

# BIM 중심의 건설 공사에서 발생하는 ROI (투자수익)

Neelamkavil, J.; Ahamed, S.S.

IRC-RR-324

본 자료의 내용에는 캐나다 법 하의 저작권법, 정책, 규정, 국제 협정의 조항이 적용됩니다. 이러한 조항은 정보 출처를 밝히기 위한 것이며, 구체적으로, 서면 동의 없이 자료를 복제하는 행위를 방지하기 위한 것입니다. 자세한 내용은 <http://laws.justice.gc.ca/en/showtdm/cs/C-42>를 참조하십시오.

Les renseignements dans ce document sont protégés par la Loi sur le droit d'auteur, par les lois, les politiques et les règlements du Canada et des accords internationaux. Ces dispositions permettent d'identifier la source de l'information et, dans certains cas, d'interdire la copie de documents sans permission écrite. Pour obtenir de plus

# BIM 중심의 건설 공사에서 발생하는 ROI(투자수익)

Neelamkavil, J.; Ahamed, S.S.

IRC-RR-324

## ▶ 목차

개요.....	2
1. BIM에서 발생하는 ROI.....	3
2. 사례 연구.....	4
2.1 McGraw Hill 보고서.....	4
2.2 Aquarium Hilton Garden Inn - 애틀랜타.....	5
2.3 프리캐스트 콘크리트 설계에 BIM 도입 .....	6
2.4 캘리포니아주 마운틴뷰에 위치한 Camino Medical Group 공사 .....	7
2.5 Becerik-Gerber and Rice의 조사.....	8
2.6 Kristen Barlish 사례 연구 .....	10
2.7 Patrick C. Suermann et al Survey .....	11
2.8 B Giel et al Case Study.....	12
2.9 Salman Azhar et al이 수집한 자료.....	14
2.10 Lott + Barber Architects 사례 연구 .....	14
2.11 Brittany Giel and Raja Issa 사례 연구 .....	15
2.12 Russell Manning and John Messner 사례 연구.....	16
2.13 Stefan Dehlin and Thomas Olofsson 사례 연구 .....	17
3. 건설 부문의 ROI 지표 - 기준 .....	18
4. 결론 .....	20
5. 참고문헌.....	21

## ▶ 개요

BIM의 비즈니스 가치 산출 결과가 건설업계와 관련된 다양한 이해관계자들의 주의를 끌고 있습니다. 하지만, BIM 기술을 도입해 얻을 수 있는 비용 효과에 대한 일관된 비교 연구는 많이 부족한 실정입니다. ROI(투자수익) 분석은 새로운 투자 제안을 평가해볼 수 있는 많은 방법 중 하나입니다. 건설업계 전문가들이 새로운 기술, 특히 BIM을 채택하려고 할 때 가장 중요한 정보가 바로 비용 효과에 관한 정보일 것입니다. BIM을 채택해 얻을 수 있는 ROI를 산출할 수 있다면 관계자들이 비용 발생 이유와 기대 효과를 이해하는 데 큰 도움이 될 것입니다. 왜냐하면, 투자로 기대하는 이득과 투자 비용을 비교해볼 수 있기 때문입니다. 비용을 차치하고라도, BIM을 구현하려면 계획과 이유, 그리고 인내가 필요합니다.

이 보고서는 프로젝트에서 BIM을 활용하고 있는 수많은 건설업체들의 ROI를 수집해 해석한 것입니다. 실제 건설 자료를 근거로 BIM의 인지 가치를 도출했습니다. 여기서는 프로젝트 차원에서 BIM 사용과 관련된 비용뿐만 아니라 정량화할 수 있는 이득에 초점을 맞추고 있습니다. 연구 결과, 기업들은 일반적으로 서로 다른 기준을 이용해 ROI를 측정하고 있는데, 여기에는 정성 측정(Qualitative Measure)도 포함되어 있습니다. 이번 연구에서는 BIM 사용을 고려하고 있는 대부분의 기업들이 이용할 수 있는 정량적인 명확한 ROI 기준을 따랐습니다.

# 1. BIM에서 발생하는 ROI

BIM의 비즈니스 가치 산출 결과가 많은 건축업체 및 건설업체들이 주의를 끌고 있습니다. 하지만, BIM 프로세스라고 하는 혁신기술을 도입해 얻을 수 있는 비용 효과에 대한 일관된 비교 연구는 많이 부족한 실정입니다. 건축업계 전문가들이 새로운 기술을 채택하려고 할 때 가장 중요한 정보가 바로 비용 효과에 관한 정보일 것입니다. BIM 기술을 도입해 거둬들일 수 있는 투자수익(ROI)을 산출할 수 있다면 관계자들이 비용 발생 이유와 기대 결과를 이해하는 데 큰 도움이 될 것입니다. ROI 분석은 투자 제안을 평가해볼 수 있는 많은 방법 중 하나입니다. 왜냐하면, 투자로 기대하는 이득과 투자 비용을 비교해볼 수 있기 때문입니다. 하지만, BIM을 구현하려면 세밀한 계획과 이유, 그리고 인내가 필요합니다.

BIM의 가치 제안은 한 프로젝트의 이행 과정에서 실현할 수 있는 정적 효과뿐만이 아닙니다. BIM 중심의 프로젝트 1건에서 얻은 지식과 경험은 상당히 이롭기 때문에 향후의 모든 프로젝트에서 재활용할 수 있습니다. 또, 시설의 설계, 건설, 운영, 유지보수 등 건설의 라이프사이클 매 단계에서 추가적 가치가 계속 발생합니다. 하지만, 프로젝트에서 BIM을 활용하는 사례는 비교적 최근에 들어서야 생겨난 것이기 때문에 BIM 사용으로 매 단계에서 거둘 수 있는 효과를 산출하거나 상세히 설명하기에는 데이터가 충분치 않습니다. 뿐만 아니라, BIM으로 인한 실제 수익은 후반 공정의 모든 활동을 충분히 반영한 후에야 산출할 수 있습니다. 하지만, 시작부터 철거까지 모든 건설 활동을 반영해서 실제 ROI를 산출한다는 것은 그리 만만치 않을 것입니다.

BIM으로 인한 ROI를 산출하려면 세 가지 인자 즉, 직접 비용, 프로젝트 도중 실현한 이득, 그리고 수익이 확실해야 합니다. 직접 비용 항목에는 소프트웨어, 하드웨어, 유지관리, 직원배정 및 교육이 포함되고, 이득 항목에는 이행 비용과 출장 감소로 인한 비용 절감, BIM 프로세스 덕분에 단축된 프로젝트 총소요기간과 개선된 일정 수립이 포함되며, 전반적인 효과에는 수익 향상이 포함됩니다. 이제부터 소개할 사례 연구에서는 여러 형태로 나타날 수 있는 이러한 결과의 예를 보여줍니다.

이 보고서에 사례 연구 결과를 수록한 것은 건설업체들이 인지하고 있는 BIM의 가치를 이해하도록 돕기 위해서입니다. 여기서는 프로젝트 차원에서 BIM 사용과 관련된 비용 및 정량화할 수 있는 이득에 초점을 맞추고 있습니다. BIM에 적응하는 과정은 느리지만 확실합니다. 투자수익을 계산하기 위해 가장 많이 이용하는 간단한 공식은 다음과 같습니다.

$$ROI = \text{소득} / \text{비용}$$

아래 그림[참조: 10]은 신기술(예: BIM)을 도입한 후에 달라지는 상황을 보여줍니다. 새로운 시스템을 도입한 직후에는 생산성이 바로 저하됩니다. 하지만, 시간이 지나면서 생산성은 다시 이전 시스템을 사용할 때의 수준으로 회복되고 신기술이 효과를 발휘하게 되면서 정점에 이릅니다. 이러한 사실을 바탕으로, 수많은 사례 연구를 통해 BIM의 인지 가치를 살펴본 결과, 도면의 오류가 사라져 설계 품질이 향상되었고 고 노동 생산성 또한 꾸준히 높아졌다는 것을 알 수 있습니다.

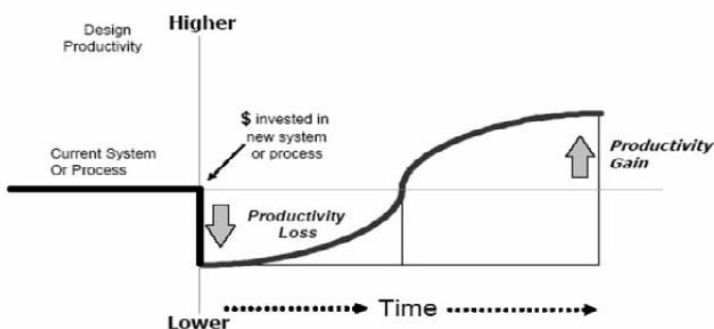


그림 1: 기술 도입으로 인한 생산성의 변화

[출처: 오토데스크 웹페이지 - 참조: 10]

## 2. 사례연구

BIM 프로세스를 이용해 프로젝트 참여자들은 서로 소통하고 협업할 수 있으며 사무실에서든 건설 현장에서든 효율성이 향상되고 품질과 결정 속도가 높아지고 충돌 요소가 줄어듭니다. 아래 상세히 기술해 놓은 사례 연구에서는 BIM이 건설 생산성에 직접적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있습니다. 일반적으로, 생산성이 높을수록 실현 수익도 커져 결국 ROI 실현 시점이 앞당겨집니다.

### ▶ 2.1 McGraw Hill 보고서

McGraw Hill 보고서[참조: 1]에 따르면, 최근 몇 년간 건설업계는 경기 불황에 시달리고 있지만, BIM 사용자들은 대부분 BIM 기술을 이용해 흑자를 기록했습니다. 사용자들은 정보를 모델로 변환하는 것과 같은 재작업과 현장에서 필요한 사항을 변경하는 횟수가 줄어드는 것을 보고 BIM의 우수한 가치를 몇 가지 깨달았습니다. 사용자들은 생산성 향상, 품질 강화, 신규 사업 기회, 전반적인 프로젝트 성과 개선 등 다양한 효과를 거두었고 팀을 통합해 경쟁력을 높이는 능력도 키웠습니다. McGraw Hill이 진행한 BIM 활용에 관한 연구의 핵심 결과는 다음과 같습니다.

