

## CO ZROBIĆ Z NIEUŻYWANĄ WIEŻĄ CIŚNIEŃ?

### Studium historyczno-koncepcyjne

(2)

Michał E. KLUGMANN

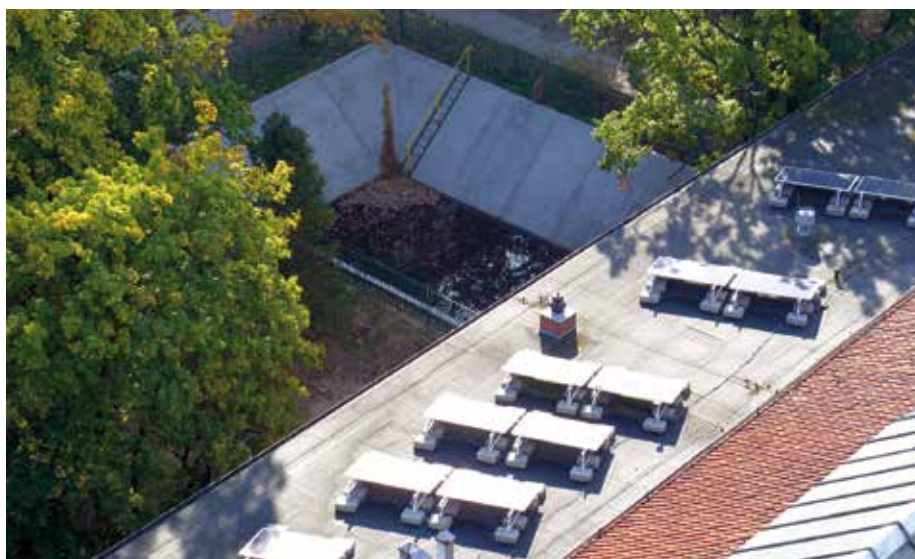


#### CO Z NIĄ ZROBIĆ?

Najbardziej oczywisty pomysł, to udostępnienie do zwiedzania. Doświadczenie uczy, że każdy punkt widokowy jest niemalże „skazany” na turystyczny sukces, a zainteresowanie taką atrakcją niezmiennie sygnalizują i osoby związane z uczelnią na dłużej i przybywający tu z różnych powodów goście. Trzecie miejsce w głosowaniu nad Budżetem Obywatelskim Politechniki Gdańskiej i to w przypadku projektu, w którym nie znalazło się ani jedno słowo na temat nowych miejsc parkingowych, to konkretny wyraz woli społeczności akademickiej, którego nie powinno się ignorować. Społeczność ta mogłaby zresztą, bez szkody dla innych funkcji, znaleźć w wieży miejsce na przestrzeń rozwojową dla siebie. W końcu mowa o jednej z największych niewykorzystanych kubatur na terenie Politechniki Gdańskiej.

