

WACLAW CELADYN*

CLIMATIC ASPECTS OF DURABILITY
IN CONTEMPORARY ARCHITECTUREKLIMATYCZNE ASPEKTY TRWAŁOŚCI
W ARCHITEKTURZE WSPÓŁCZESNEJ

Abstract

Buildings maintain their original shape for some time after their completion. Thereafter, they begin to deteriorate gradually. Their technical and aesthetical longevity is diverse and depends on many acting factors. First of all, the rules of building art should be obeyed while designing and constructing as well as the selection of adequate building materials is necessary. A very important factor, which determines their durability, is the local climate. The most adverse climatic conditions for buildings are in the coastal localities. One can perceive there best the impact of particular climatic factors on accelerated deterioration of building structures, as opposed to other more advantageous geographical situations. The paper presents the results of observations in situ and the analysis of technical and aesthetical condition of selected buildings in some cities in the Netherlands and Spain, with the aim of elucidating the reasons of their aesthetical and technical deterioration.

Keywords: architecture, construction, technology in architecture, durability of buildings, technical deterioration of buildings, impact of climate on buildings

Streszczenie

Obiekty architektoniczne zachowują swoją pierwotną formę przez pewien czas po oddaniu ich do użytku, po czym ulegają stopniowej degradacji. Ich trwałość techniczna i estetyczna jest bardzo zróżnicowana i zależna od wielu czynników. Przede wszystkim od przestrzegania reguł sztuki budowlanej przy projektowaniu i realizacji oraz doboru odpowiednich materiałów. Niezwykle istotnym czynnikiem wpływającym na ich trwałość jest miejscowy klimat. Jedne z najtrudniejszych warunków klimatycznych dla budynków panują w lokalizacjach nadmorskich. W takich miejscach można najlepiej obserwować wpływ poszczególnych czynników klimatycznych na przyspieszoną w stosunku do innych lokalizacji degradację tkanki budowlanej. W artykule przedstawiono wyniki obserwacji *in situ* oraz analizy stanu technicznego wybranych obiektów w miejscowościach nadmorskich Holandii i Hiszpanii w celu sformułowania wniosków związanych z ich degradacją techniczną i estetyczną.

Słowa kluczowe: architektura, budownictwo, technika w architekturze, trwałość budynków, degradacja techniczna budynków, wpływ klimatu na budynki

DOI: 10.4467/2353737XCT.15.010.3755

* Prof. Ph.D. D.Sc. Arch. Wacław Celadyn, Institute of Building Design, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology.

1. Introduction

Buildings after erection correspond more or less precisely to the initial visions of their architects. Designers essentially take into consideration mainly three aspects of buildings in their creative work: functional, formal and structural. Their architecture becomes basically an outcome of these three elements of design guidelines. Having finished their architectural documentation, and the supervision of the construction works, they usually lose their interest in the later performance of their buildings. But the buildings, initially in their “ideal” shape, almost immediately after completion are subject to the natural process of degradation caused by their use and the action of external climatic and internal microclimatic factors. Seldom, if ever, taken seriously into consideration in the course of design process, the time factor makes gradually and increasingly an impact on the functional, technical and aesthetical features and performance of buildings. The deterioration in built structures over time brings about, at a certain moment of their use, the necessity of undertaking some technical, precautionary measures that reduce the multi-criterial loss of their values. This entails impediments to their functioning as well as significant costs that allow to regain the initial shape of the building, or to reduce the degree of its deformation. Durability of buildings becomes an important issue in architecture and construction industry. It turns out to be particularly important, given the increasing significance of the problem of buildings’ life cycle and related economic aspects. In the same time, it is gradually more frequently considered an element of ecologic and energy-related assessment of architectural works. Climatic deterioration is closely linked to the negative changes in the aesthetic values of buildings. After a few years of use, and sometimes even much sooner, some disadvantageous signs of deterioration in the exposed building components can regularly be seen. The most difficult problem to resolve is a limited possibility of anticipation and adequate defining the faults appearing in the future. This is particularly true in the case of many new building technologies, whose performance have not yet been sufficiently verified during a long time after their application.

Unpredictability of climate-induced transformations, coupled with serious design faults, brings sometimes deplorable results. They come also to experienced and renowned architects, either due to insufficient expertise, or simply negligence. The reluctance to taking advantage of the opportunity of careful and inquisitive observation of the destructive process, occurring in their buildings, is another cause of their ignorance. But such a feedback would, undoubtedly, be helpful in acquiring the relevant knowledge and experience permitting to avoid unexpected damages to their later works. The process of degradation of building components can be best observed in adverse climates that accelerate it. Such areas are coastal locations, where the sea water in synergetic action with winds and intensive insolation brings about the most spectacular and rapid, disadvantageous climatic effects on buildings.

As part of the research on the phenomena of the climatic deterioration in buildings, two coastal regions in the Netherlands and in Spain had been chosen. The climates in those locations are, in some respects similar, but diverse in some others. In both cases, however, a significant destructive agent is the proximity of water. This adopted method enables us to compare the character of damages done to buildings. The contemporary or recently erected buildings, that show symptoms of climatic damage done to their facades or construction materials, had been selected for a relevant analysis.

2. Dutch Exemplary Buildings

2.1. Nemo Science Center in Amsterdam

Among the analyzed examples of contemporary Dutch architecture, a spectacular case of deterioration, unexpected to this extent, is the building of the Nemo Science Center in Amsterdam. Located by the water, it is subjected to degradation of the technical and aesthetical values of its elevations (Ill. 1).

It was constructed in 1997, and after 17 years of its use presents visible symptoms of unintended damages to the copper cladding. This is the case of the north façade, which faces a nearby water basin. Traditionally resistant to climatic factors, the copper sheet has yielded to early degradation and a disfiguring process of patchy change of colour can be seen (Ill. 2,3). On the south elevation, a spotty tarnish on the patina and discoloured coating appears over a series of corrosion spots at the lower edge of the cladding (Ill. 4). Even during a nice, rainless weather, the water drips from it, due to a water basin and cascades located on top of the building.

It seems that the stains on the copper sheet and the apparent deposits of dust have appeared due to the detrimental action of climatic factors. It is the rain water, which has not yet washed off the dusty overlay from the negatively inclined façade during the multiple cycles of its watering. A proof of this process may be the lighter and natural colour of the copper elevation, that remained unchanged at its upper brim, as well as the apparent streaks made by the water flowing down the façade and dislocating the dust deposits, eventually forming darker patches below. Similar patterns can often be seen on the stone facades. More intensively washed vertical west elevation, which is subjected to the action of prevailing winds, is devoid of such disfiguring effects. This is probably due to its tilt encouraging the washing. (Il. 1). In the case of the south elevation (Ill. 3), the apparent spots of corrosion should be assigned to faulty workmanship, and possibly also to poor design solution. A shallow water pool with cascades, located on top of the building, has contributed to that deteriorating process. A faultless construction in this case would be a very difficult task. The one carried out on this roof has proved to be technically unreliable, causing the water penetration into the structure of the façade, and eventually its flow down the internal face of the copper cladding.

