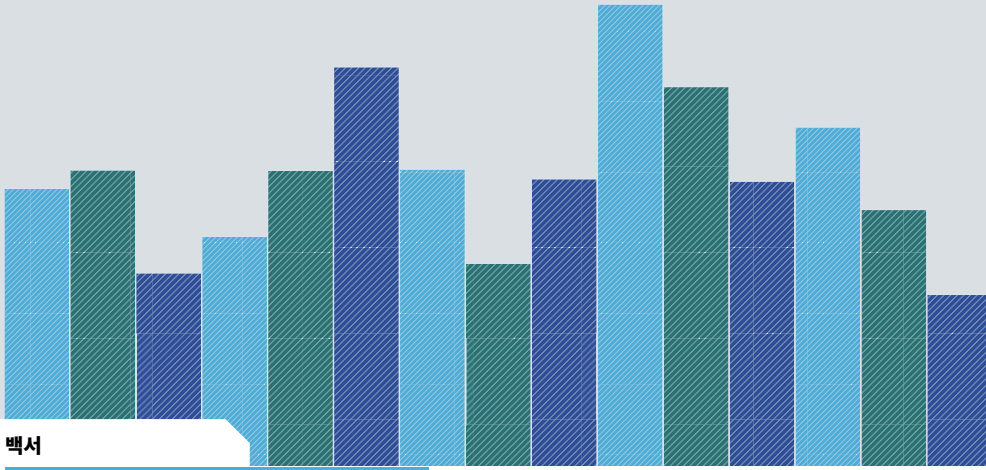


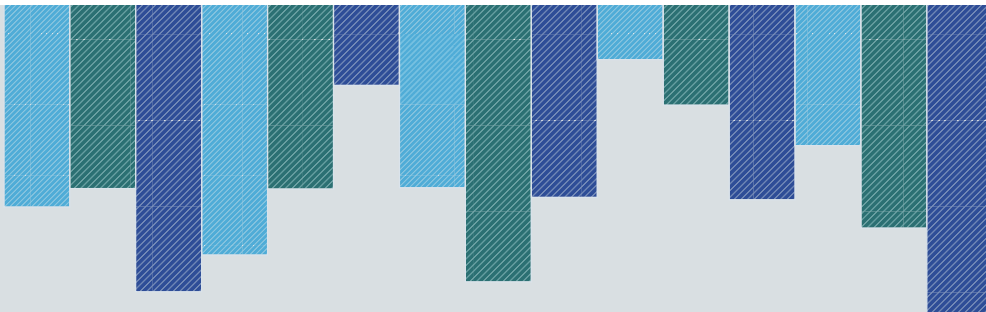


**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES



협력적인 공장 프로젝트에 방해가 되는 요소 제거



후원사 :

 **AUTODESK**

후원사의 한마디

B2B 산업과 B2C 산업 모두 제품과 서비스의 개별화, 기능성, 지속 가능성 측면에서 고객의 기대는 엄청나게 높아지고 있습니다.

단축되는 프로젝트 운영 시간과 증가하는 복잡성에 대처하기 위해 많은 기업에서는 이미 제품을 설계, 개발 및 엔지니어링하는 방식을 조정하고 있으며, 제품 수명 주기를 고려하고 민첩한 개발 방법, 동시 엔지니어링 및 시스템 엔지니어링을 채택하는 경우도 많습니다.

놀랍게도 공장은 여전히 매우 전통적인 방식으로 설계되고 건축되는 경우가 많습니다. 운영 및 유지 보수에 필요한 데이터조차도 영역별, 분야별, 데이터별로 파편화되어 다루어집니다.

높아지는 고객의 기대치에 부응하기 위해서는 불가피하게 로트 크기를 줄이고 시스템 전환을 자주하게 되기 때문에 적응력 있고 탄력적인 제조 운영이 어느 때보다 중요해졌습니다.

통합 및 협업의 측면에서 제품 설계 및 엔지니어링에는 이미 적용된 단계가 이제 제조 운영에도 필요한 시점이라고 우리는 생각합니다. 공장에 대한 포괄적인 디지털 트윈의 모든 잠재력을 활용하기 위해서는 공장 인프라 및 빌딩 정보와 같은 분야가 생산 시스템 데이터와 통합되어야 합니다. 또한 중복 및 부가가치가 없는 작업을 피하기 위해 여러 관계자가 각기 다른 단계에 참여하는 경우에도 전체 생산 수명 주기에 걸쳐 데이터를 재사용해야 합니다.

디지털화는 제조업체가 새로운 시대로 공장을 이끌어 갈 수 있게 해줍니다. Harvard Business Review Analytic Services에서 진행한 이 연구에서는 업계 현황에 대한 유용한 인사이트와 통합 공장 모델을 이용해 기존 또는 계획된 제조 운영의 성공적인 미래를 준비하는 데 도움이 되는 몇 가지 가이드를 제시합니다. 저는 독자들이 변화하는 시장 환경에 대응하면서 이 보고서에서 소개하는 업계 리더들의 사례를 살펴보시기를 바랍니다.



스리나스 요날라가다
(Srinath Jonnalagadda)
산업 전략, 설계 및 제조 부문 부사장
오토데스크

협력적인 공장 프로젝트에 방해가 되는 요소 제거

신제품, 고객의 기대, 경쟁 압박으로 인해 제조업체는 리트로피트(Retrofit) 또는 그린필드 건설을 통해 현재의 작업 방식을 반복적으로 재구성해야 하므로 공장에는 끊임없이 변화가 발생합니다. 또한 이러한 프로젝트를 수행하는 동안 시간과 예산에만 집중되었던 기존 목표는 이제 지속 가능성 및 효율적인 인력 활용, 인더스트리 4.0 요구사항에 이르기까지 새롭고 다양해졌습니다.

프로젝트의 복잡성은 점점 더 가중되고 있지만 공장 프로젝트를 계획하고 관리하는 데 사용되는 프로세스는 이에 맞춰 발전하지 않았습니다. 공장 프로젝트에는 제조업체 내부 팀은 물론, 여러 설계 및 시공 파트너의 팀이 광범위하게 참여하며, 모두 건물 계획, 생산 엔지니어링 및 지속적인 운영에 중점을 둡니다. 이러한 팀과 이들이 작업을 완료하는 데 사용하는 도구 및 데이터가 공동으로 작동하기 보다는 서로 독립적으로 작동하여 비용 증가, 예산 초과, 시간 지연 등의 문제가 발생하는 경우가 너무 많습니다.

