Agnieszka Kowalczyk, Piotr Wesołowski,
Izabela Stępińska-Drygała, Anna Mikołajczyk,
Magdalena Szydło, Marcin Gołębiewski

INFORMATOR **PSH**

EKSTREMALNIE WYSOKIE STANY WÓD PODZIEMNYCH W POLSCE W LATACH 1981–2015

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Sadurski

Państwowe Gospodarstwo Wodne **Wody Polskie**

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2018

Skład i opracowanie typograficzne: Magda Wilczyńska, Anna Andraszek
Projekt okładki: Łukasz Borkowski
Zdjęcie na okładce: Polder Gardna IX w Słowińskim Parku Narodowym,
fot. Andrzej Demczak

Akceptował do druku dnia 27.03.2018 r.
Dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego
dr Tomasz Nowacki

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2018

ISBN 978-83-7863-960-2

Adres redakcji:
Dział Wydawnictw
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; tel. 22 4592 480

Nakład: 400 egz.
Druk: Drukarnia Braci Grodzickich Sp. J., ul. Geodetów 47a, 05-500 Piaseczno

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie – *Agnieszka Kowalczyk* 5

Cel pracy 5

Przegląd literatury 5

Czym jest zjawisko ekstremalne? 7

Wybrane możliwe skutki wysokich i ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych 7

Metodyka prac i dane wejściowe 11

Wyniki badań – *Agnieszka Kowalczyk, Piotr Wesołowski, Izabela Stępińska-Drygała, Anna Mikołajczyk, Magdalena Szydło, Marcin Gołębiewski* 21

Przebieg zjawiska w czasie 21

Analiza przestrzenna w poszczególnych latach hydrologicznych 1981–2015 23

Opady, Oscylacja Północnoatlantycka, największe powodzie a stany płytkich wód podziemnych 94

Czas trwania wyżówek 95

Obszary o najdłuższym czasie trwania wyżówek 97

Sezonowość zjawiska 97

Brak zależności między czasem trwania wyżówek a wybranymi parametrami warstwy wodonośnej 104

Podsumowanie – *Agnieszka Kowalczyk* 105

Literatura 107

WPROWADZENIE

Agnieszka Kowalczyk

Informator państwowej służby hydrogeologicznej pt.: „Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w Polsce w latach 1981–2015" powstał w Programie Hydrogeologia i Środowisko w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB) na zamówienie Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej (KZGW). Przedstawiono w nim część zagadnień opracowanych w latach 2015–2017 w ramach realizacji zadania państwowej służby hydrogeologicznej (PSH) pt.: „Wyznaczenie ekstremalnych stanów wód podziemnych w Polsce w zapisie stacjonarnych obserwacji wahań położenia zwierciadła wody" (Raport..., 2018). Niektóre z obliczeń, związane z analizą występowania ekstremalnych stanów wód podziemnych, zlecono firmie Statsoft Polska i wykonał je Pan Paweł Januszewski, któremu składa się podziękowania za ten istotny wkład w powstałe opracowanie.

Niniejsza pozycja jest drugą tego typu publikacją PSH dotyczącą analizy zmienności wieloletniej wahań zwierciadła wód podziemnych na terenie kraju. Rok wcześniej wydano opracowanie na temat niskich stanów wód podziemnych pt.: „Niżówki hydrogeologiczne w Polsce w latach 1981–2015" (Kowalczyk i in., 2017).

Badania i publikacja wyników w formie prezentowanego *Informatora PSH* były finansowane ze środków NFOŚiGW zgodnie z zapisami umowy nr 521/2015/Wn-07/FG-HG-DN/D z dnia 24.11.2015 r.

CEL PRACY

Znaczenie badań z zakresu zmienności położenia zwierciadła wód podziemnych wynika z roli, jaką pełnią w środowisku wody podziemne. Stanowią one ważne ogniwo w krążeniu wody w przyrodzie (Paszczyk, 1973). Zdarzenia ekstremalne zachodzące w środowisku mogą wiązać się z niekorzystnymi następstwami ekologicznymi, ekonomicznymi lub społecznymi.

Celem pracy jest analiza przestrzenno-czasowa występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w Polsce w wieloleciu 1981–2015, w ujęciu lat hydrologicznych. Temat jest ważny nie tylko z powodów poznawczych samego zjawiska osiągania wartości maksymalnych przez zwierciadło wód podziemnych np. w kontekście zachodzących zmian klimatycznych, jak pisał Lambor (1954) „stany wód podziemnych mogłyby być najlepszym wskaźnikiem w zagadnieniach sekularnych zmian klimatologii", lecz także może być rozpatrywany ze względu na wymiar ekonomiczny, gospodarczy czy społeczny. Wysokie stany wód podziemnych w sytuacji powodzi mogą przedłużać okres utrzymywania się wezbrania wód rzecznych, a tym samym potęgować straty materialne zalań i towarzyszących im podtopień. Z drugiej jednak strony w okresach posusznych wysokie położenie zwierciadła wód podziemnych może pomóc złagodzić skutki występujących okresowo niedoborów wody w atmosferze lub w glebie, a także w naturalny sposób powstrzymać rozwój kolejnych etapów suszy.

PRZEGLĄD LITERATURY

W analizie wahań zwierciadła wód podziemnych ważna rola powinna przypadać badaniom stanów ekstremalnych (Pietrygowa, 1989), przy czym zdecydowanie częściej w literaturze przedmiotu podejmowany jest wątek analizy rocznych maksymalnych wahań zwierciadła wód podziemnych niż ekstremów wieloletnich. Należy stwierdzić, że prace analizujące występowanie najwyższych stanów wód podziemnych w Polsce w okresach wieloletnich należą do nielicznych.

Afelt i Oksiuta (2009) analizują wieloletnie stany ekstremalne płytkich wód podziemnych na zbiorze danych z 49 posterunków IMGW położonych w 21 zlewniach (północna i północno-wschodnia części kraju oraz w mniejszym stopniu obszary górskie na południu). W badanym wieloleciu

1961–2000 nie stwierdzają istotnej statystycznie tendencji w przebiegu stanów ekstremalnych, podkreślają natomiast cykliczność odzwierciedlającą okresy wzmożonego zasilania opadowego lub jego deficytu. Wskazują na brak ponadlokalnej synchroniczności w przebiegu i występowaniu stanów ekstremalnych w dokładniej analizowanym 20-leciu 1971–1990, co wiążą z rolą lokalnych czynników w kształtowaniu dynamiki wód podziemnych. Zwracają uwagę, że często występowanie wieloletnich stanów ekstremalnie wysokich jest niezależne względem maksymalnego czasu trwania stanów wysokich. Ponadto stwierdzają, że stany maksymalne przeważają w półroczu chłodnym (81% badanego zbioru), w tym największą liczebnością tego rodzaju zdarzeń cechuje się okres roztopowy od 15 marca do 14 kwietnia. Następne w kolejności są dwa miesiące zimowe: styczeń i luty, a po nich dopiero okres letni.

Tomalski (2011) badał wysokie stany wód podziemnych o prawdopodobieństwie przekroczenia 10% w wieloleciu 1951–2000 na obszarze środkowej Polski. Do swoich analiz wykorzystał dane z 41 otworów studziennych należących do sieci wód gruntowych IMGW. Stwierdził występowanie wysokich wezbrań wód podziemnych relatywnie często w połowie lat 60. i na przełomie 70. i 80. XX w. Autor wyraża pogląd, że na większość cech dynamiki zwierciadła wód podziemnych najczęściej i najmocniej wpływa głębokość jego występowania.

Zagadnienie występowania wysokich stanów wód podziemnych w kontekście katastrofalnych zdarzeń powodziowych było poruszane w wielu pracach m.in.: Pietrygowej (1971, 1972), Wierzbickiej i Chmielewskiej (2000), Gutry-Koryckej i Gąsowskiej (2001), Tarki i Staśko (2010) oraz Kowalczyk i innych (2016).

Pietrygowa (1971, 1972) badała związek wód dolinowych z wezbraniami górnej Wisły. Na przykładzie powodzi z 1960 roku określiła na analizowanym obszarze przybliżony maksymalny zasięg oddziaływania fali wezbraniowej na wody podziemne na 1500 m licząc od koryta rzeki. Stwierdziła, że podczas wezbrania w 1960 roku potężny dopływ wód z rzeki spowodował długotrwałe wypełnienie warstwy wodonośnej doliny górnej Wisły. W konsekwencji odwrócenia gradientów, infiltracja z wód rzecznych do warstwy wodonośnej skutkująca wysokim położeniem zwierciadła wód podziemnych, trwała ponad 30 dni. Autorka podkreśla przy tym, że wysokość fali powodziowej i czas jej oddziaływania na zwierciadło wód podziemnych jest uwarunkowany liczbą dni i wielkością opadów poprzedzających zdarzenie powodziowe. Do prac Pietrygowej nawiązują bezpośrednio Gutry-Korycka i Gąsowska (2001). Analizują one wezbrania z lat 1969–1983 na Wiśle w rejonie Warszawy. Z przeprowadzonych badań wynika, że na rozpatrywanym obszarze wezbraniom wód Wisły o wielkości bezwzględnej 2–4 m odpowiada podniesienie się stanu wód aluwialnych średnio o ok. 0,5–1,0 m. Czas trwania wezbrań wód aluwialnych i ich rytm w poszczególnych latach jest różny. W strefie tarasu nadzalewowego podniesienie zwierciadła występuje niemal jednocześnie z falą wezbraniową Wisły. Natomiast im odległość od koryta rzeki jest większa, tym wzrasta opóźnienie reakcji wód aluwialnych. Największa filtracja korytowa w badanym przez autorki okresie trwająca 50 dni miała miejsce w 1981 roku i osiągnęła maksymalny zasięg ok. 2 km licząc od koryta rzeki w rejonie Kliczyn i Anusina, zaś 1,5 km w Łomiankach i na Kępie Tarchomińskiej.

Sawicki (1986) na podstawie swoich prac stwierdza, że wpływ wezbrań w ciekach powierzchniowych na stany wód podziemnych ogranicza się do dużych rzek, gdzie wezbrania ponad stan brzegowy wody trwają kilkanaście dni. Pisze przy tym, że wpływ ten w przypadku Odry nie sięga dalej niż 300–500 m od wałów przeciwpowodziowych rzeki.

Wierzbicka i Chmielewska (2000) analizują sytuację hydrogeologiczną w trakcie i po powodzi w lipcu 1997 roku. Po szybkim wzroście stanów wód podziemnych w tym samym miesiącu, w którym miała miejsce powódź i osiągnięciu w wielu przypadkach stanów najwyższych w wieloletnim okresie obserwacji, w październiku tego samego roku, w większości z 31 badanych studni gospodarskich w zlewniach rzek górnej Odry i Wisły należących do sieci wód gruntowych IMGW, poziom wody był taki, jak przed wezbraniem i kształtował się w strefie wieloletnich stanów średnich.

Również Tarka i Staśko (2010), analizując wysokie stany wód podziemnych po powodzi w 1997 roku, wykorzystując dane z sieci obserwacyjno-badawczej PIG-PIB z obszaru Dolnego Śląska, dochodzą do podobnych wniosków – po względnie krótkim okresie podniesienia się zwierciadła po powodzi, już w grudniu tego samego roku zwierciadło znajdowało się w strefie stanów średnich. Autorzy jednak również podają, że w samym 1997 r. z analizowanych szczegółowo 5 otworów w Sudetach tylko jeden osiągnął stany ekstremalnie wysokie za jakie przyjęto te występujące z prawdopodobieństwem mniejszym niż 1% w wieloleciu 1985–2005 i stało się to ze znacznym, tj. ok. 6-tygodniowym opóźnieniem w stosunku do ekstremalnie wysokich opadów z lipca. Stwierdzają ponadto, że maksymalne stany wód podziemnych są powiązane z okresami opadów atmosferycznych w wysokości powyżej średniej, występującymi przez co najmniej dwa lata oraz korzystnymi warunkami zasilania występującymi bezpośrednio przed wystąpieniem stanów maksymalnych. Zwracają uwagę, że ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych nie zawsze odpowiadają najszybszym przyrostom (maksymalnym wzrostom) zwierciadła wody obserwowanym w danym otworze hydrogeologicznym.

Z kolei z badań przeprowadzonych przez Sawickiego (1986) na nizinnych i wyżynnych terenach południowo-zachodniej Polski wynika, że w przypadku utworów piaszczystych, prędkość opadania zwierciadła jest na ogół największa w strefie stanów najwyższych. Ponadto autor ten stwierdza, że szybkość opadania zwierciadła w strefie najwyższych stanów wód podziemnych jest uwarunkowana budową geologiczną i retencyjnością skał oraz głębokością zalegania warstwy wodonośnej.

Kowalczyk i inni (2016) analizują maksymalne stany wód podziemnych w latach 2010–2016 w 398 otworach hydrogeologicznych wchodzących w skład sieci obserwacyjno-badawczej PIG-BIP na terenie kraju. Badaną próbę otworów dzielą na trzy zbiory w zależności od głębokości

zalegania stropu warstwy wodonośnej i ciśnienia piezometrycznego. Stwierdzają, że w przypadku wszystkich trzech badanych zbiorów najwyższe stany wód podziemnych dominowały na terenie kraju w 2011 r., a nie w samym roku powodzi, tj. w 2010, przy czym na wezbrania wód powierzchniowych, jakie miały miejsce w maju i czerwcu 2010 r., najsilniej zareagowały otwory reprezentujące pierwszy poziom wodonośny.

Poza zagadnieniami, które poruszają wymienieni autorzy, na ciekawy problem zawraca uwagę Tomaszewski (1990), który rozpatruje występowanie wieloletnich ekstremalnych stanów wód podziemnych w kontekście relacji z aktywnością słoneczną. Wskazuje na wyraźną zależność w czasie zmian liczby Wolfa i długookresowych fluktuacji zwierciadła wód podziemnych w południowo-zachodniej i środkowej Polsce. „W sporej liczbie" ze 130 badanych studni pomiarowych (posterunki IMGW) znajdujących się w dorzeczu górnej i środkowej Odry odnotowuje, jak to określa, bliskie występowanie stanów ekstremalnych w wieloletniej rytmice wahań oraz okresów kulminacji i depresji aktywności słonecznej w latach 1945–1979.

Występowanie ekstremalnych stanów rocznych zwierciadła wód podziemnych, głównie w aspekcie sezonowości, było przedmiotem badań m.in.: Mikulskiego (1963), Bobrowskiej (1970), Chełmickiego (1991), Pleczyńskiego (1981), Tomaszewskiego (1990), a w kontekście możliwości prognozowania maksymalnego wiosennego wzniosu zwierciadła na terenie północno-wschodniej Polski – Siemionowa i innych (1978). Jednakże ze względu na to, że ekstremalne stany roczne nie są przedmiotem tej pracy, literatura dotycząca tego zagadnienia nie będzie tutaj szerzej omawiana.

CZYM JEST ZJAWISKO EKSTREMALNE?

Według *Słownika języka polskiego PWN* (2018) „ekstremalny" to krańcowy, ostateczny, skrajny, wyjątkowo niebezpieczny, trudny, a odnosząc się do wielkości matematycznej: minimalny lub maksymalny. Ekstremalne zjawisko przyrodnicze jest zjawiskiem definiowanym jako rzadkie na podstawie właściwego dla danego miejsca rozkładu prawdopodobieństwa występowania, przy czym określenie „rzadkie" może być inaczej rozumiane w poszczególnych regionach świata, czy nawet tego samego kraju (Miętus, 2005). Zwykle przyjmuje się, że zjawisko rzadko występujące to takie, które odpowiada pewnej wartości z zakresów najmniejszych/największych o prawdopodobieństwie po 10% lub mniej we wspomnianym rozkładzie.

Warto zwrócić uwagę, że zjawiska określane przez nas jako ekstremalne według podanych wyżej kryteriów, mogą być jedynie ekstremalne względem okresu, który uwzględnia się w analizie – najczęściej będzie to udokumentowany okres obserwacji. Jednak to, co jest ekstremalne w skali np. 10 lat, nie musi być jednocześnie ekstremalne w skali 100 lub 1000 lat lub nawet innych 10 lat. Ponadto te same zjawiska występują w różnym zakresie, z różnym nasileniem, w różnych miejscach. Stąd określenie ekstremalne jest pojęciem względnym zarówno biorąc pod uwagę miejsce zdarzeń, na co zwrócono uwagę w poprzednim akapicie, ale również i analizowany czas.

Zjawiska ekstremalne występujące w przyrodzie mogą być przyczyną niekorzystnych skutków ekologicznych, gospodarczych czy społecznych. Niejednokrotnie wiążą się one z katastrofami. Jest znamienne, że spośród klimatycznych zjawisk ekstremalnych poddawanych statystykom największe straty w skali świata przynoszą te związane z wodą (Mioduszewski, 2012), a przodują wśród nich powodzie i susze.

Na podstawie studiów materiałów archiwalnych przeprowadzono interesującą analizę dotkliwości tych skrajnych zjawisk na terenach Polski (Mioduszewski, 2012 za Okruszko, 1997). Stwierdzono, że klęski głodu w Europie występowały w latach mokrych, podczas których następowało zabagnienie uprawianych rolniczo terenów. Na skutek tych klęsk, jeszcze w XIX stuleciu w naszym kraju tysiące ludzi zmarły z głodu, a dziesiątki tysięcy wyemigrowało do Ameryki Północnej. Nie odnotowano natomiast w Polsce klęski głodu spowodowanej suszą, chociaż zdarzały się takie na Ukrainie i w Rosji.

WYBRANE MOŻLIWE SKUTKI WYSOKICH I EKSTREMALNIE WYSOKICH STANÓW WÓD PODZIEMNYCH

Ogólne informacje na temat zjawiska wahań zwierciadła wód podziemnych zostały opisane w poprzednim *Informatorze PSH* pt.: „Niżówki hydrogeologiczne w Polsce w latach 1981–2015" (Kowalczyk i in., 2017), dlatego w tym opracowaniu ograniczono się jedynie do opisu skutków jakie mogą wywoływać wysokie i ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych.

Okresowo występujące wysokie położenie zwierciadła wód podziemnych może powodować różnego rodzaju niepożądane następstwa. Poniżej opisano niektóre z nich.

Zwiększenie strat wywołanych zalaniami i podtopieniami, które towarzyszą powodziom

Jedna z najbardziej niekorzystnych sytuacji występuje wtedy, gdy wysokie stany wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego występują w czasie powodzi. Potęguje to na obszarach wezbrań wód powierzchniowych negatywne skutki takich zdarzeń, wydłużając czas zalań i podtopień oraz niejednokrotnie zwiększając zasięg obszarów nimi

dotkniętych. W czasie powodzi z powodu spiętrzenia wód rzecznych dochodzi do odwrócenia spadków hydraulicznych i następuje podpiętrzenie wód podziemnych oraz zahamowanie odpływu wód spływających w dolinę z wysoczyzny. Skutkuje to często wtórnymi potopieniami doliny, tarasów i zawala (Pietrygowa, 1971, 1972). Jeśli stany wód podziemnych jeszcze przed powodzią były wysokie, zjawisko to przybiera na sile. Ponadto wysokie stany wód podziemnych sprzyjają powodziom. Zdolność do retencjonowania wody w osadach wodonośnych zależy od początkowego stanu wód gruntowych, zaś efektywność w ograniczeniu rozmiarów fali – od czasu jej trwania (Ćwiklińska, 2007). Ilość wody z opadów atmosferycznych, która mogłaby być zretencjonowana w zlewni jest znacząco mniejsza przy wysokich stanach pierwszego poziomu wodonośnego o zwierciadle swobodnym niż w okresach stanów średnich lub niskich.

Przykładem niekorzystnego wpływu wysokich stanów wód podziemnych na warunki hydrologiczne może być sytuacja jaka wystąpiła w Polsce na przełomie maja i czerwca 2010 roku. Doszło wówczas do jednej z największych w ostatnim stuleciu powodzi w kraju, która na odcinku Wisły od Goczałkowic (poniżej zbiornika) do Sandomierza przybrała charakter katastrofalny. Fala powodziowa charakteryzowała się gwałtownym wzrostem, a po osiągnięciu kulminacji powolnym opadaniem (Walczykiewicz, 2011). Wiosną w 2010 roku, przed powodzią na znacznym obszarze kraju dominowały wysokie stany wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego (Kowalczyk i in., 2016). Ich konsekwencją było w dużej mierze ograniczenie możliwości retencji gruntowej. Przypuszcza się, że w sytuacji wysokich stanów wód powierzchniowych i podziemnych, już nawet znacznie mniejsze opady niż te, które miały miejsce w maju i w czerwcu 2010 r., przyczyniłyby się do powstania wezbrań (Walczykiewicz, 2011; Tokarczyk, 2011).

Podtopienia niewiązane z piętrzeniem wód podziemnych z powodu powodzi

Poza sytuacją powodzi wysokie stany wód pierwszego poziomu wodonośnego rzadko są jedyną i bezpośrednią przyczyną podtopień. Na ogół to, co określane jest potocznie jako podtopienia i kojarzone z wodami podziemnymi, ma złożoną genezę. Rzeczywiście w sytuacji płytko zalegającego swobodnego zwierciadła wód podziemnych wysokie stany mogą sprzyjać podtopieniom szczególnie na obszarach zdepresjonowanych. Jednak należy zwrócić uwagę, że bardzo często głównym, bezpośrednim powodem tego typu podtopień są opady atmosferyczne oraz będący ich konsekwencją spływ powierzchniowy, a dopiero w dalszej kolejności wody podziemne. Przeważnie następuje synergia oddziaływań, przy czym w okresie utrzymywania się podtopień rola wysokich stanów wód podziemnych może wrastać, wpływając bezpośrednio na czas trwania podtopienia.

Ponadto podtopienia od wód podziemnych mogą być spowodowane niekontrolowanymi nawierceniami artezyjskich zbiorników wód podziemnych. Mogą również wynikać z nagłej zmiany warunków hydrogeologicznych na danym terenie wywołanej ruchami płyt tektonicznych lub trzęsieniem ziemi. Sytuacja taka miała miejsce w mieście Surat w stanie Gujarat w Indiach w 2011 roku. Do tego typu podtopień dochodzi jednak niezwykle rzadko.

Obumieranie roślin

Wahania w położeniu wód podziemnych mogą doprowadzić do zmian w ekosystemach od nich zależnych. Jeśli u przyczyny zmiany leży czynnik antropogeniczny, tj. wysokie stany wód podziemnych zostały wywołane w sposób sztuczny, mówi się o degradacji ekosytemu. Natomiast, jeśli zmiany mają genezę o podłożu naturalnym, wówczas proces przemian prowadzi do sukcesji (Solovey i in., 2018).

W szczególnych sytuacjach, w określonych warunkach, gdy swobodne zwierciadło wód podziemnych przy wysokich stanach kształtuje się na głębokości mniejszej niż zasięg systemu korzeniowego rośliny, może dojść do obumierania roślin. Nadmiar wody w glebie skutkuje w niej niską zawartością tlenu i co za tym idzie sprzyja intensywnemu rozwojowi organizmów beztlenowych. Tworzy się wówczas środowisko o toksycznych stężeniach siarkowodoru, siarczków, żelaza, manganu i innych. Warunki te nie sprzyjają rozwojowi wielu gatunków roślin, które mogą z tych powodów obumierać i gnić (Kalinowski, 2018). W warunkach wysokiego kształtowania zwierciadła wód podziemnych może pojawić się jeszcze inny problem. Większość roślin pobiera wodę korzeniami z gleby na zasadzie osmozy. Dążąc do stanu równowagi w środowisku woda przenika z roztworu o większym potencjale do roztworu o mniejszym potencjale. W normalnych warunkach woda na drodze osmozy przenika z gleby do korzeni. Jeśli poziom swobodnego zwierciadła wód podziemnych podniósł się tak, że korzenie są zanurzone w wodzie, wówczas na skutek zmiany potencjałów chemicznych roślina może mieć problem z pobieraniem wody. W dłuższym okresie czasu może prowadzić to do usychania roślin.

Przykładem terenów, gdzie można zobaczyć w warunkach naturalnych wysychanie drzew wywołane podniesieniem się zwierciadła wód podziemnych i wystąpieniem wysokich stanów wód podziemnych jest cześć Słowińskiego Parku Narodowego w okolicach Krakulic (ryc. 1, 2). Niestety suche drzewa coraz częściej są również spotykane na terenie obszarów silnie zurbanizowanych, gdzie na skutek infrastruktury podziemnej (np. rozległych podziemnych garaży), zaburzony został naturalny przepływ wody podziemnej. Infrastruktura znajdująca się pod powierzchnią ziemi niejednokrotnie stanowi barierę dla naturalnego odpływu płytkich wód podziemnych i po obfitych opadach, gdy brakuje sprawnie działającego systemu drenażowego, jest przyczyną podpiętrzenia wód gruntowych. Zdarza się, że dochodzi wówczas do „przytopienia" systemów korzeniowych roślin (ryc. 3).

Ryc. 1. Drzewa wyschnięte z powodu wysokich stanów wód podziemnych w warunkach naturalnych – Słowiński Park Narodowy: torfowisko wysokie w okolicy miejscowości Krakulice, 2017 r., fot. Andrzej Demczak

Ryc. 2. Las nad jeziorem Dołgie Małe zamierający z powodu podniesienia się poziomu wód podziemnych w warunkach naturalnych – Słowiński Park Narodowy, 2017 r., fot. Andrzej Demczak

Ryc. 3. Drzewa wyschnięte na skutek podpiętrzenia wód podziemnych przez sztuczne bariery w postaci garaży podziemnych na obszarze o naturalnie płytkim występowaniu pierwszego poziomu wodonośnego – miasteczko Wilanów, Warszawa 2017 r., fot. Agnieszka Kowalczyk

Zmiany chemizmu wód

Jak wykazano wieloletnie naturalne fluktuacje zwierciadła wód podziemnych mogą wiązać się ze zmianami hydrogeochemicznymi (Kowalczyk, Zielińska-Sitkiewicz, 2013; Zielińska-Sitkiewicz, Kowalczyk, 2015). Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych, szczególnie w przypadku warstw wodonośnych o zwierciadle swobodnym, niejednokrotnie prowadzą do przemian chemicznych wód w warstwie wodonośnej. Głównymi czynnikami wywołującymi zmiany są wówczas: zwiększona miąższość warstwy wodonośnej przy jednoczesnym ograniczeniu strefy aeracji oraz, przeważnie towarzysząca wysokim stanom, znacząco zwiększona infiltracja efektywna. Poniżej opisano przykłady niektórych takich zmian.

Rzadko występujące wysokie stany wód podziemnych sprzyjają „wymywaniu" substancji nagromadzonych w strefie aeracji w trakcie okresów o niższym położeniu zwierciadła wody. Górski i Przybyłek (1997) opisują sytuację, gdy w dolinie Warty koło Poznania po okresie posusznym w latach 1989–1992 w trakcie, którego nastąpiła znaczna kumulacja ładunków zanieczyszczeń w strefie aeracji, szczególnie związkami azotu pochodzenia naturalnego i antropogenicznego (były to obszary rolnicze), przyszedł okres wilgotniejszy, skutkujący podniesieniem się zwierciadła wód podziemnych. Nastąpiło wówczas znaczne wymycie zgromadzonych wcześniej ładunków azotanów i pogorszenie jakości wód podziemnych w zakresie żelaza, manganu i siarczków. Górski wyjaśnia (2002), że przyczyną opisanych zmian jakościowych wód w trakcie stanów niskich był proces kumulowania się zanieczyszczeń w miąższej strefie aeracji nie tylko tych, które migrowały w reżimie opadowym, ale również tych pochodzenia antropogenicznego – ze ścieków. Zanieczyszczenia związane ze ściekami mogą częściowo ulegać mineralizacji tlenowej w górnych partiach strefy aeracji, częściowo jednak przenikają głębiej i kumulują się w dolnych partiach strefy napowietrzenia. Dlatego zaraz po zakończeniu suszy obserwowano w wodach podziemnych wzrost stężenia jonu amonowego. Z kolei w górnej strefie aeracji zachodziły procesy utleniania substancji organicznej i towarzyszących jej siarczków w wyniku czego tworzyły się azotany i siarczany. Tym niemniej azotany nie przenikały do warstwy wodonośnej z powodu denitryfikacji autotroficznej w dolnej części strefy aeracji. Stąd siarczany w wodzie w trakcie wysokich stanów wód mogą zarówno pochodzić z procesów utleniania w górnej części strefy aeracji, jak i z procesów denitryfikacji w dolnej części. Konsekwencją omawianych procesów jest również wzrost w wodzie stężeń żelaza, manganu, a także twardości ogólnej wody (Górski, 2002).

Szczególnie niekorzystne konsekwencje może mieć podniesienie zwierciadła płytkich wód podziemnych na zdrenowanych torfowiskach użytkowanych rolniczo lub w celach pasterskich (Sapek i in., 2006; Zak, Gelbrecht, 2007; Cabezas i in., 2013; Grygoruk i in., 2015). Zmiana stosunków wodnych może wywołać tam bezpośrednie uwolnienie fosforu do wód podziemnych. W strefie aeracji żelazo jest na trzecim stopniu utleniania i bardzo dobrze wiąże fosfor. Natomiast po podniesieniu zwierciadła w warstwie wodonośnej przyjmuje ono wartościowość niższą i nie tworzy już silnych wiązań z fosforem, który uwalnia się do wód podziemnych i migruje

wraz z nimi do lokalnych wód powierzchniowych. Z tego powodu problematyczna jest renaturalizacja takich obszarów jak np. Biebrzański Park Narodowy, gdzie przez wiele lat zwierciadło wód podziemnych było w sposób sztuczny obniżane przez drenaż (Grygoruk i in., 2015).

Lokalnie podwyższone stężenia fosforu w płytkich wodach podziemnych i powierzchniowych są często obserwowane w miejscach działalności bobrów, gdzie naturalnie powstałym tamom towarzyszy podniesie się zwierciadła wód podziemnych.

METODYKA PRAC I DANE WEJŚCIOWE

Nawiązując do wcześniej wykonanych prac badania wykonano na danych z tych samych punktów monitoringowych wód podziemnych, co w opublikowanym w 2017 roku *Informatorze PSH* pt.: „Niżówki hydrogeologiczne w Polsce w latach 1981–2015" (Kowalczyk i in., 2017). Tym samym analizami objęto płytko występujące wody podziemne, tj. te, które reprezentowały poziom wodonośny o swobodnym zwierciadle wody lub poziom, w którym zwierciadło znajdowało się pod ciśnieniem piezometrycznym, sięgającym ponad strop warstwy wodonośnej nie więcej niż 10 m. Ten sam był również zakres czasowy analiz – lata hydrogeologiczne 1981–2015.

Dane wejściowe. Do badań wykorzystano dane o głębokości położenia zwierciadła wody podziemnej z dwóch źródeł:

1. Bazy danych Monitoring Wód Podziemnych, w której są zgromadzone wyniki pomiarów ze stacji hydrogeologicznych, należących do sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych PIG-PIB. Zebrane w bazie informacje dotyczą głębokości zwierciadła, zarówno w pierwszym, jak i w głębszych poziomach wodonośnych. Pomiary są dokonywane z częstotliwością raz na tydzień (stacje II rzędu) lub częściej (stacje I rzędu). Sieć działa od 1972 r. i obecnie liczy 1250 punktów (w tym ok 500 reprezentuje pierwszy poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym), jednak tylko niewielka część z nich ma okres pomiarów dłuższy niż 25 lat. Najstarsze pomiary zgromadzone w bazie dla pojedynczych punktów pochodzą z 1965 r.
2. Bazy danych stanów wód gruntowych z lat 1951–2000, która była prowadzona w Ośrodku Technicznej Kontroli Zapór IMGW. W bazie gromadzono wyniki pomiarów z wybranych, zweryfikowanych punktów sieci wód gruntowych IMGW, z których dane opracowane w oddziałach IMGW przesyłano do Centralnego Banku Danych Hydrogeologicznych w formie cyfrowej i które uznano za reprezentatywne dla regionalnego zasilania podziemnego. Zebrane w bazie informacje o cotygodniowych pomiarach głębokości wód podziemnych pochodzą z 733 posterunków, które różnią się miedzy sobą okresem obserwacji (tab. 1). Pomiary pochodzą z lat 1951–2000, przy czym tylko 37 punktów ma pełen okres obserwacji (Opis..., 2001).

Mimo, że w sieciach PIG i IMGW obserwacje dotyczyły wód podziemnych, jednak pomiary położenia zwierciadła wód prowadzono w nieco różnych celach. W sieci IMGW wiele punktów było usytuowanych w dolinach rzecznych, w przeciwieństwie do sieci PIG, w której takie punkty do dziś są nieliczne. Pod względem badań hydrologicznych w sieci IMGW bardzo istotne były relacje ujętych warstw wodonośnych z wodami powierzchniowymi. Z kolei sieć PIG, szczególnie w pierwszych latach istnienia, nastawiona była przede wszystkim na obserwacje głębszych i użytkowych poziomów wodonośnych oraz na badanie odnawialności zgromadzonych w nich zasobów wodnych w celu niedopuszczenia do ich przeeksploatowania.

Sieć wód gruntowych IMGW miała wiele mankamentów. Wchodzące w jej skład posterunki składały się głównie ze studni gospodarskich eksploatowanych z nieznaną wydajnością. Ponadto wiele posterunków nie miało miarodajnej dokumentacji dotyczącej warunków hydrogeologicznych. Pełniejszy opis problemów sieci IMGW znajduje się w pracy Tomaszewskiego (1990). Należy jednak podkreślić, że w bazie wód gruntowych, z której korzystano w tej pracy, gromadzono tylko pomiary z wybranych, reprezentatywnych względem zasilania podziemnego posterunków, których dane przed wprowadzeniem do bazy weryfikowano. W efekcie w bazie nie zbierano informacji nawet z połowy posterunków wchodzących w skład sieci.

Tabela 1

Informacje o liczebności punktów w bazie stanów wód gruntowych w latach 1951–2000 (źródło: OTKZ-IMGW 2001)

Pomiary w latach (stan na lata)	Ogółem	Pomiary zakończone	
		rok 2000	lata 1990–1999
1951–1960	175	140	35
1961–1970	96	81	15
1971–1980	77	67	10
1981–1990	69	58	11
1991–2000	316	270	46
Razem	733	616	117

Pewnego wyjaśnienia wymaga kwestia nazwy bazy IMGW, która może być nieco myląca. Otóż nie gromadziła ona wyłącznie pomiarów z posterunków wód gruntowych, przynajmniej nie w tradycyjnym znaczeniu tego terminu, ponieważ w wielu punktach sieci IMGW obserwowano napięty charakter zwierciadła wody.

W badanym w tej pracy wieloleciu 1981–2015 zmieniała się istotnie liczba punktów w obu omawianych sieciach. W sieci PIG od chwili założenia (1972 r.) zwiększano co pewien czas w ogólnym bilansie liczbę punktów i jej rozbudowa trwa do dzisiaj. Natomiast sieć IMGW od połowy lat 70. XX w., poza „chwilowym" znacznym wzrostem liczby posterunków w 1991 r., zaczęto uszczuplać, a w 2013 r. zlikwidowano całkowicie. Ostatnie 13 lat pomiarów dotyczyło ok. 40 posterunków, z których wyniki nie zostały zweryfikowane i wprowadzone do bazy wód gruntowych OTKZ-IMGW.

Ze względu na to, iż zarówno w Bazie danych Monitoring Wód Podziemnych, jak i w Bazie danych stanów wód gruntowych istniała niewielka liczba punktów monitoringowych o długich ciągłych seriach pomiarowych w rozpatrywanym w pracy trzydziestopięcioleciu, badania prowadzono w podziale na trzy zbiory punktów: A i B′ oraz B″. Dążono przy tym do optymalnego wykorzystania zgromadzonych informacji uwzględniając liczebność punktów w obu wymienionych bazach w różnych latach badanego okresu 1981–2015.

Zbiór punktów A. W zbiorze tym znalazły się wszystkie punkty z bazy PIG-PIB spełniające następujące kryteria:

1) reprezentowały poziom wodonośny o swobodnym zwierciadle wody podziemnej lub poziom, w którym zwierciadło znajdowało się pod ciśnieniem sięgającym ponad strop warstwy wodonośnej nie więcej niż 10 m;
2) istniały dla nich cotygodniowe pomiary głębokości zwierciadła wód podziemnych w całym badanym w pracy wieloleciu 1981–2015 (dopuszczano jedynie względnie niewielkie braki w obserwacjach);
3) wykresy położenia zwierciadła wód w czasie dla tych punktów nie przedstawiały dużych, niewyjaśnionych raptownych skoków zwierciadła, budzących wątpliwości co do wiarygodności obrazowanych wyników pomiarowych.

Wyselekcjonowano w ten sposób 60 punktów. Następnie zbiór A poszerzono o kolejne 9 punktów z bazy PIG-PIB. Punkty te spełniały kryterium pierwsze i trzecie, ale miały kilkuletnie braki w pomiarach w przyjętym wieloleciu. Znaleziono dla nich jednak lokalne punkty analogi w sieci PIG-PIB, które wykazywały we wspólnych długoletnich okresach obserwacji (co najmniej dziesięcioletnich) podobieństwo wahań zwierciadła wód podziemnych, zarówno w osiąganiu stanów ekstremalnych, jak i w ogólnej tendencji wahań. Na podstawie analogów uzupełniono informacje w ciągach pomiarowych tych punktów. Wykorzystano w tym celu przekształcenie liniowe, którym jest standaryzacja danych. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że w pary analogów łączono wyłącznie punkty spełniające, poza kryterium podstawowym podobieństwa przebiegu wahań, także inne warunki. Rozpatrywano charakterystyki hydrogeologiczne i geomorfologiczne położenia tych punktów. Między innymi brano pod uwagę lokalizację w danych jednostkach hydrogeologicznych i w strefach hydrodynamicznych oraz litologię warstwy wodonośnej. Punkty dobierano w pary analogów tylko w przypadku zbieżności analizowanych cech.

Następnie powstały zbiór poszerzono jeszcze o 11 punktów z bazy IMGW. Punkty te wytypowano po przeanalizowaniu wykresów wahań zwierciadła wód w czasie z 296 posterunków IMGW, dla których istniały pomiary w latach 1981–2000 i wykresów z 60 punktów PIG-PIB z płytkich wód podziemnych, w których prowadzone były pomiary w latach 1991–2015. W analogiczny sposób, na bazie podobieństwa wahań zwierciadła wody, biorąc pod uwagę położenie punktów i dostępne informacje o warstwie wodonośnej, udało się wytypować dla 11 punktów z sieci IMGW ich analogi w sieci PIG-PIB. Na podstawie analogów „ekstrapolowano" ciągi pomiarów w punktach IMGW na lata 2000–2015.

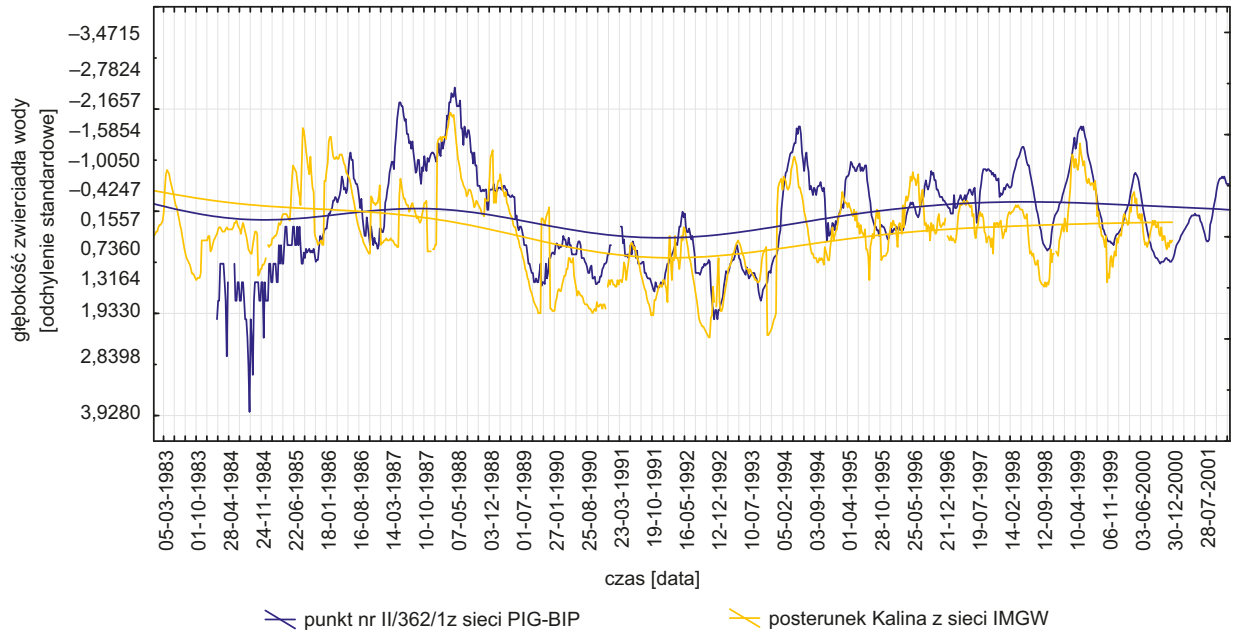
Na wykresie przedstawiono wahania zwierciadła wody w czasie w dwóch punktach, które zostały wytypowane jako swoje odpowiedniki – analogi, w celu uzyskania ciągłej informacji (w cotygodniowym kroku czasowym) o położeniu zwierciadła wód podziemnych w wieloleciu 1981–2015 (ryc. 4).

Ostatecznie zbiór punktów, dla których istniały lub udało się uzupełnić wartości pomiarów zwierciadła wody w latach 1981–2015, dając ciągłe ciągi obserwacji, wynosił 80 punktów. Ich rozmieszczenie przedstawiono na rycinie 5. Zbiór A nie pokrywa w sposób równomierny obszaru kraju, między innymi są widoczne regiony hydrogeologiczne: dolnej Odry, środkowej Odry oraz subregiony w regionie górnej Wisły i regionie Bugu (w podziale na regiony hydrogeologiczne wg Paczyńskiego, Sadurskiego, 2007), w których nie ma żadnego punktu należącego do zbioru A.

Analizę dla tego zbioru prowadzono w wieloleciu 1981–2015 (tab. 2).

Zbiory punktów B′ i B″. Ze względu na brak informacji w zbiorze A dla niektórych regionów hydrogeologicznych, obejmujących znaczną część kraju (ryc. 5) oraz z powodu dążenia do pełniejszego wykorzystania potencjału informacji zgromadzonych w dwóch dostępnych bazach, postanowiono wieloletnie 1981–2015 podzielić na dwa okresy: 15-lecie (1981–1995) i 20-lecie (1996–2015). Niezależnie od zbioru A, dla którego badania prowadzono w 35-leciu, wykonano równolegle analizy dla każdego z wydzielonych dwóch krótszych okresów. W celu wyselekcjonowania punktów do tych analiz z obu baz (IMGW i PIG-PIB) przyjęto następujące kryteria doboru:

1) reprezentatywność względem poziomu wodonośnego o swobodnym zwierciadle wody podziemnej lub poziomu, w którym zwierciadło znajdowało się pod ciśnieniem sięgającym ponad strop warstwy wodonośnej nie więcej niż 10 m. Ze względu na niewielkie głębokości uznano, że wszystkie punkty z bazy wód gruntowych IMGW spełniają to kryterium;
2) istnienie dla tych punktów względnie ciągłych (dopuszczano jedynie niewielkie braki w pomiarach, które nie przekraczały roku) cotygodniowych pomiarów głębokości zwierciadła wód podziemnych w okresie lat hydrologicznych:
   a) 1981–1995
      lub



Ryc. 4. Przykład punktów obserwacyjnych wód podziemnych, które w pracy uznano za analogi

Tabela 2

Informacje o zbiorach punktów A, B′ i B″

Nazwa zbioru	Analizowane wielolecie, dla którego wyniki przedstawiono w pracy (lata hydrologiczne)	Liczba punktów (w tym liczba analogów)	Wielolecie, na podstawie którego wyliczano wartości graniczne niżówki
A	1981–2015	80 (20)	1981–2015 (35-lecie)
B′	1981–1995	281 (8)	1981–2000 (20-lecie)
B″	1996–2015	178 (12)	1996–2015 (20-lecie)

b) 1996–2015;

3) wykresy położenia zwierciadła wód w czasie dla tych punktów nie przedstawiają niewyjaśnionych raptownych skoków zwierciadła, budzących wątpliwości co do wiarygodności obrazowanych wyników pomiarowych.

Na podstawie zastosowanych kryteriów wybrano punkty, z których utworzono dwa zbiory. Jeden z punktami spełniającymi kryterium 2a i drugi z punktami spełniającymi kryterium 2b.

Oba zbiory, podobnie jak w przypadku zbioru A, wzbogacono punktami, w których brakujące pomiary udało się odtworzyć na podstawie dobranych punktów analogów. Ostatecznie powstał zbiór punktów B′ – z 281 punktami o pomiarach wykonanych w okresie 1981–1995 i mniej liczny B″ – ze 178 punktami o pomiarach w kolejnym okresie – 1996–2015 (ryc. 6, 7). W zbiorze B′ znalazły się głównie punkty z IMGW (215 na 281 punktów), a w zbiorze B″ – punkty z sieci PIG-PIB (167 na 178 punktów) (ryc. 8, tab. 2).

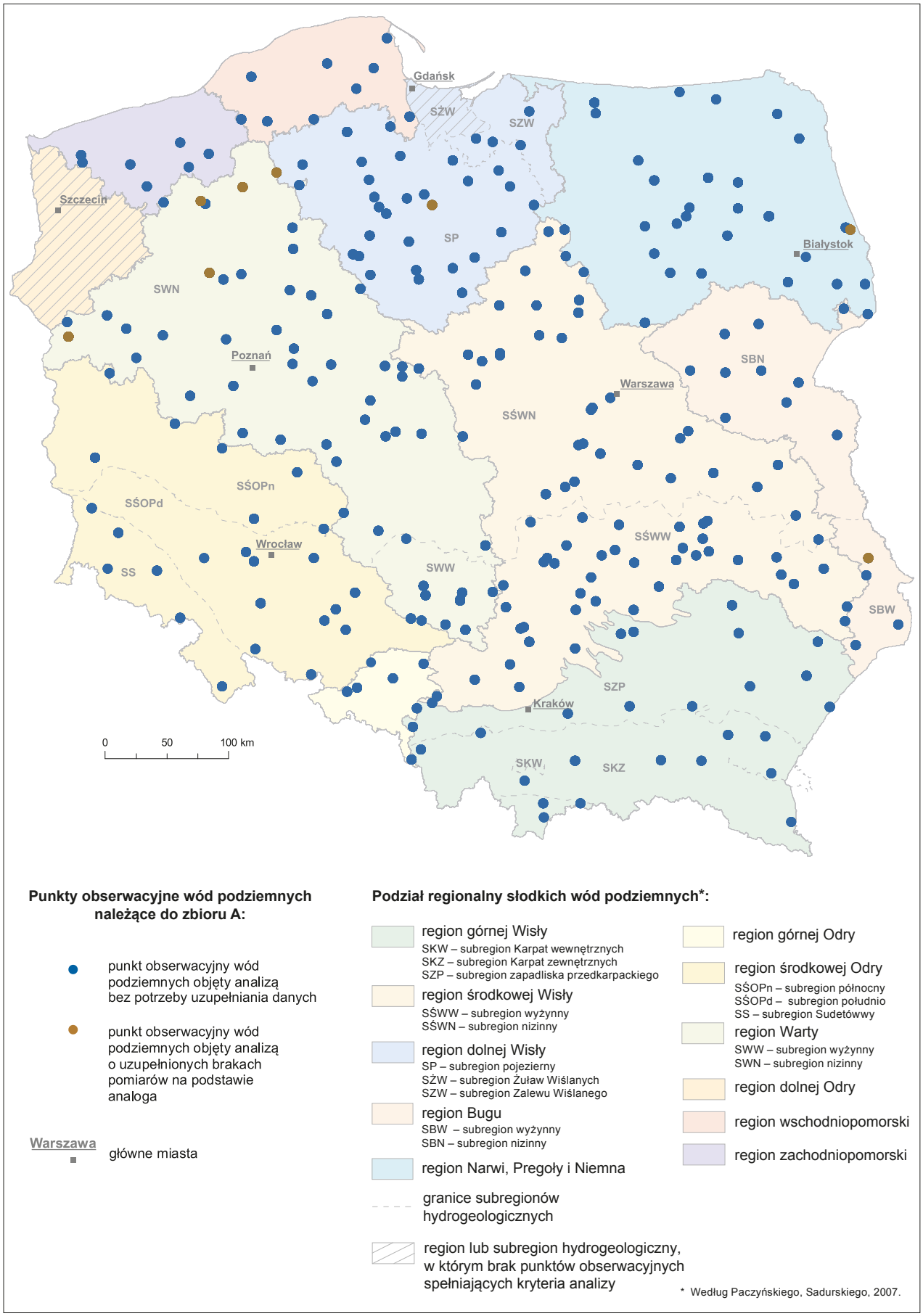
W sumie trzy zbiory punktów(A, B′, B″) objęły 386 różnych obiektów (ryc. 9).

W celu ujednolicenia analizy w zbiorach B′ i B″ wyliczenia wartości granicznej stanów wysokich prowadzono dla obu zbiorów opierając się na przedziałach czasu o tej samej długości – 20 lat (tab. 2). Było to możliwe, gdyż wszystkie punkty znajdujące się w zbiorze B′ dysponowały także obserwacjami w latach 1996–2000. Tym samym dla zbioru B′ wartości graniczne stanów wysokich wyliczono na podstawie lat 1981–2000, a dla zbioru B″ – odpowiednio na podstawie lat 1996–2015. W ten sposób wyniki ze zbiorów B′ i B″, mimo, że były liczone na podstawie różnych wieloleci, stały się bardziej porównywalne (ryc. 10).

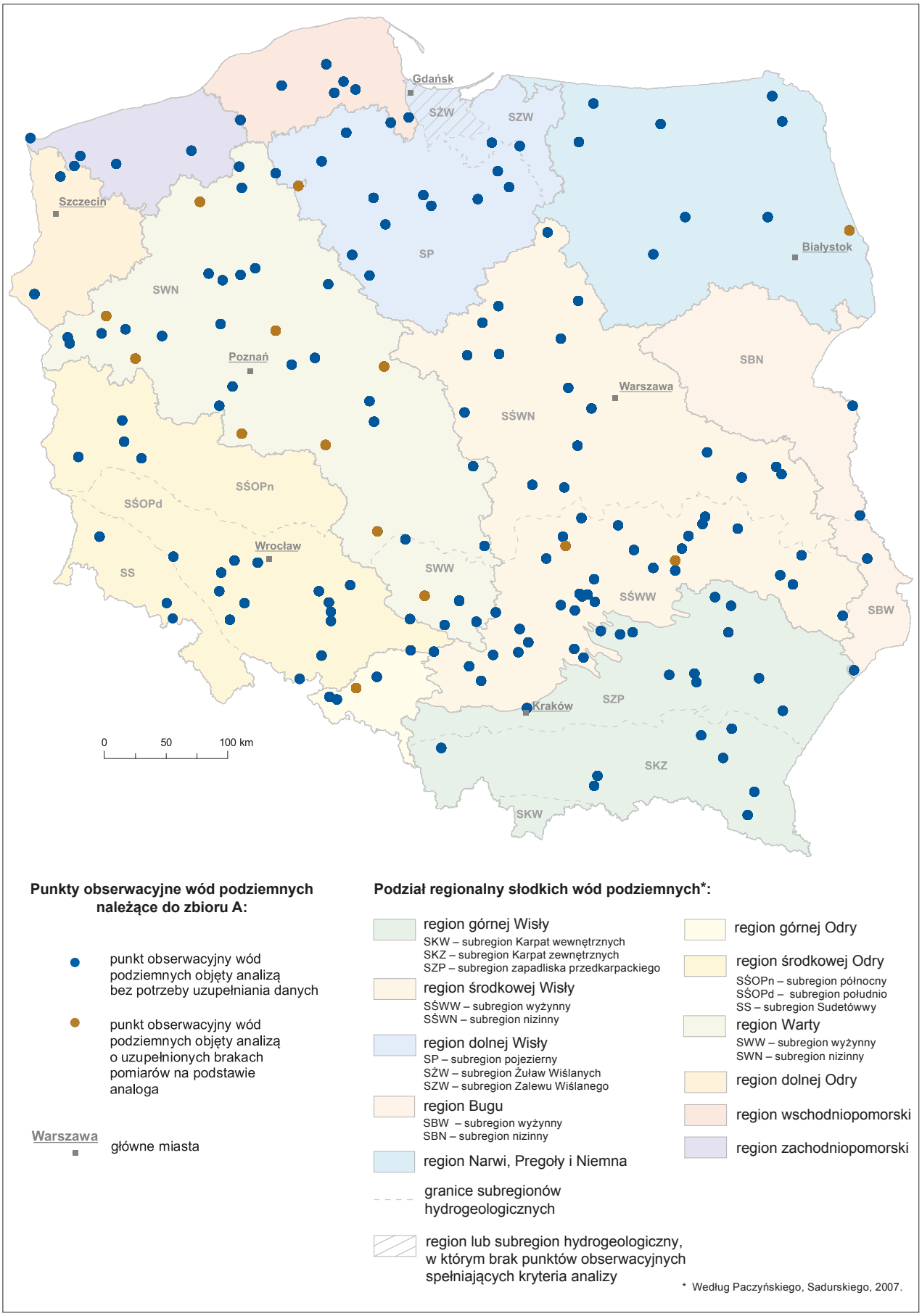
Na diagramach przestawiono charakterystykę zbiorów A, B′ i B″ w zakresie litologii i typu ośródka wodonośnego (ryc. 11, 12). Głębokość do stropu warstwy wodonośnej względem powierzchni terenu w każdym z trzech zbiorów dla większości punktów nie przekraczała 10 m. W pojedynczych przypadkach (4 w zbiorze A, 4 w zbiorze B′ i 9 w zbiorze B″) strop zalegał na głębokości większej niż 30 m. Zwierciadło wód we wszystkich objętych analizą punktach z sieci PIG-PIB miało charakter swobodny lub znajdowało się pod niewielkim ciśnieniem piezometrycznym nieprzekraczającym 10 m.

