

MAGDALENA WOJNOWSKA-HECIAK¹
Kielce University of Technology

ANNA JANUS²
Warsaw University of Life Sciences

¹ e-mail: mwojnowska@gmail.com

² e-mail: annam.janus@gmail.com

LANDSCAPE SOLUTIONS FOR SMALL RETENTION

Abstract

The article presents landscape solutions for natural water retention named in Poland 'small water retention'. The paper covers examples of neighbourhood scale interventions, which use natural environmental factors to optimize the stormwater storage capacity. They fit into the mainstream of natural ecosystem and landscape-oriented ways that influence and change microclimate of a particular area.

Keywords: small retention, natural water retention measures, neighborhood

1. Introduction

Poland, sometimes called "Egypt of Europe", fully deserves this title, as the characteristics of an average annual rainfall puts it on a par with the driest regions of Europe. Almost 20% of Polish territory has a yearly rainfall less than 500 mm and average precipitation 600 mm. For comparison average precipitation in Germany is 700 mm, in Austria 1110 mm, in Sweden 624 mm [1, 2]. In addition, the phenomenon of water deficit in Poland has increased as a result of inadequate water management in rural areas¹ and liquidation of midfield reservoirs and woodlots. The use of small water retention solutions should be the concern of the authorities and individuals as the possibilities of implementation vary in their scale [3]. However, Polish policy in water management seems to be at very beginning of its development, whereas western and northern European countries successfully implement eco-friendly landscape solutions for small retention more and more often.

2. Definitions

Small retention program in Poland was initiated in 1995 and ultimately intended for implementation by 2015. In Poland, at least since the 60s of the last century the expression "small retention" has been

used. However, it is not known in other countries. The activities under the slogan "increasing natural retention" completely fall within the definition of small retention [4]. On the basis of the Agreement of December 21, 1995 by and between the Minister of Agriculture and Food Economy and the Ministry of Environmental Protection, Natural Resources and Forestry on cooperation in the field of small retention assumed that small retention covers the size limit of small water reservoirs equal to 5 million m³. Above this value, there is "large retention" [5].

Mioduszewski defined landscape water retention (in habitat), mainly as a system and a method of water retention in rural areas, shaping the appropriate structure of land use by: 1) arable fields, pastures, forests, ecological, ponds arrangement 2) Afforestation, creating protective belts of trees, shrubs, creating furrows and terraces, 3) Increasing the area of wetlands, peat bogs, swamps [6]. British literature broadly defines concept of Natural Water Retention Measures (NWRM) as means aimed at protecting the natural water retention capacity by restoring characteristics of natural wetlands, rivers, floodplains and improving soil retention capabilities and supplying groundwater resources [7]. The European Commission and Vaughn describes [8] NWTM as intervention techniques related to aquatic ecosystems, recreating the nature adaptability. The

¹ By creating large monoculture farms type *PGR* (state collective farm).

main task in the context of water management is the control of water runoff so that the hydrological extreme events such as floods, droughts, desertification are minimized by increasing retention capabilities of the areas. There are two groups of measures: 1) the restoration/reconstruction of the ecosystem (eg. rivers, wetlands) and 2) solutions based on the change of land use/land management (for agriculture, forestry).

In the urban scale NWRM are realized in the form of Continuous Cover Forestry (CCF) – 3 national networks in the north and west Cumbria (county in England); riparian forests – The Caledonian Forest in Scotland, afforestation of hilly and mountainous areas with catchment tanks in the Mediterranean regions – Sierra Espuna and experimental restoration of the forest "El Picarcho" in Murcia, Spain, buffer belts – the Venetian lagoon and riparian belt in Italy, traditions of planting particular plants – the use of plants with deep root system, crop rotation, strip-growing, intercropping, early sowing meadows – meadows in Durham, Weald meadows project, traditional terracing – in a dry Mediterranean climate, traditional agricultural landscape – Catalonia, the town of Cadaques – vineyards, plantations of olive trees, cork oak, green waterways (Grassed Water Ways GWWs) – an experimental farm located 40 kilometers north of Munich, limited cultivation/pre plowing – several northern regions of China, hedges and beetle banks (approx. 2 meter wide strip planted with grass or perennials that cuts large fields), Sustainable drainage system SUDS – a number of examples from the database susDrain, wetlands – Neusiedl in Austria, Norfolk and Suffolk Broads, UK, floodplains – the Val de Charente in south-west France, bogs – Humberhead Peatlands in England, swimming pools and lakes in the catchment at the confluence of the rivers – Kaiserstuhl, re-meandering, restore movement and temporary tributaries of the rivers and riverbeds, rivers' renaturalization, reconnecting rivers – re-meandering stream Merdereau Sorigny, France, Bear Brook and River Cole in England, polders – Traeth Mawr and Sunk Islands in the UK, the natural stabilization of the edges – the river Ebro – Spain, the Danube in Austria, the river Piavre in Italy [7].