독일 폴다에 본사를 두고 자동차 업계에 엔지니어링 서비스를 제공하는 업체인 EDAG Production Solutions의 스마트 공장 플래닝 방법론 부문 선임 기술 전문가 프랭크 브라이텐바흐(Frank Breitenbach)는 다음과 같이 말합니다. "시공과 플랜트 엔지니어링은 지금까지 제대로 조율될 필요가 없었던 별개의 두 분야입니다. 이러한 분야가 효율적으로 함께 성장하기 위해서는 대부분의 기업에서 패러다임의 전환이 필요합니다."

공장 설계 및 시공 프로젝트에 제대로 조율된 다분야 접근 방식을 적용하여 이러한 간극을 메우고 건축, 운영, 기계, 전기 및 배관 프로젝트 팀이 긴밀하게 협업하여 프로젝트 관련, 운영 및 장기적인 비즈니스 목표를 극대화하면서 지연, 비용 및 의사소통의 오류를 최소화할 수 있습니다. 이를 위해 제조업체와 산업 시공 회사는 새로운 계획 및 워크플로우 패러다임을 채택하고, 데이터를 더욱 스마트하게 사용하며, 시공이 완료된 후에도 오랫동안 건물에 영향을 미치는 보다 효율적인 협업 워크플로우 기술을 활용하기 위해 노력하고 있습니다. 이러한 비전을 달성하면 미래의 공장은 훨씬 더 변화가 용이하고 탄력적인 환경을 갖추게

주요 내용

지속 가능성, 디지털화에 대한 기대, 인더스트리 4.0 개념을 지원하는 스마트 공장에 대한 열망을 포함해 공장 시공 프로젝트에 대한 RFP(제안 요청)가 점점 더 많아지고 있습니다.

이렇게 진화하는 요구사항에도 불구하고 **공장 신축 또는 리트로피트를 플래닝하고 구현하는 데 사용되는** 프로세스와 워크플로우가 항상 이러한 변화에 보조를 맞추지는 못했습니다.

기술은 제조업체와 계획 및 생산 파트너가 보다 원활하고 효과적인 공장 플래닝 및 시공 방법을 찾기 위해 노력하는 **중에 도구, 데이터 및 협업**과 관련하여 사일로 문제를 해소하는데 도움이 되는 핵심 요소입니다.

되고, 자체적인 유지보수 비용을 최소화하고 시설을 최적화하면서 시장 변화에 민첩하게 대응할 수 있게 됩니다.

독일 알렌도르프에 기반을 둔 난방, 냉방 및 기후 솔루션 제조업체인 Viessmann Group의 CEO 막시밀리안 비스만(Maximilian Viessmann)은 이렇게 말합니다. "효율성이 높은 공장을 구축하려면 정확한 상황에 맞는 올바른 의사 결정을 내리기 위한 실시간 데이터가 필요합니다. 우리는 파트너와 사용자를 위해 빠르게 행동할 수 있을 때 시장에서의 입지를 넓힐 수 있습니다. 인더스트리 4.0은 이러한 속도를 가능하게 하며, 결과적으로 우리의 미래를 열어 줍니다."

새로운 세상, 새로운 압박

공장은 현재의 요구를 충족하기 위해 시설, 생산 라인, 개발 프로세스 및 운영 방식을 조정하면서 끊임없이 발전을 거듭해야 했습니다. 이러한 공장 신축 또는 리트로피트를 유발하는 대표적인 동인으로는 신제품 출시, 제품 품질 또는 생산 효율성 개선의 필요성, 수요 변화, 지속적인 개선, 장비 교체 등이 있습니다. 기본 제품의 파생품 또는 로트 크기 축소에 대한 필요성, 대량 개인화 증가, 화석 연료에서 보다 지속 가능한 에너지원로의 전환, 자재 부족을 수용하거나 시장에 더 가까운 곳에서 생산하거나 인력 부족에 맞서 필요한 인력을 최소화해야 하는 필요성 등 업계 관련 동향도 요인이 될 수 있습니다. McKinsey & Co.의

2020년 6월 연구 "The Next Normal in Construction"에 따르면 응답자 중 87%가 숙련된 인력 부족이 업계에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 꼽았습니다. 그러나 75% 이상이 10년 이내에 지속 가능성, 작업 현장 안전 규정, 보다 유연하고 디지털 효율적인 구조가 업계에 대규모로 영향을 미칠 것이라고 답했습니다. **그림 1**

그러나 이러한 동인과 함께 설계 팀에 추가적인 요구를 부과하는 또 다른 요구사항도 있습니다. 지속 가능성, 디지털화에 대한 기대, 인더스트리 4.0 개념을 지원하는 스마트 공장에 대한 열망을 포함해 공장 시공 프로젝트에 대한 RFP(제안 요청)가 점점 더 많아지고 있습니다. 또한 제조업체들은 특히 리트로피트 프로젝트에서 프로젝트 속도를 높이고 싶어하며, 가동 중단 시간을 최소화하고 시장 출시 시간을 단축하여 경쟁력을 확보해 왔습니다.

"지속 가능성은 과거보다 훨씬 더 핵심적인 부문이 되었습니다"라고 펜실베이니아 주 베들레헴에 위치하고 생산을 위한 통합 컨설팅, 설계 및 계획 서비스 프로젝트를 진행하는 경영 컨설팅 업체인 io-consultants의 상무 이사이자 파트너 루퍼트 호이셸(Rupert Hoecherl)은 말하며 다음을 덧붙입니다. "지난 몇 년 동안은 자발적인 접근 방식에 가까웠지만, 이제는 훨씬 더 많은 부분이 정의되고 제도화되고 있으며, 일부 영역에서는 규제 요건이 되었습니다."

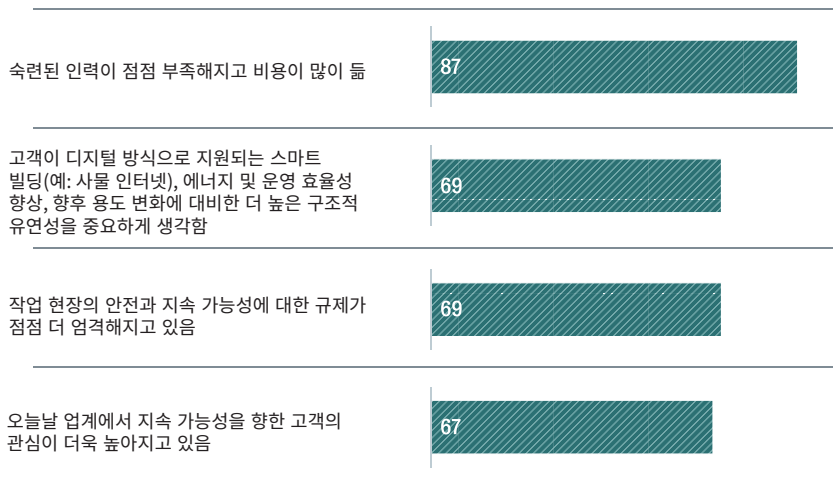
점점 더 많은 제조업체들이 디지털화, 스마트 공장 또는 인더스트리 4.0 개념의 필요성을 언급하고 있습니다. 고객은 이러한 용어의 의미에