Stan ekstremalnie wysoki wód podziemnych. Za granicę stanu ekstremalnie wysokiego przyjęto wartość drugiego percentyla pomierzonych cotygodniowych wartości głębokości zwierciadła wód podziemnych w danym punkcie monitoringowym (ryc. 13). Wartość równą wartości granicznej i mniejszą od niej traktowano jako stan ekstremalnie wysoki.

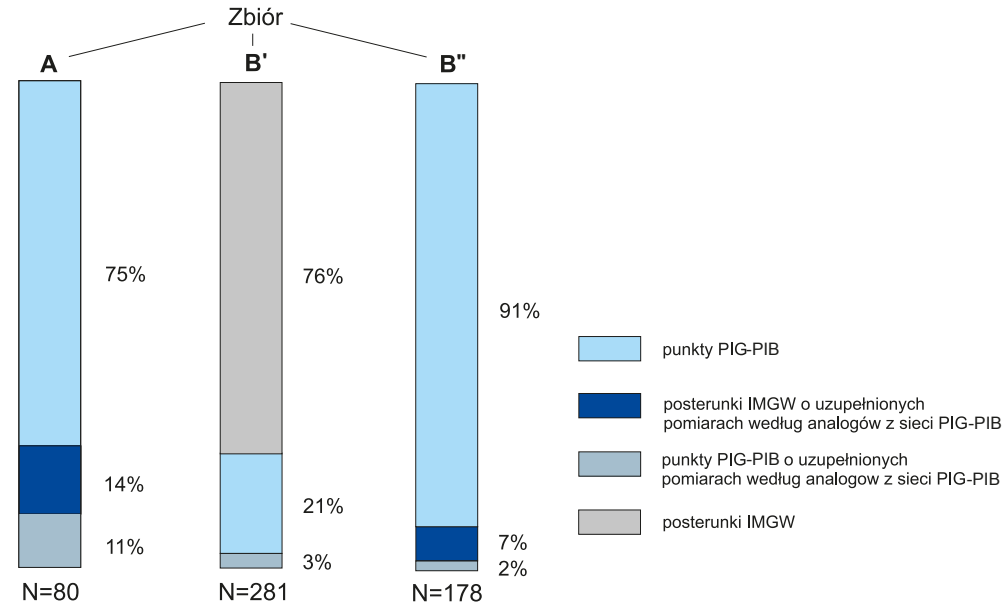
Ryc. 5. Punkty objęte analizą należące do zbioru A



Ryc. 6. Punkty objęte analizą należące do zbioru B′

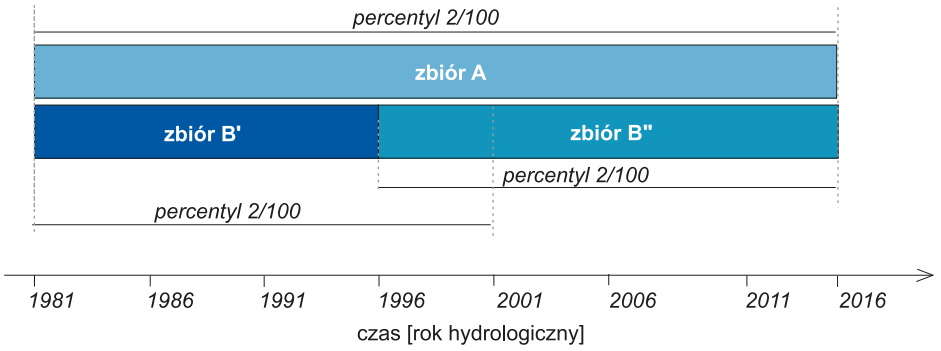


Ryc. 7. Punkty objęte analizą należące do zbioru B''



Ryc. 8. Struktura zbiorów A, B′ i B″

Ryc. 9. Wszystkie punkty objęte analizą w pracy (logiczna suma zbiorów A, B′ i B″)



Ryc. 10. Zbiory danych i odpowiadające im wielolecia, dla których wyniki analizy są opisywane w pracy

Wyżówka hydrogeologiczna. Utrzymujące się ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych przez kolejne cotygodniowe pomiary w danym punkcie traktowano jako jedno zdarzenie – jeden okres występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w danym punkcie obserwacyjnym i określano mianem wyżówki hydrogeologicznej.

Analizy opisane w pracy prowadzono wyłącznie z wykorzystaniem pomiarów cotygodniowych o głębokości zwierciadła wody. Pomiarów o większej częstotliwości nie brano pod uwagę. Powodem tego była bardzo niewielka liczba punktów, w których prowadzono stałe pomiary codzienne w rozpatrywanym okresie.

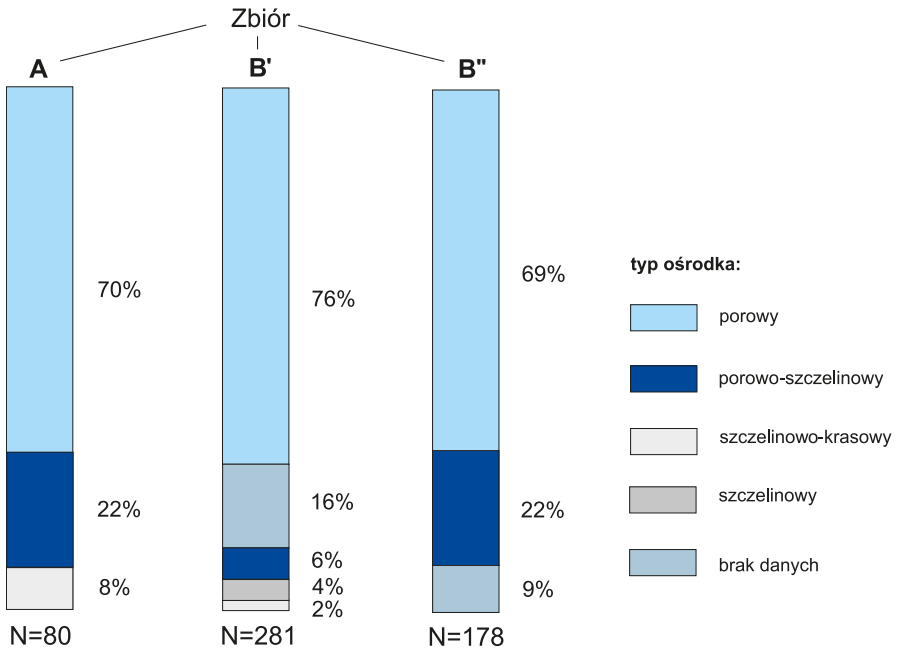
W pracy zrezygnowano z wykorzystania danych pomiarowych ze źródeł obserwowanych w ramach sieci PIG-PIB. Źródła, szczególnie na obszarach górskich (a właśnie takie głównie są objęte obserwacjami PIG-PIB), mają często skomplikowany i do końca nierozpoznany system zasilania. Zdarza się też, że drenują więcej niż jeden poziom wodonośny. Trudne, a w zasadzie niemożliwe w wielu przypadkach, byłoby odseparowanie informacji o badanych w pracy płytkich poziomach wodonośnych od informacji dotyczących głębszych poziomów.

Wszystkie wymieniane okresy i lata w opracowaniu odnoszą się do lat hydrologicznych. Dotyczy to zarówno prowadzonych analiz, jak i przedstawianych wyników.

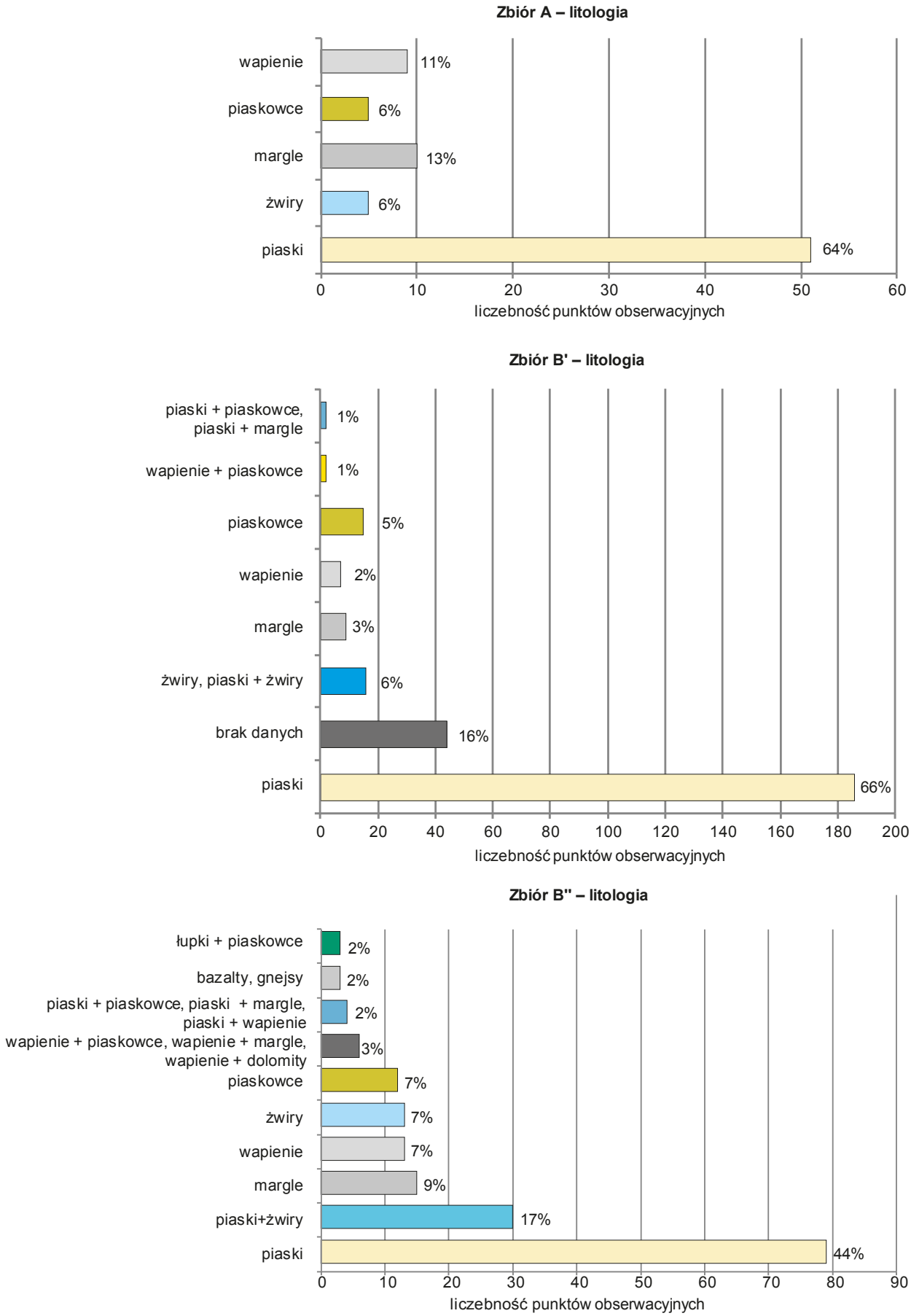
Klasy częstości występowania stanów ekstremalnych w roku hydrologicznym

Analizując występowanie ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w poszczególnych punktach w okresie 1981–2015 prowadzono badania w podziale na klasy o różnej częstości ich występowania w poszczególnych latach hydrologicznych. W tym celu policzono sumaryczną liczbę pomiarów (cotygodniowych) z wystąpieniem lub przekroczeniem przyjętego stanu granicznego w danym roku i zestawiono ze wszystkimi wykonanymi (cotygodniowymi) pomiarami w danym punkcie w danym roku. Wyróżniono następujące klasy występowania stanów ekstremalnych w jednostce roku hydrologicznego (analiza punktowa):

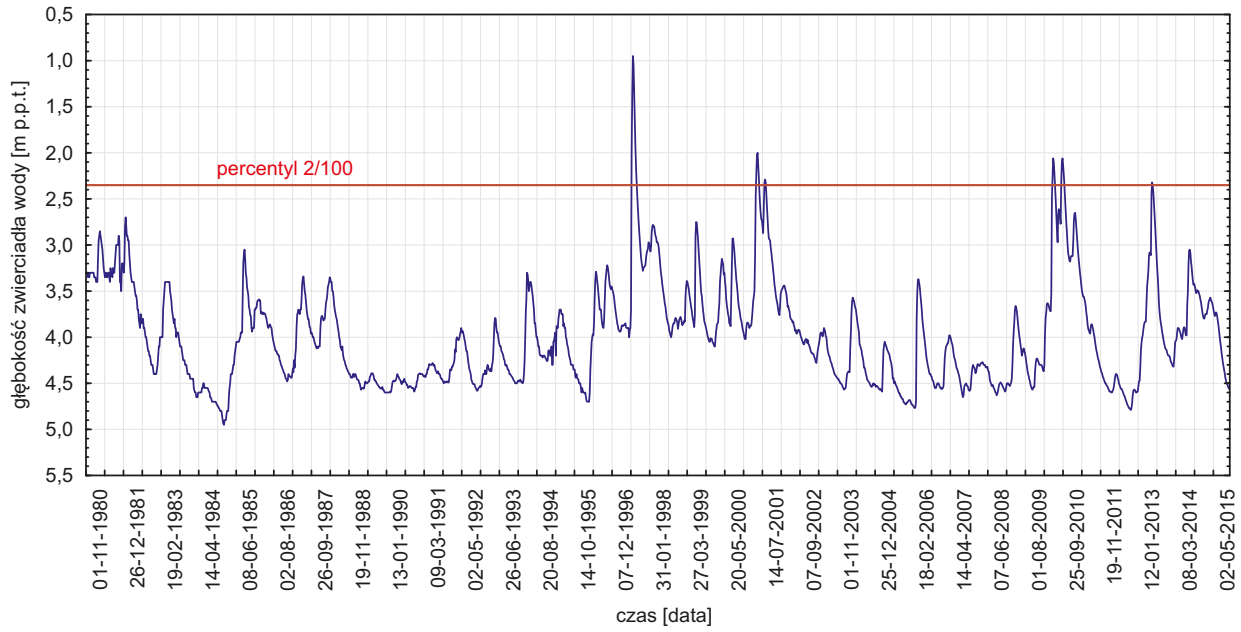
– **Klasa I** – odnotowano tylko 1 pojedynczy pomiar cotygodniowy wskazujący na ekstremalnie wysoki stan wód podziemnych w danym roku hydrologicznym (nie więcej niż 2% wszystkich pomiarów w ciągu roku);



Ryc. 11. Typy ośrodka wodonośnego – zbiory A, B′ i B″



Ryc. 12. Litologia warstwy wodonośnej – zbiory A, B′ i B′′



Ryc. 13. Wykres wahań zwierciadła wód podziemnych z zaznaczoną wartością drugiego percentyla przyjętą jako wartość graniczna stanów ekstremalnie wysokich

– **Klasa II** – odnotowano od 2 do 4 cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w danym roku hydrologicznym (od 3 do 8% wszystkich pomiarów w ciągu roku);
– **Klasa III** – odnotowano od 5 do 12 cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w danym roku hydrologicznym (od 9 do 24% wszystkich pomiarów w ciągu roku);
– **Klasa IV** – odnotowano od 13 do 26 cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w danym roku hydrologicznym (od 25 do 50% wszystkich pomiarów w ciągu roku);
– **Klasa V** – odnotowano więcej niż 26 cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w danym roku hydrologicznym (więcej niż 50 % wszystkich pomiarów w ciągu roku).

Na mapach w rozdziale *Analiza przestrzenna...* wymienione klasy zobrazowano kolorami symboli analizowanych punktów. Czerwony kolor oznacza najwyższą, tj. V klasę częstości, niebieski – najniższą, tj. I.

Podział zdarzeń w zależności od czasu ich trwania

Analizując występowanie stanów ekstremalnych w okresie 1981–2015 zastosowano podział wyróżnionych na podstawie przyjętej wartości granicznej wyżówek (okresów ciągłego występowania stanów ekstremalnie wysokich) w zależności od długości ich trwania. Wyniki przedstawiono dla poszczególnych lat hydrologicznych na mapach w rozdziale *Analiza przestrzenna...*, przy czym przy identyfikacji czasów trwania okresów ekstremalnie wysokich stanów wód występujących na przełomie lat hydrologicznych uwzględniano obydwa lata, w którym trwało zdarzenie. Analizując szeregi czasowe w poszczególnych punktach obserwacyjnych, przyjęto następujący podział czasów trwania wyżówek:

– **poniżej 2 tygodni** – odnotowano tylko 1, pomiar cotygodniowy wskazujący na ekstremalnie wysoki stan wód podziemnych,
– **od 2 tygodni do miesiąca** – odnotowano od 2 do 4 sąsiadujących ze sobą cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych,
– **od ponad miesiąca do 3 miesięcy** – odnotowano od 5 do 12 sąsiadujących ze sobą cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych,
– **od ponad 3 miesięcy do pół roku** – odnotowano od 13 do 26 sąsiadujących ze sobą cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych,
– **powyżej pół roku** – odnotowano powyżej 26 sąsiadujących ze sobą cotygodniowych pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych.

Na mapach w rozdziale *Analiza przestrzenna...* czasy trwania zdarzeń przedstawiono za pomocą wielkości symboli analizowanych punktów, przy czym jeśli dany punkt oznaczony jest więcej niż jednym kołem (koła są o różnej wielkości) oznacza to, że w rozpatrywanym roku w danym punkcie wystąpiły wyżówki (jako rozdzielne zdarzenia) o różnym czasie trwania.

Liczba wyżówek w roku hydrologicznym

Ustalono liczbę wyżówek w kolejnych latach hydrologicznych w danych punktach.

Informacja ta na mapach (w rozdziale *Analiza przestrzenna...*) została przestawiono za pomocą etykiet analizowanych punktów.

Uzyskane wyniki prac przedstawiono w kolejnych rozdziałach.

WYNIKI BADAŃ

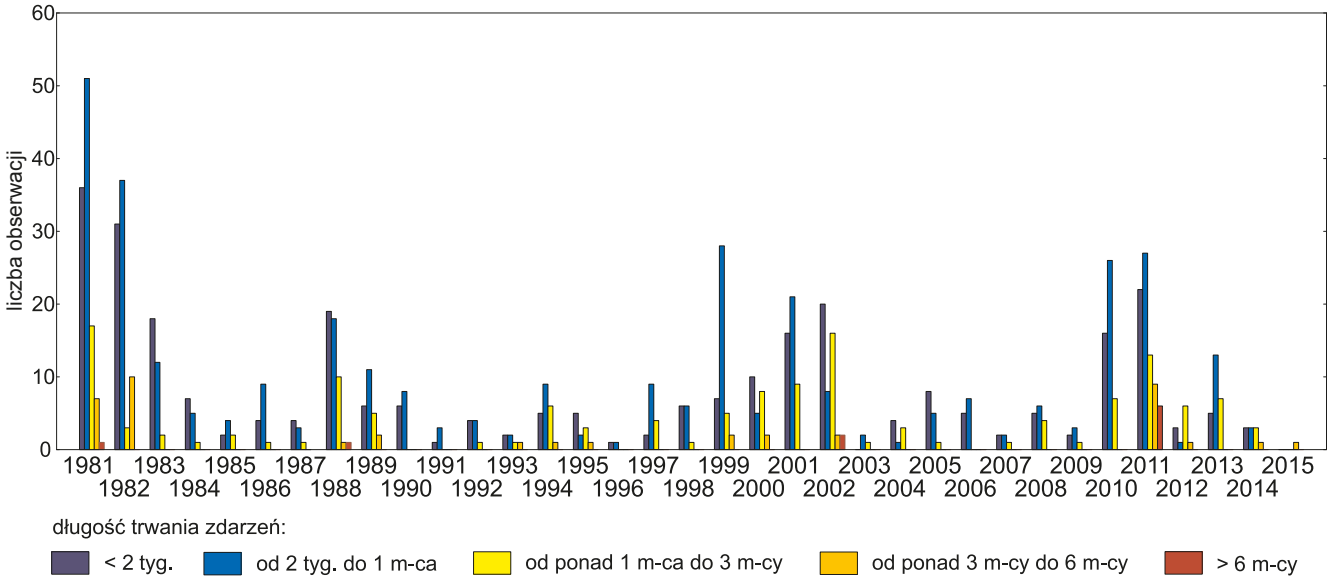
Agnieszka Kowalczyk, Piotr Wesołowski,
Izabela Stępińska-Drygała, Anna Mikołajczyk,
Magdalena Szydło, Marcin Gołębiewski

PRZEBIEG ZJAWISKA W CZASIE

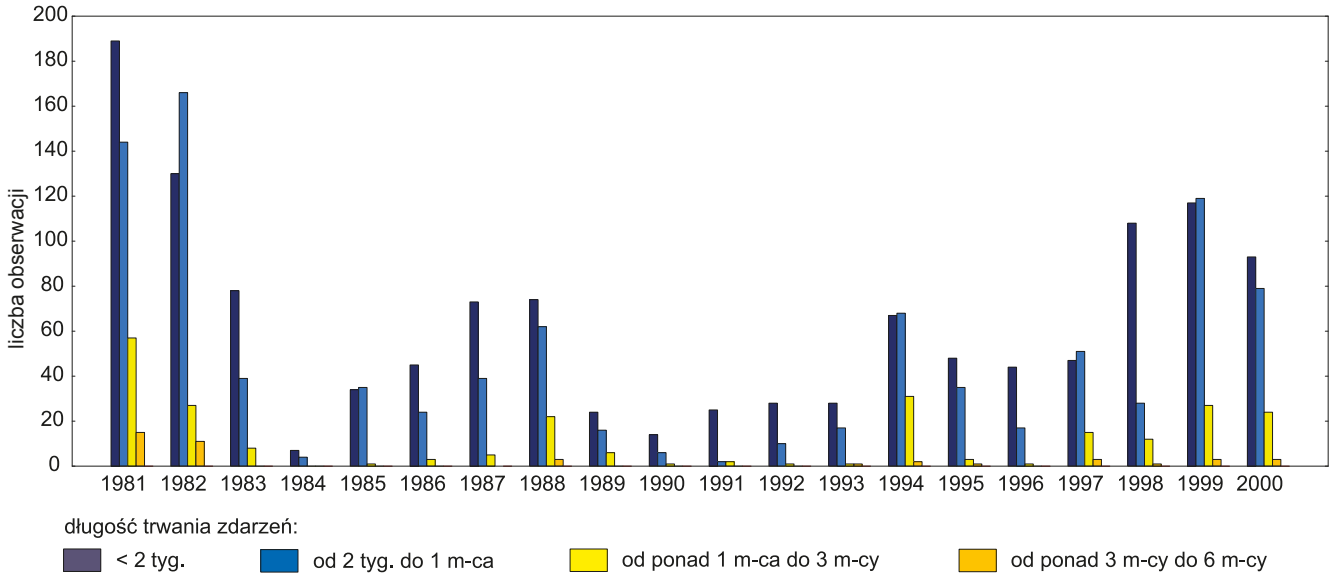
W wieloletniej zmienności wahań wód podziemnych można wyróżnić okresy „mokre" (wzmożonego zasilania wód podziemnych i „suche" (niewielkiego lub braku zasilania), które się przeplatają i wiążą z występowaniem stanów wysokich (wyżówek) oraz niskich zwierciadła wód podziemnych (niżówek). Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonej analizy w zbiorach A, B′ i B″ stwierdzono, że najbardziej mokrymi okresami w skali kraju w badanym 35-leciu w odniesieniu do płytkich wód podziemnych były lata hydrologiczne: 1981–1983, 1987–1989, 1999–2002, 2010–2011 i rok 2013. W okresach tych wystąpiła największa liczba wyżówek (ryc. 14–16), przy czym pod względem największego odsetka pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych dominują wyraźnie dwa lata: 1981 i 2011 (ryc. 17). W roku 2011 jednocześnie odnotowano najwięcej długotrwałych wyżówek (trwających dłużej niż 3 miesiące).

Natomiast w latach 1984, 1990–1993 i 2003–2009 wyżówek było najmniej i jeśli już występowały, czas ich trwania był względnie krótki (nie przekraczał 3 miesięcy, wyjątkiem jest rok 2003, w którym kontynuowały się wyżówki z roku poprzedniego). W skali całego kraju nie zdarzyło się, aby w którymś roku nie odnotowano w ogóle żadnych stanów ekstremalnie wysokich, co wiąże się bezpośrednio z dużą zmiennością obszarową występowania zjawiska w Polsce.

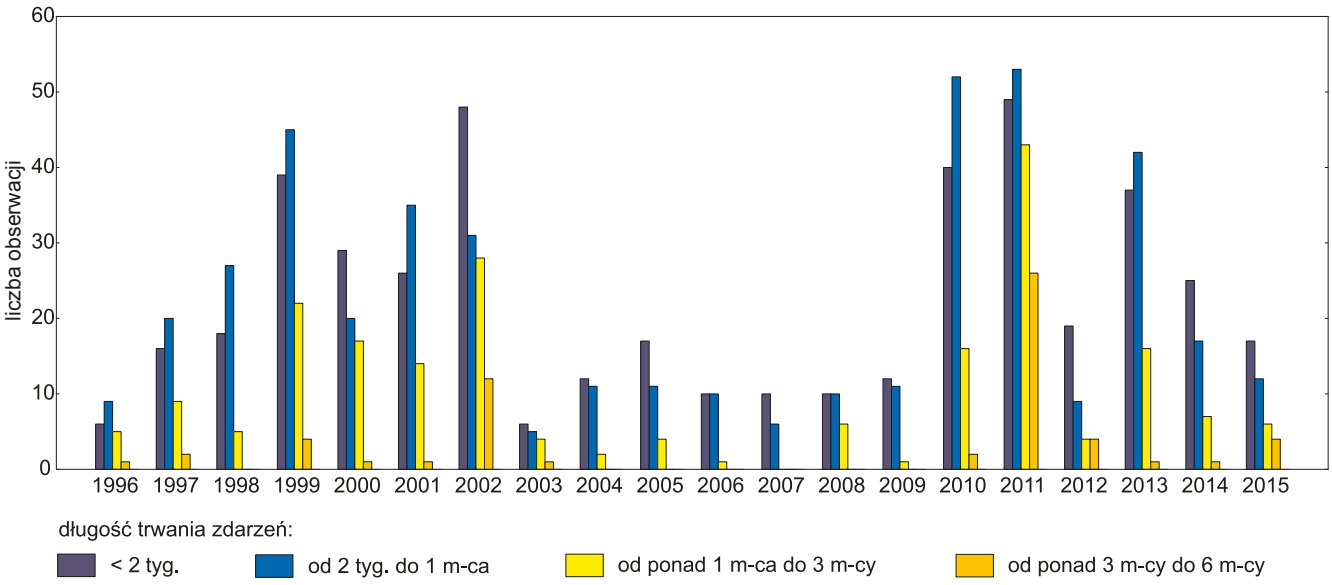
Wśród wymienionych okresów mokrych, lata na które przypada największa liczba wyżówek trwających nie dłużej niż miesiąc to: 1981, 1988, 1999, 2011. Te same lata, z wyjątkiem roku 1999 dla okresu mokrego 1999–2002, dominują również pod względem zdarzeń trwających od ponad



Ryc. 14. Częstość występowania wyżówek o różnym czasie trwania na podstawie analizy zbioru A



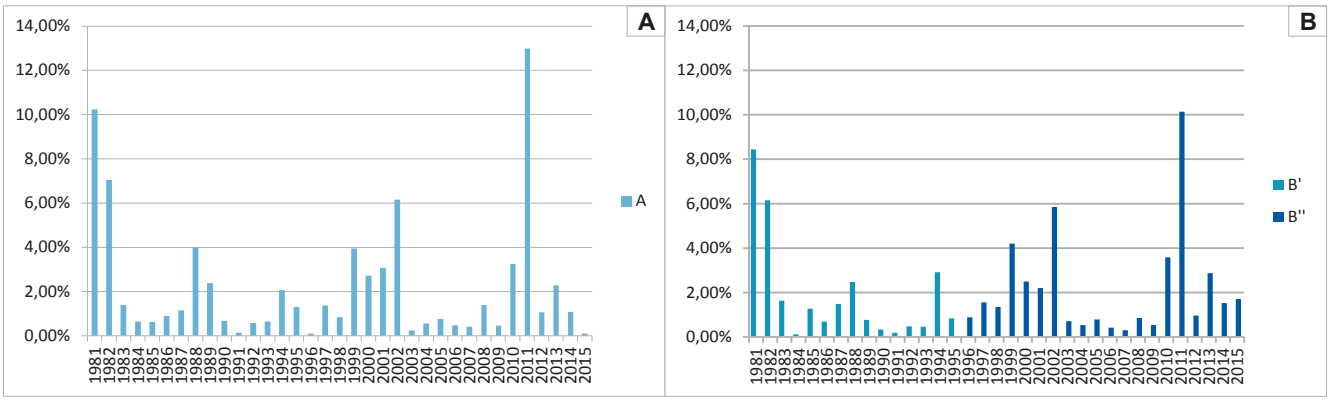
Ryc. 15. Częstość występowania wyżówek o różnym czasie trwania na podstawie analizy zbioru B′



Ryc. 16. Częstość występowania wyżówek o różnym czasie trwania na podstawie analizy zbioru B″

miesiąca do 3 miesięcy. Natomiast w okresie 1999–2002 na pierwszym miejscu jest pod tym względem rok 2002. Analiza badanych zbiorów punktów w przytoczonych wnioskach jest zgodna. Jednak, gdy analizuje się okresy występowania wyżówek utrzymujących się ponad 3 miesiące do pół roku, jedynie w przypadku ostatniego dwuletniego okresu mokrego: 2010–2011, zarówno w zbiorze A, jak również w B″ dominuje rok 2011. Natomiast w pozostałych okresach mokrych widać pewne rozbieżności w wynikach uzyskanych z różnych zbiorów. I tak w wyróżnionym okresie mokrym 1981–1983 analiza zbioru A wskazuje, że najbardziej ekstremalnym był rok 1982, z kolei zbiór B′ – rok 1981. Podobnie dla okresu 1987–1989 – badania zbioru A wskazują na dominację roku 1989, a zbioru B′ – odpowiednio na rok wcześniejszy (1988). Klasę wyżówek o długości trwania powyżej 6 miesięcy zidentyfikowano jedynie na podstawie analizy zbioru A. Zdarzenia takie występują tylko w nielicznych latach: 1981, 1987,1988, 2002, 2011, przy czym wyraźnie spośród wymienionych lat dominuje w liczbie tych zdarzeń rok 2011.

„Cykliczność" występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych jest dość nieregularna – następujące po sobie cykle nie są ani identyczne w długości okresu, ani w wielkości amplitudy. Długość odcinków czasowych pomiędzy kolejnymi latami: 1981 (1982), 1988 (1989), 1999 (2002), 2011, które dominują pod względem liczby wyżówek w wymienionych wyżej okresach ich wzmożonego występowania, wynosi od 6 do 13 lat. Warto zauważyć, że w każdym analizowanym dziesięcioleciu jest jakiś taki okres.



Ryc. 17. Procentowy udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w poszczególnych latach hydrologicznych objętych analizą: A – zbiór A, B – zbiór B′ i B″ (wszystkie cotygodniowe pomiary w danym zbiorze w danym roku traktowano jako 100%)

Przyczyny wahań zwierciadła wód podziemnych i występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych należy upatrywać w zmienności warunków meteorologicznych, w tym przede wszystkim opadów atmosferycznych, przy czym chodzi nie tylko o wysokość opadu, lecz również inne jego charakterystyki takie jak np.: rodzaj, natężenie, wodność opadu i czas jego trwania. Wpływ zmian klimatycznych jest niejednorodny. Skomplikowane zależności cech hydrogeologicznych, hydrometeorologicznych różnicują odpowiedź zwierciadła wód podziemnych. Niektóre typy poziomów wodonośnych (wydzielone przez rodzaj i miąższość nadkładu warstwy wodonośnej, strefę hydrodynamiczną) reagują z dużym opóźnieniem lub mogą utrzymywać nawet odmienną od pozostałych tendencję. Wiąże się z tym także względnie duża bezwładność stanów wód podziemnych, chociaż przy ekstremalnie wysokich stanach jest ona mniejsza niż w przypadku stanów ekstremalnie niskich.

Przypuszcza się, że wysokie opady jakie notowano w Polsce na początku roku hydrologicznego 2011 – (listopad: ponad 200% normy (Biuletyn..., 2010), miały kluczowe znaczenie dla wystąpienia ekstremalnych stanów wód podziemnych, do których, na największą skalę, doszło w styczniu i lutym tego roku. Innym ważnym czynnikiem sprzyjającym, związanym z dużą bezwładnością stanów, było wysokie położenie zwierciadła wód podziemnych, które układało się w przeważającej części monitorowanych punktów powyżej wieloletniego stanu średniego na znacznym obszarze kraju już w 2010 roku (Komunikat..., 2010).

ANALIZA PRZESTRZENNA W POSZCZEGÓLNYCH LATACH HYDROLOGICZNYCH 1981–2015

Na podstawie wyników pomiarów w punktach obserwacyjnych wód podziemnych przeanalizowano zasięg występowania ekstremalnie wysokich stanów płytkich wód podziemnych w wieloleciu 1981–2015. Opis zjawiska przedstawiono na podstawie wyników badań trzech zbiorów punktów – A, B′ i B″. Na rycinach zamieszczonych w dalszej części rozdziału wyróżniono punkty, w których w poszczególnych, kolejnych latach okresu 1981–2015 zidentyfikowano ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w zbiorze A (lata 1981–2015) (ryc. 18–52), B′ (lata 1981–1995) (ryc. 53–67) oraz B″ (lata 1996–2015) (ryc. 68–87). Przedstawione na mapach obrazy dla tego samego roku w przypadku dwóch zbiorów – A i B′ (1981–1995) oraz A i B″ (1996–2015), mimo że są w dużej mierze zbieżne, jednak często nieco różnią się od siebie, głównie w określeniu intensywności opisywanego zjawiska. Wynika to przede wszystkim z uwzględnienia różnych wieloleci w analizie danych zbiorów. Zaletą zbioru A jest to, że obejmuje cały 35-letni okres analizowany w pracy, jego wadą natomiast, że nie pokrywa obszaru całego kraju. Z kolei zbiory B′ i B″ obejmują prawie wszystkie regiony hydrogeologiczne wyróżnione w Polsce (z wyjątkiem subregionu Zalewu Wiślanego w regionie dolnej Wisły i regionu dolnej Odry w zbiorze B′) za to okresy w nich analizowane są krótsze.

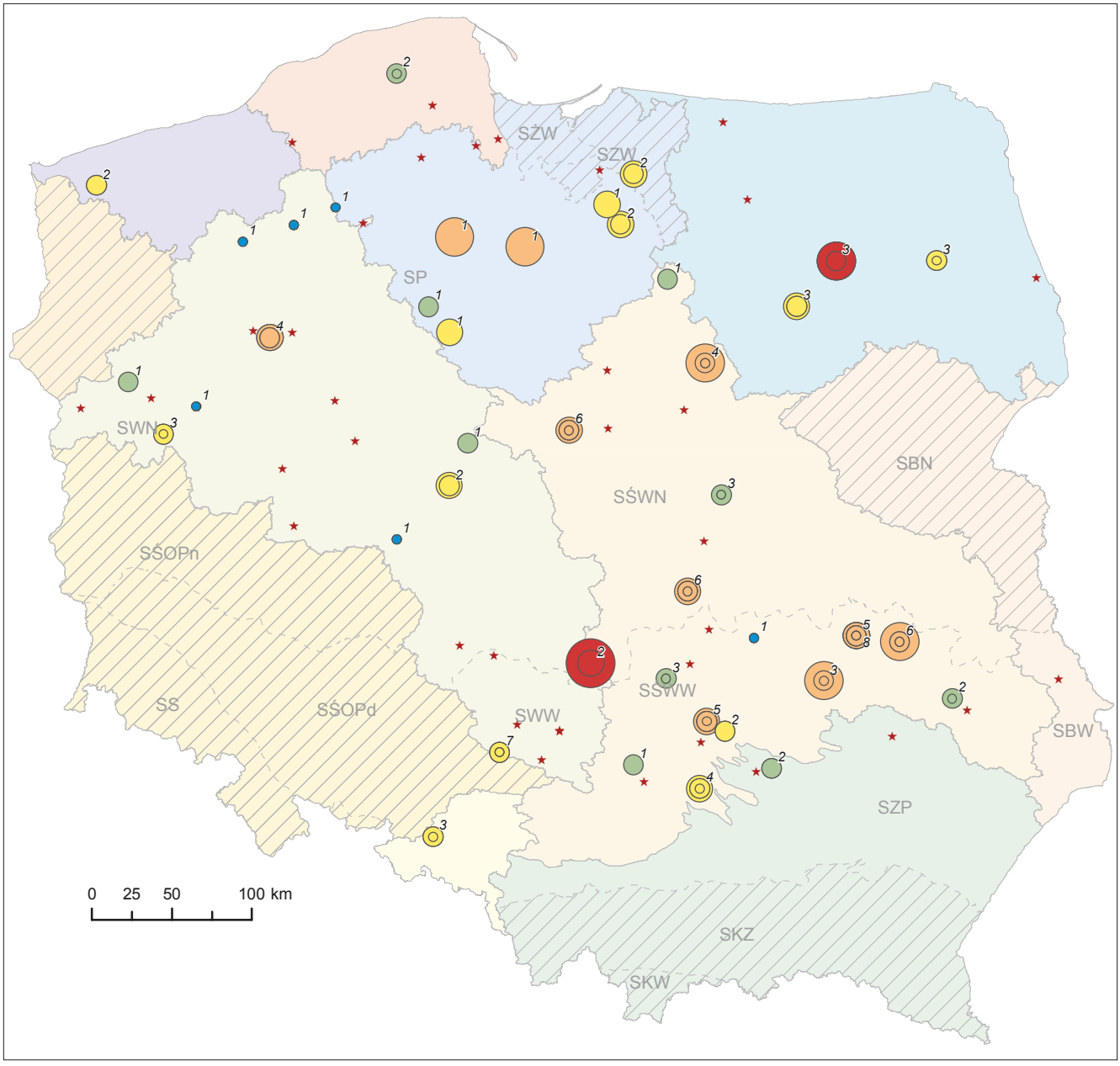
Odnośnie zastosowanych symboli na prezentowanych mapach (ryc. 18–87) pewnego wyjaśnienia wymaga sytuacja, gdy w danym punkcie czas trwania wyżówki oznaczony jest jako względnie długi („duże koło"), jednocześnie klasa częstości występowania stanów ekstremalnie wysokich w tym puncie jest niska (np. I lub II niebieski lub zielony kolor koła). Ma to miejsce w przypadku, gdy symbol koła odpowiada zdarzeniu, którego czas trwania przekraczał granice roku hydrologicznego. Zgodnie bowiem z przyjętą metodyką w czasie trwania wyżówek występujących na przełomie lat hydrologicznych uwzględniano łączną długość zjawiska w obydwu latach. Natomiast częstość występowania stanów ekstremalnych odnosi się zawsze wyłącznie do konkretnego roku hydrologicznego.

OPIS NA PODSTAWIE ANALIZY ZBIORU A (WIELOLECIE 1981–2015)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1981

W 1981 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych występowały powszechnie na obszarze objętym analizą w zbiorze A. W roku tym odnotowano najwięcej wyżówek w całym badanym wieloleciu 1981–2015 (ryc. 14). Zjawisko występowało głównie w regionach środkowej Wisły i dolnej Wisły, a z mniejszym nasileniem w regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, Warty, górnej Odry oraz górnej Wisły. W regionie Bugu zjawiska nie odnotowano. Punkty, w których obserwowano ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych, były zlokalizowane w różnych strefach hydrodynamicznych: zasilania, tranzytu i drenażu. W większości przypadków zidentyfikowane wyżówki nie przekraczały miesiąca. Punkty, w których ekstremalnie wysokie stany utrzymywały się dłużej obserwowano w regionie Warty, regionie środkowej Wisły, regionie dolnej Wisły oraz w regionie Narwi, Pregoły i Niemna. Najdłuższa odnotwana wyżówka trwała 30 tygodni (południowo-wschodnia część regionu Warty). Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku była zróżnicowana (klasy: I–V). Punkty o najwyższej klasie częstości (V) są zlokalizowane w regionie Warty i w regionie Narwi, Pregoły i Niemna.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bardzo wysoki i wynosi 10,24% (ryc. 17A).

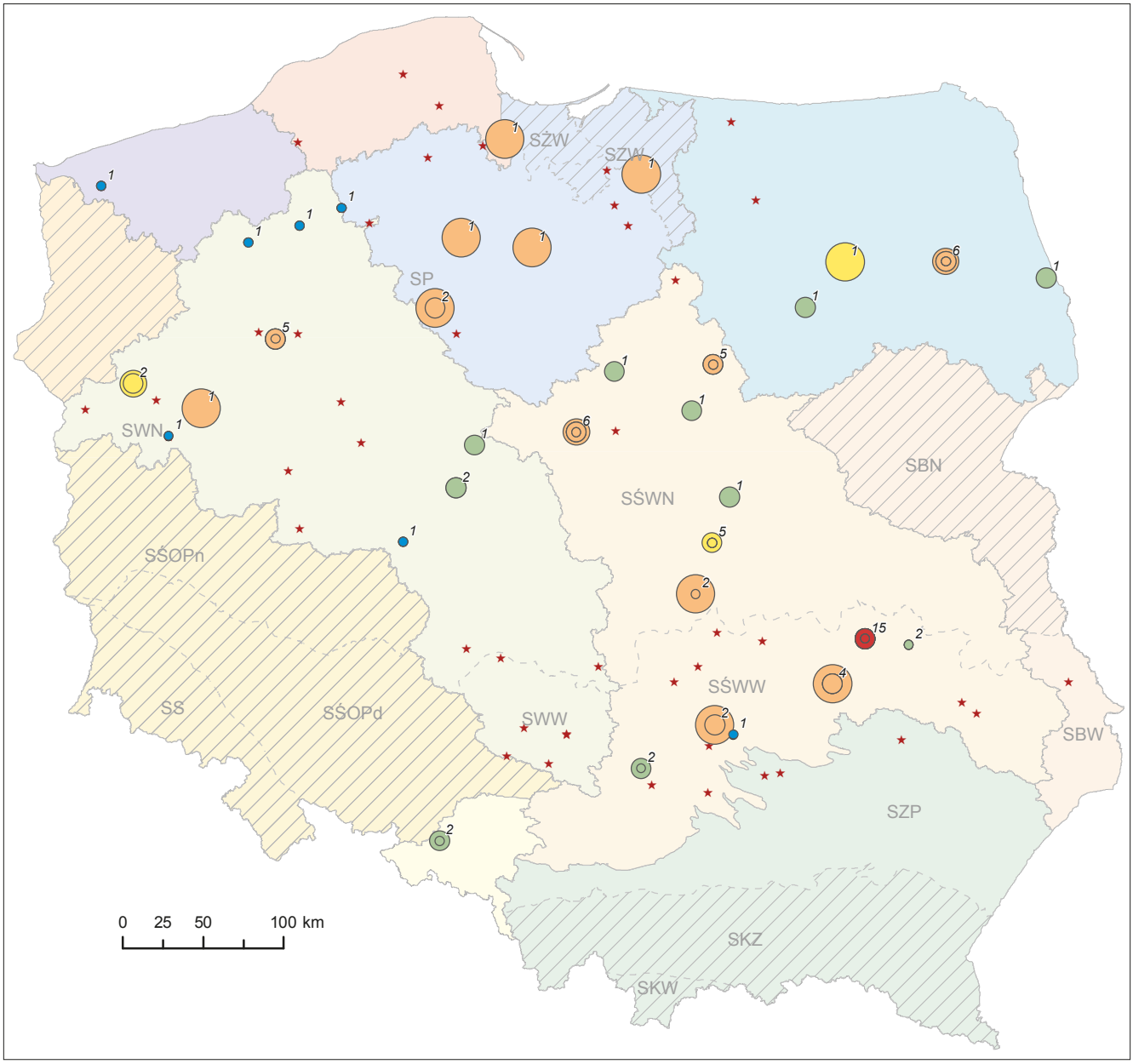


Ryc. 18. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1981 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1982

W 1982 r. wyżówki obserwowano w punktach, które były zlokalizowane zarówno w strefie zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. Zjawisko występowało w regionach: zachodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, Warty, dolnej Wisły, środkowej Wisły, górnej Odry. Niejednokrotnie wyżówki rejestrowano kilka razy w ciągu roku w tych samych punktach obserwacyjnych. Najwięcej zdarzeń – 15 – zidentyfikowano w punkcie w regionie środkowej Wisły. Tyle wyżówek odnotowanych w jednym punkcie świadczy o tym, że zwierciadło wód podziemnych często oscylowało wokół przyjętej wartości granicznej zjawiska. Przeważnie wyżówki nie utrzymywały się dłużej niż miesiąc. Dłuższe zdarzenia odnotowano w regionach: dolnej Wisły, środkowej Wisły, Warty. W regionie Narwi, Pregoły i Niemna zidentyfikowano wyżówkę, która była kontynuacją zjawiska rozpoczętego w roku poprzednim. W sumie czas trwania tego zdarzenia w ciągu dwóch lat wyniósł 13 tygodni, z czego 5 tygodni przypadło na rok 1982. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana (klasy: I–V). W regionie wschodniopomorskim, w regionie Bugu oraz w regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest dość wysoki i wynosi 7,04% (ryc. 17A).

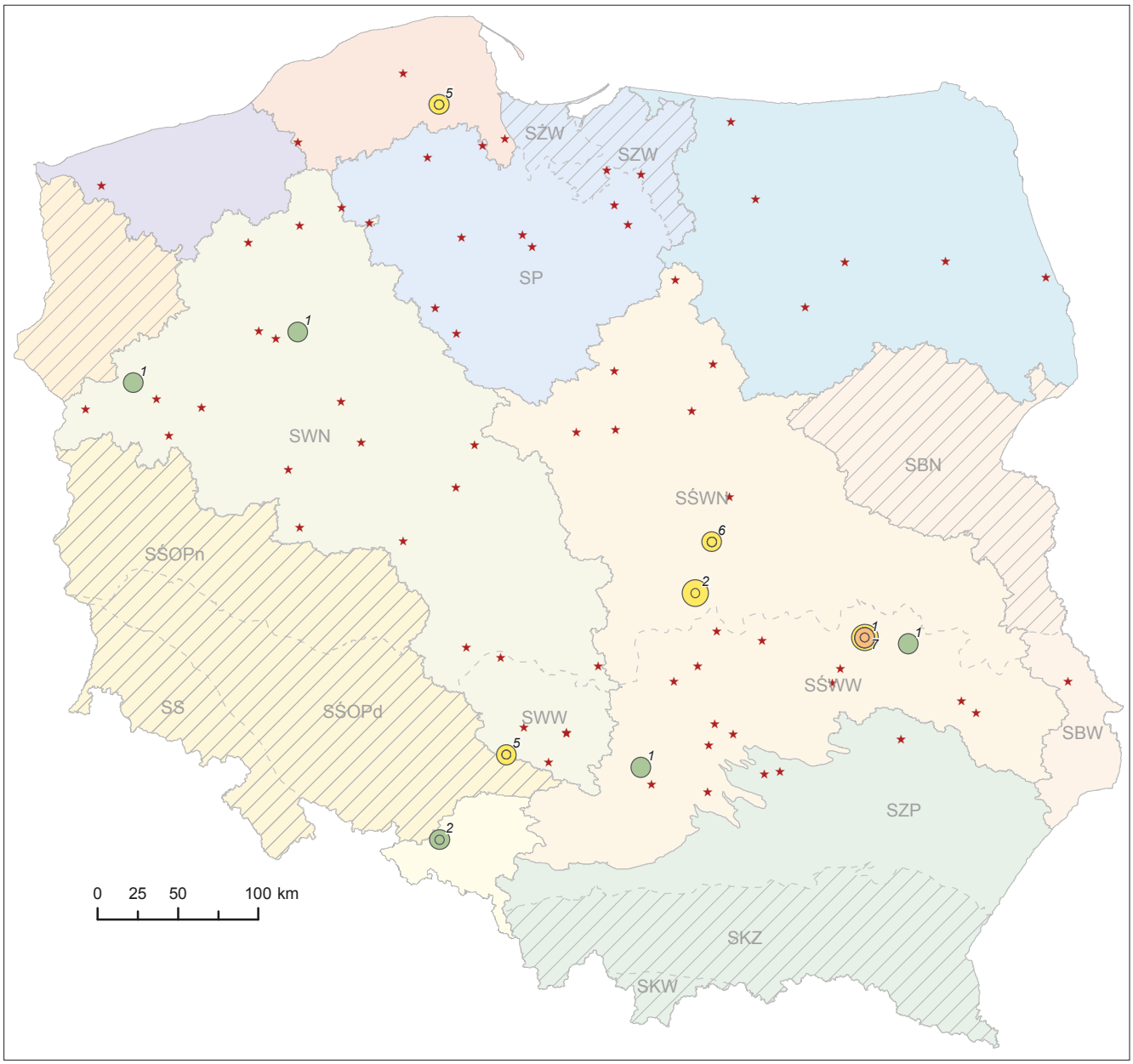


Ryc. 19. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1982 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1983

W 1983 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych obserwowano już tylko lokalnie w regionie wschodniopomorskim, regionie Warty, regionie górnej Odry i regionie środkowej Wisły. Największą liczbę wyżówek, które wystąpiły w tym samym punkcie, odnotowano w centralnej i południowej części regionu środkowej Wisły, w subregionie wyżynnym regionu Warty oraz w regionie wschodniopomorskim. W większości punktów zjawisko utrzymywało się krócej niż jeden miesiąc. Wyżówki utrzymujące się dłużej, jednak nie przekraczające 3 miesięcy, wystąpiły w regionie środkowej Wisły. W przeważającej liczbie punktów, w których obserwowano ekstremalnie wysokie stany wód, częstość ich występowania w roku to 3–24% (klasy: II i III). Tylko w jednym z odnotowanych przypadków (region środkowej Wisły) udział pomiarów wskazujących na występowanie wyżowki stanowił ponad 25% (klasa IV). Prawie wszystkie punkty, w których wystąpiło zjawisko wyżówki, zlokalizowane są w strefie zasilania i tranzytu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Bugu i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,39% (ryc. 17A).

