

Agnieszka Kowalska, Andrzej Żarczyński

kowalska.agnieszka.92@gmail.com

andrzej.zarczyński@p.lodz.pl

Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Próba oszacowania biogazowego potencjału energetycznego gminy Błaszki.

Cz. 1. Inwentaryzacja biomasy

Wstęp

W Polsce istnieją znaczne zasoby odłogowanej ziemi rolnej, miejscami zanieczyszczonej, które z powodzeniem można wykorzystać pod uprawy roślin energetycznych z przeznaczeniem ich na produkcję biogazu [1-12]. Wykorzystanie tego potencjału mogłoby odegrać istotną rolę w dywersyfikacji produkcji energii w Polsce oraz przyczynić się do redukcji skali emisji dwutlenku węgla, a także tlenków siarki i azotu [13-15]. W artykule opublikowanym w 2017 r. scharakteryzowano rośliny energetyczne, których uprawa może być źródłem potencjalnych surowców do produkcji biogazu [2]. Natomiast celem niniejszej pracy jest oszacowanie surowcowego potencjału energetycznego gminy Błaszki (powiat sieradzki, województwo łódzkie) możliwego do zagospodarowania w biogazowniach, obliczenie skali rocznej produkcji biogazu oraz ilości możliwej do otrzymania z niego energii.

Metodyka inwentaryzacji źródeł biomasy

Inwentaryzacja rzeczywistych i potencjalnych źródeł biomasy obejmowała przede wszystkim oszacowanie:

- ilości biomasy możliwej do uzyskania z rolnictwa,
- ilości możliwej do uzyskania gnojowicy, gnojówki i obornika z hodowli zwierząt na terenie gminy,
- masy odpadów poubojowych uzyskanych podczas procesu przetwórstwa mięsa w ubojni położonej na terenie gminy Błaszki,
- masy osadów ściekowych,
- skali uprawy sorgo na nieużytkach.

Dane liczbowe potrzebne do oszacowania ilości biomasy z rolnictwa, ilości gnojówki, gnojowicy i obornika, masy osadów ściekowych uzyskano wykorzystując Bank Danych Lokalnych [16], który został utworzony przez Główny Urząd Statystyczny. Dane tam zawarte są przedstawione za pomocą tablic podzielonych na kategorie. Dużą zaletą jest fakt, że dane można pozyskać dla wybranej jednostki podziału terytorialnego. W przypadku masy odpadów poubojowych

dane na temat produkcji ubojni zostały oszacowane na podstawie wywiadu ogólnego z mieszkańcami gminy Błaszki [3].

W 2014 r. nieużytki w gminie Błaszki stanowiły powierzchnię 101 ha [3, 17]. Na terenie nieużytków zaproponowano rozpoczęcie uprawy roślin energetycznych. Rośliny te posiadają wysoką wartość opałową, charakteryzują się szybkim wzrostem, a koszt pozyskania z nich biomasy jest niski. Ich zaletą jest też fakt, że mogą być uprawiane na glebach niższych klas bonitacyjnych, jak również na gruntach, na których ze względu na dużą zawartość zanieczyszczeń uprawa roślin przeznaczonych do spożycia jest zabroniona. Założono, że na nieużytkach w gminie Błaszki można rozwinąć uprawę sorgo, rośliny tropikalnej odpornej na suszę. System korzeniowy sorgo jest mało wrażliwy na wysychanie, bowiem przy niedobrze wilgoci przechodzi w stan uśpienia. Z kolei liście tej rośliny są pokryte warstwą wosku, co chroni je przed utratą wody. Sorgo jest rośliną wysiewaną w maju, która może być uprawiana przede wszystkim na kiszonce, bowiem w warunkach klimatycznych Polski nie wydaje ona nasion. W zależności od żyzności gleby, a także poziomu nawożenia i warunków atmosferycznych z jednego hektara uprawy można uzyskać średnio od 44 do 85 ton zielonej masy, w niektórych przypadkach wartość ta osiąga nawet poziom 100 ton [3, 18, 19].

