

INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA

Zakład Ekologii Lasu

**OKREŚLENIE PRZYCZYN ZMNIEJSZANIA SIĘ ZASOBÓW
WODNYCH W ZBIORNIKU TOPIŁO**

Autorzy opracowania:

dr hab. Jan Tyszka, prof. IBL
prof. dr hab. Edward Pierzgalski
dr inż. Magdalena Frąk (SGGW)
dr inż. Magdalena Janek
st. techn. Andrzej Stolarek

Praca wykonana na zlecenie Nadleśnictwa Hajnówka

Kierownik Zakładu Ekologii Lasu:

p.o. KIEROWNIKA
Zakładu Ekologii Lasu
dr inż. Janusz Czerepko

Dyrektor Instytutu:

DIREKTOR
Instytutu Badawczego Leśnictwa
dr hab. Tomasz Zawila-Niedźwiecki

Sękocin Stary, 2011 r.

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| 1. Podstawa prawna opracowania ekspertyzy | 3 |
| 2. Cel i zakres ekspertyzy..... | 3 |
| 3. Analiza uwarunkowań kształtowania się zasobów wodnych w zbiorniku Topiło | 3 |
| 3.1. Lokalizacja i funkcje zbiornika | 3 |
| 3.2. Rozwiązania hydrotechniczne i gospodarka wodna na zbiorniku..... | 5 |
| 3.3. Źródła zasilania zbiornika | 7 |
| 3.4. Zasoby wodne rzeki Perebel..... | 9 |
| 3.5. Stan zasobów wodnych zbiornika | 12 |
| 3.6. Jakość wody w zbiorniku | 13 |
| 3.6.1. Parametry fizykochemiczne wód | 13 |
| 3.6.2. Parametry mikrobiologiczne wody | 18 |
| 4. Przyczyny zmian zasobów wodnych w zbiorniku..... | 22 |
| 4.1. Zmiany klimatyczne | 22 |
| 4.2. Użytkowanie lasu | 25 |
| 4.3. Inwestycje melioracyjne..... | 27 |
| 4.4. Stan urządzeń hydrotechnicznych..... | 33 |
| 5. Propozycje przedsięwzięć ograniczających niekorzystne zmiany warunków wodnych | 36 |
| 5.1. Niezbędny zakres regulacji warunków wodnych siedlisk leśnych w zlewni zbiornika | 36 |
| 5.2. Modernizacja urządzeń hydrotechnicznych i rozrządu wody w zbiorniku | 37 |
| 5.3. Modyfikacja rozwiązań technicznych obiektów małej retencji w zlewni rzeki Perebel | 38 |
| 6. Podsumowanie i wnioski..... | 40 |
| Literatura | 42 |

1. Podstawa prawna opracowania ekspertyzy

Ekspertyza została wykonana na podstawie umowy nr 670114 z dnia 27.07.2011 r., zawartej pomiędzy Zamawiającym – Nadleśnictwem Hajnówka reprezentowanym przez Nadleśniczego mgr inż. Grzegorza Zenona Bieleckiego, a Wykonawcą – Instytutem Badawczym Leśnictwa reprezentowanym przez Dyrektora IBL Prof. hab. Tomasza Zawilę-Niedźwiedzkiego i Główną Księgową IBL mgr inż. Izabelę Krzyżanowską. Termin wykonania opracowania, realizowanego przez Zakład Ekologii Lasu IBL, ustalono na dzień 30 listopada 2011 roku.

2. Cel i zakres ekspertyzy

Zbiornik Topiło wybudowany został w latach 1932-1933 w celu przechowywania drewna tartaczego. Obecnie zbiornik pełni ważną rolę przyrodniczo-biocenotyczną oraz krajobrazowo-turystyczną. W ostatnich latach zaobserwowano zjawisko okresowego obniżania się poziomu wody powierzchniowej w zbiorniku, co zagraża stabilnemu funkcjonowaniu jego ekosystemu wodnego.

Podtrzymanie obecnych funkcji wymaga podjęcia działań zapobiegających powtarzaniu się zanikania zasobów wodnych zbiornika. Celem niniejszej ekspertyzy jest wyjaśnienie przyczyn okresowego zmniejszania się zasobów wodnych w zbiorniku oraz wskazanie sposobów ograniczających to zjawisko.

Zakres ekspertyzy obejmował wykonanie:

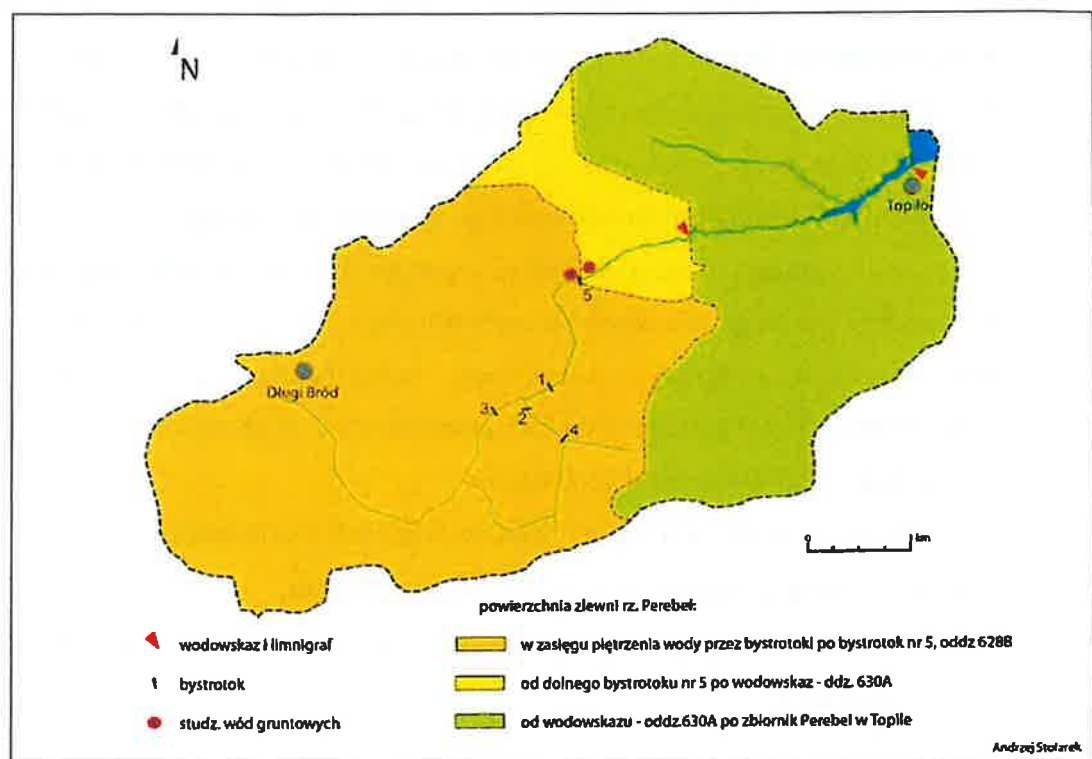
- analizy uwarunkowań zmian zasobów wodnych w zbiorniku,
- oceny stanu urządzeń hydrotechnicznych zbiornika,
- określenie zakresu prac ograniczających niekorzystne zmiany stanu wody w zbiorniku.

3. Analiza uwarunkowań kształtowania się zasobów wodnych w zbiorniku Topiło

3.1. Lokalizacja i funkcje zbiornika

Zbiornik został zbudowany w zlewni rzeki Leśnej w latach 1932-1933 i powstał ze spiętrzenia wód rzeki Perebel (prawostronnego dopływu Leśnej) w 4,5 km jej biegu w miejscowości Topiło. Zbiornik położony jest w Nadleśnictwie Hajnówka w oddziałach 597,598 i 599. Łączna pojemność zbiornika wynosi około 250 000 m³. Zbiornik należy do typu zbiorników zaporowych. Płaska dolina rzeki została

przegrodzona groblą z jazem pozwalającym na spiętrzenie wody o 1,8 m. Utworzony zalew ma powierzchnię 21,1 ha i średnią głębokość około 1,0 m (rys. 1). Inwestorem zbiornika był tartak w Hajnówce, który wykorzystywał go do przechowywania w wodzie dłużyc drzew i drewna tartacznego. Zwożony do basenu surowiec tartaczny pozyskany w zimie przelegiwał w wodzie do połowy lata, po czym był transportowany kolejką wąskotorową do tartaku w Hajnówce. Drewno było przechowywane w najniższej położonej części zbiornika, gdzie można było składować do 18 tys. m³ dłużyc. Zatapiano tylko zdrowe drewno bez stosowania chemicznej konserwacji. Ostatnie zatopienie niewielkich ilości oklein sosnowych i świerkowych wykonano w 1976 roku, a sklejki drewna w 1979 roku.

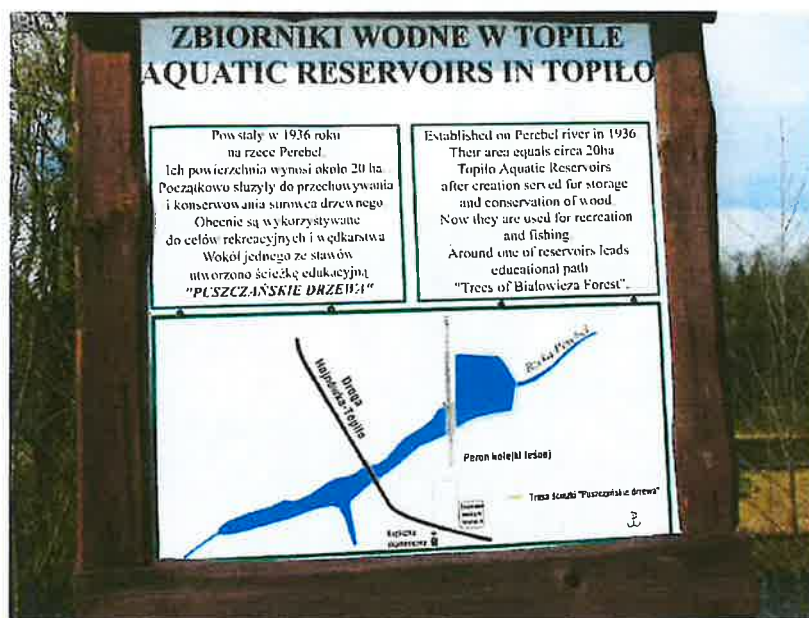


Rys. 1. Mapa zlewni zbiornika Topiło z lokalizacją urządzeń pomiarowych i urządzeniami piętrzącymi (bystrotokami)

Zbiornik pełni obecnie ważną rolę w z bogacaniu życia przyrodniczego tej części Puszczy, jest atrakcyjnym celem wycieczek krajoznawczych. Jest także użytkowany przez wędkarzy oraz wykorzystywany jako zbiornik przeciwpożarowy. Wokół tej największej na terenie Puszczy Białowieskiej tafli wód powierzchniowych wytworzył się lokalny mikroklimat.

3.2. Rozwiązania hydrotechniczne i gospodarka wodna na zbiorniku

Zbiornik Topiło tworzą trzy stawy o powierzchniach: staw górny 7,2 ha, staw środkowy 5,1 ha i staw dolny 8,8 ha (fot. 1).



Fot. 1. Podział zbiornika Topiło na trzy stawy (fot. E. Pierzgałski)

Woda w zbiorniku spiętrzona została ziemną groblą czołową i boczną o łącznej długości 430 m, szerokości korony 2,5 m i spadkach skarp 1:2. Grobla porośnięta jest roślinnością zielną. Ujście wody ze zbiornika odbywa się przez jaz wbudowany w korpus grobli ziemnej o zdolności piętrzenia do 1,8 m (fot. 2).



Fot. 2. Jaz szandorowy umożliwiający regulację poziomu wody w zbiorniku Topiło oraz odpływ wody ze zbiornika (fot. A. Stolarek)

Dodatkowe dwa urządzenia piętrzące, które dzielą zbiornik na odrębne stawy, pobudowane zostały w górnych partiach zbiornika, pod torami kolejki wąskotorowej i pod mostem na drodze Topiło – Łozice (fot. 3 i fot. 4).



Fot. 3. Jaz szandorowy przy moście pod torami kolejki wąskotorowej (fot. E. Pierzgalski)



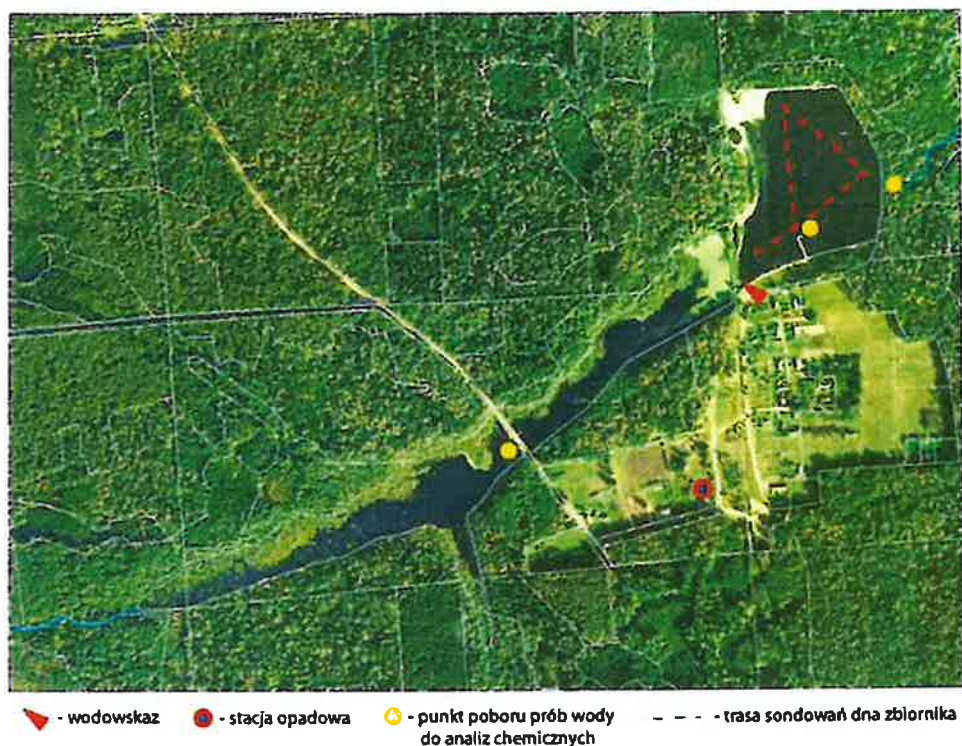
Fot. 4. Jaz szandorowy przy moście na drodze Topiło-Łozice (fot. E. Pierzgalski)

Na utworzonych w ten sposób stawach możliwe było regulowanie stanu wody za pomocą jazów szandorowych. Szerokość urządzeń piętrzących wynosi: jaz dolny o świetle $2 \times 1,8 \text{ m} = 3,6 \text{ m}$, śluza środkowa (most kolejki wąskotorowej) $2,2 \text{ m} + 2,8 \text{ m} = 6,0 \text{ m}$ i śluza górna (most drogowy) $2 \times 3,0 \text{ m} = 6,0 \text{ m}$. Za obsługę urządzeń piętrzących odpowiadał zarząd tartaku, a Nadleśnictwo Hajnówka dbało o stan przeprawy drogowej i kolejowej przez zbiornik. Co 20 lat budowle hydrotechniczne wykorzystywane były do spuszczenia wody z dolnego stawu m.in. w celu oczyszczania namulów i pozostałości po przechowywanym drewnie. Od momentu zakończenia topienia drewna dla potrzeb przemysłu drzewnego, gospodarka wodna prowadzona na zbiornikach miała charakter ekstensywny, a urządzenia piętrzące ulegały stopniowemu zniszczeniu. Zły stan urządzeń był powodem awarii w sierpniu 2011 roku na jazu dolnym, kiedy wody spiętrzone po opadach spowodowały uszkodzenie drewnianych szandorów i niekontrolowany spust wody ze zbiornika.

