi að markaði

Annar þáttur sem var áhugaverður í viðtölunum var að flestir voru á því að of auðvelt væri að hefja rekstur á verktakafyrirtæki. Viðmælendur voru ekki beinlínis á móti því að það væri auðvelt að hefja rekstur heldur var átt við að meirihlutinn af þeim fyrirtækjum sem væru í rekstri ættu í raun ekki erindi inn á markaðinn þar sem þau væru hvorki hæf til að leysa verkefnin né að reikna verðin rétt. Þar af leiðandi færu verkin oft undir kostnaðarverði og hinn endanlegi kostnaður endaði hjá verkkaupa. Að hluta til vildu þeir meina að verkkaupar væru ekki alltaf nægjanlega vel að sér í byggingaframkvæmdum til þess að meta hver væri rétti aðilin, né til að rannsaka þá sem bjóða í verkefnið nægjanlega vel – þar af leiðandi væru þeir ekki nóg vel undirbúnir undir framkvæmdir. Annar þáttur í þessu var að oft á tíðum var hlutverk verkkaupa ráðgjafa misskilið á þann hátt að hans hlutverk væri að mestu leiti að sjá til þess að verkkaupi fengi sem mestan afslátt og lægsta verð, sem var þá oftast á kostnað verktaka. Þessi þáttur kom einnig fram í rannsókn sem gerð var í Bandaríkjunum CMAA (the Construction Management Association of America) (Levy, 2006) og voru hönnuðir sömuleiðis sakaðir um að senda gallaðar teikningar út með vilja án þess að hugleiða afleiðingarnar fyrir verktaka.

4.4.3 Són í byggingaiðnaði

Þriðji áhugaverði þátturinn sem kom út úr viðtölunum var svar viðmælenda við spurningunni um soun í byggingaiðnaðinum og hvernig væri hægt að auka framleiðni. Einn af viðmælendunum vildi meina að í þeirra verkefnum væri engin soun og hef ég valið að líta fram hjá því í niðurstöðunum þar sem ég tel að það sé byggt á misskilningi á hugtakinu. Reyndar er fyrirtækið nokkuð sérhæft þar sem það einbeitt sér nánast alfarið að iðnaðarhúsnæði þar sem það sér um að hanna byggingu og skila svo til verkkaupa tilbúnni vöru. Það bíður upp á að hægt sé að skera verulega niður í kostnaði og byggja á sem hagkvæmastan hátt. Reyndar sagði viðmælandinn að auðvitað færu hlutirnir sjaldnast eins og til væri ætlast, en enginn gæti byggt á skemmri tíma og fyrir lægri upphæð en þeir. Það gefur því vísbendingar um að einhver soun sé til staðar en á meðan hún er ekki viðurkennd er ekki hægt að mæla hana. Aðrir viðmælendur töldu að soun lægi einhverstaðar á milli 20 til 30%. Þó lágu ekki neinar opinberar tölur um það eða höfðu verið gerðar neinar sérstakar mælingar á því. Það sem menn gátu þó upplýst var hver kostnaður við endurvinnslu eftir verklok var. Eitt fyrirtækið sem rætt var við hefur innleitt flæðisbyggingu og sagði viðmælandi að árangurinn væri best hægt að mæla með því að skoða þann sjóð sem lagður er til hliðar fyrir endurvinnslu við eins árs- og fimm ára skoðun. Síðan flæðisbygging var tekin upp fyrir þremur árum hefur þessi