Oszacowanie ilości biomasy mogącej służyć do wytwarzania biogazu w gminie Błaszki

Biomasa z rolnictwa

Pierwszą składową biomasy, która mogłaby być potencjalnym źródłem energii biogazowej na terenie gminy Błaszki jest hodowla zwierząt gospodarskich. Substratami do produkcji biogazu, które można uzyskać z hodowli są gnojowica, gnojówka i obornik. Z danych statystycznych opracowanych przez GUS uzyskano informację o liczebności pogłównia zwierząt gospodarskich z podziałem na poszczególne ich rodzaje. Dane te pochodzą z 2010 r., w którym to odbył się Powszechny Spis Rolny. Niestety, nie udało się



Tabela 1. Ilości odchodów wytworzonych w okresie roku przez zwierzęta gospodarskie na terenie gminy Błaszki

Rodzaj inwentarza żywego	Liczba sztuk w gminie	Masa obornika na sztukę [t/rok]	Całkowita masa obornika [t/rok]	Objętość gnojowicy na sztukę inwentarza [m ³ /rok]	Całkowita objętość gnojowicy [m ³ /rok]	Objętość gnojówki na sztukę [m ³ /rok]	Całkowita objętość gnojówki [m ³ /rok]
Bydło	3186	9,0	28 674	20	63 720	7,0	22 302
Trzoda chlewna	22 635	1,5	33 952,5	1,9	43 006,5	1,0	22 635
Konie	143	5,0	715	–	0	2,2	314,6
Drób	332 331	0,04	13 293,24	0,4	132 932,4	–	0
Suma			76 634,74	–	239 658,9	–	45 251,6

pozyskać nowszych danych dla obszaru gminy Błaszki, ale można założyć, że profil produkcji rolnej nie uległ znaczącym zmianom [17].

Całkowite ilości obornika, gnojowicy i gnojówki możliwe do wyprodukowania przez zwierzęta oszacowano na podstawie opracowania wykonanego przez Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie O/Poznań pt. „Praktyczne obliczenie zawartości azotu w nawozach wyprodukowanych

w gospodarstwie” [20]. Uzyskano w ten sposób wartości wytworzone przez sztukę danego zwierzęcia w ciągu roku. Następnie pomnożono otrzymane wartości przez liczbę sztuk odnotowanych w gminie Błaszki, otrzymując całkowitą ilość otrzymanego obornika, gnojowicy lub gnojówki. Uzyskane wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1 [3].

Gnojowica, gnojówka i obornik są przede wszystkim stosowane jako nawozy naturalne przy produkcji roślinnej.

Tabela 2. Masa obornika możliwa do pozyskania w gminie Błaszki w okresie roku

Rodzaj inwentarza żywego	Całkowita masa obornika [t/rok]	Procent zbędnego obornika w gminie [%]	Masa zbędnego obornika gminie [t/rok]
Bydło	28 674,0	20	5734,8
Trzoda chlewna	33 952,5	20	6790,5
Konie	715,0	20	143,0
Drób	13 293,2	20	2658,7

Tabela 3. Objętość gnojowicy możliwa do pozyskania w gminie Błaszki w okresie roku

Rodzaj inwentarza żywego	Całkowita objętość gnojowicy [m ³ /rok]	Procent zbędnej gnojowicy w gminie [%]	Objętość gnojowicy do wykorzystania w gminie [m ³ /rok]
Bydło	63 720,0	30	19 116,0
Trzoda chlewna	43 006,5	30	12 901,9
Konie	0	30	0
Drób	132 932,4	30	39 879,7

Tabela 4. Objętość gnojówki możliwa do pozyskania w gminie Błaszki w okresie roku

Rodzaj inwentarza żywego	Całkowita roczna objętość gnojówki [m ³ /rok]	Procent zbędnej gnojówki w gminie [%]	Objętość gnojówki do wykorzystania w gminie [m ³ /rok]
Bydło	22 302	60	13 381
Trzoda chlewna	22 635	60	13 581
Konie	314,6	60	188,8
Drób	0	60	0