- 사용자 중 2/3가 투자대비 플러스 ROI를 거두었다고 대답했습니다.
- 전문 사용자 중 87%가 플러스 ROI를 경험하고 있습니다.
- 사용자 중 93%가 앞으로 BIM에서 더 큰 가치를 이끌어낼 수 있을 것으로 믿고 있습니다.

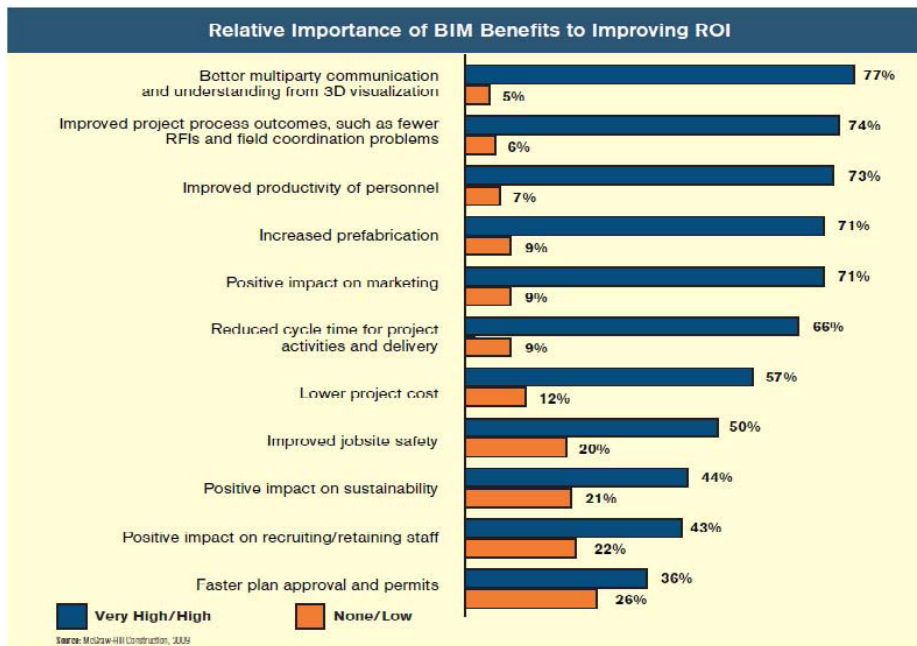


그림 2: BIM의 생산성 향상 효과 [출처: McGraw Hill 보고서 - 참조: 1]

#### 기타 조사 결과:

- 경험이 더해지면서 수익도 늘어남
- 발주처와 시공업체가 BIM을 통해 최고의 수익을 거둠
- 거의 모든 사용자가 앞으로 BIM에서 더 큰 가치를 이끌어낼 수 있을 것이라 믿고 있음
- BIM 투자 중 가장 큰 비중을 차지하는 분야: 1) 소프트웨어, 2) 자체 협력적 BIM 절차 마련, 3) BIM 역량 홍보, 4) BIM 교육, 5) 새/업그레이드된 하드웨어

BIM은 건설업체들에게 모든 기회의 문을 열어주고 있습니다. 프로젝트 진행 시 BIM을 활용할 것을 요구하는 고객들이 늘어남에 따라, 팀원

들은 사업 기회를 잡기 위해 BIM 기술을 마스터해야 할 것입니다. 반면, 기업들은 신규 고객들에게 BIM 기술을 소개하고 이를 마케팅 기회로 삼아 입찰에서 승리해야 합니다. McGraw Hill은 몇 가지 사례 연구 결과를 보고했습니다.

**사례 연구 1:** 2억 100만 USD 규모의 콜로라도대학 덴버 헬스 사이언스 센터(Denver Health Sciences Center) 공사에 대한 연구 2 -- 11층 540,000 평방피트 규모의 생물의학시설.

건설 RFI가 기초 공사 단계에서 74% 감소했고 철골공사 단계에서 47% 감소했습니다. 전체적으로, 이 공사에서는 타공사에 비해 RFI(정보 신청) 처리 건수가 37% 줄었고 변경 주문 처리 건수가 32% 줄었습니다. 따라서, 공사 기간이 상당히 단축되었습니다. 2008년 6월에 완공된 이번 공사는 일정보다 2개월 앞서 끝났고 타공사에 비해서는 6개월이나 먼저 마무리되었습니다. 프로젝트팀은 BIM 위주의 공사 방식 덕분에 인력과 공사 기간이 모두 50%나 줄었다고 추정했습니다.

**사례 연구 2:** 1억 350만 USD 규모의 텍사스 A&M 헬스 사이언스 센터(Texas A&M Health Science Center).

Satterfield & Pontikes Construction은 예산 내에서 만족스럽게 이 공사를 완료했는데, 그 과정에서 BIM이 핵심적 역할을 수행했습니다. 이 공사 권한은 애초에 다른 업체에 주어졌지만 예산 비용이 목표 금액을 초과해 취소되었습니다.

**사례 연구 3:** 3억 2000만 USD 규모의 Sutter Health Medical Center Castro Valley.

이 공사에서는 BIM과 BIM 관련 소프트웨어가 중대한 역할을 맡았습니다. 모든 시스템의 설계는 3D 모델링 소프트웨어를 사용해 진행하고 조정했습니다. 첫 삽을 뜰 때, 프로젝트팀은 25,000건이 넘는 전자 설계 자료를 만들었습니다. 미국 전역에 팀원 수백 명이 흩어져 있었고 50곳이 넘는 회사에서 파일을 만들고 장소에 관계 없이 실시간 데이터를 확인했습니다. 초기 계획 단계에서 많은 시간이 소요되었지만 기존의 진행 방식보다는 빨랐습니다. 전체 예산 중 건설 준비 단계에 들어간 실제 비용이 120만 USD 넘게 절약되었습니다.

**사례 연구 4:** 에너지부 - 1억 USD 45,000 평방피트 규모의 폭발물 압축 시설.

BIM의 간섭 검토 기능 덕분에 수많은 충돌 요소를 찾아낼 수 있었습니다. 팀원들은 가상으로 시설 내 모든 방 “안으로 걸어 들어가” 500가지가 넘는 심각한 문제를 찾아냈습니다. 독립 비용 추정 담당자들은 모델링 방식 덕분에 1000만 USD 정도의 절감 효과가 발생했다고 보고했습니다.

## ▶ 2.2 Aquarium Hilton Garden Inn – 애틀랜타

Holder Construction은 Aquarium Hilton Garden Inn 공사(참조: 2)에 BIM을 활용하기로 전략적인 결정을 내렸는데, 이 공사는 484,000 평방피트 4600만 USD 규모의 시설 공사였습니다. 이 목표는 242개 객실이 딸린 14층 호텔, 차량 700대를 주차할 수 있는 주차동, 지상 25,000 평방피트 부지의 상가로 이루어진 이번 개발 계획에 효과적인 방식으로 전체 팀에 BIM 기술을 적용하는 것이었습니다.

많은 팀원들이 BIM 기술을 생전 처음 접했지만, 설계도 제작 단계에서만 55가지 간섭 요소를 찾아내 프로젝트에 대한 RFI를 피할 수 있었습니다. 이렇게 충돌 요소를 피한 덕분에 \$124,500 정도의 비용을 절감할 수 있었습니다. 이 단계에서 BIM 비용 \$40,000로 \$84,500 수익을 거둔 셈입니다. 건설 시공 도면 제작 단계에서는 모델을 업데이트하고 해결된 충돌 요소를 추적했습니다. 모델 뷰어와 번호가 매겨진 충돌 로그를 통해 설계팀과 중대한 각 충돌 요소를 공유했습니다. BIM 소프트웨어를 통해서 590가지가 넘는 충돌 요소를 검출했습니다. 전체 비용 절감 효과는 약 \$800,000에 이르는 것으로 나타났습니다(아래 스프레드시트 참조). 건설 단계 도중 Holder가 알아낸 또 다른 BIM의 이점은 법규 공식 심사에 있었습니다. 3D 모델의 상세도 때문에, 시 건축 담당 공무원들은 설계 컨셉을 쉽게 이해할 수 있었고 빠른 시간 안에 법규 심사를 마칠 수 있었습니다.

Collision Phase	Collisions	Estimated Cost Avoided	Estimated Crew Hours	Coordination Date
<b>100% Design Development Conflicts</b>	55	\$124,500	NIC	June 30, 2006
<b>Construction (MEP Collisions)</b>				
Basement	41	\$21,211	50 hrs	March 28, 2007
Level 1	51	\$34,714	79 hrs	April 3, 2007
Level 2	49	\$23,250	57 hrs	April 3, 2007
Level 3	72	\$40,187	86 hrs	April 12, 2007
Level 4	28	\$35,276	68 hrs	May 14, 2007
Level 5	42	\$43,351	88 hrs	May 29, 2007
Level 6	70	\$57,735	112 hrs	June 19, 2007
Level 7	83	\$78,898	162 hrs	April 12, 2007
Level 8	29	\$37,397	74 hrs	July 3, 2007
Level 9	30	\$37,397	74 hrs	July 3, 2007
Level 10	31	\$33,546	67 hrs	July 5, 2007
Level 11	30	\$45,144	75 hrs	July 5, 2007
Level 12	28	\$36,589	72 hrs	July 5, 2007
Level 13	34	\$38,557	77 hrs	July 13, 2007
Level 14	1	\$484	1 hrs	July 13, 2007
Level 15	1	\$484	1 hrs	July 13, 2007
<b>Subtotal Construction Labor</b>	<b>590</b>	<b>\$564,220</b>	<b>1143 hrs</b>	
20% MEP Material Value		\$112,844		
<b>Subtotal Cost Avoidance</b>		<b>\$801,565</b>		
Deduct 75% assumed resolved via conventional methods		(\$601,173)		
<b>Net Adjusted Direct Cost Avoidance</b>		<b>\$200,392</b>		