2.2. Mixed – use Building Silodam in Amsterdam

The building has been constructed in a climatically utterly adverse location, over the river bank, and founded on piles. It is a very windy place. The building facades are clad in a few various materials, being a designers' aesthetical option (il.5). After 12 years of its use, the majority of applied materials do not exhibit substantial apparent signs of deterioration, except for the fragments of the elevation clad in beige HPL (High Performance Laminate) panels. Some of them have been conspicuously damaged by the wind. Their outer finishing layer has partly come off along the edges (Ill. 6). This defacement of the outer skin of the building seems to have been unavoidable in such adverse climatic conditions. The synergetic action of the wind and humid air, as well as that of the slanting rains, have brought about the disintegration of this vulnerable cladding material. The bonding capacity of the resinous glue in those panels has presumably subsided, and ultimately has caused this negative effect. The HPL materials, having been in a relatively short-time use, have demonstrated their obvious flimsiness in such extreme conditions. That serious degradation could have probably been avoided, or at least reduced by the application of a waterproof framing along the edges of the panels. It would protect them from the penetration of rain water and humidity inside them.

2.3. Shopping Centre De Bijenkorf in Rotterdam

This building has its long history, and thereby, it is different from the new ones analyzed above. It was constructed in 1957 (arch.M.Breuer). The travertine-clad facades are marked with spectacular dark patches making a characteristic pattern (Ill. 7). Fifty seven years after their installation, they present quite a similar image as it was in the 18-th year of the building's use, when I perceived them previously. The high porosity of the applied stone favours the water penetration into its structure, resulting in an easy adherence of dust to its surface. A thick deposit of dust particles can be easily spotted on the building's east façade

exposed to a city's thoroughfare, where the dust is being intensively stirred and raised, due to heavy traffic. It is the lowest part of the façade, which is, quite understandingly, especially subjected to this process. The upper part of this elevation, being less intensively covered with dust, and more intensively washed with rain water, has maintained its original appearance. On the basis of an analysis of the superficial water flow, it can be claimed, that the intriguing patchy pattern on the facades has presumably been made as a result of their specific articulation. It was achieved by the use of identical hexagonal stone panels, separated by relatively deep joints, which had formed draining channels (Ill. 8). The changing direction of the local strong winds in this city have caused the streaks of rain water flow down the facades, in a way to form an irregular pattern of fragmentarily preserved dust deposits. As it seems, the porous character of the applied stone had made the procedures of cleaning and maintenance works, carried out at some time, visibly ineffective. They not only had failed to remove the dusty deposits, but presumably, even made them permanent. The analyzed effect of climatic deterioration of the facades, basically, does not reduce substantially the technical performance of the applied material, in this case. However, in the majority's opinion, it has a significant negative impact on the aesthetical values and durability of the building.

2.4. Seniors House WoZoCo in Amsterdam

Although this building is not located in the direct vicinity of water basins, it exhibits a spectacular impact of climatic factors on its facades. Strong winds and loosely built area of the city favour their negative action on the built structures. The problematic application of some construction materials for the cladding of its elevations has caused their visible deterioration during 17 years of the building's use.

It is particularly conspicuous on the south façade (Ill. 9), which is finished with horizontal wooden siding.

The brown planks have been sporadically marked with bleached streaks made by the rain water washing out the dark impregnant. This effect has, certainly, not been taken into account by the architects, as part of their initial aesthetical concept. Slanting rain water has made unevenly arranged patches of bleached material. The washed-out impregnant has been dislocated and spots of its concentration appeared in the direct vicinity of the streaks of water, which flowed down the façade forming darker irregular strips (Ill. 10).

An analysis of the case indicates, that the irregularity of this pattern results from the unevenly located windows and balconies, which spectacularly protrude from the façade's plane. They protect some parts of the façade against the rainwater on the one hand, but on the other, they direct the streams of water to other parts of the cladding. Noteworthy is the comparison of the look of the south façade with the other ones. The west elevation has no discoloured patches (Ill. 11). This is due to its more advantageous orientation, in relation to the local dominating winds, as well as its protective screening by a neighbouring building and trees. This situation proves a diversified impact of climatic factors on building facades, depending on their spatial configuration.

3. Spanish Exemplary Buildings

The coastal city of Barcelona is characterized by a typical maritime climate. Relatively low precipitation, but pretty high humidity of the air sporadically saturated with salt particles, as well as intensive insolation, create climatic conditions different from those in the Netherlands. The threats for buildings, however, are in some way similar to those in Amsterdam or Rotterdam, and in some other aspects different.

3.1. Hotel Arts in Barcelona

This is a luxury high-rise hotel located directly at the coast of the Mediterranean Sea. It was constructed in 1992, and is a characteristic landmark of the coastal district of the city, due to its height and exposed external steel framing (II.12). The building is remarkable in view of the discussed problems of technical and aesthetical durability in architecture. Its structural concept, based on the use of steel, was rather risky, given the coastal location and salty air being ideal for the development of the corrosive process. After 22 years of its use, the building exhibits clear symptoms of the formation of corrosive spots, despite the protective anticorrosive treatment of its framing. This undesirable situation has been worsened by the installation of an open water pool under the building (III. 3). The rising water vapour acts not only on the structural elements, but also on the panels of metal cladding of the facades, which have deteriorated in part, and will need to be replaced at some later time (III. 14–16).

3.2. El Centro de Convenciones Internacional de Barcelona

This is an ample conference building located in a coastal area of the city. After 10 years of operation, it shows exceptionally many symptoms of degradation that reduce its technical and aesthetical longevity (III. 17). Dominating are the damages and deformations of climatic origin that have contributed to the degradation of its facades. A process of dust accumulation had originated from a nearby heavy- traffic-artery and has found its expression on a lower part of the east elevation. It has been clad with brass sheet, which is protected against washing with rain water by protruding structural steel components above (III. 19). Another fragment of the elevation, located above, has preserved its original colour and technical value, due to the rain washing through a gap between the façade and contiguous canopy. A similar process was elucidated while considering the Dutch buildings. Quite an opposite, negative effect of climatic origin can be seen in yet another part of the building (III. 18), where a “corten” steel cladding has been devoid of an impregnative and corrosive layer in its lower part, because of the missing protection against slanting rain by the protruding elements of the façade. The resulting light patches on the metal sheet have disfigured the vulnerable material. The aesthetically and technically negative effect was further worsened by some ensuing perceivable maintenance procedures aimed at the removal of graffiti that had covered the metal. It has become obvious over time that the choice of this material had not been adequate, due to its vulnerability to vandalistic acts of mechanical character in that socially specific area. Glazed openings, in that same fragment of the elevation, have been responsible for unaesthetical markings made by the rain water or condensed vapour flowing in streaks down the panel. If, in the case of the two previously analyzed components, some maintenance procedures can presumably lead to the regaining a close-to-original result, the latter exposed to adverse climatic effects can only be completely replaced.