3.3. Źródła zasilania zbiornika

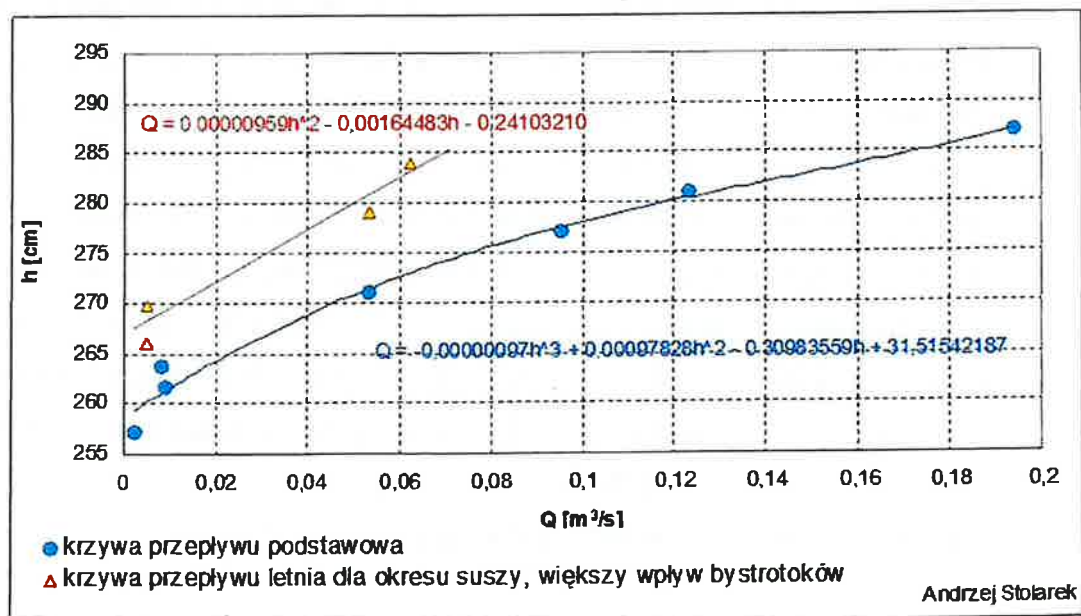
Zlewnia zbiornika położona przy wododziale Bugu i Narwi ma powierzchnię $31,9 \text{ km}^2$. Zasoby wodne zbiornika pochodzą w głównej mierze z dopływu wody z rzeki Perebel.

Wielkość zasilania wodami rzecznyymi określono na podstawie wieloletnich badań stanu i przepływu wody prowadzonych w przekroju hydrometrycznym w oddziale 630A, zamykającym zlewnie o powierzchni $21,6 \text{ km}^2$ (rys. 2). Na podstawie wyznaczonej krzywej natężenia przepływu obliczono średnią z lat 1985-2000 warstwę odpływu – 121 mm. Pozwala to oszacować roczny dopływ wody do zbiornika na $3,86 \text{ mln m}^3$. Dodatkowe zasilanie zbiornika pochodzi bezpośrednio z opadu atmosferycznego o średniej rocznej wysokości 633 mm, co przy powierzchni lustra wody zbiornika $211\,000 \text{ m}^2$, daje przychód $133\,563 \text{ m}^3/\text{rok}$. Mniejszy dopływ wody pochodzi z zasilania gruntowego z przyległych terenów. Przy niewielkiej deniwelacji terenu, wobec długości brzegów zbiornika 3,8 km i dominujących tu piasków gliniastych, dopływ z wód gruntowych z obszaru brzegowego o szerokości około 150 m można oszacować na 10% opadu rocznego tj. na $57\,000 \text{ m}^3$.



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w rejonie zbiornika Topiło (ortofotomapa z archiwum Nadleśnictwa Hajnówka)

Po 9-cioletniej przerwie pomiarów hydrometrycznych, w 2010 roku wznowiono pomiary, aby ocenić aktualny cykl odpływu ze zlewni. Wykonane pomiary przepływu wskazują na zakłócenia odpływu w okresach suszy hydrologicznej (rys. 3).



Rys. 3. Krzywe natężenia przepływu w rzece Perebel dla lat 2010-2011

W dalszym ciągu głównym źródłem zasilania zbiornika w roku średnim wynoszącego około 4 ml m³ jest dopływ wody rzeką Perebel. Bierze ona początek na terenach podmokłych w rejonie wsi Długi Bród, gdzie przepływa przez tereny łąkowe zmeliorowane w latach 70 ubiegłego wieku. W środkowym i dolnym biegu rzeki jej dolina porośnięta jest przez las typu puszczańskiego i roślinność łąkową. Lasy, pokrywające 80% powierzchni zlewni zbiornika, zarządzane są przede wszystkim przez Nadleśnictwo Hajnówka. Występują tu głównie siedliska boru mieszanego i lasu mieszanego. Ponad 35% powierzchni leśnej stanowią siedliska wilgotne i bagienne. Drzewostany iglaste zajmują 64% powierzchni zlewni (wg gatunków panujących – sosny i świerka). W drzewostanach liściastych, spośród licznych gatunków, największą powierzchnię zajmują: olsza, dąb, brzoza. Wzrostowa tendencja potrzeb wodnych drzewostanów, którą obserwuje się od kilkudziesięciu lat, związana jest ze wzrostem ich zasobności (350 m³/ha) oraz zwiększeniem udziału gatunków liściastych.

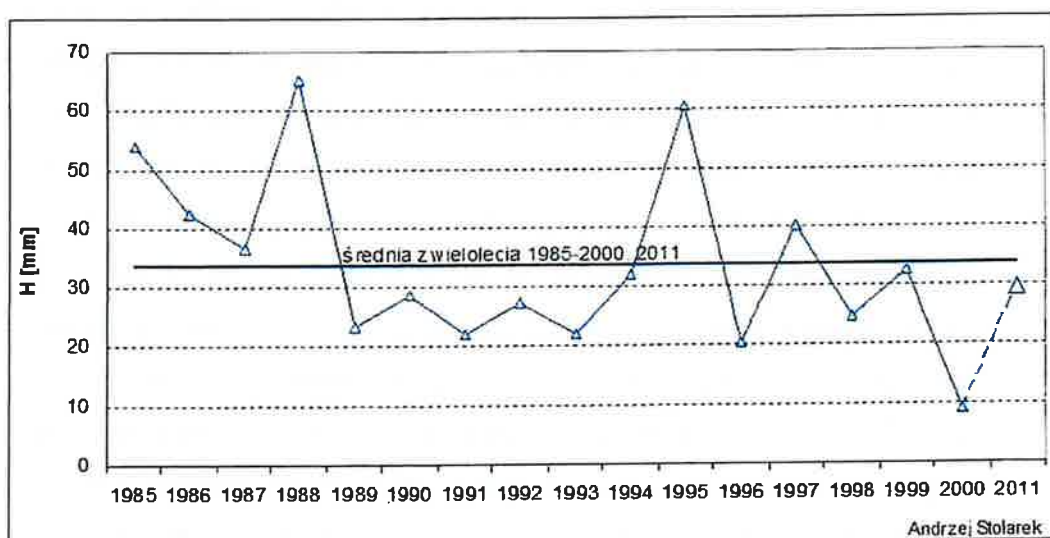
3.4. Zasoby wodne rzeki Perebel

Na podstawie badań (1966-2005) prowadzonych w największej zlewni Puszczy Białowieskiej rzeki Łutowni, średnio roczne składowe bilansu wodny dla rejonu Puszczy Białowieskiej można oszacować następująco: opad $P = 619,0$ mm, odpływ $H = 106,5$ mm, parowanie $E = 512,5$ mm (Pierzgalski i in. 2006). Zmniejszający się trend odpływu z tej rzeki przy w miarę stabilnym opadzie wynika ze wzrostu parowania, który może być uwarunkowany następującymi czynnikami: wzrostem temperatury powietrza, wydłużonym sezonem wegetacyjnym, zwiększonymi potrzebami wodnymi drzewostanów. W zlewni Perebla o podobnych warunkach środowiskowych, dodatkowym czynnikiem zakłócającym stan zasobów wodnych było wykonanie progów piętrzących (tzw. bystrotoków) na rzece Perebel. Przed wybudowaniem progów w 2005 roku (dane z lat 1985-2000) na podobną wielkość parowania, jak w Łutowni, złożyły się nieco większa składowa opadu (633 mm) i odpływu (121 mm). Wskutek podpiętrzenia wody w rzece przez pięć wybudowanych progów z bystro-tokami, na powierzchni około 20 ha siedliska leśne są okresowo zalewane. Ma to wpływ na wzrost strat bilansowych na parowanie z powstałego lustra wody powierzchniowej i powiększonej retencji wód gruntowych (fot. 5).

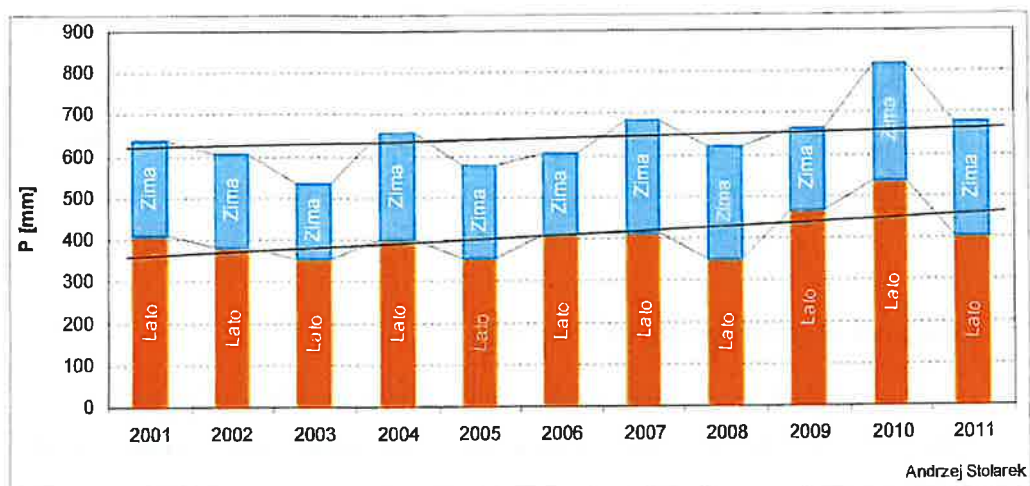


Fot. 5. Podtapiany obszar w sąsiedztwie progu piętrzącego (fot. E. Pierzgalski)

O wpływie progów świadczy zmniejszony odpływ rzeczny (rys. 4) przy wzrostowej tendencji opadów (rys. 5).



Rys. 4. Wielkości odpływu półrocznego ze zlewni rzeki Perebel w latach 1985-2000 i w roku 2011



Rys. 5. Sumy opadu atmosferycznego wyznaczone dla zlewni Perebel (lata 2001-2011)

Spowolnienie odpływu ma niewątpliwie wpływ na zmniejszenie się wielkości przepływów charakterystycznych w Pereblu. Do 2000 roku średnie roczne i miesięczne przepływy (Tyszka 2002) kształtowały się następująco (tab. 1 i 2).

Tabela 1. Średnie przepływy rzeki Perebel w przekroju hydrometrycznym [m^3/s]

| Przepływ charakterystyczny | XI-X | XI-IV | V-X |
|----------------------------|-------|-------|-------|
| SQ | 0,083 | 0,120 | 0,046 |
| WQ | 0,216 | 0,313 | 0,119 |
| WWQ | 1,785 | 1,785 | 0,470 |
| NQ | 0,022 | 0,030 | 0,014 |
| NNQ | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabela 2. Średnie miesięczne wartości przepływów charakterystycznych [m^3/s]

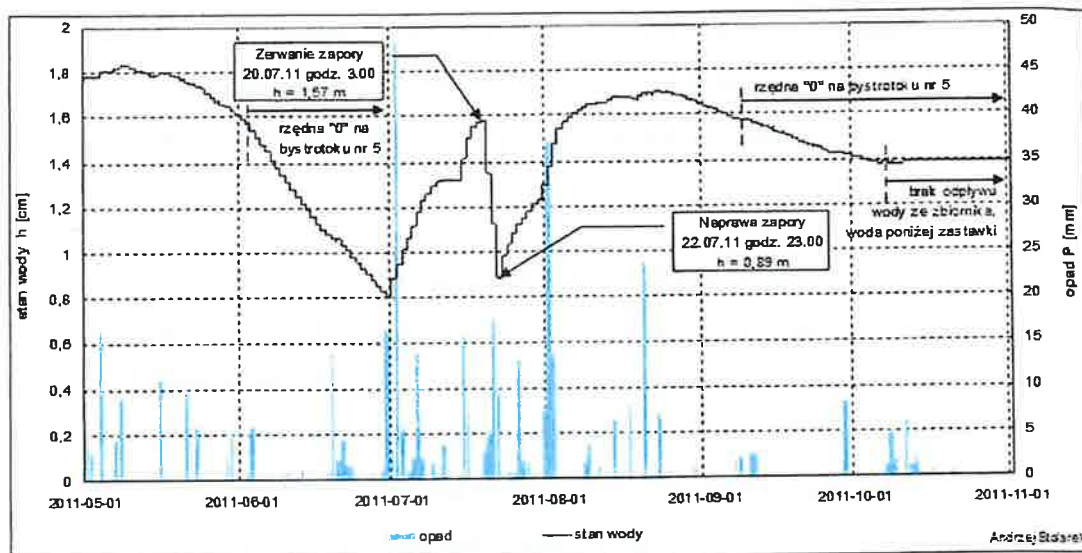
| Przepływ | XI | XII | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SQ | 0,066 | 0,084 | 0,086 | 0,085 | 0,199 | 0,201 | 0,070 | 0,056 | 0,046 | 0,027 | 0,036 | 0,041 |
| WQ | 0,119 | 0,214 | 0,203 | 0,182 | 0,584 | 0,576 | 0,201 | 0,150 | 0,116 | 0,080 | 0,083 | 0,085 |
| NQ | 0,027 | 0,022 | 0,028 | 0,027 | 0,036 | 0,041 | 0,018 | 0,014 | 0,012 | 0,009 | 0,015 | 0,019 |

W analizowanym okresie odnotowano dwukrotny w 1992 i 1997 r. zanik przepływu, który wystąpił po dwóch kolejnych miesiącach letnich o sumie opadu o ponad 80 mm mniejszej od średnich sum wieloletnich. W okresie ostatnich lat zanikanie przepływu w rzece Perebel jest zjawiskiem bardzo częstym.

