



I sistemi impiantistici nel progetto. Un excursus storico dal disegno concettuale al modello digitale

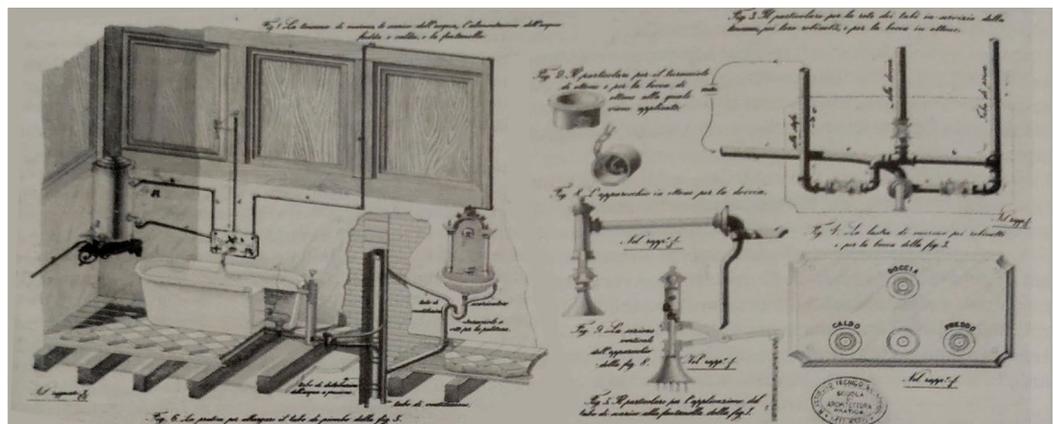
Erika Elefante

Abstract

Il disegno è uno dei mezzi di comunicazione più efficaci ed immediati, al punto da essere da sempre lo strumento di dialogo tra i tecnici nella maggioranza dei settori produttivi. Il contributo propone una disamina dell'evoluzione di tale linguaggio, a partire dalle illustrazioni artistiche fino ad arrivare ai modelli informativi digitali. Si osserva come le tecniche di rappresentazione derivino e mutino al passo con le esigenze della società, influenzate dalle innovazioni di settore, come l'introduzione del metodo delle proiezioni ortogonali ad opera di Monge, ma anche fortemente condizionate dall'evoluzione della filiera produttiva, diretta conseguenza della rivoluzione industriale. In particolar modo per quanto riguarda gli aspetti impiantistici delle architetture, la schematizzazione degli elaborati rende il linguaggio grafico non più comprensibile alla maggioranza, ma solo ai tecnici specializzati, richiedendo a questi ultimi continua formazione e aggiornamento. La rivoluzione informatica consente un ulteriore sviluppo del mezzo grafico, dapprima presentandosi come strumento di automazione del disegno, poi stravolgendo completamente l'approccio alla progettazione e di conseguenza alla rappresentazione grafica degli esiti. L'integrazione tra la metodologia BIM e le nuove tecnologie, come l'AR, apre la strada all'interazione con un modello digitale sempre aggiornato e prevedere eventuali errori, consentendo di gestire il progetto in tutte le sue parti.

Parole chiave

Disegno tecnico, impianti, rivoluzione informatica, MEP, BIM



C. Formenti. La pratica del fabbricare, 1893.

Introduzione

Da secoli la trasmissione di informazioni attraverso la rappresentazione si muove seguendo due filoni paralleli, uno basato sull'obiettivo di rappresentare la realtà così come viene percepita, l'altro che si identifica nel disegno tecnico, fondandosi su convenzioni e simboli.

Nell'ambito di una ricerca in corso volta all'individuazione di strategie utili per il superamento dei problemi di interoperabilità tra piattaforme in ambiente BIM, soprattutto nelle discipline MEP, in cui uno degli ostacoli può risultare la differente codifica grafica degli elementi, è opportuno valutare l'evoluzione della rappresentazione in particolare per quanto riguarda tali sistemi, per meglio comprendere i motivi delle scelte comunicative attuali.

La storia degli impianti è riportata nella letteratura tecnica, che testimonia l'evolversi del processo di integrazione tra parte impiantistica ed edilizia. Principale fonte di conoscenza risultano essere i testi di riferimento per la progettazione e la realizzazione delle opere: i manuali tecnici, che costituiscono lo strumento fondamentale per i professionisti, fornendo indicazioni, soluzioni tecniche e standard di riferimento, fino ad arrivare alle attuali norme tecniche che tendono a sostituire i manuali.

Si analizza dunque come si sia passati da una rappresentazione descrittiva ad una codifica schematica, per poi tornare alla visualizzazione tridimensionale, seguendo le esigenze delle varie epoche e le innovazioni tecnologiche, che hanno influenzato l'approccio dei tecnici al disegno, arricchendolo sempre più di informazioni.

Le forme di rappresentazione pre-industriali

In un progetto, la comunicazione delle informazioni relative all'impianto per secoli è rimasta ancorata alla rappresentazione artistica, senza alcuna indicazione esatta necessaria per la costruzione, ma tesa ad identificare l'oggetto nella sua idea generale. Il motivo principale risiede nel destinatario di tali disegni: in un'epoca in cui la produzione è esclusivamente artigianale e il dialogo avviene in maniera diretta tra richiedente (eventualmente progettista) e costruttore, non risulta necessario fornire informazioni precise.

Testimonianza di questo modo di operare sono i 'libri di bottega', una sorta di manuali prodotti nel Medioevo, in cui gli artigiani raccolgono i propri appunti attraverso materiali sconnessi, con testi tecnici non accompagnati da disegni associati. Un ulteriore problema è costituito dal materiale utilizzato: la pergamena è costosa, dunque le dimensioni dei fogli sono ridotte e i disegni formano composizioni eterogenee di testi ed illustrazioni varie ed espressive (fig. 1) [Ceccarelli, Cigola 1993]. Ancora fino al XIV-XV secolo, le tavole contenute nei trattati sono composte per lo più da schizzi concettuali che necessitano di un'interpretazione per consentire la concreta realizzazione dei manufatti rappresentati, con l'intento da parte degli autori di mostrare le proprie conoscenze e capacità, consapevoli eventualmente di essere incaricati direttamente della produzione dei dispositivi raffigurati. Nel Rinascimento si assiste all'evoluzione del disegno delle macchine in senso tecnico [Ceccarelli, Cigola 2001], dovuta principalmente all'introduzione della scienza delle costruzioni tra la fine del XVI secolo e ai primi approfondimenti sul calore ed il moto dei fluidi, tra il XVII ed il XVIII secolo: i disegni tendono a perdere il loro significato decorativo per essere accompagnati da un testo, portando ad un approccio scientifico al modo di costruire (fig. 2) [Magagnini 2005]. Nonostante le innovazioni in ambito tecnologico, in una progettazione edilizia tradizionale, che considera gli impianti come una serie di sistemi indipendenti, il disegno dei circuiti si sviluppa utilizzando un controlucido o una copia chiara direttamente sopra il progetto architettonico [Musmeci, La Torre 1982], con il rischio di perdita delle informazioni che non vengono riportate sull'elaborato. Inoltre, utilizzando le tecniche classiche non è possibile produrne direttamente in più copie, ma tale necessità viene soddisfatta tramite una serie gerarchica di figure professionali: a partire dal disegnatore progettista, che compone la macchina tramite gli elementi di cui conosce caratteristiche e funzioni, poi dettagliati dal 'particolarista', in grado di produrre gli elaborati esecutivi da inviare in officina, fino ad arrivare al 'lucidatore', che si occupa di ricopiare il disegno [Chirone et al. 2005].