Water circulation in the environment takes place to a large extent by natural retention and absorbent reservoirs. They are not only large bodies of water, but also the vast expanses of forests and wetlands. Plants slow down and limit the runoff, absorbing moisture from the soil, making it easier to infiltrate and supply

groundwater reservoirs or evaporating water back into the atmosphere. Water balance therefore depends to a large extent on the land cover. Forests play an important role in the retention process, particularly their water absorptiveness is appreciated after many centuries of urbanization and deforestation and drying areas for agricultural purposes. Rain water that fell on the forest land is retained until maximum possible soil absorption, and only after it infiltrates into deeper levels. The outflow of the subsurface is therefore slowed down, which stabilizes the water level in the river catchment [9]. Another important feature that forest have, is soil-protecting property in the context of the protection against water erosion.

3. Purpose

The issue of environmental friendly rainwater management, especially landscape projects is still not fully explored. The work aims to present the original, tailored for each location landscape solutions that can serve as inspiration for further research.

4. Tools

There are certain tools that play a crucial role in eco-water management. Plants with a deep root system have the ability to store water and survive periods of drought and supply water to plants that grow around them. As a good example may serve *Ensete ventricosum* (Ethiopian banana) – Energy plant with a fibrous structure. The plant stores CO₂ as well. Studies have shown that the root system is capable of storing five times more CO₂ than previously believed [10].

A special group of plants supporting the circulation of water in nature are marsh plants, which can transpire on average three times more water than it could be evaporated from the gravel surface. Wetland plant communities, contributing to the natural reservoirs affect hydrological conditions of the development and the climate of a given area. They have a beneficial effect on the quality of water: its treatment and purification [11].

Vegetation improves water circulation depending on the particular plants' absorptive properties, mainly hydrophytes and macrophytes, adapted to living in aquatic environments. It is also important to mention that transpiration depends on the size of and the age of plants, and thus its construction. Plants with narrow, thin leaves have a relative reduced transpiration contrary to the broad-leaved. The rate of water transpiration is also conditioned by the color of the plant – leaves with silvery raid reflect the sun's rays, which greatly reduces the evaporation

process. Plants heavily transpiring fully utilize the excess of the rainwater, thus contributing to increasing atmospheric humidity. It is estimated that approx. 10% atmospheric moisture comes from the transpiration process, which confirms the significant participation in the hydrological cycle [12].

Also relevant are plants with phytoremediating² properties. Rainwater from roofs and pavements and squares, which do not require treatment using technical equipment, carries a load of pollutants, coming largely from the air. Natural filter for them can be soil, however with support for the purification process performed by the vegetation. It is desirable as it enhances the quality of the water before it is introduced to further circulation or re-use by man.

Biological treatment is a specific property of wetland ecosystems which through physical, chemical and biological decomposition of the polluting substances into simple, easily assimilated by plants compounds (approx. 10-15%). Another aspect of the decomposition process are micro-organisms (responsible for the cleaning process). Some species have the ability to download a heavy metal from the substrate and incorporate them into plant fabric. Biological treatment can be implemented using Common reed (*Phragmites communis*). Reed areas act as the sewage receiver and rainwater storage reservoirs.

Another element that could play a crucial role in shaping water conditions is a stone/gravel arrangement on the surface. An internationally renowned expert in Austrian agriculture Sepp Holzer [13] uses the stones to stop the water in the soil and create a positive microclimate for the fruit trees. He states that the use of stones can help plants survive in not indigenous for them environment. He arranges large stones around the trees so that they capture heat and give them back later to the plants. Arranging stones in such a way brings a cooling effect, retains moisture and causes water condensation, which acts as a natural drip irrigation system. The soil under stones stays moist and is inhabited by many species of insects and worms. The rocks located next to the plant help the plants to adjust the changing temperature [10].