그림 1

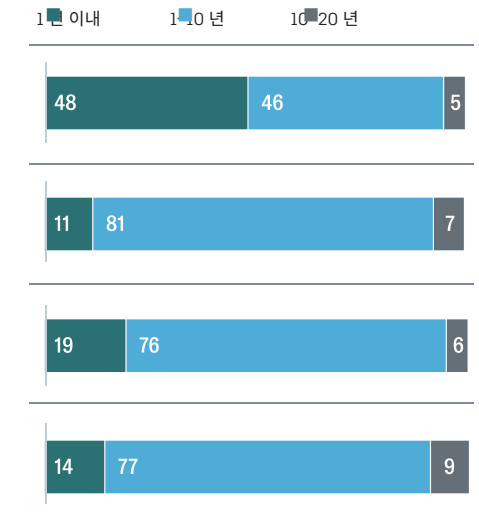
시공 프로젝트를 복잡하게 만드는 시장 요소

부족한 인력, 스마트 빌딩, 안전 및 지속 가능성 규정이 주요 문제임

시공 산업에 미치는 가장 큰 영향
응답자 비율



시장 특성의 이러한 변화가 대규모로 영향을 미칠 시기
응답자 비율



출처 : McKinsey & Co., 2020년 6월

대해 다양한 정의를 갖고 있으며, 초기 프로젝트 단계에서 이에 대한 오해가 없도록 명확히 해야 한다고 EDAG의 브라이언바흐는 말합니다. 그리고 인터스트리 4.0 요구사항에는 지속 가능성에 대한 관심이 점점 더 많이 반영되고 있다고 브라이언바흐는 다음과 같이 말을 덧붙입니다.

"인터스트리 4.0은 궁극적으로 생산 시스템 내에서 그리고 그 이상에서 일관된 수평 및 수직 네트워킹을 만들어냅니다. 제 생각에는 새로운 것인데, 여기에는 최근에 건물이 포함되었습니다. 결국 공장에 공간, 체적 및 운영 자재를 공급하는 것은 건물입니다. 건물은 배출 가스를 처리해야 하고, 결과적으로 기계에도 환경적인 영향을 미칩니다."

가장 최근에는 팬데믹으로 인한 예상치 못한 시장 및 공급망 문제로 인해 속도에 대한 요구사항이 더욱 심화되었습니다. "우리는 지역적 또는 국제적 제한과 관련하여 팬데믹 기간 동안 극심한 변동을 목격했습니다. 이러한 [변동]으로 인해 리트로피트 프로젝트를 위해 생산을 일시 중지할 적절한 시기를 파악하는 것이 특히 어려워졌습니다"라고 Viessmann Group의 비스만은 말합니다.

공장 플래닝 프로세스의 격차

이렇게 진화하는 요구사항에도 불구하고 공장 신축 또는 리트로피트를 플래닝하고 구현하는 데 사용되는 프로세스와 워크플로우가 항상 이러한 변화에 보조를 맞추지는 못했습니다. 사실 공장은 분명히 복잡한 시스템이며, 자동화와 기술의 발전으로 인해 점점 더 복잡해지고 있습니다. 복잡성과 단절된 워크플로우가 증가하면서 시공 과정의 조정이 더욱 어려워지고 있습니다.

오스트리아 그라츠에 기반을 둔 자동차 제조업체인 Magna Steyr의 공장 설계자 로버트 오스터만(Robert Ostermann)은 이렇게 말합니다. "공장은 건물만으로 구성된 것이 아닙니다. 컨베이어 시스템, 수많은 철골 구조, 기계 장비 등이 많이 있습니다. 공장은 BIM(빌딩 정보 모델링) 프로세스 이상이며, 이 전체 디지털 스펙트럼을 조정하거나 유지하는 프로세스는 아직 보편화되지 않았습니다."

기존의 접근 방식은 대부분 순차적인 경우가 많습니다. 즉, 한 팀이 작업을 완료한 후 작업 결과물을 다음 팀에 넘기는 방식입니다. 사용하는 데이터와 도구가 서로 분리되어 있는 경우가 많으며, 이로 인해 비용이 많이 드는 형식 변환 작업이 필요하고 변경 사항과 후속 조치를 관리하기 위해 수많은 이메일을 주고받아야 합니다. 특히 한 단계에서 다음 단계로 넘어가는 과정에서 의사소통의 격차가 불가피합니다.

의사소통에 격차가 생기는 원인은 다양합니다. 독일 아헨에 위치한 RWTH Aachen University의 공장 플래닝 부문 수석 엔지니어 마티아스 다나펠(Matthias Dannapfel)은 중소기업의 경우 새로운 공장 프로젝트를 시작하는 데 10~15년이 걸리는 경우가 많기 때문에 플래닝 프로세스가 최신이 아니거나 존재하지 않을 수 있다고 말합니다. "대기업의 경우 장기적인 요구사항을 충족하고 이러한



"디지털화 덕분에 사람들은 정보를 쉽게 복제할 수 있게 되었지만, 제대로 된 관리 없이 진행되는 복제로 인해 정보에 대한 신뢰를 잃고 있습니다" 라고 Kingspan Group의 BIM 전략 책임자 브라이언 글랜시는 말합니다.

요구사항을 공장 구조에 적용하는 방법을 찾는 데 어려움을 겪는 경우가 많습니다. 시장 환경이 역동적이기 때문에 기존의 생각을 버려야 합니다. 도전의식을 가지고 생각하는 방식과 공장을 구성하는 방식을 획기적으로 바꿔야 합니다."

문제는 내부에만 국한된 것이 아닙니다. 공장 프로젝트에는 내부 및 외부 팀 간의 조정이 필요하며, 건물 자체 작업 팀과 내부에 들어갈 프로세스 및 장비에 중점을 두는 팀으로 나뉘는 경우가 많습니다. 각각의 팀은 일반적으로 작업에 자체 도구와 데이터 저장소를 사용합니다.

다나펠은 이렇게 지적합니다. "모든 사람이 제각기 다른 소프트웨어 도구를 사용하며, 서로 정보를 제공하거나 공급할 수 있는 명확한 인터페이스가 없습니다. 따라서 우리는 가져오려는 모든 정보가 다음 팀과 후속 팀에 전달되도록 수동 재작업이나 수동 커뮤니케이션을 거치는 동안 많은 정보 손실을 겪게 됩니다. 이는 매우 비효율적인 프로세스입니다."