Tabela 5. Masy roczne zbiorów zbóż i słomy uzyskane z upraw w gminie Błaszki

Nazwa uprawy	Powierzchnia uprawy [ha]	Plon z ha [t]	Zbiór całkowity [t]	Wartość przelicznika ziarna względem słomy	Masa słomy [t]
Pszenica ozima	2416,23	3,97	9592,43	1,30	12 470,2
Pszenica jara	539,96	3,32	1792,67	1,30	2330,47
Żyto	1144,78	2,30	2632,99	1,60	4212,79
Jęczmień ozimy	181,92	3,41	620,35	0,70	434,24
Jęczmień jary	792,95	3,11	2466,07	0,78	1923,54
Owies	252,23	2,85	718,86	1,05	754,80
Pszenżyto ozime	963,39	3,51	3381,50	1,13	3821,09
Pszenżyto jare	269,73	2,87	774,13	1,18	913,47
Mieszanki zbożowe ozime	188,59	3,05	575,20	1,10	632,72
Mieszanki zbożowe jare	1589,52	3,00	4768,56	1,10	5245,42
Kukurydza na ziarno	122,08	6,08	742,25	1,00	742,25
Ziemniaki	3600,71	21,0	75 614,91	–	–
Buraki cukrowe	27,00	42,1	1136,70	–	–
Rzepak i rzepik razem	183,86	2,37	435,75	1	435,75
Strączkowe jadalne na ziarno	14,25	1,69	24,08	–	–
Łąki trwałe	614,87	5,8	3566,25	–	–
Pastwiska trwałe	152,71	19,5	2977,85	–	–

Najbardziej powszechne jest wykorzystanie obornika i gnojowicy, dlatego założono, że ich użycie na cele biogazowe może być na poziomie 20-30%. Gnojówka jest mniej przydatna w rolnictwie, toteż założono, że w produkcji biogazu można wykorzystać nawet 60% jej całkowitej produkcji na terenie gminy. Uzyskane wyniki zamieszczono w tabelach 2-4.

Kolejnym źródłem biomasy w gminie Błaszki mogą być uprawy rolne. W tym przypadku dane także pozyskano z opracowań sporządzonych przez GUS w ramach Powszechnego Spisu Rolnego przeprowadzonego w 2010 roku. Z uzyskanych powierzchni wybranych upraw wyrażonych w hektarach wyznaczono szacunkowe wartości zbiorów rocznych. W obliczeniach wykorzystano także dane statystyczne z produkcji upraw rolnych i ogrodnich za 2010 r., dotyczące województwa łódzkiego, bowiem dane dla gmin

nie były dostępne. W następnym kroku analizy odszukano współczynniki przeliczania zbiorów na słomę [21, 22]. Wykonując obliczenia otrzymano potencjalną masę słomy z upraw rolnych, a wyniki zestawiono w tabeli 5.

W tabeli 5 przedstawiono uprawy rolne, które są przede wszystkim wykorzystywane do celów spożywczych. W produkcji biogazu można ewentualnie wykorzystać powstałe nadwyżki lub zbiory, które zostały ocenione w ekspertyzach jakości jako niezdatne do przetwórstwa spożywczego. W przypadku pszenicy, żyta, jęczmienia, pszenżyta i mieszanek zbożowych w gminie możliwa jest do wykorzystania pewna część słomy. W gminie raczej nie występują duże hodowle zwierząt gospodarskich, a rolnicy w większości preferują sprzedaż ziarna. Niektóre gospodarstwa pozyskują tylko ziarno, które jest następnie przeznaczone na sprzedaż,



Tabela 6. Masa słomy możliwa do wykorzystania w produkcji biogazu na terenie gminy Błaszki w okresie roku

Nazwa uprawy	Masa słomy [t]	Procent słomy możliwy do wykorzystania w produkcji biogazu [%]	Masa słomy możliwa do uzyskania [t]
Pszenica ozima	12 470,16	30	3741,05
Pszenica jara	2330,47	30	699,14
Żyto	4212,79	30	1263,84
Jęczmień ozimy	434,24	30	130,27
Jęczmień jary	1923,54	30	577,06
Owies	754,80	30	226,44
Pszenżyto ozime	3821,09	30	1146,33
Pszenżyto jare	913,47	30	274,04
Mieszanki zbożowe ozime	632,72	30	189,82
Mieszanki zbożowe jare	5245,42	30	1573,62
Kukurydza na ziarno	742,25	70	519,57
Rzepak i rzepik razem	435,75	70	305,02

a pozostałą słomę jej właściciele sprzedają lub rozdrabniają i następnie zaorują na polach. W przypadku gminy Błaszki można przyjąć, że niewykorzystana nadwyżka słomy może stanowić 30% całkowitej jej produkcji. W przypadku uprawy kukurydzy na ziarno, a także rzepaku i rzepiku przyjęto, że wykorzystać można 70% produkowanej słomy. Uzyskane rezultaty zamieszczono w tabeli 6.