² Phytoremediation describes the treatment of environmental problems (bioremediation) through the use of plants that mitigate the environmental problem without the need to excavate the contaminant material and dispose of it elsewhere. Phytoremediation is a cost-effective plant-based approach to remediation that takes advantage of the ability of plants to concentrate elements and compounds from the environment and to metabolize various molecules in their tissues. Toxic heavy metals and organic pollutants are the major targets for phytoremediation.

Hugelkultur in German, literally understood as a mound culture could serve as well as an eco-friendly way to keep soil moist. It is being constructed with leaking mounds made of the logs or other wood residues and backfilled with soil and after that planted. As the wood placed underground decomposes and valuable nutrients appear in the soil. The decomposing wood acts like a sponge, absorbing quickly rainwater, and then slowly conveying the water into the soil. Plants grown in this way do not require additional watering [10]. Particularly good crops gives the cultivation of cucumbers and squash on a slightly raised flowerbeds made in accordance with this technique [14].

Techniques for increasing the water retention capacity of rural areas characterized by a low level of intervention like woodlots – trees and shrubs located mid-field play a number of important functions, among others, windbreaks and water retention, which results in increased crops. It is estimated that the presence of trees in the rural areas increase cereal crops an average of 5-20%, sugar beet by 5-10% and potatoes by up to 20% [14]. Hedges in the UK often planted along the borders of the plot reduce the outflow of water [9] and beetle banks – grassy belts field, usually built in September, are particularly vulnerable to spills of pesticides, are home to many insects, birds (lark bunting) and small mammals in rural areas [16], minimize water runoff, soil erosion, reduce pollution and increase the biodiversity of the landscape [10].

5. Case study

Chosen case studies should serve as an illustration of the process of rainfall harvesting in the neighborhood. Each example, although comes from different country, proves a serious attitude of the investor to the water management problem.

5.1. Housing Arkadien Winnenden in Stuttgart – Germany

Housing Arkadien Winnenden located on the outskirts Stuttgart is an example of the brownfield revitalization in accordance with the principles of sustainable development and combating climate change. Atelier Dreiseitl, in collaboration with a group of architects have designed an eco-friendly living space for relaxation and recreation. It is an residential neighborhood that has allocated large amounts of public space, while at the same time granting each lot with its own amount of private space. Housing is characterized by dense buildings and an extensive water system. The buildings are energy efficient and made of eco-friendly materials. Some

of the building are covered by the green roofs, others have solar panels. Vehicular traffic has been reduced to a minimum, and standard parking spaces are covered with grass. Comparatively narrow streets support an integrated circulation system. Cars, pedestrians, and cyclists all share equal access to the spaces of passage and movement, though to protect pedestrians the spaces have made to feel easier to traverse on foot and appear as a pedestrian space. Most of the pavement for the pedestrian made with permeable materials while minimizing runoff. It is mainly 3 story buildings situated closely together to maintain a density that adds vibrancy and life to the young community. In the centre of the area there is a water reservoir. Recreation facilities are located on the outskirts of the stream. There have been used few solutions of the rainwater management like: green roofs, ponds, absorbing bumps, filtration basins. In the case of high water the green part of the area is used for retention. Rainwater is stored in pools created in the meadow reservoirs, and from there flows into the restored streams. In dry times, these areas are used as recreation areas and playgrounds for children. Applied water management solutions, as well as permeable surfaces significantly minimize the runoff and the risk of local flooding. They reduce the amount of water discharged to the sewer system as well as a significantly improve quality of discharged water. The lake in the center of Arkadien Winnenden serves as rainwater detention basin, capturing and filtering rain water in a stepped system, before overflowing to a flood meadow and slow releasing to the adjacent ecologically restored stream. The use of permeable pavers and "structural bearing soil substrate for garden-like parking spaces" reduced impermeable surfaces in the development from 95 percent to 30 percent of its overall area, further reducing flood risk, a major problem in the Stuttgart area.

Rainwater is kept on the surface where it can be seen, and easily maintained. All streetscapes and park spaces are multifunctional and integrated. Park areas are designed to receive water with all its dynamics and variability, such as ephemeral ponds, swales with soft, swung contours that are play areas when dry and flood retention areas during heavy downpours. The park area next to the river has been defined as a new maximum 1000 year flood zone; a dry stone wall defines the change in levels which keeps the housing and residents safe. It was important to the designers that the neighborhood fit as seamlessly as possible into the existing ecosystem. This was partially

manifested in the use of local and naturally occurring vegetation being exclusively used. An emphasis was put on vegetation supporting bee and bird populations, attempting to actually improve conditions for these species in Winnenden [17].



