

WACŁAW CELADYN*

ZASTOSOWANIA SIATEK STALOWYCH NA ELEWACJACH

USE OF STEEL NETS FOR BUILDING FAÇADES

Streszczenie

Poszukiwania nowych dróg rozwoju architektury współczesnej oparte są w głównej mierze na próbach stosowania nowych, niekonwencjonalnych materiałów na elewacjach budynków. Jednym z takich niedawno stworzonych i zastosowanych nowatorskich materiałów jest siatka metalowa, w szczególności wykonana ze stali nierdzewnej. Użyto jej w kilkudziesięciu budynkach o różnorodnej funkcji. Siatki wystąpiły jako płaszczyzny pionowe, poziome, powierzchnie zakrzywione i bardziej złożone trójwymiarowe układy przestrzenne. W artykule zaprezentowano główne cechy odróżniające je od innych materiałów, ich zalety i kwestie związane z zastosowaniem, wskazując na niektóre najważniejsze problemy techniczne.

Słowa kluczowe: budownictwo ogólne, materiały elewacyjne, przegrody zewnętrzne, osłony przeciwsłoneczne

Abstract

Stainless steel nets or weaves are a new building material which is being more and more used for different applications in buildings. Their primary use in architecture seems to be a second skin of façades. The paper presents different features of the material, discusses its values and drawbacks as well as shows basic technical solutions and methods of mechanical attachment to building structure. Technical and functional problems that are encountered in the design, installation and operational stage are also deliberated in the paper.

Keywords: construction, elevation materials, building envelopes, sun screens

*Prof. dr hab. inż. arch. Wacław Celadyn, Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

W poszukiwaniu nowych środków wyrazu architektonicznego projektanci sięgnęli w ostatnich kilku latach po nowy materiał o charakterystycznych, odrębnych od dotychczas stosowanych na elewacjach, cechach. Siatki metalowe o zróżnicowanych parametrach wymiarowych otworzyły nowe możliwości estetyczne i techniczne godne XXI w. Wpisują się one bardzo dobrze w nurt współczesnej architektury, poszukującej nowych efektów przestrzennych i estetycznych z zastosowaniem nieznanych dotąd lub niestosowanych w budownictwie materiałów. Siatki metalowe omawianego rodzaju, jako materiał spełniający takie oczekiwania projektantów, można było stworzyć dopiero na obecnym etapie rozwoju techniki.

Pierwsze wymieniane w literaturze zastosowanie tego materiału w architekturze było związane z budową Biblioteki Narodowej w Paryżu i jej architektem Dominikiem Perrault. Uzyskane efekty potwierdziły istotny potencjał siatek w sferze kształtowania obiektów architektonicznych. Materiał ten jest coraz częściej stosowany w budowanych obiektach pełniących różne funkcje. Są to budynki biurowe, administracyjne, centra kongresowe, sportowe, sakralne itd. W sumie można wymienić już blisko sto takich zastosowań w odniesieniu do elewacji budynków. System ten dotarł również do Polski – przykładem jest budynek Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Siatki metalowe są materiałem, który w znacznym stopniu cechuje uniwersalność zastosowań. W artykule opisano sposób ich użycia na elewacjach budynków, ale również interesujące są jego coraz liczniejsze zastosowania jako sufity podwieszane, przegrody wewnętrzne, wypełnienia balustrad, obudowy i powierzchnie dekoracyjne wyposażenia wnętrz i elementów ekspozycyjnych, a nawet podłogi. Ze względu na swoje parametry techniczne i odporność na czynniki klimatyczne są stosowane zarówno wewnątrz budynków, jak i na zewnątrz.

W literaturze niemieckojęzycznej funkcjonuje nazwa *Metallgewebe*, a w angielskojęzycznej – *Metal weave*. Nazwy te charakteryzują zarówno materiał, jak i technologię jego produkcji pozwalającą na uzyskanie specyficznej tekstury zbliżonej do tkanin. W języku polskim stosowniejsze jest, jak się wydaje, użycie określenia „siatka metalowa”, gdyż termin „tkanina” przeważnie odnosi się do splotów włókien niemetalowych. Podstawowym materiałem do produkcji siatek jest stal nierdzewna, ale występują również siatki z innych metali, na przykład miedziane, aluminiowe czy z brązu. Ze względów praktyczno-technicznych najpopularniejsze są siatki ze stali nierdzewnej i ich stosowanie na elewacjach jest najbardziej uzasadnione.