표 1: BIM 사용으로 인한 절감 효과 [출처: Aquarium Hilton Garden 프로젝트 - 참조: 2]

### ▶ 2.3 프리캐스트 콘크리트 설계에 BIM 도입

Kassian Dyck & Associates( 'KD&A' )는 캐나다 캘거리에 위치한 개인 소유의 구조 엔지니어링 중기업이고, The Star Engineers Ltd.( 'Star' )는 개인 소유의 구조 엔지니어링 컨설팅 기업입니다. 이 두 기업이 BIM을 도입해 얻은 효과는 두 가지 사례 연구[참조:3]에 잘 나타나 있습니다. 프로젝트 시작 시, 각 기업은 구조의 한 부분씩만 맡고 나중에 전체적인 프리캐스트 구조로 진행하기로 했습니다. KD&A는 처음 두 부분을 설계했습니다. 복잡한 기하 형태가 포함된 프리캐스트 파사드 패널을 설계해야 했던 블랙풋 뮤지엄(Blackfoot Museum)과 100% 프리캐스트 구조로 된 건물 여러 동으로 이루어진 대규모 주거용 아파트인 Eagle Ridge 공사가 바로 그것이었습니다. 이 두 공사의 나머지 부분은 Star가 설계했는데, 곡선의 기하 무늬가 있고 현장 타설 구조에 중공형 슬래브를 사용한 프리캐스트 콘크리트 보를 설계해야 했던 Modi' in 상가 건물과 100% 프리캐스트 1층 건물인 Shelter 공사가 그것입니다.

KD&A는 BIM을 사용해 모델 내에서 충돌 가능 요소나 기타 문제를 찾아볼 수 있다는 사실을 알게 되었는데, 실제로 건설 도면을 완성하기 전에 그러한 문제를 손쉽게 찾아 해결할 수 있었습니다. BIM을 활용한 덕분에 잘못된 연결, 부정확한 건축 형태, 기하학적 충돌 요소도 감소해 상세 점검이나 도면 간의 교차 조정 없이 현장 도면을 작성할 수 있었습니다. Star가 BIM을 도입한 목적은 생산성과 오류 감소 측면에서 KD&A의 그것과 다소 비슷하나 몇 가지 차이점도 있었는데, 이를 테면, 현장에서 불일치 요소와 연결의 문제로 이어지는 설계 및 제도상의 오류와 관련된 문제, 현장 도면 제작 시 낮은 생산성(특히 설계 변경이 잦을 경우), 오래 걸리는 설계 검토 등을 해결하기 위해서였는데, 이런 문제로 인해 회사의 수석 엔지니어들이 프리캐스트 설계 서비스 개선을 위한 수단으로 BIM을 고려하게 되었습니다.

Star는 Modi' in 상가 건물과 연결되어 있는 주차동의 프리캐스트 부분에 대한 상세 설계를 담당했습니다. 이 회사는 새로 도입한 BIM의 성능 덕분에 복잡한 곡선 형태의 대들보를 설계할 때 매우 유리했기 때문에 계약을 체결할 수 있었다고 결론 내렸습니다. 이스라엘 남부의 대중 교통 대피처인 'Shelter' 는 Star가 설계한 두 번째 공사로 역시 BIM을 활용했습니다. 아래 데이터는 각 공사에서 거둔 비용 절감 효과 등을 보여줍니다. 이 연구 결과를 바탕으로, 공식 고급 교육이 BIM 운용자의 생산성에 미치는 영향을 추론할 수 있습니다.

공사	Blackfoot 건널목 (KD&A)	Eagle Ridge (KD&A)	Modi' in Star	
			레벨 3.50	레벨 0.00
공사 유형	건축 프리캐스트 파사드	100% 프리캐스트 구조	강화 콘크리트 대들보	
콘크리트 사용량(m3)	71.6	3,700	82	49
일반 준비 도면 개수	21	25	42	36
현장 도면 개수	63	522	30	33
BIM 작업 시간	489	2,854	124	95
예상 CAD 작업 시간	502	3,583	171	181
생산성 (시간/m3)	BIM	6.8	0.8	1.51
	CAD	7.0	1.0	2.09
	단축(%)	2.6%	20.3%	27.8%
생산성 (시간/도면)	BIM	7.8	5.5	4.12
	CAD	8.0	6.9	5.70
	단축(%)	2.6%	20.3%	27.7%

표 2: BIM 중심의 프리캐스트 콘크리트 설계 공사의 비용 절감 효과 [출처: Israel Kaner - 참조: 3]

### ➤ 2.4 캘리포니아주 마운틴뷰에 위치한 Camino Medical Group 공사

이 사례 연구[참조: 4]에서는 9690만 USD 규모의 캘리포니아 북부 의료시설 공사에서 MEP 시스템 조정을 위해 BIM 소프트웨어와 프로세스를 이용한 결과를 보여줍니다. 이 공사는 Camino Medical Group의 사옥 신축 공사로 규모는 250,000 평방피트에 이릅니다. 2005년 1월에 시작된 이 공사는 2007년 4월에 완공되었습니다. 그룹은 MEP 시스템 조정 시 각 팀원들이 인정한 BIM 소프트웨어와 프로세스의 구체적인 효과를 수치화했습니다. 예를 들어, MEP 협력업체들은 인건비를 20%~30% 줄였고, 배관 시공업체는 100% 조립식으로 시공했고, 기계 협력업체들의 경우에는 공사 전체에 걸쳐 재작업이 0.2% 미만이었으며, 시스템 현장 설치 시 충돌 요소는 아예 없었고, 시공업체와 설계업체 간의 MEP 시스템 조정 시 RFI가 대폭 줄었고, 전체적으로 공사 기간을 6개월 단축하고 900만 USD 정도의 비용을 절약했습니다.

(아래 표 3과 그림 3 참조)

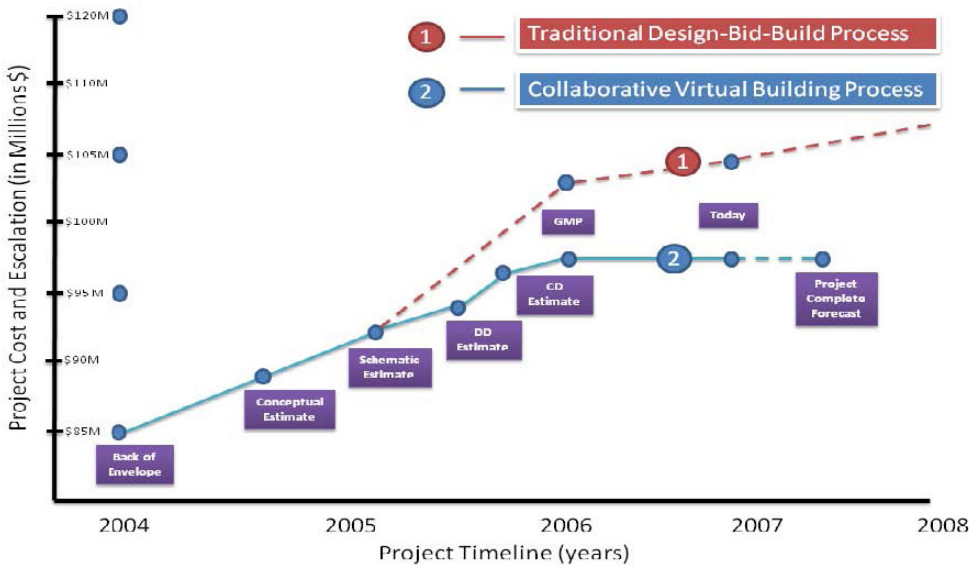


그림 3: 프로젝트 비용과 공사 기간 간의 관계 [발행: Atul Khazode - 참조: 4]

설명	ROM 가치	전문 분야
관할 당국과의 조기 검토 결과에 따른 별도의 대기 및 비상 전력	\$15,000	전기
설계 지원 보안	\$20,000	전기
Ralph와의 주차장 회로 연결 조정	\$5,000	전기
기초와 심층 지하 전선관 사이의 조정	\$20,000	전기
화재 경보를 줄이고 간판 사양을 정하기 위한 초기 마운틴뷰시(city of Mountain View) 회의	\$30,000	전기
프리패브와 함께 MOB 경비를 3D로 조정	\$450,000	전기
케이블 트레이 VE	\$200,000	전기
안전 문제를 없애기 위한 조립식 시공	\$500,000	전기
TEE 피더 작동 일정	\$10,000	전기
설계 및 예산의 지속적 평가	\$300,000	전기
예산 내에서 진행하기 위한 주차동 설비 선택과 권고 사항 검토	\$30,000	전기
공급업체의 약속/가격 동결	\$225,000	전기
물품 조달 확대 방지	\$50,000	전기
JWM이 제안하는 배관 시스템의 수직성. 타업체와의 조정 문제 감소와 설치 인건비 절감을 통한 비용 절감.	\$1,690,000	배관
장비 선택 시 JWM의 도움으로 비용 절약	\$100,000	배관
MOB에서 심층 보를 모두 누락시키기 위한 초기 지하 배관 조정	\$52,500	배관
JWM이 수도꼭지를 설치해야 할 곳 중 35곳에 대해서만 센서가 달린 수도꼭지 대신 일반 수도꼭지를 설치할 것을 제안	\$300,000	배관
<b>총합</b>	<b>\$5,356,980</b>	

표 3: 전기 및 배관 작업에서 BIM을 활용한 덕분에 비용 절감 효과를 얻은 세부 내역 [출처: Atul Khanzode - 참조: 4]

### ▶ 2.5 Becerik-Gerber and Rice의 조사

Becerik-Gerber and Rice[참조: 5]는 BIM의 효과를 알아보기 위해 BIM의 다양한 특성을 면밀히 조사했습니다. 응답자 중 약 41% 정도는 BIM을 활용한 덕분에 전체적인 수익성이 향상되었다고 말한 반면, 12% 정도는 오히려 수익성이 떨어졌다고 응답했습니다. 결과적으로, BIM을 더 많이 경험한 기업일수록 수익성이 높을 것으로 나타났습니다.