3.5. Stan zasobów wodnych zbiornika

Pojemność zbiornika przy maksymalnym piętrzeniu wody nie przekracza 300 tys. m³. Wobec wielokrotnie większej zasobności wodnej zlewni zbiornika od pojemności czaszy zbiornika, przy uwzględnieniu strat bilansowych na parowanie, uzupełnianie retencji i ubytki eksploatacyjne, w latach średnio wilgotnych nie powinno być problemów z jego napełnieniem i utrzymaniem stabilnego poziomu piętrzenia. Stan wody w zbiorniku niemal corocznie uzupełniany jest po okresie zimy, kiedy to wytwarza się stan równowagi pomiędzy ilością wody dopływającej i odpływającej. Przy założeniu równomiernego przebiegu zasilania, zasoby wody zbiornika teoretycznie (bez uwzględnienia strat) mogą być odtwarzane około 10 razy w roku. Jednak wobec wieloletniego trend ocieplania klimatu i cyklicznych oscylacji warunków pogodowych (Lorenc 2007), coraz częściej powstają zagrożenia wystąpienia głębokich niżówek przepływu w Pereblu i szybkiego procesu kurczenia się zasobów wodnych samego zbiornika.

Dodatkowe straty wody oprócz ubytków na parowanie, są spowodowane nieszczelnością urządzeń piętrzących. Krytycznymi okresami są zazwyczaj miesiące jesienne w latach, kiedy deficyt opadu występuje po długotrwałych okresach posusznych, co powodowało raz na kilka lat znaczące obniżanie się poziomu wody w zbiorniku. Kontrolowane w roku 2011 zmiany poziomu wody na wodowskazie usytuowanym przy moście kolejowym do czasu wystąpienia awarii urządzeń piętrzących wskazują na wahania ich stanu w zbiorniku sięgające jednego metra (rys. 6). Wskutek awarii lustro wody w ciągu dwóch dni obniżyło się o 0,6 m, co oznacza, że woda wypływała ze średnią intensywnością 0,7 m³/s.



Rys. 6. Przebieg godzinowych stanów wody i dobowych opadów atmosferycznych w zbiorniku retencyjnym Topiło w półroczu letnim 2011 r.

W krytycznym roku 2008 nastąpiło na tyle znaczne obniżenie poziomu wody w zbiorniku, że powierzchnia lustra wody zmniejszyła się o połowę. Tak intensywne zmiany stanu zasobów wodnych zbiornika, mogło nastąpić nie tylko w wyniku parowania i odpływu, ale z przyczyn zakłócenia w naturalnych warunkach zasilania.

3.6. Jakość wody w zbiorniku

Niestabilne zasoby wodne zbiornika, wobec zasilania ich wodami z terenów siedlisk bagiennych i wykorzystywania w ubiegłych latach zbiorników do przechowywania drewna mają również swoje reperkusje dla walorów jakości wód. Świadczą o tym wyniki analiz fizykochemicznych wykonanych w Samodzielnej Pracowni Chemii Środowiska Leśnego IBL i analiz bakteriologicznych z Pracowni Biologii Sanitarnej, Katedry Kształtowania Środowiska SGGW.

3.6.1. Parametry fizykochemiczne wód

Zakres analiz właściwości fizykochemicznych prób wód wykonanych w laboratorium Samodzielnej Pracowni Chemii Środowiska Leśnego IBL, stosowane metody i aparatura były następujące:

- pH-metr cyfrowy – pH wód,
- konduktometr – przewodność elektrolityczna (EC),
- spektrofotometria atomowa – Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn,

- chromatografia jonowa – NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ ,
- absorpcja atomowa w kuwecie grafitowej – metale ciężkie (Pb, Cu, Zn, Cd),
- metoda katalitycznego spalania – rozpuszczony węgiel organiczny, azot całkowity.

Próby wód do analiz fizykochemicznych w 2011 roku pobrano trzykrotnie: w II połowie kwietnia, w II połowie lipca i na początku października. Próby pobrano z rzeki Perebel przy wodowskazie, ze zbiornika Topiło w dwóch miejscach (przy dopływie z rzeki i odpływie ze zbiornika) oraz dodatkowo (tylko w lipcu) z rzeki Perebel na bystrotoku przed wodowskazem (rys. 1). Wyniki analiz z 2011 roku w zestawieniu z danymi z 2010 r. przedstawiono w tabelach 3-5.

Wyniki analiz wód porównano z wartościami granicznymi w „Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych” (Dz.U.2008 nr 162 poz. 1008 z dnia 09.09.2008). Spośród elementów fizykochemicznych, dla których w tym Rozporządzeniu podano wartości graniczne wskaźników jakości wód (zał. nr 1 do ww. Rozporządzenia), badano: pH, przewodność elektrolityczną (EC) oraz stężenia SO_4 , Cl, Ca, Mg, N- NH_4 , N- NO_3 . Analizowano także rozpuszczony węgiel organiczny (RWO), którego zawartość porównano z granicami dopuszczalnych stężeń dla ogólnego węgla organicznego (OWO). Rozporządzenie (w zał. 1), wśród wskaźników „charakteryzujących warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne”, określa granice jedynie dla zawartości ogólnego węgla organicznego w wodzie. Otrzymane wyniki RWO można porównać z wartościami granicznymi OWO pamiętając jednak, że według danych literaturowych na sumę OWO w większości składa się zawartość RWO, zaś niewielką tylko część stanowi wypłukiwany węgiel organiczny.

Ponadto, spośród wskaźników jakości wód z grupy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (zał. nr 5 do ww. Rozporządzenia), badano stężenia: Zn, Cu i Al, zaś spośród chemicznych wskaźników jakości wód (zał. nr 8 do ww. Rozporządzenia) badano stężenia: Cd i Pb. W tabelach wyników pogrubioną czcionką zaznaczono wartości przekraczające granice wskaźników dla wód I klasy jakości (zał. nr 1) oraz przekraczające granice wskaźników określonych w załącznikach 5 i 8.

Tabela 3. Wyniki analiz fizykochemicznych wód rzeki Perebel w latach 2010-2011

| Oznaczenie | Jednostki | Granica dla I klasy jakości wód płynących | Granica dla II klasy jakości wód płynących | Perebel – bystrotok | Perebel – wodowskaz | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|---|--|---------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| | | | | | 21.07. 2011 | 21.01. 2010 | 15.04. 2010 | 27.07. 2010 | 27.10. 2010 | 20.04. 2011 | 21.07. 2011 | 04.10. 2011 | Średnia 2010-2011 |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| EC | μS ·cm ⁻¹ | 1000 | 1500 | 291 | 336 | 268 | 297 | 351 | 189 | 304 | 239 | 283 | |
| pH | - | 6,0-8,5 | 6,0-9,0 | 7,01 | 7,24 | 7,77 | 7,92 | 7,23 | 8,09 | 7,37 | 7,69 | 7,51 | |
| Cl ⁻ | mg ·dm ⁻³ | 200 | 300 | 5,45 | 7,34 | 6,02 | 3,63 | 7,55 | 4,98 | 5,37 | 2,84 | 5,39 | |
| SO ₄ ²⁻ | | 150 | 250 | 1,94 | 30,45 | 20,77 | 11,96 | 17,04 | 12,72 | 3,66 | 17,42 | 16,29 | |
| N-NO ₃ ⁻ | | 2,2 | 5,00 | 0,00 | 0,05 | 0,03 | 0,424 | 0,000 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,08 | |
| P-PO ₄ ³⁻ | | - | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,10 | 0,00 | 0,07 | 0,04 | 0,04 | |
| N-NH ₄ ⁺ | | 0,78 | 1,56 | 0,044 | 0,11 | 0,04 | 0,082 | 0,016 | 0,029 | 0,077 | 0,133 | 0,07 | |
| Ca | | 100 | 200 | 65,5 | 64,10 | 53,7 | 57,7 | 65,3 | 50,5 | 65,0 | 43,0 | 57,0 | |
| Mg | | 50 | 100 | 3,99 | 4,61 | 3,68 | 4,05 | 4,91 | 3,73 | 3,93 | 4,01 | 4,13 | |
| Na | | - | - | 2,51 | 3,75 | 3,55 | 2,82 | 3,68 | 3,19 | 2,45 | 2,95 | 3,20 | |
| K | | - | - | 0,50 | 0,89 | 0,80 | 0,73 | 0,57 | 0,49 | 0,46 | 0,71 | 0,66 | |
| Fe | | - | - | 1,722 | 0,512 | 0,535 | 0,461 | 0,539 | 0,456 | 1,931 | 0,039 | 0,6390 | |
| Al | 0,40 | 0,40 | 0,026 | 0,023 | 0,030 | 0,017 | 0,042 | 0,019 | 0,026 | 0,019 | 0,0251 | | |
| Mn | - | - | 0,542 | 0,120 | 0,046 | 0,004 | 0,013 | 0,003 | 0,339 | 0,225 | 0,1071 | | |
| Cd | 0,00045 | 0,00045 | 0,00110 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0003 | 0,00020 | 0,00108 | 0,00000 | 0,0005 | | |
| Cu | 0,05 | 0,05 | 0,009 | 0,0076 | 0,0079 | 0,0042 | 0,0039 | 0,006 | 0,006 | 0,001 | 0,0052 | | |
| Pb | 0,0072 | 0,0072 | 0,0528 | 0,0045 | 0,0008 | 0,0016 | 0,0015 | 0,0458 | 0,0425 | 0,0250 | 0,0174 | | |
| Zn | 1,00 | 1,00 | 0,033 | 0,0160 | 0,0155 | 0,0247 | 0,0224 | 0,026 | 0,034 | 0,015 | 0,0219 | | |
| RWO | 10 -dla OWO | 15 -dla OWO | 62,58 | 42,13 | 53,83 | 43,86 | 46,88 | 45,14 | 65,25 | 16,47 | 44,79 | | |
| TNb | - | - | 2,53 | 2,57 | 2,88 | 1,77 | 1,89 | 2,16 | 2,70 | 1,46 | 2,20 | | |

Oznaczenia i skróty: EC – przewodność elektrolityczna, RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, OWO – ogólny węgiel organiczny, TNb – całkowity azot związany (formy rozpuszczone)

Większość wyników analiz elementów fizykochemicznych (z załącznika nr 1 do Rozporządzenia) badanych wód mieściła się w granicach ustalonych dla wód I klasy jakości – w zakresie: pH, przewodność elektrolityczna oraz stężenia SO₄, Cl, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃. W 2011 roku stężenia glinu, cynku i miedzi (z zał. nr 5 do Rozporządzenia), jak i stężenia kadmu (z zał. nr 8 do Rozporządzenia), z wyjątkiem jednej próby – latem przy wodowskazuie, nie przekraczały wartości granicznych, których przekroczenie obniżyłoby ocenę jakości wód.

Przekroczenia stwierdzono tylko w następujących przypadkach:

- stężenia RWO we wszystkich pobranych próbach przekraczały granicę dopuszczalnego stężenia OWO dla II klasy jakości wód płynących – $15 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (przy czym w Rozporządzeniu nie ustalono granic dla wód III-V klasy jakości);
- stężenia ołowiu we wszystkich pobranych próbach przekraczały wartość graniczną $0,0072 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$;
- stężenia kadmu w próbach z rzeki Perebel pobranych na bystrotoku oraz przy wodowskaziu w lipcu 2011 r. były większe niż wartość graniczna tego pierwiastka ($0,00045 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Najwięcej przekroczeń i z wielokrotnie stężenia Fe i Mn stwierdzono w wodzie płynącej w lipcu 2011 r., tj. po dużych opadach.