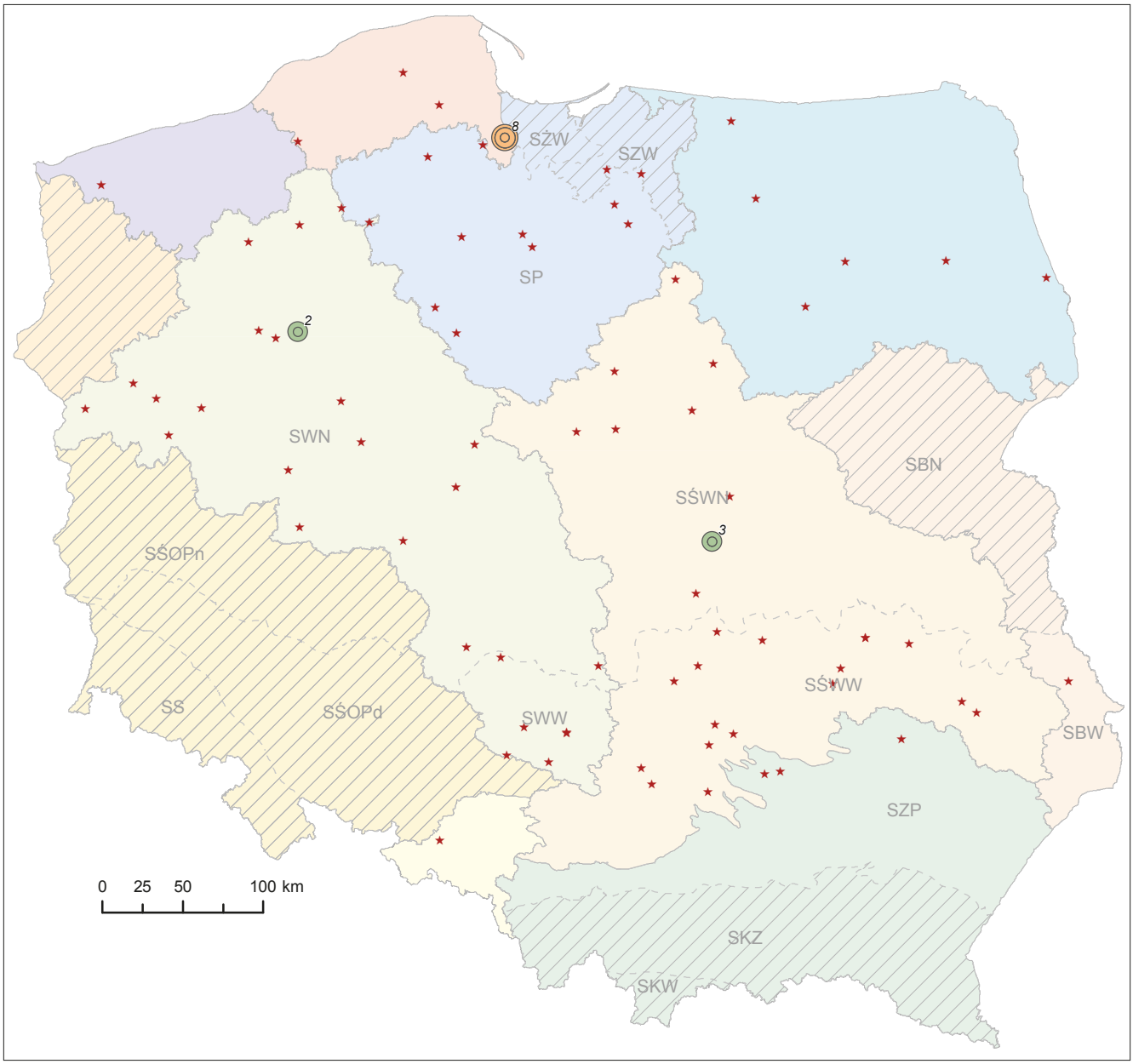


Ryc. 20. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1983 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1984

W 1984 r. zjawisko wyżówki hydrogeologicznej zidentyfikowano tylko w trzech punktach ze zbioru A zlokalizowanych w strefach zasilania i tranzytu wód podziemnych: w regionie wschodniopomorskim (1 punkt), w północnej części regionu Warty (1 punkt) i w centralnej części regionu środkowej Wisły (1 punkt), przy czym wyżówka w tych punktach występowała kilkakrotnie w ciągu roku. W dwóch punktach były to wyłącznie zjawiska krótkotrwałe nieprzekraczające miesiąca, natomiast w regionie wschodniopomorskim wyżówki trwały dłużej (maksymalnie 7 tygodni). Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku, w żadnym z punktów nie przekroczyła 50% (klasy: II i IV). W regionach: zachodniopomorskim, dolnej Wisły, Narwi, Pregoły i Niemna, Bugu, górnej Odry oraz górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,65% (ryc. 17A).

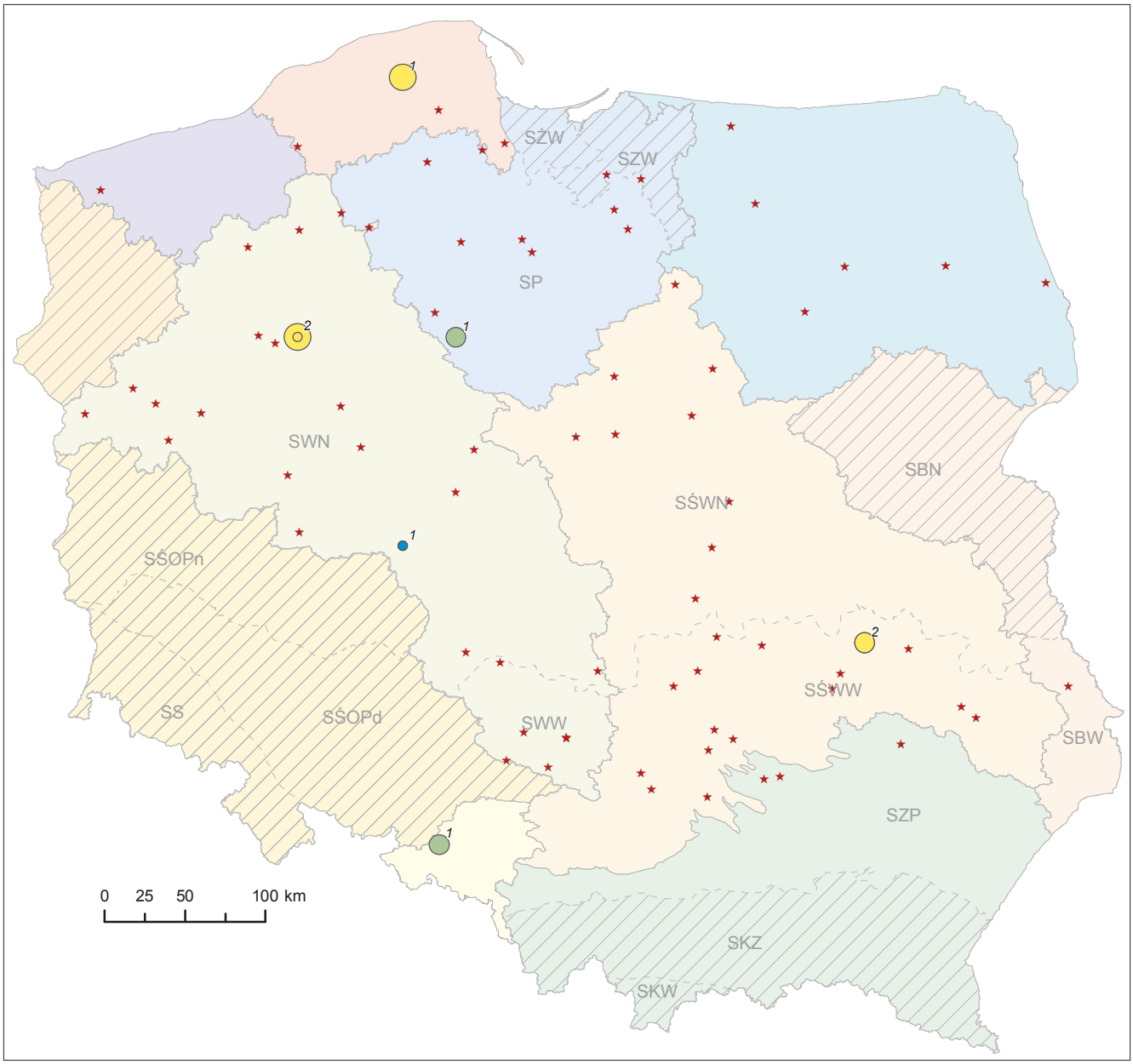


Ryc. 21. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1984 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1985

W 1985 r. zjawisko wyżówki hydrogeologicznej, podobnie jak w roku poprzednim, odnotowano w niewielkiej liczbie punktów. Ekstremalnie wysokie stany wód obserwowano w pojedynczych punktach w regionie wschodniopomorskim, regionie Warty, regionie dolnej Wisły, regionie środkowej Wisły i regionie górnej Odry. Czas trwania zjawiska w poszczególnych punktach nie przekraczał 3 miesięcy. Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany wód są położone głównie w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów wód nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W regionie zachodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie wyżynnym regionu Bugu oraz północnej części regionu górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,63% (ryc. 17A).

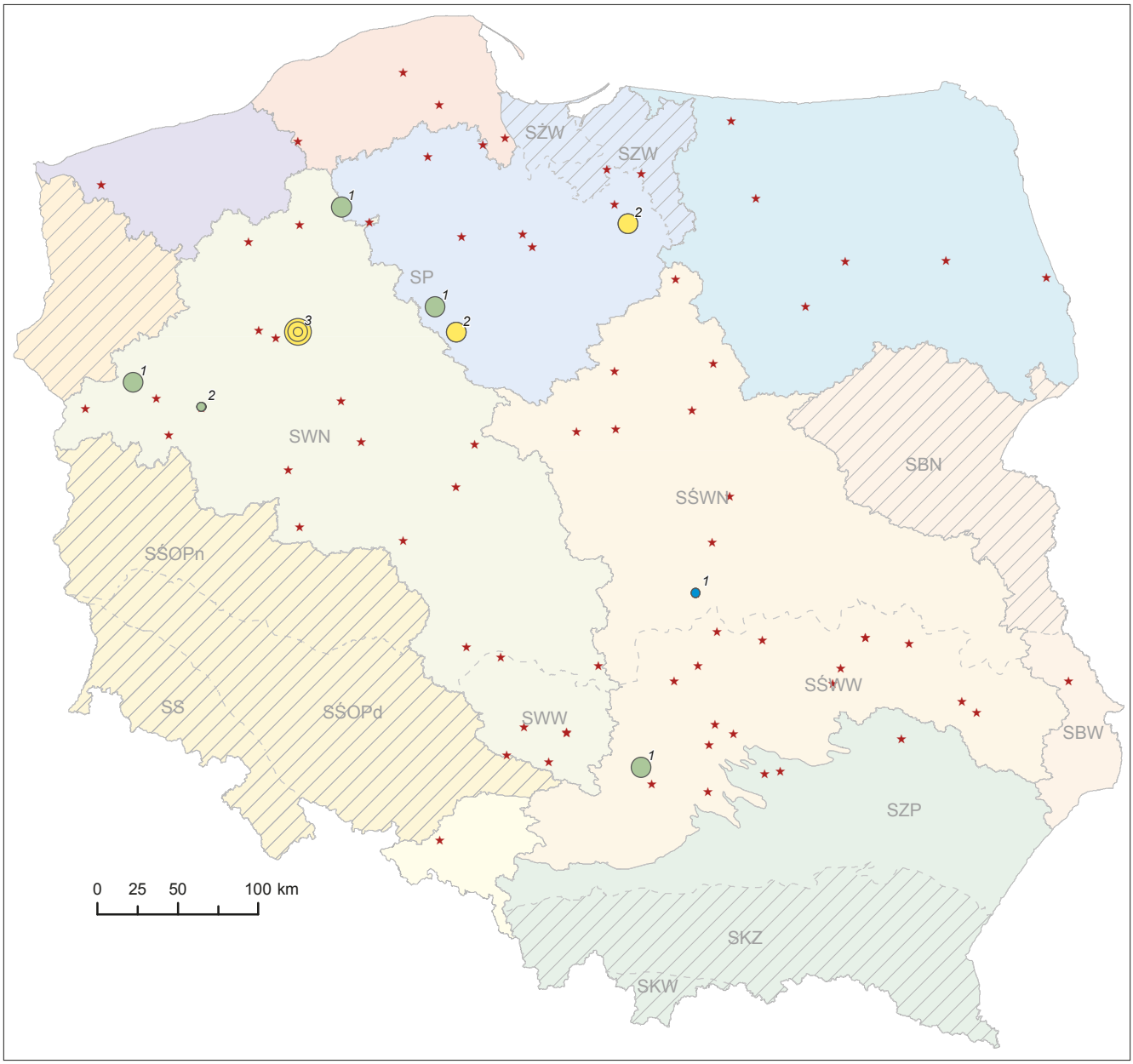


Ryc. 22. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1985 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1986

W 1986 r., w stosunku do roku poprzedniego, nieznacznie zwiększyła się liczba punktów, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych. Zjawisko występowało głównie w północnej części regionu Warty oraz w regionie dolnej Wisły. W pojedynczych punktach ekstremalnie wysokie stany obserwowano również w regionie środkowej Wisły. Przeważnie czas trwania zjawiska nie przekraczał miesiąca. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka trwała 5 tygodni (północna część regionu Warty). Większość punktów, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany wód, zlokalizowana jest w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. We wszystkich punktach, w których zjawisko odnotowano, częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie wyżynnym regionu Bugu, regionie górnej Odry oraz w północnej części regionu górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,89% (ryc. 17A).

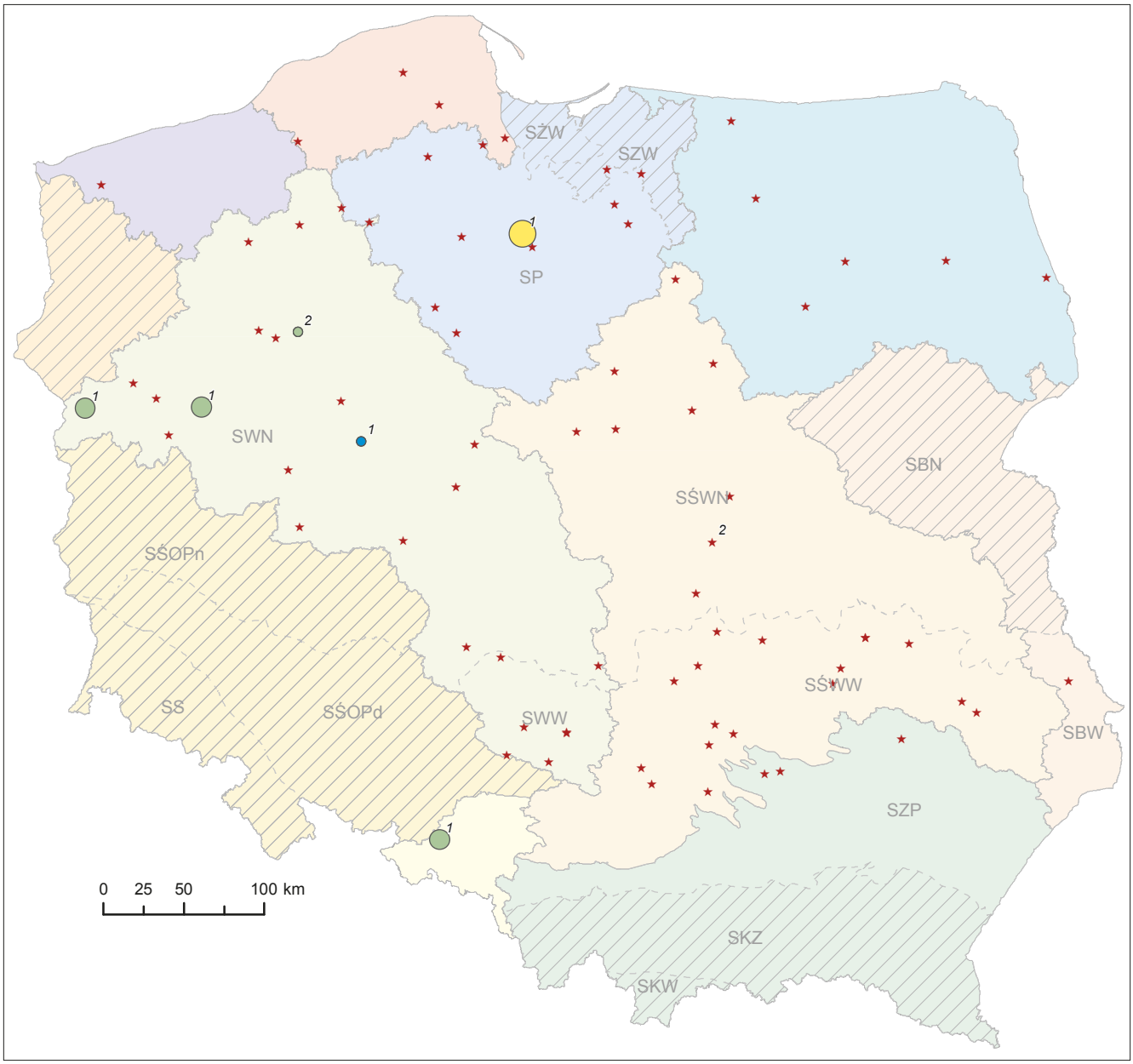


Ryc. 23. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1986 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1987

W 1987 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych występowały jedynie lokalnie w regionach: dolnej Wisły, Warty i górnej Odry. Odnotowane wyżówki były krótkie. Najdłuższa z nich trwała 7 tygodni. Liczba pomiarów z odnotowanym ekstremalnie wysokim stanem w poszczególnych punktach w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Punkty, w których zidentyfikowano zjawisko znajdowały się głównie w strefach zasilania i tranzytu wód podziemnych. W regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie wyżynnym regionu Bugu i w północnej części regionu górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niższy niż 1% (ryc. 17A).

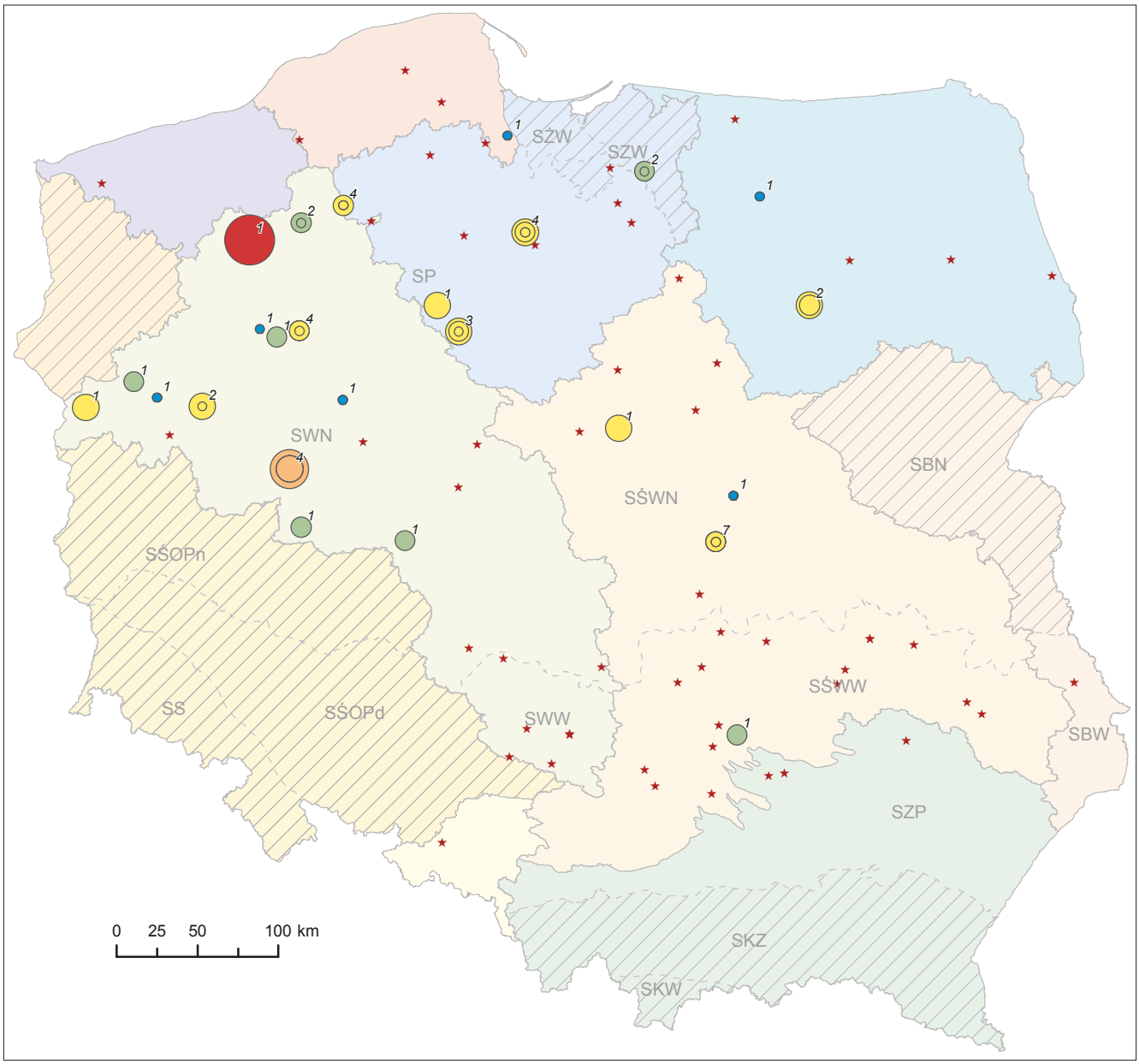


Ryc. 24. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1987 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1988

W 1988 r., w odniesieniu do roku poprzedniego, liczba punktów, w których zaobserwowano zjawisko wyżówki znacznie wzrosła. Ekstremalnie wysokie stany wód odnotowano w regionach: Warty, dolnej Wisły, Narwi, Pregoły i Niemna, środkowej Wisły oraz lokalnie w regionie wschodniopomorskim. Punkty, w których obserwowano zjawisko były zlokalizowane głównie w strefach zasilania i tranzytu wód podziemnych. Najdłużej (maksymalny odnotowany czas wyżówki to 28 tygodni) zjawisko trwało w regionie Warty. Liczba pomiarów, wskazujących na ekstremalnie wysokie stany w pojedynczych punktach przekroczyła 25% (klasa IV) i 50% (klasa V) wszystkich pomiarów w roku. W pozostałych przypadkach czas trwania zjawiska był krótszy niż 3 miesiące, a częstość występowania stanów ekstremalnych nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Najwięcej zdarzeń – 7 – odnotowano w punkcie w centralnej części regionu środkowej Wisły. Były to jednak zdarzenia trwające krócej niż miesiąc.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest dość wysoki i wynosi 3,99% (ryc. 17A).

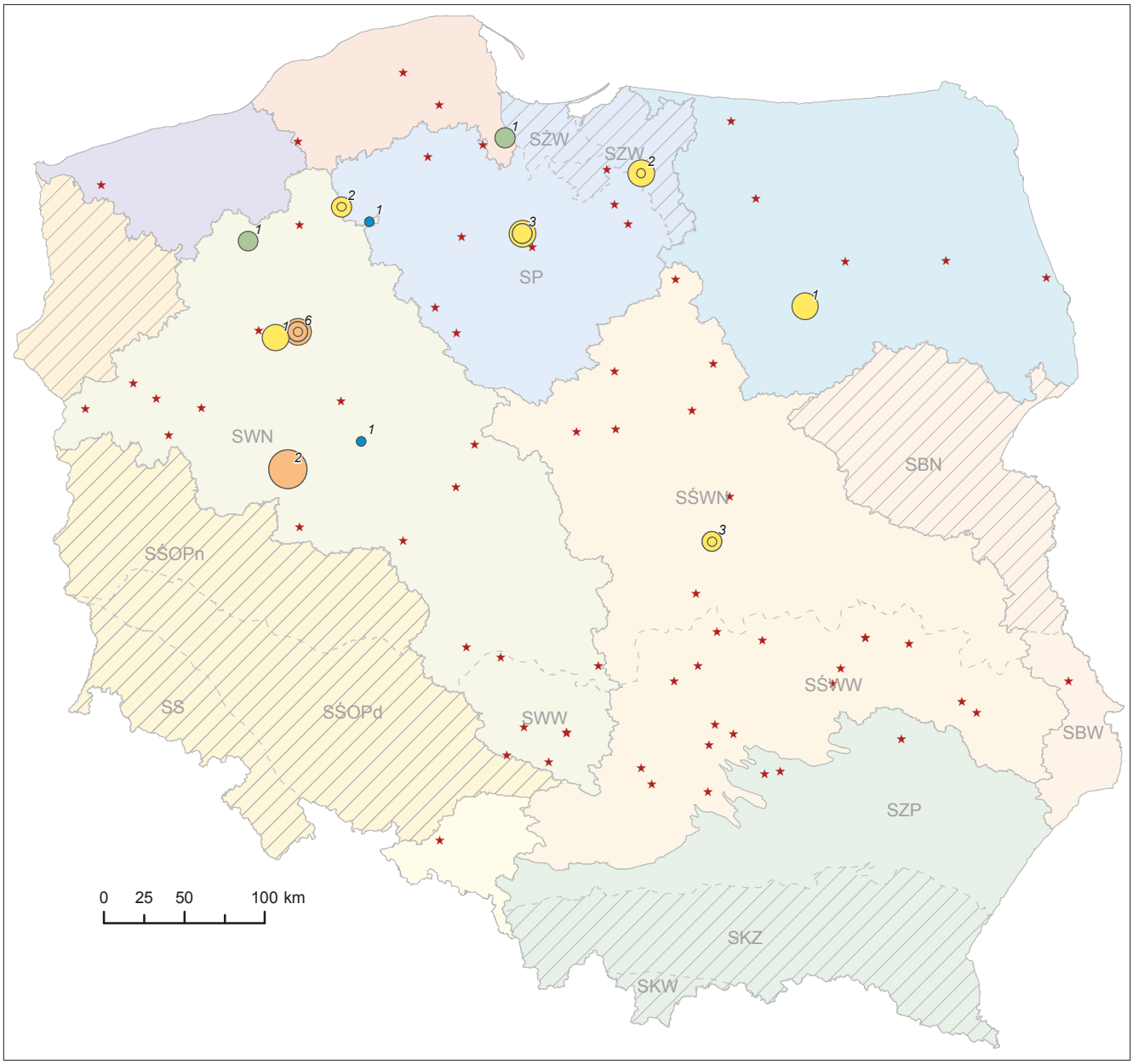


Ryc. 25. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1988 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1989

W 1989 r. zjawisko wyżówki hydrogeologicznej było obserwowane w północnej części regionu Warty, w regionie dolnej Wisły oraz w pojedynczych punktach w regionie Narwi, Pregoły i Niemna oraz w regionie środkowej Wisły oraz w regionie wschodniopomorskim. Czas trwania zjawiska był zróżnicowany, jednak najczęściej nie przekraczał miesiąca. Maksymalnie wyniósł 15 tygodni. Prawie wszystkie punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany wód, są zlokalizowane w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,38% (ryc. 17A).

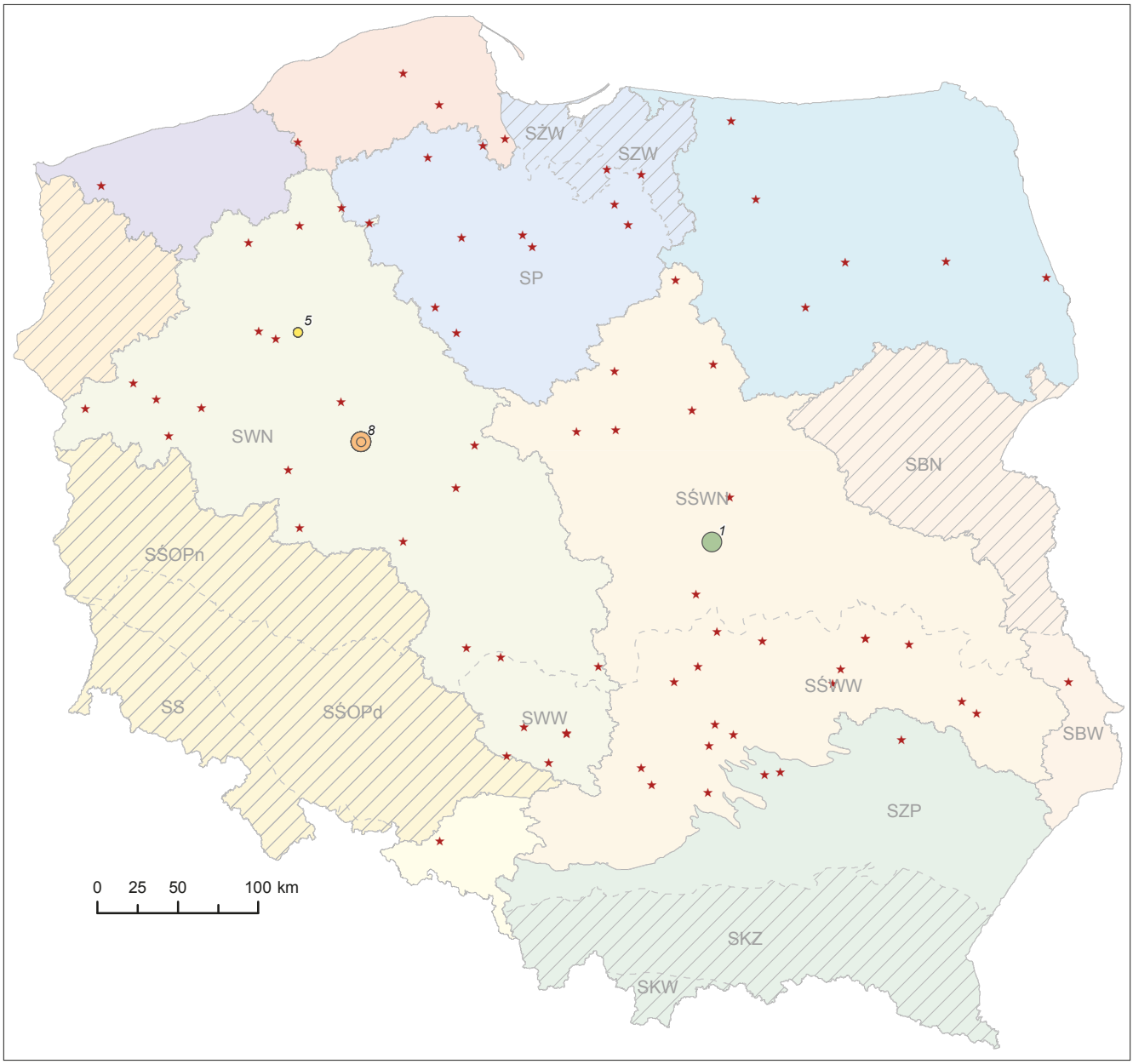


Ryc. 26. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1989 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1990

W 1990 r. na obszarze objętym analizą wyżówki zidentyfikowano tylko w trzech punktach ze zbioru A. Były to: dwa punkty w regionie Warty i jeden punkt w regionie środkowej Wisły. Zjawiska należały do krótkotrwałych, a czas ich trwania nie przekraczał miesiąca, przy czym w regionie Warty wyżówki odnotowano kilkakrotnie w tych samych punktach. Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany wód są zlokalizowane w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. W regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, dolnej Wisły, Narwi, Pregoły i Niemna, Bugu, górnej Odry oraz górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest mniejszy niż 1% (ryc. 17A).

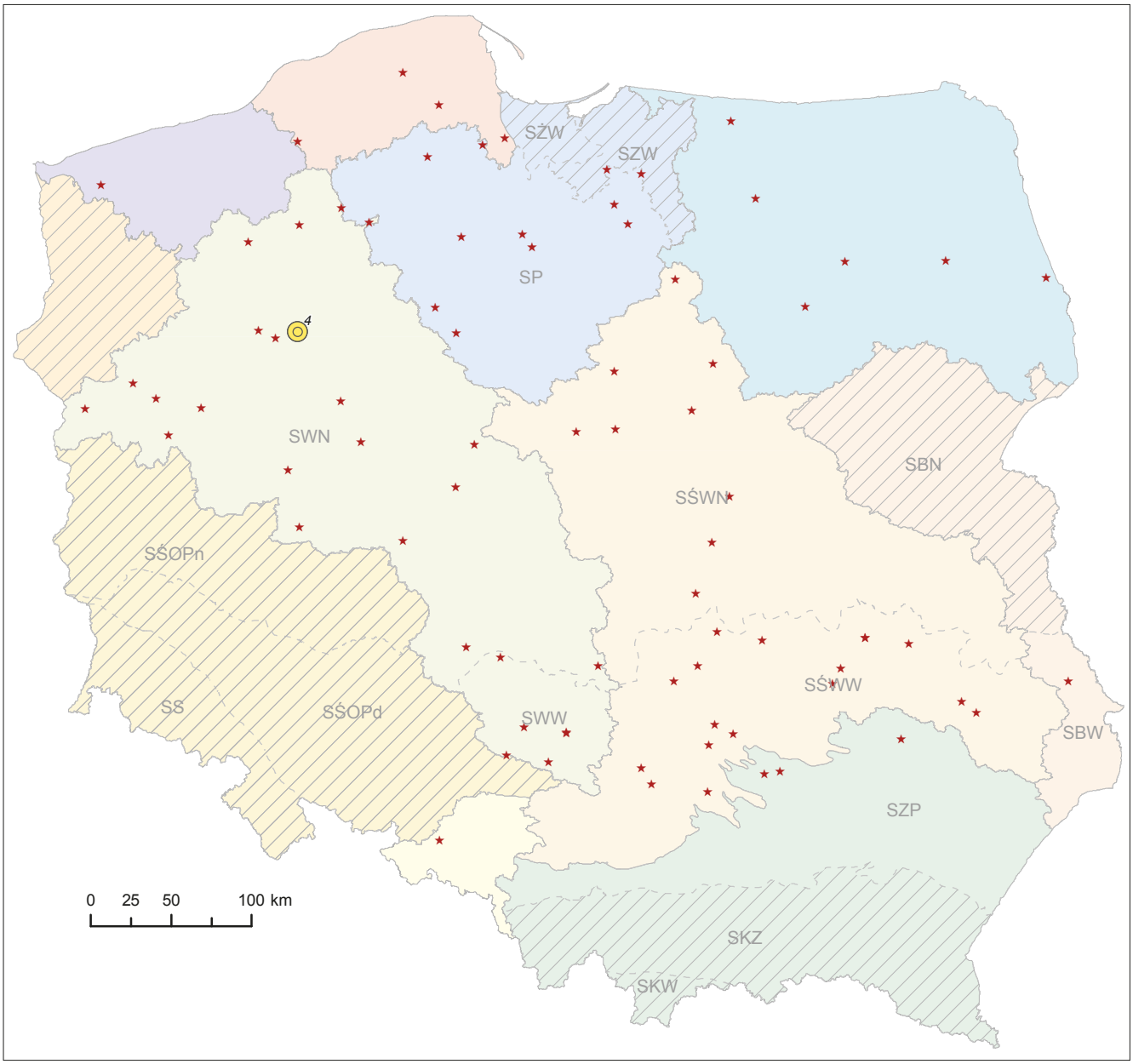


Ryc. 27. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1990 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1991

W 1991 r. zjawisko wyżówki hydrogeologicznej zidentyfikowano tylko w jednym punkcie zlokalizowanym w strefie tranzytu wód podziemnych w północnej części regionu Warty. Wyżówkę odnotowano tam cztery razy w ciągu roku. Były to zdarzenia o czasie trwania nieprzekraczającym miesiąca. W wymienionym punkcie w sumie 24% pomiarów wykonanych w roku wskazywało na stan wyżówki (klasa III).

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,14% (ryc. 17A).

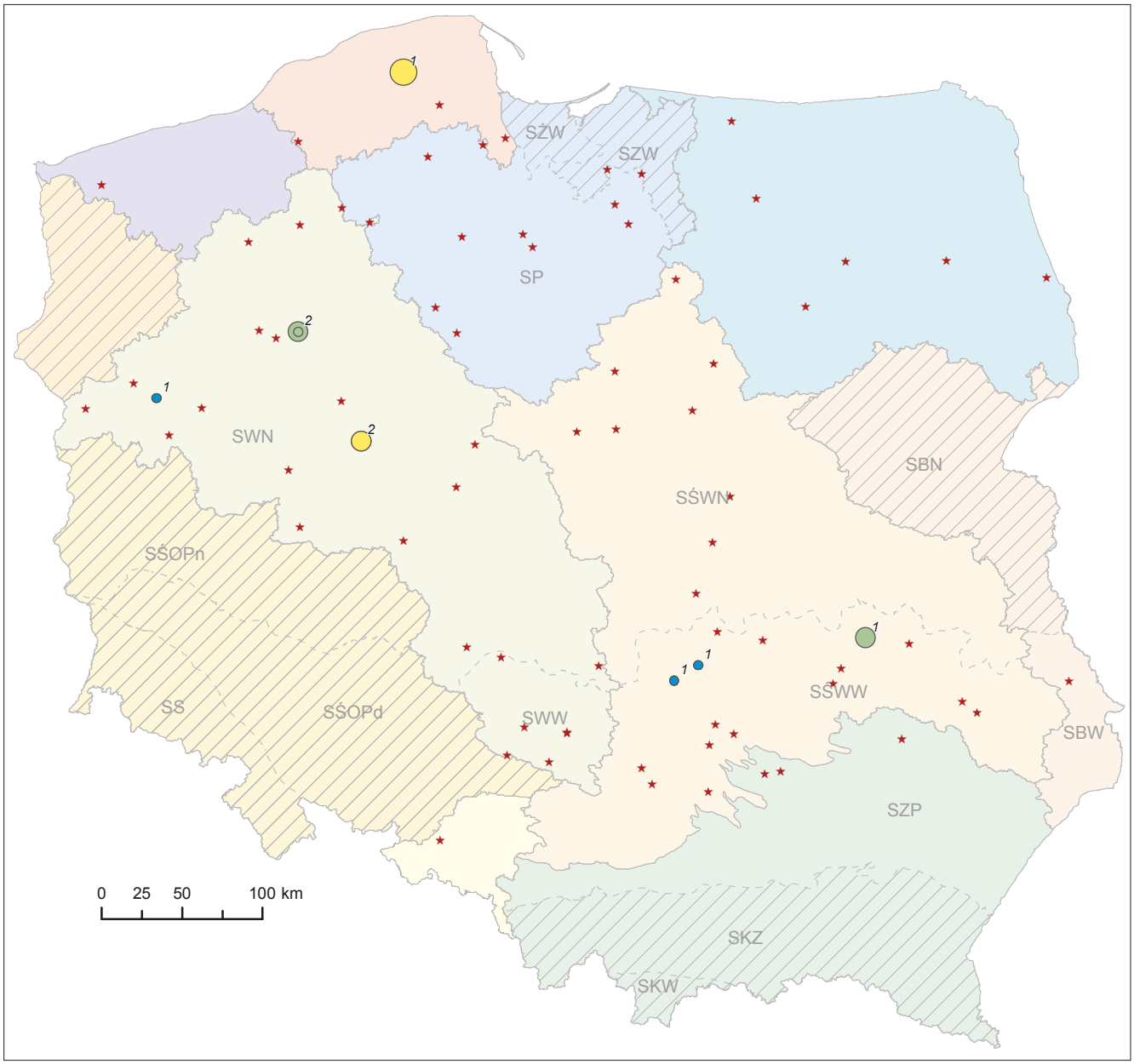


Ryc. 28. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1991 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1992

W 1992 r., w stosunku do roku poprzedniego, liczba punktów, w których odnotowano wyżówkę, nieznacznie wzrosła. Zjawisko odnotowano w punktach zlokalizowanych w strefie zasilania i tranzytu wód podziemnych w regionie wschodniopomorskim, w regionie Warty i subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły. Były to na ogół pojedyncze zdarzenia i najczęściej czas ich trwania nie przekraczał miesiąca. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka trwała 12 tygodni (region wschodniopomorski). Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w roku, w poszczególnych punktach, nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W regionie zachodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,58% (ryc. 17A).

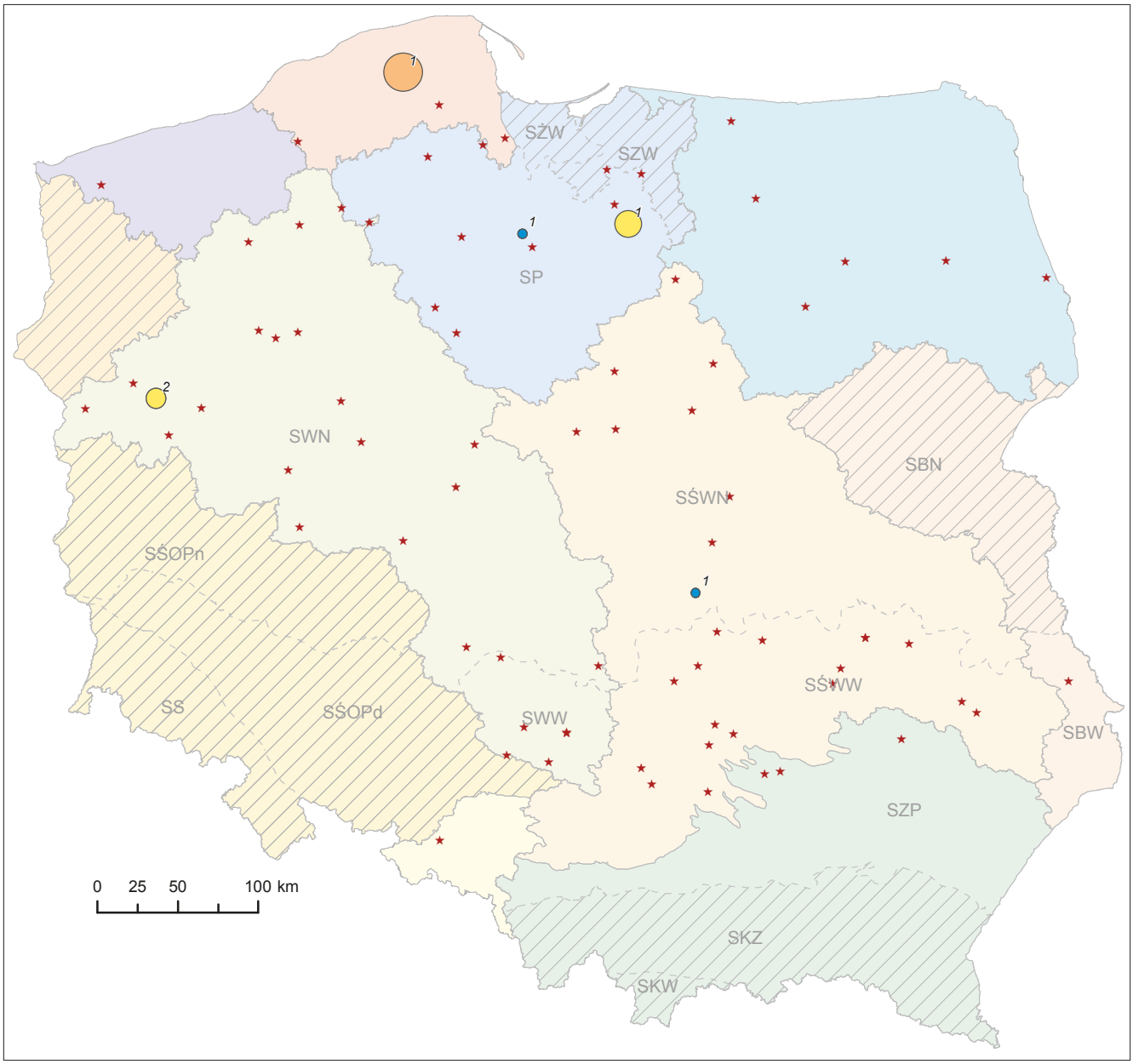


Ryc. 29. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1992 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1993

W 1993 r. zjawisko wyżówki występowało jedynie lokalnie – zidentyfikowano je w pojedynczych punktach zlokalizowanych w: regionie wschodniopomorskim (1 punkt), północno-zachodniej części regionu Warty (1 punkt), regionie dolnej Wisły (2 punkty) oraz centralnej części regionu środkowej Wisły (1 punkt). Były to na ogół zdarzenia trwające nie dłużej niż 3 miesiące. Najdłuższa odnotowana wyżówka trwała 13 tygodni (region wschodniopomorski). Punkty, w których obserwowano ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych, były zlokalizowane w różnych strefach hydrodynamicznych: zasilania, tranzytu i drenażu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, w regionie Bugu, w regionie górnej Odry i w regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,65% (ryc. 17A).

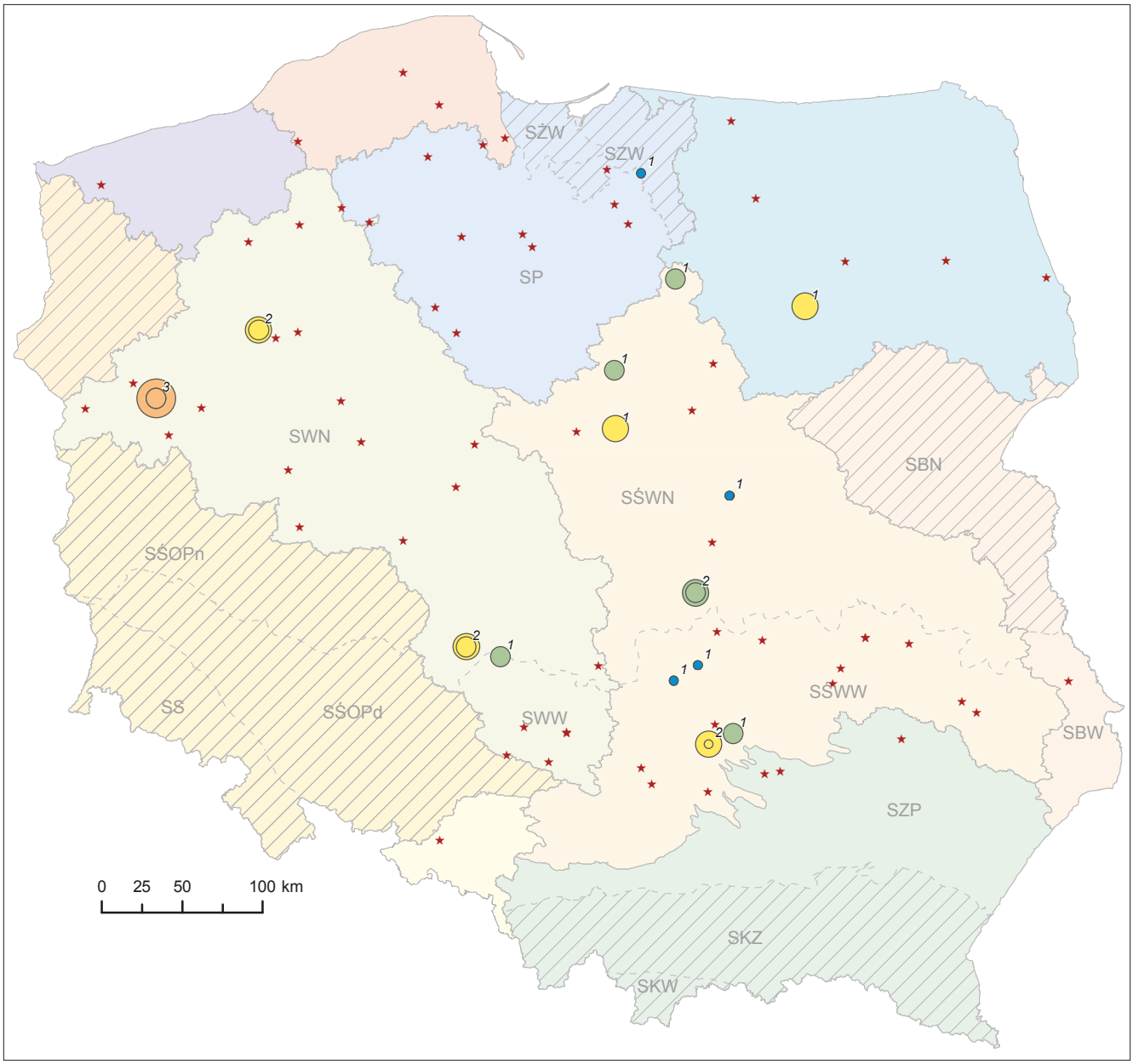


Ryc. 30. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1993 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1994

W 1994 r., w stosunku do roku poprzedniego, wzrosła liczba punktów, w których odnotowano wyżówkę hydrogeologiczną. Zjawisko było obserwowane w regionie Warty, w regionie środkowej Wisły oraz w pojedynczych punktach w regionie dolnej Wisły i w regionie Narwi, Pregoły i Niemna. Przeważnie były to zdarzenia nieprzekraczające 3 miesięcy. Najdłuższą wyżówkę trwającą 21 tygodni zidentyfikowano w północno-zachodniej części regionu Warty. Odnotowano tam również największą częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku – 25–50% (klasa IV). Punkty, w których obserwowano ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych, były zlokalizowane w różnych strefach hydrodynamicznych: zasilania, tranzytu i drenażu wód podziemnych. W regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Bugu, górnej Odry i górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest średni i wynosi 2,07% (ryc. 17A).

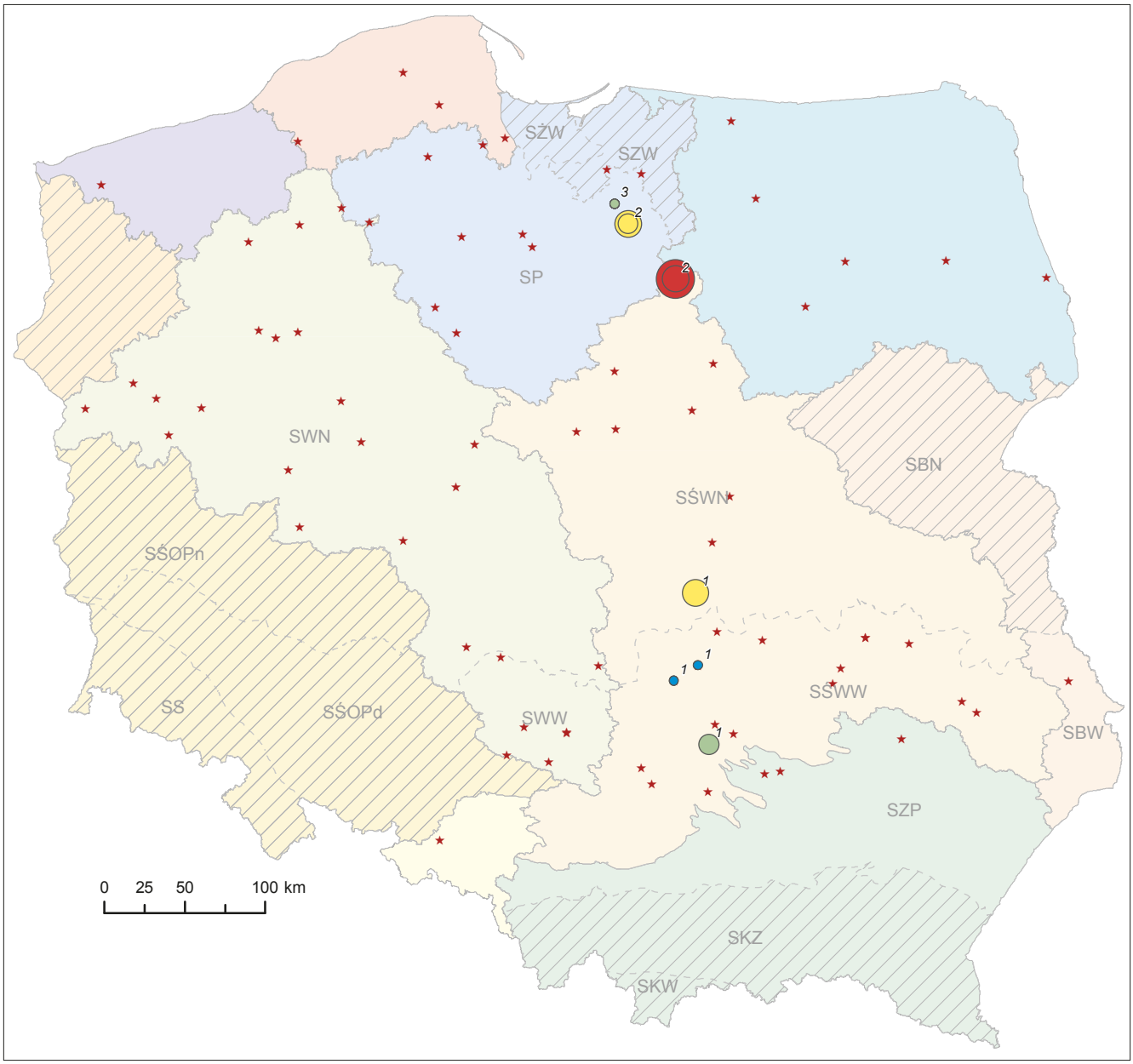


Ryc. 31. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1994 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1995

Na analizowanym obszarze w 1995 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych występowały jedynie lokalnie w regionie dolnej Wisły i regionie środkowej Wisły. W północnej części regionu środkowej Wisły w strefie drenażu, odnotowano wyżówkę, która utrzymywała się 25 tygodni. Było to najdłuższe zdarzenie tego typu zidentyfikowane w opisywanym roku. W punkcie tym liczba pomiarów, w których zjawisko było obserwowane, przekroczyła 50% (klasa V). Pozostałe punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany były zlokalizowane w strefach zasilania lub tranzytu wód podziemnych. Wyżówki trwały w nich krócej, tj. nie dłużej niż 3 miesiące. Klasy częstości występowania ekstremalnie wysokich stanów były niższe (I–III). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Warty, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 1,30% (ryc. 17A).