Fig. 1. Arkadien neighborhood plan [18]

5.2. Housing Bo01, Malmö – Sweden

It was designed by a team of architects and developers under the guidance of the City of Malmö (approx. 80 large and small companies). It covers area: 25 ha (160 ha on the West Coast) and was realized through the period of 2001-2006. Basic assumptions of this a new investment cover sustainable buildings, functioning on the basis of ecological materials and technologies, recycling of recycled materials and renewable energy sources. One of the principles of environmentally conscious strategies is water management. Annual rainfall occurring in this part of Sweden reaches the 700-800 mm.

The concept of water management is based primarily on reducing storm water surface runoff and thereby relieving sewage treatment plants. The rainwater is absorbed by the numerous existing "green roofs,

which also forms recreational space for residents. Common critical issues such as channel flooding and downstream erosion are not relevant to Bo01 because it sits on the edge of the Oresund Strait. However, drainage of water away from the buildings and the quality of water entering the Strait were implemented in such a way to make the gravity flow system possible, the area between the Strait and the saltwater canal was raised. This was possible since the land and interior water bodies are artificial remnants of the industrial operations and could be configured by the redevelopment project without much environmental detriment. Green roofs, water detention in courtyard ponds, and infiltration through gravel and other pervious paving initiates the stormwater system [19].

Around the neighborhood there are numerous small and larger retention areas in the form of land or water tanks, filled aquatic vegetation. This is of great importance for improving the climate settlements, and the impact on the water resources of the area. The typical gravel infiltration bed and that the street side of the runnel is lower than the building side. The grating and bridging provides access, safety, and extra detail. The black corrugated paving is a texture cue for the visually impaired. The multiple adjacent paving and drainage materials are similar to patterns in Japanese Zen gardens, such as Ryoanji. The western half includes the broad Dania Park and ample infiltration areas. The granite blocks serve as visual markers to improve safety near the runnels. Stormwater is directed to small, vegetated basins for infiltration and water quality improvement before discharge. Some of these basins are within the interior courtyards while others receive water at the edge of the saltwater. The materials and detailing make features of the stormwater system components whose function is evident even in the dry season. Although all of the stormwater runoff is managed by the surface facilities, the percentage that receives treatment in the vegetated areas and the amount that overflows into the receiving waters during storms without treatment is unknown.

The landscape effect is build by the main reservoir that lies outside compact buildings, although extends along the entire foundation, parallel to the quay on the other side settlements. It was planted with aquatic plants, with interesting outdoor features in the form of bridges, platforms, benches and sculptures - which emphasize the aesthetic nature of the landscape. Channels, leading rainwater into the pond, have a decorative character [12]. One would expect 5-7% of the project area to be dedicated to stormwater

treatment landscapes in order to achieve significant water quality improvement. However, Bo01 has a much higher percentage of green space. The stormwater is conveyed by the open drainage system to vaults along the saltwater canal where much of the water quality treatment occurs. The stormwater is pumped from the vaults to one of several treatment basins and water features within the courtyards. Therefore, the stormwater receives continuous treatment and serves as an ever-present aesthetic and environmental feature of the development features, as is the open drainage network. In fact, the surveys demonstrate a willingness to pay more for an open system than a closed one. It should be noted that Bo01 dedicates very little space to parking (0.7 spaces per unit) and roads, which are a primary source of highly contaminated stormwater runoff requiring extensive water quality treatment. Therefore, the runoff from this pedestrian centric district is less highly contaminated than one would expect from mixed-use districts in the United States with extensive parking and vehicular streets [19].



Fig. 2. Housing Bo01 plan [20]

6. Discussion and conclusions

The examples show a tendency to return to nature to increase the possibility of water retention and restore natural ecosystems. Landscape techniques are often realized together with: hydrological, social and economic problems within the site. Often they require cooperation between the residents and local authorities, and fund raising for investments. The designer is therefore the coordinator over the whole process from design to implementation.