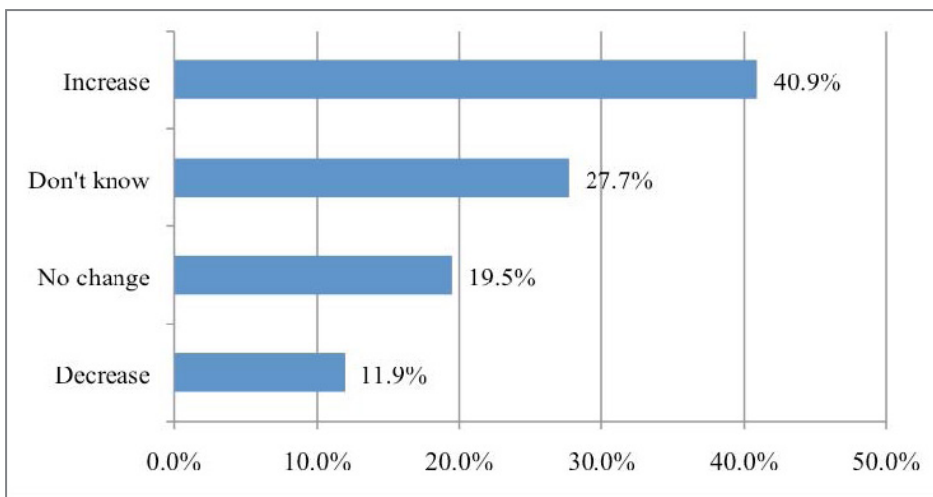


그림 4: BIM과 수익성 간의 관계 [출처: Burcin Becerik-Gerber - 참조: 5]



공사 소요 기간 단축과 이로 인한 비용 절감 효과는 수익성의 몇 가지 측면에 유리하게 작용합니다. 과반수가 넘는 응답자들이(55%) BIM이 공사 비용 절감에 도움이 되었다고 응답했고, 이 중 50% 정도는 공사 비용이 최대 50%까지 줄었다고 말했습니다. 설문에 참여한 직장인 중 58%는 전체 공사 기간이 50%나 단축되었다고 말했습니다.

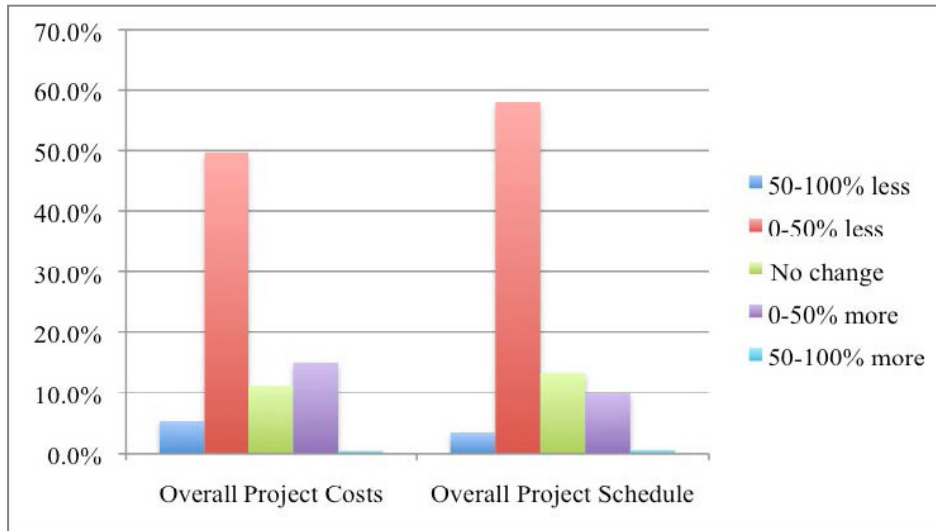


그림 5: BIM과 공사 비용/일정 간의 관계 [출처: Burcin Becerik-Gerber - 참조: 5]

공사 단계별 소요 기간을 분석했더니, BIM 사용으로 인해 구조도 및 개념 설계 단계가 조금 늘어났지만, 상세 설계 단계 기간은 단축된 것으로 나타났습니다. 전체적으로, 응답자 중 48%가 BIM 덕분에 상세 설계 기간이 줄었다고 생각한 반면, 31%는 오히려 늘어났다고 생각했습니다. 거의 모든 응답자가 BIM을 사용하면 건설 도면 단계는 거의 사라진다는 데 의견을 같이 했습니다. 제작하는 문서의 품질 또한 BIM을 사용하면 상당히 개선되는 것으로 나타났습니다. 응답자 중 44%는 BIM을 활용하더라도 입찰 준비 소요 시간에는 아무런 변화가 없다고 생각하는 반면, 47%는 입찰 준비 시간이 단축되었다고 응답했고 9%는 오히려 늘었다고 응답했습니다. 거의 모든 단계에서 시간이 단축되었으나, 가장 크게 단축된 단계는 바로 건설 단계로 약 58% 응답자가 기간이 단축되었다고 응답했고 6.8%만 더 오래 걸렸다고 응답했습니다.

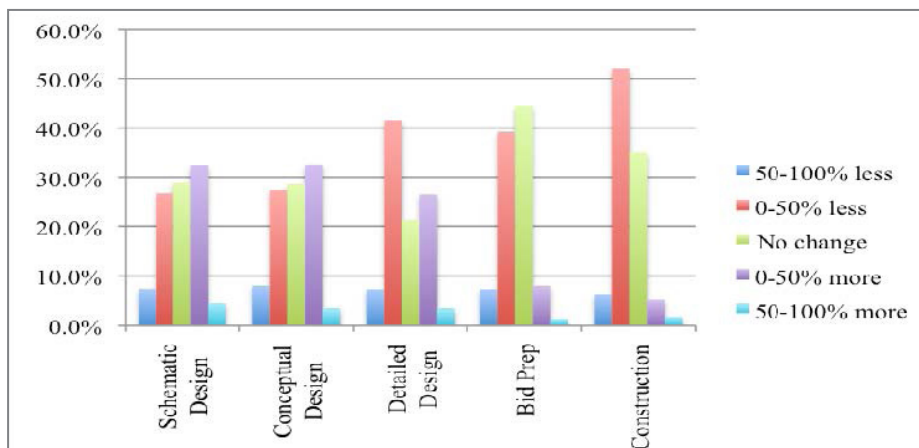


그림 6: BIM이 작업 시간에 미친 영향 [출처: Burcin Becerik-Gerber - 참조: 5]

이 조사에서는 승인된 변경 주문, 소송, 분쟁에 소요된 금액은 물론, 오류와 누락을 시정하는 데 들어간 비용이 전체 공사 비용에서 차지하는 비율도 알아봤습니다. 거의 모든 응답자가 이 두 가지 비용이 전체 공사 비용의 0.5%에도 미치지 못했다고 응답했습니다.

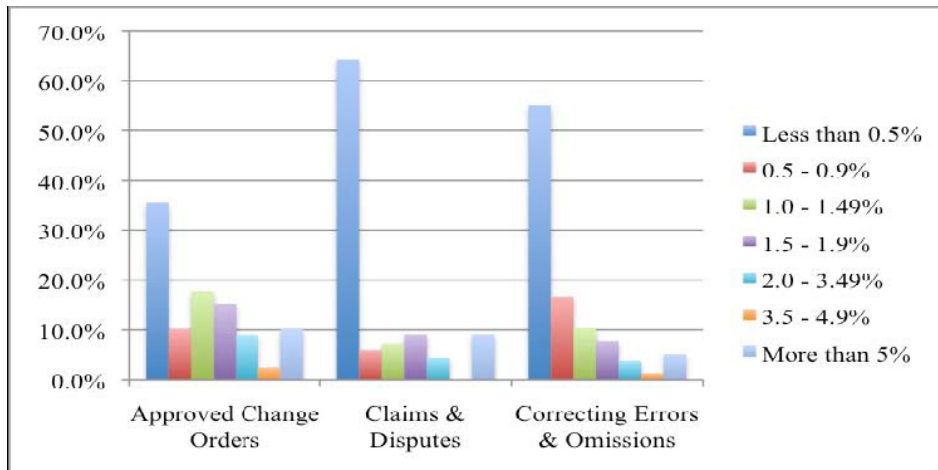


그림 7: BIM이 변경 주문, 소송, 분쟁에 미치는 영향 [출처: Burcin Becerik-Gerber - 참조: 5]

## 2.6 Kristen Barlish 사례 연구

Kristen Barlish[참조: 6]는 애리조나대학 박사 학위 논문에 수록된 BIM의 효과를 알아보기 위해 면밀한 사례 연구를 진행했습니다. 보고서에서는 ‘회사 1’의 세부 조사 결과를 상세히 기술하고 있습니다(회사명은 기밀사항). 다음과 같이 회사 1과 관련된 세 가지 BIM 사례를 연구했습니다.

- 사례 1 - 투자수익
- 사례 2 - 투자
- 사례 3 - 특정 기능 영역의 투자와 투자수익

각 사례 연구의 목적은 2D 지표와 3D 지표를 비교하는 것이었습니다. 사례 1은 유사 기능 영역에 속하는 두 가지 기념비적 2D 프로젝트와 두 가지 3D 시범 사업을 근거로 하고 있습니다. 사례 2는 비교적 최근에 진행된 프로젝트로, 동일한 세 가지 기능 영역에서 2D와 3D를 모두 활용한 프로젝트를 근거로 합니다. 사례 3은 한 가지 특정 기능 영역에 대한 연구로, 두 가지 기념비적 2D 프로젝트, 두 가지 기념비적 3D 프로젝트, 2D와 3D를 모두 활용해 비교적 최근에 진행된 한 프로젝트를 근거로 합니다. 구체적 사례의 기능 영역과 관련해 2D 지표와 3D 지표를 비교했습니다. 가장 정량화하기 쉬운 투자수익은 일정, 변경 주문, RFI였습니다. 결과를 2D 프로젝트, 3D 프로젝트, 비율 변경이나 조립 품당 수량 단위 차이, 총 프로젝트 비용에서 차지하는 변경 비용, 실제 소요 기간과 표준 소요 기간의 차이 등과 관련된 값을 산출했습니다.