Tabela 4. Wyniki analiz fizykochemicznych wód ze zbiornika Topiło przy dopływie z rzeki Perebel w latach 2010-2011

| Oznaczenie | Jednostki | Granica dla I klasy jakości wód płynących | Granica dla II klasy jakości wód płynących | Topiło – dopływ | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|---|--|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| | | | | 21.01.2010 | 15.04.2010 | 27.07.2010 | 27.10.2010 | 20.04.2011 | 21.07.2011 | 06.10.2011 | Średnia 2010-2011 |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| EC | $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ | 1000 | 1500 | 321 | 267 | 312 | 325 | 194 | 224 | 193 | 262 |
| pH | - | 6-8,5 | 6,0-9,0 | 7,06 | 7,43 | 7,79 | 7,14 | 7,44 | 7,38 | 7,30 | 7,31 |
| Cl ⁻ | $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ | 200 | 300 | 6,65 | 5,60 | 3,35 | 6,38 | 4,74 | 4,58 | 4,41 | 5,10 |
| SO ₄ ²⁻ | | 150 | 250 | 27,19 | 19,59 | 14,30 | 16,51 | 12,39 | 8,66 | 8,15 | 15,26 |
| N-NO ₃ ⁻ | | 2,2 | 5,00 | 0,04 | 0,020 | 0,145 | 0,000 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,04 |
| P-PO ₄ ³⁻ | | - | - | 0,00 | 0,000 | 0,048 | 0,051 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| N-NH ₄ ⁺ | | 0,78 | 1,56 | 0,19 | 0,100 | 0,610 | 0,041 | 0,098 | 0,104 | 0,260 | 0,20 |
| Ca | | 100 | 200 | 60,0 | 52,3 | 58,1 | 62,9 | 46,7 | 57,3 | 61,3 | 56,9 |
| Mg | | 50 | 100 | 4,68 | 3,60 | 4,32 | 4,96 | 3,47 | 3,86 | 4,91 | 4,26 |
| Na | | - | - | 3,70 | 3,43 | 2,96 | 3,51 | 2,90 | 2,52 | 3,52 | 3,22 |
| K | | - | - | 0,99 | 0,98 | 0,73 | 1,01 | 0,65 | 0,53 | 0,78 | 0,81 |
| Fe | | - | - | 0,6095 | 0,663 | 0,272 | 0,885 | 0,525 | 1,290 | 0,224 | 0,6384 |
| Al | | 0,40 | 0,40 | 0,0208 | 0,024 | 0,011 | 0,022 | 0,023 | 0,009 | 0,014 | 0,0177 |
| Mn | | - | - | 0,2295 | 0,149 | 0,002 | 0,079 | 0,003 | 0,058 | 0,008 | 0,0755 |
| Cd | | 0,00045 | 0,00045 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0002 | 0,0003 | 0,00016 | 0,00019 | 0,00000 | 0,0003 |
| Cu | | 0,05 | 0,05 | 0,0063 | 0,0105 | 0,0053 | 0,0021 | 0,0064 | 0,0157 | 0,0177 | 0,0091 |
| Pb | | 0,0072 | 0,0072 | 0,0038 | 0,0011 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0879 | 0,0350 | 0,0207 | 0,0216 |
| Zn | | 1,00 | 1,00 | 0,0156 | 0,0164 | 0,0223 | 0,0205 | 0,0746 | 0,0360 | 0,0221 | 0,0296 |
| RWO | | 10 - dla OWO | 15 - dla OWO | 34,93 | 46,94 | 33,70 | 38,70 | 46,94 | 49,99 | 30,99 | 40,31 |
| TNb | | - | - | 2,03 | 2,62 | 1,58 | 1,57 | 2,37 | 2,47 | 1,63 | 2,04 |

Oznaczenia i skróty: EC – przewodność elektrolityczna, RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, OWO – ogólny węgiel organiczny, TNb – całkowity azot związany (formy rozpuszczone)

Tabela 5. Wyniki analiz fizykochemicznych wód ze zbiornika Topiło przy odpływie do rzeki Perebel w latach 2010-2011

| Oznaczenie | Jednostki | Granica dla I klasy jakości wód płynących | Granica dla II klasy jakości wód płynących | Topiło – odpływ | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|---|--|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| | | | | 21.01.2010 | 15.04.2010 | 27.07.2010 | 27.10.2010 | 20.04.2011 | 21.07.2011 | 06.10.2011 | Średnia 2010-2011 |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| EC | $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ | 1000 | 1500 | 288 | 236 | 303 | 310 | 194 | 258 | 259 | 264 |
| pH | - | 6,0-8,5 | 6,0-9,0 | 7,00 | 7,85 | 7,96 | 7,35 | 7,46 | 7,68 | 7,82 | 7,46 |
| Cl ⁻ | $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ | 200 | 300 | 6,50 | 5,12 | 4,46 | 5,17 | 4,64 | 4,02 | 4,93 | 4,98 |
| SO ₄ ²⁻ | | 150 | 250 | 26,13 | 19,82 | 10,50 | 14,06 | 12,95 | 26,52 | 8,39 | 16,91 |
| N-NO ₃ ⁻ | | 2,2 | 5,00 | 0,02 | 0,09 | 0,070 | 0,212 | 0,086 | 0,013 | 0,04 | 0,08 |
| P-PO ₄ ³⁻ | | - | - | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,09 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,03 |
| N-NH ₄ ⁺ | | 0,78 | 1,56 | 0,16 | 0,17 | 0,082 | 0,126 | 0,041 | 0,104 | 0,218 | 0,13 |
| Ca | | 100 | 200 | 52,7 | 44,4 | 59,1 | 58,0 | 43,5 | 54,3 | 63,2 | 53,6 |
| Mg | | 50 | 100 | 4,35 | 3,42 | 4,451 | 4,568 | 3,47 | 4,02 | 4,87 | 4,16 |
| Na | | - | - | 3,45 | 3,00 | 2,951 | 3,063 | 2,82 | 2,60 | 3,56 | 3,06 |
| K | | - | - | 1,12 | 0,94 | 0,331 | 0,670 | 0,78 | 0,47 | 0,42 | 0,68 |
| Fe | | - | - | 0,7033 | 0,3952 | 0,322 | 1,092 | 0,331 | 0,868 | 0,369 | 0,5829 |
| Al | | 0,40 | 0,40 | 0,0205 | 0,0111 | 0,008 | 0,027 | 0,011 | 0,010 | 0,017 | 0,0149 |
| Mn | | - | - | 0,3716 | 0,1204 | 0,003 | 0,029 | 0,001 | 0,115 | 0,009 | 0,0927 |
| Cd | | 0,00045 | 0,00045 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0005 | 0,00004 | 0,00020 | 0,00000 | 0,0003 |
| Cu | | 0,05 | 0,05 | 0,0177 | 0,0121 | 0,0049 | 0,0029 | 0,006 | 0,006 | 0,001 | 0,0072 |
| Pb | | 0,0072 | 0,0072 | 0,0033 | 0,0028 | 0,0004 | 0,0019 | 0,0349 | 0,0466 | 0,0091 | 0,0141 |
| Zn | | 1,00 | 1,00 | 0,0170 | 0,0156 | 0,0104 | 0,0256 | 0,022 | 0,034 | 0,023 | 0,0211 |
| RWO | | 10 -dla OWO | 15 -dla OWO | 41,63 | 37,89 | 48,26 | 45,34 | 39,33 | 43,30 | 37,81 | 41,94 |
| TNb | | - | - | 2,52 | 2,38 | 1,67 | 2,11 | 2,10 | 2,04 | 1,63 | 2,06 |

Oznaczenia i skróty: EC – przewodność elektrolityczna, RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, OWO – ogólny węgiel organiczny, TNb – całkowity azot związany (formy rozpuszczone)

Wody pobrane w 2011 r. charakteryzowały się średnią, co do wielkości i mało zróżnicowaną przewodnością ($189\text{-}304 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) oraz obojętnym, bądź lekko zasadowym odczynem (wskaźnik pH: $7,01\text{-}8,09$). Podobnie niewielkie zróżnicowanie stwierdzono w przypadku: Cl ($2,84\text{-}5,37 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), Ca ($43,0\text{-}65,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), Mg ($3,47\text{-}4,91 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), Na ($2,45\text{-}3,56 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) i TNb ($1,46\text{-}2,70 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Zmienność sezonowa, jak i przestrzenna tych składników, nawet w zestawieniu z danymi z roku 2010, jest na razie trudna do uchwycenia, bądź wątpliwa.

Zmienności sezonowej można natomiast przypisać podwyższone stężenia jonów siarczanowych we wszystkich punktach w kwietniu 2011 r. w porównaniu z próbami pobranymi latem i jesienią 2011 r. (podobnie jak w styczniu i kwietniu

2010 r.), spowodowane spływem powierzchniowym wody pochodzącej z topniejącego śniegu.

Stopniowy wzrost stężeń badanych składników na drodze przepływu wody, świadczące o ich kumulacji, stwierdzono w następujących przypadkach:

- wiosną: N-NO_3^- i K ,
- latem: SO_4^{2-} i N-NH_4^+ ,
- jesienią: Cl , Ca , Na , Fe , Zn , RWO i TNb .

Przeciwnie kierunki zmian, tj. obniżanie się stężeń na drodze przepływu wody obserwowano:

- wiosną: Cl ,
- latem: Cl , Ca , RWO i TNb ,
- jesienią: Pb .

Głównie jesienią, chociaż w kilku przypadkach również wiosną, stężenie poszczególnych składników na dopływie do zbiornika było mniejsze niż w rzece (roztwór był rozrzedzany), a następnie wzrastał w samym zbiorniku na skutek akumulacji i procesów biologicznych (np. SO_4^{2-} i N-NO_3^-).

Na razie trudno jest stwierdzić jednoznaczne zależności lub trendy zmian jakości wód w zlewni zbiornika. Wnioski będzie można wyciągnąć dopiero po kilku kolejnych powtórzeniach badań chemizmu wód.

3.6.2. Parametry mikrobiologiczne wody

Uzyskane wyniki wartości parametrów fizycznych i stężeń roztworu wodnego nie są wystarczające do oceny jakości wody, którą w świetle Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Dz. U. Nr 162, poz. 1008) należy poddać również ocenie biologicznej. Do pełnej oceny czystości wody w zbiorniku Topiło konieczne jest wykonanie analiz w okresie wegetacyjnym przy niskich stanach wody oraz dokonanie oceny mikrobiologicznej wód. Wykonano ją na próbach wody i namułu zbiornika Topiło pobranych w dniu 5.10 2011 r. (tab. 6 i 7). Oznaczenia prowadzone były wg. następującej metodyki:

- ogólna liczba (jtk w 1ml) bakterii psychrofilnych w 22°C , metodą płytkową zgodnie z PN-EN ISO 6222/I-01/LM edycja 4 z dnia 05.05.2008 r.,

- liczebność (NPL w 1ml) bakterii grupy coli w 37°C, metodą fermentacyjno-probówkową zgodnie z PN-ISO 4831:2007 p.9.1,
- liczebność (NPL w 1ml) *Escherichia coli* w 44°C, metodą fermentacyjno-probówkową zgodnie z PN-ISO 4831:2007 p.9.1, z potwierdzeniem identyfikacji na podłożu Endo,
- liczebność (NPL w 1ml) bakterii celulolitycznych – metodą NPL na podłożu wg Dubosa z paskiem bibuły filtracyjnej (inkubacja 4tyg w 28°C),
- oznaczenie wilgotności dla próbki osadu metodą wagową;
- podstawowe parametry fizykochem.: pH, EC, TDS, metodą elektrochemiczną.

Tabela 6. Wyniki analiz mikrobiologicznych wód

| Nr próbki | Parametr | | | | | |
|-----------|-----------|------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Jednostki | Wilgotność | Bakterie psychrofilne (jtk) | Bakterie grupy coli (NPL) | <i>Escherichia coli</i> (NPL) | Bakterie celulolityczne (NPL) |
| 1. | w 1ml | | 1680 | 2,4 | 0,62 | 240 |
| 2. | w 1ml | | 1280 | <0,05 | <0,05 | 24 |
| 3. | w 1ml | | 5480 | <0,05 | <0,05 | 24 |
| 4. | w 1ml | | 6090 | 6,2 | 0,06 | 13 000 |
| 5. | w 1g | | 6 388 000 | 2 400 | 0,62 | 20 000 |
| 5. | w 1g sm | 88,86% | 574 460 431,7 | 21 582,7 | 5,6 | 179 856,1 |

Wykonane zostały analizy prób wody pobranych w dniu 6.10.2011, które pochodzą z:

- 1) rzeki Perebel
- 2) zbiornika Topiło –staw środkowy
- 3) zbiornika Topiło – staw dolny
- 4) rzeki Łutowni (analiza porównawcza)

Ponadto analizowano jakość osadów dennych w stawie dolnym zbiornika Topiło.

Tabela 7. Parametry charakterystyki fizycznych właściwości wód

| Nr próbki | Pochodzenie wód | pH | EC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) | TDS ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) |
|-----------|-----------------|------|---|--|
| 1. | rz. Perebel | 7,65 | 144,0 | 92,3 |
| 2. | zbiornikowa | 7,64 | 178,7 | 112,5 |
| 3. | zbiornikowa | 7,69 | 168,0 | 108,1 |
| 4. | rz. Łutownia | 7,57 | 259,0 | 165,7 |
| 5. | woda osadowa | 6,94 | 163,0 | 104,3 |

Rzeka Perebel. Uzyskane wyniki wskazują na wysoką czystość mikrobiologiczną badanego ekosystemu. Oznaczona liczebność *Echerichia coli* nie sugeruje wpływu antropogenicznego, mimo obecności w zlewni zabudowań miejscowości Topiło. Nieco wyższa liczebność *E. coli* w wodach rzeki Perebel (nr 1) dopływających do zbiorników wskazuje na okresowy dopływ zanieczyszczeń fekalnych ze źródeł naturalnych (zlewnia leśna, ostoja dzikich zwierząt). Niska oznaczona liczebność jest charakterystyczna dla obiektów o wysokiej jakości sanitarnej. Także sezon badań (jesień) wpłynął na obniżenie liczebności w wodach powierzchniowych wszystkich grup drobnoustrojów (wpływ niskiej temperatury wody). Oznaczona przewodność badanych prób oraz zawartość substancji rozpuszczonych potwierdzają wysoką czystość wody.

W rzece Perebel (nr 1) oznaczona liczebność bakterii psychrofilnych, wskazuje na przeciętne zanieczyszczenie organiczne, a w przypadku cieków leśnych nawet niskie. Liczebność bakterii celulolitycznych sugeruje, że wywołane jest ono dopływem substancji pochodzenia roślinnego. Dominantami wśród oznaczanych drobnoustrojów celulolitycznych (nr 1) są bakterie tlenowe wytwarzające substancje barwne (*Cytophaga sp.*, *Sporocytophaga sp.*). Wskazuje to na wysokie natlenienie wód rzeki. Podwyższona liczebność bakterii psychrofilnych w wodach stawu dolnego (nr 3) oraz niska celulolitycznych sugeruje kumulację materii organicznej. Niska liczebność bakterii grupy coli (w tym *Aeromonas aerogenes*), nie wskazuje na jej pochodzenie zwierzęce lub glebowe (patrz opis niżej).