Another disadvantageous disfiguring process, taking place on the elevations over the ground floor, can be easily noticed. The majority of steel panels of the facades have been irreparably deformed and damaged (III. 20). That time, however, it was another adverse climatic factor and its destructive impact that had caused it, namely solar radiation. Intensive insolation, characteristic of that coastal geographic latitude, has brought about thermal movements of panels made of perforated stainless steel. Deformation, and ensuing delamination of those panels, as well as further slipping down of the soft polyurethan foam interleaf comprised between two thin metallic covers making a component, have become a spectacular example of technical and aesthetical failure. This effect had been caused by cyclic extension and contraction of the material exposed to such extreme thermal load. These movements have led to the destruction of bonding material holding all the three layers in place and, in consequence, to sinking of the foamy interlayer. The bulging of metal sheets had generated the delamination process and the creation of air

gaps between them. A decisive factor at the origin of this series of events was a fixed joining of layers at the perimeter of the panels. That hampered their mutual free thermal movements. Noteworthy is that the bulging and delamination were most intensive at those areas of the panels where the perforation was dense, and thereby the metal sheet more prone to deformation (il. 20). Permanently disfigured steel sheets are, in practice, a material unsuitable for correction. The analyzed process had been difficult to foresee as the applied stainless steel sheet has a lower value of the coefficient of thermal expansion than a regular steel. Therefore, it could have been assumed that it would not succumb to such deformations so easily. And yet it has happened.

3.3. *Museu Blau*, Museu de Ciències Naturals de Barcelona

The Museum of Natural History, designed by Herzog&de Meuron, was erected in 2012. After only 2 years of its use, it shows signs of technical and aesthetical degradation attributed to climatic factors, but also to mechanical disfigurement caused by vandalistic acts to which the building has proved to be vulnerable (Ill. 21). In this case, presumably, a destructive impact of climate, coupled with the salty air, have become a real problem. Although the ground floor area is well protected against the rain water by the overhung upper story, there are many corrosive spots on the stainless steel panels of cladding and its steel fixing elements on this level (Ill. 22). The corrosive process favoured also an increased accumulation of dust on metallic elements, which is reaching the site from a nearby busy street.

The building exhibits the results of some other detrimental processes caused by the factors different from climatic. The lower parts of the upper story facades turned out to be vulnerable to damages done by the passers-by out of pure curiosity. That was possible due to their accessibility from the ground level. The plaster finish was systematically chipped off at its edges. These disfigured fragments are the price of the application of an innovative plastering technology, which attracts attention, and thus provokes an undesirable behavior of visitors (Ill. 23). The plaster finish painted in violet, due to its rough surface, is prone to excessive accumulation of traffic dust as well as of the beach sand blown onto it by the wind. As a result of that, the protrusive spots of the plaster finish brought about yellow patches of accumulated dust and sand on the elevation. The sculptural character of the external finishing material is also associated with another disadvantageous process, which consists in systematic, uneven washing of the façade by the rain water and disappearing of the violet paint. Disfiguring brighter patches gradually appeared making the façade's look even worse. This process will certainly, constantly proceed, and will lead to the aesthetical degradation of the building (Ill. 24).

3.4. Residential Building *Walden-7* in Barcelona

The building is interesting for its history, and it very well illustrates the problems of durability of buildings (Ill. 25). It was completed in 1975. Its structure is made in a concrete framing technology with exterior walls of light concrete blocks (Ill. 27). Directly on this material, a ceramic tile finish of low quality on all the facades has been installed (Ill. 26). The architect was apparently not aware of the future problems with that technical solution, but they appeared not much later. In 1988, after 13 years of its use, on my second visit to the site, the building was surrounded with a mesh canopy, which was designed to protect the passers-by against the ceramic tiles coming off the facade and falling down. The reason of that endangering process were the changes in the air temperature and the resulting cyclic thermal movements of tiles, which would break the bonds between them and the fixing mortar. Moreover, the condensation of water vapor from inside the building, which would penetrate the walls of high vapor permeability, had contributed to

such a result. The high temperature of dark red tiles, heated by the solar radiation, brought about presumably the increased pressure of water vapour within the structure of the wall and, in consequence, made the tiles come off. As a climatic factor, the solar radiation had certainly become the main destructive reason of the failure of the façade's material. It is noteworthy, that the diffusion of water vapour through the exterior walls, and its negative consequence: the reduction of the technical durability of buildings, have not been seriously considered, so far, in the Mediterranean countries with clement climates. It has not been a real problem in that region, due to the dominating one-material technology for exterior walls. But it appeared to be a problem in the analyzed case of the residential building, characteristic of the increased humidity of the interior air. The external finish of ceramic tiles, impermeable for water vapour, had been installed on light concrete blocks characterized by a high rate of vapour permeability. From our view point, it is an obvious faulty solution, contrary to the accepted rules in building design. As a result of unexpected damage to the elevations, refurbishment works have started. The tile finish is now being replaced with coloured plaster on the whole façade, except for the balconies and bay windows, where the old tiles are being replaced with new ones of higher quality (Ill. 28). This building is stricken not only with the aforementioned problems, but also with another type of deterioration. The owners of some apartments have remodeled their balconies and replaced the original windows with new ones of different sort, in an uncontrolled way, thus an esthetical "destruction" has taken place (Ill. 28).

4. Conclusions

A comparison of performance of buildings located in maritime climates in the two European countries has proven, that there are some similarities between them, but they come about only in part, as far as their durability in the local climatic conditions is concerned. Many specific differences apart, those similarities regard such climatic factors as: increased air humidity comparing to inland localities, degree of salt saturation of the air (different in both cases), intensive winds or high insolation (particularly in Barcelona). The autonomous or synergic action of these factors in many cases have brought for the analyzed buildings similar detrimental effects, resulting in restriction of their technical or aesthetical durability. The analysis, that had been carried out, concerning the causes of degradation of building facades, has indicated some design and workmanship faults that have contributed to the appearance of deteriorating processes and ensuing damages. Assessing those failures, it can be stated that in the majority of analyzed cases, the most destructive factors are:

- synergic action of rain water and winds,
- location of buildings by heavy traffic arteries, due to excessive dust deposits on elevations,
- selection of inadequate or faulty materials for elevations in the localities subject to dust deposit,
- intensive insolation of facades and thermal movements of their materials,
- disadvantageous forms, tilts and surfaces of facades,
- disadvantageous orientation of elevations, in view of dominating winds and of the sun,
- faulty design of roof covers with water basins or cascades, resulting in leakages and depreciation of materials,
- missing securing systems against uncontrolled flow of water down the facades from balconies and window sills, in the case of humidity-sensitive materials,
- external exposition of steel structural components in chemically aggressive localities,
- poor knowledge and disrespectful attitude concerning the principles of designing proper structure of exterior walls, in view of the vapour permeability of their material.