Magna Steyr의 오스터만은 이렇게 덧붙입니다. "우리가 개선할 수 있는 것은 프로세스, 모델 조정 및 공장 설계의 발전 방식에 대한 커뮤니케이션입니다. 여러 시스템으로 분리되어 커뮤니케이션이 제대로 이루어지지 않는 것이 아니라, 하나의 모델에서 직접적인 커뮤니케이션이 이루어져야 합니다."

커뮤니케이션에 걸림돌이 되는 장애물을 해결하는 한 가지 방법은 단일 CAD(Computer-Aided Design) 환경에서 수집할 수 있도록 이질적인 데이터를 변환하는 것이었지만 이는 비용이 많이 듭니다. 그리고 커뮤니케이션과 변경 요청은 이 환경 외부에서 발생하는 경향이 있어 지연과 오류가 발생하고 한 시스템에 대한 변경 사항이 다른 시스템에 자동으로 제공되지 않습니다. 커뮤니케이션이 원활하지 않으면 서로 다른 플래닝 프로세스를 동시에 엔지니어링하려는 노력에도 차질이 생기게 됩니다.

대부분의 공장은 1990년대 이후로 상당 부분 디지털화되었지만, 대부분의 데이터는 사용되지 않았으며 공장을 플래닝, 구축 및 유지하는 데 사용되는 도구 사이에 단일 데이터 표준을 만들려는 시도는 더디게 진행되었습니다.



"여러 분야를 아우르는 팀만이 모든 운영 프로세스를 원활하게 통합해야 하는 문제와 복잡성을 관리할 수 있습니다. 전체 가치 사슬에 대한 주요 수치를 정기적으로 확인하고 프로세스를 자주 시뮬레이션함으로써 필요한 지표를 달성하고 프로젝트 목표를 달성할 수 있습니다"라고 Viessmann Group의 CEO 막시밀리안 비스만은 말합니다.

아일랜드 킹스코트의 건축 자재 제조업체 Kingspan Group의 BIM 전략 책임자 브라이언 글랜시(Brian Glancy)는 이렇게 말합니다. "디지털화 덕분에 사람들은 정보를 쉽게 복제할 수 있게 되었지만, 제대로 된 관리 없이 진행되는 복제로 인해 정보에 대한 신뢰를 잃고 있습니다. 이것이 바로 우리가 정보에 대한 거버넌스 절차를 확실히 하려고 노력하는 이유입니다."

비슷한 맥락으로, 톨셋의 일부로 설계 데이터를 생성하는 몇몇 기술 회사는 다른 개발자들이 지원하는 개방형 표준을 만들려는 시도에 저항해 왔습니다. "저는 이것이 가장 큰 문제 중 하나라고 생각합니다. 이는 공장 자체에 대한 전체적인 관점에 대해 이야기할 때 BIM과 디지털 공장에서 제공하는 모든 이점을 얻고자 할 때 해결해야 할 문제입니다"라고 브라이언텐바흐는 말합니다.

RWTH Aachen University에서 발표한 "An Approach to the Analysis of Causes of Delays in Industrial Construction Projects through Planning and Statistical Computing"이라는 제목의 학술 논문에 따르면, BIM은 건축 계획 프로세스와 시공 계획 프로세스 간의 단절을 해결하기 위해 특별히 설계되었지만 공장 플래닝보다 주택 및 공공 건물 시공에 훨씬 더 많이 사용되었습니다. 이 논문을 뒷받침하기 위한 연구에서는 "(1) 성숙도 수준 사양이 누락되고 (2) 데이터 관리 표준이 누락되어 공장 플래닝 프로젝트에서 구현이 부족"한 것으로 나타났습니다.

하지만 모든 당면 과제가 기술적인 것만은 아니라고 브라이언텐바흐는 말합니다.

데이터 공유와 이를 통한 협업이 더 많이 이루어짐에 따라 다양한 팀은 새로운 작업 방식을 도입하는 데에도 힘써 합니다. "우리 프로젝트, 정기 회의에는 회의 문화와 회의 구조가 필요합니다. 그래야 사람들이 서로 소통하고 정보를 교환하도록 유도할 수 있습니다."

플래닝 공백으로 인한 비용

공장 플래닝 및 시공 프로세스에 결함이 있으면 여러 차원에 걸쳐 제조업체에 비용이 발생하게 되며, 이는 프로젝트 자체뿐만 아니라 장기적으로 공장 운영 및 유지보수에 영향을 미칠 수 있습니다.

io-consultants의 호이셀은 이렇게 말합니다. "결국 영향은 항상 범위, 시간, 예산 사이 어딘가에 있습니다. 간과되거나 프로젝트 후반에

조정이 필요한 경우 일정은 물론, 예산까지 영향을 미칠 수 있습니다. 한 가지 해결책은 이러한 영향을 완화하기 위한 노력으로 범위를 다시 생각하는 것입니다. 심각한 실수나 설계 결함으로 인해 설치 용량의 의도치 않게 줄어든 수 있고 건물의 유용성과 수명이 잠재적으로 제한될 수 있습니다."

호이셀은 이렇게 덧붙입니다. 프로젝트에 포함될 수 있는 장비 또는 기술의 양이나 그 유형의 절충은 더 많은 인력 고용이나 기술적 이점 손실을 의미할 수 있지만 다행히 제품 자체의 품질은 일반적으로 영향을 받지 않습니다.

그 밖의 영향으로는 공급업체 통합 실패, 자주 재엔지니어링해야 하는 문제, 효율성 손실 등이 있습니다.

기존의 방식으로는 성공적으로 완료된 시공 프로젝트라고 하더라도 건물의 지속가능한 수명에 미치는 영향 측면에서는 공장 설계가 달성하려는 목표에 미치지 못합니다. 모델링, 공장 및 생산 장비 제작 방법에 대한 시각적 계획 수립, 물리적 자산의 정확한 디지털 복제본을 생성하는 디지털 트윈과 같은 새로운 개념의 이점 없이는 설계 선택에 적용된 결정 및 세부 사항에 대한 디지털 기록을 유지하기가 더 어렵습니다. 데이터가 부족하면 향후 수정 비용이 더 많이 들고 어려워집니다.

통합 공장 비전

완전히 통합된 공장 설계 프로세스의 개념은 미래 공장 자체에 대한 비전에 기반을 두고 있습니다. 공장을 구축하는 방식은 유연성, 지속 가능성, 인텔리전스와 관련된 목표를 포함해 목표를 달성하는 능력에서 점점 더 큰 역할을 합니다.