We współczesnej architekturze pojawił się w ostatnich latach i zyskuje stopniowo coraz szersze zastosowanie również inny sposób wykorzystania siatek stalowych na elewacjach i w konstrukcji obiektów. Są to rozwiązania polegające na użyciu gabionów, czyli kamieni zblokowanych i utrzymywanych razem, zazwyczaj w ortogonalnych formach z zastosowaniem stalowych siatek o stosunkowo dużych oczkach. Ten system zapożyczony został z budownictwa wodnego i drogowego. Jest to jednak odrębne zagadnienie słabo związane z omawianą tematyką.

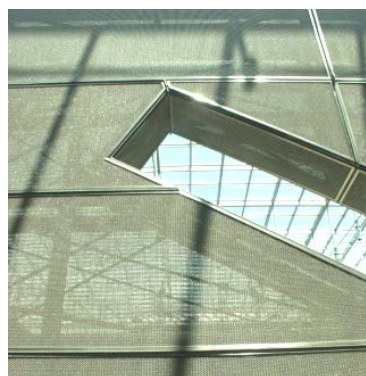
2. Zakres kształtowania przestrzennego

Instalacja siatek na elewacjach budynków może być wykonywana na wiele sposobów, o czym świadczą dotychczasowe realizacje. W zależności od potrzeb oraz sposobu zamocowania uzyskuje się z nich powierzchnie pionowe, poziome lub nachylone. Powierzchnie te mogą być płaskie, graniaste, zakrzywione regularnie bądź nieregularnie na zasadzie jedno- lub wielokrzywiznowej, pozwalające uzyskać elewacje trójwymiarowe (ryc. 1).

Stopień trudności realizacji jest funkcją parametrów przestrzennych elewacji z siatki. Powierzchnie mogą być ciągłe, co zdarza się najczęściej, lub perforowane (ryc. 2).



Ryc. 1. Przestrzenna elewacja z siatki stalowej
Fig. 1. Three-dimensional steel net façade



Ryc. 2. Perforowana elewacja z siatki stalowej
Fig. 2. Perforated steel net façade

W konsekwencji zarówno elewacje, jak i całe obiekty mogą cechować się niestandardowymi parametrami przestrzennymi, stwarzając dla architektów szerokie możliwości twórcze.

Realizacje ażurowych przekryć poziomych z siatek pozwalają na konsekwentne użycie tego samego materiału na wykończenie wszystkich powierzchni przegród zewnętrznych obiektu i uzyskanie przez nie jednolitego efektu estetycznego, co bywa niejednokrotnie podstawą idei architektonicznej twórców i celowym zamysłem. Ze względu na lokalizację siatek względem właściwej przegrody zewnętrznej i tworzone z nią przestrzenne konfiguracje należałoby je określać jako „osłony elewacyjne” montowane do konstrukcji przegrody klimatycznej. Osłony takie pełnią wielorakie funkcje, co uzasadnia ich użycie.

3. Funkcje siatek na elewacjach

Jedną z podstawowych zalet siatek stalowych montowanych na elewacjach jest ich funkcjonalna wielostronność. Obserwując obiekt architektoniczny, w którym je zastosowano, można stwierdzić, że dzięki uzyskanym niekonwencjonalnym, prawdziwie współczesnym efektom estetycznym, ta właśnie nietechniczna, a zatem irracjonalna funkcja wydaje się być podstawową i dość oczywistą motywacją projektanta przy podejmowaniu decyzji projektowych. Tymczasem siatki stalowe pełnią, oprócz estetycznej, również wielo-

rakie funkcje techniczne, które w pierwszej kolejności dotyczą ochrony budynku i jego zewnętrznych elementów. Wzrastające znaczenie ma również ich funkcja medialna.