### 사례 1: 투자수익

언급했듯이, 사례 1은 회사 1에서 BIM을 활용해 거둔 투자수익의 설명이 되었습니다. 아래 표에도 나와 있지만, 3D 프로젝트의 긍정적 효과, 즉 순수 이득을 볼 수 있습니다.

#### 사례 1: 2D와 3D 효과의 투자수익 비교

지표	단위	2D	3D	Δ (2D vs. 3D)
RFI 건수	건/소프트웨어	6	3	3
변경 주문	표준 프로젝트 비용에서 차지하는 비율	12%	7%	42%
일정	표준 일정에 못 미치는 비율	15%	5%	67%

### 사례 2: 설계 및 건설 투자

이 사례 연구는 최근 진행한 한 프로젝트에 들어간 3D 투자 또는 비용을 보여주기 위한 것이었습니다. 자료를 보면, 3D 설계로 인해 비용이 발생했고 3D 건설 방식 덕분에 절감 효과를 거둔 것을 잘 알 수 있습니다. 사례 2의 RFP 조사를 위해 전기, 기계, 프로세스 배관 시공업체들은 두 가지 형식으로 입찰서를 제출해야 했습니다.

#### 사례 2: 2D와 3D의 투자 비교

지표	단위	차이 (2D vs. 3D)
설계 비용		
A&E 비용	주어진 전체 설계 범위에서 차지하는 비율	31%
3D Background Model Creator 비용	주어진 전체 설계 범위에서 차지하는 비율	34%
건설 비용		
시공업체 비용	주어진 전체 건설 범위에서 차지하는 비율	(-5%) (절감 효과)
설계 + 건설 비용		
3D 설계 및 건설 방식의 전체적인 절감 효과	주어진 전체 설계 및 건설 범위에서 차지하는 비율	(-2%) (절감 효과)

### 사례 3: 한 영역의 투자 및 투자수익

또 다른 데이터셋을 제공하기 위한 연구 대상으로, 한 가지 구체적인 기능 영역을 선정해 투자 및 투자수익을 분석했습니다. 아래 결과를 보면, 사례 1과 비교할 때 변경 주문이 훨씬 더 줄어든 것을 알 수 있는데, 여기에는 이 한 가지 기능 영역뿐만 아니라 다른 두 가지 기능도 관련되어 있습니다. 비율을 보면, 이 영역이 변경 주문 지표에서 가장 큰 투자수익 효과를 얻고 있는 것을 알 수 있습니다.

#### 사례 3: 2D와 3D의 투자수익 비교

지표	단위	2D	3D	Δ (2D vs. 3D)
RFI 건수	건/소프트웨어	2	3	-1
변경 주문	표준 프로젝트 비용에서 차지하는 비율	23%	7%	70%
일정	표준 일정에 못 미치는 비율	15%	7%	53%

추가 관찰을 통해 사례 2와 동일한 지표를 기준으로 사례 3의 투자수익을 다음과 같이 산출했습니다. 설계 비용은 이 특정 기능 영역에 정해진 것보다 조금 더 높고 시공업체 절감 효과는 사례 2보다 큼니다.

#### 사례 3: 2D와 3D의 투자 비교

지표	단위	차이 (2D vs. 3D)
설계 비용		
A&E 비용	주어진 전체 설계 범위에서 차지하는 비율	29%
3D Background Model Creator 비용	주어진 전체 설계 범위에서 차지하는 비율	47%
건설 비용		
시공업체 비용	주어진 전체 건설 범위에서 차지하는 비율	(-6%) 절감 효과
설계 + 건설 비용		
3D 설계 및 건설 방식의 전체적인 절감 효과	주어진 전체 설계 및 건설 범위에서 차지하는 비율	(-1%) 절감 효과

## 2.7 Patrick C. Suermann et al Survey

Patrick C. Suermann et al. Survey[참조: 7]는 건설업계에서 일반적으로 직무 성과를 평가하기 위한 지표로 인정하고 있는 6가지 핵심성과지표(KPI)에 BIM이 미치는 효과를 중심으로 면밀한 조사를 실시했습니다. 6가지 핵심성과지표에는 품질관리(재작업), 일정 준수, 비용, 안전성(man-hour 지연), 수행한 비용/유닛(평방피트), 유닛(평방피트)/man-hour가 포함됩니다. 응답자 50명을 대상으로 한 조사 결과, 사용자들이 경험한 효과의 순위는 다음과 같았습니다. 품질관리/재작업(90%), 일정 준수(90%), 총비용(84%), 유닛/man-hour(76%), 비용/유닛(70%), 안전성(46%). 이 정보는 예를 들면, BIM이 품질관리/재작업 KPI를 90% 향상시켰다는 의미로 해석하면 됩니다.

▶ 2.8 B Giel et al 사례 연구

B Giel et al. [참조: 8]은 유사한 두 가지 프로젝트에 대한 사례 연구를 수행했는데, 한 가지는 최근에 진행된 BIM 기반 프로젝트이고 다른 하나는 그에 앞서 BIM을 활용하지 않고 진행한 비교 프로젝트입니다. 시간 초과 및 변경 주문 비용 감소로 인한 비용 효과를 근거로 해서, BIM에 투자하기로 결정한 발주처의 잠재적 절감 효과를 산출했습니다.

사례 연구 1:

회사 X가 수행한 두 가지 유사 프로젝트를 비교했습니다. 프로젝트 A는 회사 X가 BIM을 도입하기 전에 진행한 반면, 프로젝트 B는 BIM을 도입한 후에 진행한 것입니다. 규모, 범위, 계약 가격, 이행 방법, 건설 유형의 측면에서 프로젝트 A와 B를 비교했습니다. BIM이 방지할 수 있는 충돌 요소 및 이와 관련된 직간접 비용을 분석한 결과를 바탕으로 프로젝트 A의 발주처가 실현할 수 있는 BIM의 추정 ROI를 계산했습니다. 계산 결과, 프로젝트 A에서 BIM의 ROI는 36.7%였습니다. 아래 표를 참조하시기 바랍니다.

Project A and B Results		
	Project A (Pre-BIM)	Project B (BIM-Assisted)
Contract Value:	\$7,128,000.00	\$8,844,073.00
Cost of Change	\$376,837.67	\$271,851.83
Orders:		
Schedule Duration:	12 months	12 months
Schedule Delay:	7 days	0 days
Delivery Method:	Negotiated Bid	Negotiated Bid
Contract Type:	GMP	GMP
Square Footage:	123,000 SF	(3) 81,000 SF bldgs.
Use:	Com. warehouse w. leasable mixed-use space	Com. warehouse w. leasable office space
Construction Type:	Tilt-up wall with steel framing	Tilt-up wall with steel framing
Scope:	CM - all concrete-work self performed	CM - all concrete-work self performed

표 4: 사례 연구 1에서 BIM을 활용한 경우와 그렇지 않은 경우의 비용 비교 [출처: B Giel et al - 참조: 8]

Project A - BIM ROI		Amount
	Cost Category	
Total direct cost of subcontracting out panel shop drawings.		\$16,650
Direct costs in preventable change orders:		
	Embed fix change order.	\$928
	Girder and joist seat fix change order.	\$8,499
	Girder and door opening conflict change order.	\$5,661
Total:		\$15,091
Indirect costs of 7-day BIM preventable time overrun:		
	Daily cost of contractor time overrun (General Conditions) (\$855/day):	\$5,985
	Daily cost of 5% interest on construction loan for time overrun (\$976/day):	\$6,832
	Daily cost of developer administration for time overrun (\$446/day):	\$3,122
	Estimated cost of architect's contract administration for time overrun (\$149/day):	\$1,043
Total:		\$16,982
Total Estimated Savings:		\$48,723
Cost of BIM (0.5% of contract value)		\$35,640
Net BIM savings:		\$13,083
ROI:		36.7%

\*Note: The cost of investment was approximated at 0.5%, as furnished by the owner for BIM services in the contract. A 5% CAP rate was assumed on the Owner's construction loan for the purpose of this study.

Project B: BIM ROI from Indirect Savings		Amount
	Cost Category	
Total direct cost of subcontracting out panel shop drawings. (\$0.13/SF X 213,000 SF)		\$31,590
Indirect costs of 7-day BIM-prevented time overrun:		
	Daily cost of contractor time overrun (General Conditions) (\$888/day):	\$6,216
	Daily cost of 5% interest on construction loan for time overrun (\$1212/day):	\$8,484
	Daily cost of developer administration for time overrun (\$544/day):	\$3,808
	Daily cost to architect's contract administration for time overrun (\$181/day):	\$1,267
Total:		\$19,775
Total Estimated Savings:		\$51,365
Cost of BIM (0.5% of contract value)		\$44,220
Net BIM Savings:		\$7,145
ROI:		16.2%

표 5: 사례 연구 1의 두 가지 프로젝트에서 BIM이 가져다 주는 절감 효과의 비교 [출처: B Giel et al - 참조: 8]

사례 연구 2:

사례 연구 1에서 사용한 방법론을 사례 연구 2에서도 사용했고 프로젝트 C와 D를 비교했습니다. 아래 표를 참조하시기 바랍니다. 또, 프로젝트 C에서 BIM을 방지할 수 있는 여러 직접비용 외에도, 일정이 원래의 601일에서 총 426일 지체되었습니다. 데이터를 보면 프로젝트 C의 예상 BIM ROI는 약 1654%였고 프로젝트 D의 ROI는 약 300%로 계산되었습니다.