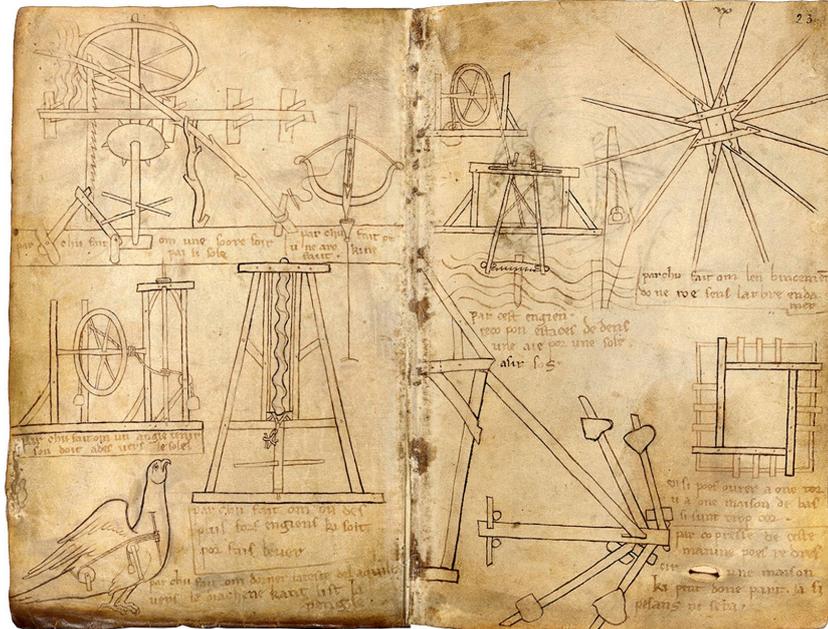


Fig. 1. Due pagine del *Taccuino* (1230-35 ca.) di Villard de Honnecourt, architetto e disegnatore vissuto all'inizio del XIII secolo, con appunti raffiguranti una serie di macchine idrauliche e strumenti vari.

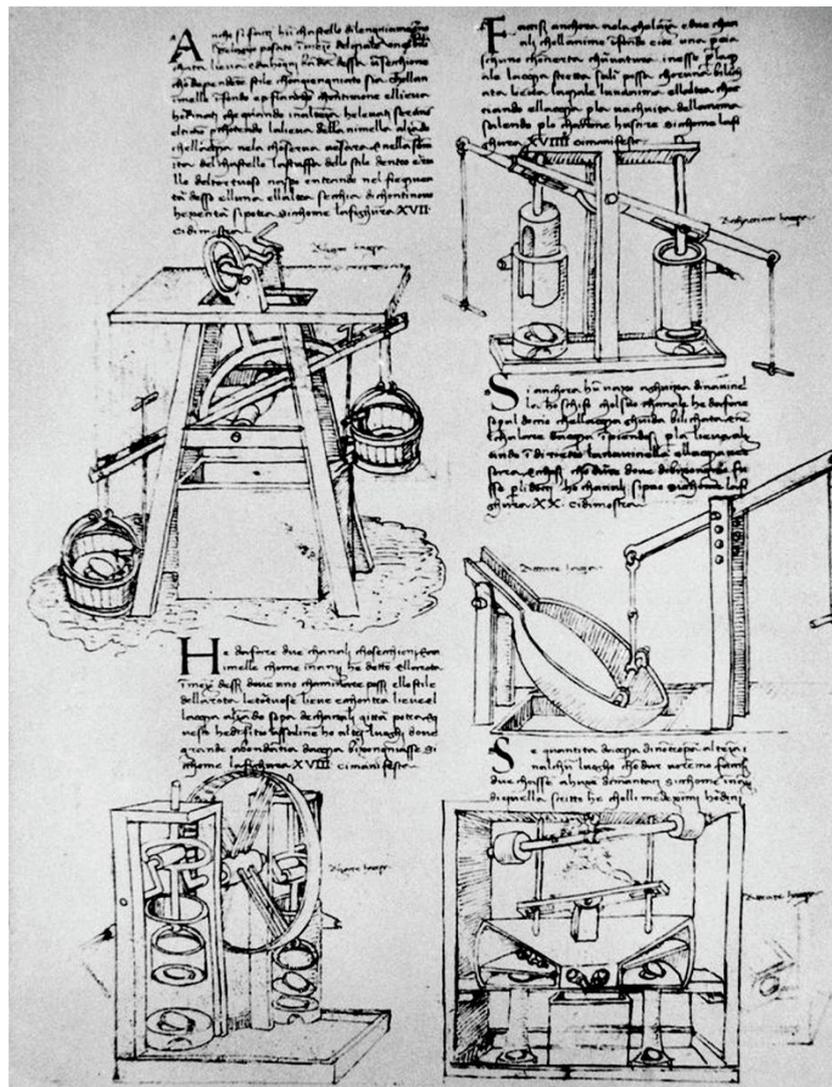


Fig. 2. Illustrazioni dal *Trattato di Architettura* (1475 ca.) di Francesco di Giorgio Martini, in cui i disegni delle macchine sono corredate da un testo esplicativo.

Lo sviluppo industriale e l'introduzione dei manuali

Nel XVIII secolo si raggiunge il culmine di tale periodo di trasformazione, quando la rivoluzione industriale conduce ai maggiori cambiamenti socio-economici e tecnologici. Un notevole impulso alla rappresentazione viene dato, nello stesso periodo, dalla codifica del metodo delle proiezioni ortogonali da parte di Gaspard Monge (1746-1818): egli sintetizza gli studi di molti suoi predecessori rendendo il disegno una vera e propria scienza. L'innovazione non consiste nella raffigurazione di oggetti da diversi punti di vista, ma la delineazione del metodo per il quale le varie viste sono in relazione biunivoca tra loro e con lo spazio tridimensionale, e soprattutto la possibilità di ricavarne in maniera immediata le proprietà geometriche.

Il nuovo approccio si riversa immediatamente anche nella trattatistica, in cui le tavole sono organizzate in maniera razionale, seguendo le sequenze di montaggio, sostituendo la tradizionale suddivisione per elaborati ad un unico punto di vista con la rappresentazione contemporanea ed affiancata di diversi elaborati tecnici (piante, prospetti, sezioni).

La rapidità con cui Monge trova tale soluzione ne mette inizialmente in discussione la reale valenza, ma una volta compresa l'importanza, viene coperta da segreto militare, come accade con le ricerche dell'*École Polytechnique*, soprattutto per la rivalità tra le varie istituzioni esistenti in Francia dedicate alla formazione degli ingegneri [Cardone 2017].