The enumerated threats and causes of faulty spatial and technological solutions, which abate the durability of building facades, come about frequently also in the inland locations, which are distant from

seas and water basins. It seems, however, that on the basis of the analysis carried out above, it can be stated that the coastal sites accelerate the speed of appearance of faults and spectacular detrimental effects to which the buildings are subjected there. Due to that presumption, their choice for this sort of research is particularly justified, and has an educational value. The observed effects can serve as a sort of warning leading to the increase in the designers' awareness as well as permit to avoid similar errors and imperfections in professional practice in the future. They offer a good possibility of acquiring a relevant knowledge for architects, who routinely neglect the constructional, and especially, physical aspects in buildings. It should be noted, that the quality of architecture is being perceived, nowadays, not only shortly after erection, but also much later during the use of buildings. The premature abatement of their durability is contrary to the rules of sustainability, which assume a possibly long lasting use of buildings along with their easy, inexpensive modification or modernization. Thus, the extension of their life cycle appears to be in line with the strategy of ecological approach to construction, and becomes a paradigm of contemporary architecture [1].

1. Wstęp

Obiekty architektoniczne po ich oddaniu do użytku z reguły odpowiadają mniej lub bardziej dokładnie wizjom ich projektantów. Architekci, projektując budynki, uwzględniają głównie aspekty funkcjonalne, formalne i konstrukcyjne. Ich dzieła stają się w zasadzie wypadkową tych trzech elementów idei projektowych. Po oddaniu budynku do użytku projektanci tracą najczęściej zainteresowanie swoim dziełem. Tymczasem budynki, uzyskawszy wraz z oddaniem do użytku stan „idealny”, niemal natychmiast poddane są naturalnemu procesowi degradacji wynikającemu z ich użytkowania oraz oddziaływaniu zewnętrznych czynników klimatycznych i wewnętrznych mikroklimatycznych. Rzadko uwzględniany w procesie projektowania w sposób kompleksowy i odpowiedzialny aspekt czasu ma stopniowo coraz większy wpływ na sprawność i na cechy użytkowe, techniczne i estetyczne budynków. Degradacja obiektów powoduje na pewnym etapie konieczność podjęcia działań technicznych zmniejszających intensywność wielokryterialnej utraty ich wartości. Wiąże się to z utrudnieniami w ich funkcjonowaniu oraz pociąga za sobą poważne koszty pozwalające na powrót do punktu wyjścia bądź redukcję stopnia degradacji. Trwałość obiektów staje się istotnym problemem architektury i przemysłu budowlanego. Jest ona szczególnie ważna w obliczu wzrostu znaczenia zagadnienia cyklu życiowego budynków i związanych z nim aspektów ekonomicznych (life cycle costing). Stanowi on coraz ważniejszy element oceny ekologicznej i energetycznej obiektów architektonicznych. Degradacja klimatyczna wiąże się bardzo ściśle ze zmianami walorów estetycznych budynków. Już po kilku latach użytkowania obiektów, a często znacznie wcześniej, można zauważyć z reguły niekorzystne zmiany w tym zakresie poszczególnych wyeksponowanych elementów. To, co stanowi największy problem, to najczęściej ograniczona możliwość wcześniejszego przewidywania i określania przyszłych zmian destrukcyjnych. Dotyczy to szczególnie wielu nowych technologii budowlanych, niesprawdzonych w wieloletnich doświadczeniach. Nieprzewidywalność zmian niejednokrotnie wiąże się z popełnionymi poważnymi błędami projektowymi. Zdarzają się one nieraz nawet doświadczonym i uznanym architektom. Wynika to z ich zaniedbań bądź z braku dostatecznej wiedzy technicznej. Przyczynia się również do tego niechęć do korzystania z możliwości uważnej, dociekliwej obserwacji procesu degradacji zaprojektowanych obiektów. Taki „feedback” byłby niewątpliwie pomocny w doskonaleniu wiedzy tech-

nicznej pozwalającej na uniknięcie błędów w przyszłości. Proces destrukcji i jego skutki najlepiej obserwować w klimatach niesprzyjających, gdzie degradacja postępuje w przyspieszonym tempie. Niewątpliwie takim polem obserwacyjnym mogą być tereny nadbrzeżne, gdzie woda morska w synergii z wiatrem i intensywną insolacją powoduje najbardziej widoczne i szybkie niekorzystne efekty wpływów klimatycznych na budynki.

W ramach badań zjawiska destrukcji klimatycznej wybrano dwa regiony nadmorskie: w Holandii i w Hiszpanii. Klimaty w tych strefach pod pewnymi względami są zbliżone, pod innymi jednak zróżnicowane. W obydwu przypadkach istotnym czynnikiem destrukcyjnym jest bliskość wody, co umożliwia ewentualne porównania. Do badań wybrano obiekty współczesne, stosunkowo niedawno zrealizowane, na tyle jednak nienowe aby można było się spodziewać po kilku lub kilkunastu latach użytkowania pewnych widocznych oznak degradacji materiałów i elementów elewacji.

2. Przykłady holenderskie

2.1. Nemo Science Center w Amsterdamie

Spośród analizowanych przykładów holenderskiej architektury współczesnej dość spektakularnym przykładem degradacji, zapewne niespodziewanej w tym stopniu, jest budynek Nemo Science Center w Amsterdamie. Usytuowany bezpośrednio nad wodą, ulega widocznemu obniżeniu wartości technicznych i estetycznych swoich elewacji (il. 1). Wybudowany w 1997 roku, po 17 latach użytkowania demonstruje widoczne symptomy niezamierzonych zmian na fasadach z blachy miedzianej. Ulegają ona stopniowo procesowi plamiastych przebarwień północnej, wyeksponowanej na zbiornik wody, części elewacji. Jak widać, nawet odporna na czynniki atmosferyczne blacha miedziana nie oparła się stosunkowo wczesnej degradacji (il. 2 i 3). Miejscowa zmiana barwy blachy miedzianej i wyraźny nalot przebarwiający obserwuje się również na elewacji południowej, powyżej widocznego na dolnym obrzeżu blach skupiska ognisk korozyjnych (il. 4). W tym miejscu nawet przy ładnej, bezdeszczowej pogodzie można zauważyć wodę ściekającą po materiale elewacji z basenu znajdującego się na dachu budynku.

Jak się wydaje, przebarwienia w formie wykwitów oraz osadu pyłu można odnieść do czynników klimatycznych – głównie wody opadowej, która nawet z powierzchni ujemnie nachylonej nie zdołała spłukać warstwy pyłu w trakcie wielu cykli nawilżania. Świadczyć o takim procesie może jaśniejsza, naturalna barwa blachy w strefie górnej krawędzi elewacji. Widać wyraźnie zacieki od wody przemieszczającej osad pyłu w kierunku na dół i jego koncentrację w postaci ciemniejszych plam poniżej. To proces dość często obserwowany również na elewacjach kamiennych. W tym wypadku intensywniej spłukiwana elewacja od strony zachodniej (dominujący kierunek wiatrów) jest pozbawiona ciemniejszych plam; zapewne również ze względu na pionową, a nie nachyloną ujemnie powierzchnię tej części elewacji (il. 1). Jeśli chodzi o fasadę południową (il. 3), powstanie ognisk korozyjnych należy przypisać błędowi wykonawczym, a zapewne i projektowym. Na dachu umieszczono wzmiankowany wcześniej płytki basen wodny z kaskadami. Rozwiązanie takie niezwykle trudno zrealizować w sposób bezbłędny i stąd penetracja wody z dachu do struktury elewacji i jej spływ po wewnętrznej stronie blachy.