Environmental management practices for natural rainwater harvesting more and more influence the city landscape. Landscape sensitive solutions in addition to their decorative function at the same time serve as devices to distribute, collect or infiltrate rainwater. They enrich the landscape of contemporary neighborhoods and contribute indirectly to improving diversity of vegetation. Sustainable drainage systems can be used in areas both representative and intimate. Presented examples of a comprehensive solutions, cover the entire city and the smaller, integrated landscape units.

References

- [1] Kowalewski Z.: *Realizacja programów rozwoju małej retencji w Polsce w latach 1997-2003*, Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Inżynieria Środowiska, 13, 502 (2004), pp. 195-210.
- [2] The World Bank website providing current data in different economic and geographical issues <http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.PRCP.MM> accessed 10/03/2016.
- [3] Mroziak K., Przybyła C.: *Mała retencja w planowaniu przestrzennym*, Produkt, Poznań 2013, <<http://www1.up.poznan.pl/imksig/wp-content/uploads/2014/06/Mroziak.pdf>> [dostęp 14/01/2016].
- [4] Mioduszewski W.: *Small (natural) water retention in rural areas*, Journal of Water and Land Development, 20 (2014), pp. 19–29.
- [5] Bielakowska W.: *Retencjonowanie wód – mała retencja wodna*, <http://archiwum.ekoportal.gov.pl/prawo_dokumenty_strategiczne/ochrona_srodowiska_w_polsce_zagadnienia/Woda/retencja_wodna.html#_Retencja23> [accessed 14/01/2016].
- [6] Mioduszewski W.: *Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym*, Woda Środowisko Obszary Wiejskie, 18 Woda w krajobrazie rolniczym, Mioduszewski W. (red). IMUZ. Falenty, 2006, s. 11-28.
- [7] Koseoglu N., Moran D.: *Review of Current Knowledge. Demystifying Natural Water Retention Measures (NWRM)*, Foundation of Water Research, Marlow, Bucks, UK 2014, p. 3.
- [8] Vaughn K.J., Porensky L.M., Wilkerson M.L., Balachowski J., Peffer E., Riginos C. and Young T. P.: *Restoration Ecology, Nature Education Knowledge 3* (10), 2010.
- [9] Chełmicki W.: *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- [10] Meier N.: *Water retention landscape techniques for farm and garden*, 2013, permaculturenews.org accessed 14/01/2016.
- [11] Kornaś J., Medwecka-Kornaś A.: *Geografia roślin*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- [12] Kozłowska E.: *Proekologiczne gospodarowanie wodą opadową w aspekcie architektury krajobrazu*, Współczesne problemy architektury krajobrazu, Wrocław 2008.
- [13] Film presenting Sepp Holzer's farm <<https://www.youtube.com/watch?v=Bw7mQZHfVE>> [accessed 14/01/2016].
- [14] Soleil S.: *A recipe for a Hugelkultur raised bed*, 2012, <permaculturenews.org> [accessed 14/01/2016].
- [15] Grzyś E.: *Mała retencja na obszarach wiejskich*, Fundacja Ekologiczna „Zielona Akcja” w Legnicy, 2015, <http://www.dodr.pl/III/4/1/3/7/rola_zadrzewien.pdf> [accessed 14/01/2016].
- [16] Beetle banks, rspb, <https://www.rspb.org.uk/Images/Beetle%20banks_tcm9-133200.pdf> [accessed 14/01/2016].
- [17] Neighborhood's description on the e-publishing concerning innovative realizations <<http://www.e-architect.co.uk/stuttgart/arkadien-winnenden>> [accessed 20/02/2016].
- [18] Arkadien neighborhood's description, <<http://inhabitat.com/arkadien-winnenden-is-a-family-earth-friendly-eco-village-near-stuttgart-germany>> [accessed 4/04/2016].
- [19] Austin G. *Case study and sustainability assessment of Bo01, Malmö, Sweden*, <http://www.collegepublishing.us/jgb/samples/JGB_V8N3_a02_Austin.pdf> [accessed 14/01/2016].
- [20] Housing Bo01 description, <<http://www.architravel.com/architravel/news/use-of-sud-elements-at-western-harbour-in-malmo-sweden>> [accessed 4/04/2016].