3.1. Funkcje estetyczne

Wysokie walory estetyczne budynków uzyskiwane przez zastosowanie siatek stalowych czynią z nich niezwykle atrakcyjny materiał budowlany. Dzięki nim można osiągnąć takie efekty, jak:

- ujednoczenie materiałowe wszystkich pionowych i poziomych elewacji obiektów,
- odbłaski światła słonecznego od metalowych, połyskujących powierzchni włókien (dru-tów) siatki (ryc. 3),
- zróżnicowanie „gęstości” przegród zewnętrznych,
- maskowanie materiałów i artykulacji fasad nimi osłoniętych (ryc. 4),
- efekty głębi i trójwymiarowości elewacji w połączeniu z osłanianą powierzchnią zew-nętrzną przegrody,
- atrakcyjne efekty „filtrowania” materiału i koloru powierzchni osłanianych przegród zewnętrznych,
- niekonwencjonalne efekty świetlne przy nocnym podświetleniu (ryc. 5),
- dynamikę fasady uzyskiwaną przez jej zmienną iluminację i tworzenie na niej sterowa-nej komputerowo kolorowej grafiki.

W niektórych przypadkach siatki bywają dodatkowo malowane w celu otrzymania określonych wzorów graficznych lub napisów.

Należy podkreślić, że tak bogatych i wielostronnych efektów estetycznych uzyskiwa-nych łącznie bądź alternatywnie nie umożliwił dotychczas żaden inny materiał stosowany w architekturze. Można przypuszczać, że głównie ze względów estetycznych siatki stalowe będą coraz częściej opcją projektową w odniesieniu do elewacji budynków. Konsekwencją użycia siatek na elewacjach budynków w sposób totalny, bez widocznych podziałów i otworów, jak na ryc. 3 i 4, może być jednak po pewnym czasie nadmierne i nużące ujednoczenie powierzchni elewacji, przyczyniające się do degradacji estetyki minima-listycznej.



Ryc. 3. Refleksy słoneczne na siatce elewacji
Fig. 3. Sunlight glare on steel net façade



Ryc. 4. Maskowanie artykulacji przeszklenia przez siatkę stalową
Fig. 4. Masking effect of façades by steel net second skin



Ryc. 5. Efekty iluminacji nocnej siatki elewacyjnej
Fig. 5. Night illumination of steel net and its effects

3.2. Funkcje ochronne

Z punktu widzenia technicznego najistotniejsze są funkcje ochronne pełnione przez siatki na elewacjach. Należy wskazać następujące rodzaje ochrony budowlanej:

- klimatyczna,
- termiczna,
- akustyczna,
- antywłamaniowa i antywandalistyczna.

Ochrona klimatyczna polega na osłonie głębiej położonych elementów przegrody zewnętrznej przed wodą opadową, promieniowaniem słonecznym i wiatrem. Znaczenie tej ochrony uzależnione jest przede wszystkim od gęstości siatki oraz od wzajemnej konfiguracji pomiędzy chronionymi elementami budowlanymi a jej powierzchnią. Efekt ochronny jest najbardziej odczuwalny w przypadku zastosowań w charakterze osłony przeciwsłonecznej. Na takie korzyści najczęściej zresztą wskazują projektanci (ryc. 6). Osłony wykonane z siatki, jak się wydaje, są chętniej akceptowane przez architektów pragnących w swych realizacjach uzyskać efekt estetyczny zgodny z tendencjami minimalistycznymi. Rozbudowane przestrzennie ruszty czy żaluzje przeciwsłoneczne tej stylistyce odpowiadają w znacznie mniejszym stopniu.



Ryc. 6. Osłony przeciwsłoneczne z siatki stalowej
Fig. 6. Steel nets as sun screens

Ochrona termiczna związana jest z tworzeniem za pomocą siatek buforów termicznych, stanowiących osłonę przeciwwiatrową i przeciwdeszczową. Mechanizm ochronny można tu porównać do roli roślinności na przegrodach pionowych, które również taki bufor mogą tworzyć, przyczyniając się do redukcji strat ciepłych wewnątrz budynku przez zmniejszenie jego wychłodzenia.

Ochrona akustyczna obiektów również może być realizowana za pomocą siatek stalowych. Producent podkreśla ich zdolność do znacznej redukcji energii akustycznej. Skuteczność izolacyjna jest zapewne zależna od ustawienia powierzchni siatki w stosunku do kierunku dochodzących fal akustycznych. Konfiguracja prostopadła jest w tym przypadku najmniej korzystna.

Ochrona antywłamaniowa i antywandalistyczna budynków także może być wzmocniona dzięki temu materiałowi. W wielu przypadkach elewacji przeszklonych narażonych na akty wandalistyczne siatki ograniczają lub całkowicie uniemożliwiają dostęp do powierzchni szkła, utrudniając ich rozbicie czy inne mechaniczne uszkodzenia.