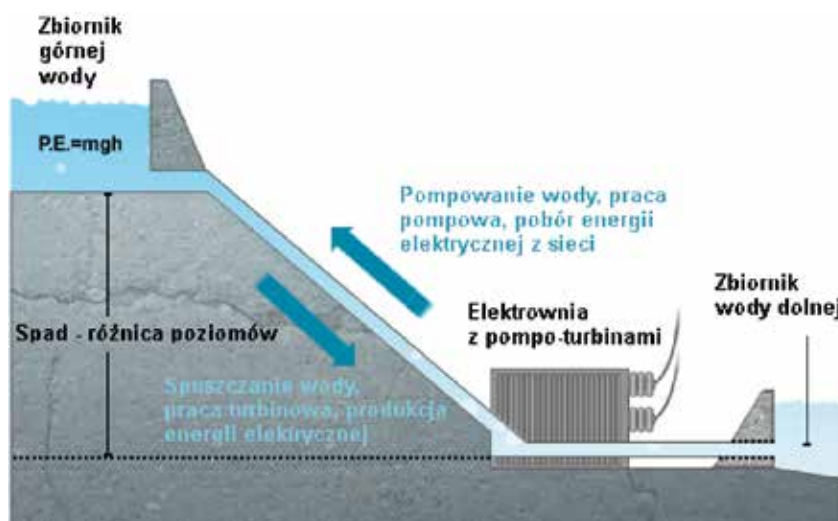
Inną funkcję wprowadzić by można „żeniąc” wieżę z zainstalowanym na dachu budynku Laboratorium Maszynowego systemem fotowoltaicznym (rys. 33). Temat jest „gorący”, ponieważ, w ramach szerokiej orientacji na OZE, fotowoltaika zajmuje wysoką pozycję na liście technologii uznawanych za perspektywiczne. I chociaż obecnie poziom jej wydoskonalenia porównać można do doskonałości maszyn parowych u progu Rewolucji Przemysłowej, należy zakładać, że z czasem osiągnie ona poziom sprawności i cen godne źródła energii o realnym znaczeniu praktycznym. Z góry jednak wiadomo, że jej główny mankament, czyli skrajnie niekorzystny rozkład dobowej i sezonowej produkcji energii nie jest możliwy do usunięcia. Tym samym, zawsze aktualne będzie zagadnienie efektywnego magazynowania energii. Notabene, o ile samą fotowoltaikę można uznać za stosunkowo prostą i ekologicznie czystą, o tyle np. użycie akumulatorów powoduje, że ta kwestia zaczyna wyglądać zupełnie inaczej.

Tak więc, mamy zestaw 17 modułów słonecznych o nominalnej mocy 4,335 kW wraz z inwerterem i modułem służącym do monitorowania parametrów pracy. Mamy też nieużytkowany zbiornik wodny o godnej uwagi pojemności 50 m<sup>3</sup>, 30 metrów różnicy poziomów, częściowo zachowane rurociągi i, na dodatek, wybetonowany „staw” przed budynkiem, który zdaje się nie spełniać żadnej funkcji poza tym, że daje czasem zajęcie ekipom sprzątającym i remontowym. Choć wygląda niepozornie, jego pojemność wynosi 200 m<sup>3</sup>.



Rys. 33. Panele fotowoltaiczne na dachu budynku Laboratorium Maszynowego i staw przed budynkiem

Gdyby poskładać te elementy w małą, lokalną elektrownię szczytowo – pompową, mógłby powstać kompletny system energetyczny (rys. 34). I, co ciekawe, wieża ciśnień mogłaby dzięki temu powrócić do funkcji bliskiej pierwotnej. W końcu pomiędzy funkcjonowaniem wieży ciśnień w systemie wodociągowym i elektrowni szczytowo-pompowej w systemie energetycznym, występuje niemal pełna analogia. Takie „mikroskalowe” podejście można uznać za nowatorskie, jako, że elektrownie szczytowo-pompowe spotykane są dotychczas głównie w dużych systemach energetyki zawodowej. Czy nasz system byłby „domknięty” i autonomiczny – pokażą obliczenia. Na początek można obliczyć, jaką moc elektryczną i przez jak długi czas uzyskać można opróżniając zbiornik górny i napędzając turbinę, a także – ile czasu trwałoby jego napełnianie w trybie pracy pompowej. Trzeba by też zastanowić się, jakiego rozwiązania pompoturbiny (a może pompy i turbiny) użyć, aby sprawność całego procesu była możliwie wysoka.



Rys. 34. Schemat działania elektrowni szczytowo-pompowej (źródło: www.odnawialne-firmy.pl)

Aby ewentualną realizację możliwie ułatwić, a także mając na uwadze poszanowanie substancji zabytkowej, dobrze jest sprawdzić, na ile korzystne są warunki brzegowe dane nam „z góry”, możliwe do wykorzystania bez większych przebudów. Do dyspozycji jest:

- zbiornik górny 50 m<sup>3</sup>,
- zbiornik dolny 200 m<sup>3</sup>,
- różnica poziomów około 31 m,
- typowy zestaw rurociągów: dopływowy i odpływowy (o średnicy 100 mm, połączone z siecią) oraz przelewowy/odwodnieniowy (podłączony do kanalizacji sanitarnej, lub sprowadzony do cieku wodnego).