Magdalena Wojnowska-Heciak
Anna Janus

Rozwiązania krajobrazowe w małej retencji

1. Wprowadzenie

Polska jest często „Egiptem Europy” i w pełni zasługuje na ten tytuł. Biorąc pod uwagę średni roczny opad, klasyfikuje się jako jeden z najbardziej suchych regionów Europy. Prawie 20% terytorium Polski charakteryzuje się mniejszym średnim opadem rocznym niż 500 mm. Dla porównania średni opad w Niemczech wynosi 700 mm, w Austrii 1110 mm, w Szwecji 624 mm [1, 2].

Zagadnienie przyjaznych środowisku metod gospodarowania wodą opadową, szczególnie tych eksperymentalnych rozwiązań, nadal nie jest zbadane. Praca ma na celu przedstawienie oryginalnych, szytych na miarę dla każdej lokalizacji rozwiązań, które posłużyć mogą jako inspiracje w dalszych badaniach [3].

2. Definicje

Mała retencja w Polsce została zainicjowana w 1995 roku. Od lat 60. termin ten jest używany wyłącznie w Polsce i pozostaje nieznanym w innych krajach. Za granicą stosowane jest hasło „zwiększania naturalnej retencji” [4]. Mała retencja odnosi się do pojemności równej 5 mln m³, powyżej tej wartości używany jest termin „dużej retencji” [5].

Środki naturalnej retencji wody³ (ang. Natural Water Retention Measures – NWRM) można zdefiniować jako środki, których celem jest ochrona naturalnych możliwości retencyjnych przez odtwarzanie naturalnych cech terenów podmokłych, rzek, terenów zalewowych i zwiększanie możliwości retencyjnych gleby oraz uzupełnianie zasobów wód podziemnych [7]. Komisja Europejska [2012] oraz Vaughn [8] NWTM określają mianem technik interwencyjnych związanych z ekosystemami wodnymi, mających odtworzyć naturalne zdolności adaptacyjne przyrody. Głównym zadaniem w ramach gospodarowania wodą jest taka regulacja odpływu wody, by ekstremalne zjawiska hydrologiczne, takie jak powódzie, susze, pustynnienie były minimalizowane przez zwiększanie zdolności retencyjnych obszarów. Można wyróżnić dwie grupy takich środków: 1) środki polegające na przywracaniu/odbudowie (np. rzeki, bagna) oraz 2)

zmiana gospodarowania w użytkowaniu ziemi (dotyczy rolnictwa, leśnictwa) [8].

W skali urbanistycznej wymienić można przykłady NWRM, takie jak: Continuous Cover Forestry (CCF) – 3 krajowe sieci w północnej i zachodniej Kumbrii (hrabstwo w Anglii); lasy łąkowe – The Caledonian Forest w Szkocji; zalesianie terenów pagórkowatych i górzystych przy zlewniach zbiorników w regionach śródziemnomorskich – Sierra Espuna oraz eksperymentalne odtworzenie lasu „El Picarcho” w Murcji, (Hiszpania); pasy buforowe – wenecka laguna i łąkowy pas we Włoszech; zwyczaje uprawy roślin – stosowanie roślin o głębokim systemie korzeniowym, płodozmian, uprawa wstęgowa, uprawa współrzędna, wczesny wysiew, łąki – łąki w Durham, Weald meadows project, tradycyjnie tarasowanie – w suchym klimacie śródziemnomorskim tradycyjny krajobraz rolny – Katalonia, miasteczko Cadaques – winnice, plantacje drzew oliwnych, dębu korkowego, zielone ciek wodne (Grassed Water Ways GWWs) – eksperymentalne gospodarstwo zlokalizowane 40 km na północ od Monachium, uprawa ograniczona/orka wstępna – kilka północnych regionów Chin, żywo-ploty i beetle banks (ok. dwumetrowej szerokości pas obsiany trawą lub bylinami, który przecina duże pola uprawne), SUDS – zrównoważony system drenażu – szereg przykładów z bazy danych susDrain, obszary bagienne – Neusiedlersee w Austrii, Norfolk i Suffolk Broads, UK, tereny zalewowe – the Val de Charente w pld-zach. Francji, torfowiska – Humberhead Peatlands w Anglii, baseny i jeziora w zlewniach u zbiegu rzek – Kaiserstuhl, remeandrowanie, przywracanie pływu i czasowych dopływów rzek oraz koryt rzek, rewitalizacja wód płynących, ponowne łączenie cieków – remeandrowanie strumienia Merdereau w Sorigny, Francja, Bear Brook i River Cole w Anglii, poldery – Traeth Mawr i Sunk Islands w UK, naturalna stabilizacja brzegów – rzeka Ebro w Hiszpanii, Dunaj w Austrii, rzeka Piavre we Włoszech [7].