Oznaczone parametry dla próby osadów dennych ze stawu dolnego (nr 5) wskazują na bardzo wysokie zanieczyszczenie organiczne, pochodzenia naturalnego. Znacząca różnica liczebności bakterii grupy coli w 37°C i *Escherichia coli* wskazują na wysokie zanieczyszczenie osadów bakteriami pochodzenia glebowego (*Aeromonas*

aerogenes). Potwierdza to naturalne źródło dopływu do wód zbiornika substancji organicznej. Parametry stanu sanitarnego są nieznacznie podwyższone, co jednak w przypadku osadów dennych nie sugeruje dopływu zanieczyszczeń fekalnych. Wysoka liczebność bakterii celulolitycznych (blisko 180 tys. NPL/ml) w osadzie, potwierdza obecność naturalnej materii organicznej pochodzenia roślinnego. Uwzględniając liczebność bakterii celulolitycznych w badanych próbkach, wody rzeki Perebel nie wprowadzają jej do zbiorników z terenów leśnych. Jej obecność jest wywołana spływem powierzchniowym bezpośrednio do zbiornika lub obecnością pozostałości fragmentów martwych drzew (korzenie, bale). W warunkach ograniczonego dostępu tlenu, drewno ulega powolnej biodegradacji – a w specyficznych warunkach (tj. przy obecności węglowodorów pochodnych przemian beztlenowych, także z terenów bagiennych) rozkład jest dodatkowo spowolniony i materiały celulozowe mogą pozostawać w postaci względnie niezmienionej przez długi okres czasu. Znaczące zmiany poziomu wód (wyraźne w zbiorniku Topiło w roku 2010 i 2011), natleniające dodatkowo zbiorniki, mogą spowodować wzrost tempa degradacji, poprzez zwiększenie liczebności drobnoustrojów tlenowych.

Zestawiając powyższe informacje z wynikami oznaczeń liczebności bakterii psychrofilnych i celulolitycznych dla prób wody i osadów dennych ze stawu dolnego (nr 3 i nr 5), można wnioskować o kumulacji w osadach dennych substancji roślinnej o spowolnionym uwalnianiu materii organicznej rozpuszczonej oraz o okresowych zmianach szybkości rozkładu biologicznego. Nie ma on jednak szkodliwego wpływu na ekosystem, w tym organizmy go zamieszkujące.

Rzeka Łutownia. Stan sanitarny rzeki Łutowni, reprezentatywny dla Puszczy Białowieskiej, wskazuje na podwyższone zanieczyszczenie organiczne wód rzeki. Wywołane może być spływem zanieczyszczeń obszarowych wraz z cząstkami gleby. Liczebność bakterii *Escherichia coli* nie wskazuje na dopływ zanieczyszczeń fekalnych antropogenicznych, a jedynie zanieczyszczeń obszarowych z cząstkami gleby (6090 jtk bakterii psychrofilnych/ml i 6,2 NPL bakterii grupy coli/ml oraz wartości EC i TDS). Możliwe jest, że niska liczebność analizowanych grup bakterii wynika z terminu prowadzonych badań, tj. niskich temperatur wody (konieczne jest zestawienie niniejszych wartości z wynikami monitoringu w okresie letnim i wiosennym). Wysoka liczebność bakterii celulolitycznych sugeruje, że zwiększone ilości materii organicznej są prawdopodobnie wynikiem dopływu także celulozowych

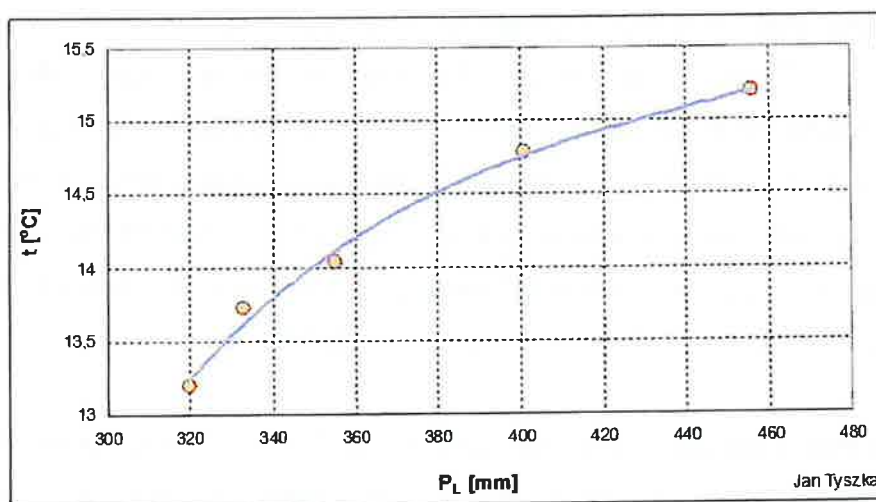
resztek roślinnych. Dominacja bakterii tlenowych wytwarzających barwniki sugeruje ponadto wysokie natlenienie wód rzeki.

Na tle stanu wód rzeki Łutowni, rzeka Perebel prowadzi wody o małej przewodności elektrolitycznej i mimo wyższych zawartości bakterii *Escherichia coli*, o dobrej jakości sanitarnej.

4. Przyczyny zmian zasobów wodnych w zbiorniku

4.1. Zmiany klimatyczne

Jak wynika z rozpoznania warunków klimatycznych Puszczy Białowieskiej, po 1950 roku występuje trend wzrostu temperatury powietrza, któremu towarzyszy mało zmieniona średnia wielkość opadu półrocza zimowego i tendencja do zmniejszania się odpływu półrocza letniego. Lata suche występują w cyklu 5-letnim, a ciepłe w cyklu 6-letnim (Pierzgalski, Tyszka 2011).

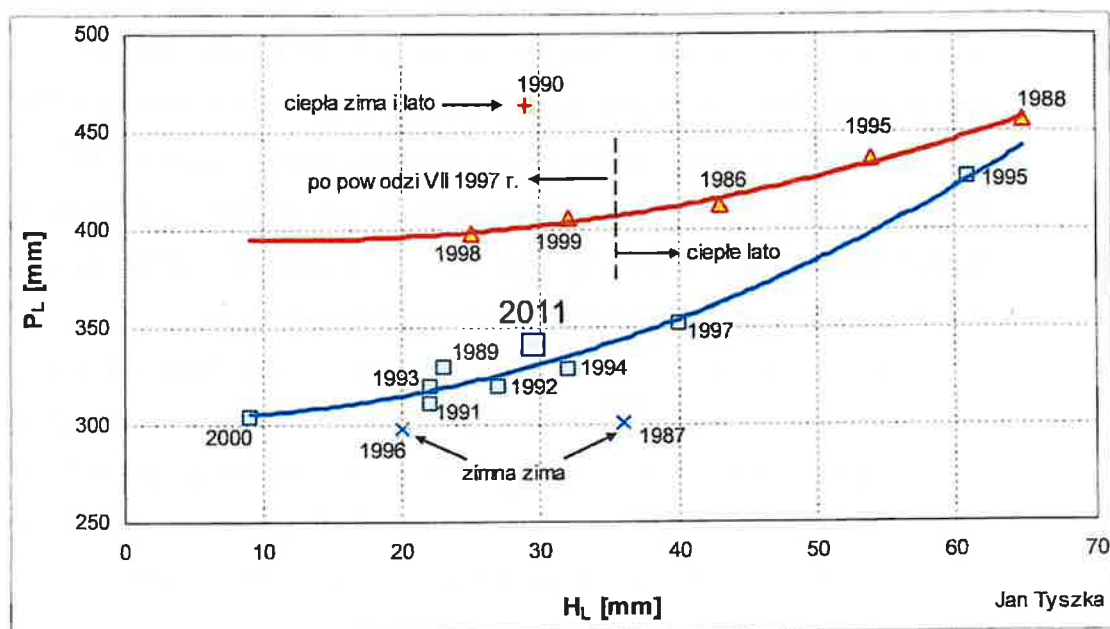


Rys. 7. Zależność opadu (P) i temperatury (t) półroczy letnich według danych obserwacyjnych IMGiW (Białowieża)

Rok 1982 był terminem nałożenia się wpływu tych cykli i ze względów pogodowych był szczególnie przyrodniczo destrukcyjny. W latach następnych narastał deficyt opadu i zmniejszał się współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa, którego wartość krytyczna dla półrocza letniego wynosząca $k = 1,5$, w co drugim roku nie jest osiągana (Malzahn 2009). Wydłużanie się okresów posusznych powoduje długotrwałe obniżanie się poziomu wód gruntowych. Wywołuje to destabilizację warunków siedliskowych, czego przejawem na terenie Puszczy jest ponad 10% zwiększenie się

udziału siedlisk świeżych kosztem wilgotnych w krótkim okresie pomiędzy 1960 a 2000 rokiem. Znacznie przyspieszony wzrost temperatury powietrza notuje się po 1990 roku i chociaż towarzyszy mu wzrost opadu (rys. 7), to nie równoważy on strat na parowanie.

Dla utrzymania stabilnego poziomu wody w zbiorniku największe znaczenie ma zachowanie wyrównanego dopływu wody rzecznej. Analizie poddano 16 (z lat 1985-2000) opadów (P_L mm) i odpływów (H_L mm) półrocza letniego w zlewni rzeki Perebel (rys. 8).



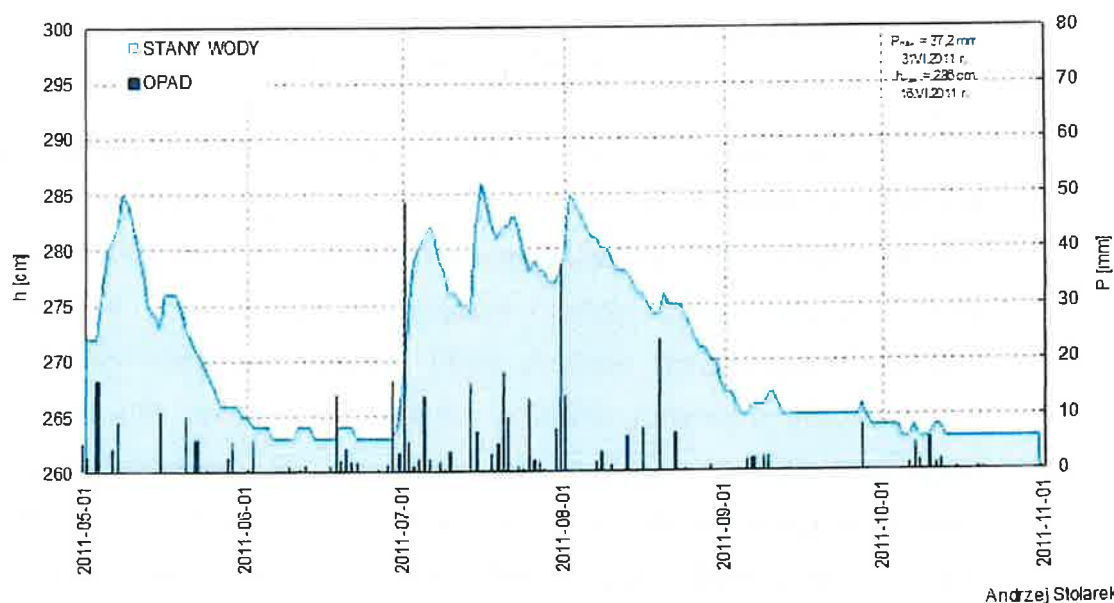
Rys. 8. Zróżnicowanie w wyniku lat suchych i mokrych reakcji odpływu półroczy letnich na opad w zlewni rzeki Perebel

Z wyrównania ich zależność wynika, że związek tych wartości przybrał kształt paraboliczny, podczas gdy dla półroczy zimowych jest prostoliniowy. Wielkość odpływu okresu zimy uwarunkowana jest zapasem i tempem topnienia śniegu, głębokością przemarzania gleby i bieżącym opadem deszczu. W latach średnio wilgotnych współczynnik odpływu (H/P) półroczy zimowym wynosił w zlewni Perebla 33,3%, a przyrost opadu o każde 100 mm ponad 180 mm powodował zwiększenie odpływu o około 50 mm. Nieomal co roku, zapewniało to odnowienie zasobów wodnych zbiornika. Tylko w półroczach zimowych 1988 r. (mokre) i 1992 r. (ciepłe) współczynnik odpływu był niższy i stanowił około 20% opadu, co spowodowało, szczególnie w 1992 roku, ograniczony stan odtworzenia zasobów

wodnych zbiornika. Blisko 80% opadu zwiększało wówczas zasoby wód gruntowych i powierzchniowych oraz wspomogło niewielki w półroczu zimowym proces ewapotranspiracji. W roku średnim szczyt odpływów roztopowych przypada na kwiecień, z którym związany jest 19,9% odpływu rocznego.

Współczynnik odpływu półrocza letniego wynosi dla Perebła zaledwie 9,2%. W latach suchych jego wartość obniża się do 6,0%, a w latach mokrych nie przekracza 14,5%. W półroczach letnich o opadach 300-330 mm wzrost opadu zasila niemal w całości wielkość odpływu, a powyżej 330 mm wzrost odpływu stanowi około 60% wzrostu opadu. Te różnice w reakcji odpływu na opad mają swoje uzasadnienie w większej intensywności deszczy lat suchych, które nie wnikają w strukturę przesuszonej gleby i w dużym stopniu zasilają odpływ powierzchniowy. Przykładem roli wilgotności gleby w odpływie jest okres po powodzi w lipcu 1997 r., kiedy to przemycie gleby sprawiło, że wysokie opady w latach 1998 i 1999 roku w małym stopniu zasiły odpływ rzeczny (rys. 4), a w większym stopniu przyczyniły się do podniesienia poziomu wód gruntowych i wzrostu parowania.

Wznowienie w 2011 roku pomiarów stanu i przepływu wody w przekroju hydrometrycznym rzeki w oddziale 630A przypadło na okres o zmiennych opadach i relatywnie chłodnym lecie. Po roku 2010, kiedy zaobserwowano 6 dni z opadem powyżej 20 mm, w 2011 roku 2 razy w lipcu opad dobowy wyniósł około 40 mm (rys. 9), co nie zdarzało się w wieloletnim okresie prowadzenia badań.



Andrzej Stolarek

Rys. 9. Dobowe opady oraz stany wody rzeki Perebel po profil Topiło w półroczu letnim 2011 r.

Ponad normalne wielkości opadu umożliwiły podwyższenie poziomu wód gruntowych i w środku okresu wegetacji uzupełnienie wody w zbiorniku. Nastąpiło to po latach, kiedy stan wody już od czerwca był katastrofalnie niski i zagrażał trwałości ekosystemu wodnego zbiornika. Uzupełnienie jego zasobów wodnych dokonało się przede wszystkim w wyniku zwiększonego dopływu wody ze zlewni rzeki Perebel.