Duży potencjał w zakresie biomasy wykazują również łąki i pastwiska trwałe. Sporo właścicieli z nich nie korzysta i często pozostawia na nich trawę, która z czasem staje się sucha wskutek jej nie wykaszania, mając właściwości zbliżone do siana. W przypadku gminy Błaszki można założyć, że w produkcji biogazu można wykorzystać 40% zbiorów siana z łąk i pastwisk, co przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Masa siana możliwa do wykorzystania w produkcji biogazu na terenie gminy Błaszki

Nazwa uprawy	Zbiór [t]	Procent siana możliwy do wykorzystania w produkcji biogazu [%]	Masa siana możliwa do uzyskania [t]
Łąki trwałe	3566,246	40	1426,498
Pastwiska trwałe	2977,845	40	1191,138



Potencjał energetyczny osadów ściekowych

Dane statystyczne z 2014 roku przedstawione przez Główny Urząd Statystyczny pokazują, że dla gminy Błaszki masa wytworzonych w ciągu roku osadów ściekowych wynosi 33 t, z czego 12 t jest stosowane w rolnictwie, a 21 ton jest składowane. Oznacza to, że do produkcji biogazu możemy wykorzystać w okresie roku 21 ton osadów ściekowych.

Zakłady rolno-spożywcze

Na terenie gminy Błaszki funkcjonuje zakład przetwórstwa mięsnego (ubojnia), który jest średniej wielkości zakładem produkcyjnym, zajmującym się ubojem zwierząt i rozbiórką mięsa, przede wszystkim wieprzowego, a w mniejszym stopniu wołowego.

Dla ubojni przyjęto następujące założenia dotyczące rocznej skali produkcji:

- 54000 sztuk trzody chlewnej o wadze 100 kg każda,
- 1000 sztuk bydła o wadze 600 kg każda,
- odpad poubojowy na poziomie 24% masy zwierzęcia, z czego: 67% stanowią skóry, krew, jelita i żołądki bez treści, gruczoły, racice, szczecina, treść z żołądka i jelit itp.; 20% tłuszczu oraz 13% podroby (mózgi, nerki, śledziony itp.).

Wyniki obliczeń inwentaryzacji biomasy dla ubojni zestawiono w tabeli 8.

Biomasa uzyskana

z zagospodarowania nieużytków

W celu wykorzystania nieużytków na terenie gminy Błaszki, zaproponowano uprawę sorgo na całej powierzchni 101 ha, a spodziewany plon zamieszczono w tabeli 9.

Wyniki łącznej inwentaryzacji biomasy

Łączne wyniki inwentaryzacji biomasy przedstawiono w tabeli 10.

Wyniki inwentaryzacji dostępnej biomasy na terenie gminy Błaszki wskazują, że najwięcej substratów dla biogazowni można otrzymać podczas hodowli zwierząt w postaci obornika, gnojowicy i gnojówki. Duży potencjał masowy wykazuje także proponowana uprawa sorgo.

Wnioski

W ostatnich piętnastu latach znacznie wzrosło zainteresowanie tematyką odnawialnych źródeł energii. W niniejszej pracy skupiono się przede wszystkim na możliwościach wykorzystania biomasy do produkcji biogazu. Zebrane dane i wykonane obliczenia pozwalają przedstawić co najmniej cztery wnioski:

1. gmina Błaszki jest reprezentatywną jednostką administracyjną o charakterze rolniczym w województwie łódzkim, będącą miejscem powstawania znacznych ilości biomasy.
2. do oceny wielkości potencjału tworzącej się biomasy przydatne są dane Głównego Urzędu Statystycznego, w tym wyniki okresowych spisów rolnych, a także wskaźniki gospodarcze dotyczące upraw i hodowli dostępne w literaturze.
3. głównymi źródłami rzeczywistymi biomasy są: słoma roślin uprawnych, siano, gnojowica, obornik, osady ściekowe i odpady poubojowe.
4. badania i inwentaryzacja skali zasobów biomasy generowanej przez różne źródła na terenie gminy Błaszki wykazała jej roczny potencjał masowy na poziomie 137 685 ton.