kostnaður dregist verulega saman, sem bendir til þess að með því að fyrirtæki skoði hvernig verk eru unnin í upphafi og einbeiti sér að því að gera verkþættina rétt í fyrsta skipti sem þeir eru gerðir, sé verulega hægt að draga úr kostnaði. Þetta er fyrirtæki sem hefur verið í iðnaðinum áratugum saman og er að margra mati vel rekið fyrirtæki, sem hafa sýnt að með því að bæta starfshætti sé hægt að gera betur. ÍAV hafði svipaða sögu að segja, þó að þeir nýti ekki sömu aðferðafræði. Þeir hafa verið að mæla þá sóun sem á sér stað að verki loknu, eða þá endurvinnslu sem á sér stað eftir verklok til þess að geta dregið saman þann kostnað sem verður til þar. Eitt af lykilatriðunum til þess að geta gert betur er að fá yfirsýn yfir kostnaðinn sem verður til við sóun og geta mælt þær úrbætur sem farið er í. Verkefnastjóri ÍAV var að vinna í að setja upp kerfi til þess að hægt væri að mæla þá sóun sem á sér stað á verktíma en sagði að erfitt væri að fá verkefnastjóra til að skrá niður endurvinnslu og biðtíma sem á sér stað í verki. Fjölmargar ástæður geta verið fyrir því. Meðal annars að menn telja það vera sóun á tíma sínum að eyða honum í skrifinsku fyrir eitthvað sem hefur ekkert með verkið sjálft að gera og viðkvæmni fyrir því að láta mæla það sem fer úrskeiðis í eigin verki, þar sem hætta sé á að það sé notað gegn manni. Því er mikilvægt að mönnum sé gert ljóst mikilvægi þess fyrir fyrirtækið að geta fundið þá þætti sem valda mestum kostnaði og bætt úr því. Markmiðið er því ekki að gagnrýna verkefnastjórnendur heldur draga saman upplýsingar sem leiði til þróunar fyrirtækis og starfsmanna þess. Enginn viðmælandi virtist verulega hissa á hver meðalhagnaður byggingafyrirtækja væri, enda töldu allir að hægt væri að gera mun betur. Viðmælandi sem kom frá Teknologisk Institut sá fjölmarga annmarka á byggingaiðnaðinum í heild sinni og einn af megin þáttunum væri að menntunarstig væri of lágt og færi hugsanlega lækkandi. Annar þáttur var mikill skortur á að fyrirtæki sérhæfðu sig og finndu þá verkþætti sem þeir væru verulega góðir í. Þetta leiddi til þess að allir væru að bjóða í allt sem bæði leiddi til óhagkvæmni á markaði, skaðaði kúnnan og takmarkaði vaxtarmöguleika þeirra í framtíðinni. Einnig taldi viðmælandinn að margir þættir myndu valda því í framtíðinni að fyrirtækjum myndi fækka og að þau verði stærri, burtséð frá smáum staðbundnum fyrirtækjum sem sinni einkaaðilum. Ástæður þess væru auknar kröfur um gæðatryggingar og eftirlitsþætti sem lítil fyrirtæki hafa ekki mannauð í. Hún sá einnig fyrir sér að fyrirtæki í byggingageiranum myndu þróast í tvær áttir: annars vegar fyrirtæki sem byggja afkomu sína á sérþekkingu og velmenntuðum starfsmönnum og svo hins vegar þau sem byggi afkomu sína á ódýru vinnuafli með vel skilgreinda ferla og miðstýringu.

Þeir þættir sem voru taldir valda mestri sóun á verkstað var skortur á skipulagningu, á öllum stigum, vörustjórnun, skortur á auðlindum, í formi mannauðs og tækja, sem og þröngur tímarammi verkframkvæmda. Slíkt veldur því að of margir eru að vinna á sama verksvæði samtímis og eykur þannig hættu á mistökum, óþarfa flutningum á efni og biðtíma.

5. Niðurstöður

Hér mun ég taka saman niðurstöður rannsóknarinnar og hef ég skipt henni í stutta undir kafla til að gera efnið auðlæsilegra.

5.1 Þekking á verkefnastjórnun

Almennur skortur á þekkingu um verkefnastjórnun virðist vera innan byggingageirans og má rekja það að miklu leiti til menntastofnanna. Efninu er ekki gerð nægjanleg skil við meistaranám iðnaðarmanna, né innan háskólanáms fyrir byggingaiðnaðinn. Mönnum er því að mörgu leiti hent fyrir björgin og vonast til að þeir læri fljótt að synda. Byggingaiðnaðurinn grundvallast á tæknilegri þekkingu en svo er einnig með verkefnastjórnun. Eftir því sem heimurinn verður flóknari, því flóknari verða störfin og þau verkefni sem starfað er að. Verkefnastjórnun er fjárhagslegt verkfæri fyrirtækja til þess að auka hagnað fyrirtækja og er því um fjárhagslegt verkfæri að ræða.