"지속 가능성, 생산성, 글로벌 인프라 등 모든 측면에서 매우 효율적이고 유연한 공장을 갖추는 것이 절대적으로 필요합니다. 이러한 효율성과 유연성은 우리의 회복 탄력성의 기초입니다"라고 비스만은 말합니다. 이러한 측면을 달성하면 플래닝 프로세스로 직접 연결됩니다.

비스만은 이렇게 덧붙입니다. "협업이 지원되는 통합된 공장 플래닝 영향은 엄청납니다. 여러 분야를 아우르는 팀만이 모든 운영 프로세스를 원활하게 통합해야 하는 문제와 복잡성을 관리할 수 있습니다. 전체 가치 사슬에 대한 주요 수치를 정기적으로 확인하고

프로세스를 자주 시뮬레이션함으로써 필요한 지표를 달성하고 프로젝트 목표를 달성할 수 있습니다."

또한 공장의 디지털화는 서로 간섭하는 두 개의 파이프나 차지할 공간을 올바르게 설계하는 데 중요한 기계 부품에 대한 잘못된 형상 데이터와 같은 잠재적인 계획 문제의 위험을 완화해 줍니다. 초기 단계에서 팀 간 협업을 통해 이러한 문제를 해결하면 시공 단계에서 문제가 발생할 경우 초래될 수 있는 수천 달러에 달하는 현장 문제 해결 비용을 절약할 수 있습니다. 시공 프로세스 외에도 설계 프로세스를 매끄럽게 통합하고 디지털화하면 공장 운영 시작과 공장의 지속적인 사용을 개선할 수 있습니다.

"우리는 물리적 모델을 만들기 전에 기존의 모든 아이디어를 디지털에서 먼저 탐색합니다"라고 Kingspan의 글랜시는 말하며 다음을 덧붙입니다. "디지털 모델이 있으면 발전된 AR(증강 현실), VR(가상 현실) 등의 기술을 통해 이러한 건물을 둘러볼 수 있고 장비가 실제 현장에 설치되기 전에 운영자에게 장비에 대한 교육을 제공할 수도 있습니다. 이러한 [기능]은 운영 시작 개선, 교육 개선, 품질 개선 측면에서 엄청난 향상을 가져올 것입니다."

공장이 변화할 때마다 디지털 모델도 함께 업데이트된다면 공장의 역사를 담은 살아있는 일지가 되어 이러한 이점도 유지될 것입니다. 디지털 트윈과 같이 완벽하게 구축된 모델은 선제적인 유지보수 촉진부터 리트로피트 가속화, 제한된 수정이 미치는 영향 시뮬레이션, 재료 및 설계 자체의 성능 분석에 이르기까지 모든 작업을 지원할 수 있습니다.

"저는 사람들이 지금보다 미래에 건물의 더 많은 측면을 이해하는 데 더 많은 가치를 부여할 것이라고 생각합니다"라고 글랜시는 말합니다.

공장 설계 프로세스 간소화

미래의 공장에 대한 비전이 발전했음에도 불구하고 공장 설계 및 시공을 계획 및 실행하는 현재 프로세스와 최종 상태 사이에는 여전히 격차가 있습니다. 지난 몇 년간 제조업체들은 프로세스를 통합하고 간소화하기 위해 다양한 솔루션을 강구했으며, 이제 플래닝 프로세스의 많은 단계가 자동화, 전산화, 디지털화되고 조건 검사가 수행됩니다. 이러한 발전은 도입 당시 효과적으로 작동하기에는 기술적 역량보다 너무 앞서 있었음에도 불구하고 오늘날 혁신의 기초로 작용합니다.

"1990년대에 그들은 CIM(Computer-Integrated Manufacturing)에 대해 얘기했습니다. 이 아이디어는 3D 모델인 CAD 모델을 만들고, 부품을 생산하는 기계로 직접 가져오는 것으로 매우 좋은 아이디어였습니다. 하지만 90년대에는 소프트웨어가 그 정도로 성숙하지 않았습니"라고 브라이언바흐는 설명하며 다음을 덧붙입니다. "우리는 1990년대부터 디지털 공장으로 시작했습니다. 디지털 공장은 공장에 대한 전체적인 관점을 가지고 제품, 제조 프로세스, 인력, 기계, 로봇을 비롯해 공장 운영을 가능하게 하는 기타 리소스가 결합된 결과물입니다."

오늘날 소프트웨어, 데이터 및 통신 기술은 이러한 개념을 따라잡았습니다. 전문가들은 BIM(빌딩 정보 모델링) 프로세스, 디지털 트윈, 카메라 및 센서, AI(인공 지능), ML(머신 러닝), 심지어 증강 현실과 가상 통합되고 협력적인 공장 설계 프로세스를 뒷받침 할 것이라고 기대합니다. 점점 더 많은 기업들이 설계 작업을 실시간으로 조정할 수 있게 될 것입니다.

Aachen University에서 발표한 논문에서는 BIM을 공유된 건물 관련 데이터베이스를 관리하여 계획, 시공 및 운영 중인 시설 관리를 용이하게 함으로써 시공 프로젝트의 모든 관계자를 통합하는 방법론으로 정의합니다.

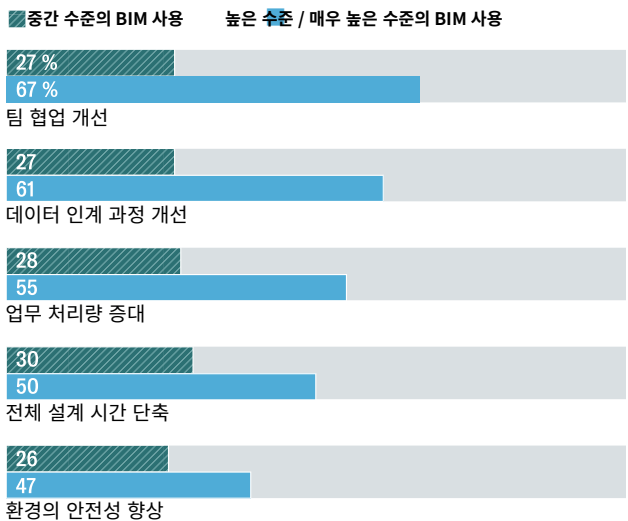
Dodge Data & Analytics의 조사에 따르면 BIM을 많이 또는 아주 많이 사용하는 작업을 수행하는 설계자는 중간 정도로 사용하는 설계자보다 모든 면에서 이점을 경험하고 있다고 답한 비율이 훨씬 더 높았습니다(팀 협업 개선(67% 대 27%), 데이터 인계 과정 개선(61% 대 27%), 업무 처리량 증대(55% 대 28%)). **그림 2**

하지만 BIM을 생산까지는 확장되지 않는 프로세스로 생각하는 사람들이 있습니다. Magna Steyr의 오스터만은 이렇게 말합니다. "우리는 BIM 프로세스를 갖추고 있지만, BIM은 건물 설계에만 활용되었습니다. 하지만 Magna에는 공장이 있죠. BIM을 건물 설계에 활용한 것처럼 전체 공장 설계에도 적용하여 좋은 결과를 보고자 합니다."