3.3. Funkcje medialne

Siatki stalowe umożliwiają uzyskanie na elewacjach kolorowej grafiki statycznej lub dynamicznej, co jest szczególną cechą tego materiału. Pojawiała się ona w ostatnim okresie dzięki wyprodukowaniu siatki specjalnego rodzaju o firmowej nazwie Mediamesh, wskazującej na jej funkcje medialne w zakresie grafiki i informacji tekstowej. Produkt ten ma teksturę zbliżoną do analizowanego materiału. Są to jednak siatki posiadające zintegrowane z nimi szklane rurki z elektrycznymi kolorowymi diodami (ryc. 7). Wzajemne odległości jej elementów składowych od siebie determinują wyrazistość napisów i obrazów. Pierwsza realizacja medialnej fasady stworzonej z zastosowaniem siatki Mediamesh odbyła się w 2004 r. Oparcie tekstur obydwu materiałów na tej samej zasadzie metalowej tkaniny, z uzupełnieniem elementami iluminacyjnymi w przypadku „siatki medialnej”, pozwala na dowolne łączenie fragmentów obydwu rodzajów materiału elewacji w homogeniczne powierzchnie obudowy obiektów. Ta pozorna jednorodność może zostać zachowana bądź też alternatywnie elewacja może ulec fragmentacji w różnych graficznych układach według zamysłu twórczego lub aktualnych potrzeb komunikacji wizualnej.



Ryc. 7. Siatka medialna ze zintegrowanymi diodami

Fig. 7. Mediamesh with integrated diodes



Ryc. 8. Grafika elewacyjna uzyskana za pomocą siatki medialnej

Fig. 8. Graphics on a façade generated by Mediamesh

Zmienność elewacji budynku od stanu statycznego do dynamicznego, przy zachowaniu jednorodności materiałowej, jest cechą wyróżniającą ten materiał spośród innych, nieoferujących takich możliwości bez wsparcia techniki projekcyjnej jako odrębnego systemu wspomagającego. Siatki stalowe mogą również pełnić funkcje ekranu do projekcji światła i obrazów. W dobie informacyjnej takie cechy medialne czynią z nich w pełni współczesny materiał budowlany odpowiadający aktualnym potrzebom i oczekiwaniom projektantów i inwestorów.

4. Sposoby mocowania do elewacji

Jednym z głównych problemów technicznych związanych immanentnie z siatkami wszelkiego rodzaju, zatem i ze stalowymi, jest prawidłowe zamocowanie gwarantujące stabilność powierzchni z nich wykonanych i ich bezawaryjne funkcjonowanie. Wypracowano w tym zakresie kilka systemów odpowiadających ich różnej pozycji przestrzennej.

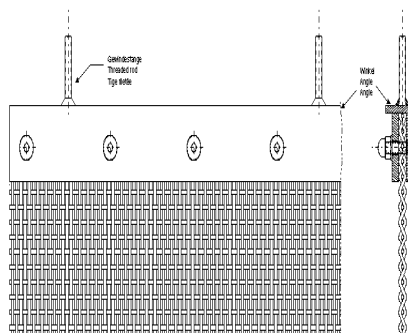
Zasadniczo zastosowanie siatek na elewacjach realizowane jest w dwóch postaciach jako:

- 1) siatka rozwijana z rolki o potrzebnej szerokości (standardowo do 8 m),
- 2) elementy prefabrykowane w formie płyt z siatką zamocowaną do ram.

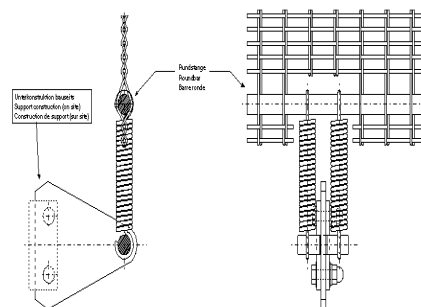
W pierwszym przypadku stosuje się mocowanie materiału na zasadzie liniowej. Siatka jest uchwycona na górze i na dole elewacji lub na jej fragmentach, a czasem także dodatkowo pośrodku na dwa sposoby:

- 1) za pomocą okrągłych prętów o szerokości pasa siatki osadzonych w jej splocie,
- 2) za pomocą płaskowników obejmujących ją obustronnie.