Wymienione rurociągi zachowały się częściowo – zostały odcięte na poziomie 1/3 wysokości wieży. Nie zachował się też żaden osprzęt pomocniczy (pompy, zawory, klapy zwrotne, itp.), ani w przestrzeni wieży ani w budynku Laboratorium Maszynowego.

Na początek obliczyć można prędkość grawitacyjnego przepływu wody przez pełen przekrój pionowego rurociągu o średnicy 100 mm i objętościowe natężenie tego przepływu. Obliczenia wykonujemy z uwzględnieniem strat hydraulicznych, na długości i miejscowych, w oparciu o równanie Bernoulliego:

$$H = h + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = const$$

gdzie:

$H$  – całkowita energia hydrauliczna cieczy [J/kg],  $h$  – wysokość [m],  $P$  – ciśnienie statyczne [Pa],  $\gamma$  – ciężar właściwy wody [N/m<sup>3</sup>],  $V$  – średnia prędkość cieczy [m/s],  $g$  – przyspieszenie grawitacyjne [m/s<sup>2</sup>].

Zgodnie z zasadą zachowania energii hydraulicznej, można zapisać zależność:

$$H_1 = H_2$$

i równanie:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{strat}$$

gdzie:

$h_{strat}$  – suma strat na długości ( $h_L$ ) oraz miejscowych ( $h_m$ ):

$$h_{strat} = h_L + h_m$$

Straty na długości rurociągu wynoszą:

$$h_L = \lambda \frac{L}{d} * \frac{V^2}{2g}$$

gdzie:

$\lambda$  – współczynnik oporów liniowych.

Do strat miejscowych zaliczają się straty na wlocie, wylocie oraz w miejscu zakrzywienia rurociągu (występowania kolan):

$$h_m = h_{wl} + h_{wyl} + h_{kol}$$

Wartość współczynnika oporów liniowych  $\lambda$ , który jest funkcją chropowatości względnej  $k/d$  oraz liczby Reynoldsa  $Re$ , której wartość zależy od prędkości, w tym przypadku jeszcze nieznaną. W ramach przybliżenia można przyjąć, że współczynnik  $\lambda$  jest funkcją tylko chropowatości względnej  $k/d$ .

$$\lambda = f\left(\frac{k}{d}\right)$$

Wzór na prędkość przepływu otrzymujemy z przekształcenia równania zachowania energii hydraulicznej, przy założeniu, że ciśnienie statyczne równe jest atmosferycznemu:

$$V = \sqrt{\frac{2gh_1}{1 + \lambda \frac{L}{d} + \rho_{wl} + \rho_{wyl} + \rho_{kol}}}$$

Po podstawieniu wszystkich danych i współczynników:

$$V = \sqrt{\frac{2 * 9,81 * 31}{1 + 0,0119 \frac{31}{0,1} + 0,5 + 0 + 0,18}} = 10,64 \text{ m/s}$$

Następnie możemy obliczyć objętościowe natężenie przepływu wody:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} * V = \frac{\pi * 0,1^2}{4} * 10,64 \approx 0,08 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Otrzymany wynik pozwala stwierdzić, że zbiornik o objętości 50 m<sup>3</sup> zostanie opróżniony pełnym przekrojem rurociągu w czasie 10 minut i 25 sekund.