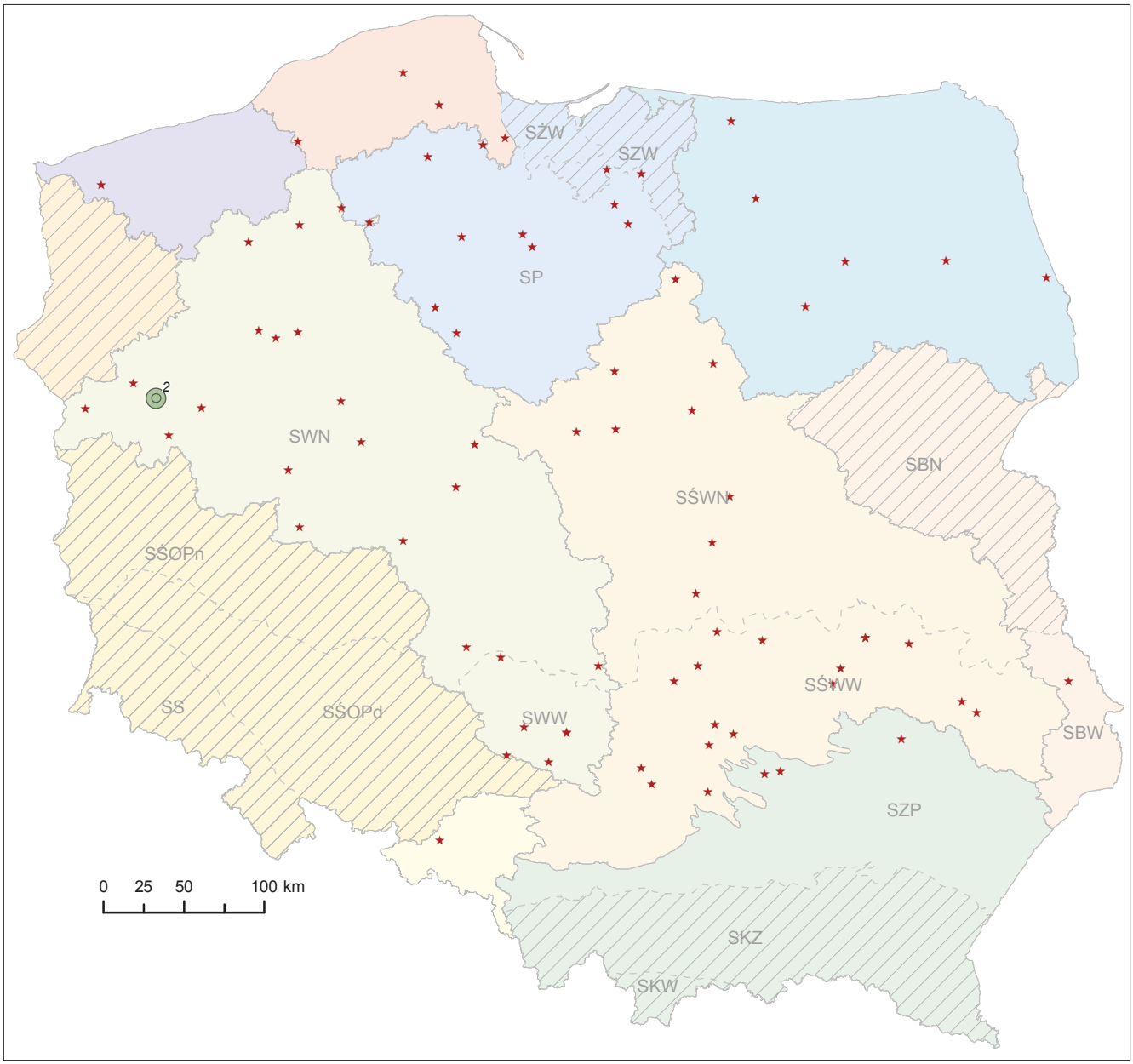


Ryc. 32. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1995 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1996

W 1996 r. na analizowanym obszarze zjawisko miało charakter lokalny – wyżowki zidentyfikowano tylko w jednym punkcie zlokalizowanym w strefie drenażu wód podziemnych, w północno-zachodniej części regionu Warty. W ciągu roku zjawisko wystąpiło tam dwukrotnie i było krótkotrwałe (czas trwania nie przekraczał miesiąca). Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w wymienionym punkcie nie przekroczyła 8% (klasa II). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie dolnej Wisły, regionie środkowej Wisły, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bardzo niski i wynosi 0,10% (ryc. 17A).

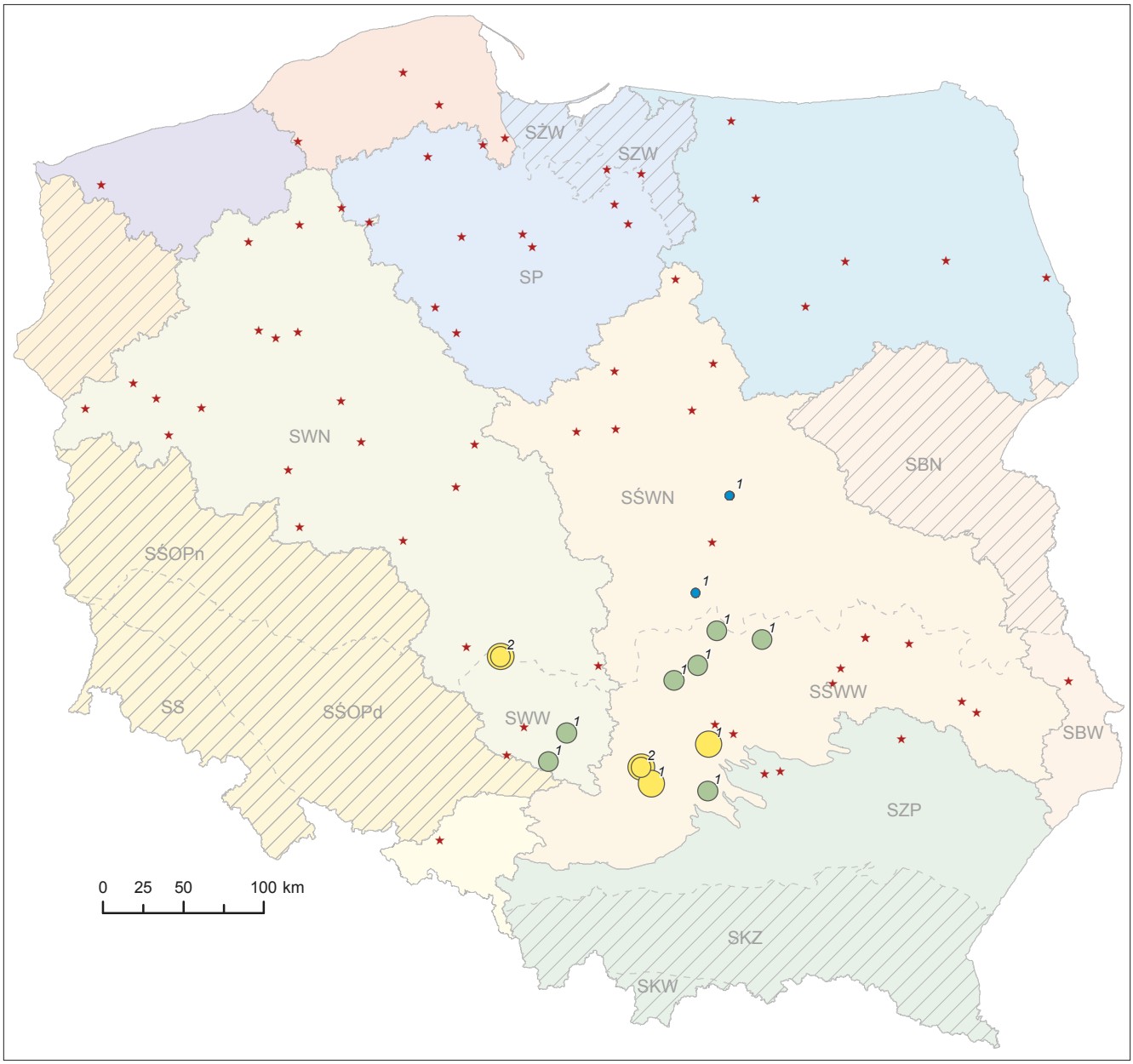


Ryc. 33. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1996 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1997

W 1997 r., w porównaniu do roku poprzedniego, zmienił się obszar i zwiększyła się liczba punktów, w których obserwowano zjawisko wyżówki. Punkty te były zlokalizowane głównie w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych w południowej części regionu Warty i w centralnej oraz południowej części regionu środkowej Wisły. W większości przypadków zjawisko wystąpiło tylko raz w ciągu roku. Czas trwania poszczególnych wyżówek nie przekroczył 3 miesięcy. Częstość występowania ekstremalnych stanów wód podziemnych nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie dolnej Wisły, regionie Bugu, regionie górnej Odry, regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,37% (ryc. 17A).

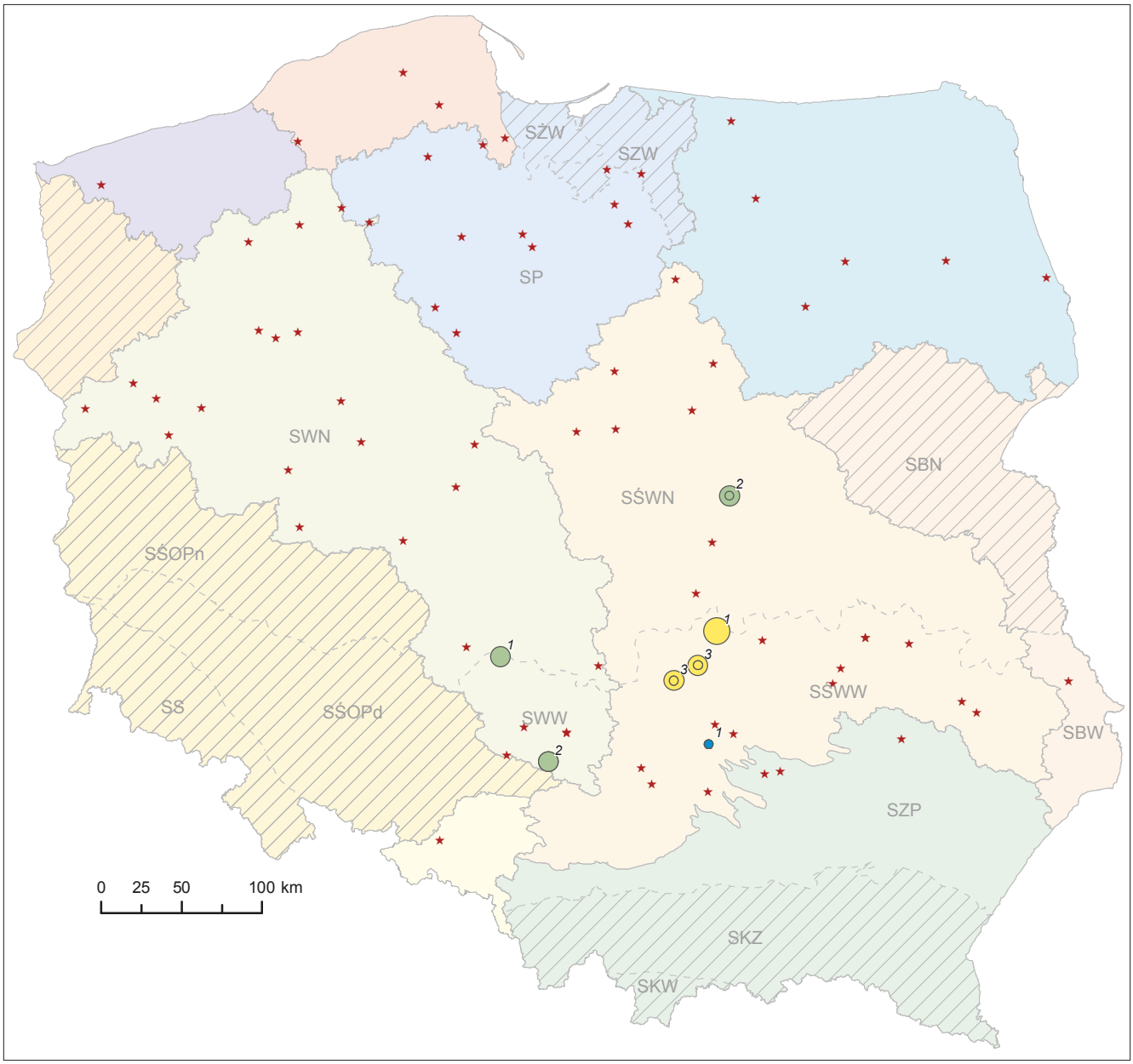


Ryc. 34. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1997 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1998

W 1998 r. zjawisko wyżówki nadal było obserwowane tylko w południowej części regionu Warty oraz w centralnej i południowej części regionu środkowej Wisły. W stosunku do roku poprzedniego zmniejszyła się liczba punktów, w których odnotowano zjawisko. Punkty, w których zidentyfikowano ekstremalnie wysokie stany są zlokalizowane w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. Przeważnie czas trwania wyżówek nie był dłuższy niż miesiąc. Tylko w jednym punkcie w regionie środkowej Wisły obserwowano zjawisko trwające dłużej (10 tygodni). W poszczególnych punktach częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie dolnej Wisły, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest stosunkowo niski i wynosi 0,84% (ryc. 17A).

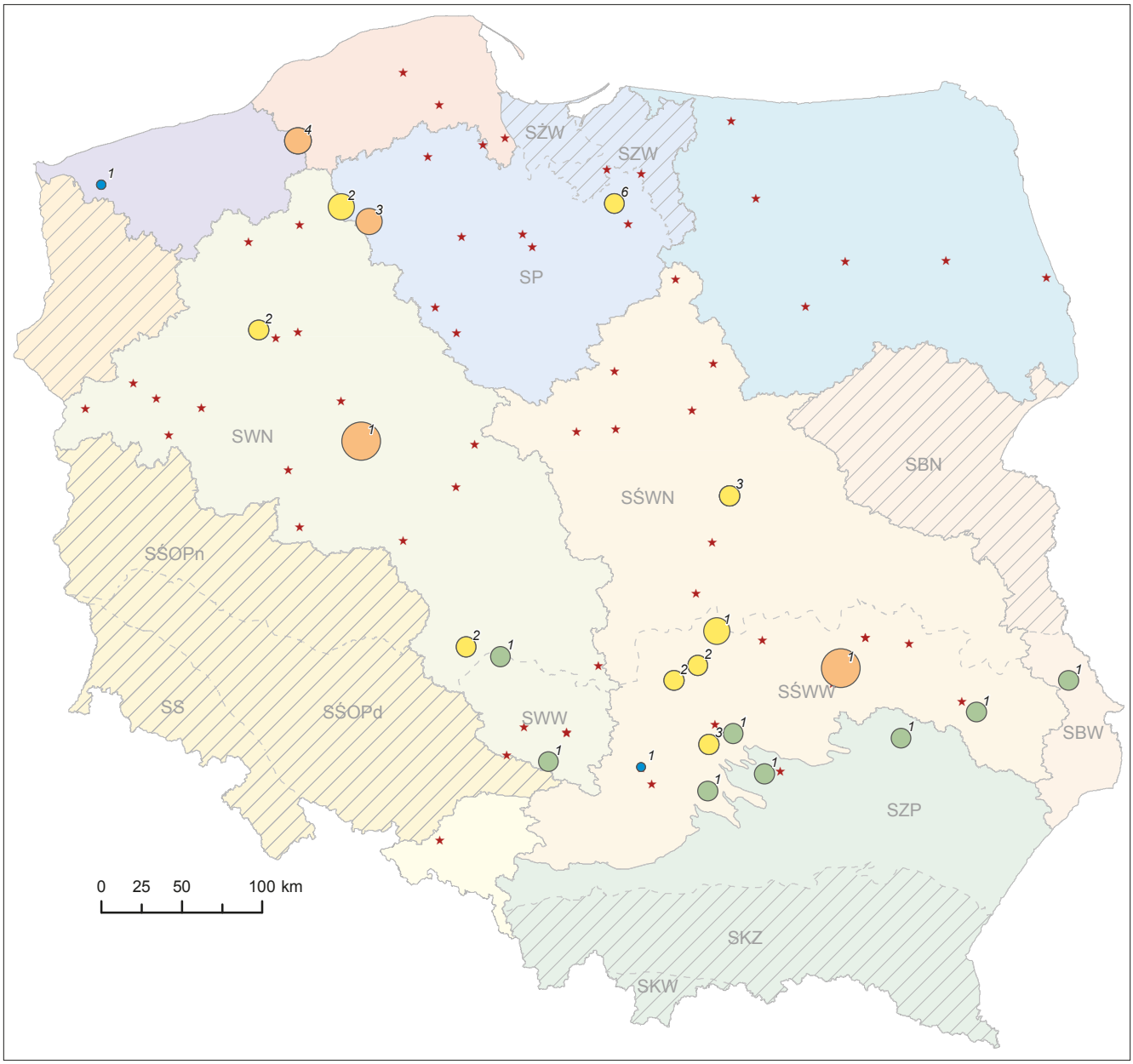


Ryc. 35. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1998 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1999

W 1999 r., w odniesieniu do roku poprzedniego, liczba punktów, w których odnotowano wyżówkę, znacznie wzrosła. Zjawisko było obserwowane w regionie zachodniopomorskim, w regionie wschodniopomorskim, w regionie Warty, w regionie dolnej Wisły, w regionie środkowej Wisły, w regionie Bugu i w regionie górnej Wisły. Najwięcej zdarzeń odnotowano w regionie dolnej Wisły i w regionie wschodniopomorskim. Czas trwania wyżówek na ogół nie przekraczał miesiąca. W kilku przypadkach zjawisko trwało dłużej. Najdłuższa wyżówka utrzymywała się przez 22 tygodnie. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku w większości punktów nie przekraczała 24% (klasy: I–III). W nielicznych punktach zawierała się w przedziale 25–50% (klasa IV). Większość punktów, w których wystąpiły ekstremalnie wysokie stany, zlokalizowana jest w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. Ekstremalnie wysokich stanów wód nie zidentyfikowano w regionie Narwi, Pregoły i Niemna.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest dość wysoki i wynosi 3,94% (ryc. 17A).

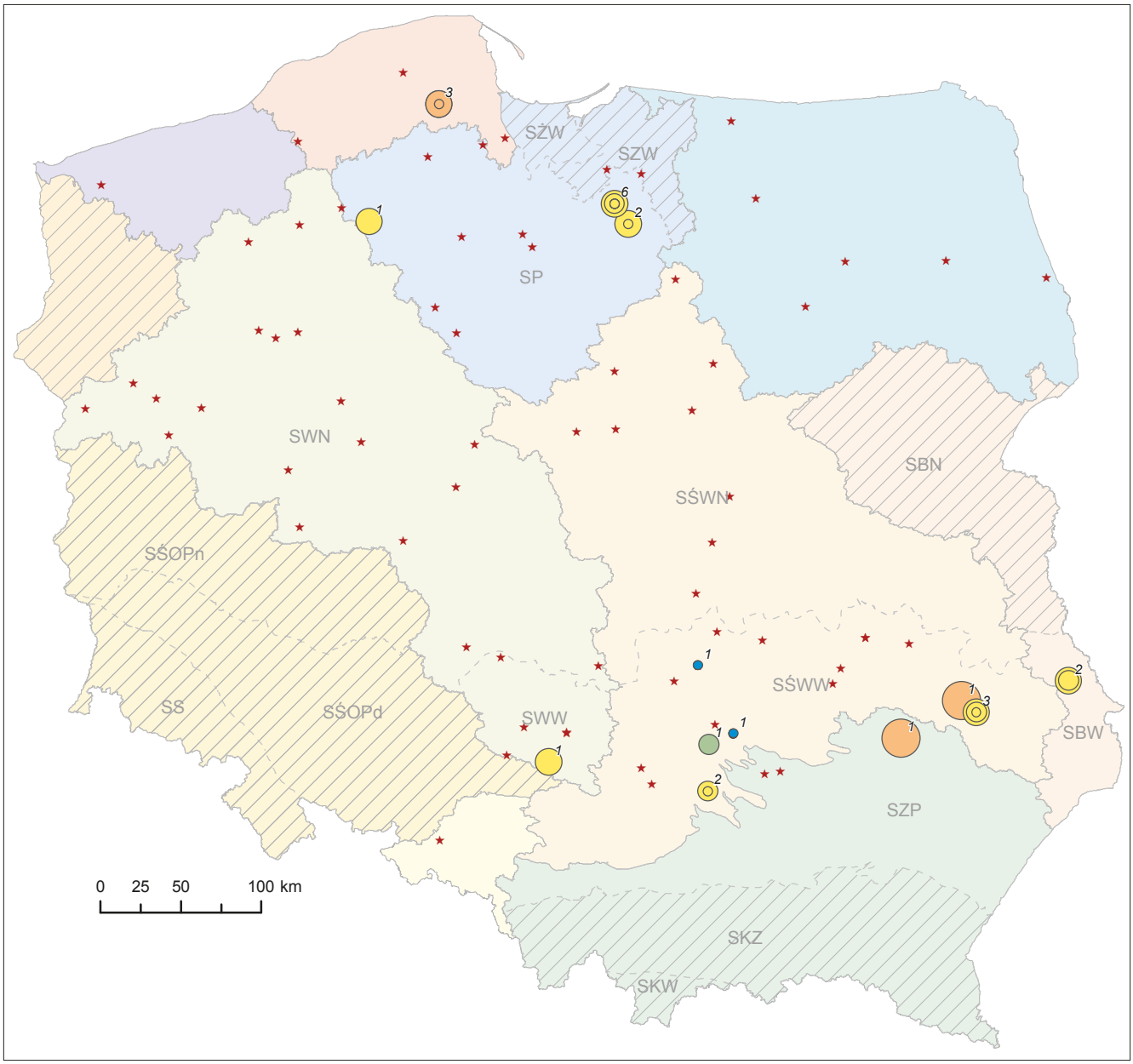


Ryc. 36. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1999 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2000

W 2000 r., w stosunku do roku poprzedniego, zmniejszyła się liczba punktów, w których odnotowano zjawisko wyżówki hydrogeologicznej. Ekstremalnie wysokie stany wód były obserwowane w pojedynczych punktach zlokalizowanych przeważnie w strefie zasilania lub tranzytu: w regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, subregionie wyżynnym regionu Warty, subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły, w regionie Bugu i w regionie górnej Wisły. Obserwowane zjawisko, w żadnym punkcie, nie trwało dłużej niż pół roku. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka utrzymywała się przez 22 tygodnie. W poszczególnych punktach częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku była zróżnicowana od 9 do 50% (klasy: I–IV).

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,72% (ryc. 17A).

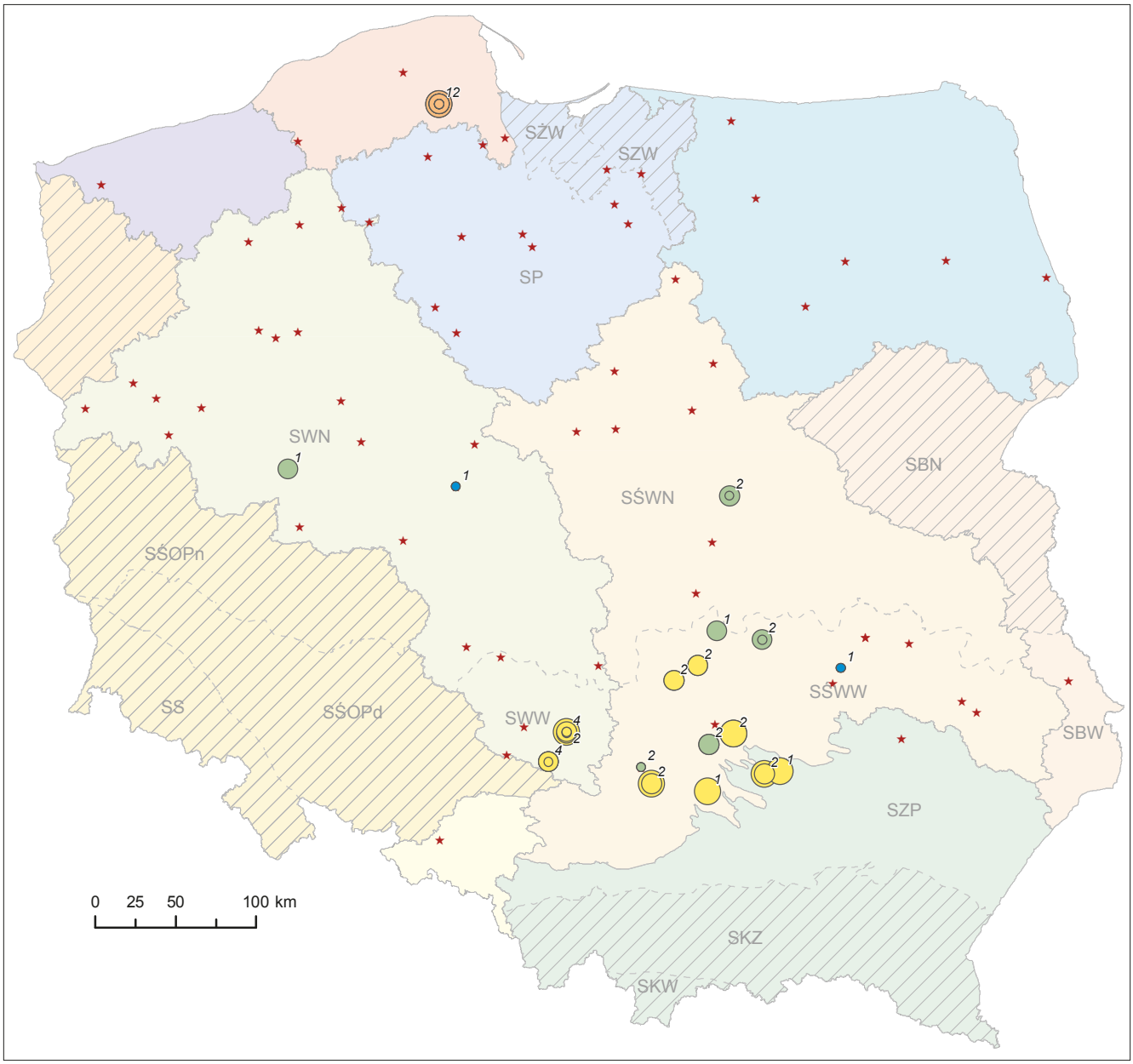


Ryc. 37. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2000 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2001

W 2001 r. wyżówka hydrogeologiczna występowała głównie w subregionie wyżynnym regionu Warty, subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły oraz w północnej części regionu górnej Wisły. Na pozostałym obszarze objętym analizą zjawisko występowało lokalnie. W znacznej liczbie przypadków odnotowane zdarzenia było krótkotrwałe (nie przekraczały miesiąca). W niektórych punktach wyżówkę obserwowano wielokrotnie w ciągu roku. Największą liczbę zdarzeń w tym samym punkcie odnotowano w regionie wschodniopomorskim – 12. Tak znaczna liczba wyżówek odnotowana w jednym punkcie świadczy o tym, że zwierciadło wód podziemnych w rozważanym czasie często oscylowało wokół przyjętej wartości granicznej zjawiska. Większość punktów, w których odnotowano wyżówkę znajduje się w strefie zasilania lub drenażu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Bugu i regionie górnej Odry zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 3,08% (ryc. 17A).

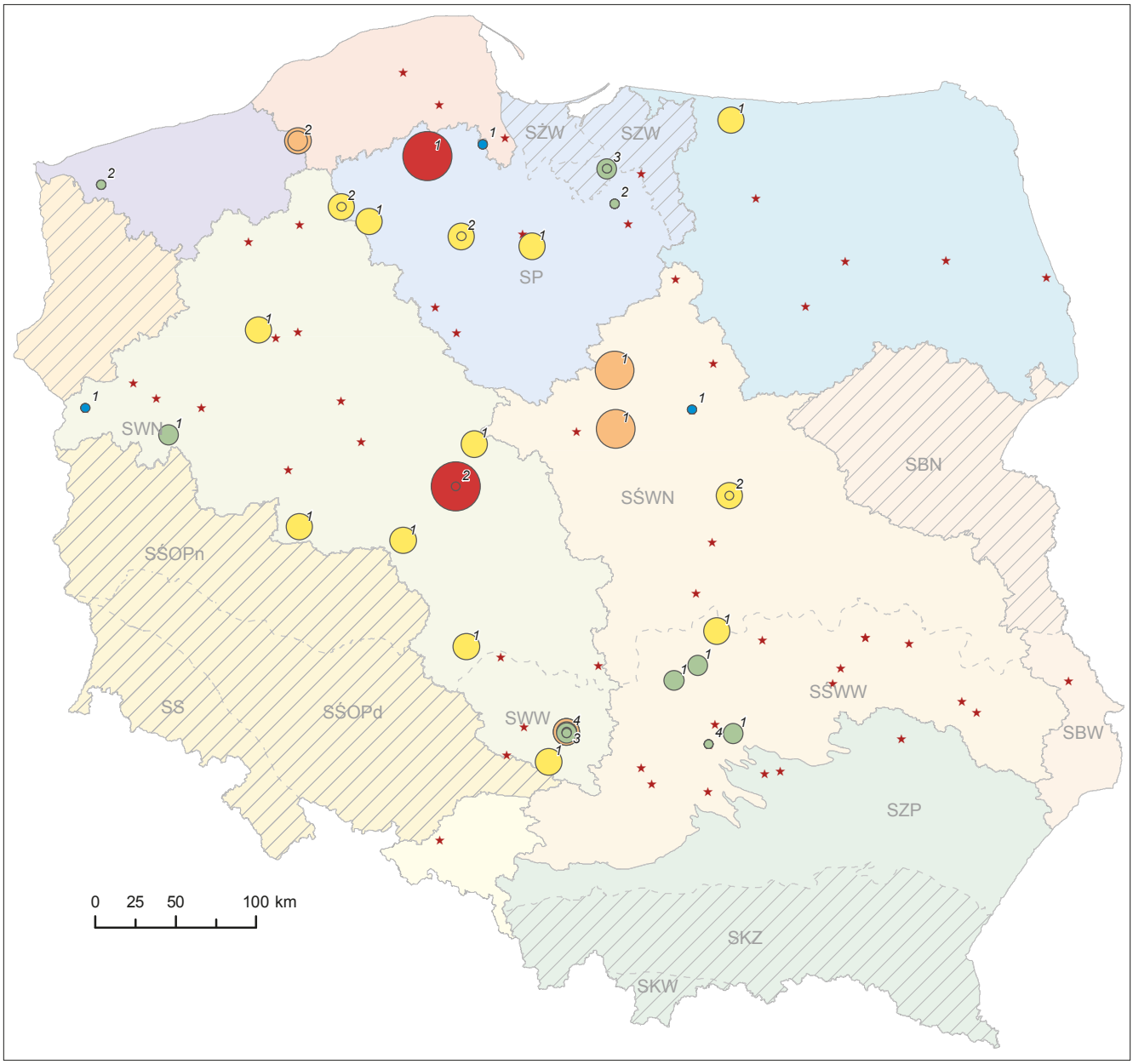


Ryc. 38. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2001 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2002

W 2002 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych na analizowanym obszarze wystąpiły głównie w regionie dolnej Wisły, w regionie Warty i w regionie środkowej Wisły. W regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna zjawisko miało charter lokalny. Czas trwania wyżówek był zróżnicowany. Najdłuższe ciągłe okresy występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych, trwające ponad pół roku, odnotowano: w centralnej części regionu Warty (1 punkt) i w północno-zachodniej części regionu dolnej Wisły (1 punkt). Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w tych punktach wynosi ponad 50% (klasa V). Maksymalny odnotowany czas trwania zjawiska wyniósł 31 tygodni (punkt w północnej części subregionu pojeziernego regionu dolnej Wisły). Punkty, w których zidentyfikowano wyżówkę, są zlokalizowane zarówno w strefie zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. W regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest wysoki i wynosi 6,15% (ryc. 17A).

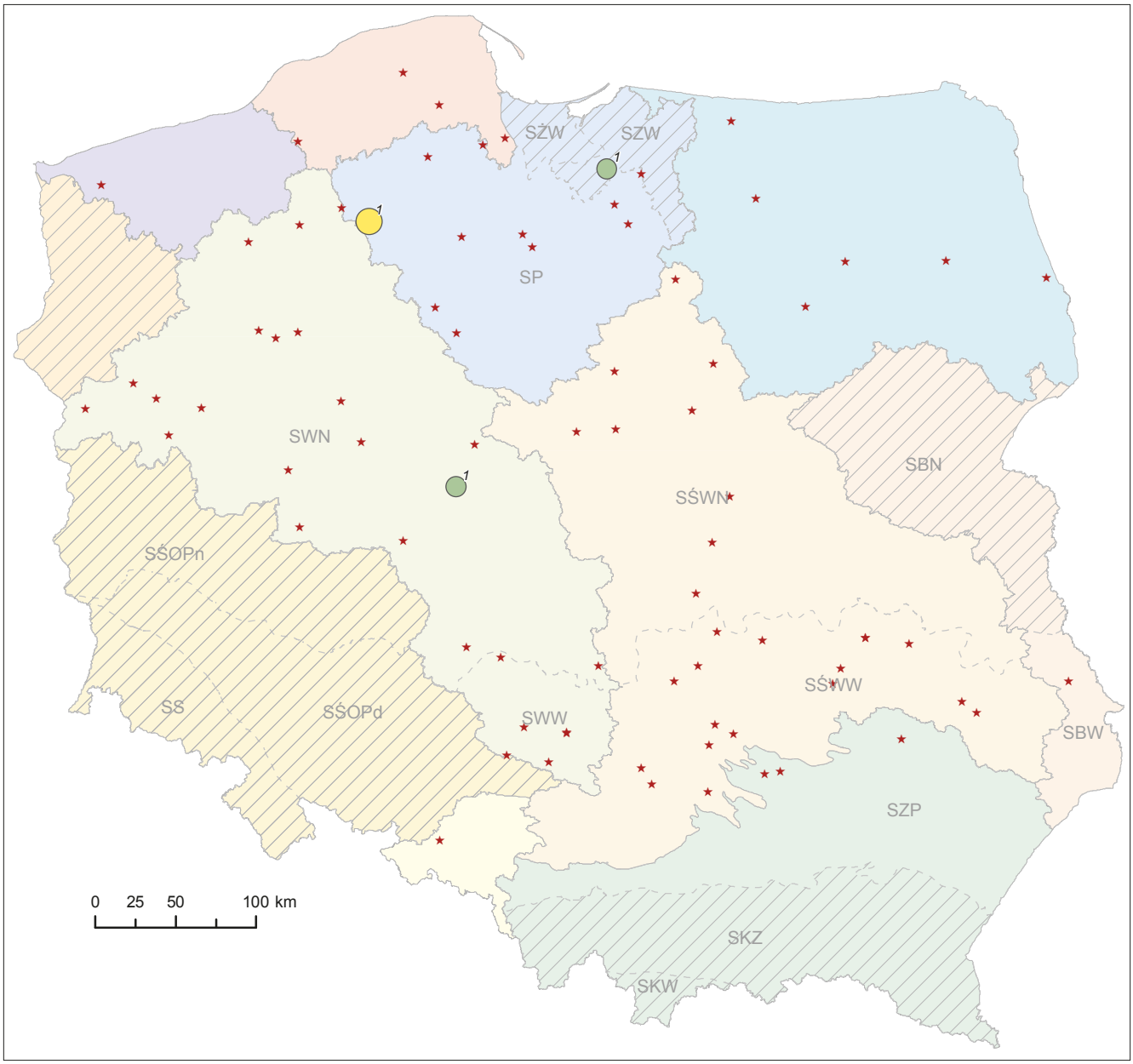


Ryc. 39. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2002 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2003

W 2003 r., w stosunku do roku poprzedniego, liczba punktów, w których odnotowano wyżówkę, znacznie się zmniejszyła. Ekstremalnie wysokie stany obserwowano tylko w nielicznych punktach: w regionie dolnej Wisły (2 punkty) oraz w regionie Warty (1 punkt). Były to zdarzenia pojedyncze i krótkotrwałe. W dwóch pierwszych punktach zjawisko trwało 2 tygodnie, w trzecim – 6 tygodni. Punkty, w których zidentyfikowano ekstremalnie wysokie stany są zlokalizowane w strefie zasilania lub tranzytu (region dolnej Wisły) oraz strefie drenażu wód podziemnych (region Warty). W regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, środkowej Wisły, Bugu, górnej Odry i górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bardzo niski i wynosi 0,24% (ryc. 17A).

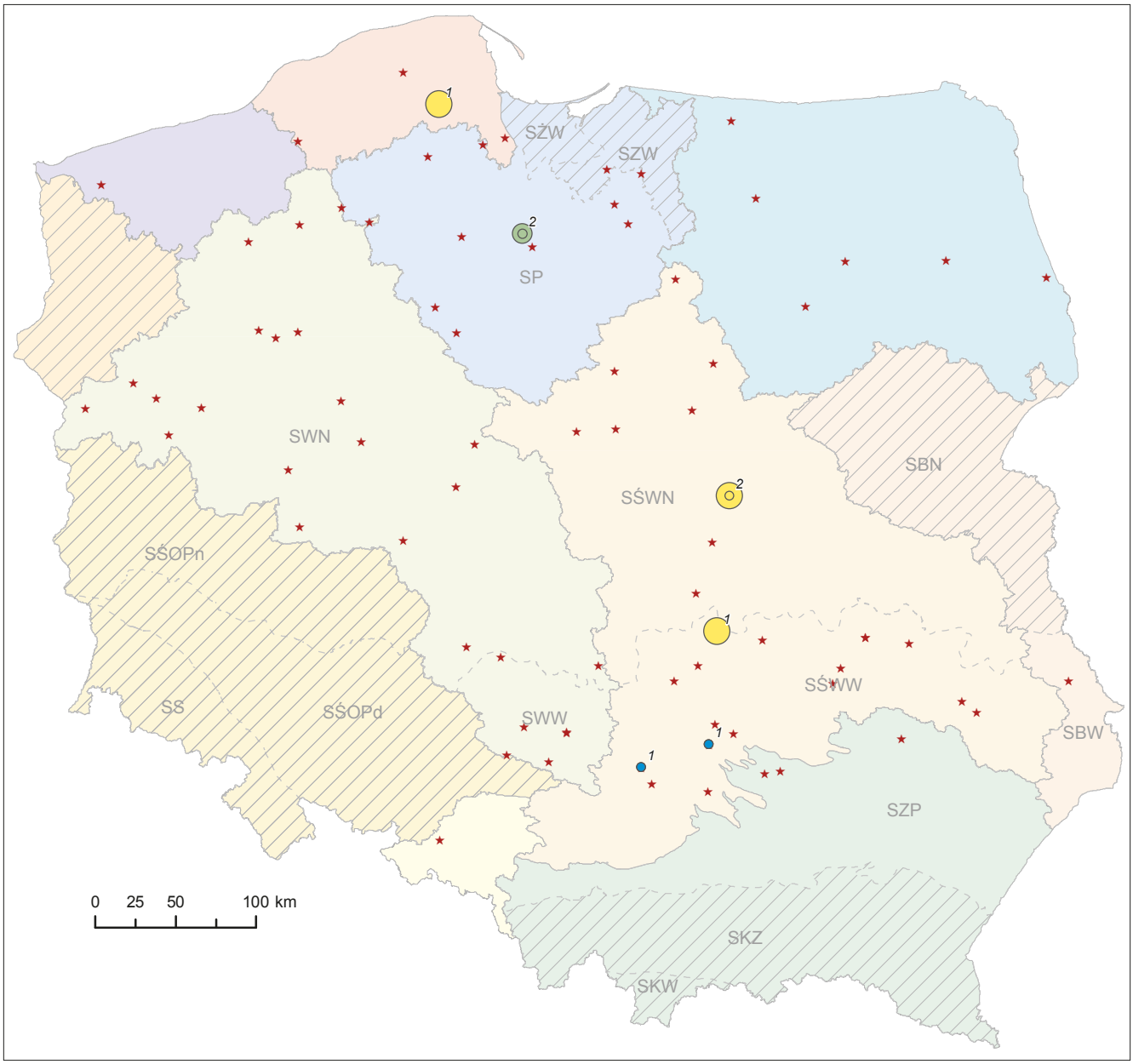


Ryc. 40. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2003 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2004

Na analizowanym obszarze w 2004 r. wyżówka występowała głównie w regionie środkowej Wisły oraz lokalnie w regionie wschodniopomorskim i w regionie dolnej Wisły. W większości przypadków były to pojedyncze zdarzenia. Czas trwania zjawiska był zróżnicowany – od 1 do 7 tygodni. Częstość występowania ekstremalnych stanów w poszczególnych punktach nie przekroczyła 24% (klasy I–III). Punkty, w których zidentyfikowano wyżówkę, zlokalizowane w regionie wschodniopomorskim i regionie środkowej Wisły znajdują się w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. Punkt zlokalizowany w regionie dolnej Wisły znajduje się w strefie drenażu. W regionie zachodniopomorskim, regionie Warty, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Bugu, regionie górnej Odry oraz regionie górnej Wisły ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niewielki i wynosi 0,55% (ryc. 17A).

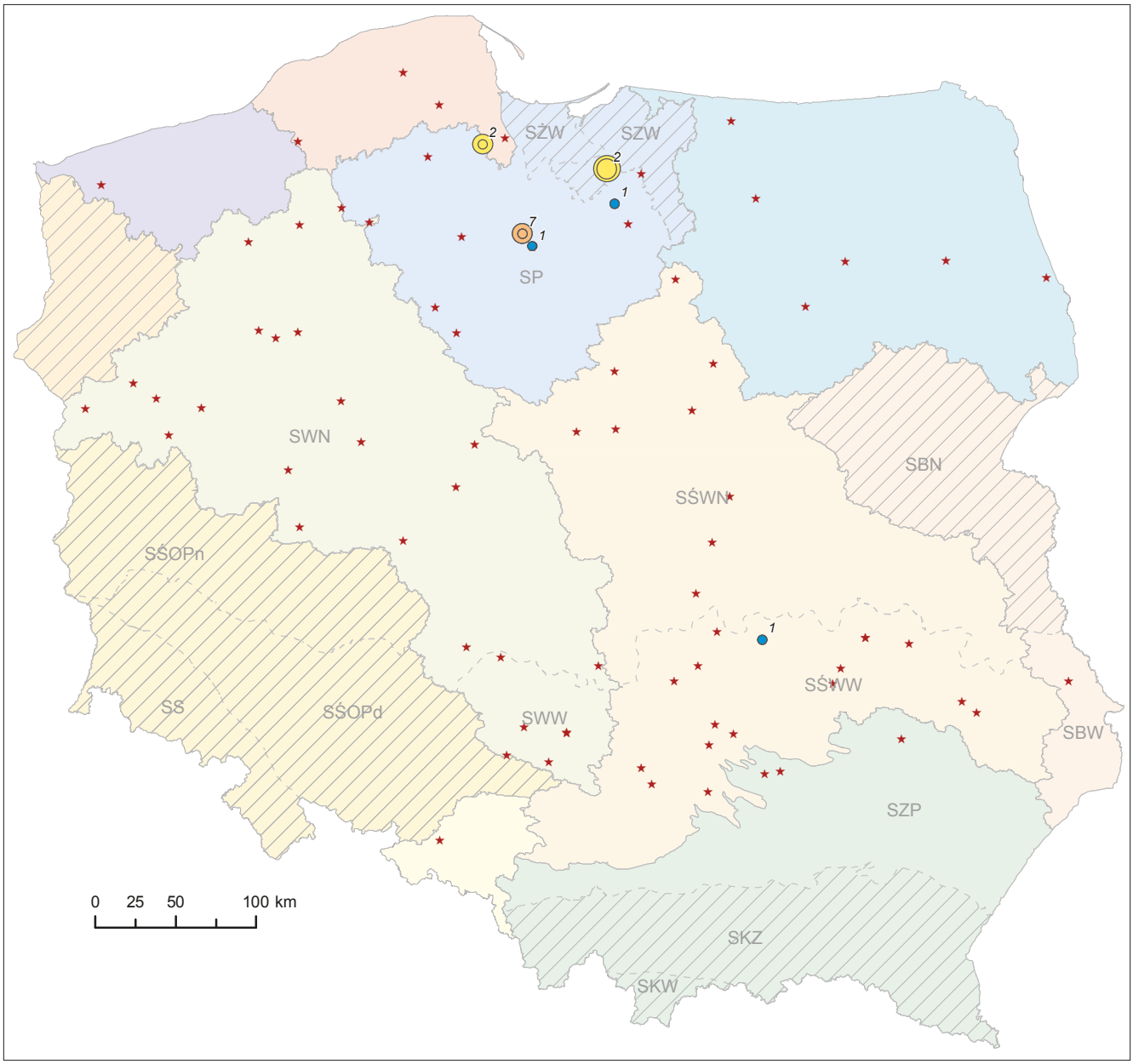


Ryc. 41. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2004 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2005

W 2005 r. na analizowanym obszarze ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych odnotowano w regionie dolnej Wisły oraz w regionie środkowej Wisły. W regionie dolnej Wisły czas trwania zjawiska to 1–7 tygodni, przy czym wyżówki odnotowano wielokrotnie w ciągu roku w tych samych punktach. Częstość występowania ekstremalnych stanów w roku nie przekroczyła w żadnym punkcie 50% (klasy: I–IV). W regionie środkowej Wisły odnotowana wyżówka trwała mniej niż 2 tygodnie (klasa częstości I). Większość punktów, w których zidentyfikowano zjawisko znajduje się w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,77% (ryc. 17A).

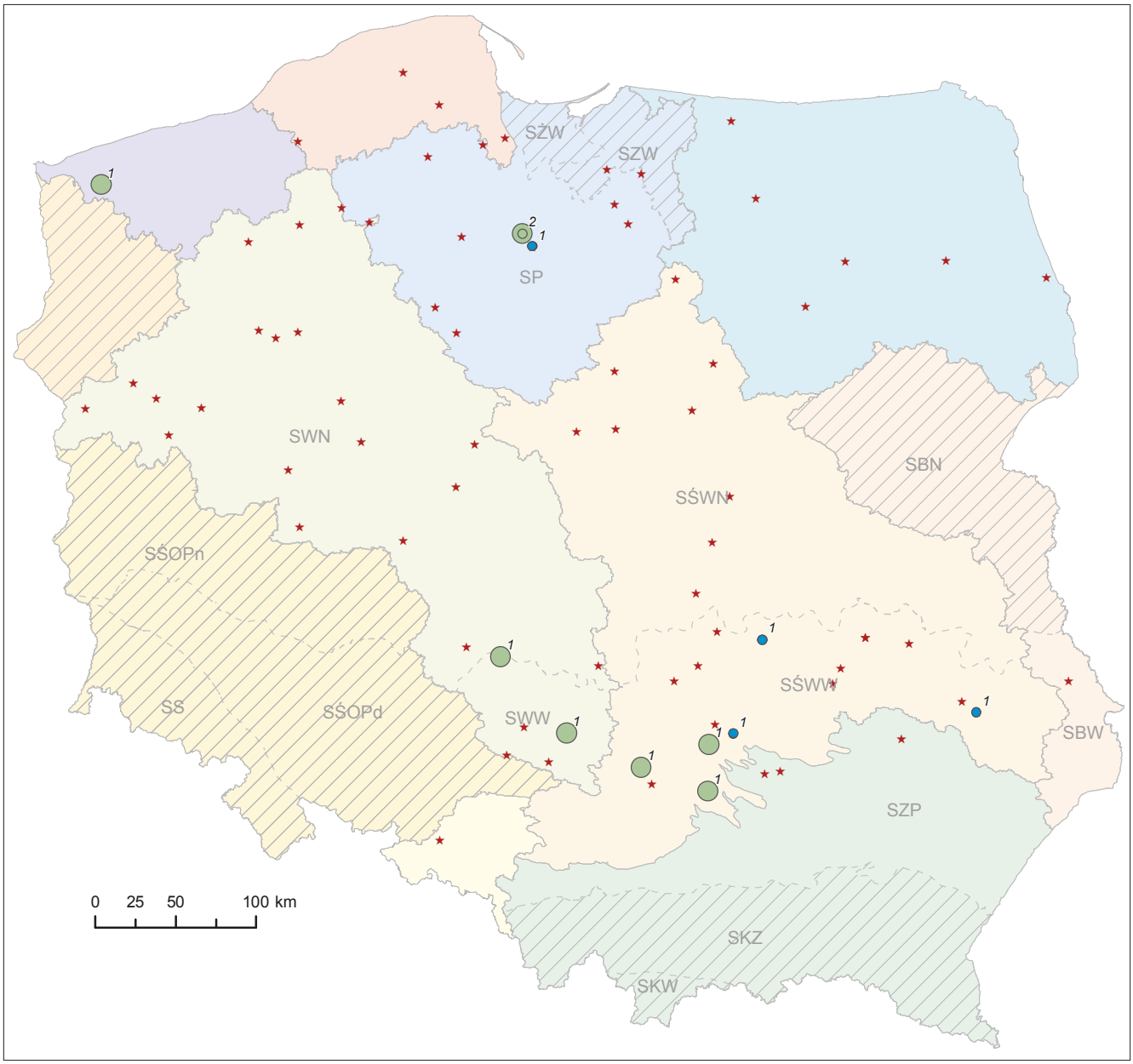


Ryc. 42. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2005 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2006

W 2006 r. zjawisko wyżówki odnotowano głównie w subregionie wyżynnym regionu Warty, w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły oraz w regionie zachodniopomorskim i regionie dolnej Wisły. W większości przypadków były to pojedyncze zdarzenia, które trwały krócej niż miesiąc. Zjawisko wyżówki wystąpiło w punktach zlokalizowanych w strefach zasilania, tranzytu, jak i drenażu wód podziemnych. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku w poszczególnych punktach nie przekroczyła 8% (klasy: I i II). W regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,48% (ryc. 17A).

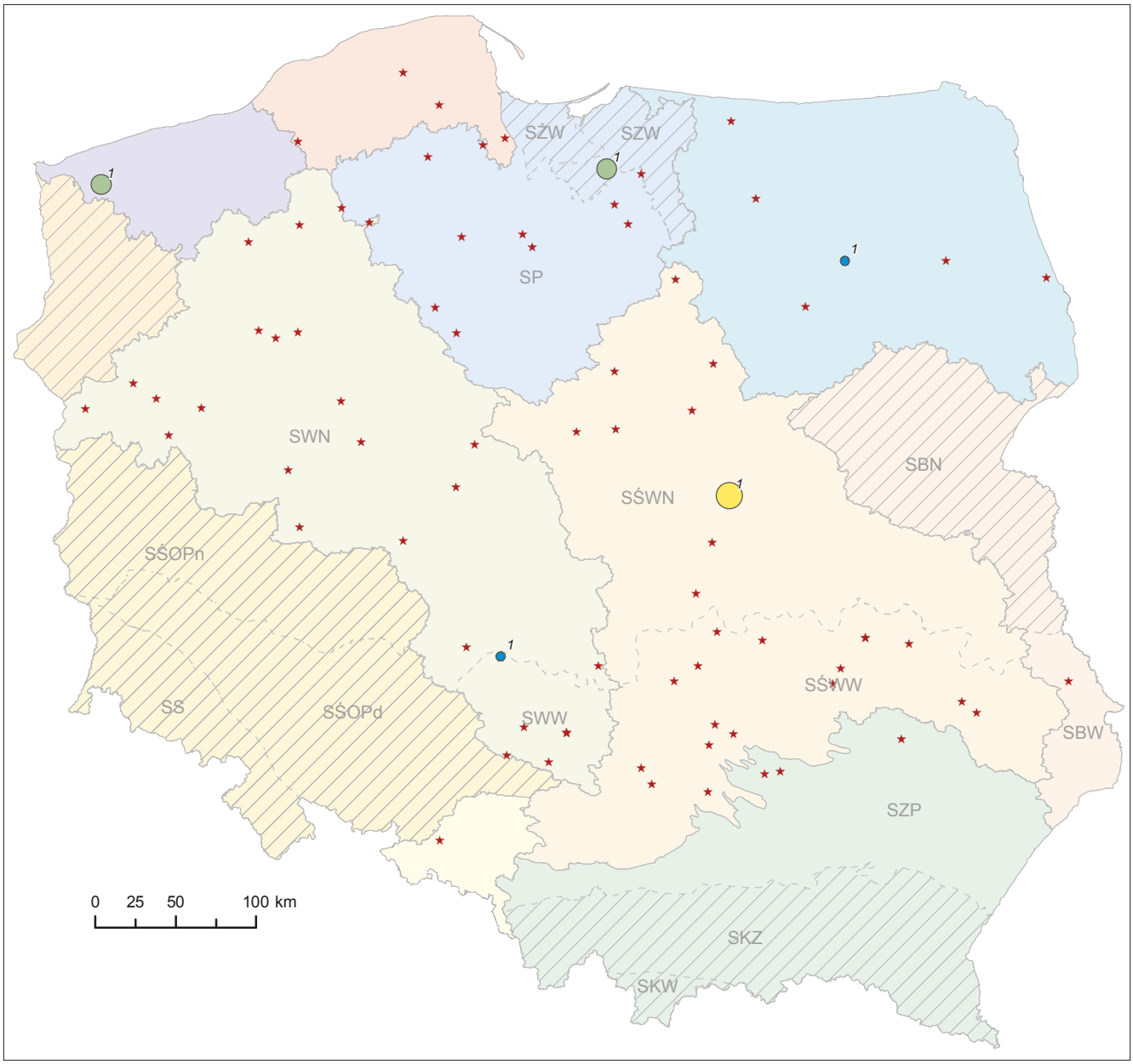


Ryc. 43. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2006 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2007

W 2007 r. ekstremalnie wysokie stany wód były obserwowane tylko w pojedynczych punktach w regionie zachodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty oraz regionie środkowej Wisły. W regionie Narwi, Pregoły i Niemna oraz w regionie Warty odnotowana wyżówka trwała krócej niż 2 tygodnie, w regionie zachodniopomorskim i regionie dolnej Wisły zjawisko utrzymywało się od 2 do 4 tygodni, natomiast w regionie środkowej Wisły ekstremalnie wysokie stany wód utrzymywały się najdłużej 9 tygodni. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku w żadnym punkcie nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Punkt, w którym zidentyfikowano wyżówkę w regionie Narwi, Pregoły i Niemna, zlokalizowany jest w strefie drenażu, natomiast pozostałe punkty, w których wystąpiło zjawisko są położone w strefach zasilania i tranzytu wód podziemnych. W regionie wschodniopomorskim, w regionie Bugu, w regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,41% (ryc. 17A).