Il disegno tecnico diventa dunque nella prima metà del XIX secolo una delle conoscenze fondamentali nella formazione del tecnico di qualsiasi livello, a partire dall'operaio fino all'ingegnere, consolidando la sua posizione di mezzo di comunicazione tra la progettazione concettuale e la costruzione pratica. Sulla scia della Francia, infatti, iniziano ad attivarsi le Scuole per ingegneri militari, civili o politecniche in tutta Europa, ma anche in America, tra cui la *Scuola di Applicazione per Ingegneri di Ponti e Strade* nel 1811 a Napoli [della Valle].

Contemporaneamente, anche grazie allo sviluppo delle tecniche di stampa, si assiste alla proliferazione della pubblicazione di manuali dell'architettura, che affrontano argomenti generali o specialistici, fronteggiando i nuovi fattori che si inseriscono nell'ambito d'azione dell'architetto, con attenzione alla scala urbana ed alle nuove esigenze funzionali. Anche in ambito nazionale, con l'unità d'Italia la necessità di disporre di tecnici in grado di supportare le grandi opere di urbanizzazione ed implementare le infrastrutture, porta alla divulgazione di testi, trattati e manuali sempre più settoriali capaci di trasmettere conoscenze il più possibile specifiche per ogni ramo della tecnica, per i quali diventano in questo periodo importanti mezzi di diffusione delle moderne tecnologie disponibili sul mercato.

Pur se in ritardo rispetto al resto dei paesi europei, nella penisola è Carlo Formenti a riportare per primo le innovazioni che la rivoluzione industriale fornisce al settore delle costruzioni, pubblicando nel 1893 il testo *La pratica del fabbricare* [Dall'Ò 2000]. Esso è costituito da molte illustrazioni (fig. 3), riportate per la maggior parte sottoforma di spaccati assonometrici, in grado di comunicare più efficacemente le parti che compongono i particolari tecnologici.

Nell'arco di pochi anni, con la nascita degli Istituti Superiori all'inizio del 1900, la rappresentazione architettonica tende ad organizzare una serie di convenzioni in modo da ottenere tavole esecutive quanto più precise e oggettive, e nel contempo simboliche: il disegno perde la sua connotazione di linguaggio comprensibile dalla maggioranza [Mezzetti et al. 1974] per diventare 'referenziale', ovvero basato su un codice di rappresentazione formale. La scelta di rappresentare la complessità della realtà attraverso un modello grafico è sottoposta alla selezione di alcuni aspetti resi graficamente in modo schematico e semplificato, secondo un'astrazione convenzionale che deve essere riconosciuta dal lettore per poter essere compresa [Cardone 2013].

È in questo contesto che nel 1905 Daniele Donghi pubblica il primo *Manuale dell'Architetto*, che comprende tutti gli elementi costruttivi, dagli schemi abitativi alle componenti impiantistiche, pur restando ancora un'opera descrittiva e analitica [Barucci 1984]. Poiché i precedenti manuali tecnici sugli impianti sono impostati sulla progettazione per grandi costruzioni

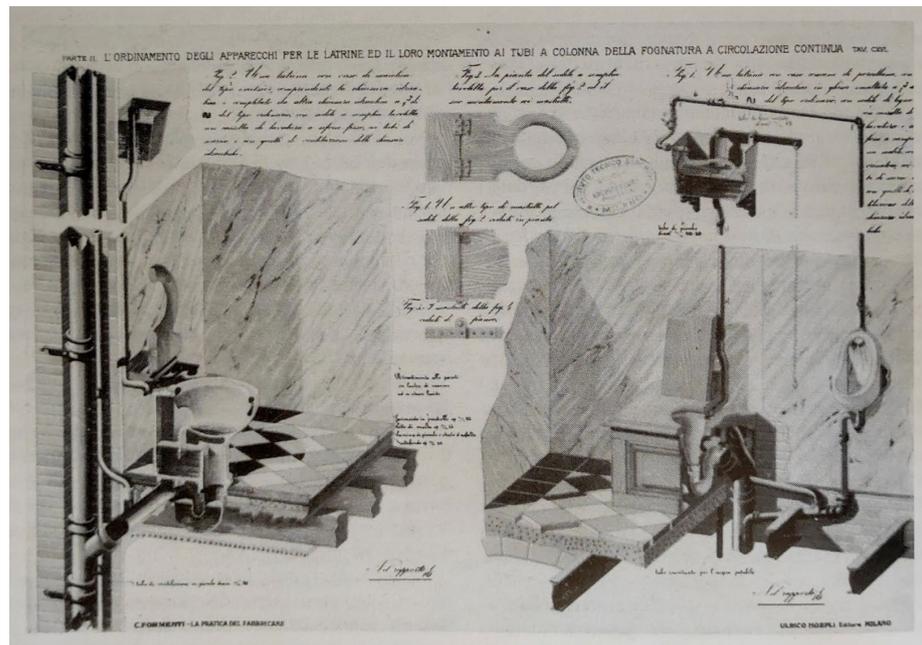


Fig. 3. Tavola sugli impianti idrico-sanitari. C. Formenti. La pratica del fabbricare, 1893.

e infrastrutture, l'intento del Donghi è di 'adattare' all'edilizia gli impianti idrici e sanitari, di riscaldamento e ventilazione, descrivendoli nei particolari ed integrando le informazioni necessarie.

Con il passaggio al Movimento moderno, i manuali del dopoguerra diventano meno descrittivi e più sintetici, ma corredati da tabelle e grafici (CNR 1953, Mancosu et al. 2019), e allo stesso tempo iniziano a non considerare l'aspetto impiantistico in un periodo che coincide con la crescita edilizia del paese. L'approfondimento del tema impiantistico viene quindi reindirizzato verso una manualistica tecnica specifica.

La normativa e la rivoluzione informatica

L'evoluzione delle tecniche di stampa e la conseguente possibilità di produzione di più copie tramite tecniche eliografiche o cianografiche, conducono alla perdita dell'uso del colore, sostituendo i significati ad essi associati con tratteggi per le campiture e spessore e continuità per le linee.

Nel XX secolo, con l'industria che si sviluppa in molti paesi, è necessario dunque fare riferimento a norme codificate per decifrare univocamente gli elaborati da inviare ai cicli produttivi. Si tende alla standardizzazione dei linguaggi, seguita dalla standardizzazione dei prodotti, con la nascita di varie organizzazioni impegnate nel campo, come l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) in Italia nel 1921, che affronta tra le prime tematiche proprio il disegno tecnico.

Nei decenni successivi non si assiste a significative evoluzioni fino alla fine del secolo, quando si attua la cosiddetta 'rivoluzione informatica', che se inizialmente si presenta come strumento sostitutivo esecutivo con l'introduzione del CAD (*Computer-Aided Design*), in pochi decenni sconvolge l'approccio alla progettazione e la relativa resa grafica [Sacchi 1994]. Una prima fase consiste nell'automatizzazione del disegno, realizzando linee e tratteggi attraverso mezzi informatici: lo spazio diventa virtuale, la visualizzazione degli oggetti è dinamica poiché è possibile muoverli e ruotarli, variando il punto di vista ed i piani di sezione.