Gdy następnie uwzględnimy wysokości strat dla takiego przepływu:

1) na długości  $h_L$

$$h_L = \lambda \frac{L}{d} * \frac{V^2}{2g} = 0,0119 * \frac{31}{0,1} * \frac{10,64^2}{2 * 9,81} = 21,3 \text{ m}$$

2) na wlocie  $h_{wl}$

$$h_{wl} = \rho_{wl} * \frac{V^2}{2g} = 0,5 * \frac{10,64^2}{2 * 9,81} = 2,89 \text{ m}$$

3) na kolanie  $h_{kol}$

$$h_{kol} = \rho_{kol} * \frac{V^2}{2g} = 0,18 * \frac{10,64^2}{2 * 9,81} = 1,04 \text{ m}$$

Otrzymamy rzeczywistą wysokość spad:

$$h_{re} = h - h_{strat} = 31 \text{ m} - 25,23 \text{ m} = 5,77 \text{ m}$$

Wynika z tego, że praca przy tak dużej prędkości przepływu nie ma praktycznego sensu ze względu na ogromne straty energii hydraulicznej cieczy i nieakceptowalnie krótki czas działania układu. Na potrzeby dalszych rozważań, autor postanowił założyć znacznie mniejszą prędkość przepływu  $V = 0,5 \text{ m/s}$ , którą można uzyskać np. poprzez dławienie wylotu ze zbiornika zaworem.

Przy takim założeniu, objętościowe natężenie przepływu wynosi  $Q = 0,0039 \text{ m}^3/\text{s}$  a całkowita wartość strat hydraulicznych spada do  $h_{strat} = 0,0325 \text{ m}$  i w zasadzie staje się zaniedbywalna.

Możliwą do uzyskania moc hydrauliczną można obliczyć ze wzoru:

$$P_h = \rho * Q * g * h$$

gdzie:

$P_h$  – moc hydrauliczna,  $\rho$  – gęstość wody (1000kg/m<sup>3</sup>),  $h$  – spad [m],

a więc:

$$P_h = \rho * Q * g * h_{re} = 1000 * 0,0039 * 9,81 * 30,96 = 1,18 \text{ kW}$$

Czas opróżnienia zbiornika, a więc pracy układu z generacją energii, wyniesie w tych warunkach 3 godziny i 56 minut. Powyższe wyniki nie są imponujące, stanowią jednak mierzalny zysk i, wobec perspektywy wykorzystania, stosunkowo niewielkim kosztem, i tak nie użytkowanej infrastruktury, są, zdaniem autora, godne co najmniej zastanowienia. Przy czym należy mieć na uwadze, że powyższe rozważania są czysto teoretyczne i że rynkowa oferta „osprzętu” może nie odpowiedzieć na tę nietypową potrzebę. Oczywiście, nadal pozostanie możliwość zaprojektowania i wykonania stosownego turbozespołu siłami własnymi Uczelni, co może stanowić ciekawe wyzwanie np. dla ambitnego dyplomanta. Rozważmy możliwe rozwiązania:

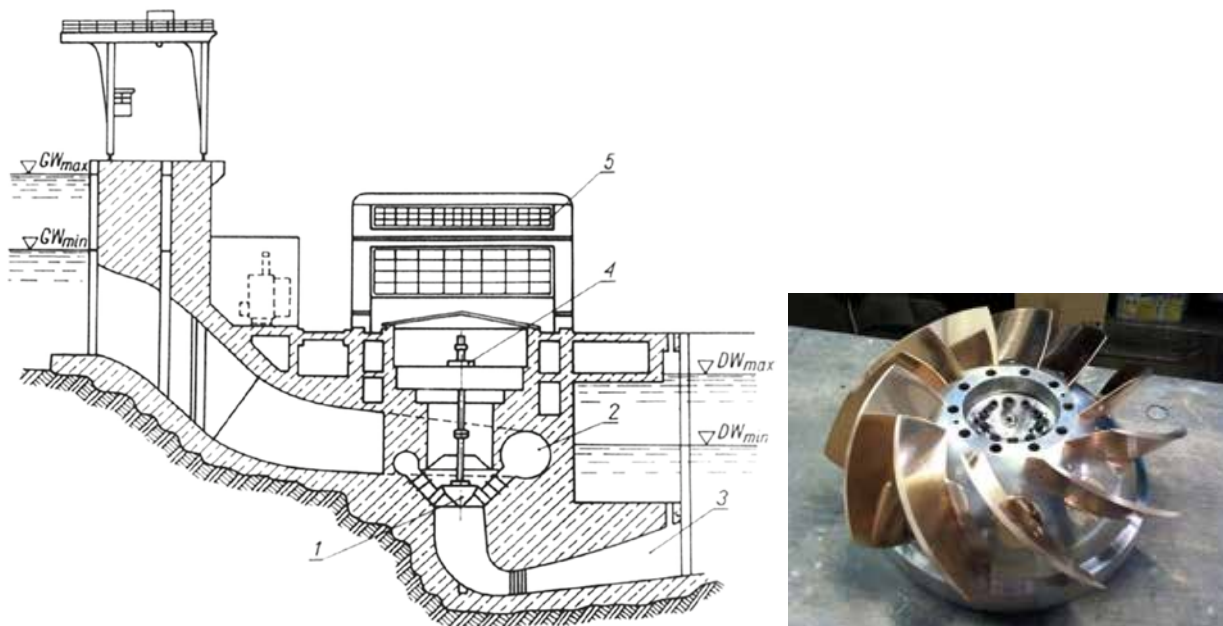
1) Na początek rozwiązanie „klasyczne”, powszechnie stosowane w zawodowych elektrowniach szczytowo-pompowych – pompoturbina, czyli turbina odwracalna. Do tej grupy zaliczamy na przykład turbinę Deriaza. Znajduje ona zastosowanie w przypadku spadów od 13 do 300 m. Jest turbiną reakcyjną, czyli taką, której ciśnienie wody na wlocie wirnika jest większe niż ciśnienie barometryczne. Turbina tego typu jest niekłopotliwa pod względem konstrukcyjnym i charakteryzuje się znaczną odpornością na kawitację. Współpracuje z pojedynczym urządzeniem elektrycznym, pracującym jako silnik lub jako prądnica. Pompoturbiny charakteryzują się sprawnością mechaniczną na poziomie 75%, co w naszym przypadku przekłada się na moc mechaniczną:

$$P_{mech} = 0,75 * 1,18 \text{ kW} = 0,89 \text{ kW}$$

a przy założeniu sprawności generatora na poziomie 91% – na moc elektryczną:

$$P_{el} = 0,91 * 0,89kW = 0,78 kW$$

Niewiele...



Rys. 35. Przykładowy schemat elektrowni szczytowo-pompowej z turbiną Deriaza (1 – wirnik turbiny, 2 – spirala, 3 – rura ssawna, 4 – silnik/prądnica, 5 – dźwign montażowy) i fotografia wirnika turbiny (źródło: oze.gep.com.pl/turbina-deriaza)

- 2) Alternatywnie można próbować dobrać zwykłą pompę tak, aby mogła ona pracować również jako turbina. Takie rozwiązanie jest niewątpliwie proste, tanie pod względem inwestycyjnym a także eliminuje problem podaży. Wadą jest bardzo niska sprawność mechaniczna (na poziomie 47%), a w konsekwencji, moc mechaniczna na poziomie  $0,56 kW$  i elektryczna na poziomie  $0,51 kW$ , co czyni sens przedsięwzięcia wysoce wątpliwym.
- 3) Można też wykorzystać naturalną specyfikę zbiornika wodnego i fakt, że jest on wyposażony w dwa niezależne rurociągi – dopływowy i odpływowy, które mogłyby być wykorzystane przez dwa niezależne urządzenia – pompę i turbinę. Pomimo pewnego skomplikowania układu, rozwiązanie takie ma niezaprzeczną zaletę – pozwala dobrać urządzenia o najwyższych sprawnościach w swojej klasie. Jeśli optymistycznie przyjmiemy sprawność turbiny na poziomie 94%, to otrzymamy odpowiednio  $1,11 kW$  mocy mechanicznej i  $1,01 kW$  mocy elektrycznej.