Project C And D Results		
	Project C (Pre-BIM)	Project D (BIM-Assisted)
Contract Value:	\$41,757,618.00	\$44,400,000.00
Cost Of Change Orders:	\$5,097,222.00	\$513,632.00
Original Schedule Duration:	601 Days	652 Days
Schedule Delay:	426 Days	0 (60 Days Early)
Contract Type:	GMP	GMP
Delivery Method:	Negotiated Bid	Negotiated Bid
Square Footage:	439,760 SF	456,594 SF
Use:	Mixed use- res. condo/ garage	Mixed use- res. condo/garage
Number of Storics (Towers):	14 Storics	7 Storics
Number of Units:	311	218
Type of Construction (Towers):	Conv. formwork w. Conv. Rcinf.	Conv. formwork w. cast in place tables
Type of Construction (Garage):	Post- tens. conc. w. conc. cols.	(DB) post tens. conc. w. steel cols.
Scope:	CM - all conc. self- performed	CM - all conc. self- performed

표 6: 사례 연구 2에서 BIM을 활용한 경우와 그렇지 않은 경우의 비용 비교 [출처: B Giel et al - 참조: 8]

Cost Category	Amount
<b>Direct costs in preventable change orders:</b>	
(COR 00004) Revised boundary survey:	\$74,867
(COR 00013) Added beam in shear wall:	\$787
(COR 00014) Shear wall # 1 revision:	\$3,396
(COR 00015) Movement of (2) columns due to grid uns alignment:	\$419
(COR 00025) Addition of (16) 3" deck drains:	\$19,158
(COR 00095) Readjustment of fire sprinkler heads for ceiling height changes:	\$1,777
(COR 00092) Window reorder/mistall due to conflict with exterior columns:	\$2,632
(COR 00104) Sliding glass doors mislabelled as window type:	\$2,208
(COR 00146) Revised ceiling heights to conceal drop panels:	\$13,067
(COR 00151) Additional framing of roof drains:	\$19,081
(COR 00178) Re-routing of mechanical ductwork around electrical panels:	\$2,722
(COR 00213) Additional tollits to accommodate return air ductwork:	\$14,115
(COR 00231) Additional fire sprinkler heads adjustment for dropped ceiling:	\$1,285
(COR 00175) Demolition and repair of elevator door beams:	\$66,817
(CO 17) Materials escalation due to 221-day delay based on survey and structural plan errors:	\$300,000
<b>Total:</b>	<b>\$472,316</b>
<b>Indirect costs for 221-day BIM-preventable time overrun:</b>	
Daily cost of contractor time overrun (General Conditions) ) (\$5,425/day):	\$1,198,925
Daily cost of 5% interest on construction loan for time overrun (\$5720/day):	\$1,264,120
Daily cost of developer administration for time overrun (\$2466/day):	\$544,986
Daily cost to architect's contract administration for time overrun (\$822/day):	\$181,667
<b>Total:</b>	<b>\$3,189,693</b>
<b>Total Estimated Savings:</b>	<b>\$3,662,009</b>
Cost of BIM (0.5% of contract value)	\$208,788
<b>Net BIM Savings:</b>	<b>\$3,453,221</b>
<b>ROI:</b>	<b>1653.9%</b>
<b>Project D. BIM ROI of Indirect Time Savings</b>	
Cost Category	Amount
<b>Indirect costs saved by 60-day early completion:</b>	
Daily cost of contractor (General Conditions) (\$5,425/day):	\$325,500
Daily cost saved in interest (5%) on construction loan (\$6,082/day) :	\$364,920
Daily cost of developer administration (\$2,466/day):	\$147,960
Daily cost to architect's contract administration for time overrun (\$822/day):	\$49,320
<b>Total:</b>	<b>\$887,700</b>
<b>Total Estimated Savings:</b>	<b>\$887,700</b>
Cost of BIM (0.5% of contract value)	\$222,000
<b>Net BIM Savings:</b>	<b>\$665,700</b>
<b>ROI:</b>	<b>299.9%</b>

표 7: 사례 연구 2의 두 가지 프로젝트에서 BIM이 가져다 주는 절감 효과의 비교 [출처: B Giel et al - 참조: 8]

### 2.9 Salman Azhar et al이 수집한 자료

Salman Azhar et al. [참조: 9]은 BIM의 경제학을 기초로 10가지 US 프로젝트에서 데이터를 수집해(아래 참조) BIM을 통해 얻게 되는 순수 절감 효과와 투자수익(ROI)을 보고했습니다. 이 데이터를 보면, 프로젝트마다 ROI가 140%에서 39900%까지 다양한 것이 눈에 띕니다

연도	비용 (\$M)	공사	BIM 비용 (\$)	BIM으로 인한 직접적 절감 효과 (\$)	BIM으로 인한 순수 절감 효과	BIM ROI (%)
2005	30	Ashley Overlook	5,000	(135,000)	(130,000)	2600
2006	54	Progressive Data Center	120,000	(395,000)	(168,000)	140
2006	47	Raleigh Marriott	4,288	(500,000)	(495,712)	11560
2006	16	GSU Library	10,000	(74,120)	(64,120)	640
2006	88	Mansion on Peachtree	1,440	(15,000)	(13,500)	940
2007	47	Aquarium Hilton	90,000	(800,000)	(710,000)	780
2007	58	1515 Wynkoop	3,800	(200,000)	(196,200)	5160
2007	82	HP Data Center	20,000	(67,500)	(47,500)	240
2007	14	Savannah State	5,000	(2,000,000)	(1,995,000)	39900
2007	32	NAU Sciences Lab	1,000	(330,000)	(329,000)	32900

표 8: 여러 프로젝트에서 BIM을 통해 거둔 절감 효과 비교 [출처: Salman Azhar에서 발췌 - 참조: 9]

### 2.10 Lott + Barber Architects 사례 연구

Lott + Barber Architects[참조: 11]은 조지아주에 위치한 건축 및 기획 회사로 2004년에 BIM을 사용하기 시작했습니다. 생산성 향상 정도를 측정하기 위해, 이 회사는 규모와 범위가 비슷한 두 가지 프로젝트의 설계 프로세스에서 BIM을 활용한 경우와 기존의 CAD 프로그램을 활용한 경우에 소요된 시간을 비교해봤습니다. 아래 표에도 나와있지만, 설계 프로세스와 건설 시공 문서 작성 프로세스의 모든 주요 영역에서 생산성이 향상되었습니다.

작업	CAD (시간)	BIM (시간)	단축한 시간	시간 단축률
구조도 설계	190	90	100	53%
설계도 제작	436	220	216	50%
시공 문서	1023	815	208	20%
점검 및 조정	175	16	159	91%
총합	1824	1141	683	

표 9: 기존 CAD 중심의 설계와 BIM 중심의 설계 간 소요 시간 비교 [출처: Cadalyst 웹페이지 - 참조: 11]

## ▶ 2.11 Brittany Giel and Raja Issa 사례 연구

Brittany Giel and Raja Issa[참조: 12]는 유사한 두 가지 프로젝트 3세트를 근거로 한 3가지 사례 연구에서 수집한 데이터를 발표했습니다. 여기서는, 추가 서비스로, 시간 초과 및 변경 주문 비용을 줄여 얻을 수 있는 비용 효과를 근거로, BIM에 투자하기로 결정한 발주처의 잠재적 절감 효과를 산출했습니다. 다음은 사례 연구 3건 중 단 1건에 대한 데이터입니다.

프로젝트 세부 항목	프로젝트 1 (BIM 도입 전)	프로젝트 2 (BIM 도입 후)
계약 가격	\$10,701,967	\$11,799,071
원래의 소요 기간	13개월	14.6개월
지연 기간	2개월	0
계약 유형	설계 지원 (Design Assist)	설계/건축 (Design/Build)
이행 방법	GMP	총액
공사 면적	120,000 SF	66,926 SF
용도	주거 지원 시설	주거 지원 시설
층수	3	3
유닛수	131	80

표 10: BIM을 도입하기 전 프로젝트와 도입 후 프로젝트의 비교 [출처: B Giel et al - 참조: 12]

프로젝트 1에서는 변경 주문이 4건 있었는데, BIM을 활용했다면 막을 수도 있었던 사항입니다. 또, 건설 도면의 부정확성으로 인해 두 가지 유닛 유형의 발코니를 어쩔 수 없이 수정해야 했습니다. 또 한 가지 변경 주문은 지붕 배수구와 외벽 사이의 간섭이 원인이었습니다. 기타 건설 도면의 불일치 요소 때문에 출입문 몇 개의 크기를 변경했습니다. 뿐만 아니라, 조사 결과, 4시간짜리 화재등급 방벽 2개가 누락되었고 프로젝트 1의 완공이 2개월이나 지체된 것으로 나타났습니다. 이로 인한 변경 주문 때문에 외벽과 천장의 철거 비용과 이를 시정하기 위한 자재 및 인건비가 발생했습니다. 아마 BIM을 활용했다면 이러한 문제를 미리 발견할 수 있었을 것입니다. 아래 표에 나와 있는 것처럼, 프로젝트 1에서 BIM을 사용했다면 추정 ROI가 총 376%에 달했을 것입니다.