그림 2

협업이 BIM의 설계 이점에서 1위를 차지

BIM(빌딩 정보 모델링)을 높은 수준 및 매우 높은 수준으로 사용하는 설계자가 보고한 가장 큰 이점



출처 : Dodge Data & Analytics, 2021 년



"디지털 트윈은 업계 변화의 핵심이며 BIM은 변화의 과정입니다. 이를 활용하여 프로젝트를 완벽하게 디지털에서 구현한다면, 물리적으로도 완벽히 구현할 수 있습니다"라고 Kingspan의 글랜시는 말합니다.

이제 필요한 것은 BIM의 이점은 전체 프로젝트로 확장하여, 건물 및 건물 내에 들어갈 기계와 장비 설계에 대한 통합적인 플래닝을 할 방법을 찾는 것입니다.

통합 공장 모델 도입

디지털 트윈과 3D 공장 모델은 공장 설계의 현재 상태에서 완전히 통합된 설계 프로세스로 발전하는 데 도움이 되는 유용한 도구로 자리 잡았습니다. Juniper Research¹에 따르면 제조업은 2021년에 디지털 트윈 배포에 있어서 전체 기술 지출의 34%를 차지하여 가장 큰 단일 부문이 될 것입니다.

디지털 트윈이라는 용어는 제조 산업 전반에 걸쳐 다양한 정의로 사용되고 있습니다. 어떤 사람들은 디지털 트윈이라고 하는 것을 다른 사람들은 고급 혹은 3D 모델이라 말하기도 합니다. Digital Twin Consortium은 전문가들을 한데 모아 이 용어를 정의했는데요.² 이 정의에서 디지털 트윈은 현실의 독립체 혹은 프로세스를 구체적으로 지정된 수치와 정확도로 동기화하여 가상 세계에서 그대로 구현해 낸 것으로 설명합니다. 디지털 트윈은 실시간 데이터와 과거 데이터를 사용하여 과거와 현재를 표현한 다음, 원하는 결과에서 영감을 얻고 종종 특정 사용 사례에 맞게 조정되는 예측된 미래를 시뮬레이션합니다. 디지털 트윈은 통합을 통해 구동되고, 데이터를 기반으로 하며, 분야별 지식을 가이드로 삼고, IT/OT 시스템에서 구현됩니다.

전문가들은 디지털 트윈이 전체적인 이해와 최적의 의사 결정, 효과적인 작업을 가속화하여 비즈니스 및 공장 프로젝트를 혁신할 잠재력이 있다고 믿습니다.

McKinsey & Co.의 연구에 따르면 "기업은 시공이 이미 진행된 상태에서 설계를 마무리하는 것이 아니라 프로젝트 초기에 BIM(빌딩 정보 모델링)을 사용하여 완전한 3차원 모델('디지털 트윈')을 생성하고 일정 및 비용과 같은 레이어를 추가함으로써 효율성을 높이고 설계 단계를 가치 체인의 나머지 부분과 통합할 수 있습니다."³ McKinsey는 BIM과 디지털 트윈의 사용이 시공 프로젝트 중에 발생하는 의사 결정의 시퀀스와 위험을 실질적으로 변화시키고 기존의 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 모델에 의문을 제기할 것이라고 주장합니다.

이러한 고급 모델을 진행 중인 공장 설계에 도입하면 관계자들이 모든 각도에서 2D 및 3D로 구조물을 탐색하고 볼 수 있으며,

시각적으로 드릴다운하여 특정 피쳐를 확인하고, 지정된 항목과 관련된 사양에 액세스하고, 지정된 요소에 대한 변경 내역을 추적하는 등 다양한 작업을 수행할 수 있습니다.

호이셀은 이렇게 말합니다. "io-consultants의 공장 설계자들은 의사 결정 프로세스가 더욱 즉각적으로 이루어지고 설계 프로세스의 다양한 단계에서 가상 시나리오를 처리할 수 있다는 사실에 매우 기뻐하고 있습니다."

'진정한' 디지털 트윈에서는 공장 자체에 내장된 센서가 데이터를 지속적으로 수집하여 실제 건물과 동기화된 최신 상태를 항상 유지하므로 시공 후 사용 사례를 구축할 수 있습니다. 공장 운영에서 디지털 트윈이 지속적으로 사용되는 다른 사용 사례로는 장비 고장으로 인해 어떤 공간이 영향을 받을 수 있는지 이해하고 자산 및 시스템의 실제 성능을 기대치와 비교하는 것 등이 있습니다. 이 정보는 이벤트를 예측하여 가용성을 높이고 ROI(투자 수익)를 극대화하기 위한 의사 결정을 내리는 데 도움이 될 수 있습니다.

비스만은 회사에서 폴란드 레그니차에 위치한 신규 열 펌프 생산 현장의 계획, 설계 및 건축 단계에서 커뮤니케이션과 협업을 개선하기 위해 디지털 트윈을 사용하고 있다고 말합니다. 실제 공장 레이아웃을 확인함으로써 이 업체는 프로젝트의 초기 단계에서 공간 사용, 병목 현상 및 디지털 세계에서 발생할 수 있는 내부 '트래픽 잼(traffic jam)'과 관련된 충돌을 식별하고 해결하며, 이러한 문제를 나중에 발견할 경우 발생하는 높은 비용이나 위험을 방지합니다. 또한 우리 모두는 같은 기준으로 합의된 상태에서 플래닝을 세웁니다. 많은 비용을 발생시키는 오해, 잘못된 정보 및 해석을 방지하기 위해 산업 엔지니어링, 건축가, 환경 보건 및 안전 기획자, 다양한 생산 부서 담당자 등 모든 참여자가 같은 이해의 선상에 있어야 합니다.

비스만은 이렇게 말합니다. "우리 모두는 비용이 많이 드는 오해, 잘못된 정보, 잘못된 해석으로 이어질 수 있는, 산업 엔지니어링, 건축가, 환경 보건 및 안전 기획자, 모든 다양한 생산 부서 등 모든 참여자의 버전 충돌 없이 동일한 기준으로 서로 합의한 상태에서 계획을 세웁니다."