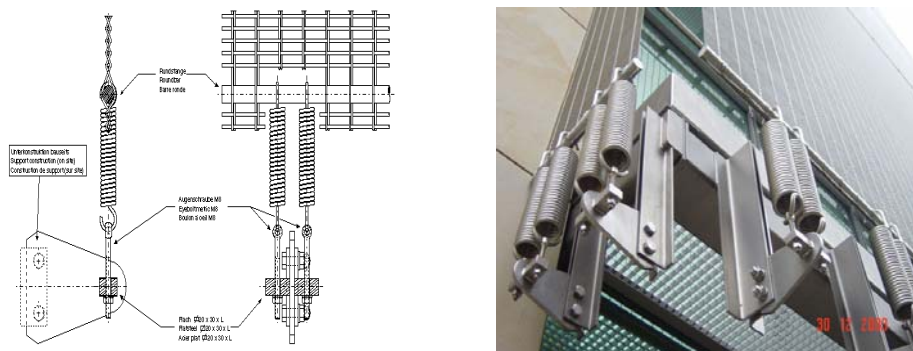
Zarówno pręty, jak i płaskowniki są łączone ze sprężynami napinającymi zamocowanymi do uchwytów poziomych lub pionowych na górze i na dole elewacji. Uchwyty te umożliwiają regulację napięcia siatki lub też nie pozwalają na nią (ryc. 9–11).



Ryc. 9. Zamocowanie siatki stalowej na elewacji za pomocą płaskowników
Fig. 9. Steel net fixing with flatsteels and eyebolts

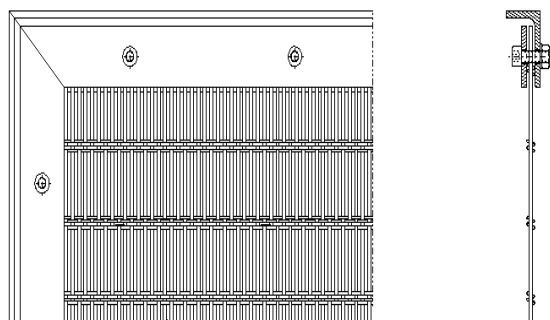


Ryc. 10. Zamocowanie dolne siatki za pomocą okrągłych prętów bez regulacji napięcia
Fig. 10. Base attachment with tensioning springs without adjustment



Ryc. 11. Zamocowanie dolnej siatki stalowej za pomocą okrągłych prętów z regulacją napięcia
Fig. 11. Base adjustable attachment with tensioning springs + eyebolts

W przypadku elementów prefabrykowanych mocowanie bezpośrednio do części konstrukcyjnej elewacji lub punktowo za pomocą wsporników nie następuje żadnych szczególnych problemów (ryc. 12). Metody mocowania siatek na elewacjach i przy innych zastosowaniach ujęte zostały przez producenta w ramy systemu, w którym istnieją określone zależności pomiędzy sposobem zamocowania a rodzajem siatki. Ze względu na wagę problemu każdorazowo decyzja w tym zakresie jest podejmowana po konsultacji z wytwórcą dysponującym odpowiednimi danymi technicznymi i tablicami obliczeniowymi, pozwalającymi na prawidłowe wymiarowanie stosowanych w danej sytuacji elementów. Dzięki tej procedurze oraz fachowym ekipom montażowym zapewnianym przez producenta gwarantowany jest właściwy montaż i prawidłowe funkcjonowanie systemu.



Ryc. 12. Prefabrykat z siatką zamocowaną w ramie
Fig. 12. Prefabricated framed steel net element

5. Problemy funkcjonalne i techniczne

Przy wielu wymienionych wyżej walorach systemy te związane są również z istotnymi problemami natury funkcjonalnej i technicznej. Podstawowym problemem funkcjonalnym jest ograniczanie widoczności z wnętrza budynku po umieszczeniu ich przed przegrodami przeszklonymi. Istotna jest wtedy relacja pomiędzy odległością siatki od powierzchni szkła a wielkością jej oczek. Odmienna jest też percepcja przestrzeni zewnętrznej z pomieszczeń przy różnym oddaleniu użytkowników od okien. Większe oddalenie powoduje zmniejszenie wrażenia zakłócenia widoku.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że w niektórych przypadkach celowa redukcja ostrości obrazu bądź też przesłonięcie widoku, co bywa wynikiem zastosowania siatki na elewacji, mogą być uzasadnione. Przesłonięcie nieatrakcyjnego widoku na zewnątrz czy utrudnienie kontaktu wzrokowego z przestrzenią zewnętrzną mogą korygować niekorzystne wrażenia estetyczne lub też sprzyjać koncentracji psychicznej w trakcie pracy w pomieszczeniu.