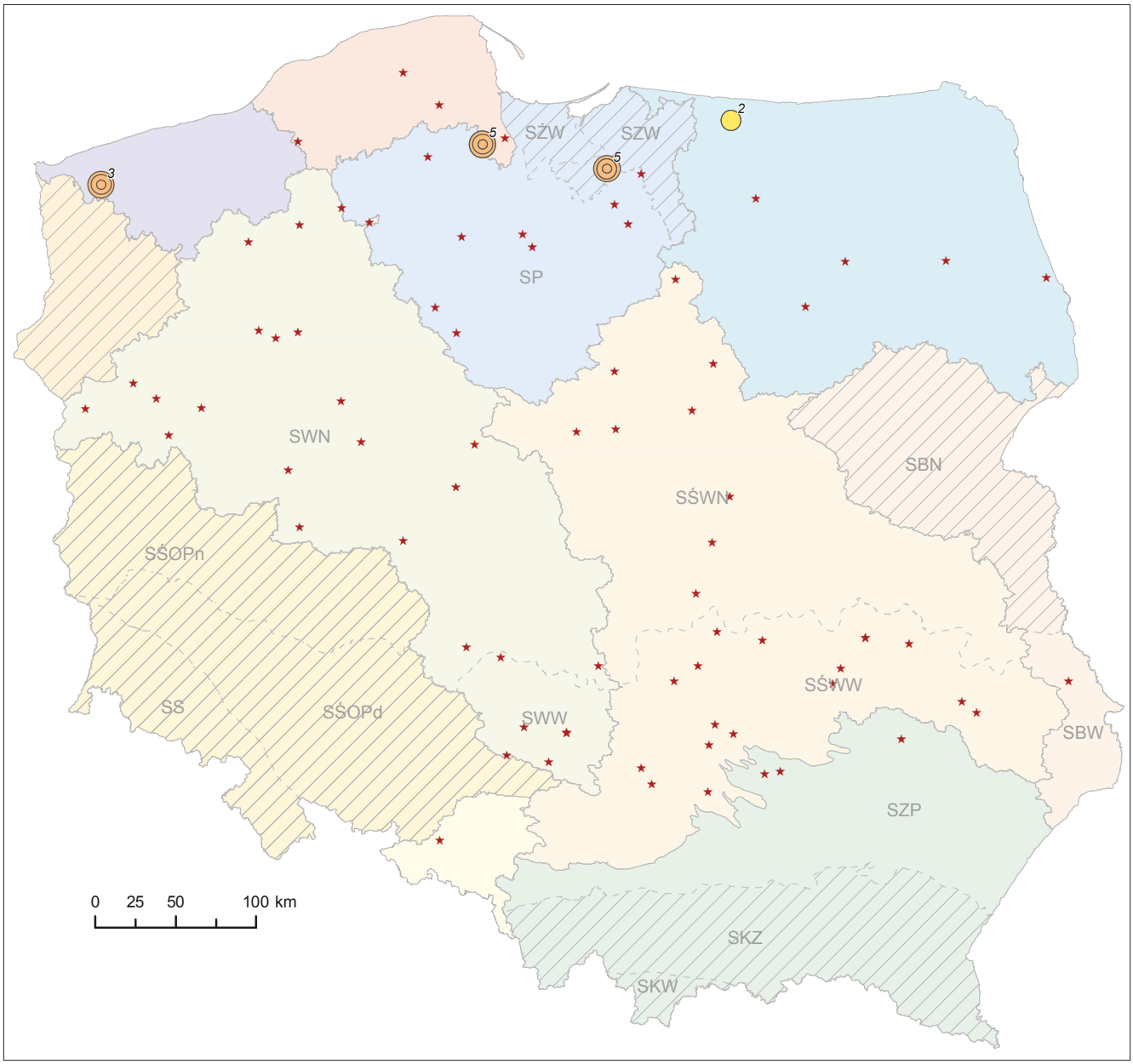


Ryc. 44. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2007 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2008

W 2008 r. ekstremalnie wysokie stany wód odnotowano tylko w czterech punktach w północnej części kraju. Punkty te były zlokalizowane w regionie zachodniopomorskim (1 punkt), regionie dolnej Wisły (2 punkty) i regionie Narwi, Pregoły i Niemna (1 punkt). W rozważanym roku zjawisko występowało w tych punktach kilkakrotnie. Czas trwania zdarzeń był zróżnicowany od 1 do 12 tygodni. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku w poszczególnych punktach, w których odnotowano wyżówki, nie przekroczyła 50% (klasa III – region Narwi, Pregoły i Niemna; klasa IV – region zachodniopomorski i region dolnej Wisły). Wszystkie punkty, w których zjawisko było obserwowane, są zlokalizowane w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych. W regionach: wschodniopomorskim, Warty, środkowej Wisły, Bugu, górnej Odry i górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,39% (ryc. 17A).

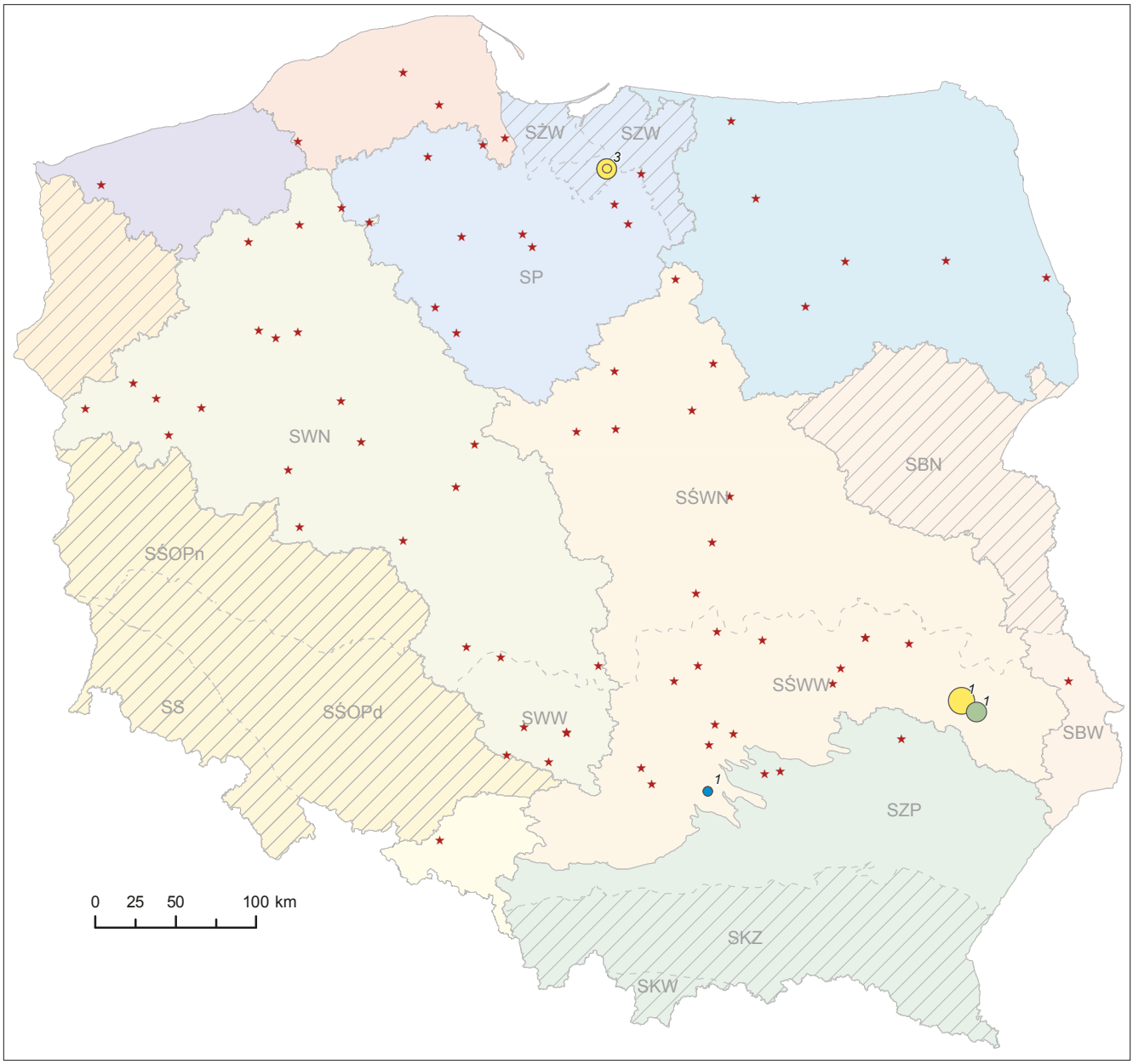


Ryc. 45. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2008 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2009

W 2009 r. na analizowanym obszarze zjawisko wyżówki hydrogeologicznej występowało lokalnie – odnotowano je w pojedynczych punktach w regionach: dolnej Wisły (1 punkt) i w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły (3 punkty). Najdłuższe zidentyfikowane zdarzenie trwało 7 tygodni (region środkowej Wisły). Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku w poszczególnych punktach, w których odnotowano zjawisko, nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W regionie dolnej Wisły wyżówkę obserwowano w punkcie zlokalizowanym w strefie tranzytu, natomiast punkty w regionie środkowej Wisły są zlokalizowane zarówno w strefie drenażu (2 punkty), jak i strefie zasilania wód podziemnych (1 punkt). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty, regionie Bugu, regionie górnej Odry oraz regionie górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,46% (ryc. 17A).

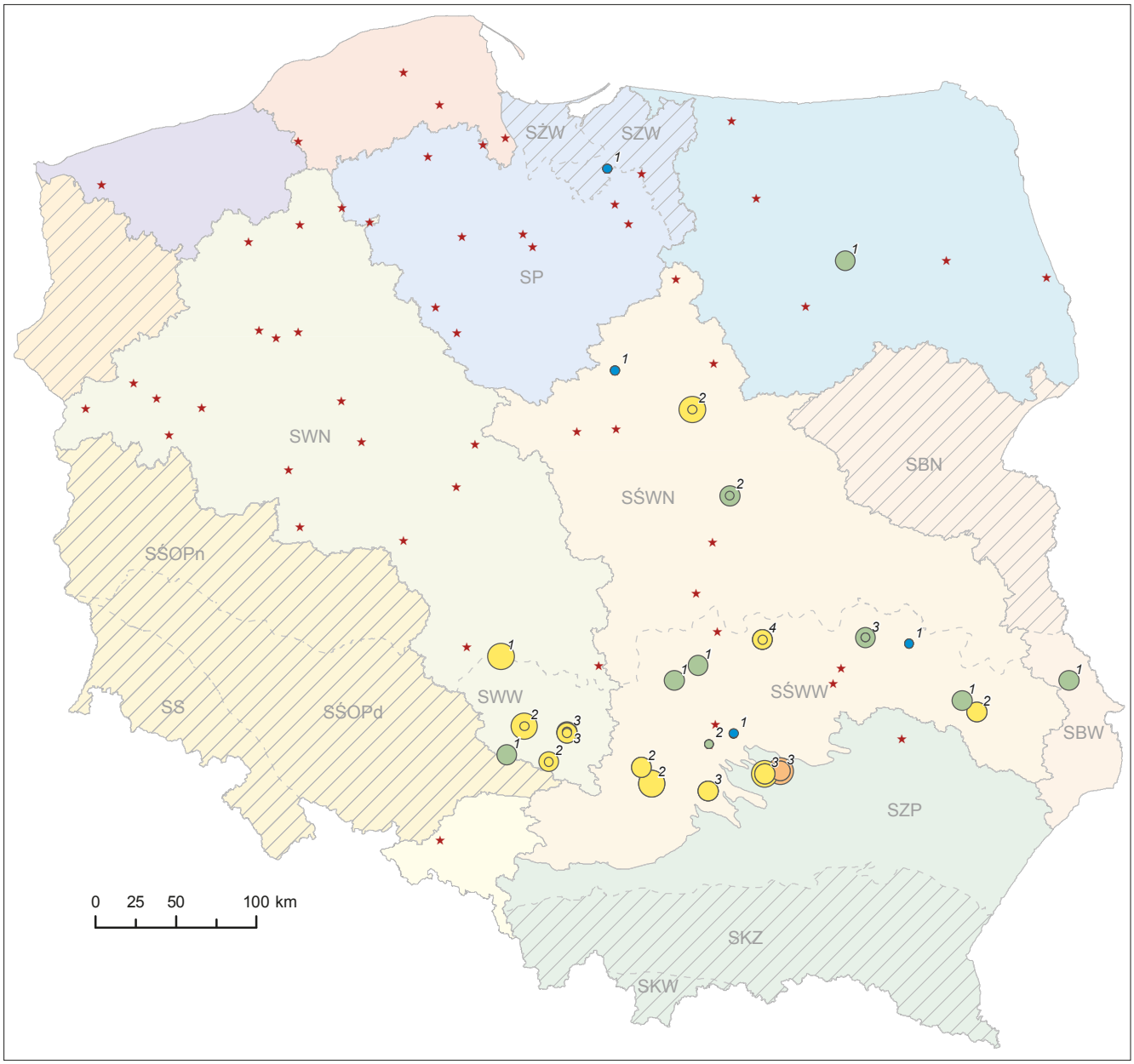


Ryc. 46. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2009 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2010

W 2010 r., w stosunku do roku poprzedniego, w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły znacznie wzrosła liczba punktów, w których odnotowano wyżówkę hydrogeologiczną. Zjawisko nadal było obserwowane w regionie dolnej Wisły oraz pojawiło się w regionie Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie nizinnym regionu środkowej Wisły, regionie Bugu, subregionie wyżynnym regionu Warty i regionie górnej Wisły. Zdarzenia były w większości przypadków krótkotrwałe (nie przekraczały miesiąca). Punkty, w których odnotowano zjawisko były zlokalizowane zarówno w strefie zasilania lub tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. W większości punktów częstość występowania stanów ekstremalnych w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Tylko w jednym punkcie w regionie górnej Wisły była większa i wyniosła 33% (klasa IV). W regionie zachodniopomorskim, wschodniopomorskim oraz regionie górnej Odry zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest dość wysoki i wynosi 3,25% (ryc. 17A).

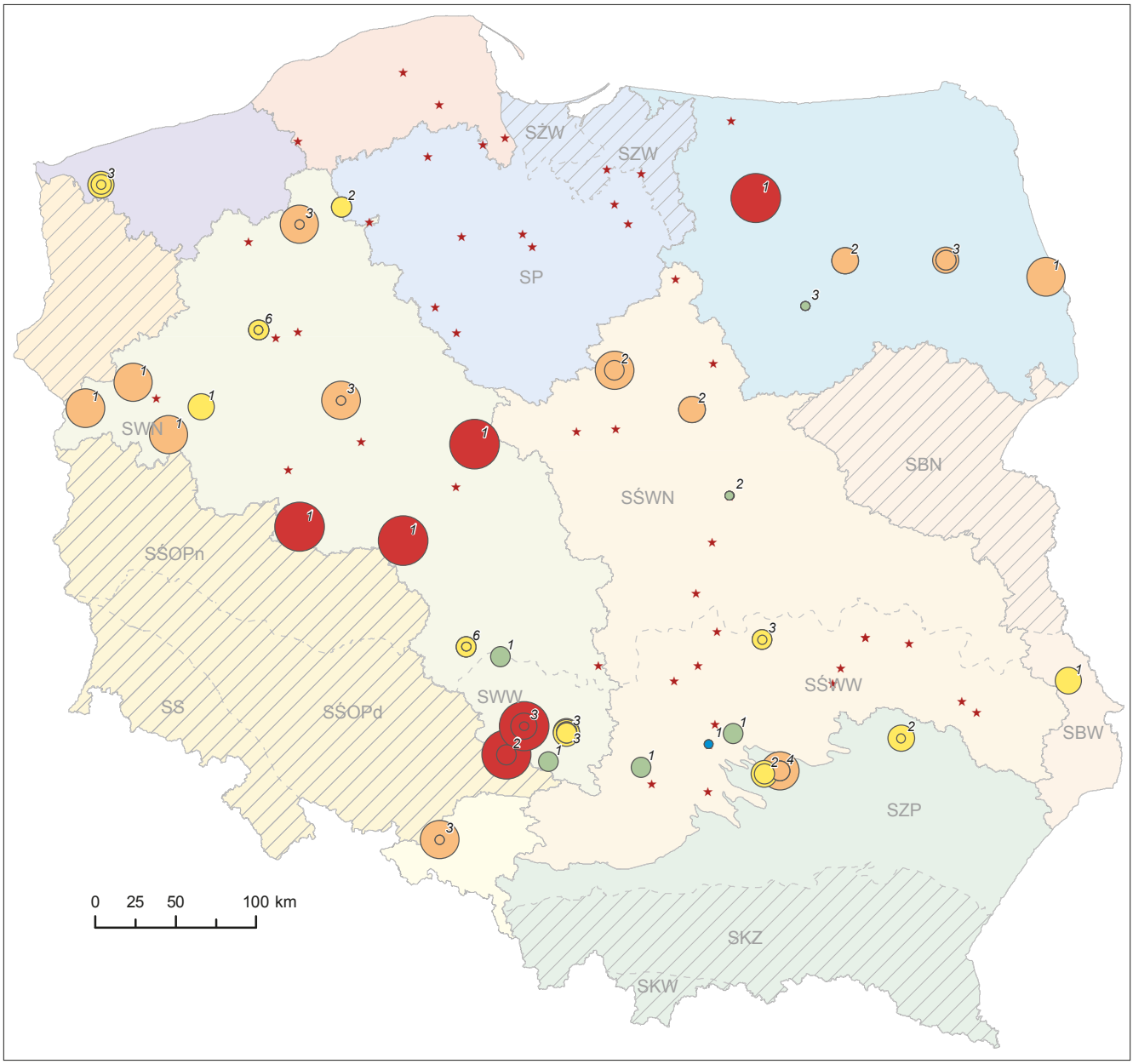


Ryc. 47. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2010 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2011

W 2011 r. wyżówka hydrogeologiczna była obserwowana na znacznym obszarze kraju. W roku tym, w odniesieniu do całego analizowanego wielolecia 1981–2015, odnotowano najwięcej wyżówek, które trwały dłużej niż pół roku. Czas najdłuższych zidentyfikowanych zdarzeń wynosił 30 tygodni. Częstość występowania stanów ekstremalnych w punktach, w których zjawisko trwało najdłużej, przekraczała 50% (klasa V). W rozważanym roku odnotowano również znaczną liczbę punktów, w których wyżówka trwała krócej niż pół roku. Punkty, w których zidentyfikowano zjawisko były zlokalizowane zarówno w strefie zasilania lub tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. W regionie wschodniopomorskim zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest najwyższy w wieloleciu 1981–2015 i wynosi 12,98% (ryc. 17A).

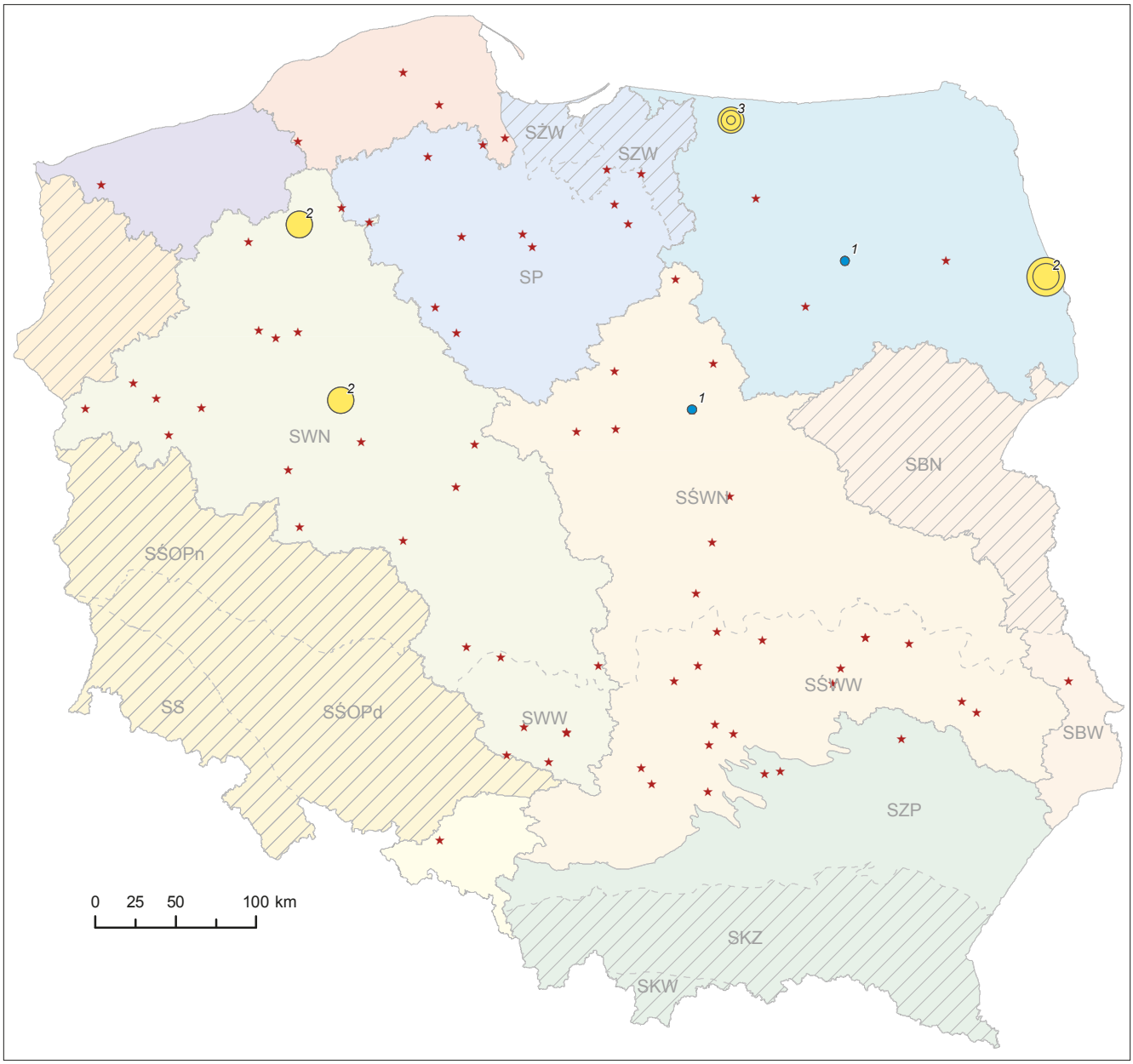


Ryc. 48. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2011 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2012

W 2012 r. wyżówkę odnotowano tylko w nielicznych punktach w północnej części kraju (północna cześć regionu Warty, region Narwi, Pregoły i Niemna, północna cześć regionu środkowej Wisły). Najdłuższą zarejestrowaną wyżówkę zlokalizowano przy wschodniej granicy kraju. Była ona ciągłą kontynuacją zjawiska, które swój początek miało już w roku poprzednim. Na przestrzeni dwóch lat to zdarzenie trwało 22 tygodnie, z czego 10 przypadło na rok 2012. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w żadnym punkcie nie przekroczyła 24% (klasy: I i III). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, południowej części regionu Warty, południowej części regionu środkowej Wisły, regionie Bugu, regionie górnej Odry i regionie górnej Wiały zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,06% (ryc. 17A).

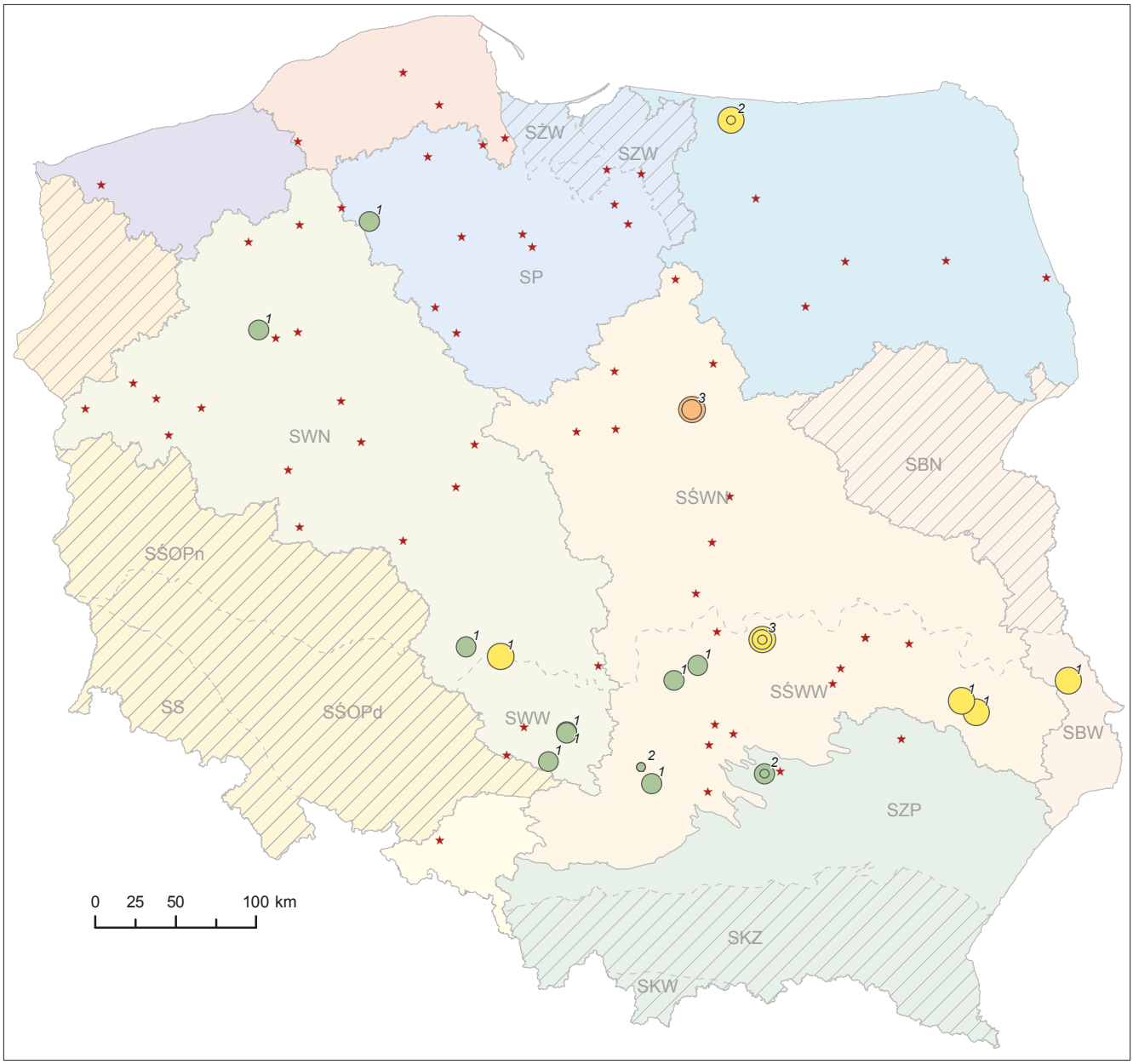


Ryc. 49. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2012 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2013

W 2013 r. wyżówka hydrogeologiczna występowała głównie w pasie wyżyn (subregion wyżynny regionu Warty, subregion wyżynny regionu środkowej Wisły, subregion wyżynny regionu Bugu) oraz lokalnie w regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie nizinnym regionu Warty, subregionie nizinnym regionu środkowej Wisły i północnej części regionu górnej Wisły. Czas trwania pojedynczych zdarzeń był zróżnicowany, nie przekroczył jednak 3 miesięcy.Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w większości punktów nie przekroczyła 24% (klasy: II i III).Wyżówkę odnotowano zarówno w punktach znajdujących się w strefie zasilania lub tranzytu, jak i w punktach zlokalizowanych w strefie drenażu wód podziemnych. W regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim i górnej Odry zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,28% (ryc. 17A).

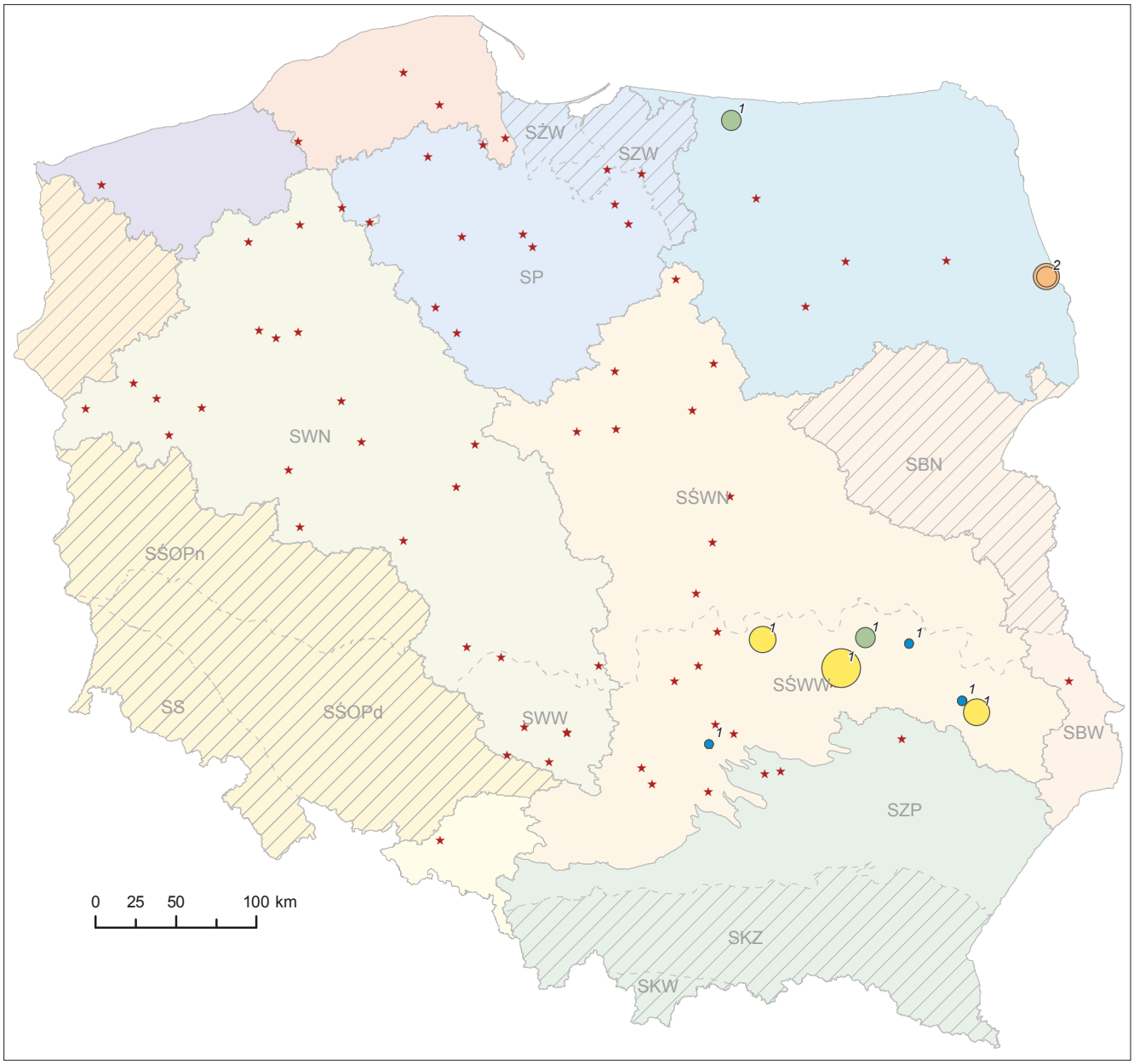


Ryc. 50. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2013 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2014

W 2014 r., w stosunku do roku poprzedniego, zmniejszył się obszar objęty zjawiskiem. Na analizowanym terenie wyżówki występowały głównie w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły oraz lokalnie w regionie Narwi, Pregoły i Niemna. W większości przypadków ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych utrzymywały się nie dłużej niż 3 miesiące. W jednym punkcie, zlokalizowanym przy wschodniej granicy kraju, odnotowano zjawisko, które kontynuowało się również w roku następnym. Na przestrzeni dwóch lat zdarzenie to trwało 15 tygodni, z czego 11 przypada na rok 2011. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w żadnym punkcie nie przekroczyła 50%, a przeważnie była niższa niż 24% (klasy I–IV). Punkty, w których zidentyfikowano wyżówkę są zlokalizowane zarówno w strefie zasilania lub tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. W regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Warty, dolnej Wisły, Bugu, górnej Odry i górnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,08% (ryc. 17A).

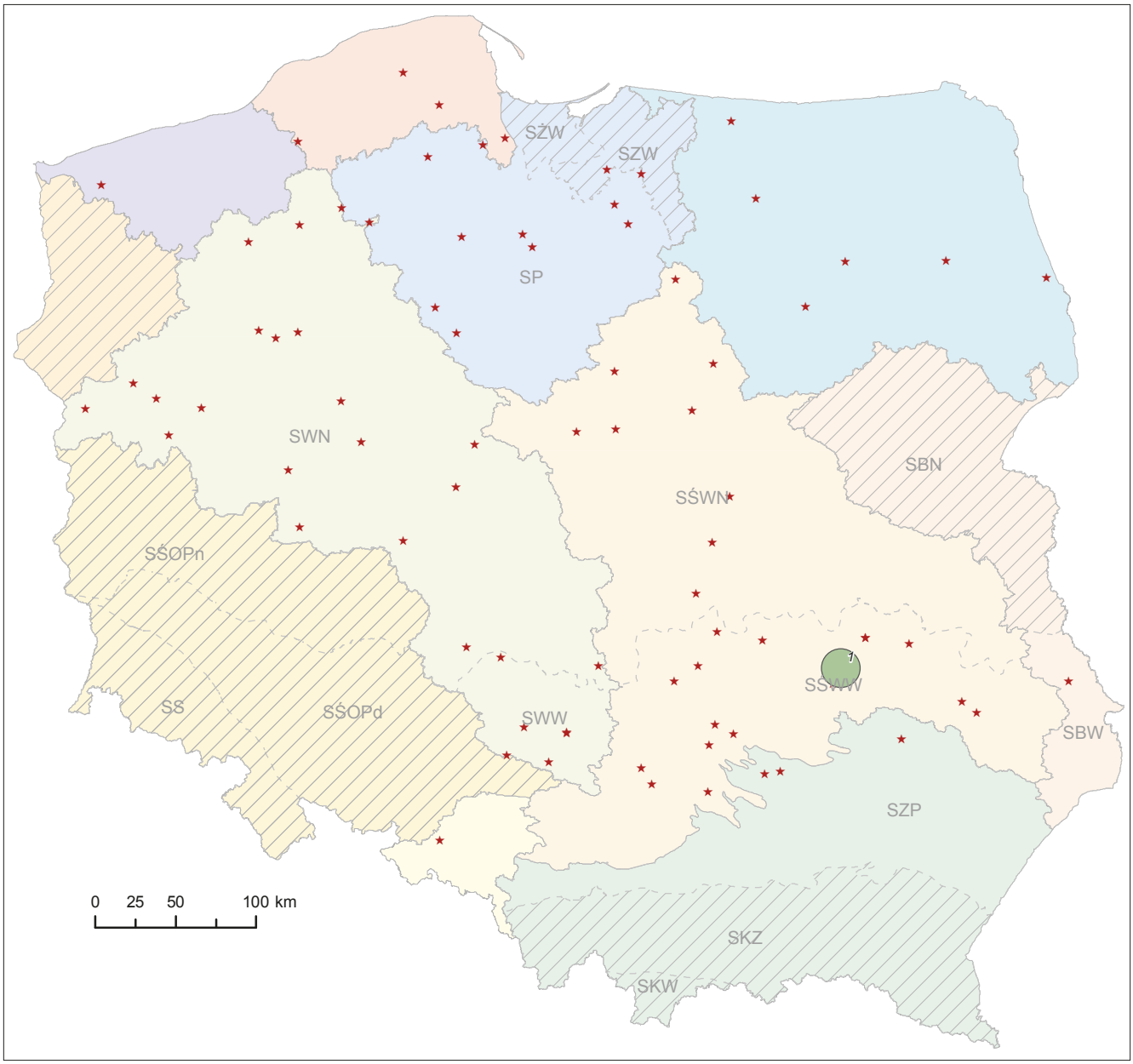


Ryc. 51. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2014 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2015

W 2015 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych odnotowano tylko w jednym punkcie, w strefie zasilania, w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły. Zidentyfikowana wyżówka była kontynuacją zjawiska, które rozpoczęło się w roku poprzednim. W sumie czas trwania tego zdarzenia w ciągu dwóch lat wyniósł 15 tygodni, z czego 4 tygodnie przypadły na opisywany rok 2015. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku w punkcie, w którym odnotowano wyżówkę nie przekroczyła 8% (klasa II).

W zbiorze A w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bardzo niski i wynosi 0,1% (ryc. 17A).

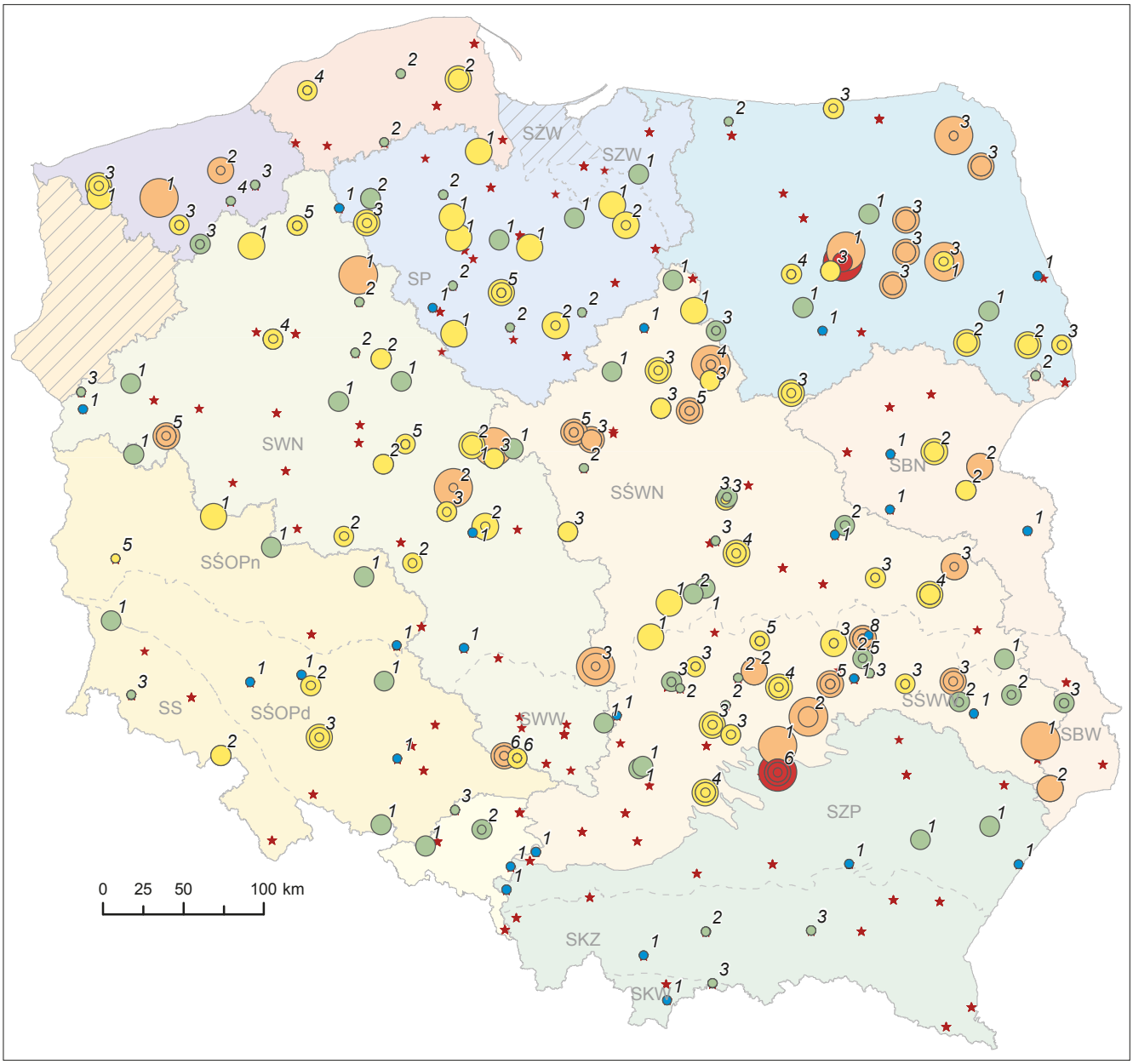


Ryc. 52. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2015 r. w punktach objętych analizą – zbiór A (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1981

W 1981 r. na terenie Polski odnotowano najwięcej wyżówek w całym analizowanym okresie. Zjawisko występowało powszechnie w kraju i zostało zarejestrowane we wszystkich regionach objętych analizą w zbiorze B′, zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. Czas trwania wyżówek był zróżnicowany. W przeważającej liczbie punktów zjawisko było krótkotrwałe i nie przekraczało miesiąca. Ekstremalnie wysokie stany wód utrzymujące się dłużej obserwowano lokalnie we wszystkich analizowanych regionach. Maksymalny odnotowany czas trwania wyżówki wyniósł 22 tygodnie (region górnej Wisły). W poszczególnych punktach częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku na ogół nie przekracza 50% (klasy: I–IV). Jedynie w punkcie zlokalizowanym w północnej części regionu górnej Wisły jest wyższa i wynosi 58% (klasa V).

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 8,44% (ryc. 17B).

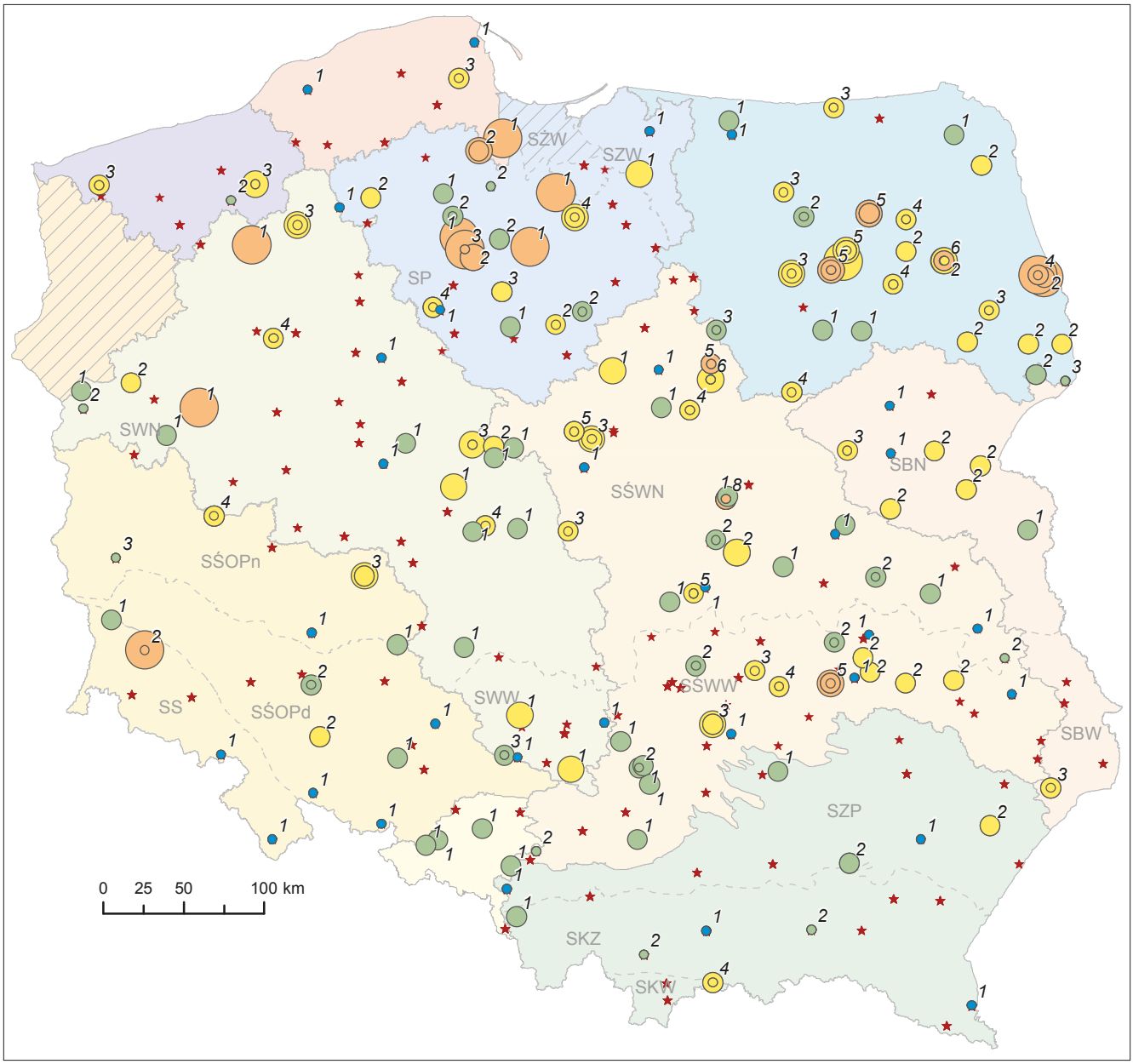


Ryc. 53. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1981 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1982

W 1982 r. ekstremalnie wysokie stany wód odnotowano w przeważającej liczbie punktów obserwacyjnych. Zjawisko występowało głównie w regionie dolnej Wisły, regionie środkowej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, w północnej części regionu Bugu, w regionie górnej Odry, regionie środkowej Odry oraz regionie Warty. W regionie zachodniopomorskim, wschodniopomorskim i regionie górnej Wisły ekstremalnie wysokie stany wód występowały lokalnie. Na terenie kraju czas trwania zjawiska był zróżnicowany. Punkty, w których najdłużej utrzymywały się ekstremalnie wysokie stany wód, są zlokalizowane w regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, północnej części regionu Warty oraz w regionie środkowej Odry. Najdłuższa zarejestrowana wyżówka trwała 21 tygodni. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku nie przekroczyła 50% (klasy: I–IV). Punkty, w których odnotowano wyżówki znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. Zjawiska nie odnotowano w południowej części regionu Bugu.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest wysoki i wynosi 6,15% (ryc. 17B).

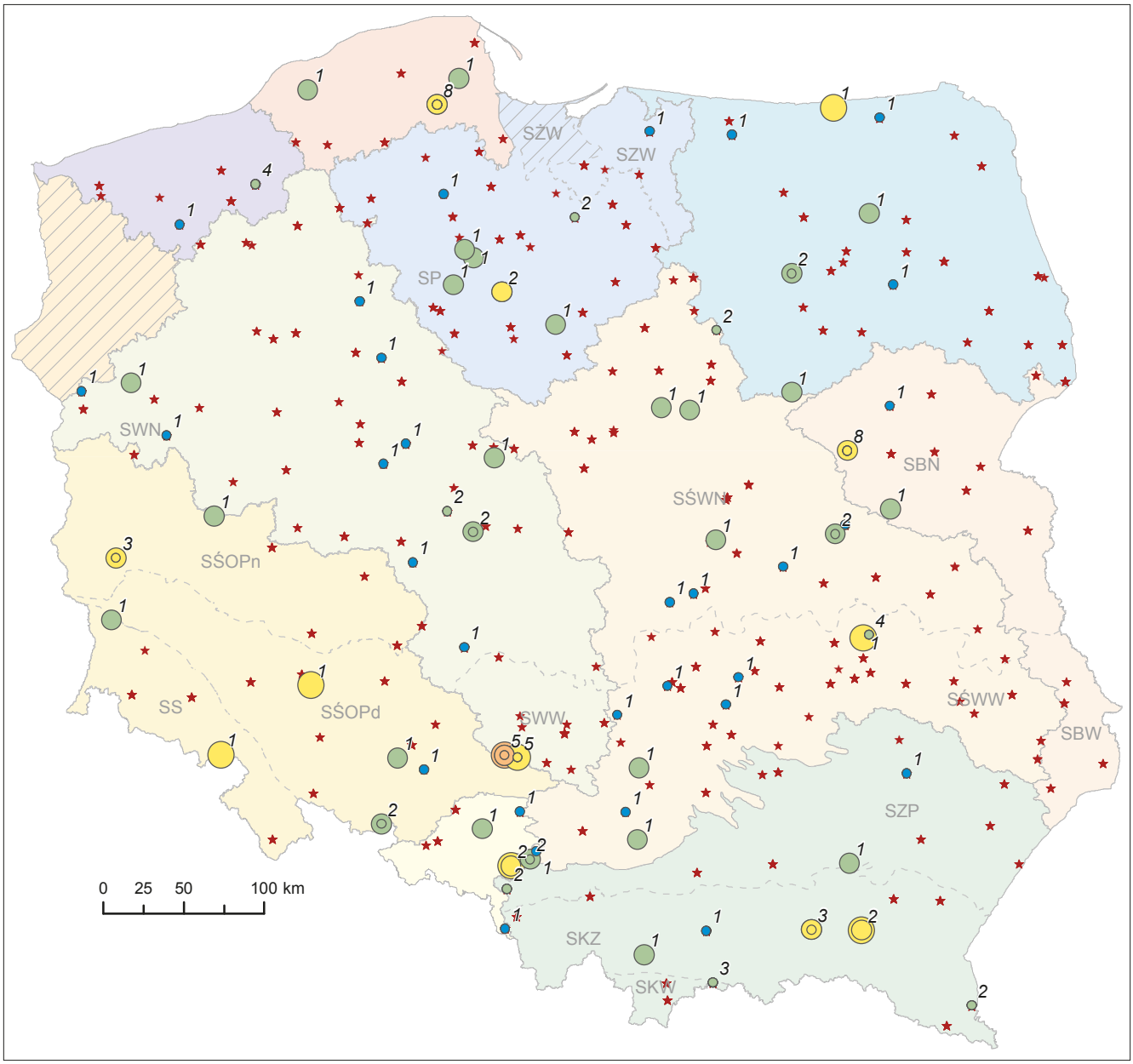


Ryc. 54. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1982 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1983

W 1983 r., w stosunku do roku poprzedniego, znacznie zmniejszyła się liczba punktów, w których obserwowano zjawisko wyżówki hydrogeologicznej, niemniej występowało ono we wszystkich regionach objętych analizą zbioru B′. Czas trwania pojedynczych zdarzeń rzadko przekraczał miesiąc. W poszczególnych punktach częstość występowania stanów ekstremalnych w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Wyjątkiem jest punkt w południowej części regionu Warty, gdzie liczba pomiarów wskazujących na wyżówkę wynosiła 25% (klasa IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,63% (ryc. 17B).

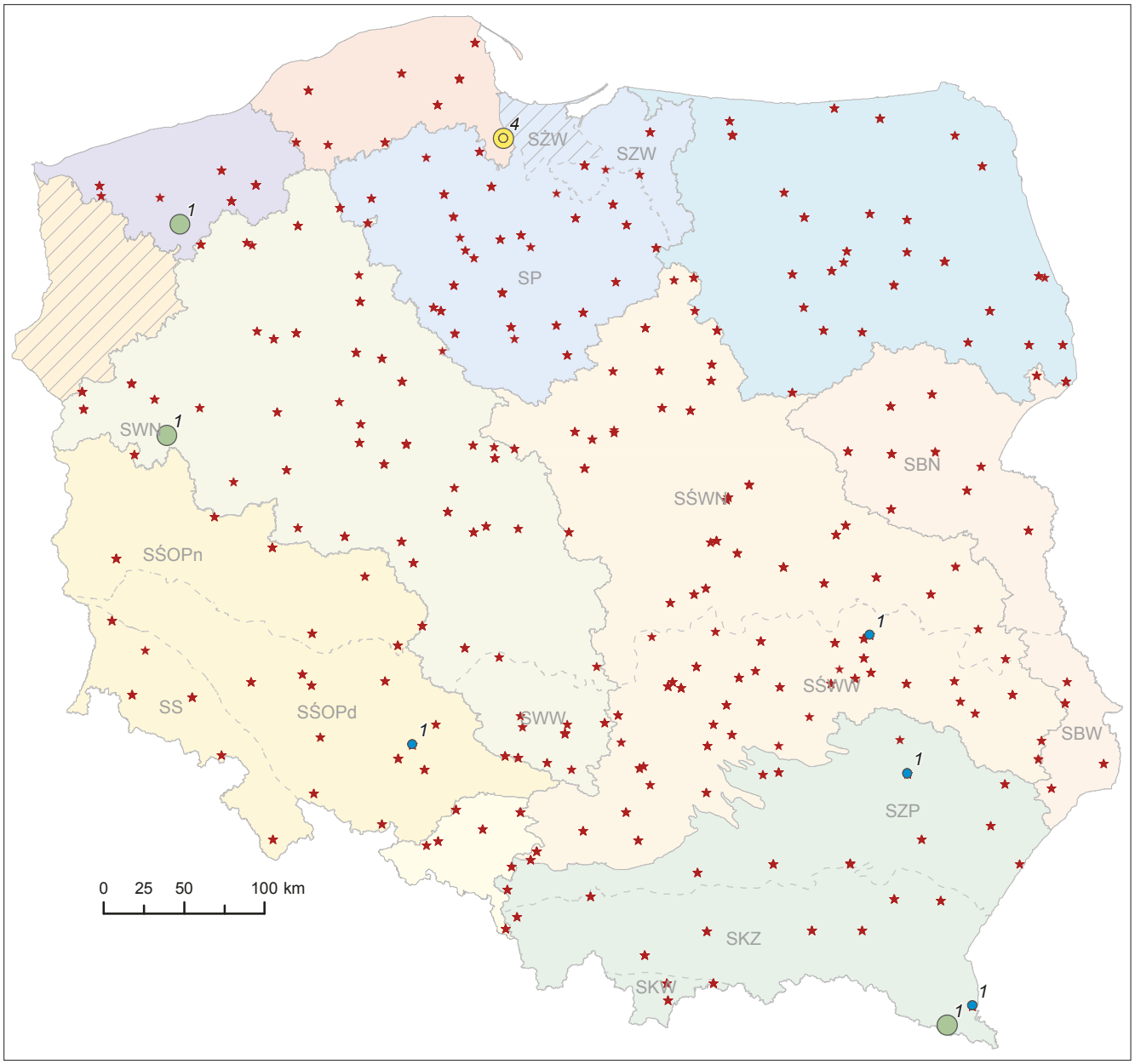


Ryc. 55. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1983 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1984

W 1984 r. wyżówkę hydrogeologiczną zidentyfikowano w pojedynczych punktach, zlokalizowanych głównie w strefie zasilania i tranzytu wód podziemnych, w regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Warty, regionie środkowej Wisły, regionie środkowej Odry oraz regionie górnej Wisły. Czas trwania pojedynczych wyżówek nie przekraczał miesiąca. W punkcie znajdującym się w regionie wschodniopomorskim wyżówki wystąpiły czterokrotnie w ciągu roku. W pozostałych punktach były to pojedyncze zdarzenia. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Wyżówek nie odnotowano w regionie dolnej Wisły, w regionie Narwi, Pregoły i Niemna, w regionie Bugu oraz w regionie górnej Odry.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bardzo niski (najniższy w całym analizowanym wieloleciu) i wynosi 0,12% (ryc. 17B).