3. Narzędzia

Rośliny o palowym systemie korzeniowym posiadają zdolność gromadzenia wody i przetrwania okresów

³ tłumaczenie własne

suszy, a także dostarczają wodę roślinom, które rosną wokół nich, przykładem może być *Ensete ventricosum* (etiopski bananowiec) – energetyczna roślina o włóknistej budowie. Roślina magazynuje CO₂. Badania pokazały, że system korzeniowy potrafi magazynować pięć razy więcej CO₂ niż dotychczas sądzono [10, 11].

Sepp Holzer [13] używa kamieni, by zatrzymać wodę i stworzyć mikroklimat. Stosowanie kamieni pozwala przetrwać w danym stanowisku roślinom, które nie występują w środowisku naturalnym. Układa on duże kamienie, wokół drzew, by przechwytywały ciepło, a następnie oddawały roślinie. Odpowiednio rozkładając kamienie, potrafi wytworzyć efekt chłodzenia, by zatrzymać wilgoć i spowodować kondensację wody, by działało to jako naturalny system nawodnienia kropelkowego. Gleba pod kamieniami pozostaje wilgotna i zamieszkuje ją wiele gatunków owadów. Skały położone obok roślin pozwalają regulować temperaturę wokół. Wyjaśnia on, że tylko kiedy gleba jest chłodniejsza, a roślinność daje cień, pojawia się woda [10].

Hugelkultur w języku niemieckim to rozumiana dosłownie kultura kopców. Polega na kopaniu głębokich dołów, wykładaniu ich kłodami lub innymi drewnianymi pozostałościami i zasypywaniu glebą, a następnie sadzeniu na tym innych roślin, w tym drzew. W miarę gdy drewno pod ziemią się rozkłada, w glebie pojawiają się cenne składniki pokarmowe, działa to również jako gąbka, wchłaniająca szybko wodę opadową, a następnie w okresach suchych powoli oddająca tę wodę do gleby. Rośliny hodowane w ten sposób nie wymagają dodatkowego nawodnienia [10]. Szczególnie dobrze na podniesionych lekko rabatach wykonanych zgodnie z tą techniką rosną ogórki i kabaczki [14].

Zadrzewienia śródpolne pełnią szereg istotnych funkcji m.in. wiatrochronnych i retencyjnych, które przekładają się na zwiększenie plonów. Ocenia się, że obecność zadrzewień zwiększa plony zbóż średnio 5-20%, buraków cukrowych o 5-10%, a ziemniaków nawet o 20% [15]. Żywopłaty w Wielkiej Brytani sadzone często wzdłuż granic działki również zmniejszają odpływ wody [10]. Beetle banks, czyli nieuprawiane pasy pola są domem dla wielu owadów, ptaków (skowronek, potrzaszcz) i małych ssaków na terenach wiejskich [16], a dodatkowo minimalizują odpływ wody, erozję gleby, redukują zanieczyszczenie i zwiększają bioróżnorodność krajobrazu [10].

4. Studium przypadków

4.1. Osiedle Arkadien Winnenden w Stuttgarcie – Niemcy

Osiedle Arkadien Winnenden położone na obrzeżach Stuttgartu to przykład doskonałej rewitalizacji

terenu przemysłowego w myśl zasad zrównoważonego rozwoju i przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Niemiecka pracownia Atelier Dreiseitl, przy współpracy z grupą architektów, zaprojektowała ekologiczną, przyjazną mieszkańcom przestrzeń do życia, wypoczynku i rekreacji.

Osiedle cechuje zagęszczona zabudowa oraz rozbudowany system wodny. Budynek na terenie osiedla są energooszczędne i wykonane z ekologicznych materiałów. Część zabudowy pokrywa system zielonych dachów, na innych wykorzystywane są zaś panele słoneczne. Ruch kołowy został ograniczony do minimum, a standardowe miejsca postojowe pokryto nawierzchnią trawiastą. Większość nawierzchni pieszych wykonano natomiast z materiałów przepuszczalnych, minimalizując spływ powierzchniowy.