5.2 Gæðastjórnun

Flestir viðmælenda minna unnu að gæðastjórnun innan viðkomandi fyrirtækja sem rætt var við. Það er ljóst að verkefnastjórnun snýst að miklu leiti um gæðastjórnun. Það mætti spyrja sig hvort ekki sé í raun um að ræða sama hlutinn með mismunandi formerkjum, eða séð út frá sitthvoru sjónahorninu. Það er mat mitt að ekki sé hægt að aðskilja þessa tvo þætti þar sem án gæða eru engin verkefni og án verkefna eru engin gæði, eða reynsla sem fyrirtæki safna að sér. Ég tel ljóst að lykillinn að því að auka hagnað verktakafyrirtækja sé að einbeita sér að því að auka gæði vinnslunar og draga úr sóun. Með því að nýta þau verkfæri sem verkefnastjórnun hefur upp á að bjóða geta fyrirtæki dregið verulega úr kostnaði sem verður til vegna sóunar og þar með aukið gæðin fyrir alla hagsmunaaðila. Ef rétt er að sóun í byggingaiðnaðinum sé um 30% er eftir miklu að slægjast í iðnaði sem telur ca. 10% af vergri þjóðarframleiðslu hvers lands í hinum vestræna heimi.

Til þess að fyrirtæki geti náð árangri í gæðastjórnun verkefna er mikilvægt að taka upp síðasta verkþátt verkefnastjórnunar inn í ferlið, þ.e.a.s. endurskoðun verkefna, á markvissann hátt. Með endurskoðun er hægt að finna styrkleika og veikleika fyrirtækis og getur það jafnvel leitt til þess að aukin sérhæfing verður til innan fyrirtækis sem leiðir til þess að fyrirtæki fari að þróast í ákveðna átt og nái markaðsforskoti á samkeppnisaðila innan þess markaðar. Í öllu falli er mikilvægt fyrir fyrirtæki að finna út hverjir helstu kostir þess eru, sem og helstu gallar. Lykillinn að bættum árangri er að mæla það sem gert er og finna út hvernig er hægt að bæta árangurinn á því sviði. Það eru margar leiðir til að mæla verkþætti og margir mismunandi þættir til að mæla. Ein leiðin sem nefnd var í ritgerðinni var svokallað benchmarking og væri það góð leið til að bera saman stærri verkþætti til að sjá hver munurinn er á milli verkefna. Þegar búið er að greina hvað

var gert öðruvísi þar sem árangurinn var bestur er hægt að gera það að staðlaðri aðferð innan fyrirtækis og þar með auka hagkvæmni innan fyrirtækis. Verkefnastjórnun er sibreytilegt starfssvið með fjöldanum öllum af krefjandi verkefnum og innleiðing bættra starfshætta er starf sem engan enda tekur. Með því að bæta starfshætti á einu sviði er líklegt að aðrir gallar komi í ljós sem einnig þarf að bæta. Umbætur ganga í hringi og líkur aldrei – því fyrr sem maður sættir sig við það því fyrr er hægt að hefjast handa.

5.3 Notkun fræðilegra stjórnækja

Megin tilgangur ritgerðarinnar var að leitast við að svara spurningunni um hvort að verið sé að nýta þau verkfæri sem verkefnastjórnun býður upp á í byggingaiðnaðinum sem og veita innsýn inn í fræðilega uppbyggingu verkefnastjórnunar innan byggingaiðnaðar og svarið við fyrri hlutanum er nei. Það er ekki verið að nýta þau verkfæri sem í boði eru og almenn þekking verkefnastjórnunar er af skorum skammti. Margar ástæður geta verið fyrir því sem gætu verið áhugavert rannsóknarefni í framtíðinni. Að hluta til getur það legið í menningu iðnaðarins, þar sem starfið byggir mikið á reynslu manna og byggja því flestir sínar verkefnastjórnunar aðferðir á þeirri reynslu sem þeir öðlast í gegnum tíðina. Byggingaiðnaðurinn er líka seinn að taka upp nýjungar og má segja að hlutirnir eru gerðir eins og þeir hafa alltaf verið gerðir. Verið er að horfa á byggingaframkvæmdir út frá sjónarhorni verktaka hér og því er líklegt að menntastig ráði einhverju um hversu hæg þróunin er í iðnaðinum. Þegar 96% af fyrirtækjunum hefur færri en 10 starfsmenn er hvorki fjármagn né mannauður til þess að leita leiða til að bæta framleiðni. Eigendur líta ekki á sjálfa sig sem framleiðslufyrirtæki heldur iðnmeistara og fyrirtækjunum er ætlað að skapa þeim hærri tekjur en þeir geta fengið við að starfa hjá öðru byggingafyrirtæki.