2.2. Budynek mieszkalno-biurowy Silodam w Amsterdamie

Ten obiekt jest usytuowany w skrajnie niekorzystnej klimatycznie lokalizacji. Znajduje się ponad wodą przy brzegu i jest zbudowany na palach. W miejscu tym wieją silne wiatry. Elewacje obiektu są wykonane z kilku odmiennych materiałów, co było estetyczną opcją projektantów (il. 5). Po 12 latach użyt-

kowania większość materiałów nie wykazuje istotnych widocznych oznak degradacji. Jednakże wyjątkiem są fragmenty fasady wykończone bezowymi płytami HPL (*High Performance Laminate*). Na ilustracji 6 widać wyraźnie częściowo oderwane fragmenty laminatu. Zauważalna degradacja płyt laminatu w postaci oderwanych przez silne wiatry zewnętrznych warstw na ich obrzeżach wydaje się zjawiskiem nieuniknionym w tych warunkach klimatycznych. Synergiczne oddziaływanie wiatru i znacznej wilgoci w powietrzu, a także zacinających deszczy, doprowadziło do rozwarstwienia tego wrażliwego materiału. Siła wiążąca lepiszcza żywicznego w płytach uległa zapewne osłabieniu, powodując opisywane zjawisko. Materiały HPL, będące jeszcze w stosunkowo niedługim użytku, wykazały w tych ekstremalnych warunkach swoje ewidentne wady. Prawdopodobnie uniknięto by tak poważnej degradacji, zabezpieczając krawędzie płyt przed penetracją wilgoci do ich wnętrza przez zastosowanie szczelnego profilu obwodowego.

2.3. Dom handlowy De Bijenkorf w Rotterdamie

Ten obiekt ma długą historię i z tego względu nieco odbiega swoim charakterem od poprzednich, gdyż okres jego budowy sięga 1957 r. (arch. M Breuer). Trawertynowe elewacje budynku pokryły się spektakularnymi ciemnymi plamami o charakterystycznym wzorze (il. 7). Po 57 latach użytkowania wyglądają niemal tak samo, jak po 18 latach, gdy ich stan poprzednio zarejestrowałem. Znaczna porowatość kamienia sprzyja penetracji wody do wnętrza jego struktury i tym samym przywieraniu pyłu do powierzchni. Grubszy osad pyłu można zauważyć szczególnie na elewacji od strony ruchliwej drogi i w dolnej jego partii, co jest zrozumiałe. Górna partia fasady, podlegająca mniejszemu zapyleniu i intensywniej zmywana wodą opadową, zachowała naturalny kolor. Jak można przypuszczać na podstawie analizy spływu wody po elewacji, powstały na niej intrygujący wzór plamisty wynikł zapewne ze specyficznego jej podziału za pomocą sześciokątnych, jednakowych płyt kamiennych z zachowaniem dość głębokich spoin. Stały się one kanalikami odprowadzającymi wodę (il. 8). Zmienny kierunek silnych wiatrów w tym mieście portowym uwidocznił się w niejednorodnym ułożeniu strug wody splukujących fragmentarycznie pył. Przypuszczalnie ze względu na porowaty charakter kamienia procedury jego czyszczenia konserwacyjnego tylko w niewielkim stopniu usunęły plamy, a być może nawet je utrwaliły. Zanieczyszczenie elewacji w tym wypadku nie obniża zasadniczo stanu technicznego ich materiału, wpływa jednak zapewne w powszechnej opinii na obniżenie walorów i trwałości estetycznej budynku.

2.4. Dom mieszkalny dla osób starszych WoZoCo w Amsterdamie

Budynek ten nie znajduje się wprost w bezpośrednim sąsiedztwie zbiorników wodnych, niemniej dość silne wiatry w portowym Amsterdamie na luźno zabudowanej przestrzeni oraz problematyczny dobór materiału elewacji spowodowały w ciągu 17 lat eksploatacji widoczne od strony południowej ślady degradacji (il. 9). Fasada wykończona poziomo ułożonymi deskami, potraktowanymi brunatnym impregnatem, zniekształcona została spektakularnymi zaciekami wodnymi. Efekt zapewne nie był przez autorów zamierzony. Zacinające strugi wody deszczowej dokonały nierównomiernych plamiastych zaników impregnatu, który przemieścił się i skoncentrował w miejscach bezpośrednio przylegających do stref najczęściej wypłukiwanych. Uwidoczniło się to w postaci ciemniejszych brązowych pasm (il. 10). Nieregularność wzoru jasnych plam powstałych po wypłukaniu impregnatu z desek oraz ciemniejszych jego koncentracji jest związana, jak można stwierdzić po wnikliwej analizie, z nieregularnym rozłożeniem okien i mocno wystających balkonów. Z jednej strony stanowiły one osłonę przed deszczem pewnych partii elewacji, a z drugiej, podobnie jak parapety okien, tworzyły powierzchnie kierujące wodę na deski elewacji. Znamienne jest porównanie fasady południowej z pozostałymi. Elewacja zachodnia, jak widać na ilustracji 11, nie posiada znaczących odbarwień i plam. Jest ona korzystniej usytuowana względem miejscowych dominujących kierunków wiatrów, a jednocześnie jest osłonięta drzewami i sąsiednim budynkiem. To świadczy

o zróżnicowanym wpływie czynników klimatycznych na poszczególne fasady budynku w zależności od konfiguracji przestrzennej.

3. Przykłady hiszpańskie

Nadmorska Barcelona cechuje się typowo morskim klimatem tej strefy geograficznej. Stosunkowo niewielka ilość opadów, lecz spora wilgotność powietrza nasyconego okresowo cząstkami soli oraz intensywne nasłonecznienie stwarzają odmienne od holenderskich warunki klimatyczne. Powodują one pod pewnymi względami podobne, a pod innymi odmienne zagrożenia dla budynków.

3.1. Hotel Arts w Barcelonie

Ten wysokościowy luksusowy hotel położony jest niemal bezpośrednio nad brzegiem Morza Śródziemnego. Wybudowany w 1992 r., stał się charakterystycznym elementem krajobrazu nadmorskiej części Barcelony ze względu na swoją wyeksponowaną na zewnątrz stalową kratową konstrukcję (il. 12). Jest on godzien szczególnej uwagi w kontekście rozważanych problemów trwałości estetycznej i technicznej. Wydaje się, że koncepcja tego obiektu w zrealizowanej formie była dość ryzykowna z powodu jego nadmorskiego położenia. Przesycone solą morską powietrze stwarza bowiem niemal idealne warunki do powstania zjawisk korozyjnych. Jak się można przekonać, tego rodzaju obawy okazały się niebezpieczne. Po 22 latach użytkowania na budynku widać wyraźnie proces rozwijania się korozji, pomimo zabezpieczenia antykorozyjnego powłoką malarską. Sytuację pogarsza basen wodny na otwartym powietrzu zlokalizowany pod budynkiem (ilustracja 13). Unosząca się z niego para wodna ogarnia nie tylko elementy konstrukcyjne, ale także metalowe płyty wykończenia elewacji, które powoli ustępują procesowi korozji (il. 14–16).