"디지털 트윈은 업계 변화의 핵심이며 BIM은 변화의 과정입니다"라고 글랜시는 설명하며 다음과 같이 정리합니다. "이를 활용하여 프로젝트를 완벽하게 디지털에서 구현한다면, 물리적으로도 완벽히 구현할 수 있습니다." 비스만은 회사가 모델에서 제조까지의 접근 방식에 디지털 트윈을 사용했고 준공 모델과 최대한 가까운 제조 가능한 디지털 트윈을 만들어 클래딩/엔빌로프에 영향을 줄 수 있는

구조용 철골 또는 기둥이 계획된 위치에 배치된 기계와 같은 제안된 세부 사항 문제를 해결했다고 말합니다.

디지털 트윈과 3D 공장 모델은 리트로피트 프로젝트에 필요한 가동 중단 시간을 줄이고 팀 간의 보다 효율적인 협업을 촉진함으로써 통합 공장 모델링을 지원하여 한 관점에서만 최적화하는 대신 여러 계획 분야의 관점을 통합하여 전체 목표를 지원할 수 있습니다. 건축 프로세스 중에 디지털 트윈은 시공 시퀀스를 시뮬레이션하여 설치 속도를 높이고 변경 지시를 줄일 수 있습니다. 또 다른 유용한 사용 사례는 계획에서 운영에 이르기까지 전체 공장 수명 주기에 걸쳐 공급업체가 체계적으로 통합될 수 있도록 함으로써 쉽고 빠른 공급업체 통합을 추진하는 것입니다. 전문가들은 낭비를 줄이고 효율성, 신뢰성, 지속 가능성은 물론, 관련 목표를 최적화함으로써 공장 플래닝과 운영을 근본적으로 개선할 수 있기를 기대합니다.

EDAG의 브라이텐바흐는 이렇게 말합니다. "한편으로, 이러한 방법과 도구는 엔지니어링 단계에서 공장을 구축하거나 생산 시스템을 변경하는 데 도움이 됩니다. BIM과 디지털 공장은 구조, 제품-프로세스-리소스, 디지털 트윈을 매핑하므로 사전에 시나리오를 안전하게 확인할 수 있습니다. 운영 단계에서는 디지털 트윈을 통해 운영 데이터를 기록하고 평가할 수 있습니다. 그런 다음 인공 지능 응용프로그램을 통해 품질 조치, 유지보수 조치 등 선제적으로 조치를 취할 수 있습니다."

RWTH Aachen University의 다나펠은 이렇게 덧붙입니다. "BIM과 디지털 트윈은 기술적으로 도움이 되지만 우리는 프로세스, 정보 흐름, 책임을 먼저 설계해야 합니다. 그렇게 했다면 [이러한 기술]은 진정한 효과를 발휘할 수 있습니다. 왜냐하면 우리에게서는 모델 기반 플래닝이 있기 때문입니다. 우리는 단일 정보 소스를 갖추고 있으며 이를 기반으로 플래닝할 수 있습니다." 3D 공장 모델 및 디지털 트윈과 같은 도구의 시각적 특성은 협업 프로세스를 강화하는 데 도움이 됩니다.

"우리는 시각적 전문가입니다. 기술을 사용하여 사물을 표현하고 사람들이 훨씬 명확한 방식으로 기반, 관계, 레이아웃을 이해할 수 있도록 합니다. 결과물을 이해하는 면에서 큰 도움이 될 것입니다"라고 글랜시는 말합니다. "가상 환경에서 디지털 트윈을 둘러볼 수 있으면 무엇이 어디로 가고 왜 거기로 가야 하는지에 대해 더 쉽게 대화할 수 있습니다. 이러한 대화의 절반은 실제로 누군가가 문제를 이해하도록 도와주는 것이므로 이러한 유형의 몰입형 환경은 관계자와의 커뮤니케이션을 향상시킬 것입니다."

디지털 트윈 및 3D 공장 모델과 관련된 보안 기술은 제너레이티브 디자인이며, 이 기술을 통해서도 보다 효율적이고 간소화된 공장 설계 프로세스를 구현할 수 있습니다. 제너레이티브 디자인은 일련의 구속조건을 적용하고 최종 설계에 도달하기 위해 필터링할 수 있는 옵션을 제공하는 설계 탐색 기술입니다. 제너레이티브 디자인은 제조 업계에서는 널리 사용되어 왔지만 현재까지 시공 분야에서는 활용도가 상대적으로 낮았습니다.

"제너레이티브 디자인을 사용하면 공장에서 여러 라인 레이아웃, 아마도 2~3개의 라인을 평가할 수 있으며 이것이 공간을 가장 잘



전문가들은 낭비를 줄이고 효율성, 신뢰성, 지속 가능성은 물론, 관련 목표를 최적화함으로써 공장 플래닝과 운영을 근본적으로 개선할 수 있기를 기대합니다.

활용하는 방법임을 이해하고 레이아웃에 따라 해당 환경에서 운영자가 어떻게 작업할 수 있는지 이해할 수 있습니다"라고 글랜시는 말합니다. "이러한 모든 기술의 대중화를 살펴보면, 특히 이러한 기술이 신규 졸업생들이 갖추는 기술의 일부인 경우 이러한 폭발적인 변화를 목격하게 될 것입니다. 아마 3~5년 정도 밖에 안 남는 것 같아요. 인상적이면서도 동시에 두렵습니다."

추가 통합 공장 설계 지원 요소

BIM, 제너레이티브 디자인, 디지털 트윈은 설계 및 시공 프로세스를 가속화하고 간소화하는 데 활용되고 있는 유일한 기술이 아닙니다. 또한 완벽하게 통합된 공장 설계로의 전환은 레이저 스캐닝, AR/VR(증강 현실 및 가상 현실), 사물 인터넷, AI 및 ML을 통해 실현되고 있습니다. 기타 필수 요소로는 설계 플랫폼 자체에 내장된 클라우드, 공유 데이터 모델, 협업 기능 등이 있습니다.

레이저 스캐닝과 카메라 기술은 리트로피트 프로젝트에 대한 측정값을 수집하고 업로드하는 등 데이터를 생성하는 데 점점 더 많이 사용되고 있으며, 이를 통해 원격 계획자는 계획 관련 결정을 내릴 수 있습니다. AR 및 VR 기술을 통해 팀 구성원은 진행 중인 건물 모델을 가상으로 방문할 수 있습니다. 인공 지능과 머신 러닝은 공장 플래닝 및 유지보수 부문의 자동화부터 품질 관리에 이르기까지 모든 것을 향상시키는 역할을 합니다.

클라우드는 공장 플래닝 프로세스에서 생성되는 방대한 양의 데이터에 대한 쉽고 공유된 액세스를 지원하여 데이터를 유지하고 공장이 변경될 때마다 수정할 수 있으므로 유지보수 작업을 촉진하고 개보수와 재계획을 용이하게 하는 데 중요한 역할을 합니다. 계획 데이터는 팀과 도구 전반에서 무결성과 가용성을 보장하기 위해 제대로 관리되어야 합니다.