프로젝트 1 BIM: 추정 ROI	
비용 범주	금액
방지할 수 있었던 변경 주문의 직접 비용	
227 유닛과 228 유닛의 과잉 차폐	\$6,202
지붕 배수관 경로 변경	\$6,515
벽장/기계실의 출입문 크기 변경	\$833
4시간짜리 벽 재작업 및 시공	\$17,225
총합	\$30,775
BIM으로 방지할 수 있었던 일정 초과 60일의 간접 비용:	
시공업체의 1일 지연당 비용(일반 조건) (\$1410/일)	\$84,600
공사 대금 대출금에 대한 이자 5%를 적용한 1일 지연당 비용(\$1466/일)	\$87,960
1일 지연당 개발업체 관리 비용 (\$641/일)	\$38,460
1일 지연당 건축업체 계약 관리 추정 비용(\$214/일)	\$12,840
총합	\$223,860
총 추정 절감 비용	\$254,635
BIM 비용 (계약 가격의 0.5%)	\$53,510
BIM으로 인한 순수 절감 효과	\$201,125
ROI	376 %

표 11: BIM을 도입하기 전에 진행했던 프로젝트에서 BIM을 사용했다면 거둬들일 수 있었던 잠재적 절감 효과 [출처: B Giel et al - 참조: 12]

건설 준비 과정에서 BIM을 사용해 찾아낸 간섭 항목 개수를 근거로, 프로젝트 2에서 BIM을 사용할 경우의 ROI를 산출했습니다. 충돌 요소를 상당수 해결했는데, 대부분 축 상세도와 내부 치수 간의 차이가 원인이었습니다. 기존의 방식을 이용했다면, 프로젝트 일정이 1개월 남았을 때까지도 이러한 차이를 발견하지 못했을 것입니다. BIM을 활용한 건설 준비 과정에서는 서로 다른 유닛의 천장 높인들이 상이하여 발생하는 충돌과 구조 부재요소들 간의 충돌도 많이 드러났습니다(There were also many conflicts between the ceiling heights of several units and the structural disciplines that were revealed during preconstruction using BIM). 이러한 충돌 요소의 분석 결과를 토대로, 조정 시 BIM을 사용했다면 프로젝트 2에서 지연된 시간을 적어도 1개월 정도는 단축할 수 있었을 것이라는 결과를 얻게 되었습니다.

프로젝트 2 BIM ROI	
비용 범주	금액
BIM으로 방지할 수 있었던 일정 초과 30일의 간접 비용:	
시공업체의 1일 지연당 비용(일반 조건) (\$1554/일)	\$46,620
공사 대금 대출금에 대한 이자 5%를 적용한 1일 지연당 비용(\$1616/일)	\$48,480
1일 지연당 개발업체 관리 비용 (\$706/일)	\$21,180
1일 지연당 건축업체 계약 관리 추정 비용(\$235/일):	\$7,050
총 추정 절감 비용	\$123,330
BIM 비용 (계약 가격의 0.5%)	\$58,995
BIM으로 인한 순수 절감 효과	\$64,335
ROI	109 %

표 12: BIM을 활용한 프로젝트에서 얻을 수 있는 세부 절감 효과 [출처: B Giel et al - 참조: 12]

## ▶ 2.12 Russell Manning and John Messner 사례 연구

Russell Manning and John Messner[참조: 13]는 여러 의료 시설에서 수집한 데이터를 근거로, 두 가지 사례 연구 결과를 발표했습니다. 첫 번째는 8920 평방미터에 이르는 중동 소재 한 병원의 신축 공사이고, 두 번째는 미국에 위치한 6220 평방미터 규모의 한 의료 연구 시설의 리노베이션입니다. 수집한 데이터는 발주처가 계획 및 프로그래밍 단계에서 내부 프로젝트 진행에 도움이 될 수 있도록 BIM 프로그램을 어떻게 활용하고 있는지 그 활용 방법에 초점이 맞춰져 있습니다.

첫 번째 사례에서는, 병원 프로젝트를 원래 모듈식 고정 시설 솔루션으로 프로그래밍했고 기능과 운영 면에서는 표준 북미 지역 의료 센터로 설계했습니다. 프로젝트는 개념 구상, 프로그래밍, 인가, 계약 단계를 거쳐 약 29개월이 소요되었습니다. 한 CAD 건축 전문가가 완성한 관련 2D 평면도는 약 24개월 350시간 정도가 소요되었습니다. 하지만, 면밀하지 못한 여러 사유로 인해 전체 계획이 취소되었습니다. 발주처는 첫 번째 시도를 변경해 해당 지역의 기능 및 운영상의 현실에 더 부합하도록 만들고 완전한 모듈식 시설로 컨셉을 변경하기로 결정했습니다. BIM을 활용해 설계를 변경하는 데 약 44일에 걸쳐 214시간이 걸렸습니다. 여기에 명시되어 있지는 않아도 그 밖에 질적인 측면에서도 다양한 효과가 있었습니다.

두 번째 사례 연구 대상인 의료 연구소 공사는 기존 건물을 리노베이션하는 것이었습니다. 담당 팀은 기초 공사 계획을 수월하게 하기 위해 BIM을 활용하기로 결정했습니다. 그렇지 않았다면, AE(Architectural and Engineering)가 모든 사용자 집단이 동의할 수 있는 정확한 공간 사용률을 정하기 위해 노력하는 과정에서 발주처는 부지 조사로 1~2주 정도를 소비했을 것입니다. 뿐만 아니라, 과거의 프로젝트를 기준으로 할 때, 이번에는 약 100 man-hour 정도를 단축했는데, 이전에는 계약을 체결한 AE에서 그 만큼 더 걸렸을 시간입니다. 모든 변경 작업을 포함한 모델링 과정에서는 78.5 man-hour 가 소요되었는데 기존의 부서 공간 산출 결과와 비교할 때 약 20% 정도 man-hour 를 단축한 것으로, 비용 절감 효과로 따지면 약 62%에 이릅니다. 이전 사례와 마찬가지로, 그 밖에 다른 효과도 있었습니다.



## ▶ 2.13 Stefan Dehlin and Thomas Olofsson의 사례 연구

Stefan Dehlin and Thomas Olofsson[참조: 14]은 다각적 프로젝트 팀이 건설 프로젝트에서 ICT(Information & Communication Technology) 투자로 인한 효과를 평가하는 데 이용할 수 있는 구조로 프로젝트 지향 평가 모델을 개발했습니다. BIM을 명시적으로 활용하지는 않았지만 가상 현실(VR) 기반 건설 사례 연구를 통해서 그 효과를 계산했습니다. 연구 결과에 따르면, 이 기업은 아래 정리되어 있는 몇 가지 영역에서 개선 효과를 경험했습니다.

운영비 절감	목표 달성에 기여
인력 감축	서비스 효과
전체적인 생산성 이득	시간 효과
작업량 증가	정보 관리 개선
제품 품질	수익 향상

정량 데이터를 통해 다음과 같은 효과를 알 수 있습니다.

효과	정량화
인력 감축	EUR 1 280 K
간섭(감소)	EUR 1 200 K
더욱 정확히 조정된 현장 도면 덕분에 프로젝트 소요 기간 단축	EUR 6 000 K
프로젝트 조정	EUR 2 000 K
정보의 질 개선	EUR 50 K
프로젝트의 다양한 측면에 대한 더욱 정확한 통찰	EUR 100 K

표 13: BIM기반 프로젝트에서의 절감비용 분석 [Source: Stefan Dehlin - 참조: 14]

### 3. 건설 부문의 ROI 지표 – 기준

아직까지 기존의 CAD에서 BIM 기술로 전환할 때의 투자 및 투자수익에 대한 일관된 벤치마킹 기준이 제대로 마련되어 있지 않습니다. 더 넓게 볼 때, IT 투자는 일반적으로 평가하기가 어려운 것이 특징인데, 관련 비용과 효과를 수치화하기가 어렵고 가치 제안의 불확실성이 크기 때문입니다. 보통, IT 투자로 인한 효과는 무형의 질적 범주에 속합니다(예: 품질 개선, 결정력 강화, 완전한 데이터 이용 등). BIM 소프트웨어와 관련 프로세스를 구현할 때 발생하는 프로세스와 비용이 작지 않기 때문에, BIM을 도입하려면 실제로 사고 방식을 바꾸고 업계의 설계 및 건축 방식도 대대적으로 수정해야 합니다. 뿐만 아니라, 거의 모든 경우에 있어서, 관리자들도 BIM 기술 투자가 예산을 정하기도 전에 눈에 보이는 수익을 만들어낼 것이라는 사실을 증명해야 합니다.

일반적으로, BIM을 기반으로 하는 건설 프로젝트에서 ROI에 대한 근거는 조직이 다음과 같이 할 수 있도록 만드는 몇 가지 인자를 기준으로 합니다.

- BIM 투자가 조직의 성과에 미치는 영향을 충분히 이해
- 효과 실현을 계획, 감시, 성취하고 미래의 효과를 파악
- 효과 실현 과정에서 발생할 수 있는 리스크와 비용을 처리 및 완화
- 벤치마킹을 통해서 기타 IT 기반 투자의 실제 효과를 평가하는 데 반영할 수 있는 데이터를 수집

이러한 사실을 염두에 두고 본 자료에서 설명하고 있는 다양한 사례 연구 결과를 검토해 보면, 건설 부문의 ROI를 산출하는 데 적용되는 지표에 일관성이 없다는 사실을 확실히 알 수 있습니다. 일반적으로, 건설업계 고객들은 프로젝트를 한 번에 아무 결함 없이 효율적이고 안전하게 진행해 예산과 일정을 준수하기를 바라며, 담당 팀이 앞으로도 계속해서 프로젝트 비용과 소요 기간을 더욱 단축해 나가기를 기대합니다. 이런 상황에서, ROI 지표에 대한 합의에 도달하면, 조직의 성과를 산출하고 BIM 프로세스를 포용한 효과를 일관성 있게 이해할 수 있을 것입니다. 그러면, IT 관련 모든 기술 도입의 벤치마킹 목적으로도 이 성과 지표를 이용할 수 있어, 기업이 생산성 향상 목표를 달성하기 위해 노력할 때 중요한 요소가 될 것입니다.