6. Lokaorð

Höfundur ritgerðar telur sig hafa lært mikið af umfjöllum um viðfangsefnið og er þessi ritgerð grundvöllur framtíðar rannsókna innan byggingaiðnaðarins. Ég hef bæði lært mikið um verkefnastjórnun og haft gaman af að fást við þetta krefjandi verkefni. Einnig var gaman að taka viðtölin við viðmælendur, sem voru mjög áhugasamir um verkefnastjórnun og hvernig væri hægt að bæta rekstur verktakafyrirtækja.

Ljóst er að með aukinni samkeppni verður mikilvægt að leita leiða til að bæta rekstur verktakafyrirtækja og slíkt er aðeins mögulegt með því að viðurkenna að hægt sé að gera betur. Ef verkefnastjórnun innan byggingageirans á að halda áfram að þróast er mikilvægt að menntastofnanir fari að taka fræðin upp sem kennsluefni og kynni efnið sem mikilvægt stjórnþætti í byggingaiðnaðinum. Þegar ég var í meistaranámi húsasmiða þá voru kenndir áfangar um gæðastjórnun þar sem verið var að skoða hvernig hægt væri að bæta ferla í verksmiðjum með þúsund starfsmenn. Mér er minnisstætt dæmi sem var tekið þar sem starfsmaður sat á stól og var að skrúfa rær á múrbolta og dregið var úr framleiðslutíma hans. Þó að dæmið sé áhugavert, sem slíkt, þá hefur það lítið með raunveruleika iðnmeistarans að gera. Það er því mikilvægt að heimfæra námsefnið til þess raunveruleika sem hann býr við. Þau fyrirtæki sem ég tók viðtöl við eru markaðsráðandi verktakar í Danmörk og á Íslandi og er einnig mikilvægt að þau vinni að aukinni þekkingu innan iðnaðarins um verkefnastjórnun. Minni verktakar starfa oft sem undirverktakar stærri fyrirtækja. Það er mikilvægt að þessi stærri fyrirtæki komi almennri þekkingu um verkefnastjórnun til skila innan iðnaðarins, þar sem þau sitja oft í miðlunarsæti þegar kemur að verkefnum og upplýsingum.

Það má að hluta til segja að kennsla í byggingatengdum greinum sé úreld þegar kemur að mikilvægi verkefnastjórnunar. Það er langtíma markmið að auka gæði byggingaiðnaðar í heild sinni og hluti af því er auka menntun í verkefnastjórnun. Allar þær bækur sem ég skoðaði um verkefnastjórnun í byggingaiðnaði voru skrifaðar á forsendum verkfræði og voru því oftast ekki byggðar upp á rekstrarlegum forsendum heldur voru þær skrifaðar sem útlistanir á hverjum verkþætti. Má þar nefna hvernig ganga ætti frá tryggingum fyrir verkefni, meðhöndlun samskiptagagna, tilboðsgerð, samningsgerð, gæðastjórnun og aðrir praktískir þættir. Að mínu mati snýst verkefnastjórnun sem fræði ekki um hvernig starfið sem slíkt er unnið heldur ramman utan um það. Flestir sem starfa við mannvirkjagerð vita af hverju verkið samanstendur og er það þar sem reynsla þeirra nýtist best. Verktakafyrirtæki byggja afkomu sína á verkefnastjórnun og með aukinni þekkingu í faginu eykst gæði mannvirkjagerðar, sem er öllu samfélaginu til hagsbóta.