Tabela 8. Wyniki inwentaryzacji biomasy dla ubojni na terenie gminy Błaszki

Rodzaj	Liczba sztuk	Masa sztuki [kg]	Masa całkowita [kg]	Odpad [%]	Masa odpadów [kg]	Masa odpadów [t]
Trzoda chlewna	54 000	100	540 000	24	1 296 000	1296
Bydło	1000	600	600 000	24	144 000	144
					Suma	1440

Tabela 9. Wyniki inwentaryzacji biomasy dla sorgo

Nazwa uprawy	Powierzchnia upraw [ha]	Plon z ha [t]	Zbiór [t]
Sorgo	101	85	8585



Tabela 10. Łączne wyniki inwentaryzacji biomasy w gminie Błaszki

Źródła rzeczywiste	
Rodzaj wsadu	Roczny wsad substratów [t/rok]
Obornik bydłocy	5734,80
Obornik świński	6790,50
Obornik koński	143,00
Obornik kurzy	2658,65
Gnojowica bydłoca	19 116,00
Gnojowica świńska	12 901,95
Gnojowica kurza	39 879,72
Gnojówka bydłoca	13 381,20
Gnojówka świńska	13 581,00
Gnojówka końska	188,76
Pszenica – słoma	4440,19
Żyto – słoma	1263,84
Jęczmień – słoma	707,33
Owies – słoma	226,44
Pszenżyto – słoma	1420,37
Mieszanki zbożowe – słoma	1763,44
Kukurydza – słoma	519,57
Rzepak i rzepik – słoma	305,02
Łąki trwałe – siano	1426,50
Pastwiska trwałe – siano	1191,14
Osady ściekowe	21,00
Odpady poubojowe	1440,00
Sumaryczna masa dostępnej biomasy	129 100,42
Źródła potencjalne	
Rodzaj wsadu	Roczny wsad substratów [t/rok]
Sorgo	8585,00
Całkowity potencjał biomasy	137 685, 42

Literatura

[1] Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszk-Poptawska A., Wiśniewski G., 2009, Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie, MAE Sp. z o. o., Warszawa, http://www.mae.com.pl/files/poradnik_biogazowy_mae.pdf, 29.08.2019.

[2] Kowalska A., 2017, Charakterystyka roślin energetycznych jako potencjalnego surowca do produkcji biogazu, Eliksir, 1(5), 11-15.

[3] Kowalska A., 2016, Biogazowy potencjał energetyczny gminy Błaszki, praca dyplomowa inżynierska, IChOiE, Politechnika Łódzka, Łódź.