Si è poi passati dai metodi tradizionali utilizzati con il CAD ad un'evoluzione radicale dell'approccio alla progettazione, con l'introduzione di metodologie che consentono non solo il controllo di tutti gli aspetti della fase progettuale, ma anche

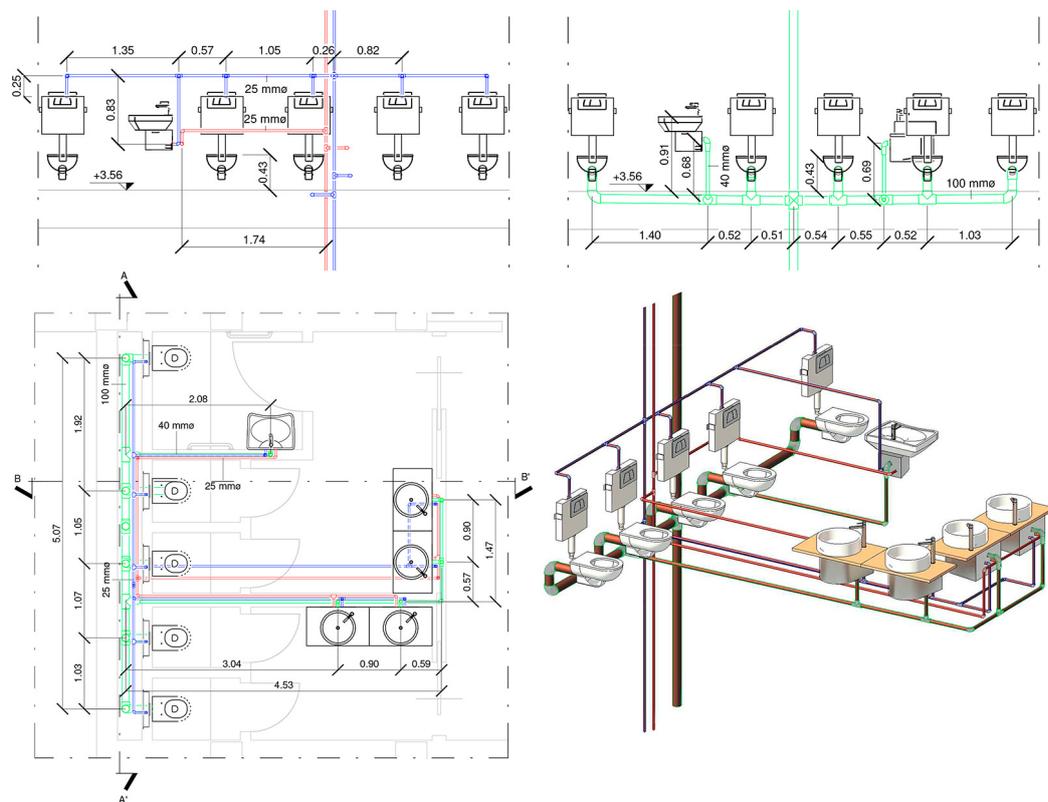


Fig. 4. Esempio di visualizzazione simultanea di più punti di vista in Revit, software BIM di Autodesk. Elaborazione grafica degli autori nell'ambito della sperimentazione in corso.

delle successive di costruzione e monitoraggio: il *Building Information Modeling*. Per restare al passo con l'implementazione di tali sistemi diventa fondamentale l'addestramento dei professionisti rispetto ai nuovi strumenti e l'aggiornamento continuo, ma la transizione risulta ostacolata dai radicati metodi obsoleti dei tecnici e delle piccole aziende che non sempre investono sulla formazione [Pérez Sánchez et al. 2017]. In particolare, di difficile integrazione è soprattutto il settore MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*), poiché richiede una serie di informazioni tecniche più difficili da coordinare. Uno dei vantaggi desumibili dall'utilizzo di tali tecnologie risulta essere la possibilità di raffigurare i sistemi impiantistici secondo diversi punti di vista simultaneamente (fig. 4), spesso superando il concetto di elaborato tecnico a favore di una visualizzazione dinamica condivisibile in cloud online [Teo et al. 2022]. Inoltre, i modelli informativi consentono di consultare in tempo reale informazioni aggiuntive associate ai singoli elementi, come quelle relative alla gestione e la manutenzione [Zhen-Zhong et al. 2018]. Frutto del coordinamento tra i singoli modelli relativi alle varie discipline è anche l'individuazione di eventuali collisioni spaziali che in precedenza sarebbero emerse solo in fase di costruzione: la tradizionale elaborazione separata di tavole tematiche non permette questo tipo di controllo, che può invece avvenire nei sistemi integrati grazie alla *clash detection* [Ramya, Geena 2022].

Conclusioni

Si è visto come l'evoluzione della rappresentazione evolva al passo con le esigenze e soprattutto con gli strumenti a disposizione. Pur mantenendo i metodi tradizionali come punti fermi nella teoria del disegno, questi rimarranno mezzi utili solo fin quando sarà necessario produrre elaborati grafici statici. Già negli ultimi anni si procede verso la consultazione dei modelli digitali, disponendo degli strumenti più idonei in tal senso anche in cantiere.

Il ricorso alle tecnologie emergenti come la Realtà Aumentata (AR) congiunte al BIM consente di ottenere in tempo reale le informazioni associate ai modelli, oltrepassando i limiti scaturiti dai problemi di comunicazione, frequenti nei settori impiantistici, dovuti ai metodi tradizionali

ed evitando errori e sforamenti di tempi e costi [Dallasega et al. 2021]. Nell'ambito della ricerca in corso all'interno del REMLab – laboratorio di rilievo e modellazione dell'Università degli Studi di Napoli Federico II – sono difatti incluse una serie di sperimentazioni che mirano all'integrazione dei sistemi BIM, di cui un primo esito applicativo è mostrato in figura 6, con la Realtà Aumentata. L'obiettivo è testare gli effettivi benefici che tale metodologia può apportare ai classici flussi di lavoro, grazie ad una connessione diretta tra lo spazio reale ed il clone digitale. Si aspira a creare un sistema nel quale l'interazione con lo spazio virtuale possa riflettersi sul modello informativo, arricchendo il database senza la necessità di ricorrere ad una nuova implementazione manuale. La creazione di modelli informativi aggiornati permette quindi una più facile gestione del manufatto attraverso quello che viene comunemente denominato clone digitale (*digital twin*), diventando uno strumento fondamentale nell'Industria 4.0 a supporto della trasformazione digitale [D'Agostino et al. 2021].