7. Heimildaskrá

- Atkin, B. (1998). *case studies*. Sótt 19. januar 2009 frá IGLC: http://www.iglc.net/conferences/1998/Papers/CaseStudies/Atkin_Unravelling%20the%20Value%20Chain%20in%20Construction.pdf
- Bertelsen, S. (maj 2003). *Trimmet byggeri*. Sótt 19. januar 2009 frá bertelsen.org: http://www.bertelsen.org/strategisk_r%E5dgivning_aps/pdf/Trimmet%20byggeri.pdf
- Bjarnason, E. (21. Desember 2009). Verkefnastjórnun í byggingageiranum. (G. Ö. Þorvarðarson, Spyrill)
- Boddy, D. (2008). *Management - An Introduction, fourth edition*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Chris Hendrickson, T. A. (2008). *Projec Management for Construction, Version 2.2*. Pittsburgh: Prentice Hall.
- Fons Trompenaars, C. H.-T. (2007). *Riding the Waves of Culture, second edition*. London: Nicholas Brealey Publishing.
- Hamdan, A. (án dags.). *Petronas twin towers*. Sótt 2. Janúar 2010 frá tripod.com: <http://mcleon.tripod.com/tower2.htm>
- Hansen, N. (22. Desember 2009). Projektledelse i byggebranchen. (G. Ö. Þorvarðarson, Spyrill)
- Jackson, B. J. (2004). *Construction Management JumpStart*. John Wiley & Sons .
- John Oakland, L. P. (2004). *Quality in the 21st century - the Foundations*. Sótt 30. Desember 2009 frá European Centre for Business Excellence: <http://www.ecforbe.com/downloadable-research-papers.asp>
- John S. Oakland, S. J. (1. Desember 2006). Quality management in the 21st century - implementing successful change. *Int. J. Productivity and Qualily Management, vol. 1, Nos. 1/2* , 69-87.
- Karlsson, V. (án dags.). *Files*. Sótt 30. desember 2009 frá ssv.is: http://www.ssv.is/Files/Skra_0037683.pdf
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Helsinki: VTT publications .
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University.
- Kurtis, F. (28. desember 2009). Projektledelse i bygebranchen. (G. Ö. Þorvarðarson, Spyrill)

- Levy, S. M. (2006). *Project Management in Construction (McGraw-Hill Professional Engineering)*. McGraw-Hill.
- Lindfors, C. T. (2000). *works*. Sótt 19. januar 2009 frá itc.scix.net: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2000-575.content.pdf>
- Magnússon, G. (4. júní 2003). *Hagfræði*. Sótt 29. desember 2009 frá visindavefur.is: <http://www.visindavefur.is/svar.php?id=3477>
- Manfred Köhler, M. S. (2003). *Technical*. Sótt 27. desember 2009 frá roofmeadow.com: http://www.roofmeadow.com/technical/publications/SWQuality_Berlin_MSchmidt.pdf
- Meredith, M. (2009). *Project Management, a Managerial Approach. 7th edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Microsoft. (18. desember 2009). *project*. Sótt 18. desember 2009 frá microsoft.com: <http://office.microsoft.com/en-us/project/HA010211801033.aspx>
- Nigel Slack, S. C. (2007). *Operations Management*. Prentice Hall.
- Roberts, M. H. (án dags.). *Project management law's*. Sótt 29. desember 2009 frá hra consulting: <http://www.hraconsulting-ltd.co.uk/project-management-laws.htm>
- S. Keoki Sears, G. A. (2008). *Construction Project Management: A Practical Guide to Field Construction Management*. John Wiley & Sons.
- Shingo, S. (1988). *Non-Stock Production*. Cambridge: Productivity Press.
- Sigurðardóttir, G. B. (2008). *Gæðastjórnun verktaka í mannvirkjagerð á Íslandi*. Borgarnes: Háskólinn á Bifröst.
- Söderlund, J. (2004). Building theories of project management: past research, questions for the future. *International Journal of Project Management* 22 , 183-191.
- Teknologisk Institut. (15. Janúar 2007). *Trimmet byggeri*. Sótt 30. desember 2009 frá bygsol.dk: http://www.bygsol.dk/_root/media/23869_10%20-%20Trimmet%20byggeri.pdf
- Wikipedia. (2010). *wiki*. Sótt 5. janúar 2010 frá Wikipedia - the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation

yahoo - geocities. (2003). *A Revolution in manufacturing - the smed system*. Sótt 16. apríl 2009 frá <http://www.geocities.com/parthadeb/smed.html>