4.2. Użytkowanie lasu

Zasoby wodne zlewni zbiornika w dużym stopniu warunkowane są zmiennym stanem potrzeb wodnych drzewostanu. Zasobność (Z_j – m^3/ha lasu) i produktywność siedlisk leśnych koreluje z ilością wody zużytej w procesie ewapotranspiracji drzewostanów. Na wytworzenie 1 kilograma suchej masy roślinność drzewiasta potrzebuje około 300 litrów wody. Z naszych badań (Tysza 2008) wynika, że zależność ewapotranspiracji w półroczu letnim od zasobności drzewostanów na terenach Nizy Polskiego określona jest równaniem:

$$E_L = 133,1 Z_j^{0.169} \text{ [mm]}$$

Od kilkudziesięciu lat następuje wzrost zasobności lasu, który spowodowany jest kilkoma czynnikami. Oprócz przyczyn związanych z ociepleniem klimatu – wzrostem temperatury powietrza, wydłużeniem się sezonu wegetacyjnego, znaczący wpływ wywiera zwiększona żyzność siedlisk spowodowana wzrostem odczynu wód opadowych i glebowych (Janek 2000) oraz stężeń NO_3 i CO_2 w powietrzu, ale przede wszystkim w wyniku wprowadzenia różnych klauzul ochronności lasu, ograniczających użytkowanie jego zasobów drewna. Na całej powierzchni obowiązuje zakaz wyrębu drzew 100 letnich. Wszystkie te okoliczności, ale przede wszystkim powołanie rezerwatów, które stanowią około 30% ogólnej powierzchni lasu w Nadleśnictwie, ustanowienie na całym terenie zlewni obszaru Natura 2000, a także licznych użytków ekologicznych, obszaru chronionego krajobrazu, pomników przyrody sprawiły, że w okresie 1979-2001 nastąpił wzrost zasobności drzewostanów o ponad 40% (tab. 8).

Tabela 8. Zmiany warunków siedliskowych w zlewni zbiornika Topiło

| Siedlisko | Powierzchnia (A) [%] | Zapás (V) [tyś. m ³] | Zasobność (Z) [m ³ /ha] |
|-----------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | 5 rew.- 3 rew. | 5 rew.- 3 rew. | 5 rew.- 3 rew. |
| Lśw | 0,9-0,9 = 0,0 | 75-7 = 68 | 313-306 = 7 |
| LMśw | 15,5-20,7 = -5,2 | 151-149 = 2 | 396-280 = 126 |
| Lw | 7,1- 1,1 = 6,0 | 57-71 = -14 | 322-317 = 5 |
| LMw, LMb | 8,5-8,7 = -0,2 | 74-60 = 14 | 347-263 = 84 |
| Ol | 6,1-8,9 = -2,8 | 45-51 = -6 | 299-224 = 75 |
| OJ | 8,8-5,2 = 3,6 | 81-23 = 58 | 370-181 = 189 |
| Bśw | 3,3-10,8 = -7,5 | 27- 41 = -14 | 334-148 = 186 |
| BMśw | 25,7-32,0 = -6,3 | 243-192 = 51 | 383-232 = 51 |
| BMw | 8,6- 2,6 = 6,0 | 82-16 = 66 | 384-219 = 165 |
| Bw i Bb | 6,8-1,6 = 5,2 | 42-4 = 38 | 269-102 = 67 |
| Łącznie | 2485,3 ha | 877-614 = 263 | 350-247 = 103 |

Tabela 9. Zmiany składu gatunkowego drzewostanu w zlewni zbiornika Topiło

| Gatunek | Powierzchnia (A) [%] | Zapás (V) [tyś. m ³] | Zasobność (Z) [m ³ /ha] |
|---------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | 5 rew.- 3 rew. | 5 rew.- 3 rew. | 5 rew.- 3 rew. |
| So | 35,8-35,8 = 0,0 | 322-207 = 113 | 371-219 = 152 |
| Św | 24,6-22,7 = 1,9 | 235-156 = 77 | 384-270 = 114 |
| Brz | 10,3-14,6 = -2,2 | 73-82 = -9 | 282-219 = 63 |
| Ol | 16,4-16,6 = -0,2 | 135-100 = 34 | 332-236 = 96 |
| Gb | 3,6-1,8 = 1,8 | 27-10 = 17 | 301-217 = 84 |
| Os | 0,8-1,2 = -0,4 | 9-10 = -1 | 465-317 = 148 |
| Db | 6,4-5,8 = 0,6 | 57-39 = 18 | 354-264 = 90 |
| Js | 2,1-1,4 = 0,7 | 19-10 = 9 | 354-267 = 87 |
| Brzo | 0-0,11 = 0,1 | | 170 |
| Kl | 0-0,02 = 0,02 | | 44 |
| Razem | 2485,3 ha | 877-614 = 263 | śr. 350-247 = 103 |

Zwiększył się udział powierzchniowy świerka, grabu, dębu i jesionu, a został ograniczony brzozy i osiki (tab. 9). Największy wzrost zasobu drewna na pniu wykazywały drzewostany sosnowe, a spośród siedlisk ich typy o skrajnej żyzności OJ i Bśw. Wymienione zmiany w lasach sprzyjają ich retencyjności, ale jednocześnie intensyfikują proces parowania ograniczając odpływ rzeczny. Wzrost zasobności drzewostanów o ponad 100 m³/ha mógł spowodować zwiększenie potrzeb wodnych lasu o około 30 mm. Pogarszające się warunki wodne zagrażają stabilnemu rozwojowi przede wszystkim hydrotypów siedlisk bagiennych i łęgowych, co było powodem ingerencji metodami technicznymi w stosunki wodne siedlisk leśnych.

4.3. Inwestycje melioracyjne

Na terenie zlewni rzeki Perebel, w jej części, która zasila wodami powierzchniowymi zbiornik Topiło, prowadzona była dwojakiego rodzaju działalność zmierzająca do poprawy stosunków wodnych. W okresie występowania mokrych lat 70. XX wieku, na obszarze corocznie podtapianych łąk, wykonana została w górze zlewni sieć rowów z regulowanym odpływem oraz udrożnione zostało koryto samej rzeki. W okresie ostatnich 30 lat, kiedy przeważały okresy suche, rowy nie były konserwowane i przestały pełnić rolę odwadniającą, a w wyniku dekapitalizacji urządzeń piętrzących, także nawadniającą. Wskutek tego w latach o intensywnych opadach (2010 i 2011), wystąpiły podtopienia dużych obszarów łąk w górnej partii zlewni.

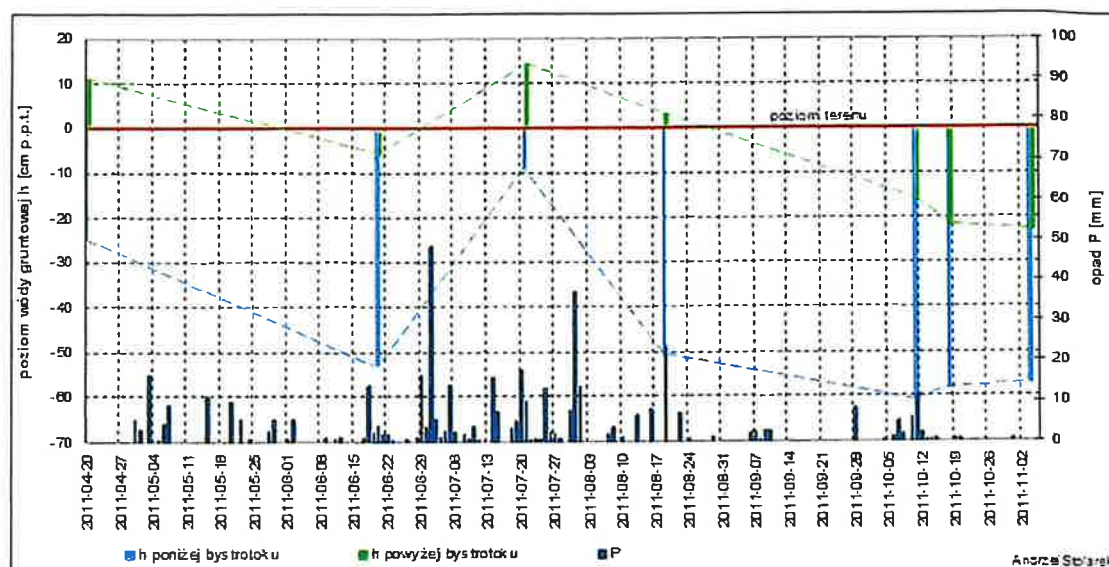
Długi okres z przewagą lat suchych i średnio wilgotnych sprawił, że w roku 2005 podjęte zostały intensywne zabiegi zmierzające do zwiększenia wilgotności przesuszonych siedlisk leśnych w dolinie rzeki. Na terenie zlewni zbiornika wykonano wówczas pięć progów z bystrotokami, które spowodowały okresowe podtopienia lasu (fot. 2, rys. 10). Piętrzenie wody w granicach 0,35-0,85 m na płaskim terenie doliny rzeki Perebel i jej dopływów spowodowały na obszarze około 50 ha podniesienie się poziomu wód gruntowych. Zwiększyła się dostępność korzystania z podsiąku wód gruntowych przez roślinność łąkową i leśną. Powstały okresowo występujące wody powierzchniowe, co miało naśladować warunki w naturalnych leśnych siedliskach łągów olszowych, olszowo-jesionowych i jesionowych. W okresach mokrych obszar zalany wodą powierzchniową pod wpływem piętrzenia przez progi sięgał po obu

stronach rzeki do ok. 150 m od koryta i zgodnie z zasięgiem cofki na cztero-kilometrowym odcinku doliny objętej piętrzeniem (fot. 6). W okresach o normalnych rzędnych piętrzenia wytworzyło się lustro wody o powierzchni porównywalnej z powierzchnią zbiornika, a w okresie wysokich stanów podtopienie lasu następowało na około dwukrotnie większej powierzchni.



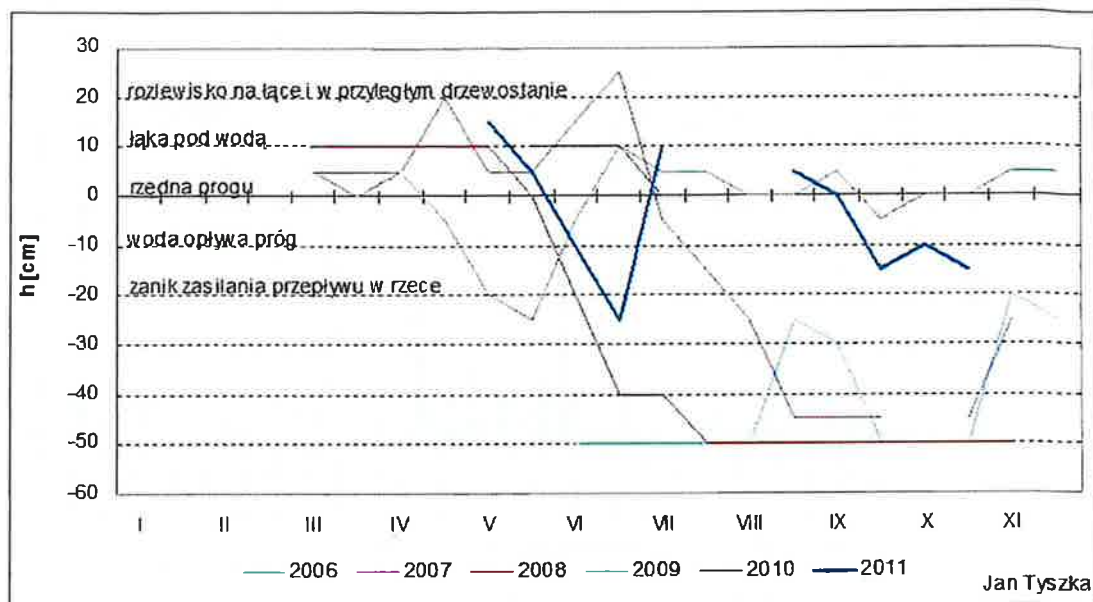
Fot. 6. Podtopienia przez próg nr 5 łąki i lasu powyżej grobli – 21.07.2011 r.
(fot. A. Stolarek)

Z kształtowania się poziomu wód gruntowych powyżej i poniżej grobli tamującej przepływ wód powierzchniowych, mierzonego w studzienkach oddalonych o 30 m od koryta rzeki wynika, że wzrost poziomu wody gruntowej w ciągu roku w okresach mokrych wynosił do 25 cm, zaś w suchych do 50 cm (rys. 10). Był on wynikiem piętrzenia wody na progu o 55 cm.



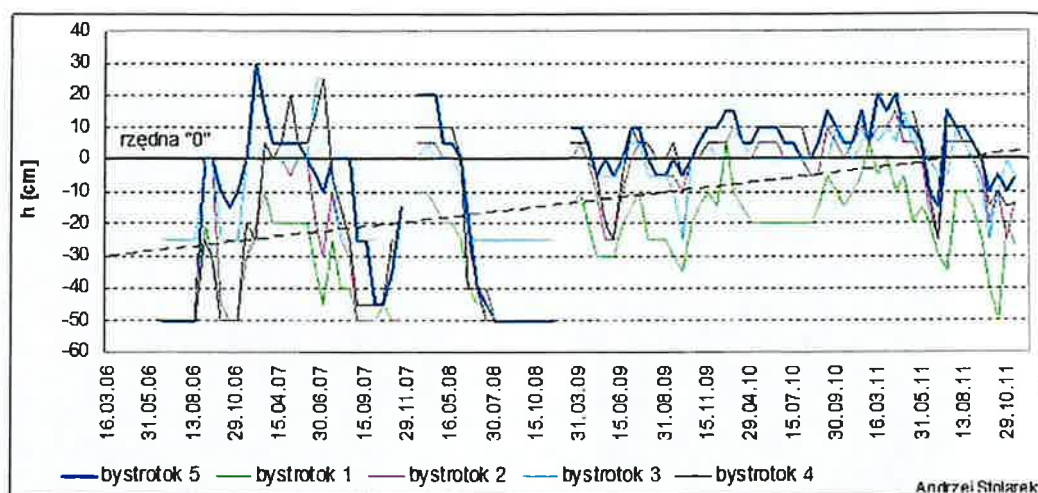
Rys. 10. Wpływ piętrzenia wody na progach nr 5 na zróżnicowanie głębokości zalegania wód gruntowych

Prowadzone od czerwca 2006 roku w Nadleśnictwie Hajnówka pomiary stanu wody piętrzonej na koronie progów, wskazują na okresowe zaniki przepływu wody w rzece poniżej progów (rys. 11). W najniższym położonym piętrzeniu w oddziale 628A Nadleśnictwa, warstwa przepływu wody przez koronę progę po intensywnych opadach wynosiła około 20 cm, a w okresach posusznych poziom spiętrzonej wody powierzchniowej opadał o ponad 50 cm poniżej rzędnej progę. Obniżanie poziomu wody występowało zazwyczaj z początkiem maja i nasilało się w czerwcu, aby w latach suchych (opad miesięczne o 20% niższe od średnich wieloletnich) przybrać minimalne wielkości w miesiącach sierpień-październik. Tylko w ostatnim okresie zachowany został niemal ciągły przepływ wody przez przelew. Początkowy okres po wybudowaniu progów charakteryzował się powolnym przebiegiem piętrzenia wody i wskazywał na postępujący proces uzupełniania zasobów retencyjnych terenów leśnych. Świadczy o tym m.in. brak reakcji stanu wody na opady w okresie 15.06-13.08 w 2006 roku.