Riferimenti bibliografici

- Barucci C. (1984). *Strumenti e cultura del progetto. Manualistica e letteratura tecnica in Italia. 1860-1920*. Roma: Officina.
- Cardone V. (2013). *Modelli grafici dell'architettura e del territorio*. Rimini: Maggioli Editore.
- Cardone V. (2013). *Modelli grafici dell'architettura e del territorio*. Rimini: Maggioli.
- Ceccarelli M., Cigola M. (1993). Evoluzione della rappresentazione grafica nel progetto dei meccanismi. In M. Cigola, T. Fiorucci (a cura di). *Il disegno di progetto. Dalle origini al XVIII secolo*, pp. 427-433. Roma: Gangemi.
- Ceccarelli M., Cigola M. (2001). Trends in the drawing of mechanisms since the early Middle Ages. In *ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 215, fascicolo C3, pp. 269-289.
- Chirone E., Cambiaghi D., Villa V. (2005). Uno sguardo sul passato del disegno tecnico (pensando al futuro). In *De la tradición al futuro. Atti del 17° INGEGRAF - XV ADM International Conference. Siviglia 1-3 giugno 2005*. Siviglia: Maquet@ Fco Javier Martin.
- D'Agostino P., Antuono G., Calabrò E. (2021). E-Bim for the management of production plants. An approach for SMEs. In *Sustainable Mediterranean Construction*, pp. 133-140.
- Dallasega P. et al. (2021). Augmented Reality to Increase Efficiency of MEP Construction: A Case Study. In *Proceedings of the 38th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Dubai, 2-4 novembre 2021*, pp. 459-466. I.A.A.R.C.
- Dall'Ò G. (2000). *Gli impianti nell'architettura*. Milano: UTET.
- della Valle S. *La Facoltà di Ingegneria di Napoli. Cenni storici*. <<http://wpage.unina.it/dellaval/Storia%20Ing.htm>> (consultato il 10 febbraio 2023).
- Magagnini M. (2005). Storia della rappresentazione. Il disegno del progetto. In *Il disegno dell'Architettura*, pp. 27-36. Bologna: Pitagora.
- Mezzetti C., Bucciarelli G., Lunazzi L. (1974). *Il disegno. Analisi di un linguaggio*. Roma: La Goliardica.
- Musmeci S., La Torre C. (1982). *Disegno architettonico esecutivo*. Roma: Carocci.
- Pérez Sánchez J. et al. (2017). From cad to BIM: A new way to understand architecture. In *WIT Transactions on the Built Environment*, vol. 169, pp. 45-54.
- Ramya S., Geena G. (2022). Relative Study on Clash Detection and its Effects on BIM Modelling. In *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, vol. 10, n. IX, pp. 1519-1525.
- Sacchi L. (1994). *L'idea di rappresentazione*. Roma: Edizioni Kappa.
- Teo Y. et al. (2022). Enhancing the MEP Coordination Process with BIM Technology and Management Strategies. In *Sensors*, vol. 22, n. 13, p. 4936.
- Zhen-Zhong H. et al. (2018). BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. In *Advances in Engineering Software*, vol. 115, pp. 1-16.

Autore

Erika Elefante, Università degli Studi di Napoli Federico II, erika.elefante@unina.it

Per citare questo capitolo: Elefante Erika (2023). I sistemi impiantistici nel progetto. Un excursus storico dal disegno concettuale al modello digitale/ Plant Systems in Design. A Historical Excursus from Conceptual Drawing to Digital Model. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 413-426.



Plant Systems in Design. A Historical Excursus from Conceptual Drawing to Digital Model

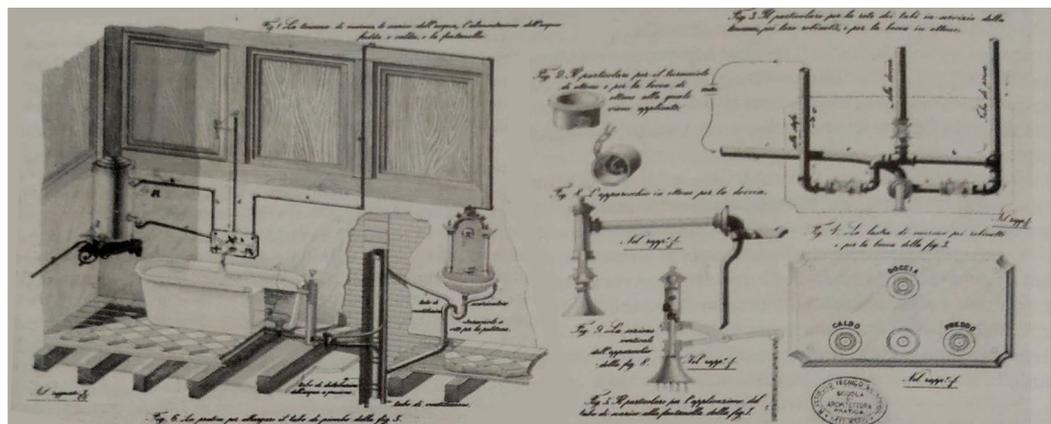
Erika Elefante

Abstract

Drawing is one of the most effective and immediate means of communication, in fact it has always been the dialogue tool among technicians in most sectors. The contribution proposes an examination of the evolution of this language, from artistic illustrations to digital information models. It is observed how representation techniques derive and change in step with the needs of society, influenced by sector innovations, such as the introduction of the orthogonal projection method by Monge, but also strongly conditioned by the evolution of the production chain, as a direct consequence of the industrial revolution. Particularly regarding the plant engineering aspects of architecture, the schematisation of drawings makes the graphic language no longer comprehensible to the majority, but only to specialised technicians, requiring the latter to undergo continuous training and updating. The IT revolution allows a further development of the graphic vehicle, at first presenting itself as a drawing automation tool, then completely overturning the approach to design and consequently to the graphic representation of the results. The integration between BIM methodology and new technologies, such as AR, paves the way for interaction with a digital model that is always up-to-date and anticipates any errors, allowing the project to be managed in all its parts.

Keywords

Technical Drawing, Plants, IT Revolution, MEP, BIM



C. Formenti. *La pratica del fabbricare*, 1893.

The pre-industrial forms of representation

In a project, the communication of information about the installation has for centuries remained anchored in artistic representation, without any exact indication necessary for the construction, but aimed at identifying the object in its general idea. The main reason for this lies in the recipient of such drawings: at a time when production was exclusively handcrafted and dialogue took place directly between the applicant (possibly designer) and builder, it was not necessary to provide precise information.

Witnesses to this way of working are the 'workshop books', a kind of manuals produced in the Middle Ages, in which craftsmen collected their notes through disconnected materials, with technical texts not accompanied by associated drawings. A further problem is the material used: parchment is expensive, so the size of the sheets is small and the drawings form heterogeneous compositions of various and expressive texts and illustrations (fig. 1) [Ceccarelli, Cigola 1993]. Even up to the 14th-15th century, the plates contained in the treatises are mostly composed of conceptual sketches that require interpretation in order to enable the concrete realisation of the artefacts depicted, with the authors intending to show off their knowledge and skills, possibly in the knowledge that they were directly responsible for the production of the devices depicted.

The Renaissance saw the evolution of machine drawing in a technical sense [Ceccarelli, Cigola 2001], mainly due to the introduction of the science of construction in the late 16th century and the first in-depth studies on heat and fluid motion between the 17th and 18th centuries: drawings tended to lose their decorative meaning and be accompanied by a text, leading to a scientific approach to construction methods (fig. 2) [Magagnini 2005].