3.2. El Centro de Convenciones Internacional de Barcelona

Ten usytuowany w strefie nadbrzeżnej rozległy obiekt konferencyjny wykazuje po 10 latach użytkowania wyjątkowo wiele symptomów degradacji obniżających jego trwałość techniczną i estetyczną (il. 17). Dominują uszkodzenia i deformacje pochodzenia klimatycznego. Na ilustracji 19 widać zjawisko akumulacji osadu pyłu komunikacyjnego w dolnej partii elewacji wykończonej blachą mosiężną, która nie jest zmywana wodą opadową za sprawą osłonowego charakteru wystających profili stalowych usytuowanych powyżej. Fragment elewacji powyżej nich zachował swoją barwę i pierwotny stan techniczny dzięki dostępowi wody docierającej do niego poprzez szczelinę w przyległym zadaszeniu. Obserwuje się tutaj podobieństwo do zjawisk poprzednio omawianych na przykładach holenderskich. Niekorzystne efekty klimatyczne o przeciwnym charakterze można dostrzec na ilustracji 18, gdzie panele elewacyjne ze stali typu „corten” zostały w dolnej części pozbawione pierwotnej warstwy impregnacynnej wskutek braku osłony przez wystające górne fragmenty fasady – w rezultacie warstwa rdzy została zniszczona. Pozostały w tej strefie jaśniejsze plamy na materiale. Do degradacji tego materiału przyczyniły się również dość widoczne zabiegi konserwacyjne dokonywane w celu usunięcia graffiti. W tej zagrożonej aktami wandalistycznymi strefie dokonany wybór materiałowy najwyraźniej nie był decyzją właściwą ze względu na wrażliwość materiału na uszkodzenia mechaniczne. Otwory przeszklone w płytach, do których dotarła woda opadowa, a prawdopodobnie także kondensat powstały na szkle, umożliwiły powstanie wyraźnych zacieków na powierzchni płyt. O ile w dwóch poprzednich przypadkach pewne zabiegi konserwacyjne mogą doprowadzić w zróżnicowanym stopniu do poprawy estetyki tych fragmentów elewacji, o tyle kolejny wymieniony niekorzystny efekt oddziaływania czynników klimatycznych jest praktycznie niemożliwy do korekty. Ilustracja 20 przedstawia płyty elewacyjne

znajdujące się powyżej parteru, które uległy nieodwracalnej deformacji. Tym razem uwidocznił się wpływ innego czynnika klimatycznego – promieniowania słonecznego. Intensywna insolacja, jaka występuje w tej śródziemnomorskiej lokalizacji, spowodowała znaczne ruchy termiczne płyt z perforowanej blachy nierdzewnej. Na fotografii widać rozwarstwienie płyt i obsunięcie się umieszczonej pomiędzy dwiema warstwami blach miękkiej pianki poliuretanowej. Nastąpiło to w wyniku cyklicznego rozszerzania się i skurczu blach, co doprowadziło do destrukcji spoiwa międzywarstwowego, a w konsekwencji do opadnięcia pianki. Było to spowodowane wybrzuszeniem się blach (pierwotnie ze sobą spojonych) generującym siły rozwarstwiającej i utworzeniem się wolnej przestrzeni między nimi. Zjawisko takie wystąpiło za sprawą nieprzesuwnego połączenia blach ze sobą na obrzeżu i uniemożliwienia tym samym ich swobodnych ruchów dylatacyjnych. Jak można zauważyć na fotografii, wybrzuszenie i rozwarstwienie wystąpiły szczególnie intensywnie w tych rejonach blach, gdzie perforacja była bardziej gęstsza, a tym samym te fragmenty były bardziej podatne na deformacje. Trwale powyginana blacha jest w tym wypadku elementem praktycznie nienadającym się do naprawy i ponownego „wyplaszczania”. Zjawisko to było dość trudne do przewidzenia, jako że zastosowana blacha nierdzewna ma niższy współczynnik rozszerzalności termicznej niż zwykła blacha stalowa. Można było zatem przypuszczać, że nie ulegnie ona tak łatwo deformacjom.

3.3. Museu Blau, Museu de Ciències Naturals de Barcelona

Powszechnie znana realizacja biura Herzog&de Meuron – budynek Muzeum Historii Naturalnej, zrealizowany w 2012 r., zaledwie po 2 latach funkcjonowania zdradza ślady degradacji estetycznej i technicznej z powodów klimatycznych, a także mechanicznych związanych z wandalizmem, na który jest stosunkowo mało odporny (il. 21). W tym wypadku ujawniło się przede wszystkim destrukcyjne działanie czynnika środowiskowego w postaci nasyczonej solą morską pary wodnej. Przyczyniła się ona do powstania w strefie parteru, dobrze chronionej przed wodą opadową przez nadwieszenie budynku, widocznych ognisk korozji na metalicznych powierzchniach paneli ze stali nierdzewnej oraz na elementach je mocujących (il. 22). Występuje tu także akumulacja pyłu na powierzchniach metalowych wynikająca z sąsiedztwa ruchliwej ulicy, co jest czynnikiem sprzyjającym korozji. Obiekt demonstruje także inne niekorzystne zjawiska natury pozaklimatycznej. Dostępność dolnych fragmentów fasad nadwieszonych nad parterem umożliwiła pojawienie się w części budynku uszkodzeń mechanicznych spowodowanych intencjonalnym zaangażowaniem użytkowników sąsiedniej przestrzeni. Uszkodzenia te są ceną zastosowania nowatorskiej technologii grubowarstwowego tynku elewacyjnego użytego po raz pierwszy w tym obiekcie i wzbudzającego autentyczne zainteresowanie zwiedzających (il. 23). Tynk, pokryty warstwą farby elewacyjnej o barwie fioletowej, ze względu na swoją grubą fakturę jest w sposób naturalny narażony na nadmierną akumulację na swej powierzchni cząsteczek pyłu pochodzącego zarówno z sąsiedniej ruchliwej ulicy, jak i niesionego wiatrem z pobliskiej plaży. W wyniku tego zjawiska wyraźnie się uwidoczniły strefy wzmoczonego osiadania żółtawego osadu tam, gdzie rzeźbiarska, chropowata elewacja posiada fragmenty wypukłe. W podobnych miejscach można też zaobserwować inne niekorzystne zjawisko polegające na systematycznym ich zmywaniu przez wody opadowe. W rezultacie tynk pozbawiony został warstwy farby elewacyjnej i powstały na nim jaśniejsze plamy. Proces rozjaśniania początkowo intensywnej barwy fioletowej zapewne z czasem będzie szybko postępował (il. 24).