- [4] Kacprzak A., Michalska K., Romanowska-Duda Z., Grzesik M., 2012, Rośliny energetyczne jako cenny surowiec do produkcji biogazu, *Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych*, 2(61), 281-293.
- [5] Zagdański D., 2014, Realizacja i funkcjonowanie biogazowni rolniczej. Przykład wybranego obiektu, *Aura*, 6, 16-18.
- [6] Borek K., 2016, Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce, *Aura*, 7-8, 21-23.
- [7] Smolarek T., 2016, Kalkulator biogazowy jako użyteczne narzędzie do obliczeń wskaźników pracy biogazowni, *Eliksir*, (1)3, 52-55.
- [8] Prusek A., Tytko R., 2018, Biogazownie rolnicze, *Aura*, 4, 20-23.
- [9] Prusek A., Tytko R., 2018, Biogaz z oczyszczalni ścieków, *Aura*, 7, 16-17.
- [10] Matłok, N., 2018, Rolnicze, energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej, praca doktorska, Politechnika Rzeszowska, <https://repozytorium.ur.edu.pl/handle/item/3922>, 28.08.2019.
- [11] Sikora J., Jagodziński B., 2018, Określenie ilości uzyskiwania biogazu z kosubstratu na instalacji biogazowej, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, II(1), 505-516.
- [12] Pilarska A., Pilarski K., Dach J., Boniecki P., 2013, Perspektywy i problemy rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce, *Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna*, 4, 2-5.
- [13] Kociołek-Belawejder E., Wilk Ł., 2011, Przegląd metod usuwania siarkowodoru z biogazu, *Przemysł Chemiczny*, 90(3), 389-397.
- [14] Żarczyński A., Rosiak K., Anielak P., Wolf W., 2014, Practical methods of cleaning biogas from hydrogen sulphide. Part 1. Application of solid sorbents, *Acta Innovations*, 12, 24-35, http://www.proakademia.eu/gfx/baza_wiedzy/255/nr_12_24-34_2_2.pdf, 22.02.2017.
- [15] Klemba K., 2015, Biogazownia jako potencjalne źródło zagrożeń emisjami odorowymi oraz działania prewencyjne, *Eliksir*, 2, 22-27.
- [16] Bank Danych Lokalnych, http://stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks, 29.05.2019.
- [17] Podział terytorialny 2014 dla gminy Błaszki, http://stat.gov.pl/bdl/app/dane_cechter_display?p_id=835487&p_to-ken=0.612709738829567, 02.06.2019.
- [18] Księżak J., Matyka M., 2012, Plonowanie wybranych gatunków roślin, wykorzystywanych do produkcji biogazu. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1(20), 69-75, http://www.itp.edu.pl/wydawnictwo/pir/zeszyt_75_2012/M_Matyka,%20J_Ksiezak%20Plonowanie.pdf, 28.06.2019.
- [19] KWS Polska Sp. z o.o., Sorgo jako substrat do produkcji biogazu, <http://www.kws.pl/aw/KWS/poland/Produkty/Ro-347-liny-energetyczne/~eudb/Sorgo-jako-substrat-do-produkcji-biogazu/>, 28.06.2019.
- [20] Bilski Z., Praktyczne obliczenie zawartości azotu w nawozach wyprodukowanych w gospodarstwie, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie O/Poznań, http://iung.pl/dpr/Mat_szkoleniowe/7.pdf, 02.07.2019.
- [21] Gattermann H., Kaltschmitt M., Niebaum A., Schattauer A., Scholwin F., Weiland P. Produkcja i wykorzystanie biogazu, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig 2010.
- [22] Grzybek A., Ludwicka A., 2010, Bilans biomasy rolnej (słomy) na potrzeby energetyki, *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2, 101-111. ●

Dr Karolina Mirowska

Centrum Nauki i Techniki EC1 w Łodzi

Od szklanej kuli z wodą do nanolabu z EC1

Na ekranie widzimy coś, co przypomina zapomnianą czarną fasolkę znaną gdzieś za szafką. Kształt rogalika, powierzchnia jakby wyschnięta i pofałdowana. Co to może być? Może piasek z jakiejś egzotycznej plaży? Pyłek jakiejś rośliny? Zaschnięte błoto?

Natura jest niesamowita. Mnogość kształtów, kolorów i form jest po prostu porażająca. Jednak gdybyśmy skupili się tylko na tym, co widzimy gołym okiem, większość tego oszałamiającego piękna by nam umknęła... Dlaczego? Bo duża część najciekawszych form w przyrodzie jest zbyt odległa, by je zobaczyć lub zbyt mała, by ją dostrzec.

W Centrum Nauki i Techniki EC1 postanowiliśmy przybliżyć wszystkim zwiedzającym piękno natury i poświęciliśmy mu całą ścieżkę Mikroświat-Makroświat. To właśnie tutaj,

w części Makroświat, nasi zwiedzający mogą zobaczyć m.in. czym się różnią galaktyki soczewkowate od galaktyk spiralnych; dowiedzieć się jak wyglądają huragany i gdzie występują najczęściej, a także zobaczyć gwiazdozbiory, które nie są widoczne z naszych oświetlonych miast. Natomiast sercem części Mikroświat jest Nanolab – a jego sercem stanowisko z mikroskopem.

Ludzie od bardzo dawna próbowali znaleźć sposób na lepsze dostrzeżenie detali obserwowanych obiektów. 500 lat przed naszą erą Grecy pisali o powiększających właściwościach szklanych kul wypełnionych wodą, a pierwszy obiekt kwarcowy przypominający soczewkę jest nawet starszy – soczewka Nimrud liczy sobie ok. 2700 lat. W XIII wieku zaczęły się pojawiać okulary, a co za tym idzie, szkła