Despite innovations in technology, in a traditional building design, which considers the systems as a series of independent systems, the drawing of the circuits is developed using a controlucid or clear copy directly above the architectural design [Musmeci, La Torre 1982], with the risk of losing the information that is not shown on the drawing. Furthermore, using classical techniques, it is not possible to produce multiple copies directly, but this need is satisfied through a hierarchical series of professional figures: starting with the designer, who composes the machine by means of the elements whose characteristics and functions he knows, then detailed by the 'detailer', capable of producing the executive drawings to be sent to the workshop, and finally the 'polisher', who is in charge of copying the drawing [Chirone et al. 2005].

Industrial development and the introduction of manuals

The 18th century reached the peak of this period of transformation, when the Industrial Revolution led to major socio-economic and technological changes. A major impetus to representation was given in the same period by the codification of the method of orthogonal projections by Gaspard Monge (1746-1818): he synthesised the studies of many of his predecessors, making drawing a true science. The innovation is not the representation of objects from different points of view, but the delineation of the method by which the various views are in bi-univocal relationship with each other and with three-dimensional space, and above all the possibility of deriving geometric properties immediately.

The new approach also immediately spills over into the treatises, in which the tables are organised in a rational manner, following assembly sequences, replacing the traditional subdivision by single point of view drawings with the simultaneous, side-by-side representation of several technical drawings (plans, elevations, sections).

The speed with which Monge found this solution initially called into question its true value, but once its importance was realised, it was covered by military secrecy, as was the case with the research of the *École Polytechnique*, mainly due to the rivalry between the various institutions in France dedicated to the training of engineers [Cardone 2017]. In the first half of the 19th century, technical drawing therefore became one of the fun-

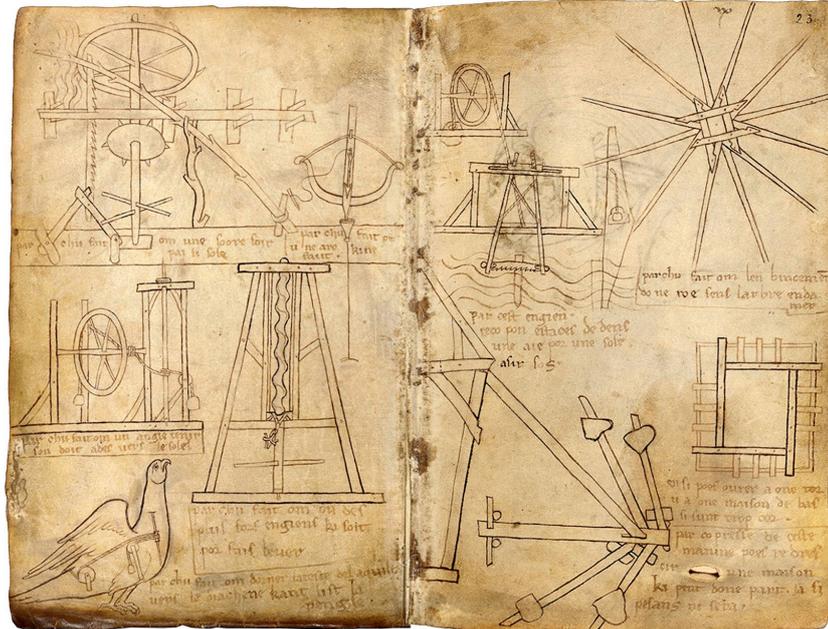


Fig. 1. Two pages from the *Tacuino* (c. 1230-35) by Villard de Honnecourt, an architect and draughtsman who lived in the early 13th century, with notes depicting a series of hydraulic machines and various instruments.

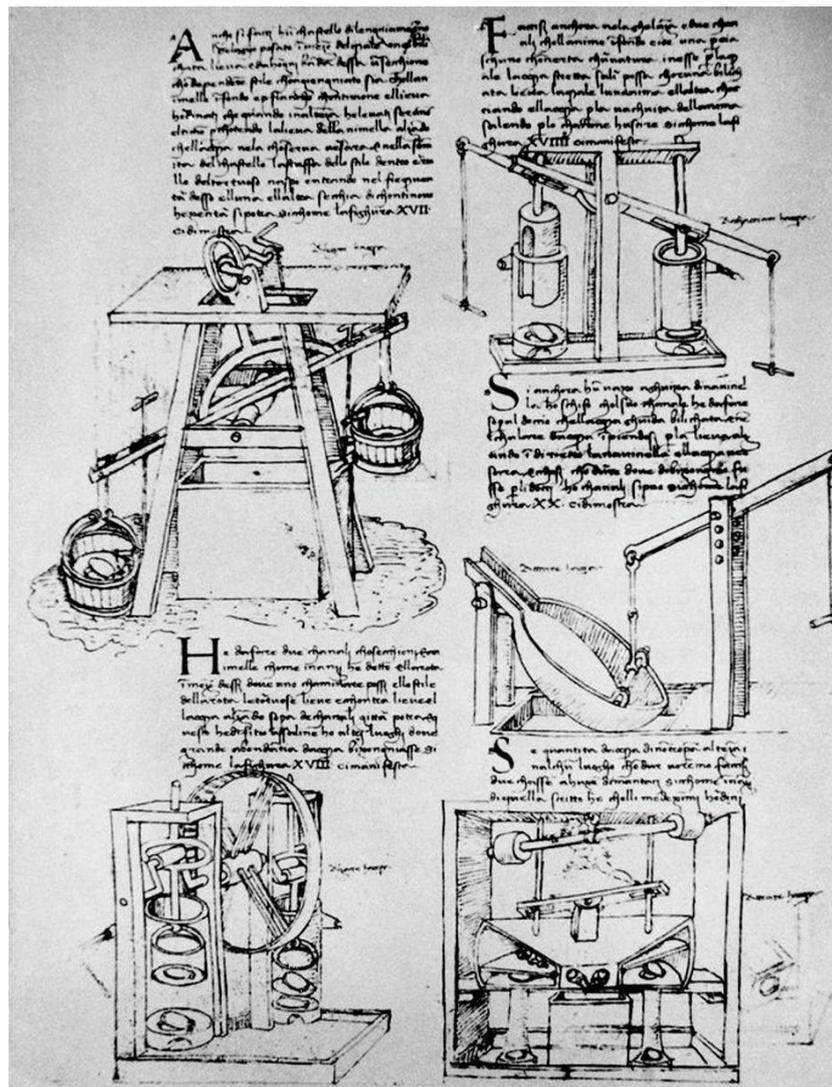


Fig. 2. Illustrations extracted from the *Trattato di Architettura* (c. 1475) by Francesco di Giorgio Martini, in which machine drawings are accompanied by an explanatory text.

damental skills in the training of engineers of all levels, from the journeyman to the engineer, consolidating its position as a means of communication between conceptual design and practical construction. In the wake of France, Schools for military, civil or polytechnic engineers began to be set up all over Europe, but also in America, including the *Scuola di Applicazione per Ingegneri di Ponti e Strade* in 1811 in Naples [della Valle].