여기서는 보통 핵심성과지표(KPI)라고 부르는 건설 벤치마크 지표의 광의의 개념이 위 단락에서 언급한 성과 지표와 일치하지 않을 수도 있다는 점에 주목해야 하는데, 그러한 KPI는 업계 기준(또는 평균)에 따라 특정 기업의 성과를 다른 기업들과 비교하는 데 이용할 수 있기 때문입니다. 그렇게 하는 목적은 KPI와 실제 기업의 성과 간의 차이를 밝히기 위한 것으로, 차이가 발생하면 이를 해결하기 위한 조치를 취해야 합니다. 반면, 이 보고서에서 보고한 각 사례 연구로 추론한 성과 지표들은 동일 회사 내에서 진행된 프로젝트 사례에 관한 것으로, BIM을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우를 비교한 것입니다. 이러한 성과 지표를 나타내는 수치의 합계를 기준으로 한 순수 이득이 비용 면에서 BIM의 투자 근거를 쉽게 정당화해줍니다. 뿐만 아니라, 이 보고서에 기록된 사례 연구 데이터는 투자수익의 한 단면만을 보여주는 반면(즉, 정형 데이터), BIM을 사용할 경우 운영과 유지관리를 포함한 프로젝트의 수명주기 단계가 진행되면서 효과가 지속될 것으로 기대됩니다.

BIM 및 기타 IT 관련 기술 투자에 적용할 수 있는 ROI 성과 지표를 공식화하려면 조직의 입력, 출력, 원하는 성과를 이해하는 것이 중요하며 이러한 지표는 조직의 최우선 목표와 밀접히 연계되어야 합니다. 아래 질문에 대한 답변을 통해 각 지표를 명확히 할 수 있습니다.

성과 지표가 측정 가능한가?

성과 지표가 심지어 유효한가?

성과 지표를 측정하는 것이 비용 효과적인가?

조직이 성과 지표에 영향을 미치는 인자를 통제할 수 있는가?

Coates et al.[참조: 15]에서 자세히 살펴본 것처럼, 위 질문을 기반으로 다음과 같은 많은 성과 지표에 도달할 수 있습니다.

- 프로젝트당 소요되는 man-hour: BIM을 활용한 한 프로젝트에 소요된 man-hour 와 동일 프로젝트에서 기존의 CAD 시스템을 사용했을 경우에 소요될 man-hour 를 비교합니다.
- 진행 속도: 소요시간이 중요한 것은 작업과 비용을 줄이고 현금 흐름을 개선할 수 있기 때문이며, 작업 처리 속도는 고객 만족도에도 영향을 미칩니다.

- 직원 1인당 수익: 대부분의 경우, 시설 운영을 포함한 많은 영역에서 아직 BIM의 가치가 입증되지 않았습니다. 고객들은 더 높은 가치를 바랄수록 보다 많은 비용을 지불할 것입니다.
- 단위 수익당 IT 투자: 건축 업체에서 IT를 이용하기 위한 기준이며 다양한 솔루션이 있을 수 있지만 반드시 솔루션 중 가장 유리한 것을 찾아내야 합니다.
- 현금 흐름: 현금 흐름이 양호하면 회사가 의무를 다할 수 있습니다. 프로젝트의 완성 속도를 높일수록 프로젝트비용을 더 일찍 받을 수 있습니다.
- 성과물 품질 개선: 궁극적으로, BIM은 실수를 줄이고 간섭을 검토해 제거하고 모델 점검을 자동화해서 건축 역량상의 문제를 줄여 보다 우수한 완성품을 만들어냅니다.
- 출장, 인쇄, 배송과 관련된 비용 절감: 발생하는 문제가 줄어들수록 출장 및 배송의 필요성이 낮아지고 도면 점검 시간이 단축되어 결국 인쇄 비용까지 절감할 수 있습니다.
- 입찰 승률: BIM은 판매 가능한 상품으로 간주할 수도 있으며, BIM의 모델링과 시각화 기능은 경쟁력을 높여 입찰에서 승리하는 데 유리할 수 있습니다.
- 고객 만족: 고객의 요구를 만족시키고 상호 이해를 구축하는 것이 중요한데, BIM은 고객의 소통 및 피드백을 더 수월하게 만들어, 궁극적으로 고객 만족도를 높여줍니다.

위와 같은 인자와 연계해, 영국의 성과 지표 실무 그룹[참조: 16]은 7가지 핵심 요소 즉, 시간, 비용, 품질, 고객 변경, 고객 만족, 사업 성과, 건강/안전으로 이루어진 프레임워크를 마련했습니다. 이러한 매개변수 중 일부는 성격상 질적 인자인데, 예를 들면, 고객 만족은 정량화할 수 있는 기준으로 삼기가 다소 어렵습니다. 물론, 정량화가 가능한 형태로 바꿀 수 있는 항목도 있습니다. 예를 들면, 수행한 재작업량을 이용해 품질(아마도, 품질의 부재)을 측정할 수 있고 늘어난 man-hour를 이용해 안전을 측정할 수 있습니다. 위 영국의 실무 그룹과 같은 개념을 바탕으로 해서, Patrick Suermann[참조: 7]은 다음과 같이 정량화할 수 있는 6가지 성과 지표를 마련했습니다.

- 품질 관리 (재작업 감소)
- 일정 준수 (지연 단축)
- 총 비용 (비용 절감)
- 유닛(평방피트)/ man-hour
- 비용/유닛(평방피트)
- 안전(지연된 man-hour 단축)

위에서 제시한 성과 지표는 비록 6개에 불과하지만, BIM과 관련된 투자 결정에 작용하는 주요 매개변수를 모두 포함하고 있는 것 같기 때문에 건설업체들은 이 6가지 기준을 벤치마크 매개변수로 삼아도 좋을 것 같습니다. 본 보고서에서 상세히 설명한 실제 사례에서는 위 기준 중 일부만 적용했다는 것도 흥미롭지만, 위에서 제시한 6가지 정량 기준을 모두 포함하고 있습니다. 일례로, 시각화를 통한 간섭 검토와 충돌 탐지로 재작업을 미연에 방지하고 품질을 높일 수 있습니다. 뿐만 아니라, man-hour도 단축해 총 비용을 절감할 수 있습니다. 이와 마찬가지로, 일정 단축과 RFI 및 변경 주문 감소도 총 비용 절감에 일조합니다. 또 다른 비용 인자로는 기존의 CAD를 사용한 프로젝트와 BIM 중심의 프로젝트에서 문서를 작성하는 데 드는 시간이 있습니다.

## 4. 결론

본 보고서의 핵심 사항을 정리해 보면 다음과 같습니다.

- 실제 건설 프로젝트와 관련 사례 연구에서 수집한 데이터를 보면, BIM에 투자할 가치가 있으며 거의 모든 경우에 플러스 투자수익을 안겨 주는 것을 알 수 있습니다.
- BIM 기술 구현과 관련해, ROI 지표는 소프트웨어, 하드웨어, 절차, 교육 및 데이터에 대한 투자를 기준으로 합니다.
- 본 보고서에서 제시한 사례 연구에서는 한 프로젝트(즉, 현재 진행중인 프로젝트)에만 해당하는 효과의 단면을 보여주고 있지만, BIM 사용 경험을 바탕으로 앞으로 있을 프로젝트에서 더 큰 효과와 가치를 거둘 수 있을 것입니다.
- BIM 중심의 프로젝트 진행은 최근에 들어서야 행해지기 시작한 방식이므로 아직 프로젝트의 전체 수명주기에서 얻을 수 있는 효과(그리고 BIM의 장기적 효과)를 수치로 나타내기에는 무리가 있으며, 근시일 내에 그러한 데이터를 참조할 수 있으리라 기대하는 것 또한 시기상조일 수 있습니다.
- 건설 프로젝트를 포함한 사례에서 투자수익을 산출할 때 이용할 수 있는 보편적이거나 일관된 지표는 아직 없습니다.
- 이전 단원에서 논의했던 6가지 지표는 BIM과 관련된 ROI를 산출하는 유형의 기준으로 삼을 수 있으며, BIM 기술을 도입하려는 거의 모든 기업이 이것을 이용할 수 있습니다.

## 5. 참고문헌

1. McGraw Hill SmartMarket 보고서 – The Business Value of BIM - 2010.
2. <http://bim.arch.gatech.edu/data/reference/HimesAquariumBIMreport.pdf> - BIM 사례 연구
3. Israel Kaner, Rafael Sacks, Wayne Kassian, Tomas Quitt “Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms” ITcon Vol. 13 (2008), pg. 303
4. Atul Khanzode, Martin Fischer, Dean Reed “Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project” , ITcon Vol. 13 (2008), pg. 324
5. Burcin Becerik-Gerber, Samara Rice, “The Perceived Value of Building Information Modeling in the US Building Industry” , ITcon Vol. 15 (2010), pg. 185.
6. Kristen Barlish, “How To Measure the Benefits of BIM” , Master of Science Thesis, Arizona State University, August 2011.
7. Patrick C. Suermann and Raja R.A. Issa, “Evaluating the Impact of Building Information Modeling (BIM) On Construction” , 7th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality: October 22-23, 2007.
8. B Giel, RRA Issa and S Olbina, “Return on Investment analysis of Building Information Modeling in Construction” , International Conference on Computing in Civil and Building Engineering 2010.
9. Salman Azhar, Michael Hein and Blake Sketo, “Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges” , McWhorter School of Building Science, Auburn University, Alabama
10. [http://images.autodesk.com/latin\\_am\\_main/files/bim\\_roi\\_jan07\\_1\\_.pdf](http://images.autodesk.com/latin_am_main/files/bim_roi_jan07_1_.pdf) “BIM’ s Return on Investment” .
11. <http://www.cadalyst.com/aec/the-five-fallacies-bim-part-1-1-2-3-revit-tutorial-3688>
12. Brittany Giel and Raja R.A. Issa, “BIM Return on Investment” , Journal of Building Information Modeling; Spring 2011.
13. Russell Manning and John I. Messner, “Case Studies In BIM Implementation for Programming of Healthcare Facilities” , ITcon Vol. 13 (2008), pg. 446
14. Stefan Dehlin and Thomas Olofsson, “ An Evaluation Model For ICT Investments In Construction Projects” , ITcon Vol.13 (2008), pg. 343
15. P. Coates, Y. Arayici, L. Koskela, M. Kagioglou and C. Usher & K. O’ Reilly, “The key performance indicators of the BIM implementation process” , Proc. Of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2010
16. KPI Report for The Minister for Construction By The KPI Working Group dated January 2000. Department of the Environment, Transport and the Regions.