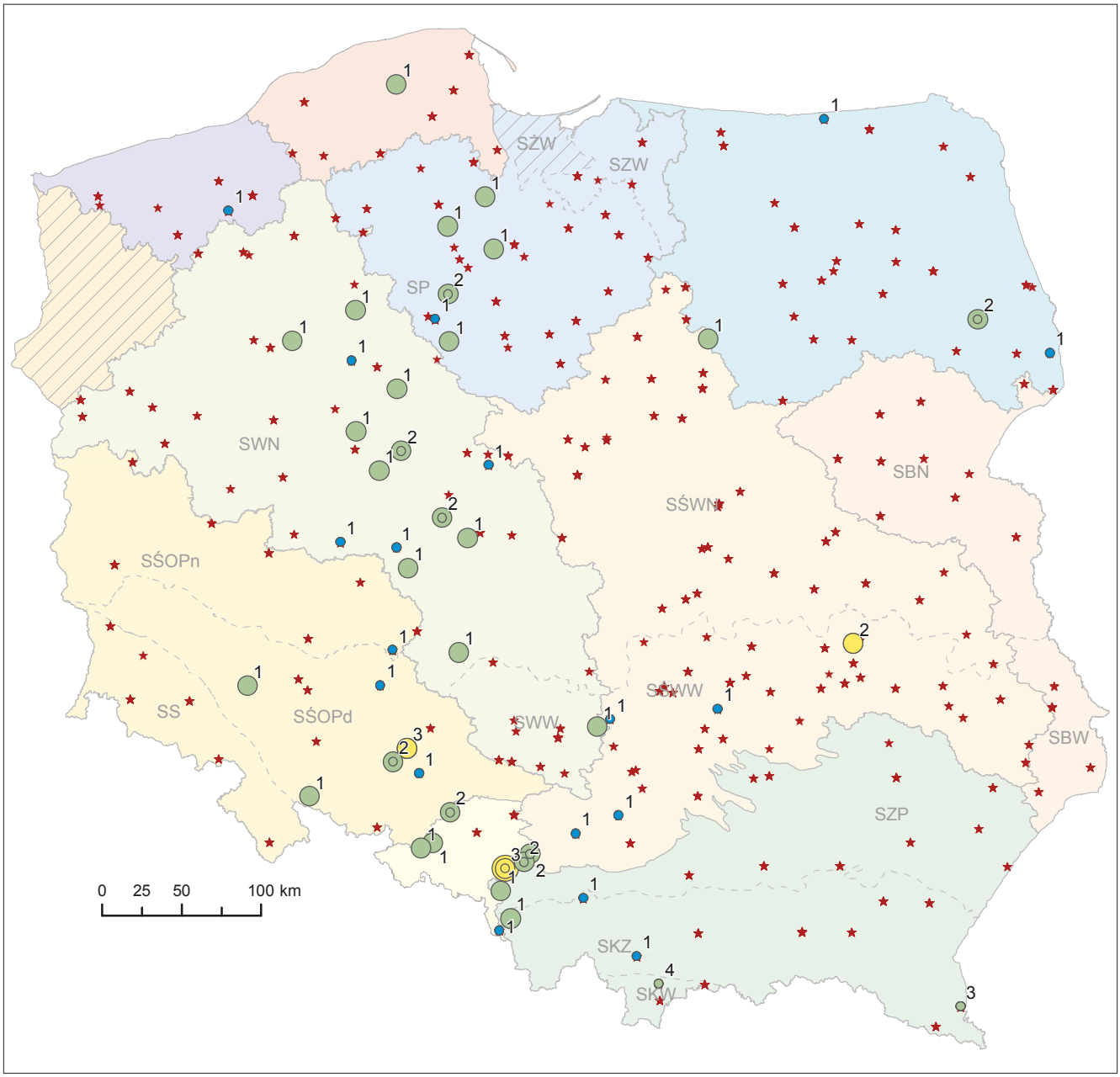


Ryc. 56. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1984 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1985

W 1985 r. zjawisko wyżówki występowało głównie w regionach: dolnej Wisły, Warty, górnej Odry, w centralnej i południowej części regionu środkowej Odry oraz lokalnie w regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły i zachodniej części regionu górnej Wisły. W niektórych punktach zjawisko odnotowano kilka razy w ciągu roku. Czas trwania wyżówek na ogół nie przekraczał miesiąca. Wyjątkiem jest punkt położony w regionie górnej Odry, gdzie ekstremalnie wysokie stany utrzymywały się 5 tygodni. Punkty, w których odnotowano wyżówki znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku nie przekraczała 8% (klasy: I i II). W pojedynczych przypadkach w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły, w regionie środkowej Odry i regionie górnej Odry była wyższa (klasa III). W regionie Bugu zjawiska nie zarejestrowano.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,27% (ryc. 17B).

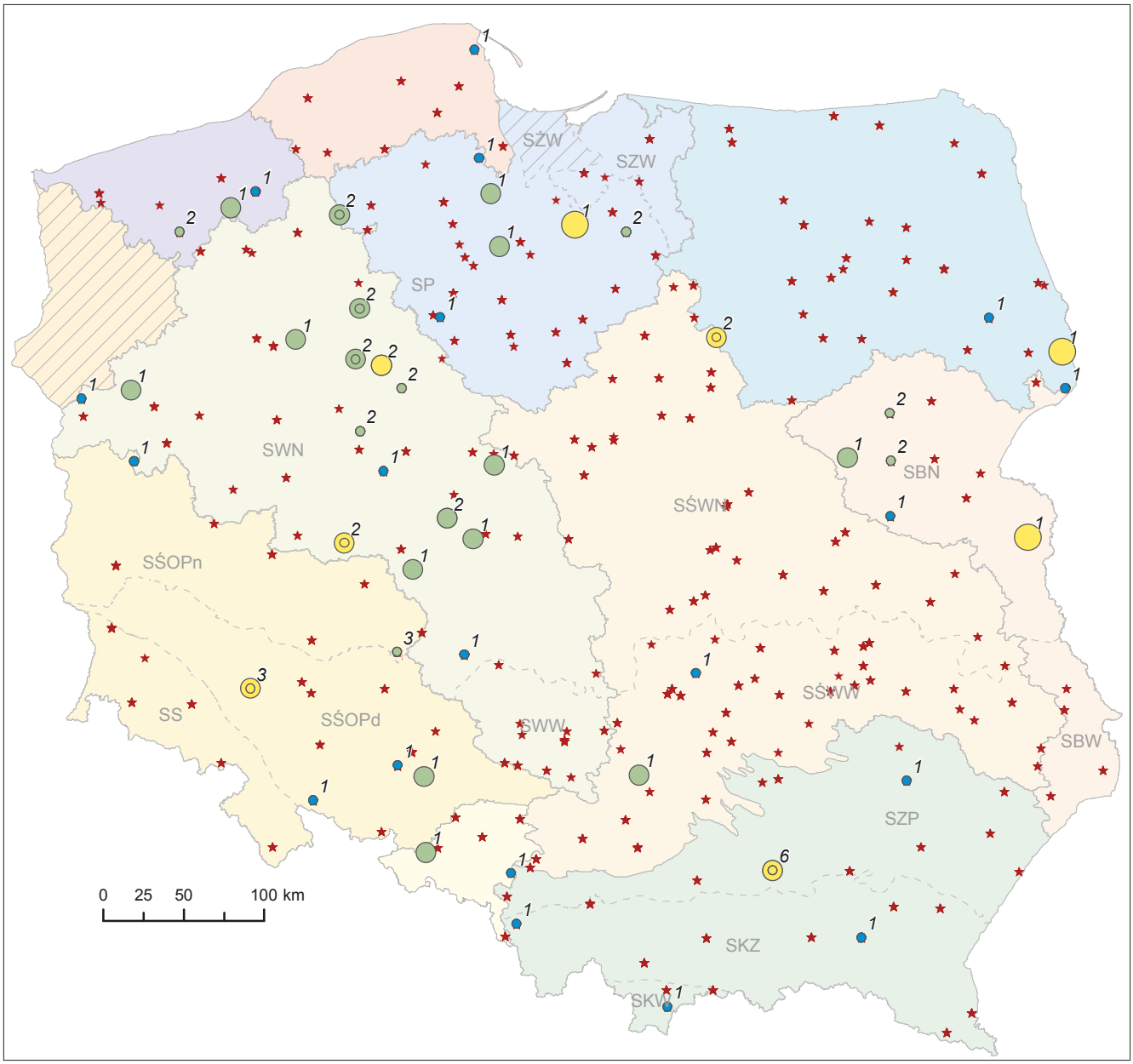


Ryc. 57. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1985 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1986

W 1986 r. wyżówkę hydrogeologiczną obserwowano we wszystkich regionach objętych analizą w zbiorze B′. Najwięcej punktów, w których zidentyfikowano zjawisko, zlokalizowanych jest w regionie Warty. W pozostałych regionach ekstremalnie wysokie stany wód występowały jedynie lokalnie. W niektórych punktach zjawisko odnotowano kilka razy w ciągu roku. Wyżówki na ogół były krótkie, a ich czas trwania nie przekraczał miesiąca z wyjątkiem pojedynczych przypadków w regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna oraz regionie Bugu, gdzie ekstremalnie wysokie stany wód utrzymywały się dłużej. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka trwała 5 tygodni. W poszczególnych punktach liczba pomiarów z przekroczeniem stanu granicznego wyżówki nie przekroczyła 24% wszystkich pomiarów w roku (klasy: I–III). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,7% (ryc. 17B).

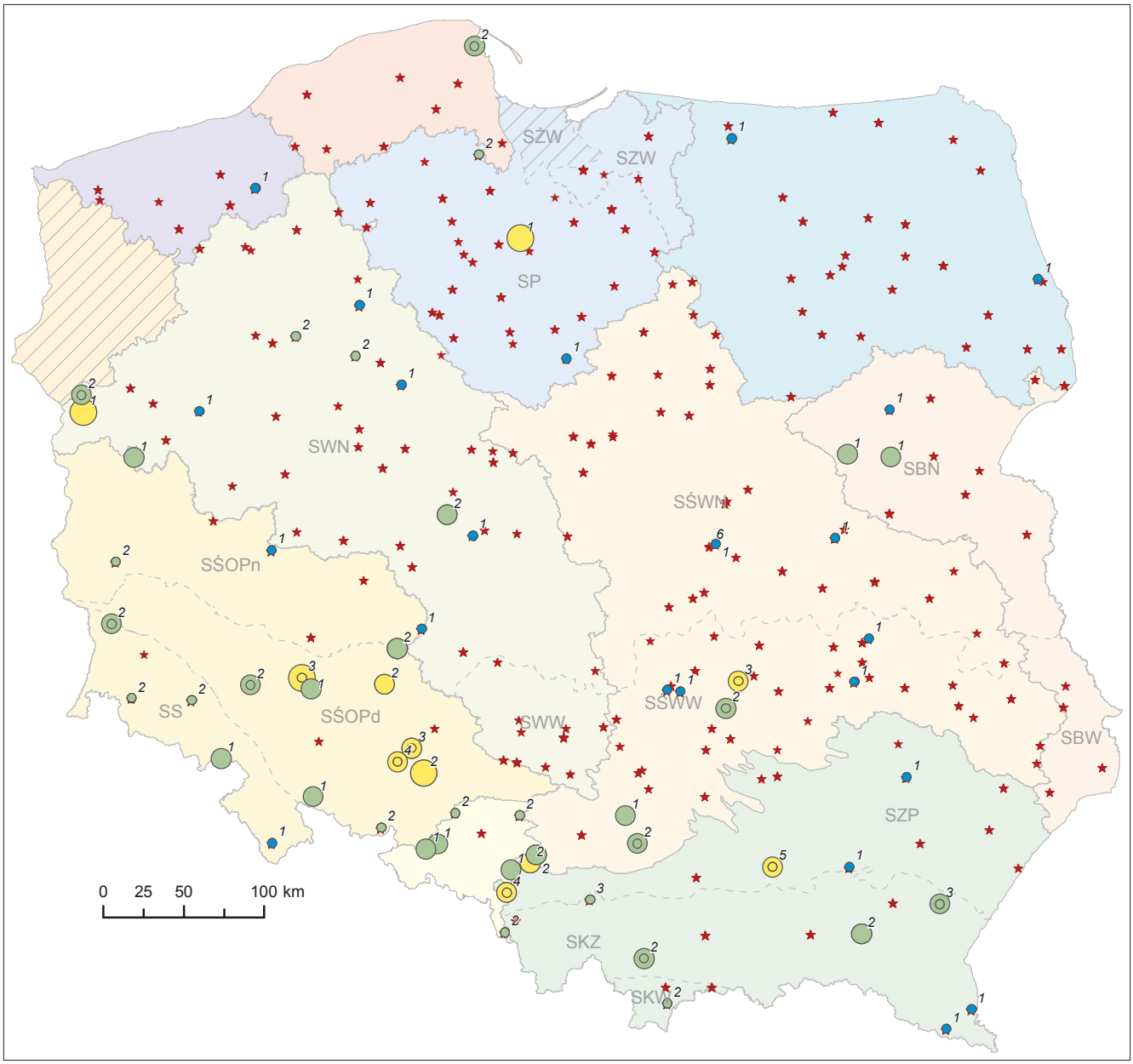


Ryc. 58. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1986 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1987

W 1987 r. zjawisko wyżówki występowało głównie: w regionie Warty, w południowej części regionu środkowej Wisły, w północnej części regionu Bugu, w regionie środkowej Odry, w regionie górnej Odry, w regionie górnej Wisły oraz lokalnie: w regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Wisły i regionie Narwi, Pregoły i Niemna. Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. Na ogół czas trwania wyżówki nie przekraczał miesiąca. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka trwała 7 tygodni (region dolnej Wisły). W poszczególnych punktach częstość występowania stanów ekstremalnych w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I, II i III).

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,49% (ryc. 17B).

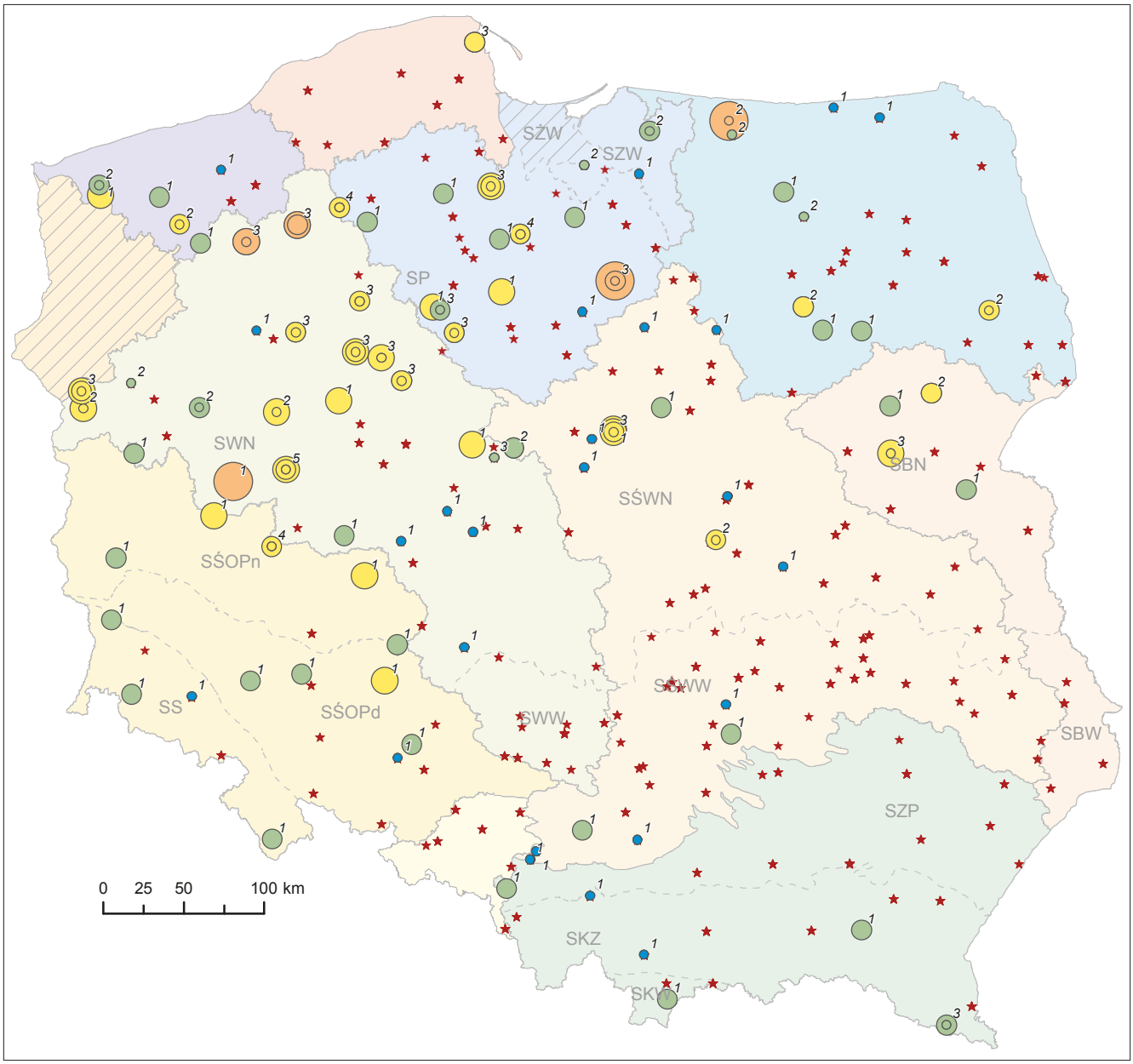


Ryc. 59. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1987 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1988

W 1988 r. zjawisko wyżówki zidentyfikowano we wszystkich regionach objętych analizą w zbiorze B′ z wyjątkiem regionu górnej Odry. Ekstremalnie wysokie stany wód w największej liczbie punktów obserwowano w regionie zachodniopomorskim, regionie Warty, regionie dolnej Wisły, północnej części regionu Bugu i w regionie środkowej Odry. Lokalnie zjawisko występowało w regionach: wschodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, środkowej Wisły i górnej Wisły. W północnej części Polski w znacznej liczbie punktów zjawisko odnotowano kilkakrotnie w ciągu roku. Na ogół czas trwania wyżówek nie przekraczał 3 miesięcy. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka utrzymywała się przez 14 tygodni. Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. Przeważnie częstość występowania stanów ekstremalnych nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W kilku punktach, w północno-zachodniej części kraju, była wyższa, ale nie osiągnęła 50% (klasa IV).

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,48% (ryc. 17B).

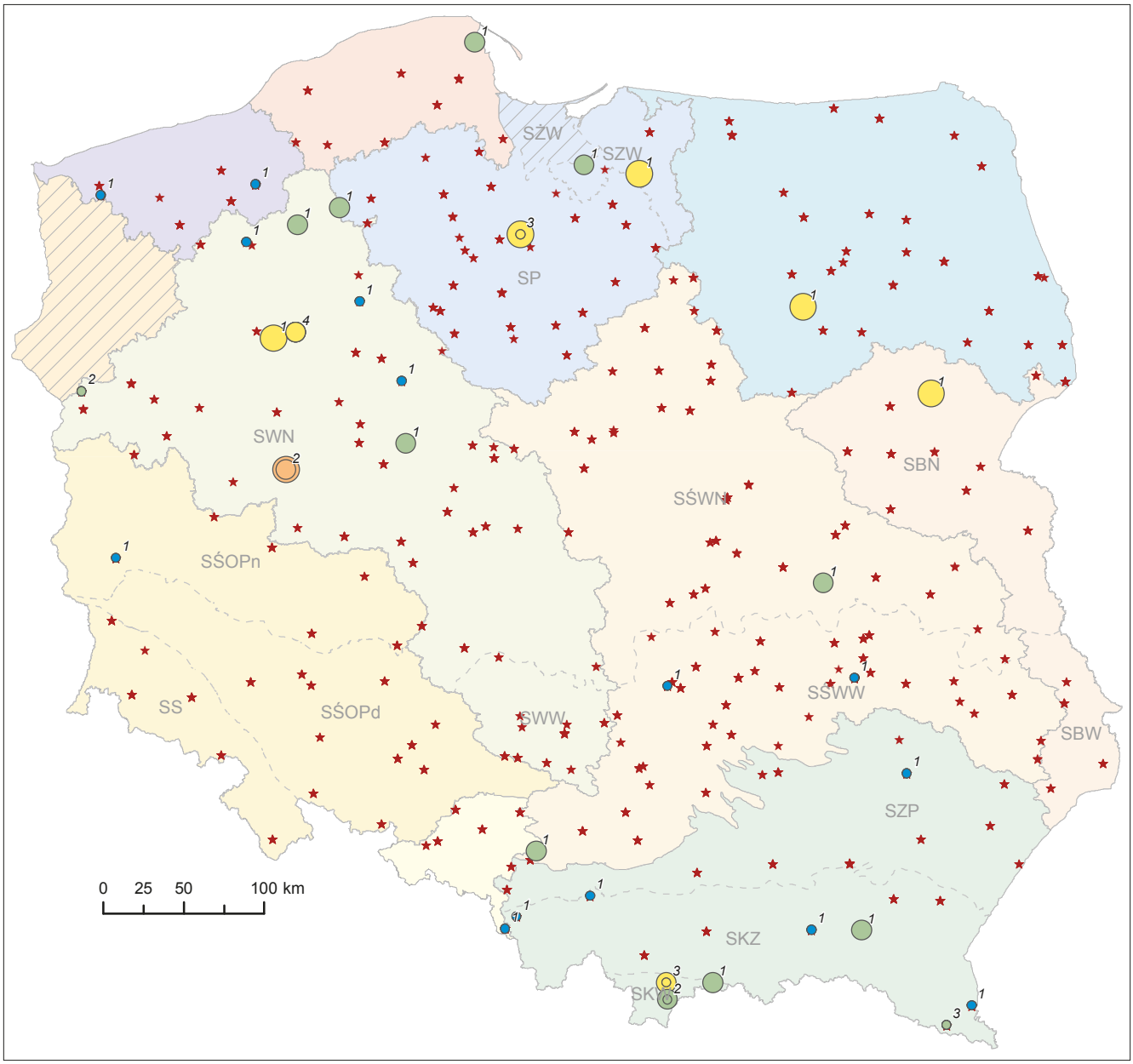


Ryc. 60. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1988 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1989

W 1989 r., w stosunku do roku poprzedniego, znacznie zmniejszyła się liczba punktów, w których obserwowano zjawisko wyżowki hydrogeologicznej. Ekstremalnie wysokie stany występowały lokalnie we wszystkich analizowanych regionach z wyjątkiem regionu górnej Odry, gdzie zjawiska nie zidentyfikowano. Wyżówki były krótkotrwałe, a czas ich trwania nie przekraczał 3 miesięcy. W kilku przypadkach zjawisko obserwowano kilkakrotnie w ciągu roku. Na ogół częstość występowania stanów ekstremalnych w roku nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Wyjątkiem jest punkt w regionie Warty, gdzie wyniosła 29% (klasa IV). Większość punktów, w których było obserwowane zjawisko jest zlokalizowana w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,77% (ryc. 17B).

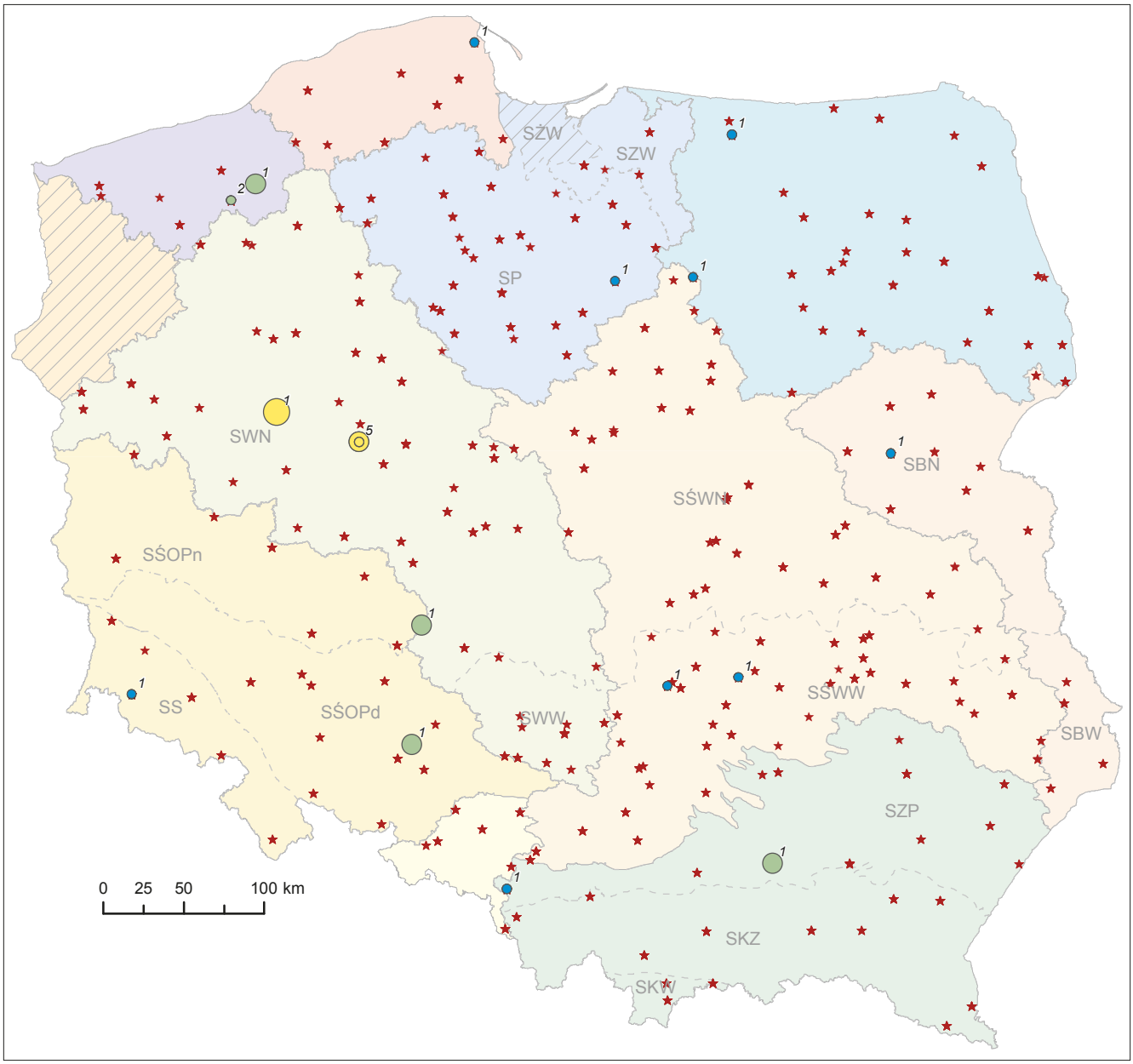


Ryc. 61. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1989 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1990

Rok 1990 jest kolejnym rokiem, w którym zmniejszyła się liczba punktów ze zidentyfikowaną wyżówką. Zjawisko występowało lokalnie w regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty, subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły, subregionie nizinnym regionu Bugu, regionie środkowej Ody i regionie górnej Wisły. Czas trwania wyżówek nie przekraczał 3 miesięcy. Najwięcej było zdarzeń krótkotrwałych nieprzekraczających miesiąca. Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych. Częstość występowania stanów ekstremalnych w roku przeważnie nie przekraczała 8% (klasy: I, II). W pojedynczych punktach w regionie Warty była wyższa, ale nie osiągnęła 24% (klasa III). W regionie górnej Odry zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bardzo niski i wynosi 0,34% (ryc. 17B).

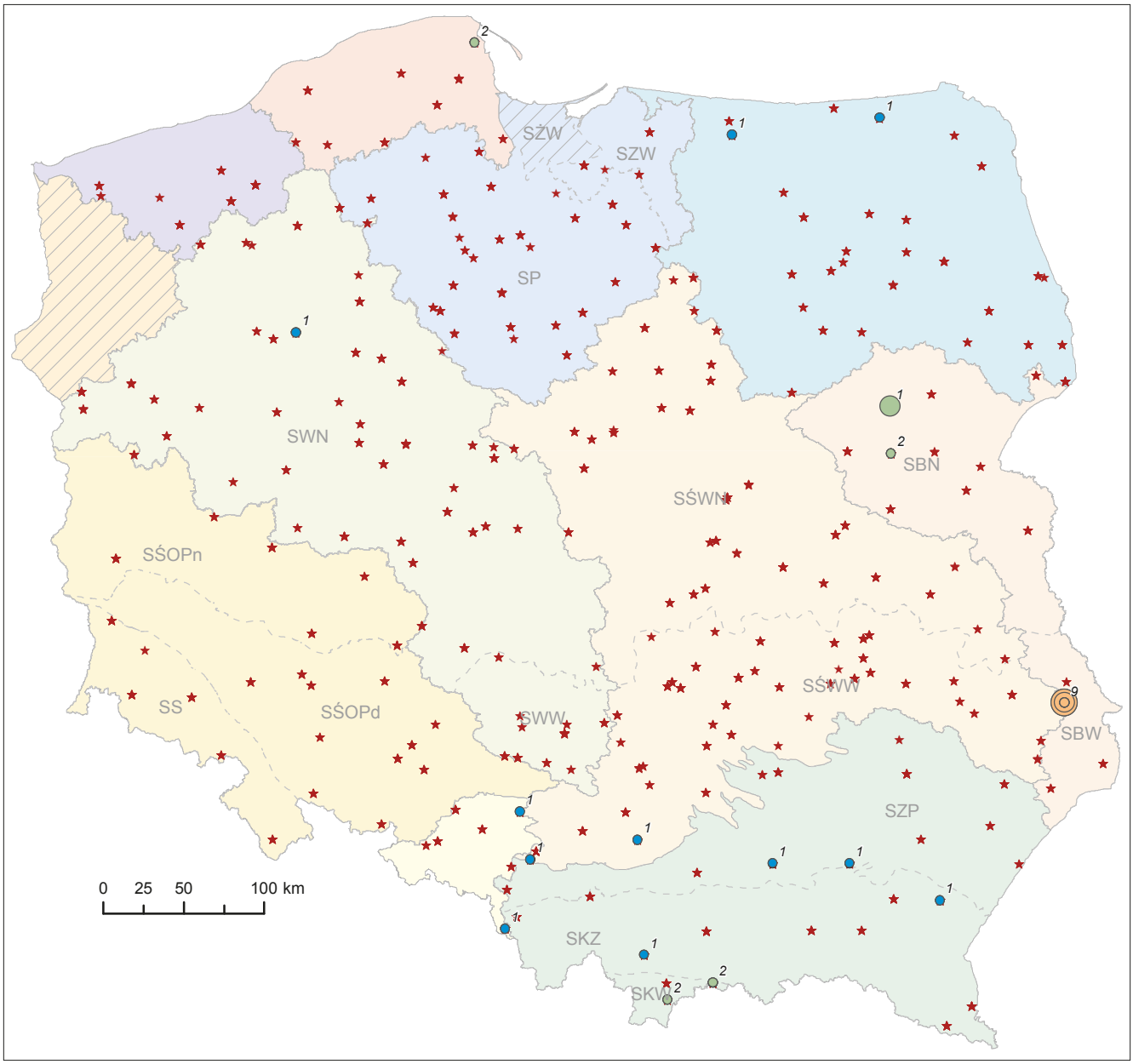


Ryc. 62. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1990 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1991

W 1991 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych obserwowano głównie w południowo-wschodniej części Polski (północno-wschodnia część regionu górnej Odry, południowo-zachodnia część regionu środkowej Wisły i region górnej Wisły). W pojedynczych punktach ekstremalnie wysokie stany wód odnotowano także w regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty oraz w regionie Bugu. Zazwyczaj były to pojedyncze, rzadziej dwukrotne, zdarzenia. Wyjątkiem jest punkt w południowej części regionu Bugu, gdzie wyżówka wystąpiła 9 razy. W punkcie tym częstość występowania stanów ekstremalnych w roku wyniosła ponad 24% (klasa IV). W pozostałych punktach była niższa i nie przekroczyła 8% (klasy: I, II). Przeważnie czas trwania zjawiska nie przekraczał dwóch tygodni. Jedynie w regionie Bugu zjawisko trwało dłużej. Maskymalny odnotowany czas wyżówki to 7 tygodni. W większości przypadków, w których zidentyfikowano zjawisko były zlokalizowane w strefie zasilania lub tranzytu wód podziemnych.W regionie zachodniopomorskim, regionie dolnej Wisły oraz regionie środkowej Odry wyżówek nie odnotowano.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bardzo niski i wynosi 0,19% (ryc. 17B).

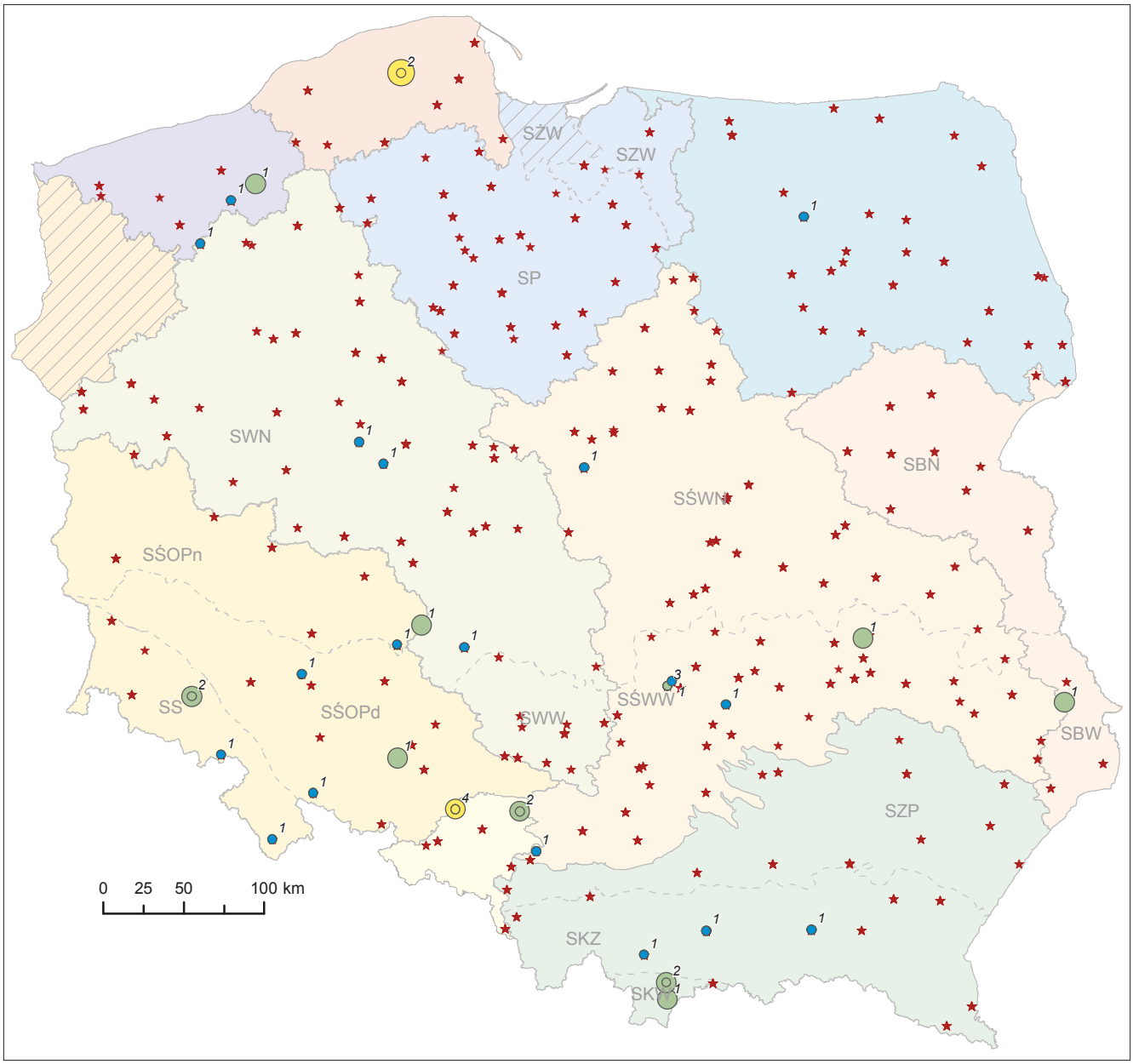


Ryc. 63. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1991 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1992

W 1992 r., w odniesieniu do roku poprzedniego, nieznacznie wzrosła liczba punktów, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych. Zjawisko wyżówki o charakterze lokalnym zidentyfikowano w regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, w centralnej i południowej części regionu Warty, w regionie środkowej Wisły, w południowej części regionu Bugu, w centralnej i południowej części regionu środkowej Odry, w regionie górnej Odry oraz w regionie górnej Wisły. Na ogół czas trwania wyżówek nie przekraczał miesiąca. Najdłuższe odnotowane zdarzenie trwało 9 tygodni (region wschodniopomorski). Częstość występowania stanów ekstremalnych w większości punktów nie przekroczyła 8% (klasy: I i II), jedynie w dwóch przypadkach (jeden punkt w regionie wschodniopomorskim i jeden punkt w regionie górnej Odry) była wyższa, ale nie osiągnęła 24% (klasa III). Większość punktów, w których zarejestrowane zjawisko znajdowało się w strefie zasilania bądź tranzytu wód podziemnych. W regionie dolnej Wisły zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,48% (ryc. 17B).

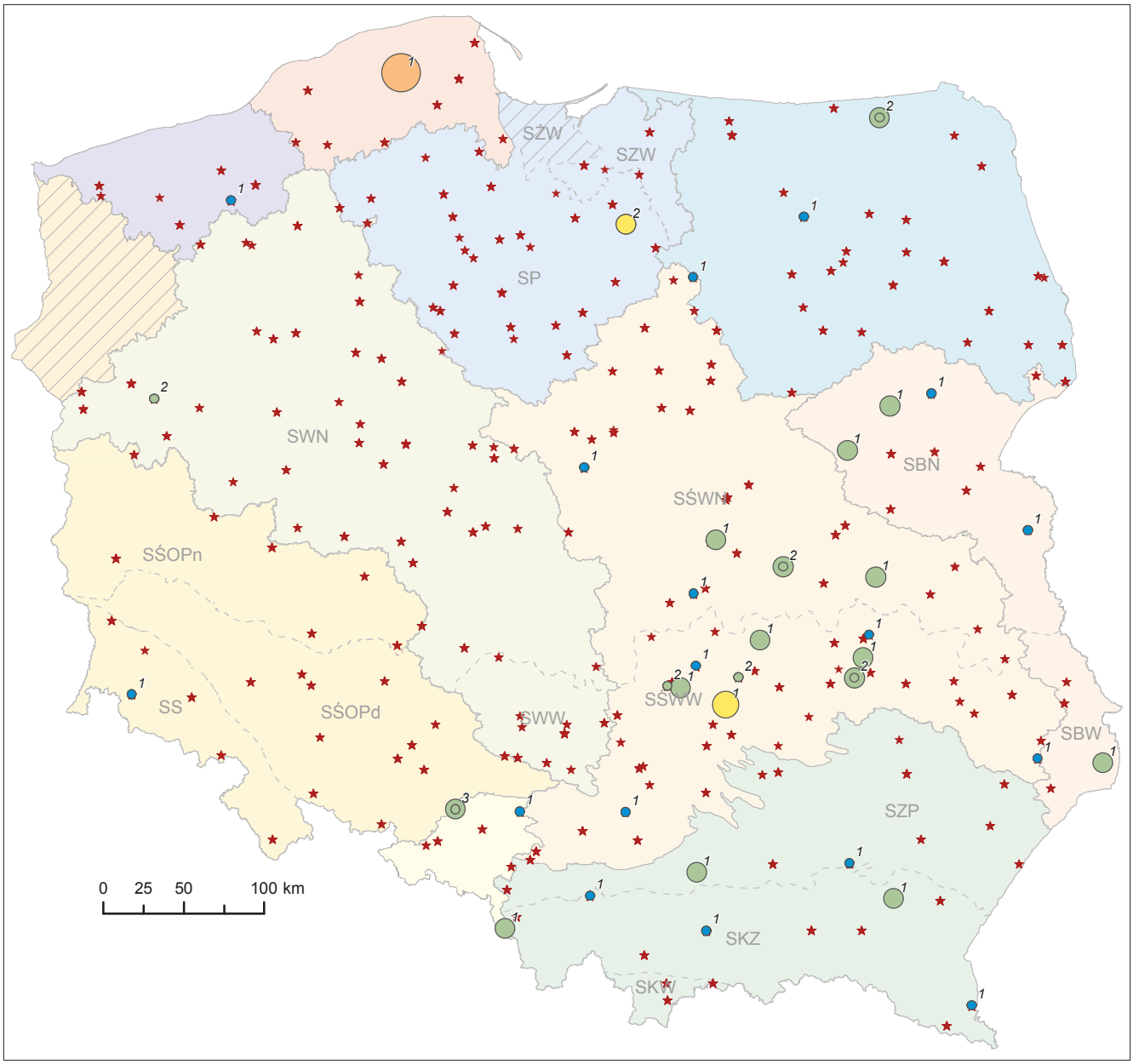


Ryc. 64. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1992 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1993

W 1993 r. wyżówka hydrogeologiczna występowała głównie w południowo-wschodniej części Polski w regionach: górnej Odry, górnej Wisły, centralnej i południowej części regionu środkowej Wisły, Bugu. Zjawisko o charakterze lokalnym odnotowano także: w północnej części regionu Warty, południowo-zachodniej części regionu środkowej Odry, północnej części regionu środkowej Wisły, regionie dolnej Wisły, regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim i regionie Narwi, Pregoły i Niemna. Na ogół czas trwania wyżówek nie przekraczał 3 miesięcy. W regionie wschodniopomorskim zidentyfikowano wyżówkę dłuższą, która trwała 13 tygodni. W punkcie tym częstość występowania stanów ekstremalnych wyniosła 25% (klasa IV). W pozostałych przypadkach nie przekroczyła ona 24% (klasy: I–III). Punkty, w których odnotowano wyżówki znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i w strefie drenażu wód podziemnych.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest niski i wynosi 0,46% (ryc. 17B).

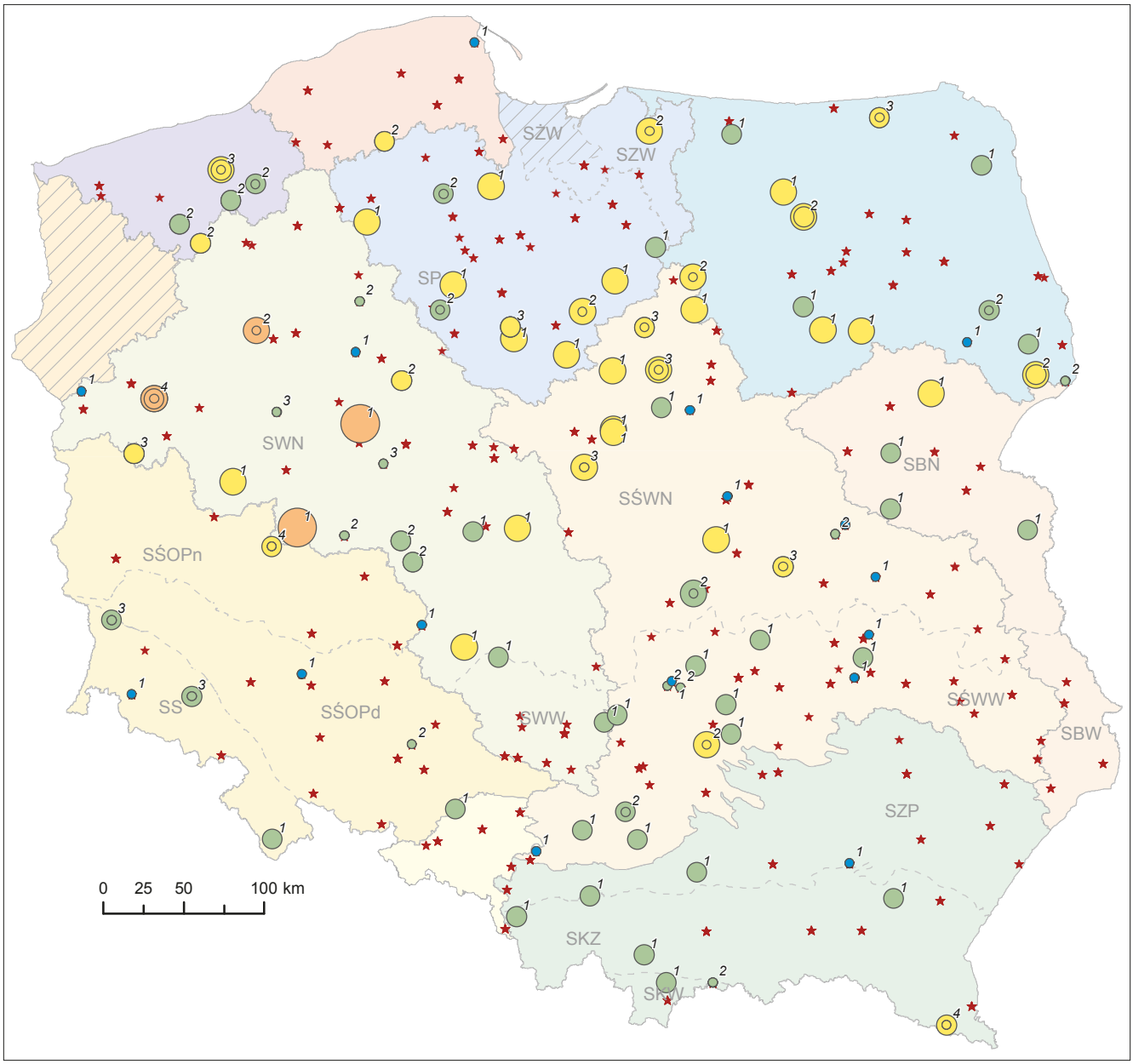


Ryc. 65. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1993 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1994

W 1994 r., w stosunku do roku poprzedniego, znacznie wzrosła liczba punktów, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych. Zjawisko wyżówki zidentyfikowano we wszystkich regionach objętych analizą w zbiorze B′, w punktach zlokalizowanych zarówno w strefie zasilania lub tranzytu, jak i w strefie drenażu. Czas trwania pojedynczych zdarzeń na ogół nie przekraczał 3 miesięcy. W nielicznych przypadkach w centralnej części regionu Warty wyżówka trwała dłużej. Maksymalny odnotowany czas zdarzenia wyniósł 13 tygodni. W poszczególnych punktach częstość występowania stanów ekstremalnych w roku wynosiła mniej niż 24% (klasy: I–III), z wyjątkiem kilku przypadków w północnej części regionu Warty, gdzie była większa (klasa IV).

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,91% (ryc. 17B).

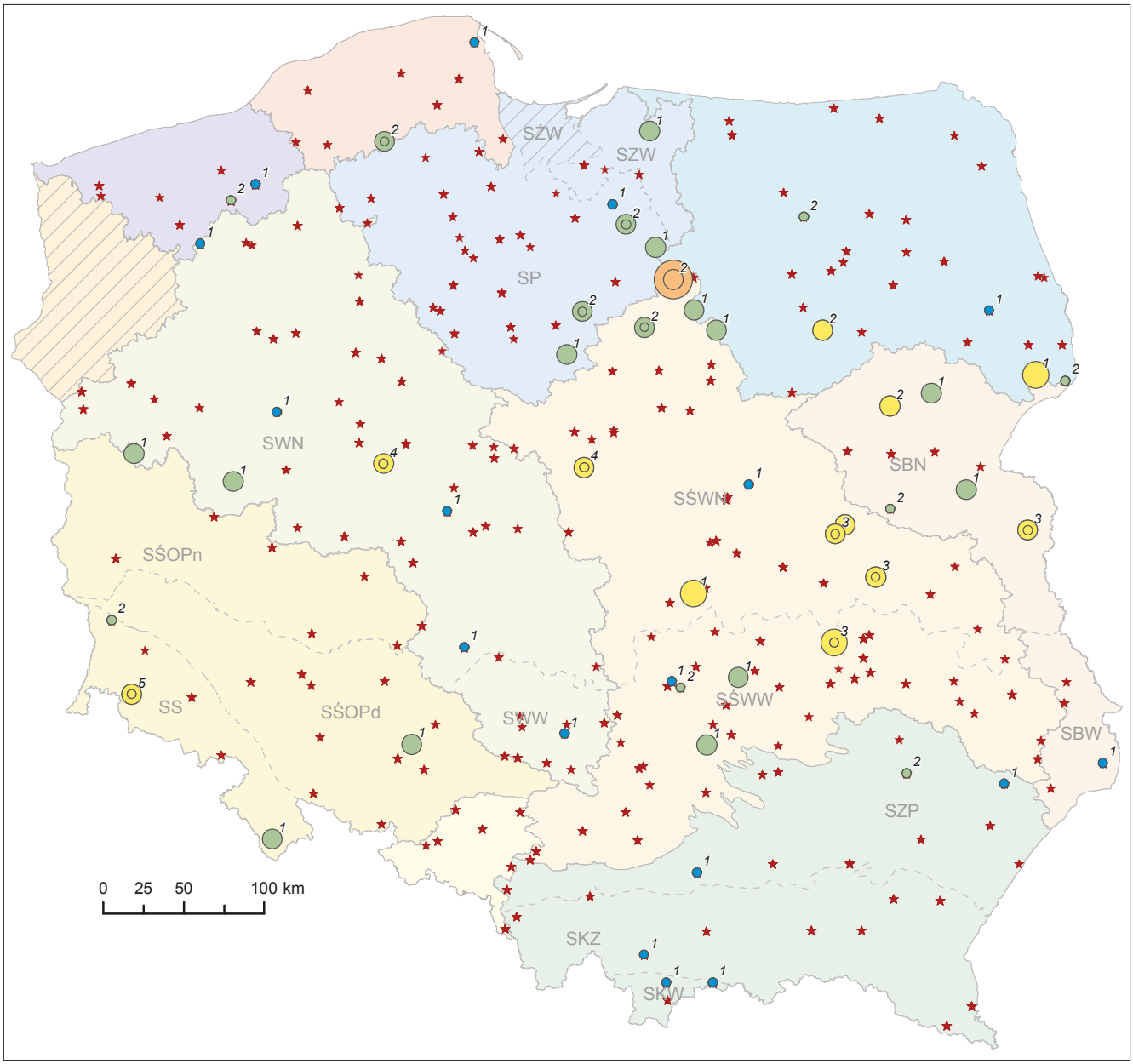


Ryc. 66. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1994 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1995

W 1995 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych występowały głównie: we wschodniej i południowo-wschodniej części regionu dolnej Wisły, w regionie środkowej Wisły, w północnej części regionu Bugu, w regionie Warty, w regionie środkowej Odry i regionie górnej Wisły oraz w mniejszym stopniu w regionie zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna oraz subregionie wyżynnym regionu Bugu. Czas trwania poszczególnych zdarzeń nie przekraczał 3 miesięcy, a częstość występowania stanów ekstremalnych w roku nie osiągała 24% (klasy I–III). Wyjątkiem jest punkt w północnej części regionu środkowej Wisły, gdzie zidentyfikowano najdłuższą wyżówkę trwająca 16 tygodni. W punkcie tym ciągłe okresy ekstremalnie wysokich stanów wystąpiły dwukrotnie w ciągu roku, a liczba pomiarów z przekroczeniem stanu granicznego zjawiska stanowiła 37% wszystkich pomiarów w roku (klasa IV). Przeważnie punkty, w których obserwowano zjawisko wyżówki były zlokalizowane w strefie zasilania i tranzytu. W regionie górnej Odry ekstremalnie wysokich stanów nie odnotowano.