At the same time, thanks in part to the development of printing techniques, there was a proliferation of the publication of architectural manuals, dealing with general or specialised subjects, coping with the new factors entering the architect's sphere of action, with attention to the urban scale and the new functional requirements.

Also in the national sphere, with the unification of Italy, the need to have technicians capable of supporting large-scale urbanisation works and implementing infrastructures, led to the dissemination of increasingly sectorial texts, treatises and manuals capable of transmitting knowledge as specific as possible for each branch of technology, for which they became important means of disseminating the modern technologies available on the market in this period.

Although lagging behind the rest of the European countries, in Italy it was Carlo Formenti who was the first to report on the innovations that the industrial revolution brought to the construction sector; publishing the text *La pratica del fabbricare* [Dall'Ò 2000] in 1893. It consists of many illustrations (fig. 3), mostly in the form of axonometric cutaways, capable of communicating more effectively the parts that make up the technological details.

In the space of a few years, with the birth of the Institutes of Higher Education in the early 1900s, architectural representation tended to organise a series of conventions in order to obtain executive tables that were as precise and objective as possible, and at the same time symbolic: drawing lost its connotation as a language comprehensible to the majority [Mezzetti et al. 1974] to become 'referential', that is, based on a code of formal representation. The choice to represent the complexity of reality through a graphic model is subject to the selection of certain aspects graphically rendered in a schematic and simplified manner, according to a conventional abstraction that must be recognised by the reader in order to be understood [Cardone 2013]. It is in this context that in 1905 Daniele Donghi published the first *Manuale dell'Architetto*, which includes all construction elements, from housing schemes to plant components, while still remaining a descriptive and analytical work [Barucci 1984]. As the previous technical manuals on installations are based on the design for large buildings and infrastructures, Donghi's intention is to 'adapt' water and sanitary, heating and ventilation systems to the building trade, describing them in detail and integrating the necessary information.

With the transition to the modern movement, post-war manuals become less descriptive and more concise, but accompanied by tables and graphs (CNR 1953, Mancosu et al. 2019), and at the same time begin to disregard the plant engineering aspect in a period that coincides with the country's building growth. The in-depth study of the plant engineering theme is therefore redirected towards specific technical manuals.

Regulation and the IT revolution

The evolution of printing techniques and the consequent possibility of producing multiple copies using heliographic or blueprint techniques led to the loss of the use of colour, replacing the meanings associated with them with hatching for backgrounds and thickness and continuity for lines.

In the 20th century, with industry developing in many countries, it is therefore necessary to refer to codified standards in order to unambiguously codify the products to be sent to production cycles. There was a tendency towards the standardisation of languages, followed by the standardisation of products, with the birth of various organisations involved in the field, such as UNI (*Ente Nazionale Italiano di Unificazione*) in Italy in 1921, which deals with technical drawing as one of its first topics.

The following decades did not see any significant developments until the end of the

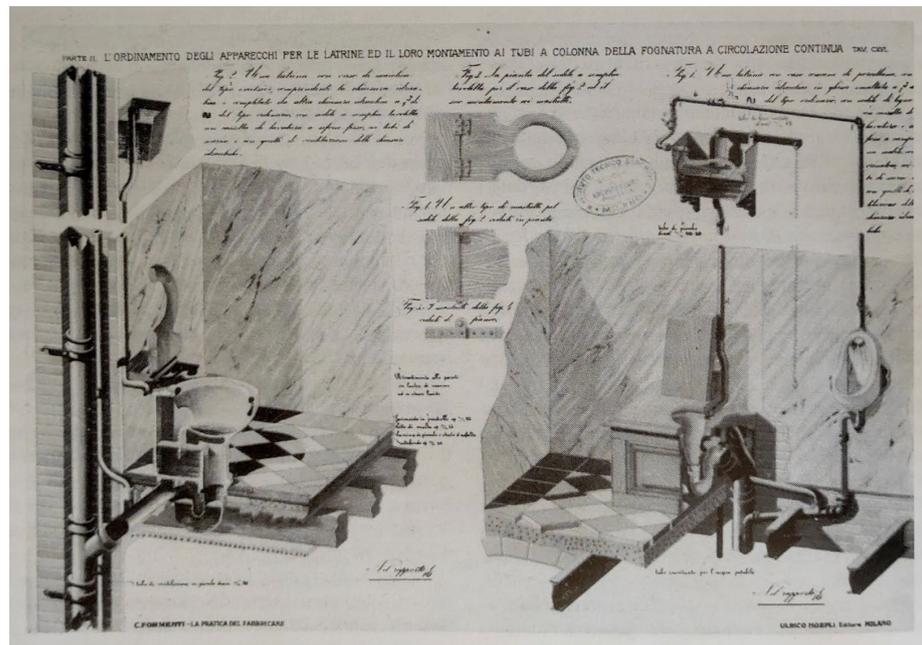


Fig. 3 Table on water and sanitary installations. C. Formenti. *La pratica del fabbricare*, 1893.

century, when the so-called 'computer revolution' took place, which, if initially presented as an executive replacement tool with the introduction of CAD (Computer-Aided Design), in a few decades overturned the approach to design and its graphic rendering [Sacchi 1994]. A first phase consists of automating the drawing, creating lines and hatches using computerised means: space becomes virtual, the visualisation of objects is dynamic since it is possible to move and rotate them, varying the point of view and section planes. We then moved from the traditional methods used with CAD to a radical evolution of the design approach, with the introduction of methodologies that allow not only the control of all aspects of the design phase, but also of subsequent construction and monitoring: Building Information Modeling.

In order to keep up with the implementation of such systems, the training of professionals with respect to the new tools and continuous updating becomes crucial, but the transition is hampered by the ingrained obsolete methods of technicians and small companies that do not always invest in training [Pérez Sánchez et al. 2017].

The MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) sector in particular is difficult to integrate, as it requires a range of technical information that is more difficult to coordinate. One of the advantages of using such technologies is the possibility of displaying plant systems from different viewpoints simultaneously (fig. 4), often overcoming the concept of a technical report in favour of a dynamic visualisation that can be shared in the online cloud [Teo et al. 2022]. In addition, information models allow additional information associated with individual elements to be consulted in real time, such as those related to operation and maintenance [Zhen-Zhong et al. 2018].

The result of the coordination between the individual models for the various disciplines is also the detection of any spatial collisions that would previously only have emerged during the construction phase: the traditional separate processing of thematic tables does not allow for this type of control, which can instead take place in integrated systems thanks to 'clash detection' [Ramya, Geena 2022].