3.4. Budynek mieszkalny Walden 7 w Barcelonie

Obiekt ten jest niezwykle ciekawy ze względu na swoją historię dobrze obrazującą problematykę trwałości budynków (il. 25). Oddano go do użytku w 1975 roku. Skonstruowany został w technologii szkieletu żelbetowego ze ścianami wypełniającymi z bloczków lekkiego betonu (il. 27). Bezpośrednio na tym materiale zainstalowano na zaprawie czerwone płytki ceramiczne niskiej jakości na wszystkich

elewacjach jako wykończenie zewnętrzne (il. 26). Najwyraźniej projektant nie zdawał sobie sprawy z późniejszych problemów. Nastąpiły one stosunkowo szybko. Już w 1988 roku, czyli po 13 latach użytkowania, w czasie mojej drugiej wizyty w tym budynku, obiekt został nad parterem otoczony zadaszeniem z siatki w celu ochrony przechodniów przed odpadającymi od elewacji i spadającymi na dół płytkami. Głównym powodem tego zjawiska były zapewne zmiany temperaturowe i cykliczne ruchy termiczne płytek powodujące w konsekwencji ich odspojenie. Prawdopodobnie doszło również do kondensacji pary wodnej penetrującej ze środka budynku poprzez ściany o znacznej paro- przepuszczalności. W wyniku wzrostu temperatury mocno absorbujących ciepło ciemnoczerwonych płytek następowało rozprężanie pary i w konsekwencji odspojenie płytek. Czynnikiem klimatycznym w postaci promieniowania słonecznego stał się zapewne główną przyczyną destrukcji materiału elewacyjnego. Zjawisko dyfuzji pary wodnej przez zewnętrzne przegrody budowlane i jej negatywne konsekwencje zmniejszające ich trwałość techniczną w krajach śródziemnomorskich (o łagodnym klimacie) nie było należycie doceniane. W wypadku dominujących tradycyjnie na tym terenie ścian jednorodnych nie był to znaczący problem. Jednakże, jak się wydaje, stał się on istotnym zagadnieniem w omawianym wariancie funkcji mieszkalnej związanej z podwyższoną wilgotnością względną. Wykończenie zewnętrzne budynku wykonano z użyciem elementów o niskiej przepuszczalności pary wodnej zainstalowanych na materiale o wysokiej paroprzepuszczalności, co jest niezgodne ze sztuką budowlaną. W ostatnim okresie rozpoczęto ostatecznie wymianę oryginalnego ceramicznego materiału elewacji na tynk barwiony. Wymieniono także wykończenie balkonów i wykuszy na nowe płytki o wyższej jakości (il. 28). Na ilustracji 28 można zaobserwować zjawisko destrukcji estetycznej, która następuje stopniowo poprzez niekontrolowane działania właścicieli poszczególnych mieszkań. Zróznicowana, nieskorelowana zabudowa balkonów i aneksja ich przestrzeni w celu powiększenia powierzchni mieszkalnej, wymiana okien z zastosowaniem różnych wzorów i technologii to zjawiska niekorzystne, znane nie tylko na tamtym terenie, a powodujące wiele szkód w wymiarze estetycznym.

4. Wnioski

Próba porównania zjawisk związanych z problemem trwałości budynków na przykładzie ich lokalizacji w strefach nadbrzeżnych i w klimatach morskich w dwóch krajach europejskich wykazało tylko częściowo wzajemne podobieństwa wynikające z ich szczególnych klimatów. Przy wielu specyficznych odrębnościach podobieństwa dotyczą takich czynników klimatycznych, jak: zwiększona w stosunku do lokalizacji wewnątrzlądowych wilgotność powietrza i jego nasycenie solą, wzmożona wietrzność oraz intensywniejsza insolacja (głównie w wypadku Barcelony). Niezależne oddziaływania tych czynników, bądź ich działanie synergiczne, przyniosły w omawianych przykładach realizacji architektonicznych niejednokrotnie podobne niekorzystne efekty wpływające na ograniczenie ich trwałości technicznej, estetycznej bądź obydwu razem. Przeprowadzona powyżej analiza przyczyn degradacji fasad obiektów wskazała na wady projektowo-wykonawcze, które przyczyniły się do powstania zauważonych zniszczeń lub uszkodzeń. Dokonując oceny tych zjawisk, można stwierdzić, że najgroźniejszymi czynnikami destrukcyjnymi okazały się w większości rozpatrywanych przypadków:

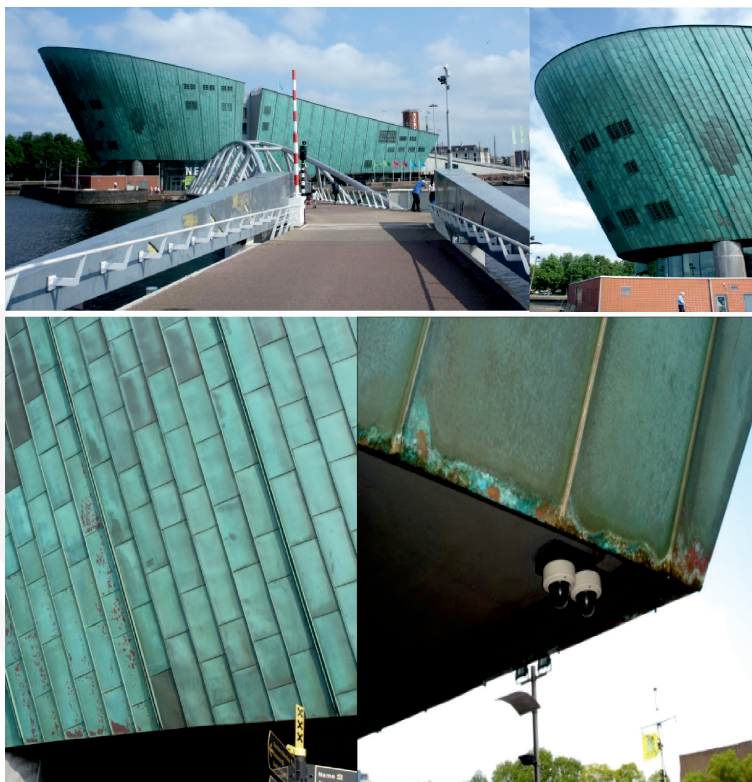
- synergiczne oddziaływanie wody opadowej i wiatrów,
- lokalizacja obiektów przy ruchliwych ciągach komunikacji kołowej ze względu na generowane zapylenie powierzchni elewacji,
- dobór niewłaściwych materiałów elewacyjnych w lokalizacjach poddanych zapyleniu,
- intensywna insolacja fasad i wywoływane nią ruchy termiczne materiałów elewacyjnych,
- niekorzystne kształty, nachylenia i faktury fasad,
- nieracjonalna ekspozycja elewacji w stosunku do przeważających w danej lokalizacji kierunków wiatrów oraz nieodpowiednia ich orientacja względem słońca,

- wadliwe rozwiązanie pod względem technicznym powierzchni dachowych (basen, kaskada wodna) powodujące zawilgocenie materiałów elewacji,
- brak zabezpieczeń przeciw niekontrolowanemu spływowi wody po elewacji z powierzchni balkonów i parapetów okiennych w wypadku materiałów elewacyjnych wrażliwych na wilgoć,
- ekspozycja zewnętrzna stalowych elementów konstrukcji budynku w lokalizacjach o wilgotnej i chemicznie agresywnej atmosferze,
- nieznaną i nieprzestrzeganie zasad prawidłowej struktury ścian zewnętrznych ze względu na przenikanie pary wodnej.