Rys. 11. Przebieg miesięcznych stanów piętrzenia wody na progach nr 5 w oddziale 628b Nadleśnictwa Hajnówka

Przyczyną okresowego zanikania przepływu w rzece Perebel poniżej progów była zwiększona ilość wody zasilającej zasoby retencji powierzchniowej i glebowej oraz wzrost parowania terenowego. Różnica pomiędzy parowaniem potencjalnym (bliskie parowaniu z powierzchni lustra podpiętrzonej wody) a rzeczywistym z terenu gleby porośniętej roślinnością, dla warunków klimatycznych Puszczy Białowieskiej wynosi około 200 mm/rok. Przy okresowo występującym lustrze wody powyżej powierzchni gruntu w sąsiedztwie bystrotoków (o powierzchni w przybliżeniu równej 2-krotnej powierzchni trzech stawów zbiornika Topiło) i przy występowaniu wody powierzchniowej na łąkach w górnej części zlewni oraz wzroście potrzeb wodnych bardziej zasobnych drzewostanów, nastąpił wzrost parowania, czego skutkiem jest zmniejszenie się odpływu. Przy ogólnej tendencji wzrostowej stanów wody na progach, która wynika z okresowego wzrostu opadów i stopniowego uzupełniania zasobności wodnej gleb, po wybudowaniu urządzeń piętrzących w latach 2006-2009 odpływ zmniejszał się z biegiem rzeki, o czym świadczą niższe stany wody na koronach progów o jednakowej szerokości przelewu: mniejszy na progach nr 1 w porównaniu do progów nr 3 oraz podobnie na progach nr 2 w porównaniu do progów nr 4 (rys. 12).



Rys. 12. Porównanie stanów piętrzenia wody na progach w zlewni rzeki Perebel w latach 2006-2011

Planowane na lata 2011-2013 dalsze inwestycje małej retencji na rzece Perebel i jej dopływie (sześć progów- bystrotoków o stałej rzędnej piętrzenia) ze względu na niedobory wody płynącej nie zostaną zrealizowane. Projekt został sporządzony przy nieprawdziwym założeniu, że wybudowanie dodatkowych progów będzie miało pozytywny wpływ na zbiornik Topiło, a to dzięki zwiększonemu oddziaływaniu piętrzenia wody powierzchniowej na zasoby wody gruntowej, które miały w większym stopniu zasilać zbiornik. Tymczasem stały charakter piętrzenia wody, chociaż zwiększa zasoby wodne siedlisk leśnych w górze rzeki, to powoduje zakłócenie przepływu wody i mimo nieszczelności przetamowań rzeki (fot. 7), ogranicza możliwości jej wykorzystania w dolnym biegu. Tym bardziej jest to widoczne w okresie suszy (fot. 8), kiedy zanika przepływ rzeczny, a zasilanie zbiornika następuje jedynie wodami retencionowanymi w dolnej części zlewni. W projekcie nie zostały wykorzystane wyniki wieloletnich badań hydrologicznych prowadzonych w IBL (Tyszka 2002), określające wielkość zasobów dyspozycyjnych i niezbędny przyrodniczo przepływ w rzece Perebel, jako średnią wartość z niskich przepływów półroczna letniego $SNQ = 14,0$ l/s. Nie zachowanie przepływu nienaruszalnego może powodować destabilizację ogólnych warunków ekosystemów wodnych i siedlisk puszczańskich w dolinie rzeki poniżej progów, a tylko w małych fragmentach siedlisk bagiennych zachowuje ich możliwości trwałego rozwoju.



Fot. 7. Przy wysokich stanach rzeki Perebel woda opływa bystrotok nr 5
(fot. A. Stolarek)



Fot. 8. Zanik przepływu w rzece
Perebel poniżej progu nr 5 w okresie
występowania średnich stanów wody
(fot. A. Stolarek)

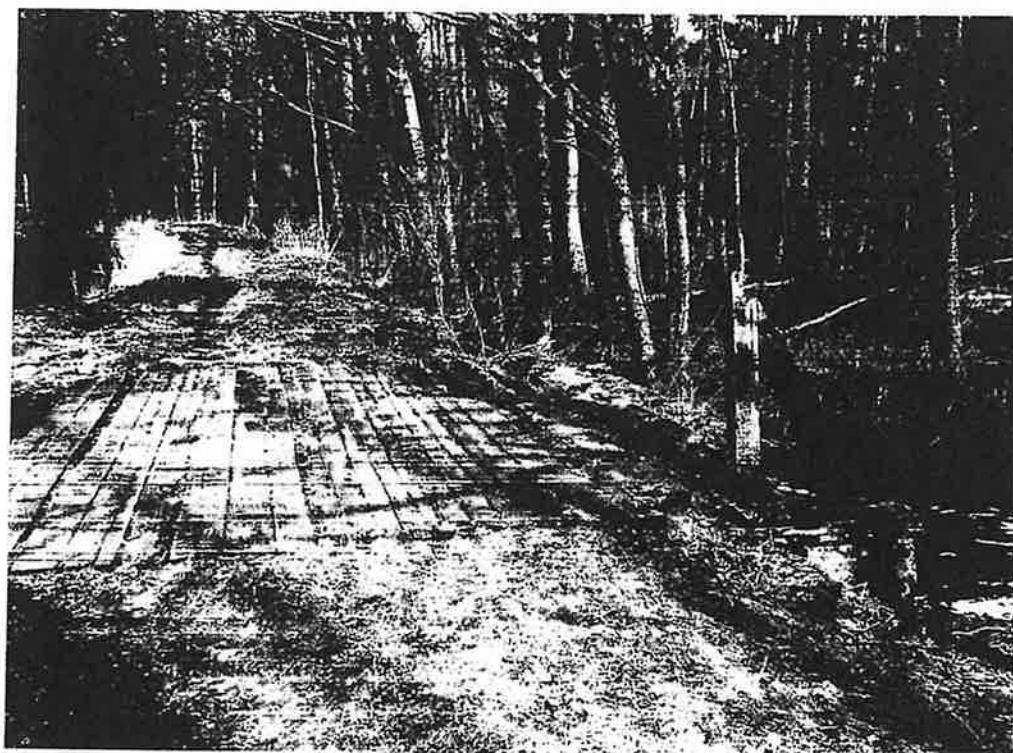
4.4. Stan urządzeń hydrotechnicznych

Wybudowana przed 80 laty infrastruktura techniczna zbiornika nie podlegała dotychczas zabiegom generalnego remontu. Okresowo prowadzone prace konserwacyjne odnosiły się do naprawy urządzeń piętrzących, wykoszenia skarp grobli, nieudanych prób odmulenia dna stawu dolnego. Długi czas eksploatacji zbiornika i nie nowoczesne rozwiązania hydrotechniczne wymagają szczegółowego przeglądu stanu urządzeń i opracowania koncepcji ich modernizacji. Obecnie obserwuje się duże straty w objętości retencjonowanej wody z racji nieszczelnych szandorów i stale występującego przesiaków wody przez groble. Postępująca dekapitalizacja urządzeń zagraża destabilizacją życia biologicznego ekosystemu zbiornika, a nawet wystąpienia zjawisk powodziowych w dolinie rzek Perebla i Leśnej. Przykładem takich zagrożeń była awaria urządzeń piętrzących w dniu 20 lipca 2011 r., kiedy to po opadach miesięcznych powyżej 200 mm i dobowych 48 mm w dniu poprzedzającym awarię, nastąpił wzrost poziomu wód w zbiorniku i uszkodzenie szandorów. Szybki wypływ wody przez powstałą nieszczelność w śluzie spustowej 0,7 m pod powierzchnią wody spowodował gwałtowne opadanie wód zbiornika. Pojawiło się zagrożenie katastrofą wylewu wód rzeki i niebezpiecznym przyrodniczo obniżeniem stanu wód zbiornika. Awaria urządzeń piętrzących spowodowana była osłabieniem konstrukcji drewnianych szandorów i obudowy betonowej. Natychmiastowa interwencja służb leśnych po całonocnej akcji ratunkowej zażegnała niekontrolowany wypływ wody, ale powstała sytuacja wskazuje na pilność niezbędnych działań remontowych, bądź przebudowy istniejącej infrastruktury hydrotechnicznej. Obserwowane przesiaki wody przez groblę otaczającą zbiornik wskazują na potrzebę przeprowadzenia przeglądu jej stabilności i szczelności. Utrudnieniem eksploatacyjnym zbiornika są wystające z wody przy niskich stanach karpie drzew i pozostałości po magazynowanym drewnie oraz zamulenie dna. W najgorszym stanie jest zachodnia części dolnego stawu, gdzie wskazane jest oczyszczenie czaszy zbiornika.

O pilnej potrzebie renowacji lub odbudowy urządzeń piętrzących świadczą przykładowe zdjęcia 9-12.



Fot. 9. Jaz dolny (fot. E. Pierzgalski)



Fot.10. Jaz dolny (fot. E. Pierzgalski)



Fot.11. Skorodowany beton na przyczółku jazu dolnego (fot. E. Pierzgalski)



Fot.12. Jaz na moście drogowym (fot. E. Pierzgalski)

5. Propozycje przedsięwzięć ograniczających niekorzystne zmiany warunków wodnych

5.1. Niezbędny zakres regulacji warunków wodnych siedlisk leśnych w zlewni zbiornika

Wobec zaprzestania wykorzystywania zbiornika, jako magazynu drewna, główną rolą gospodarowania wodą w zbiorniku jest utrzymywanie wzajemna relacja pomiędzy akwenem zbiornika i jego otoczeniem. Rozważając problem niestabilnych zasobów wodnych zbiornika Topiło należy mieć na uwadze zlewniowy charakter ich uwarunkowań (Pierzgalski 2011). Kształtowanie się zasobów wodnych zlewni zbiornika ma bezpośredni wpływ na możliwości odnowienia stanu wód w samym zbiorniku, co z kolei oddziałuje na jego życie biologiczne i wzbogacone wytworzonego ekosystemu wody w jego otoczeniu. Spełnienie przyrodniczego aspektu znaczenia zbiornika nakłada konieczność zachowania następujących warunków:

- ograniczenie wahań poziomu wód w zbiorniku w celu ustabilizowania przyrodniczych warunków jego ekosystemu wodnego,
- zachowanie biologiczne koniecznego przepływu wody w Pereblu poniżej zbiornika,
- przywrócenie warunków wodnych siedlisk łęgowych w dolinie rzeki poprzez tylko okresowe ich zalewanie,
- systematyczna dbałość o zachowanie I klasy jakości wody w zbiorniku.

Drugim, oprócz przyrodniczego uwarunkowania funkcjonalności zbiornika jest pogodzenie jego funkcji ochronnych z użytkowymi. Ustabilizowane zasoby wodne zbiornika limitują możliwość wykorzystania jego, jako terenu uprawiania wędkarstwa, zbiornika przeciw powodziowego, a przede wszystkim miejsca rekreacji i edukacji. Dla pełnienia tych funkcji niezbędne jest odpowiednie strefowe zagospodarowanie brzegów:

- zagospodarowanie turystyczne otoczenia zbiornika,
- wzmocnienie przyrodniczo-leśnej funkcji edukacyjnej obiektu,
- zminimalizowanie amplitudy stanów wody w okresie letnim w celu ograniczenia procesów gnilnych na okresowo zalewanych płaskich brzegach zbiornika,
- wprowadzenia stref ochronnych na wybranych odcinkach brzegowych zbiornika w celu ułatwieniu zwierzynie niezakłóconego korzystania z dostępu do wody.

5.2. Modernizacja urządzeń hydrotechnicznych i rozrządu wody w zbiorniku

Oceniając rozwiązania projektu technicznego zbiornika Topiło trzeba podkreślić, że spełnił on oczekiwania inwestora i dobrze wkomponował się w warunki przyrodnicze zlewni Perebla. Obecne trudności z utrzymaniem stabilnego kształtowania się zasobów wodnych wynikają ze zmieniających się warunków klimatycznych, ograniczonych przepływów dyspozycyjnych rzeki Perebel i zaniedbań stanu urządzeń hydrotechnicznych. Zmianie uległy oczekiwania, co do funkcji pełnionych przez zbiornik z położeniem nacisku na jego rolę ogólnospołeczną i przyrodniczą. Funkcjonalność zbiornika będzie zapewniona pod warunkiem zabezpieczenia odpowiedniej ilości i jakości zasobów wodnych. Temu celowi służyć będzie modernizacja lub przebudowa, którą w pilnym trybie powinny ulec urządzenia piętrzące wodę w stawach zbiornika. Wynika to ze złego ich stanu technicznego i anachronicznych rozwiązań utrudniających obsługę urządzeń. Docelowo musi być zachowany system niezależnego piętrzenia wody w stawach, który umożliwi prowadzenie gospodarki wodnej dostosowanej do zmieniającego się stanu zasobów wodnych oraz okresowego wykonywania prac renowacyjnych w czaszy zbiornika. Do sprawnego zarządzania zbiornikiem niezbędne jest uregulowanie zagadnień prawych i jednoznacznie określona odpowiedzialność za podejmowane decyzje organizacyjne i eksploatacyjne. Racjonalnemu gospodarowaniu zasobami wodnymi powinna służyć instrukcja rozrządu wody. Prawidłowe zarządzanie zbiornikiem musi być oparte na wynikach monitorowania zasobów wodnych polegających na kontrolowaniu przebiegu: warunków klimatycznych, hydrologii rzeki Perebel, stanu wody w stawach, jakości wód zbiornika, wykonywanych obecnie w ramach zbierania danych do ekspertyzy. Z innych prac zalecanych do wykonania należy wymienić:

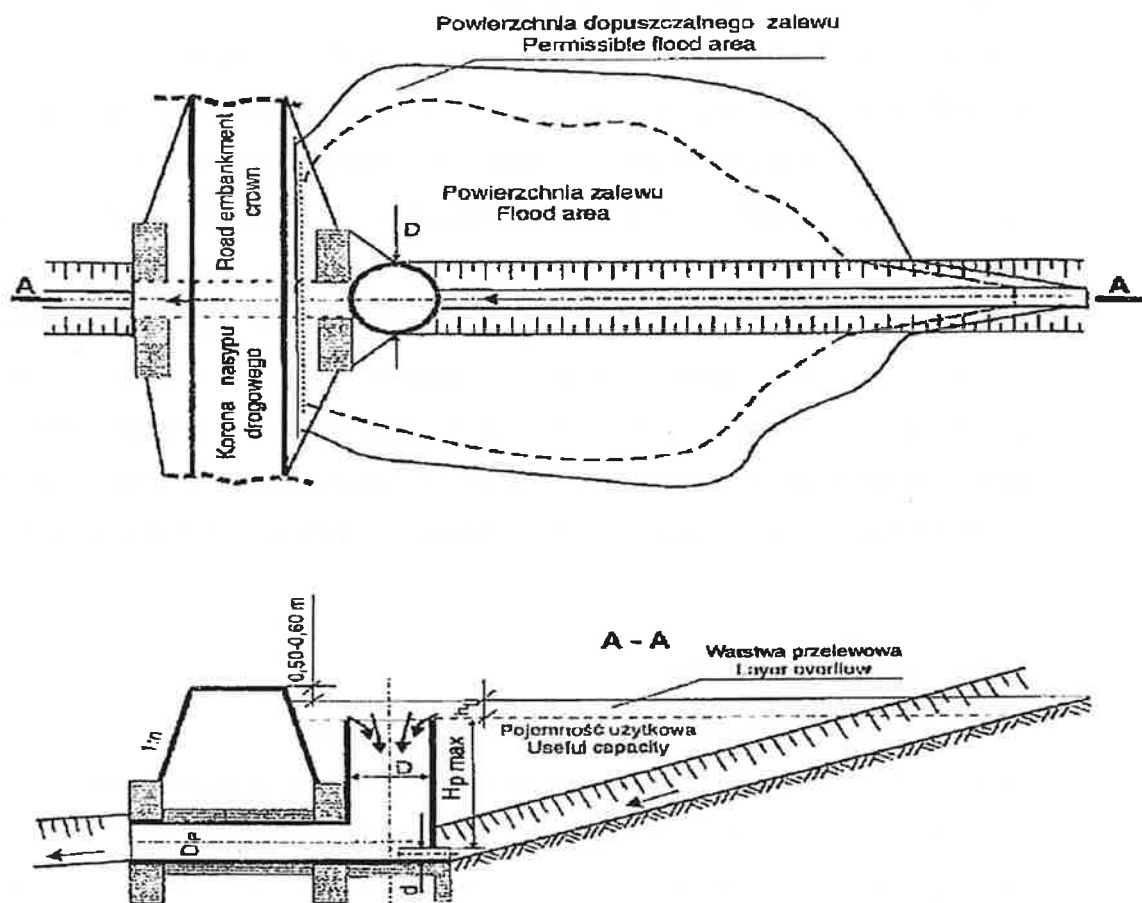
- sprawdzenie szczelności grobli czołowej zbiornika,
- wykonanie oczyszczenia dolnego stawu zbiornika,
- ochrona wód zbiornika przed skażeniami pochodzenia antropogenicznego (osada, turyści),
- poprawa funkcjonalności bazy turystycznej wokół zbiornika.

5.3. Modyfikacja rozwiązań technicznych obiektów małej retencji w zlewni rzeki Perebel

Okresowe niedobory zasobów wodnych w zbiorniku wywołane przede wszystkim czynnikiem klimatycznym pogłębiane są oddziaływaniem podpiętrzenia wody rzeki Perebel progami wybudowanymi powyżej zbiornika. Przyjęta koncepcja zwiększenia zasobów wodnych przesuszonych siedlisk leśnych w dolinie rzeki i na jej obrzeżach nie uwzględniała okoliczności, że stan zasobów wód płynących Pereblem w latach suchych jest niewystarczający. Wybudowane progi z bystrotokiem tylko w latach przynajmniej średnio zasobnych w wodę spełniają swoją rolę zwiększenia retencyjnych zasobów wodnych i uregulowania warunków wodnych przesuszonych siedlisk. Stały charakter piętrzenia wody rzecznej powodował w okresach posusznych wręcz zwiększenie destabilizacji uwilgotnienia siedlisk w dolinie rzeki; na wiosnę następował powyżej progów niekontrolowany wzrost zasobów wodnych, a w okresie such letnio-jesiennych obserwowano przesuszenie partii doliny rzecznej oraz przerwanie ciągłej alimentacji wód rzecznych poniżej progów. Miało to swoje odzwierciedlenie w braku przepływu wody prawie na całej długości rzeki i w ograniczeniu dopływu wody do zbiornika z rzeki, tj. głównego źródła uzupełniania strat na parowanie.

W obecnej sytuacji, aby nie komplikować i tak złożonych uwarunkowań wodnych cennych przyrodniczo siedlisk wilgotnych i bagiennych proponuje się wyposażyć progi w urządzenia spustowe. Mogą to być urządzenia regulujące odpływ, wmontowane w korpus progu, chronione przed zamuleniem oraz zatkanie zanieczyszczeniami pochodzącymi z rzeki (rys. 13). Za pomocą tych urządzeń możliwe byłoby odprowadzenie wody przy wyższych od średnich stanach wody w rzece, przy czym urządzenia te powinny zapewniać bezpośrednio powyżej progu wypełnienie po brzegi koryta rzeki. Zbiorniki wody powierzchniowej spiętrzonej progami spełniałyby rolę retencyjną w okresie nadmiaru wody, zaś w okresie jej niedoboru zapewniały utrzymanie minimalnego stanu wód gruntowych na długich odcinkach doliny rzecznej oraz przepływ w korycie wody nienaruszalnej i ciągłe zasilanie zbiornika. W ten sposób spełnione zostaną podstawowe cele stawiane obiektom małej retencji, tj. ustabilizowanie warunków wodnych siedlisk leśnych, spowolnienie odpływu wód powierzchniowych i odtworzenie cennych przyrodniczo naturalnych siedlisk łęgowych. Optymalne warunki dla kształtowania się siedlisk łęgowych to stała możliwość korzystania przez drzewostan z zasobów wód gruntowych i okresowe, krótkotrwałe, systematycznie występujące wylewy żyznych wód rzecznych. Przy

proponowanej modyfikacji technicznych rozwiązań urządzeń piętrzących wszystkie te postulaty zostaną spełnione w zakresie ograniczonym przez ewentualny dalszy wzrost zmian klimatycznych i anomalii ogólnego stanu zasobów wodnych.



Rys. 13. Opóźniacz odpływu – rzut z góry i przekrój podłużny (Paluch 2005)

Dla podtrzymania poziomu wody w zbiorniku w ciepłym okresie bezdeszczowym niezbędny jest dopływ około 12 l/s. W okresie niezakłóconych piętrzeniami przepływów wody średni niski przepływ półroczny w profilu wodowskazowym na Pereblu w latach 1985-2000 wynosił 14 l/s. Wobec o 30% większej powierzchni zlewni zbiornika, aniżeli zlewni rzeki Perebel do przekroju wodowskazowego, wielkości SNQ należy określić na 20 l/s. Wskazywałoby to, że możliwe jest utrzymanie w miarę stabilnego poziomu wody w zbiorniku w latach średnio wilgotnych, nawet w okresach o wzmożonym parowaniu z powierzchni

stawów. Jednak należy uwzględnić zwiększające się w ostatnich latach straty bilansowe na parowanie. Zatem przeciwdziałanie opadaniu poziomu wody w zbiorniku może być skuteczne pod warunkiem ograniczeniu strat na parowanie z terenu zalewanych wodą siedlisk leśnych i zminimalizowania niekontrolowanego odpływu wody ze zbiornika. Jednocześnie konieczne jest zachowanie przepływu przyrodniczo niezbędnego dla podtrzymania biologicznego życia w rzece Perebel na całym odcinku pomiędzy najwyżej położonym progiem i ujściem do rzeki Leśnej. Osiągnięcie tego celu będzie możliwe po zmianie funkcjonowania progów-bystrotoków, które powinny spełniać rolę retencjonowania wody w okresach jej nadmiaru i powolnego zasilania odpływu rzecznej w okresach suszy hydrologicznej. W krytycznych okresach silnych niedoborów opadu do ustabilizowania poziomu wody w zbiorniku powinny być zastosowane nowocześniejsze urządzenia spustowe na jazie i do spiętrzenia wód poszczególnych stawów. W razie wystąpienia krytycznych warunków braku wody należy utrzymywać przynajmniej na środkowym i górnym stawie (o bliskim naturalnym warunkach przyrodniczych) stan wody na poziomie średniego niskiego z wielolecia.

6. Podsumowanie i wnioski

Zbiornik Topiło powstał przed 80 laty za sprawą spiętrzenia wody w dolinie rzeki Perebel. Kubatura zbiornika uwzględniała wielkości przepływu wody w rzece, która w okresie letnim zabezpieczała wystarczający poziom wody dla potrzeb magazynowania drewna tartaczego. Obserwowane w ostatnich latach załamanie się równowagi stanu zasobów wodnych zbiornika Topiło ma złożone uwarunkowania. Jako główne jego przyczyny należy wskazać ocieplenie klimatu i zachodzące zmiany potrzeb wodnych drzewostanów w zlewni zbiornika, ale także względy techniczne i sposób prowadzenia gospodarki zasobami wodnymi w zbiorniku, jak i w zlewni rzeki Perebel.

Od lat 30. ubiegłego wieku średnia temperatura powietrza zwiększyła się o ponad 1°C, co oznacza wzrost ewapotranspiracji drzewostanów o ponad 70 mm na rok. Efektem ocieplenia się klimatu jest występowanie ekstremalnych zjawisk hydrologicznych, gwałtownych opadów i głębokich susz klimatycznych, glebowych i hydrologicznych, co dotkliwie destabilizuje warunki zasilania zbiornika wodami rzeki Perebel. Dodatkowe straty bilansowe wynikają ze wzrostu zasobów drzewostanu związanego z wprowadzeniem kilku klauzul ochronności lasu, a także wzrostem żyzności siedlisk i poprawą metod zabiegów hodowlanych. Ze wzrostem zasobności

lasu, który wyniósł ponad 100 m³/ha można wiązać dodatkowe straty na ewapotranspirację o 30 mm. Ale gwałtowne załamanie się stabilności funkcjonowania zbiornika i jego przydatności z punktu widzenia pełnionych funkcji przyrodniczych i kulturowych przypadło na okres po wybudowaniu w 2005 roku zastawek na ciekach w zlewni rzeki Perebel. Wobec stałego charakteru piętrzenia wody przepływowej, są one przyczyną okresowego zaniku przepływu w rzece i ograniczenia dopływu wody do zbiornika w takiej ilości, która zapewniałaby uzupełniania strat na parowanie i odpływ ze zbiornika. Okresowo występujące obniżenia stanu wód zbiornika i zanik tafli wód otwartych, potęgowany jest niekontrolowanymi przesiekami wody przez nieszczelny jaz i groble zaporowe.

W celu poprawy stanu zasobów wodnych zbiornika, nie mając wpływu na uwarunkowania klimatyczno-przyrodnicze, proponuje się wprowadzenie następujących działań:

1. Wprowadzenie regulowanego odpływu na progach-bystrotokach, co umożliwi zwiększenie równomierności przepływu w rzece Perebel oraz zachowanie niezbędnego przyrodniczo przepływu nienaruszalnego (12 l/s).
2. Rekonstrukcję bądź odbudowę zniszczonych urządzeń piętrzących wodę w zbiorniku.
3. Rekultywację dolnego stawu zbiornika w celu ograniczenia wpływu długoletniego magazynowania drewna tartaczego.
4. Prowadzenie monitorowania stanu zasobów wodnych, ułatwiającego racjonalną gospodarkę wodną na zbiorniku.
5. Jednoznaczne ustalenia prawne odnośnie własności, zarządzania i użytkowania zbiornika.

Powyższe działania są konieczne dla zabezpieczenia trwałej ochrony ekosystemu wodnego zbiornika, zachowania jego atrakcyjności, jako obiektu turystyczno-krajobrazowego i edukacyjnego.

Przede wszystkim jednak, modernizacja urządzeń technicznych w tym jazów, wałów oraz progów piętrzących jest niezbędna w celu uniknięcia awarii podobnych do tej, która nastąpiła w lipcu 2011 roku i wymagała natychmiastowej interwencji, dzięki czemu awaria nie miała katastrofalnych następstw m.in. dla terenu ścisłego rezerwatu „Michnówka”.

Literatura

- JANEK M. 2000. Wpływ drzewostanów iglastych na jakość wód opadowych. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, ser. A, 4, 73-84.
- LORENC H. 2007. Zmienność i tendencje maksymalnych i minimalnych temperatur powietrza w Warszawie w okresie 1897- 2002. Wiadomości IMiGW t. I, z.4. 3-37.
- MALZAHN E. 2009. Zmiany ekoklimatu Puszczy Białowieskiej. Seminarium Instytutu Badawczego Leśnictwa w dn. 05.11.2009.
- PALUCH J. 2005. Mała retencja górską. Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko.
- PIERZGALSKI E. 2011. Gospodarowanie wodą w lasach w świetle krajowych i międzynarodowych przedsięwzięć. Postępy techniki w leśnictwie „Gospodarka wodna w ekosystemach leśnych”, 115, 7-14.
- PIERZGALSKI E., TYSZKA J., 2011. Wpływ warunków klimatycznych na zmiany zasobów wodnych w lasach i ograniczanie ich skutków. Seminarium Instytutu Badawczego Leśnictwa w dn. 22.01.2011.
- PIERZGALSKI E., TYSZKA J., STOLAREK A. 2006. Zmienność odpływu wody ze zlewni rzeki Łutowni (Puszcza Białowieska) w latach 1966-2000. Leśne Prace Badawcze, 1, 21-36.
- TYSZKA J. 2002. Utrzymanie stałych obserwacji hydrologicznych w leśnych zlewniach badawczych. Dokumentacja, Biblioteka Instytutu Badawczego Leśnictwa.
- TYSZKA J. 2008. Hydrologiczne funkcje lasu w małych nizinnych zlewniach rzecznych. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, 10, ss. 215.