Centrum osiedla stanowią tereny zieleni ze zbiornikiem wodnym. Odtworzono również znajdujący się na obrzeżach potok. Na terenie osiedla zastosowano szereg rozwiązań gospodarowania wodą opadową: zielone dachy, stawy, muldy chłonne, zagłębienia terenu. W przypadku wysokich stanów wody opadowej część terenu osiedla wykorzystuje się jako teren retencyjny. Woda deszczowa gromadzona jest w stworzonych na łące nieckach retencyjnych, a stamtąd spływa do odbudowanego koryta potoku. W porach suchych tereny te wykorzystywane są jako miejsca rekreacyjne i place zabaw dla dzieci.

Zastosowane rozwiązania na terenie osiedla z zakresu gospodarowania wodą, jak również przepuszczalne nawierzchnie znacząco zminimalizowały spływ powierzchniowy oraz ryzyko lokalnych podtopień. Zmniejszono ilość wody odprowadzanej do systemu kanalizacji jak również znacząco poprawiono jakość odprowadzanej wody [17].

4.2. Housing Bo01, Malmö – Szwecja

Osiedle zajmuje obszar 25 ha i zostało zrealizowane w latach 2001-2006. Podstawowe założenia obejmują zrównoważone budownictwo, wykorzystanie materiałów z recyklingu, recyklingu materiałów wtórnych oraz zastosowanie odnawialnych źródeł energii dla funkcjonowania jednostki. Jednym z ważniejszych elementów jest również system zarządzania wodą opadową. Roczny średni opad w tej części Szwecji wynosi 700-800 mm.

Koncepcja zarządzania wodą opadową opiera się na ograniczeniu spływu powierzchniowego i odciążeniu systemu kanalizacji. Woda jest pochłaniana przez liczne powierzchnie zielonych dachów, które jednocześnie służą jako przestrzeń rekreacyjna. Dre-

naż wody z budynków opiera się na spływie grawitacyjnym. W tym celu odpowiednio uformowano topografię terenu. Dodatkowo zaprojektowano liczne stawy i rowy filtracyjne oraz zastosowano nawierzchnie wodoprzepuszczalne na terenie osiedla [19].

Istotną rolę odgrywa główny zbiornik, który niejako znajduje się poza terenem zabudowanym. Został on obsadzony roślinnością wodną, wyposażony w równego typu elementy małej architektury, w tym mostki, platformy, siedziska i rzeźby, których celem jest podkreślenie walorów estetycznych krajobrazu naturalnego. Kanały, którymi prowadzona jest woda do zbiornika, również mają charakter dekoracyjny [12].

Osiedle Bo01 ma znacznie wyższy wskaźnik terenów zieleni, niż można by przypuszczać. Woda odprowadzana kanałami na powierzchni prowadzi do systemu oczyszczającego. Z oczyszczalni ta sama woda jest prowadzona do systemu nawadniania ogródków. W związku z tym podlega ona nieustannemu procesowi uzdatniania i służy jako widoczny element estetyczny i przyrodniczy na terenie osiedla. Należy zaznaczyć, że w Bo01 przewidziano niski wskaźnik powierzchni parkingów (0,7 miejsc na mieszkanie) i ulic, które są głównym źródłem zanieczyszczeń wody i wymagają skomplikowanych procesów jej

uzdatniania. Woda spływająca z chodników jest znacznie bardziej czystsza niż ta z ciągów przeznaczonych pod komunikację samochodową [19].

5. Dyskusja i wnioski

Opisane przykłady ilustrują tendencje powrotu do rozwiązań krajobrazowych w retencjonowaniu wody opadowej oraz przywracanie w tym celu naturalnych ekosystemów wodnych. Rozwiązania krajobrazowe stosowane są często jako element szerszej strategii uwzględniającej zagadnienia hydrologiczne, społeczne i ekonomiczne. Wymagają też współpracy pomiędzy mieszkańcami danego osiedla a administracją miasta. Projektant często pełni rolę koordynatora całego procesu, począwszy od projektu do realizacji.

Stosowanie metod przyjaznych środowisku coraz częściej pojawia się w krajobrazie miasta. Poza funkcją estetyczną, pełnią one role urządzeń, które rozdysponowują, gromadzą i infiltrują wodę opadową, wzbogacając krajobraz zakładanych współcześnie osiedli i zwiększając bioróżnorodność gatunkową. Zaprezentowane w artykule rozwiązania mogą być stosowane zarówno w skali miasta, jak i tylko jego fragmentu.