W zbiorze B′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,84% (ryc. 17B).



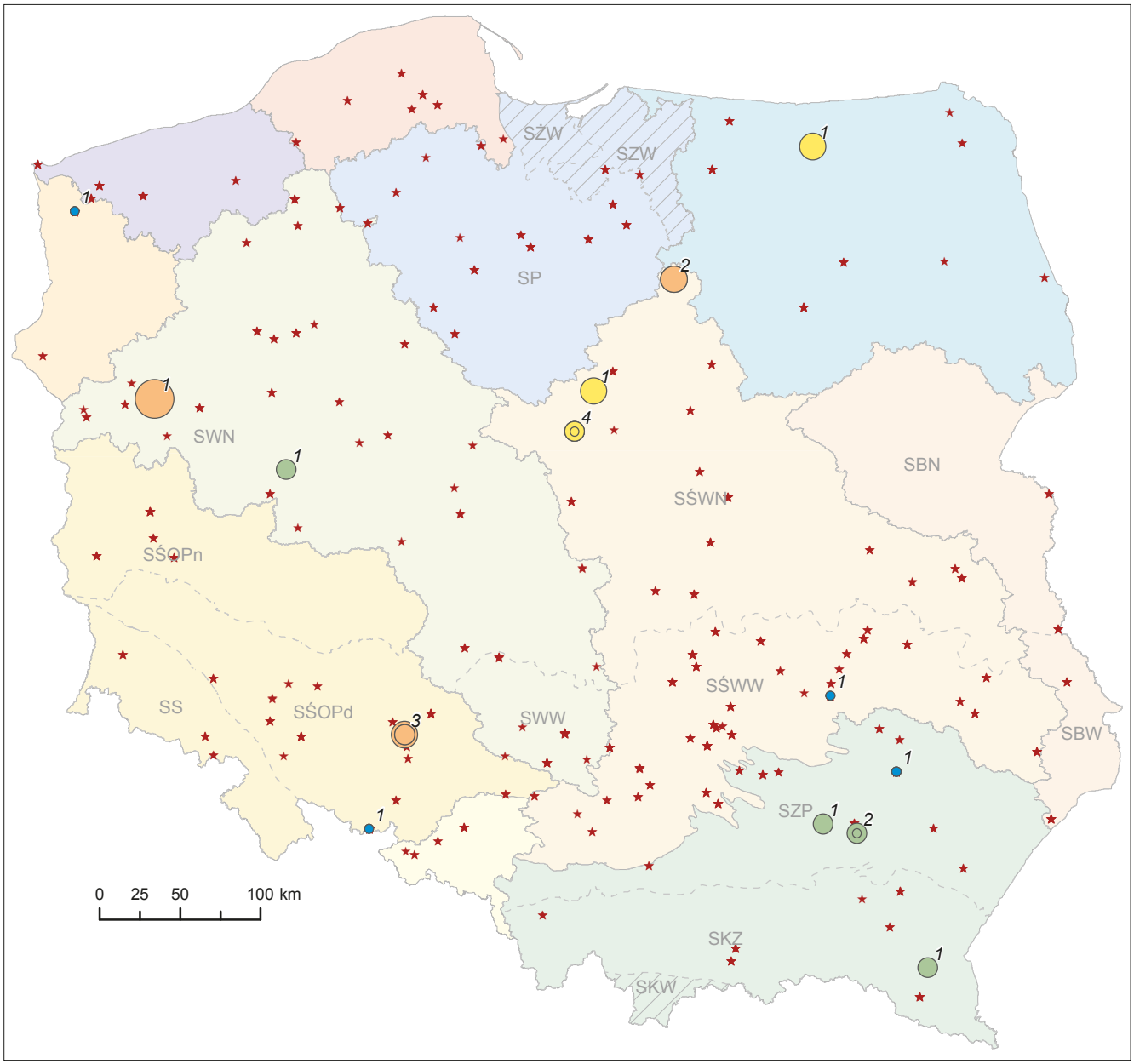
Ryc. 67. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1995 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

OPIS NA PODSTAWIE ANALIZY ZBIORU B″ (WIELOLECIE 1996–2015)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1996

W 1996 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych odnotowano tylko w nielicznych punktach zlokalizowanych przeważnie w strefach drenażu wód podziemnych. Zjawisko występowało w regionach dolnej Odry, Narwi, Pregoły i Niemna, Warty, środkowej Wisły, środkowej Odry oraz górnej Wisły. Przeważnie pojedyncze wyżówki były krótkotrwałe i na ogół na południu kraju nie przekraczały miesiąca, a na północy – trzech miesięcy. W nielicznych przypadkach trwały dłużej. Maksymalny odnotowany czas zdarzenia to 22 tygodnie (północno-zachodnia część regionu Warty). Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w znacznej liczbie punktów nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). W pojedynczych punktach w północno-zachodniej części regionu Warty, w północnej części regionu środkowej Wisły i w południowej części regionu środkowej Odry była wyższa, ale nie osiągnęła 50% (klasa IV). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Bugu i regionie górnej Odry zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,89% (ryc. 17B).

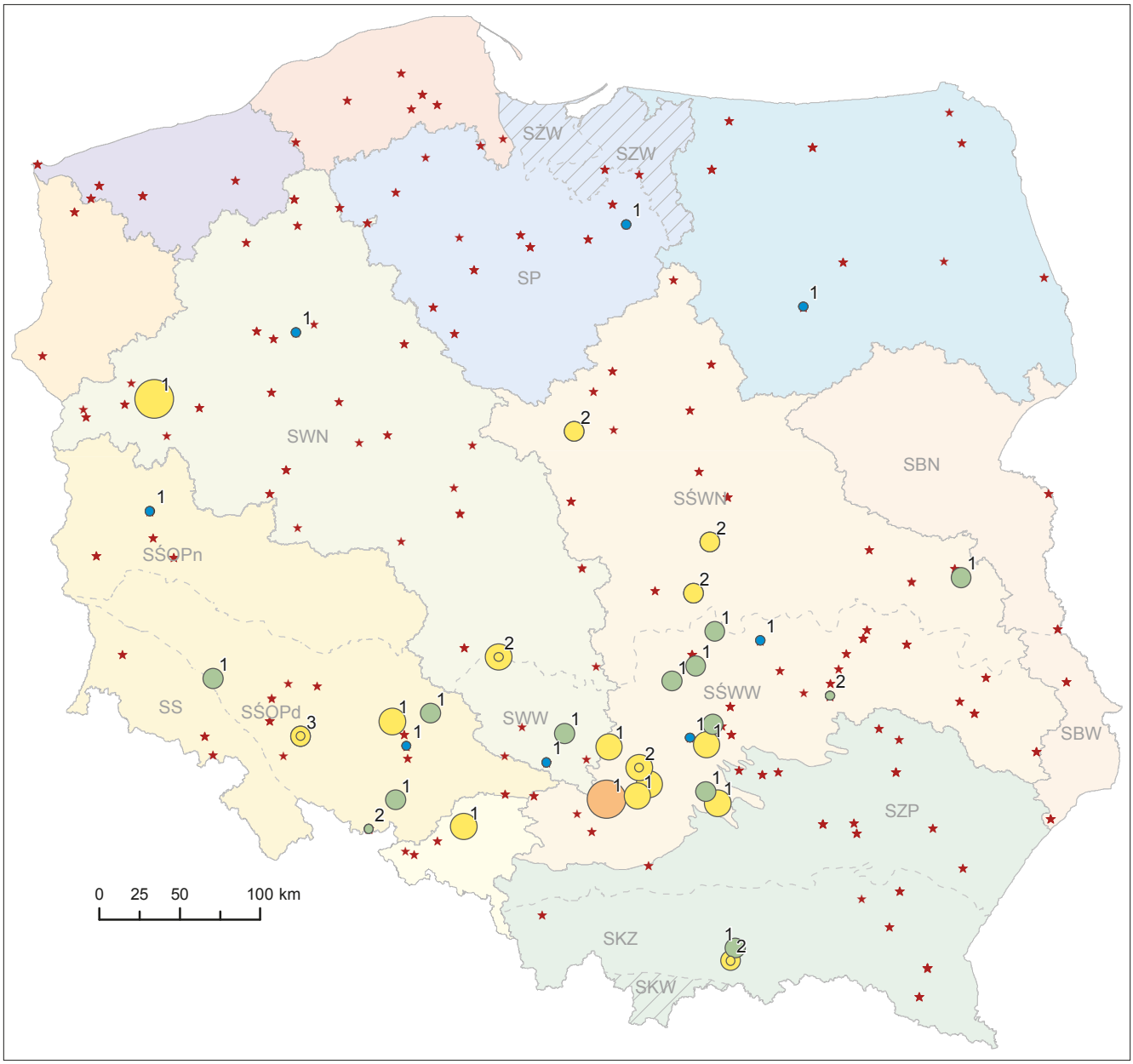


Ryc. 68. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1996 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1997

W 1997 roku ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych odnotowano zarówno w punktach zlokalizowanych w strefach drenażu, jak i zasilania i tranzytu wód podziemnych. Zjawisko zarejestrowano głównie w pasie wyżyn Polski (subregion wyżynny regionu środkowej Wisły i subregion wyżynny regionu Warty) i w regionie środkowej Odry oraz w mniejszym stopniu w regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie nizinnym regionu Warty, subregionie nizinnym regionu środkowej Wisły, regionie górnej Odry i regionie górnej Wisły. Poszczególne zdarzenia na ogół nie trwały dłużej jak miesiąc. Tylko w dwóch przypadkach na terenie kraju odnotowano wyżówki utrzymujące się ponad 3 miesiące. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach obserwacyjnych nie przekraczała 24% (klasy: I–III). W jednym z punktów w regionie środkowej Wisły była wyższa i wynosiła 42% (klasa IV). W regionie zachodniopomorskim, regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Odry i regionie Bugu zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,56% (ryc. 17B).

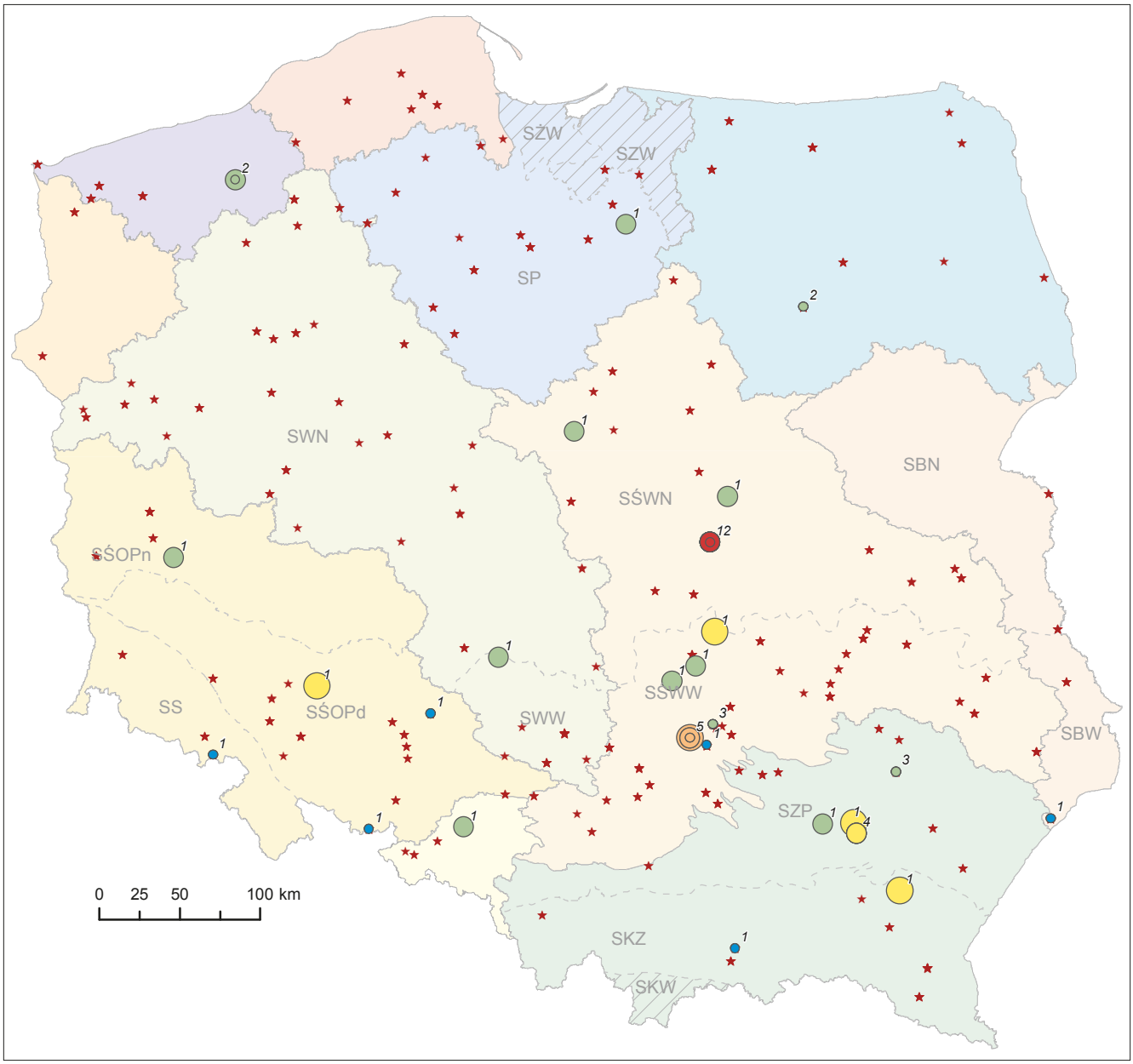


Ryc. 69. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1997 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1998

W 1998 r. najwięcej ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych zaobserwowano w dorzeczu Wisły: w regionie środkowej Wisły i w regionie górnej Wisły. W pojedynczych punktach zjawisko odnotowano również w regionie zachodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, subregionie wyżynnym regionu Warty, regionie Bugu, regionie środkowej Odry oraz regionie górnej Odry. Czas trwania zdarzeń nie przekraczał 3 miesięcy. W centralnej części regionu środkowej Wisły w jednym z punktów wyżówkę zarejestrowano 12 razy w ciągu roku. W punkcie tym częstość występowania stanów ekstremalnych przekroczyła 50% (klasa V). W pozostałych punktach była niższa (klasy: I–IV) i na ogół nie przekraczała 24% (klasy: I–III). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionie wschodniopomorskim i regionie dolnej Odry zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,35% (ryc. 17B).

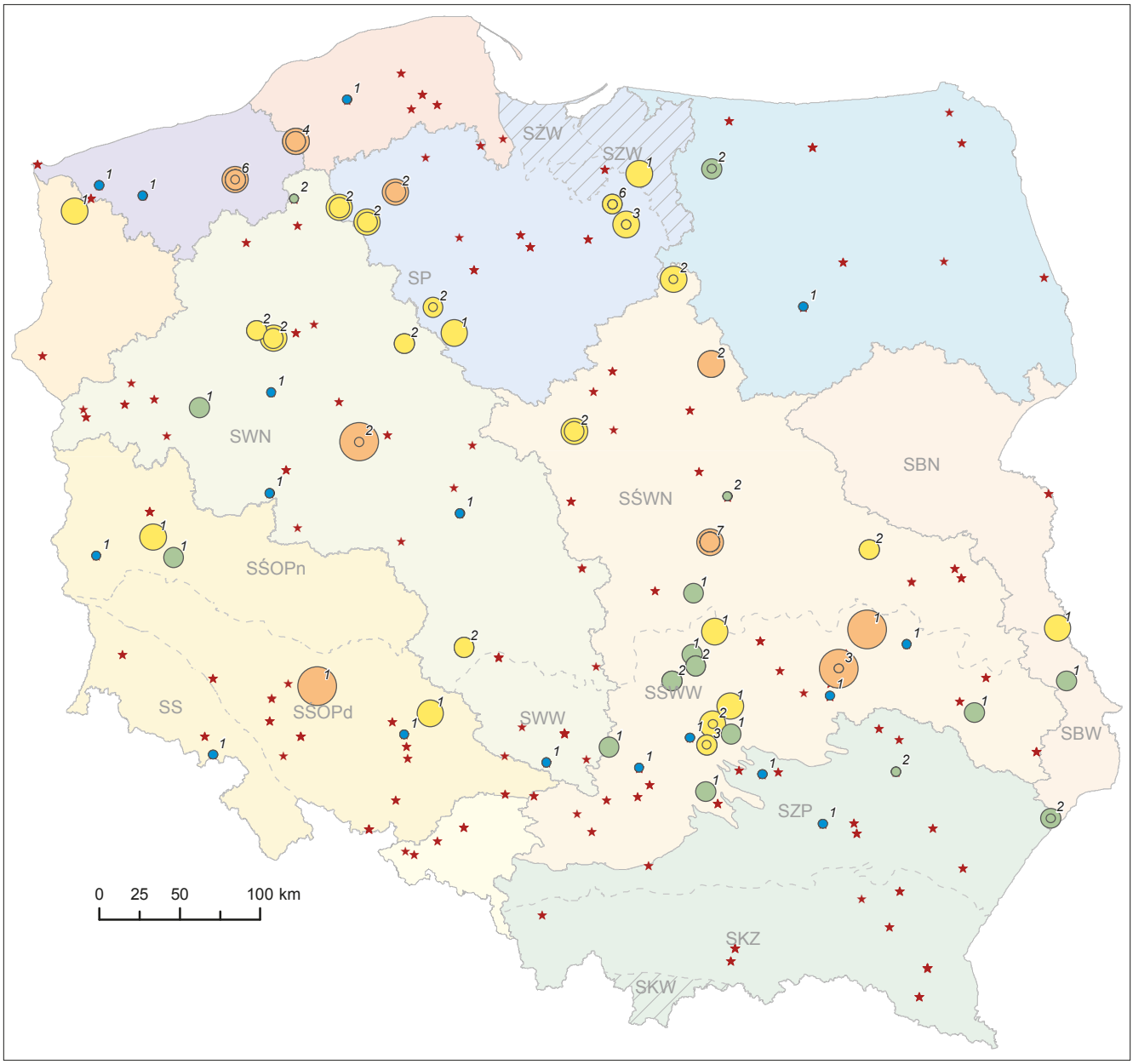


Ryc. 70. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1998 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 1999

W 1999 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych występowały powszechnie na znacznym obszarze kraju. Jedynie w regionie Narwi, Pregoły i Niemna, w regionie Bugu, w regionie dolnej Odry oraz w obszarach górskich, szczególnie w rejonie Karpat zjawisko miało charakter lokalny lub w ogóle nie zostało odnotowane. Czas trwania poszczególnych wyżówek często przekraczał miesiąc. W pojedynczych przypadkach w regionach: Warty, środkowej Odry i subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły ekstremalnie wysokie stany utrzymywały się ponad 3 miesiące. Maksymalny odnotowany czas zdarzenia to 23 tygodnie. Częstość występowania wysokich stanów wód w większości przypadków nie przekraczała 24% (klasy: I–III). W kilku punktach zlokalizowanych w regionach: wschodniopomorskim, zachodniopomorskim, dolnej Wisły, Warty, środkowej Odry i środkowej Wisły była wyższa, ale nie osiągnęła 50% (klasa IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 4,2% (ryc. 17B).

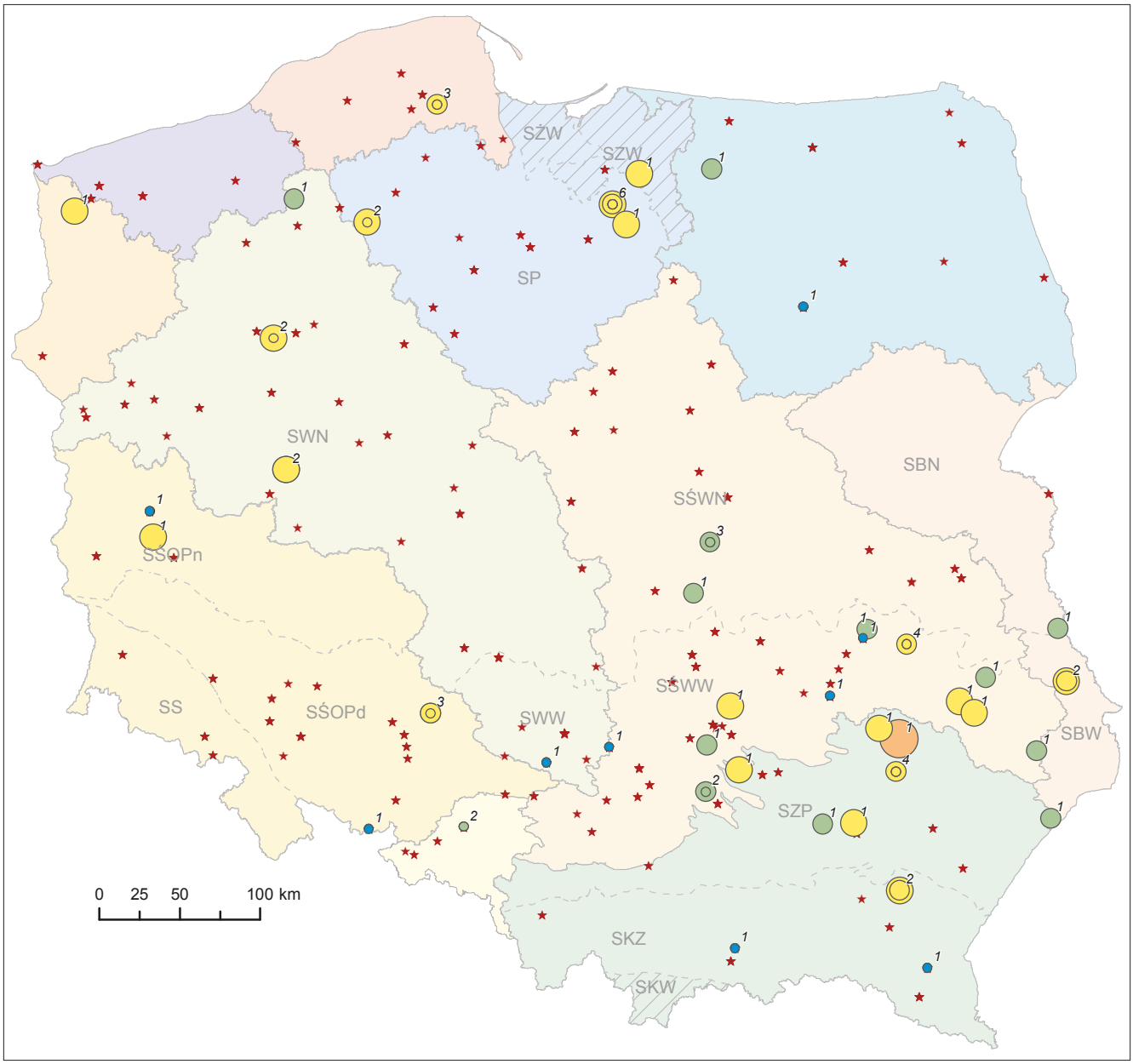


Ryc. 71. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 1999 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2000

W 2000 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych obserwowano głównie w centralnej i południowej części regionu środkowej Wisły, południowej części regionu Bugu oraz regionie górnej Wisły. Lokalnie wyżówka występowała w regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Odry, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty, regionie środkowej Odry i regionie górnej Odry. W niektórych punktach zjawisko zidentyfikowano kilka razy w ciągu roku. Czas trwania poszczególnych zdarzeń nie przekraczał 3 miesięcy. Wyjątek stanowi punkt w północnej części regionu górnej Wisły, gdzie odnotowano wyżówkę trwającą 20 tygodni. W punkcie tym częstość wystąpienia ekstremalnie wysokich stanów wyniosła 39% (klasa IV). W pozostałych punktach nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,5% (ryc. 17B).

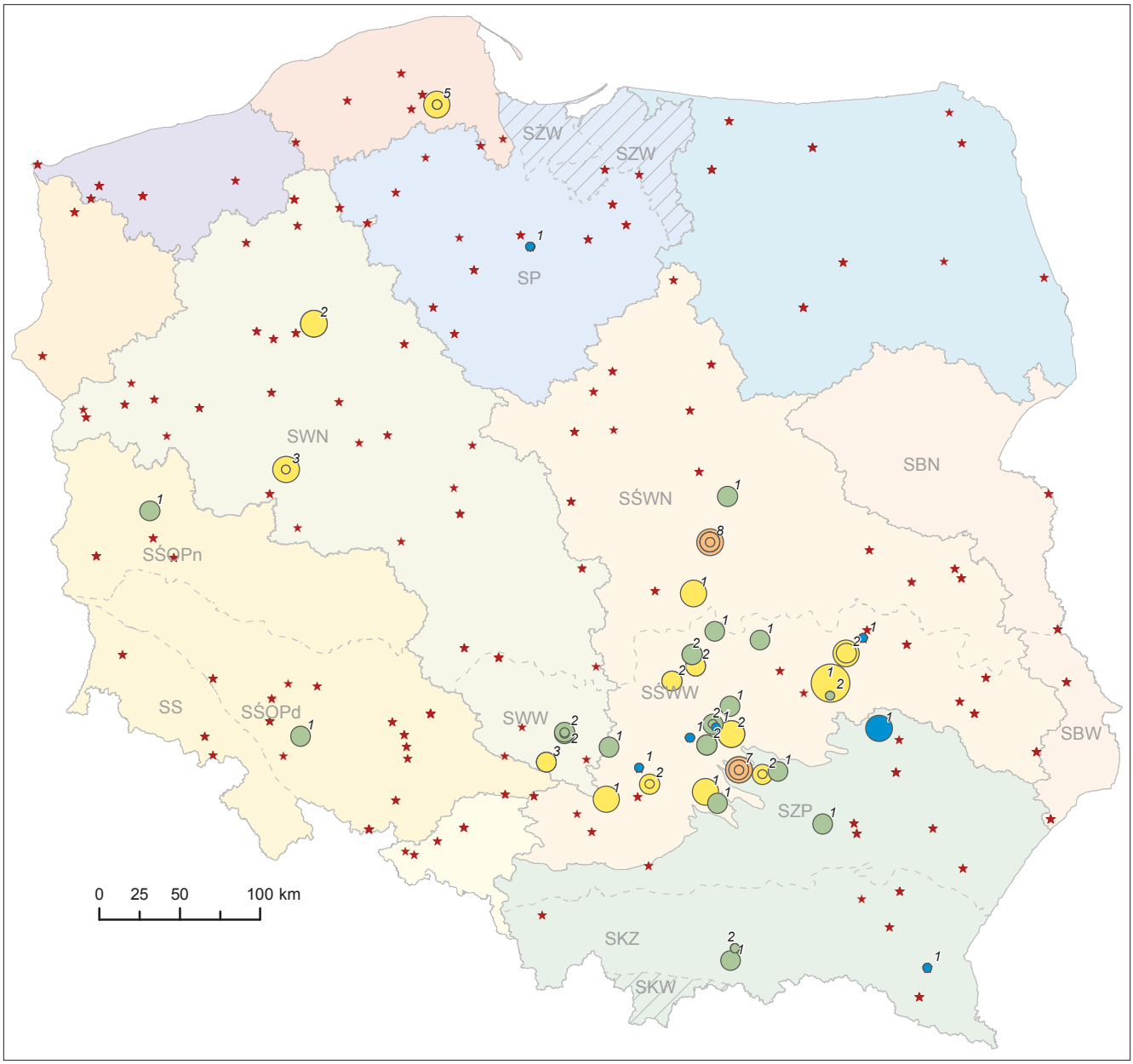


Ryc. 72. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2000 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2001

W 2001 r. wyżówki były obserwowane głównie w centralnej i południowej części regionu środkowej Wisły, subregionie wyżynnym regionu Warty oraz północnej części regionu górnej Wisły. W pojedynczych punktach zjawisko odnotowano także w regionach wschodniopomorskim, dolnej Wisły oraz subregionie nizinnym regionu Warty, regionie środkowej Odry i w południowej części regionu górnej Wisły. Czas trwania poszczególnych zdarzeń nie przekraczał 3 miesięcy. W południowej Polsce zidentyfikowano wyżówki, które kontynuowały się w roku następnym. Czas trwania najdłuższego takiego zdarzenia w ciągu dwóch lat wyniósł 20 tygodni, z czego 11 tygodni przypadło na opisywany rok 2001. Na terenie kraju w niektórych punktach odnotowano kilka wyżówek w ciągu roku. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów na ogół nie przekraczała 24% (klasy: I–III). W nielicznych punktach była wyższa, ale nie osiągnęła 50% (klasa IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionie zachodniopomorskim, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie dolnej Odry, regionie Bugu i regionie górnej Odry zjawiska nie odnotowano.

W zbiorze B′′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,2% (ryc. 17B).

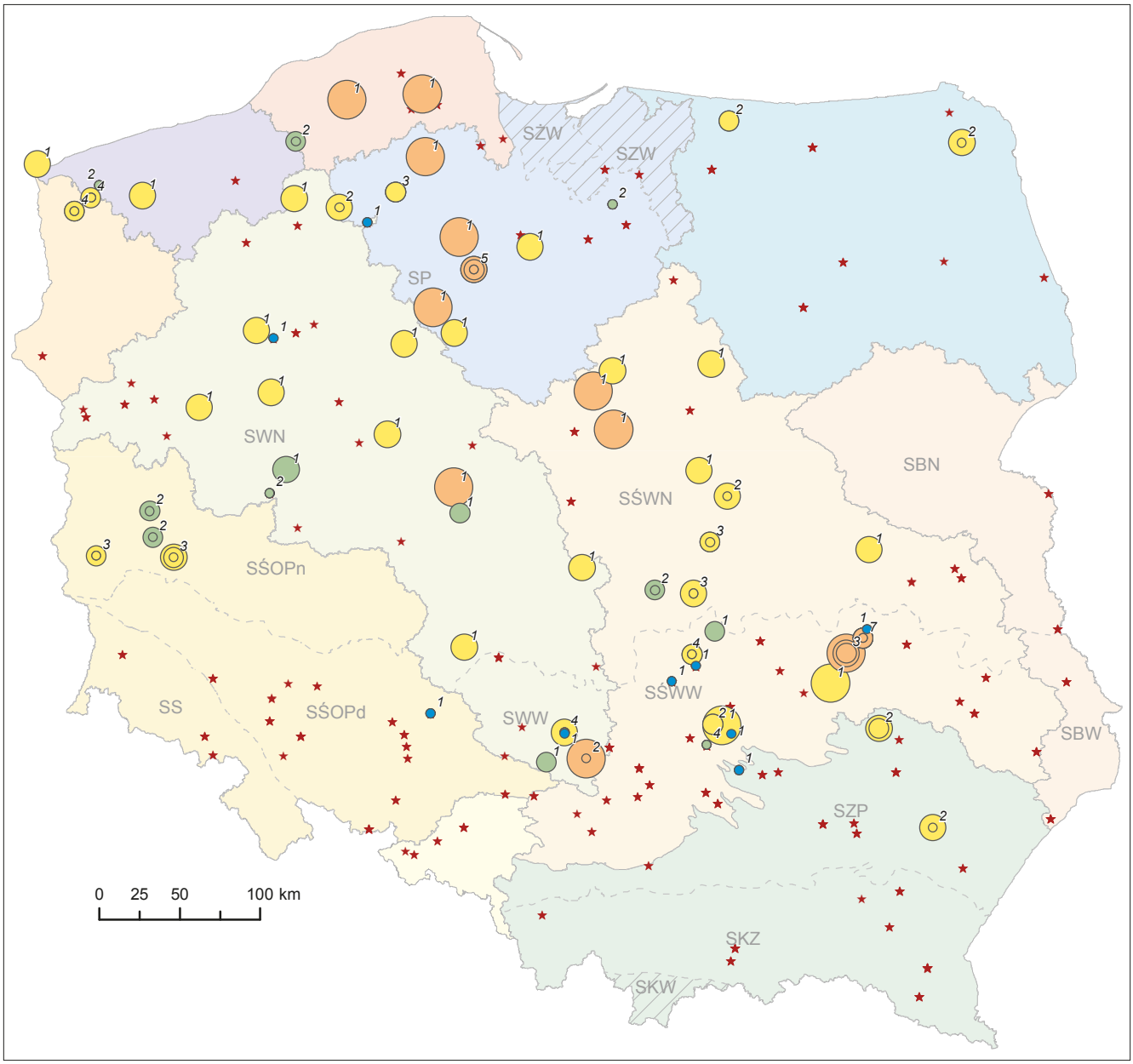


Ryc. 73. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2001 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2002

W 2002 r. zjawisko wyżówki występowało głównie w regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Warty, dolnej Wisły, środkowej Wisły, w subregionie północnym środkowej Odry oraz lokalnie w regionie dolnej Odry, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, w subregionie południowym regionu środkowej Odry i w subregionie zapadliska przedkarpackiego. Czas trwania wyżówek był zróżnicowany. Najdłuższe odnotowane zdarzenie trwało 23 tygodnie. W północnej części regionu górnej Wisły zidentyfikowano wyżówkę, która rozpoczęła się w roku poprzednim. W sumie czas trwania tego zdarzenia w ciągu dwóch lat wyniósł 20 tygodni, z czego 9 tygodni przypadło na opisywany rok 2002. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów była zróżnicowana (klasy: I–IV). Przeważnie nie przekraczała 24%. Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionie Bugu, subregionie Sudetów regionu środkowej Odry, regionie górnej Odry i subregionie Karpat zewnętrznych regionu górnej Wisły zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 5,86% (ryc. 17B).

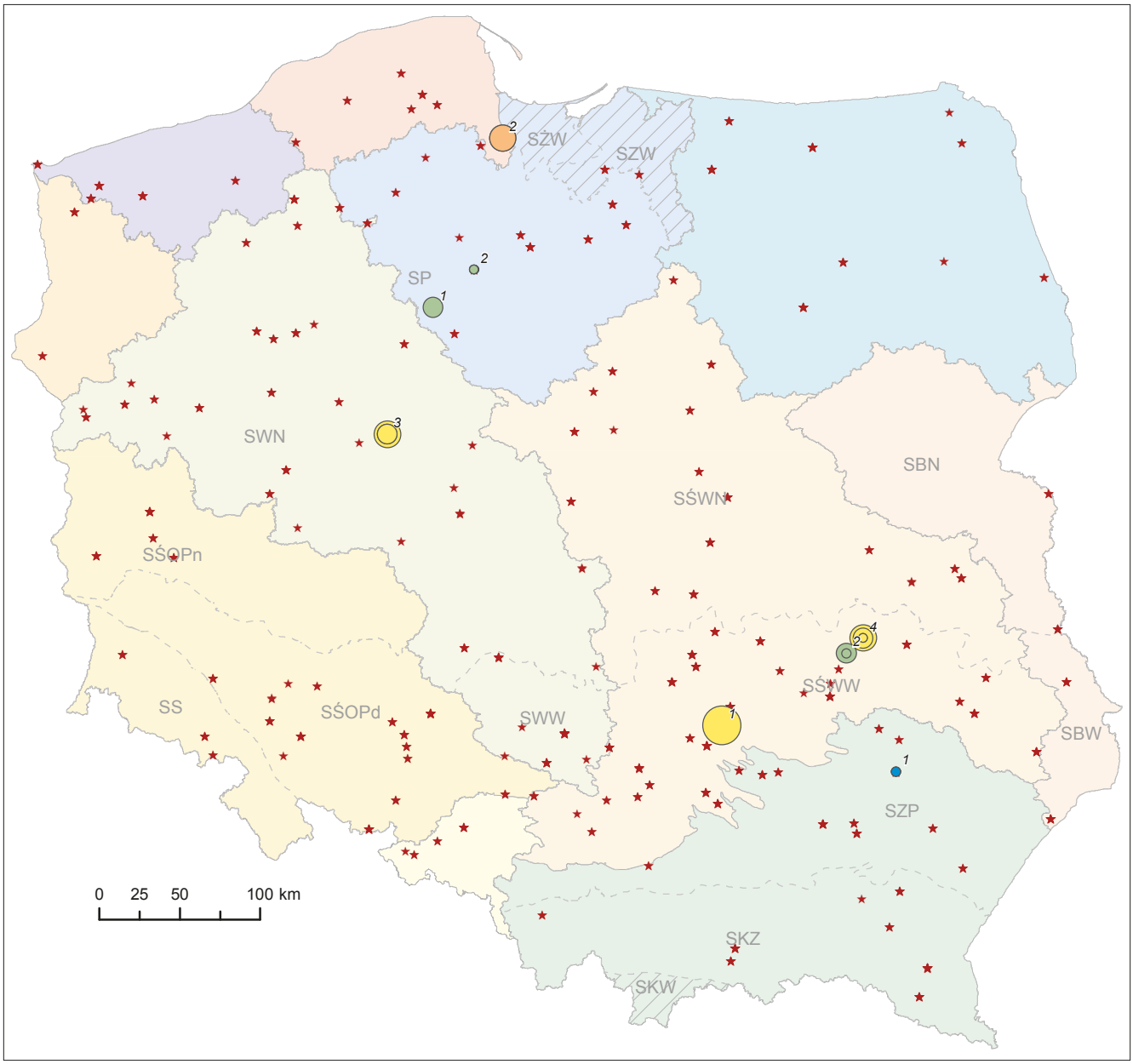


Ryc. 74. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2002 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2003

W 2003 r. zjawisko występowało lokalnie w regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Warty, subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły i w północnej części regionu górnej Wisły. Czas trwania poszczególnych zdarzeń nie przekraczał 3 miesięcy. Tym niemniej w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły zidentyfikowano wyżówkę, która rozpoczęła się w roku poprzednim. W sumie czas trwania tego zdarzenia w ciągu dwóch lat wyniósł 20 tygodni, z czego 10 tygodni przypadło na opisywany rok 2003. W poszczególnych punktach, w których wystąpiło zjawisko, częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów wód nie przekraczała 50% (klasy: I–IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach: zachodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, dolnej Odry, Bugu, środkowej Odry oraz górnej Odry wyżówek nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,71% (ryc. 17B).

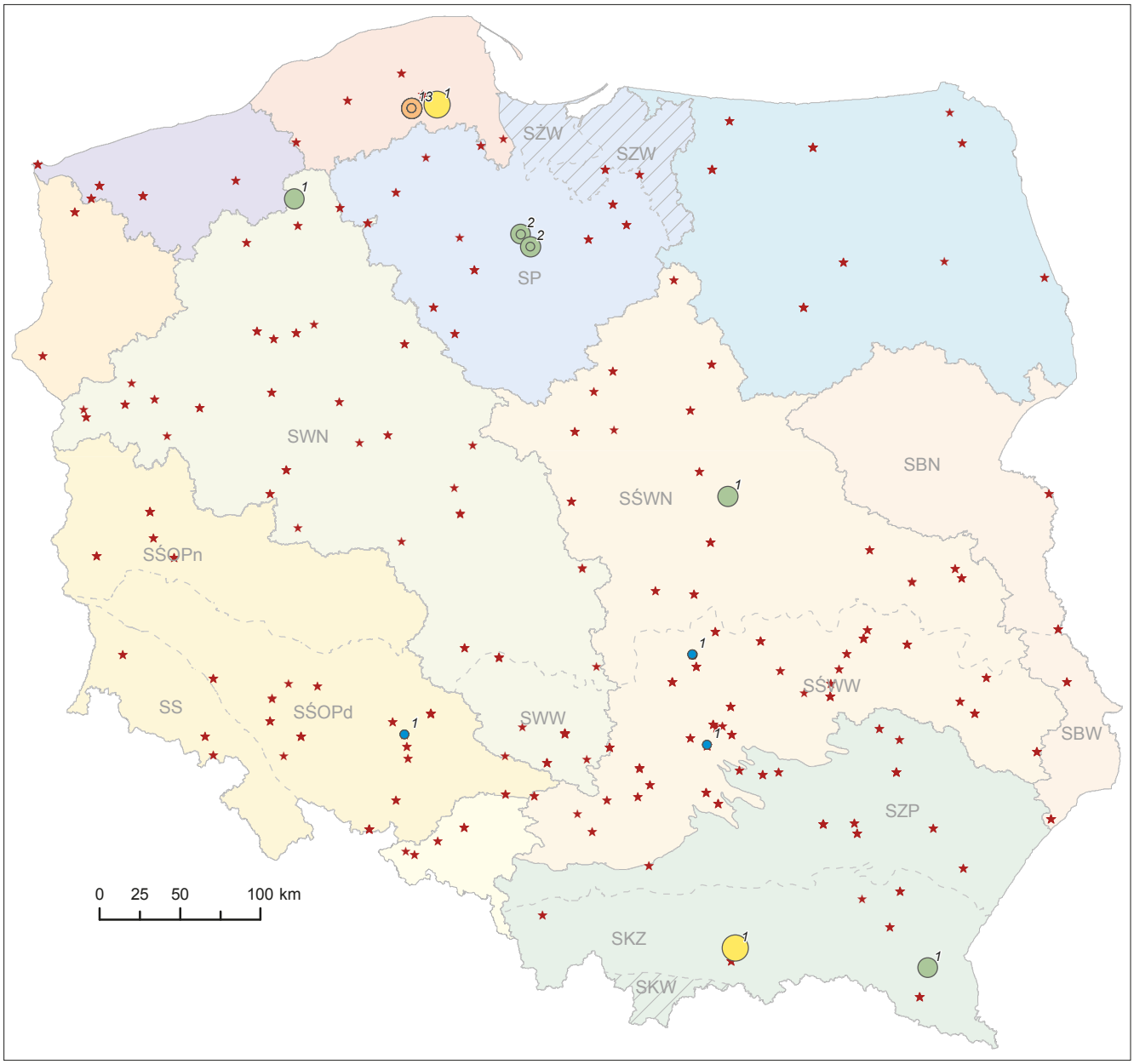


Ryc. 75. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2003 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2004

W 2004 r. zjawisko występowało lokalnie w regionach: wschodniopomorskim, dolnej Wisły, Warty, środkowej Wisły, środkowej Odry i górnej Wisły. Najczęściej wyżówki obserwowano w strefach tranzytu i drenażu wód podziemnych. Czas trwania zdarzeń nie przekraczał 3 miesięcy. W niektórych punktach odnotowano więcej niż jedną wyżówkę w ciągu roku. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana, jednak nie przekroczyła 50% (klasy: I–IV). W regionach: zachodniopomorskim, Narwi, Pregoły i Niemna, dolnej Odry, Bugu oraz górnej Odry zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,54% (ryc. 17B).

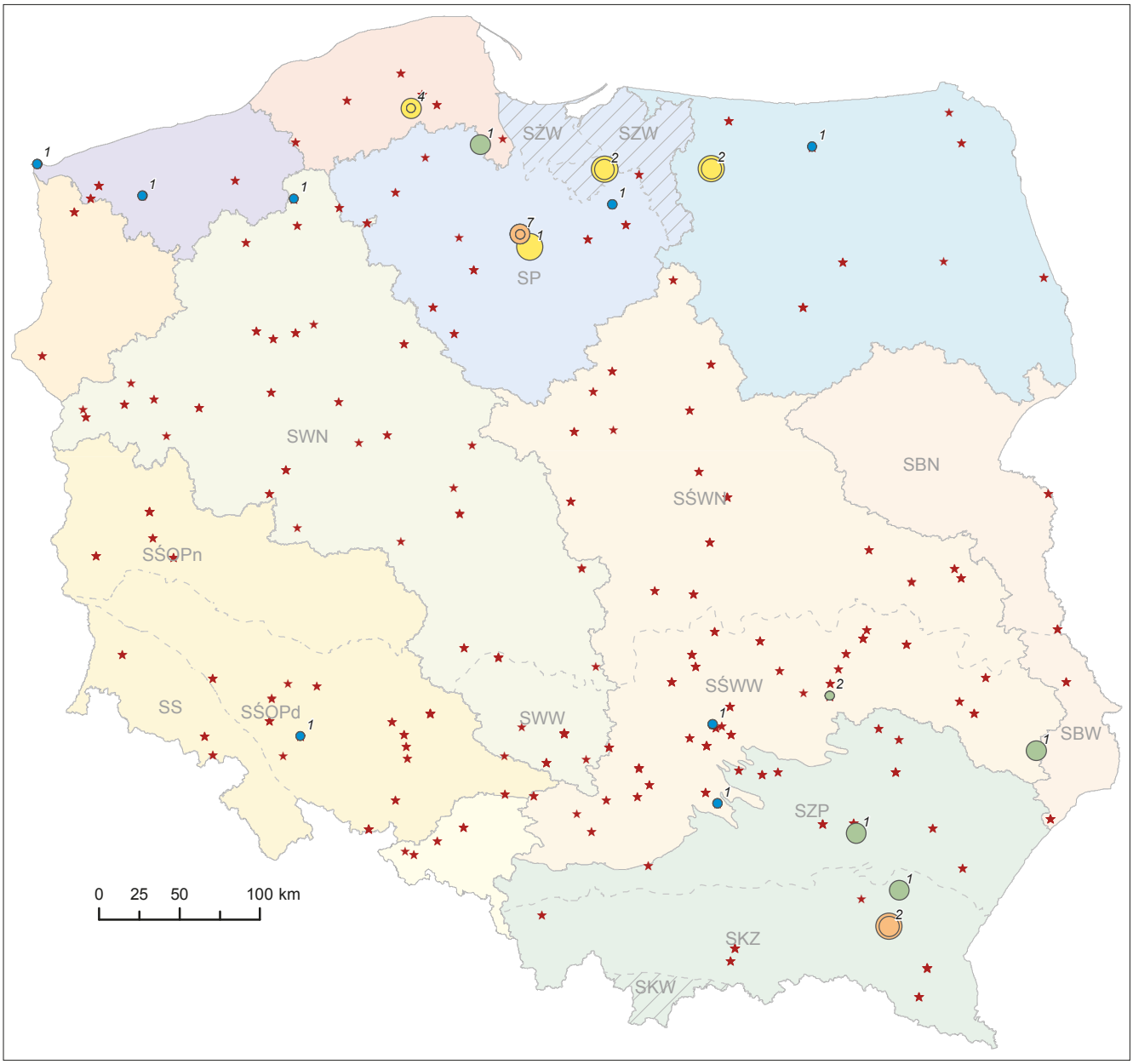


Ryc. 76. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2004 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2005

W 2005 r. nieliczne wystąpienia ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych odnotowano w północnej i południowej części kraju (regiony: zachodniopomorski, wschodniopomorski, Warty, dolnej Wisły, Narwi, Pregoły i Niemna, środkowej Odry, górnej Wisły, subregion wyżynny regionu środkowej Wisły). Czas trwania zdarzeń nie przekraczał 3 miesięcy. W niektórych punktach odnotowano więcej niż jedną wyżówkę w ciągu roku. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana, jednak nie przekroczyła 50% (klasy: I–IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach dolnej Odry, Bugu oraz górnej Odry zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,79% (ryc. 17B).

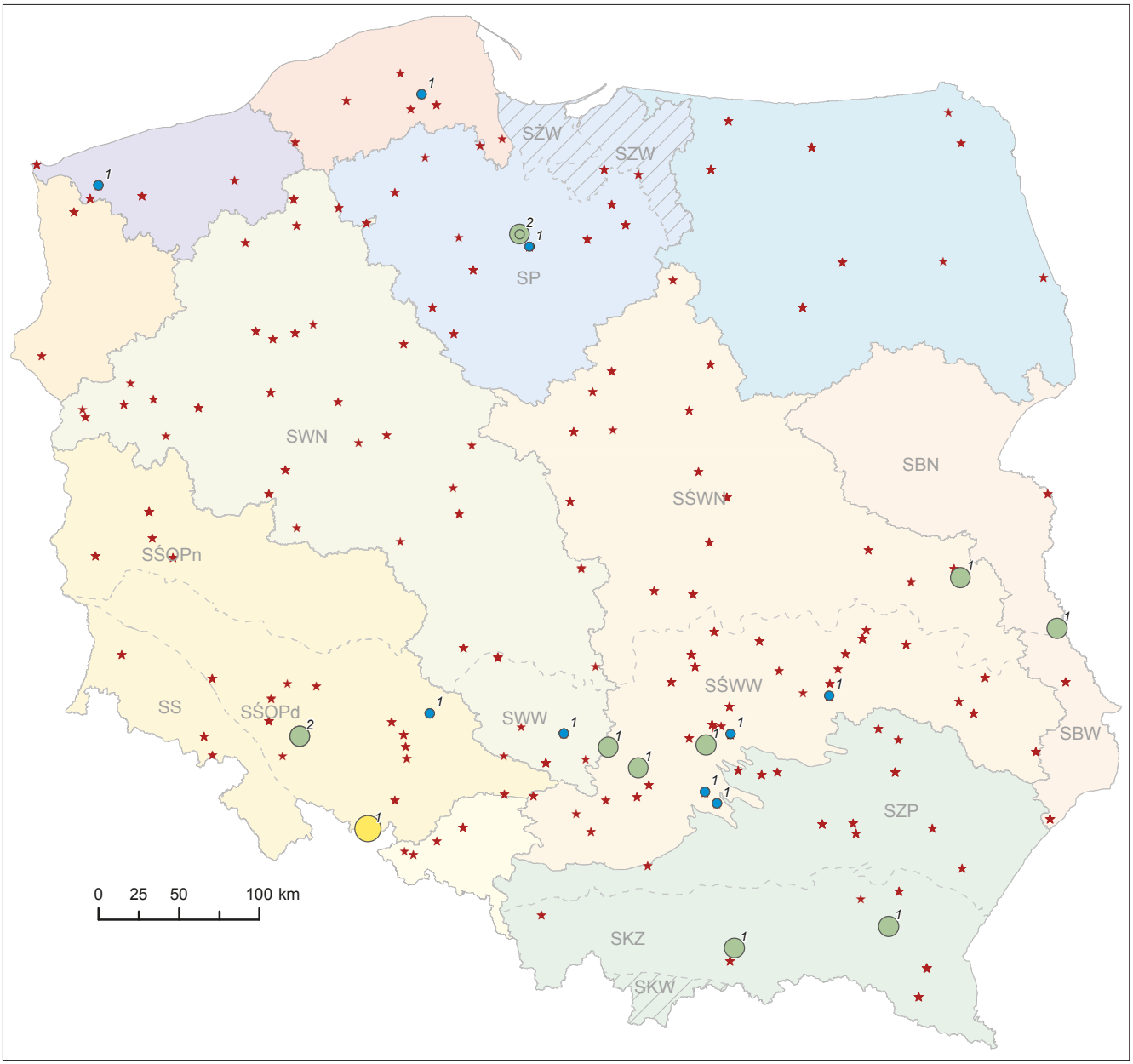


Ryc. 77. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2005 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2006

W 2006 r. zjawisko występowało lokalnie w regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, dolnej Wisły, Warty (subregion wyżynny), środkowej Odry (subregion południowy), środkowej Wisły (subregion wyżynny), górnej Wisły (subregion Karpat zewnętrznych) oraz Bugu. Czas trwania poszczególnych zdarzeń na ogół był krótszy niż miesiąc. Najdłuższa odnotowana wyżówka trwała 5 tygodni. W poszczególnych punktach, w których wystąpiło zjawisko, częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów przeważnie nie przekraczała 8% (klasy: I, II), rzadko wynosiła więcej – 10% (region środkowej Odry – subregion południowy)(klasa III). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach dolnej Odry, Narwi, Pregoły i Niemna oraz górnej Odry wyżówek nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,42% (ryc. 17B).