오스터만은 이렇게 회상합니다. "우리에게 데이터 관리 시스템은 해결해야 할 가장 큰 문제였습니다. 과거에는 적시에 데이터를 찾는 것이 어려운 경우가 종종 있었기 때문에 데이터 관리 시스템은



통합된 커뮤니케이션 및 협업은 모든 팀이 공장 모델에 대한 공유된 실시간 단일 보기에 액세스할 수 있도록 지원하므로 이러한 새로운 솔루션의 중요한 구성요소라 할 수 있습니다.

우리 공장에 많은 영향을 미쳤습니다." 산업 단체 Digital Twin Consortium과 CESMII - The Smart Manufacturing Institute⁴ 같은 조직을 통해 진행 중인 데이터 표준을 향한 움직임은 데이터 관리를 더욱 원활하게 만들 것입니다.

브라이언바흐는 이렇게 주장합니다. "제 생각에 사람들은 [표준을 위한 투쟁]에서 승리할 것이고, 소프트웨어 회사들은 데이터를 공개하고 이것이 우리의 체계라고 말할 것입니다. 이 데이터 형식을 사용해 저희 소프트웨어로 작업할 수 있고, 다른 소프트웨어로 작업할 수도 있습니다. 또한 데이터를 교환할 때 어떠한 정보도 손실되지 않습니다."

통합된 커뮤니케이션 및 협업은 모든 팀이 공장 모델에 대한 공유된 실시간 단일 보기에 액세스할 수 있도록 지원하므로 이러한 새로운 솔루션의 중요한 구성요소라 할 수 있습니다. 변경 요청, 정보 요청, 문제 논의와 같은 커뮤니케이션 활동은 협업 설계 플랫폼에서 수행되어 정보가 항상 최신 상태로 유지되고 모든 변경 사항에 대한 기록이 유지되도록 해야 합니다.

"모든 관계자에 대한 지속적인 커뮤니케이션의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않습니다"라고 비스만은 말하며 이렇게 덧붙입니다. "올바른 의사 결정을 위해서는 올바른 상황을 파악하고 이해해야 합니다. 제 경험에 따르면 논의 방식이 많이 바뀌었습니다. 과거에는 시공 부서에서 건물을 계획했으며, 생산 부서에서 건물 내 프로세스를 계획했습니다. 이제는 이러한 방식이 바뀌었습니다. 대부분의 건물이 주로 생산 프로세스를 중심으로 계획됩니다. 우리는 커뮤니케이션과 시뮬레이션을 바탕으로 최상의 결과와 최고의 성능을 달성할 수 있습니다."

21세기의 공장 플래닝 재구상

시간과 예산은 더 이상 공장 시공 프로젝트를 판단하는 기준이 아닙니다. 오늘날 플래닝 및 시공 프로세스는 빠르고 제대로 통합되어야 하며 지속 가능성과 인더스트리 4.0에 대한 새로운 목표를 지원해야 합니다. 이러한 목표를 달성하는 것을 넘어 시설을 향후 용도에 맞게 쉽게 조정하고 유지보수 및 환경 영향을 최소화할 수 있어야 합니다.

기술은 제조업체와 계획 및 생산 파트너가 보다 원활하고 효과적인 공장 플래닝 및 시공 방법을 찾기 위해 노력하는 중에 도구, 데이터 및 협업과 관련하여 사일로 문제를 해소하는 데 도움이 되는 핵심 요소입니다. 보다 통합된 도구와 데이터, 그리고 공장을 설계, 건축, 운영하는 팀 전체에서 이러한 도구의 성공에 필수적인 프로세스 및 문화를 옹호하는 사람들은 위험을 줄이고 시간과 비용을 절약하며 미래에도 진화하는 목표를 지원할 수 있는 탄력적이고 변경 가능한 시설을 만드는 통합 공장 설계 프로세스의 잠재력에 대해 긍정적입니다.

호이설은 이렇게 말합니다. "플래닝 프로세스는 점점 더 통합될 것이라고 확신합니다. 또한 서로 다른 파트너 조직 간에도 협업이 훨씬 더 쉬워질 것이라고 생각합니다. 디지털 플랫폼은 최신 정보에 액세스할 수 있도록 지원하여 관련된 여러 SME(주제별 전문가) 간의 원활한 조정을 가능하게 하는 핵심적인 역할을 합니다. 디지털 트윈 기술 및 시뮬레이션의 발전과 더불어, 우리는 합리적인 비용으로 프로젝트 초기 단계에 주요 사항을 파악하고 구현 위험을 줄일 수 있습니다."

미주

- 1 Juniper Research, "Why Digital Twins are Critical to the Industrial IoT", 2020 년 6 월 . <https://www.juniperresearch.com/whitepapers/why-digital-twins-are-critical-to-the-industrial>.
- 2 Digital Twin Consortium, "The Definition of a Digital Twin". <https://www.digitaltwinconsortium.org/hot-topics/the-definition-of-a-digital-twin.htm>.
- 3 Maria João Ribeiro, Jan Mischke, Gernot Strube, Erik Sjödin, Jose Luis Blanco, Rob Palter, Jonas Biörck, David Rockhill, Timmy Andersson, "The Next Normal in Construction", McKinsey & Co., 2020 년 6 월 . <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf>.
- 4 Digital Twin Consortium 및 CESMII - The Smart Manufacturing Institute, "Digital Twin Consortium Announces a Liaison with CESMII—The Smart Manufacturing Institute", 2021 년 11 월 . <https://www.digitaltwinconsortium.org/press-room/11-02-21.htm>.



**Harvard
Business
Review**

ANALYTIC SERVICES

조직 소개

Harvard Business Review Analytic Services 는 Harvard Business Review Group 내의 독립적인 상업 연구 부서로 , 중요한 경영 과제와 새로운 비즈니스 기회에 대한 연구 및 비교 분석을 수행합니다 . 비즈니스 인텔리전스와 동종 업계 사람들의 인사이트를 제공하기 위해 각 보고서는 독창적인 정량적 및 / 또는 정성적 연구 및 분석 결과를 기반으로 게시됩니다 . 정량적 설문조사는 HBR 의 글로벌 연구 패널인 HBR Advisory Council 과 함께 수행되며 , 정성적 연구는 Harvard Business Review 저자 커뮤니티 내부 및 외부의 고위 기업 임원 및 SME(주제별 전문가) 와 함께 수행됩니다 . 궁금한 점이나 의견이 있으시면 hbranalyticservices@hbr.org 로 이메일을 보내 주십시오 .

hbr.org/hbr-analytic-services