A więc, w najlepszym wypadku, możemy liczyć na „honorowy” kilowat przez niemal 4 godziny. A że nie bardzo mamy z czego energię tracić, jakkolwiek sens ma ewentualne dalsze rozważanie jedynie tego najlepszego przypadku.

Rozważmy z kolei pracę pompową, przy założeniu, że pompa jest autonomicznym urządzeniem. Korzyść z tego taka, że akurat w przypadku pomp jest w czym wybierać. Przykład pierwszy z brzegu:

Pompa zatapialna do wody brudnej IBO H-SWQ 1500 (moc 1500 W, wysokość podnoszenia 38 m, wydajność  $12 m^3/h$ ) powinna przetłoczyć wodę ze zbiornika dolnego do górnego w czasie 4 godzin i 10 minut. Widać tu charakterystyczny dla elektrowni szczytowo-pompowych ujemny bilans energetyczny. Aby wtłoczyć wodę do zbiornika górnego i napełnić go musimy zainwestować 6,24 kWh, natomiast opróżniając zbiornik jesteśmy w stanie odzyskać 4,64 kWh.

Wobec takich wyników, współpraca proponowanego układu z istniejącym systemem fotowoltaicznym jest możliwa, choć trudno mówić o systemie domkniętym i autonomicznym. Ciągłe pozostaną nadwyżki energii w okresach długotrwałego, silnego nasłonecznienia i niedobory wtedy, gdy energia jest najbardziej potrzebna. Chyba, że zadowolimy się mocami rzędu kilkuset watów.

Czy wobec tego, pomysł wart jest zrealizowania? Z pewnością mógłby to być swoisty „proof of concept”. A ponieważ rzecz działałaby się na terenie uczelni technicznej, gdzie taki system mógłby pełnić funkcję dydaktyczną, a przy tym być widowiskową ciekawostką – odpowiedź „tak” nie wydaje się nadużyciem.

Jednak aby można było w ogóle mówić o jakichkolwiek działaniach we wnętrzu wieży, choćby tylko koncepcyjnych i inwentaryzacyjnych, najpierw trzeba to wewnątrz wysprzątać i doprowadzić do obowiązujących standardów bezpieczeństwa. Trud i koszty będą znaczne, warto jednak je podjąć z uwagi na co najmniej kilka dobrych powodów:

- a) zagospodarowanie niewykorzystanej kubatury, obecnie kłopotliwej w utrzymaniu;
- b) powstrzymanie degradacji obiektu, uniknięcie ewentualnych przyszłych problemów i kosztów, związanych z pogarszaniem się stanu technicznego wieży;

- c) likwidacja zagrożenia sanitarno-epidemiologicznego;
- d) nowa przestrzeń dla aktywności związanych z działalnością Uczelni z perspektywą adaptacji na wartościowy obiekt badawczy i dydaktyczny;
- e) powstanie w Gdańsku nowej, powszechnie rozpoznawalnej atrakcji turystycznej, z możliwością wykorzystania w ramach wszelkich działań popularyzujących naukę i służących szeroko pojętej promocji Politechniki Gdańskiej.

Można liczyć na to, że efekty wymienione w punkcie „e” zostaną dodatkowo wzmocnione w momencie uruchomienia Gdańskiego Szlaku Wodociągowego (planowane na rok 2018). Jeden z obiektów tego szlaku – zbiornik wody Stary Sobieski, znajdujący się w sąsiedztwie Politechniki Gdańskiej, jest obecnie remontowany i będzie pełnił funkcję muzeum gdańskich wodociągów. Z tego powodu należy spodziewać się zwiększonej obecności osób zainteresowanych tematyką historii wodociągów i dawnymi obiektami infrastruktury wodociągowej w rejonie Politechniki. Doskonale, jak już wiemy, widoczna ze zbiornika Stary Sobieski wieża ciśnień z pewnością będzie wzmiankowana w ramach programu jego zwiedzania.