Zastosowanie siatek na elewacjach częściowo, a w szczególności całkowicie przeszklonych wiąże się z problemem dostępu do nich w celu czyszczenia i konserwacji. Wprawdzie tak chronione przed czynnikami klimatycznymi przeszklenia podlegają mniejszym zabrudzeniom niż w standardowych przypadkach, to jednak po pewnym czasie wymagają czyszczenia. W projekcie należy przewidzieć jakiś system konserwacji. Zapewnienie dostępu do wewnętrznej przestrzeni pomiędzy siatką i elewacją oraz zastosowanie stałych pomostów konserwacyjnych jest jednym z rozwiązań tej kwestii.

Spośród wymienionych wcześniej funkcji technicznych wnikliwej analizy wymaga problem usytuowania osłon przeciwsłonecznych z siatek w stosunku do zmiennego kierunku padania promieni słonecznych. Uwzględnić też należy gęstość siatek zapewniającą efektywne przesłanianie promieni słonecznych przy jednoczesnym zapewnieniu dostępu światła dziennego rozproszonego. Skuteczność techniczna siatek w tym przypadku może kolidować z zamysłem twórczym związanym z ideą przestrzenną budynku.

Stosowane rodzaje zamocowań siatek do konstrukcji ścian zewnętrznych zapewniają przeważnie ich stabilność przestrzenną. Sprawa relaksacji materiału musi być jednak uwzględniona. Tylko stosunkowo niewielkie powierzchnie nie wymagają zamocowania z regulowanym naciągiem. Przy większych powierzchniach regulacja taka jest konieczna. Z tych samych względów ograniczona jest wielkość powierzchni elementów prefabrykowanych nie mających możliwości regulacji naciągu.

Innym zagrożeniem, z którym należy się liczyć, są wibracje siatek związane z oddziaływaniem wiatru. Jest to zjawisko bardzo niepożądane ze względów mechanicznych i akustycznych. Można zakładać, że problem ten wystąpi szczególnie w przypadku siatek gęstych i lekkich. Stosunkowo duży ciężar jednostkowy siatek stalowych wprawdzie zmniejsza to ryzyko, lecz przy dużej gęstości siatek związanej z niskim stopniem ażurowości zagrożenie to wzrasta. W przypadku elementów przegród o stopniu perforacji mniejszym niż 50% poddanych działaniu wiatru mogą powstać niebezpieczne zawirowania powietrza po stronie zawiętrznej. Możliwe są wtedy wibracje i łopotanie. Problem wydaje się być szczególnie istotny przy budynkach wysokich. Jak do tej pory, unikano jednak takiego rozwiązania. W tej dziedzinie pozostaje jeszcze wiele pytań bez odpowiedzi.

Przy umieszczaniu siatki ponad dachami czy przestrzeniami otwartymi, pojawia się problem nadmiernego zauważalnego zwisu. W takich przypadkach najczęściej stosuje się system ramowy, który w znacznym stopniu rozwiązuje tę kwestię.

6. Podsumowanie

Siatki stalowe ze stali nierdzewnej to nowoczesny materiał będący w coraz szerszym użyciu, między innymi do wykończenia elewacji. Jego niezwykle, wielostronne walory pozwoliły na otwarcie nowych dróg w kształtowaniu architektonicznym i uzyskiwanie niespotykanych dotąd efektów. Są one jednak związane z wieloma problemami. Ich rozwiązanie wymaga jeszcze wielu badań, prób i doświadczeń. Pod wieloma względami stanowią one alternatywne rozwiązanie do blach perforowanych na elewacjach, które umożliwiają uzyskanie niektórych podobnych efektów estetycznych i technicznych. Siatki mają jednak wiele cech dodatkowych. Nowa jakość architektury uzyskiwana dzięki nim spowoduje zapewne wzrost zainteresowania tym materiałem i uzasadni dalsze badania nad nim.

Literatura

[1] [http:// www.gkd.de](http://www.gkd.de).

[2] ag4, *Media Facades*, 2006 daab, Koeln.