Wymienione zagrożenia i przyczyny wad rozwiązań przestrzennych i technologiczno-materiałowych, powodujących obniżenie trwałości elewacji budynków, występują często także i w lokalizacjach oddalonych od mórz i zbiorników wodnych. Wydaje się jednak, że jak wynika z przeprowadzonych analiz, lokalizacje nadmorskie nadają tym zjawiskom szczególnie przyspieszone tempo i spektakularnie niekorzystne efekty. Z tych względów ich wybór na miejsce tego typu badań jest szczególnie wskazany i ma charakter instruktażowy. Zaobserwowane efekty mogą służyć jako swoista przestroga prowadząca do zwiększenia świadomości projektantów i pozwalająca na uniknięcie podobnych błędów i niedoskonałości w przyszłości. Dają one znakomitą możliwość zdobycia istotnej dla projektantów, a tak często niedocenianej i pomijanej wiedzy. Trzeba bowiem mieć świadomość, że jakość architektury demonstruje się nie tylko w początkowej fazie eksploatacji budynków, ale również po wielu latach użytkowania. Obniżenie trwałości budynków jest niezgodne z regułami budownictwa zrównoważonego, które zakłada konieczność możliwie długotrwałego użytkowania obiektów przy jednoczesnej łatwej i taniej możliwości ich modyfikacji i modernizacji. Tym sposobem wydłużenie ich cyklu życiowego wpisuje się w strategię budownictwa ekologicznego i jawi się jako paradygmat współczesnej architektury [1].

References/Literatura

- [1] Błaszczyński T. (red.), *Trwałość budynków i budowli (Durability buildings and constructions)*, praca zbiorowa, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2012.
- [2] Celadyn W., *Trwałość techniczna budynków w architekturze zrównoważonej (Durability of buildings and sustainable architecture)*, Technical Transactions, 7-A/2014.
- [3] www.e-architect.co.uk (access: 26.10.2014).



Ill. 1, 2, 3, 4. Nemo Science Center, Amsterdam (arch. R. Piano), 1997 (photo by author)

Il. 1, 2, 3, 4. Nemo Centrum Nauki, Amsterdam (arch. R. Piano), 1997 (fotografia autora)



Ill. 5, 6. Office and residential building Silodam, Amsterdam (arch.MVRDV), 2002 (photo by author)

Il. 5, 6. Budynek mieszkalno-biurowy Silodam, Amsterdam (arch. MVRDV), 2002 (fotografia autora)



III. 7, 8. Shopping center De Bijenkorf, Rotterdam (arch. M. Breuer), 1957 (photo by author)

II. 7, 8. Dom handlowy De Bijenkorf, Rotterdam (arch. M. Breuer), 1957 (fotografia autora)



III. 9, 10. Seniors house WoZoCo, Amsterdam (arch. MVRDV), 1997 (photo by author)

II. 9, 10. Dom mieszkalny dla osób starszych WoZoCo, Amsterdam (arch. MVRDV), 1997 (fotografia autora)



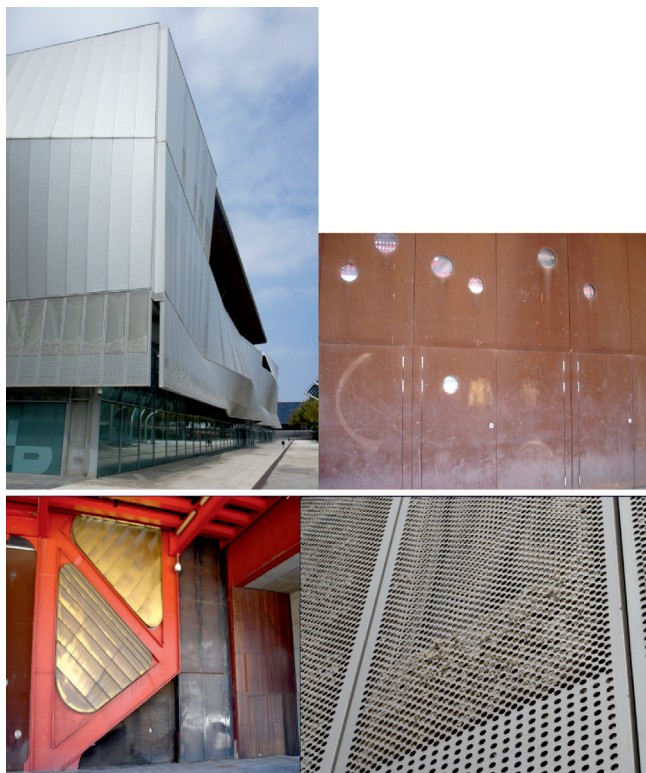
III. 11. Seniors house WoZoCo, Amsterdam (arch. MVRDV), 1997 (photo by author)

II. 11. Dom mieszkalny dla osób starszych WoZoCo, Amsterdam (arch. MVRDV), 1997 (fotografia autora)



III. 12, 13, 14, 15, 16. Hotel Arts, Barcelona (arch. SOM), 1992 (photo by author)

II. 12, 13, 14, 15, 16. Hotel Arts, Barcelona (arch. SOM), 1992 (fotografia autora)



Ill. 17, 18, 19, 20. El Centro de Convenciones Internacional de Barcelona (arch. J.L.Mateo), 2004 (photo by author)

Il. 17, 18, 19, 20. Międzynarodowe Centrum Kongresowe, Barcelona (arch. J.L.Mateo), 2004 (fotografia autora)



Ill. 21, 22. Museum of Natural History Museu Blau (arch. Herzog&de Meuron), 2012 (photo by author)

Il. 21, 22. Muzeum Historii Naturalnej Museu Blau (arch. Herzog&de Meuron), 2012 (fotografia autora)



III. 23, 24. Museum of Natural History Museu Blau (arch. Herzog&de Meuron), 2012
(photo by author)

II. 23, 24. Muzeum Historii Naturalnej Museu Blau (arch. Herzog&de Meuron), 2012
(fotografia autora)



III. 25, 26, 27, 28. Residential building Walden 7 (arch. R. Bofill), 1975 (photo by author)

II. 25, 26, 27, 28. Budynek mieszkalny Walden 7 (arch. R. Bofill), 1975 (fotografia autora)