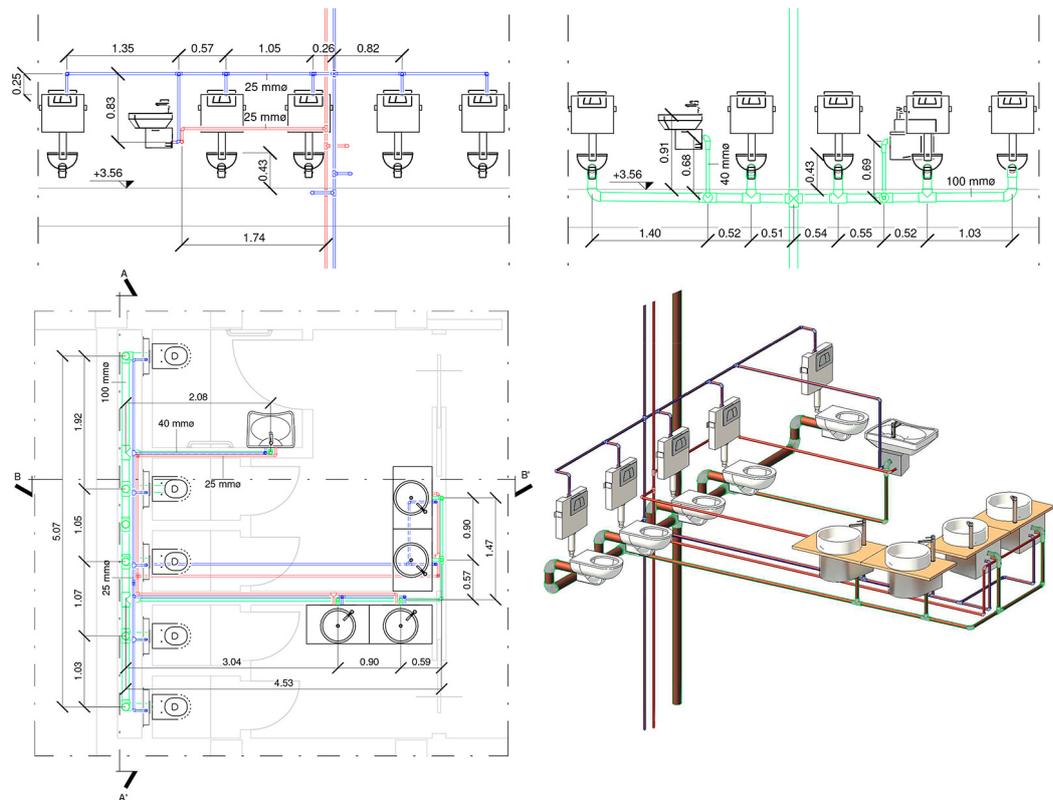


Fig. 4 Example of simultaneous visualisation of several views in Revit, Autodesk's BIM software. Graphic elaboration by the authors as part of ongoing experimentation.

Conclusions

We have seen how the evolution of representation evolves in step with needs and, above all, with the available tools. While traditional methods remain firm points in drawing theory, they will remain useful means only as long as it is necessary to produce static graphic works. Already in recent years, there is a move towards the consultation of digital models, with the most suitable tools available for this purpose on construction sites as well.

The use of emerging technologies such as Augmented Reality (AR) in conjunction with BIM makes it possible to obtain the information associated with models in real time, overcoming the limitations arising from the communication problems, frequent in plant engineering sectors, caused by traditional methods and avoiding errors and time and cost overruns [Dellasega et al. 2021]. As part of the ongoing research within the REMLab – the survey and modelling laboratory of the University of Naples Federico II – a series of experiments are in fact included that aim to integrate BIM systems, a first application outcome of which is shown in figure 6, with Augmented Reality. The objective is to test the actual benefits that this methodology can bring to classic workflows, thanks to a direct connection between the real space and the digital clone. The aim is to create a system in which the interaction with the virtual space can be reflected in the information model, enriching the database without the need for a new manual implementation.

The creation of up-to-date information models thus allows easier management of the artefact through what is commonly referred to as a digital clone (digital twin), becoming a fundamental tool in Industry 4.0 to support digital transformation [D'Agostino et al. 2021].

References

- Barucci C. (1984). *Strumenti e cultura del progetto. Manualistica e letteratura tecnica in Italia. 1860-1920*. Rome: Officina.
- Cardone V. (2013). *Modelli grafici dell'architettura e del territorio*. Rimini: Maggioli.

- Cardone V. (2017). *Gaspard Monge padre dell'ingegnere contemporaneo*. Rome: DEI Tipografia del Genio Civile.
- Ceccarelli M., Cigola M. (1993). Evoluzione della rappresentazione grafica nel progetto dei meccanismi. In M. Cigola, T. Fiorucci (Eds.), *Il disegno di progetto. Dalle origini al XVIII secolo*, pp. 427-433. Rome: Gangemi.
- Ceccarelli M., Cigola M. (2001). Trends in the drawing of mechanisms since the early Middle Ages. In *ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science*, Vol. 215, f. C3, pp. 269-289.
- Chirone E., Cambiaghi D., Villa V. (2005). Uno sguardo sul passato del disegno tecnico (pensando al futuro). In *'De la tradición al futuro'*. Atti del 17° INGEGRAF - XV ADM International Conference. Sevilla 1-3 June 2005. Sevilla: Maquet@ Fco Javier Martin.
- D'Agostino P., Antuono G., Calabrò E. (2021). E-Bim for the management of production plants. An approach for SMEs. In *Sustainable Mediterranean Construction*, pp. 133-140.
- Dallasega P. et al. (2021). Augmented Reality to Increase Efficiency of MEP Construction: A Case Study. In *Proceedings of the 38th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Dubai, 2-4 November 2021*, pp. 459-466. I.A.A.R.C.
- Dall'Ò G. (2000). *Gli impianti nell'architettura*. Milan: UTET.
- della Valle S. *La Facoltà di Ingegneria di Napoli. Cenni storici*. <<http://wpagge.unina.it/dellaval/Storia%20Ing.htm>> (accessed 10 February 2023).
- Magagnini M. (2005). Storia della rappresentazione. Il disegno del progetto. In *Il disegno dell'Architettura*, pp. 27-36. Bologna: Pitagora.
- Mezzetti C., Bucciarelli G., Lunazzi L. (1974). *Il disegno. Analisi di un linguaggio*. Rome: La Goliardica.
- Musmeci S., La Torre C. (1982). *Disegno architettonico esecutivo*. Rome: Carocci.
- Pérez Sánchez J. et al. (2017). From cad to BIM: A new way to understand architecture. In *WIT Transactions on the Built Environment*, Vol. 169, pp. 45-54.
- Rama S., Geena G. (2022). Relative Study on Clash Detection and its Effects on BIM Modelling. In *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Vol. 10, No. IX, pp. 1519-1525.
- Sacchi L. (1994). *L'idea di rappresentazione*. Rome: Edizioni Kappa.
- Teo Y. et al. (2022). Enhancing the MEP Coordination Process with BIM Technology and Management Strategies. In *Sensors*, Vol. 22, No. 13, p. 4936.
- Zhen-Zhong H. et al. (2018). BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. In *Advances in Engineering Software*, Vol. 115, pp. 1-16.

Author

Erika Elefante, Università degli Studi di Napoli Federico II, erika.elefante@unina.it

To cite this chapter: Elefante Erika (2023). I sistemi impiantistici nel progetto. Un excursus storico dal disegno concettuale al modello digitale/Plant Systems in Design. A Historical Excursus from Conceptual Drawing to Digital Model. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (Eds.), *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 413-426.