Podstawowe działania objąć powinny:

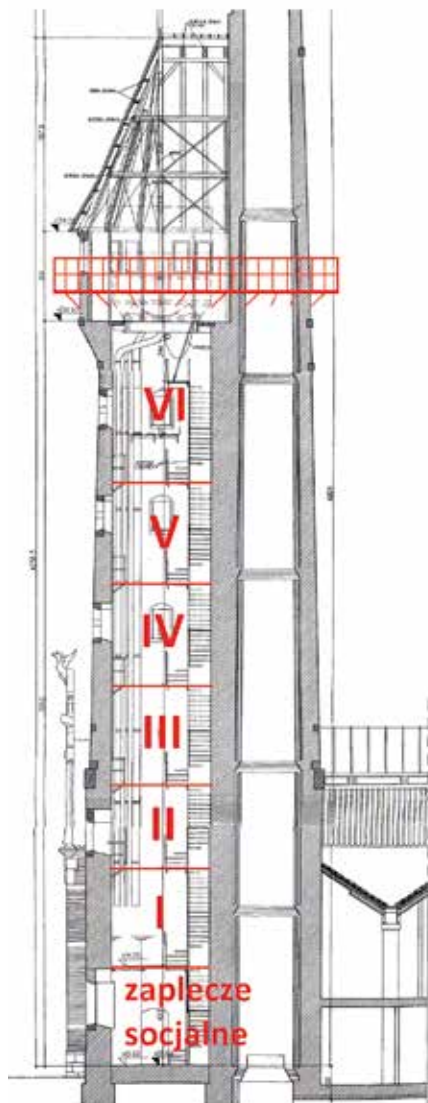
- a) wyprowadzenie ptaków zasiedlających wnętrze obiektu i zabezpieczenie przed ponownym zasiedleniem (uzupełnienie oszklenia, uszczelnienie i konserwacja okien);
- b) wysprzątanie wnętrza wieży, mycie wysokociśnieniowe;
- c) ekspertyzę stanu technicznego w związku ze zmianą sposobu użytkowania;
- d) naprawy i ewentualne dodatkowe zabezpieczenia w obrębie klatki schodowej i przejścia pomiędzy klatką schodową a hełmem wieży;
- e) budowę drewnianego podestu w przestrzeni hełmu, zapewniającego dostęp do okien.

Tyle, na początek, wystarczy, aby można było bezpiecznie wprowadzić ludzi do wnętrza i stworzyć możliwość dalszych działań. Będzie też mógł zacząć funkcjonować podstawowy (na razie wewnętrzny) punkt widokowy.

Budowa nowej, zewnętrznej galerii widokowej z krat pomostowych, w odróżnieniu od istniejącej opasującej cały hełm i wyposażonej w normatywne balustrady, włączyłaby wieżę do czołówki gdańskich punktów widokowych, czyniąc z niej atrakcję porównywalną ze zbiornikiem wody Kazimierz w Sobieszewie. Obiekt ten cieszy się niesłabnącą popularnością pomimo obostrzeń w zwiedzaniu.

W kolejnym etapie można by wykonać drugą galerię, opasującą szczytową partię komina. Powracające, na razie w ramach akademickich dyskusji, pomysły wykorzystania nieczynnego komina jako szybu niewielkiej windy, choć brzmią fantastycznie, nie wydają się całkowicie pozbawione sensu (rys. 36).

*W tym miejscu pozostaje tylko zaapelować do władz Politechniki Gdańskiej o wstępne stworzenie pola dla ludzkiej kreatywności i przywrócenie społeczności Politechniki Gdańskiej oraz mieszkańcom Gdańska i turystom niezwykle interesującego i wartościowego obiektu.*



Rys. 36. Z lewej – schemat umownego podziału trzonu wieży na „kondygnacje” (wyznaczone przez spaczniki schodów i podesty prowadzące do okien) i zewnętrznej galerii widokowej wokół hełmu wieży (taką samą galerię można wykonać w szczytowej partii komina); z prawej – winda pneumatyczna, rozwiązanie możliwe do zainstalowania wewnątrz komina (źródło: www.meron.pl)