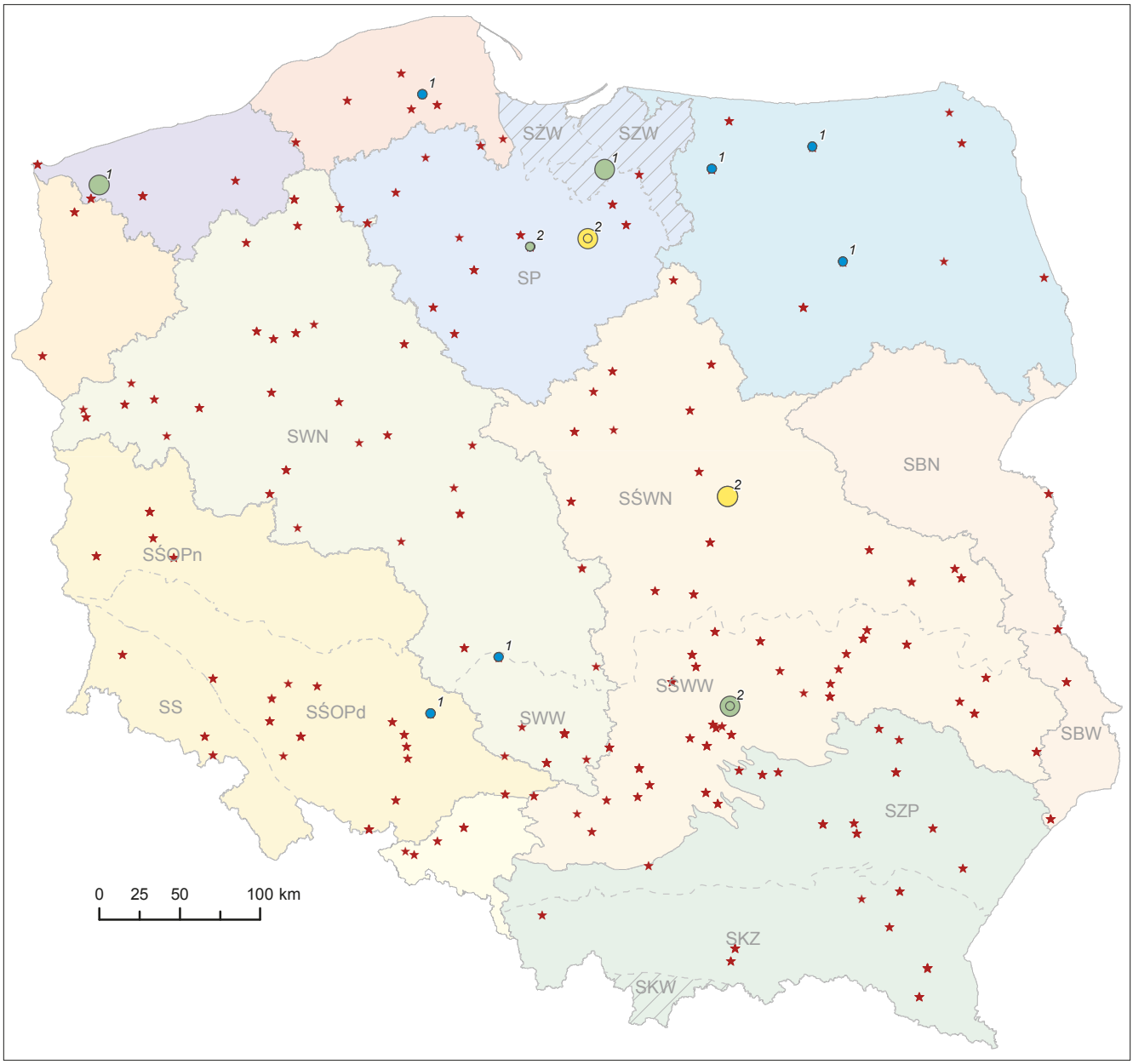


Ryc. 78. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2006 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2007

W 2007 r. zjawisko występowało lokalnie w regionach: zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, dolnej Wisły (subregion pojezierny), Narwi, Pregoły i Niemna, środkowej Wisły, Warty (subregion wyżynny) oraz środkowej Odry (subregion południowy). Czas trwania zdarzeń był krótki, nie przekraczał miesiąca. W niektórych punktach w regionach dolnej Wisły i środkowej Wisły odnotowano więcej niż jedną wyżówkę w ciągu roku. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana, ale nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach dolnej Odry, górnej Odry, górnej Wisły i Bugu zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest bliski zera (0,3%) (ryc. 17B).

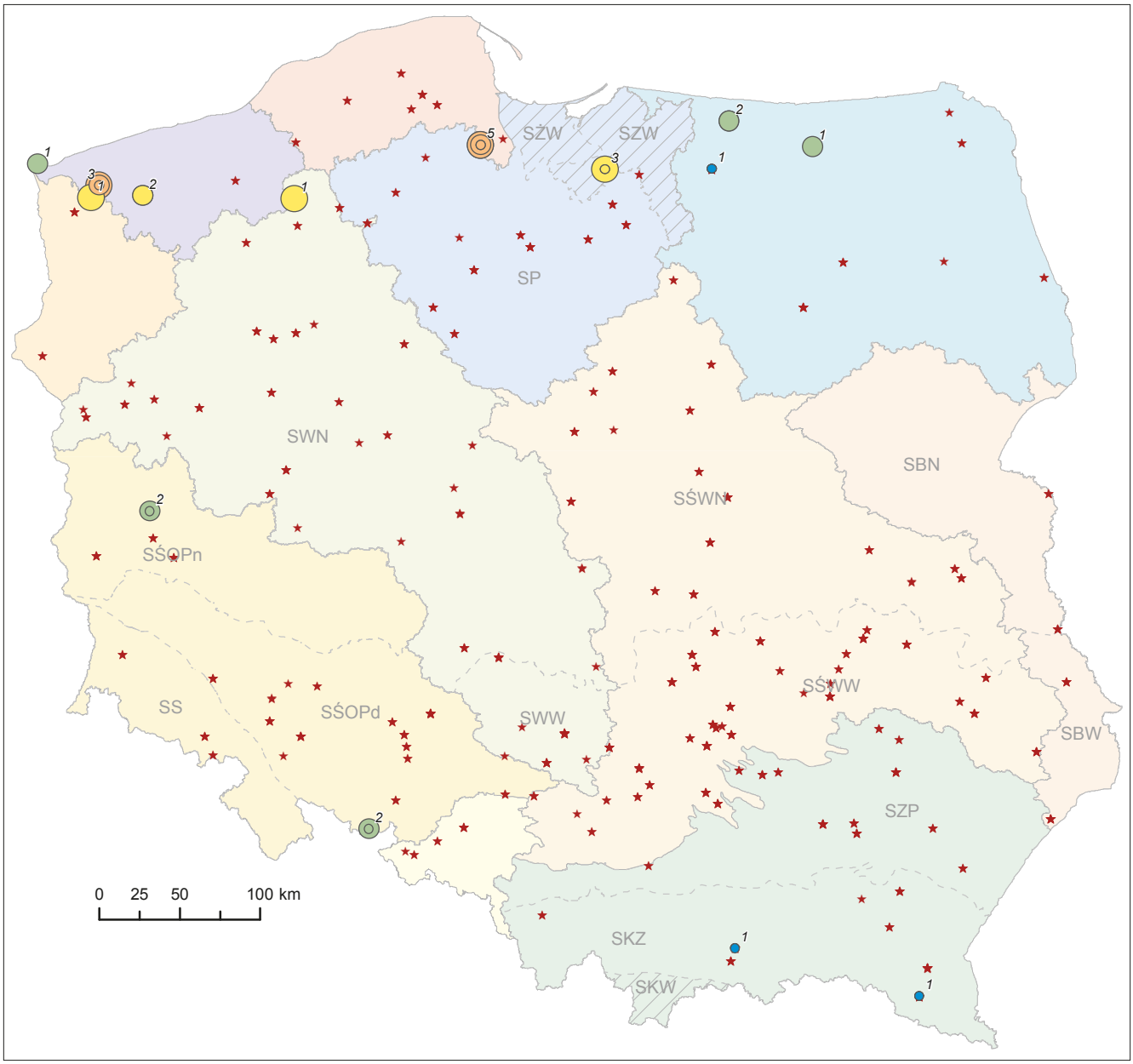


Ryc. 79. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2007 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2008

W 2008 r. wystąpienia ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych obserwowano przede wszystkim w pasie przebiegającym równoleżnikowo w północnej części kraju, wzdłuż granicy Polski. Były to zdarzenia trwające nie dłużej niż 3 miesiące, jedno-, dwu-, trój-, a nawet pięciokrotne. Na terenie kraju częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana, ale nie przekroczyła 50% (klasy: I–IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach wschodniopomorskim, górnej Odry, środkowej Wisły, Bugu zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,85% (ryc. 17B).

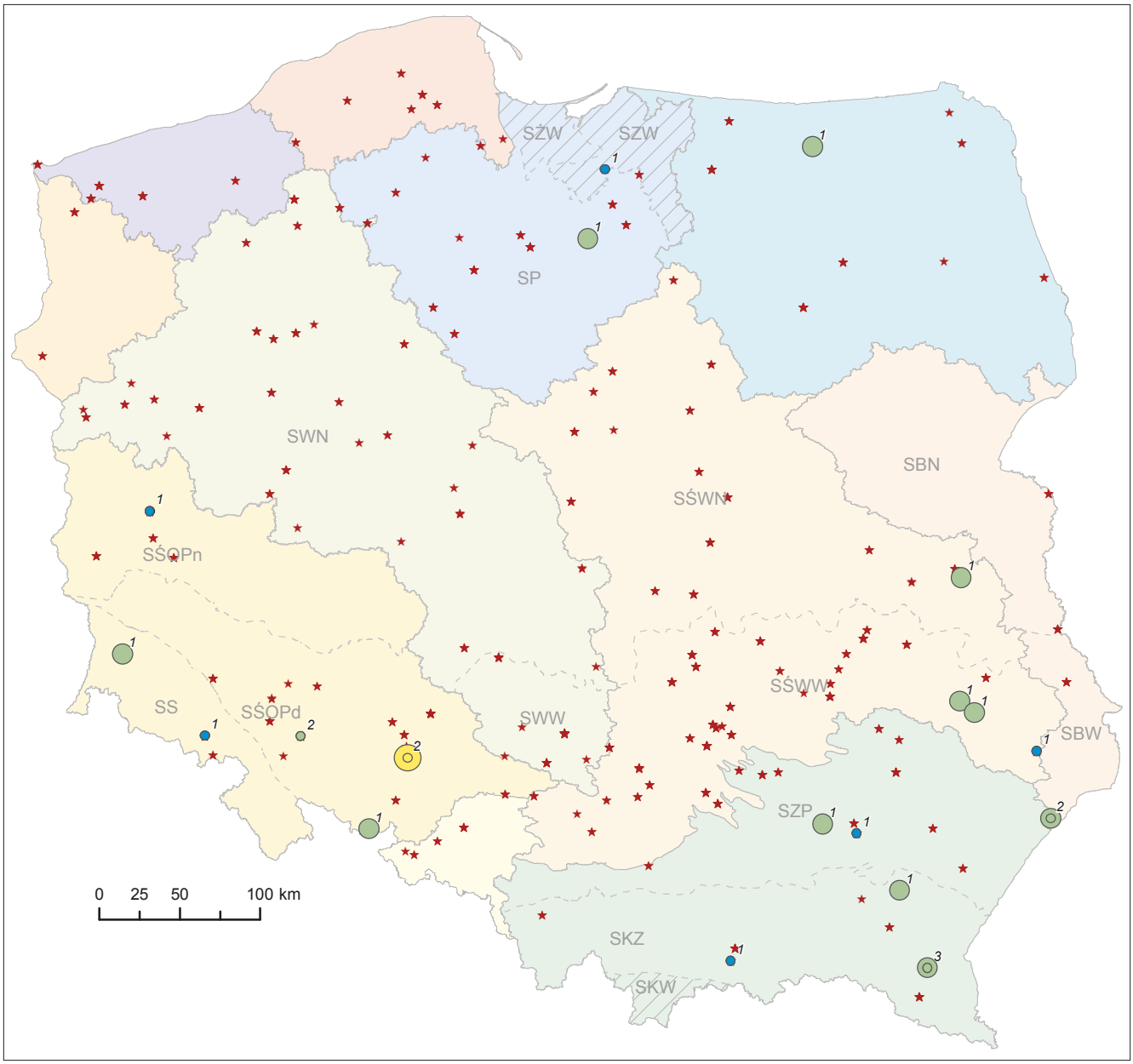


Ryc. 80. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2008 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2009

W 2009 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych odnotowano głównie w regionach: górnej Wisły, środkowej Odry i we wschodniej części regionu środkowej Wisły, a także w mniejszym stopniu w regionach: dolnej Wisły oraz Narwi, Pregoły i Niemna. Były to z reguły zdarzenia jedno-, dwu-, maksymalnie trójkrotne o czasie trwania nieprzekraczającym miesiąca. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka trwała 5 tygodni. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana, ale nie przekroczyła 24% (klasy: I–III). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach: dolnej Odry, zachodniopomorskim, wschodniopomorskim, Warty, Bugu i górnej Odry zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,54% (ryc. 17B).

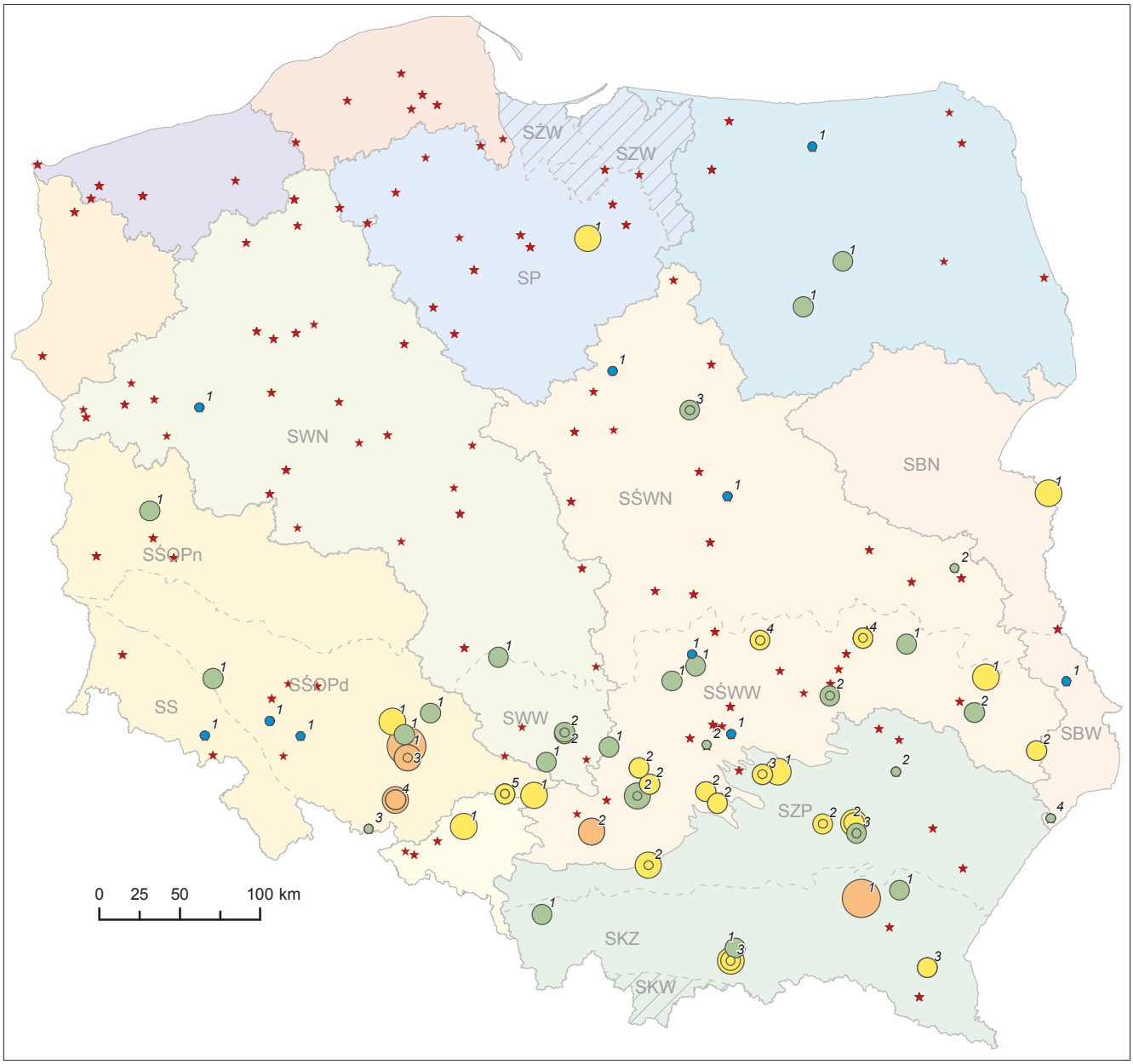


Ryc. 81. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2009 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2010

W 2010 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych występowały głównie w południowej części kraju w regionach: środkowej Odry (subregion południowy), górnej Odry, Warty (subregion wyżynny), środkowej Wisły (subregion wyżynny), górnej Wisły oraz Bugu (subregion wyżynny). O mniejszym natężeniu zjawisko obserwowano również w regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty (subregion nizinny), regionie środkowej Wisły (subregion nizinny), regionie Bugu (subregion nizinny) oraz regionie środkowej Odry (subregion północny i subregion Sudetów). Przeważnie wyżówki trwały nie dłużej niż miesiąc. Maksymalny czas odnotowanego zdarzenia to 22 tygodnie. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana, ale nie przekroczyła 50% (klasy: I–IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach wschodniopomorskim, zachodniopomorskim oraz dolnej Odry zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 3,59% (ryc. 17B).

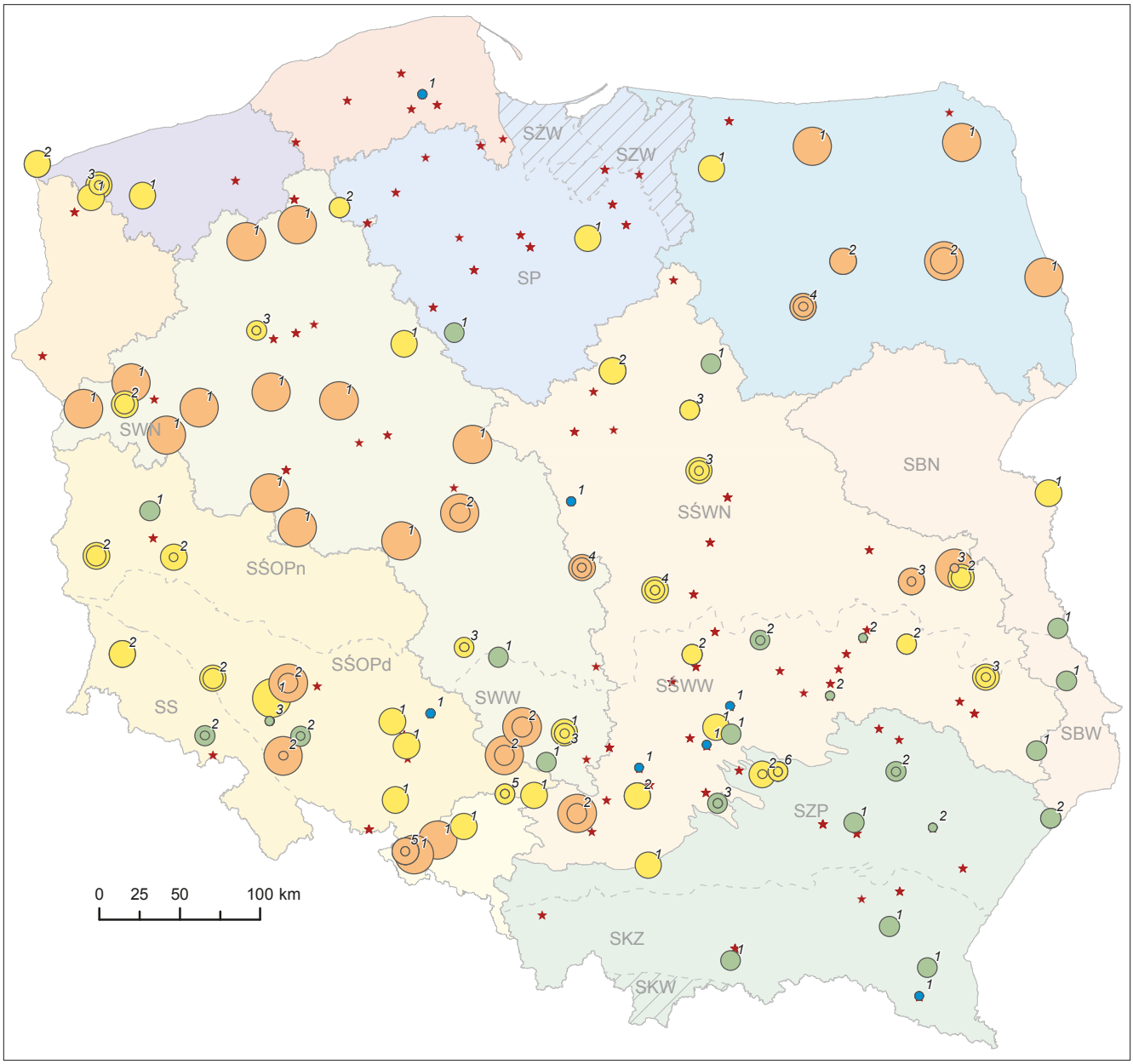


Ryc. 82. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2010 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2011

W 2011 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych odnotowano we wszystkich regionach kraju z wyjątkiem regionu dolnej Odry. Czas trwania zdarzeń bardzo często przekraczał 3 miesiące. Najdłużej trwające zdarzenia zidentyfikowano przede wszystkim w regionie Warty, w regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie górnej Odry oraz regionie środkowej Odry (subregion południowy) i regionie środkowej Wisły (wschodnia i południowo-zachodnia część regionu). Zarejestrowany maksymalny czas zdarzenia wyniósł 23 tygodnie. W niektórych punktach na terenie kraju odnotowano więcej niż jedną wyżówkę w ciągu roku. Częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów w roku w poszczególnych punktach była zróżnicowana (klasy: I–IV) i, z wyjątkiem regionów: wschodniopomorskiego, Bugu i górnej Wisły, zachodniopomorskiego, dolnej Wisły, często przekraczała 24% (klasa IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych jest najwyższy w wieloleciu i wynosi ponad 10,13% (ryc. 17B).

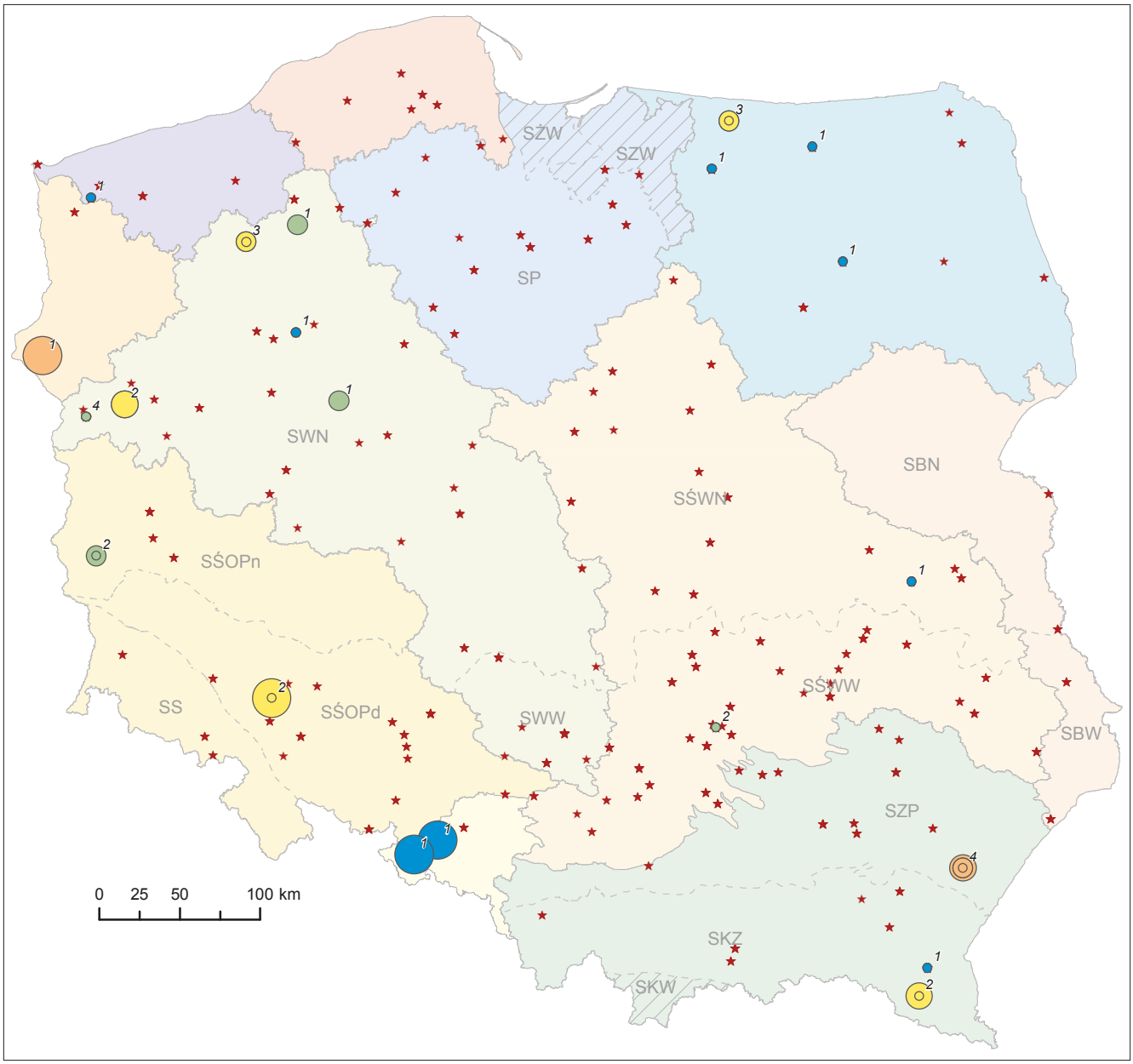


Ryc. 83. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2011 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2012

W 2012 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych występowały lokalnie na terenie kraju. Zjawisko odnotowano w regionach: zachodniopomorskim, dolnej Odry, Warty, środkowej Odry i górnej Odry oraz Narwi, Pregoły i Niemna, środkowej Wisły i górnej Wisły. Czas trwania poszczególnych zdarzeń w roku na ogół nie przekraczał 3 miesięcy. W regionach: dolnej Odry, środkowej Odry i górnej Odry zidentyfikowano wyżówki, które rozpoczęły się w roku poprzednim. Czas trwania najdłuższego, odnotowanego takiego zdarzenia w ciągu dwóch lat wynosi 23 tygodnie. W poszczególnych punktach, w których zarejestrowano zjawisko, częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów nie przekraczała 50% (klasy: I–IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach: wschodniopomorskim, dolnej Wisły oraz Bugu wyżówek nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 0,96% (ryc. 17B).

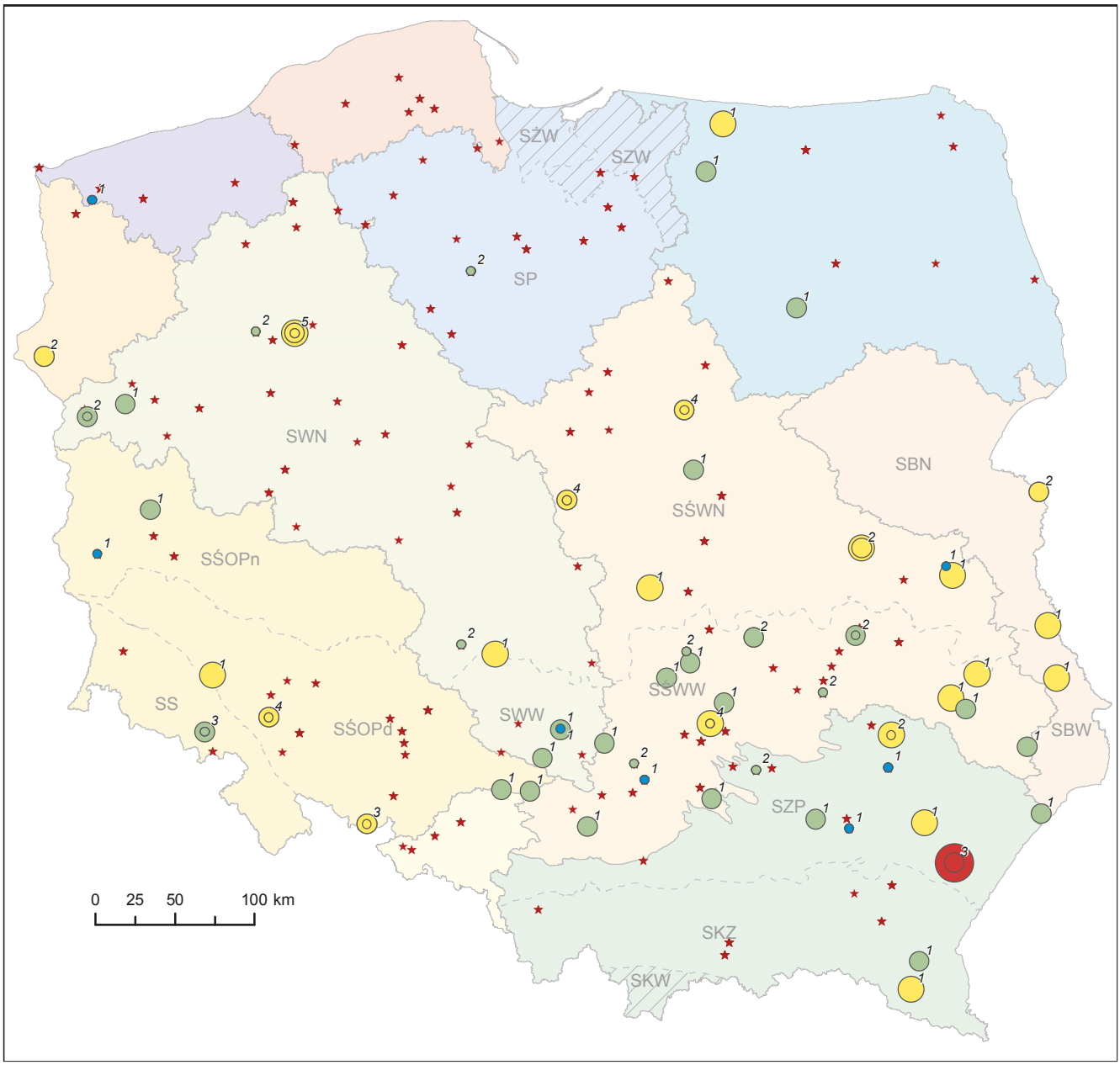


Ryc. 84. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2012 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2013

W 2013 r. ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych obserwowano głównie w pasie wyżyn w regionach: Warty (subregion wyżynny), środkowej Wisły (subregion wyżynny) i Bugu (subregion wyżynny) oraz we wschodniej części regionu górnej Wisły. Sporadycznie zjawisko obserwowano również w regionach: zachodniopomorskim, dolnej Odry, środkowej Odry, dolnej Wisły, Narwi, Pregoły i Niemna oraz w subregionie nizinnym regionu Warty, subregionie nizinnym regionu środkowej Wisły, subregionie nizinnym regionu Bugu. Czas trwania poszczególnych zdarzeń na ogół nie przekraczał 3 miesięcy. Najdłuższa zidentyfikowana wyżówka trwała 20 tygodni. W poszczególnych punktach, w których odnotowano zjawisko, częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów nie przekracza 24% (klasy: I–III) z wyjątkiem jednego z punktów w regionie górnej Wisły, gdzie wynosi 54% (klasa V). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach: wschodniopomorskim i górnej Odry zjawiska nie zarejestrowano.

W zbiorze B′′ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 2,87% (ryc. 17B).

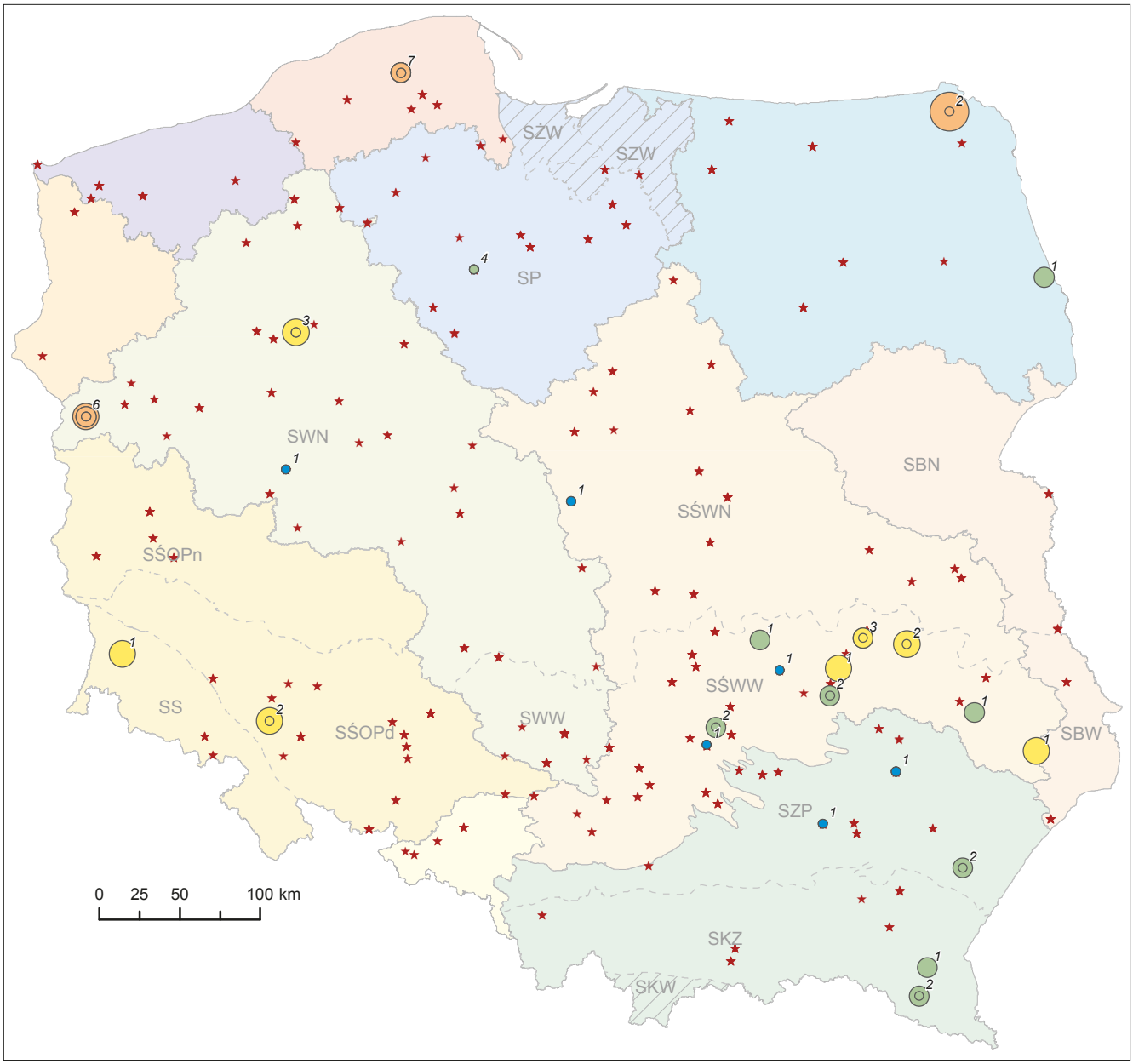


Ryc. 85. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2013 r. w punktach objętych analizą – zbiór B′′ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2014

W 2014 r. zjawisko występowało głównie w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły oraz we wschodniej części regionu górnej Wisły. Pojedyncze zdarzenia obserwowano również w regionie wschodniopomorskim, regionie dolnej Wisły, regionie Narwi, Pregoły i Niemna, regionie Warty, regionie środkowej Odry oraz subregionie nizinnym regionu środkowej Wisły. Czas trwania poszczególnych zdarzeń na ogół nie przekraczał 3 miesięcy. Wyżówkę trwającą dłużej, tj. 18 tygodni zaobserwowano w regionie Narwi, Pregoły i Niemna. W poszczególnych punktach, w których odnotowano zjawisko, częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów nie przekraczała 50% (klasy: I–IV). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W regionach: zachodniopomorskim, dolnej Odry, górnej Odry oraz Bugu wyżówek nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,52% (ryc. 17B).

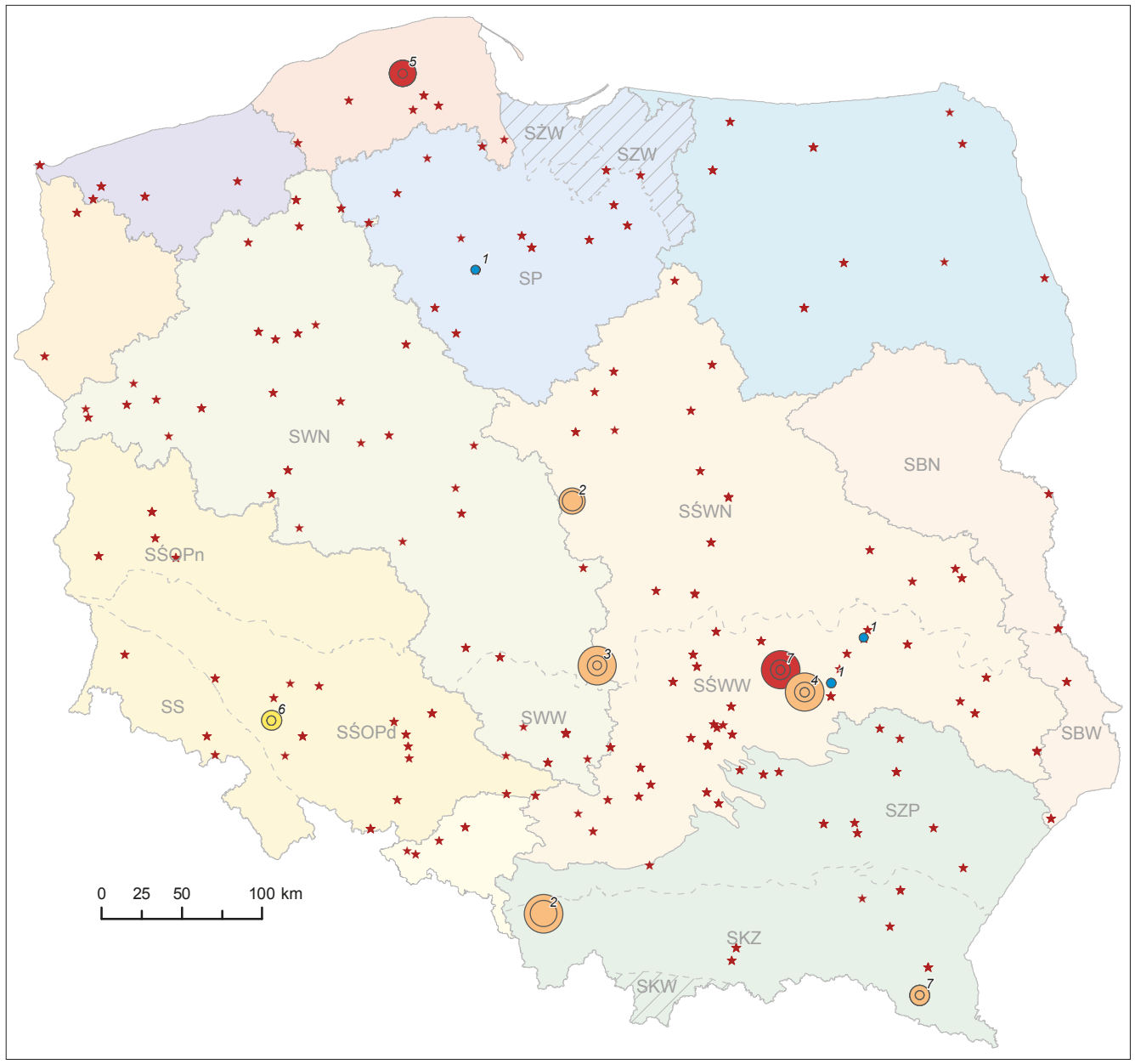


Ryc. 86. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2014 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w roku 2015

W 2015 r. zjawisko obserwowano głównie w subregionie wyżynnym regionu środkowej Wisły oraz w pojedynczych punktach w regionach: wschodniopomorskim, dolnej Wisły, Warty, środkowej Odry, górnej Wisły oraz subregionie nizinnym regionu środkowej Wisły. Czas trwania zdarzeń był zróżnicowany. Najdłużej utrzymujące się wyżówki, tj. trwające ponad 3 miesiące, zarejestrowano w regionach: Warty, środkowej Wisły (subregion wyżynny) i górnej Wisły (subregion wyżynny). W niektórych punktach wyżówki odnotowano kilkakrotnie w ciągu roku. W większości punktów, w których odnotowano zjawisko częstość występowania ekstremalnie wysokich stanów przekraczała 24% (klasy: IV, V). Punkty, w których odnotowano ekstremalnie wysokie stany znajdowały się zarówno w strefach zasilania i tranzytu, jak i strefie drenażu wód podziemnych. W niektórych punktach była niższa (klasy: I, III). W regionach: zachodniopomorskim, dolnej Odry, Narwi, Pregoły i Niemna, Bugu oraz górnej Odry zjawiska wyżówki nie odnotowano.

W zbiorze B″ w rozważanym roku udział pomiarów wskazujących na ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych wynosi 1,71% (ryc. 17B).



Ryc. 87. Rozkład przestrzenny występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 2015 r. w punktach objętych analizą – zbiór B″ (objaśnienia na zakładce str. 93)

Objaśnienia do rycin 18–87

Punkt obserwacyjny wód podziemnych, w którym czas trwania wyżówki wynosił*:

- mniej niż 2 tygodnie
- od dwóch tygodni do miesiąca włącznie
- od ponad miesiąca do 3 miesięcy włącznie
- od ponad 3 miesięcy do pół roku włącznie
- ponad pół roku

2 liczba wyróżnionych wyżówek w roku hydrologicznym w danym punkcie obserwacyjnym wód podziemnych

Klasy częstości występowania stanów ekstremalnych w danym punkcie obserwacyjnym wód podziemnych w rozpatrywanym roku hydrologicznym:

- klasa I – nie więcej niż 2% wszystkich pomiarów w ciągu roku
- klasa II – od 3 do 8% wszystkich pomiarów w ciągu roku
- klasa III – od 9 do 24% wszystkich pomiarów w ciągu roku
- klasa IV – od 25 do 50% wszystkich pomiarów w ciągu roku
- klasa V – więcej niż 50 % wszystkich pomiarów w ciągu roku

★ Punkt obserwacyjny wód podziemnych, w którym nie wystąpiły ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych w rozpatrywanym roku

Podział regionalny słodkich wód podziemnych*:

- region górnej Wisły
  - SKW – subregion Karpat wewnętrznych
  - SKZ – subregion Karpat zewnętrznych
  - SZP – subregion zapadliska przedkarpackiego
- region środkowej Wisły
  - SŚWW – subregion wyżynny
  - SŚWN – subregion nizinny
- region dolnej Wisły
  - SP – subregion pojezierny
  - SŻW – subregion Żuław Wiślanych
  - SZW – subregion Zalewu Wiślanego
- region Bugu
  - SBW – subregion wyżynny
  - SBN – subregion nizinny
- region Narwi, Pregoły i Niemna
- granice subregionów hydrogeologicznych
- region lub subregion hydrogeologiczny, w którym brak punktów obserwacyjnych spełniających kryteria analizy
- region górnej Odry
- region środkowej Odry
  - SŚOPn – subregion północny
  - SŚOPd – subregion południo
  - SS – subregion Sudetówwy
- region Warty
  - SWW – subregion wyżynny
  - SWN – subregion nizinny
- region dolnej Odry
- region wschodniopomorski
- region zachodniopomorski

* *Przy identyfikacji czasu trwania wyżówek, które występowały na przełomie lat hydrologicznych uwzględniano obydwa lata hydrologiczne – wielkość koła odpowiada sumarycznemu czasowi trwania zdarzenia w dwóch latach.*
Jeśli ten sam punkt zaznaczony jest więcej niż jednym kołem - koła są o różnej wielkości, oznacza to, że w danym punkcie w rozpatrywanym roku wystąpiły wyżówki o różnym czasie trwania. W przypadku, gdy w danym punkcie wystąpiły zdarzenia o czasie trwania z tego samego przedziału czasowego – koła tej samej wielkości nakładają się na siebie.
** *Według Paczyńskiego, Sadurskiego, 2007.*

OPADY, OSCYLACJA PÓŁNOCNOATLANTYCKA, NAJWIĘKSZE POWODZIE A STANY PŁYTKICH WÓD PODZIEMNYCH

Uzyskane w pracy wyniki zestawiono z sumami rocznymi opadów, jako głównym niestałym czynnikiem naturalnym wpływającym na zmienność stanów wód podziemnych. Uśrednione dla obszaru całego kraju roczne sumy opadów w latach 1971–2000 zostały przedstawione w pracy Ziernickiej-Wojtaszek (2006) i w projekcie IMGW „Klimat" dla wielolecia 1961–2007 (2012). Niestety obie wymienione publikacje zawierają zestawienia średnich rocznych sum opadów dla lat kalendarzowych. Nie ma jak dotąd takich danych w układzie lat hydrologicznych, stąd opisaną analizę należy traktować jako jedynie wysoce orientacyjną. W okresie 1981–2007 opady powyżej wartości średniej z 30. lecia w Polsce występowały w latach: 1981, 1985, 1987, 1994–2002, 2005, 2007, przy czym rok 1981 był najbardziej mokry spośród wymienionych powyżej lat. Widać, że odpowiedź zwierciadła wód podziemnych na odpady wyższe od normy nie zawsze jest taka sama. Rzeczywiście rok 1981 obfituje w ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych, co niewątpliwie należy wiązać z dużą sumą opadów w latach 1980 i 1981 w kraju. Jednak kolejny okres powyżej średniej pod tym względem – rok 1985, nie spowodował znacznego przyrostu liczby ekstremalnych stanów – opady w nim nie są aż tak wysokie jak w latach 1980–1981 i zarówno przed nim, jak i po nim są lata o niższej od średniej sumie opadów. Nieco większy efekt powodują opady w roku 1988 skutkując niewielkim wzrostem liczebności rozważanych zdarzeń. Z kolei rok 1994 w reakcji zwierciadła wód podziemnych podobny jest do roku 1988 i prawie się nie zaznacza. Dłuższy okres opadów powyżej normy przypadający na lata: 1997–2002 wyróżnia się wyraźnym wzrostem liczby obserwowanych wyżówek hydrogeologicznych w latach 1999–2002. Z kolei pojedyncze lata opadów ponad normę – 2004 i 2007 nie mają odzwierciedlenia w znacznej liczbie punktów ze stanami ekstremalnie wysokimi. Ekstremalnie wysokie położenie zwierciadła płytkich wód podziemnych obserwowane w latach 2010 i 2011 jest związane z wysokimi opadami w tym okresie w Polsce. Według biuletynów PSHM (2010, 2011) średnia roczna suma opadów w skali kraju w roku 2010 była bardzo wysoka i stanowiła aż 136,3, a w 2011 r. 95,5% normy za okres 1971–2000, przy czym w hydrogeologicznym roku 2011 opady ponad normę zanotowano w listopadzie (ponad 200%), grudniu, styczniu, lutym i lipcu (ponad 200%).

Zróżnicowanie reakcji zwierciadła wód podziemnych na opad może wynikać z wielu przyczyn. Należy wśród nich wymienić:

a) zmienność charakterystyk opadów i warunków otoczenia (m.in.: temperatura powietrza, wilgotność strefy aeracji, ewapotranspiracja) wpływających na wielkość infiltracji efektywnej wywołanej opadem,
b) zmienność rozkładu przestrzennego opadów (czego nie oddaje średnia wartość opadu),
c) warunki w okresie poprzedzającym zdarzenie opadu/zdarzenia opadów,
d) różnorodność warunków przyrodniczych, w tym hydrogeologicznych na obszarze kraju.

Należy pamiętać o tym, że o reakcji zwierciadła płytkich wód podziemnych decydują wynikowe warunki lokalne (meteorologiczne, hydrogeologiczne, geomorfologiczne, fizjograficzne itd.), które zawsze w jakiś sposób są specyficzne dla danego miejsca. Ponadto sumaryczna wartość opadu, nie jest parametrem doskonałym w ocenie tzw. infiltracji efektywnej, czyli ilości wody docierającej do stropu warstwy wodonośnej, od której zależy wznios zwierciadła. Poza czynnikami „stałymi" *sensu stricto* związanymi z budową hydrogeologiczną danego miejsca (np. miąższość i rodzaj strefy aeracji) infiltracja efektywna, uzależniona jest również od innych zmiennych charakterystyk opadu jak np. długość trwania poszczególnych zdarzeń opadowych, intensywność opadu (Soczyńska, 1989), a także zmiennych związanych z otoczeniem jak np. wilgotność strefy aeracji przed opadem, temperatura powietrza i wielkość parowania, pokrycie terenu (np. szata roślinna) itp. Ponadto, co jest niezmiernie istotne, ukształtowanie się ekstremalnie wysokiego zwierciadła wód podziemnych jest związane nie tylko z chwilową sytuacją meteorologiczną i warunkami panującymi w warstwie wodonośnej i strefie aeracji, ale również związane jest z tym, co działo się w dłuższym okresie poprzedzającym wystąpienie maksymalnych stanów wód podziemnych. Stąd obserwowana jest swoista quasi-cykliczność występowania wysokich stanów wód podziemnych, o której pisano w poprzednim rozdziale. Tarka i Staśko (2010) prowadząc badania na Dolnym Śląsku wyrażają pogląd, że ekstremalnie wysokie położenia zwierciadła wód podziemnych są powiązane z okresami opadów atmosferycznych w wysokości powyżej średniej występującymi przez co najmniej dwa lata oraz korzystnymi warunkami zasilania panującymi bezpośrednio przed wystąpieniem stanów maksymalnych. Z kolei Siemionow i inni (1978) zwracają uwagę na wielkie znaczenie wilgotności strefy aeracji w poprzednim roku (przed nastaniem mrozów) dla kształtowania się wysokiego położenia zwierciadła wód podziemnych zimą i wiosną, czyli w okresie najbardziej charakterystycznym dla osiągania stanów maksymalnych przez zwierciadło wód podziemnych (patrz rozdział: *Sezonowość zjawiska*).

Występowanie ekstremalnie wysokich stanów płytkich wód podziemnych na terenie Polski mogą być związane z ujemnymi wartościami indeksu Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO). Globalna cyrkulacja powietrza i wód oceanicznych mają wpływ na parametry takie jak: ciśnienie, temperatura, prędkość wiatru, ilość opadów, które z kolei kształtują wielkość zasilania warstwy wodonośnej. W badanym 35-leciu lata o wysokiej liczebności punktów obserwacyjnych z odnotowanymi ekstremalnie wysokimi stanami płytkich wód podziemnych: 1981, 1999, 2010 są poprzedzone latami o ujemnej wartości indeksu NAO. Udowodniono, że ujemna wartość wskaźnika wiąże się ze wzrostem średnich miesięcznych temperatur powietrza nad Polską

w okresie zimowym (Ustrnul, Czekierda, 2007; Marsz, 2013). To z kolei może mieć wpływ na wzrost zwierciadła wód podziemnych w tym okresie.

Analizując daty największych powodzi i lata o największej liczbie wyżówek w kraju można stwierdzić, że powódź z 1997 r. zwana „powodzią tysiąclecia" nie zbiegła się w czasie, ani nie wywołała na terenie Polski efektu występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych na bardzo dużą skalę (ryc. 17). Zjawisko wyżówki hydrogeologicznej w tym roku zidentyfikowano głównie w subregionach wyżynnych Warty i środkowej Wisły oraz w subregionie południowym środkowej Odry (wg podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych – Paczyński, Sadurski, 2007; ryc. 34, 69), przy czym tendencja do występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych, nawet na wymienionych wyżej obszarach, nie była powszechna. Na tych samych terenach, w tym samym roku (i roku poprzednim) miały miejsce również niżówki hydrogeologiczne (Kowalczyk i in., 2017). Lokalnie sytuacja była więc bardzo zróżnicowana i zmienna w czasie. To na co warto zwrócić uwagę to fakt, że punkty, w których zidentyfikowano wyżówkę hydrogeologiczną w 1997 roku znajdują się nie tylko w strefie drenażu, ale również w innych strefach hydrodynamicznych.

Na większą skalę występowanie wysokich stanów płytkich wód podziemnych w kraju miało miejsce w 2010 r., w którym to w drugiej połowie maja (I fala powodziowa) i na początku czerwca (II fala) nastąpiła powódź obejmująca: Czechy, Słowację, Węgry, Ukrainę, Austrię, Niemcy, Serbię oraz Polskę. W naszym kraju na odcinku Wisły od Goczałkowic (poniżej zbiornika) do Sandomierza zdarzenie to miało charakter zdarzenia katastrofalnie wielkiego. Fala powodziowa charakteryzowała się gwałtownym wzrostem, a po osiągnięciu kulminacji – powolnym opadaniem (Maciejewski i in., 2011). Na południu Polski jeszcze przed powodzią w wielu punktach obserwacyjnych notowano wysokie stany wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego (Komunikat..., 2a/2010). Skutkowało to ograniczeniem możliwości retencji gruntowej. Przypuszcza się, że już nawet znacznie mniejsze opady niż te, które miały miejsce w maju i w czerwcu 2010 r. w sytuacji wysokich stanów wód powierzchniowych i podziemnych, przyczyniłyby się do powstania wezbrań (Maciejewski i in., 2011; Tokarczyk, 2011). Z analizy zbioru A i B″ wynika, że w 2010 r. nastąpił znaczny wzrost wystąpień ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych (ryc. 14, 16, 17). W roku powodzi odnotowano je w dużej liczbie w regionach: środkowej Odry w subregionie południowym, Warty w subregionie wyżynnym, środkowej Wisły w subregionie wyżynnym, górnej Wisły w subregionie zapadliska przedkarpackiego oraz w subregionie Karpat zewnętrznych (wg podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych – Paczyński, Sadurski, 2007; ryc. 47, 82). Zwraca jednak uwagę fakt, że kolejny rok – 2011 jest jeszcze obfitszy w takie zdarzenia i dominuje pod tym względem nad rokiem samej powodzi (ryc. 14, 16, 17, 48, 83). Ekstremalnie wysokie położenie zwierciadła wód podziemnych w 2011 r. nie jest opóźnioną reakcją na powódź z roku 2010, ale wynikiem warunków meteorologicznych z przełomu lat 2010/2011 i w samym roku 2011 (Kowalczyk i in., 2016).

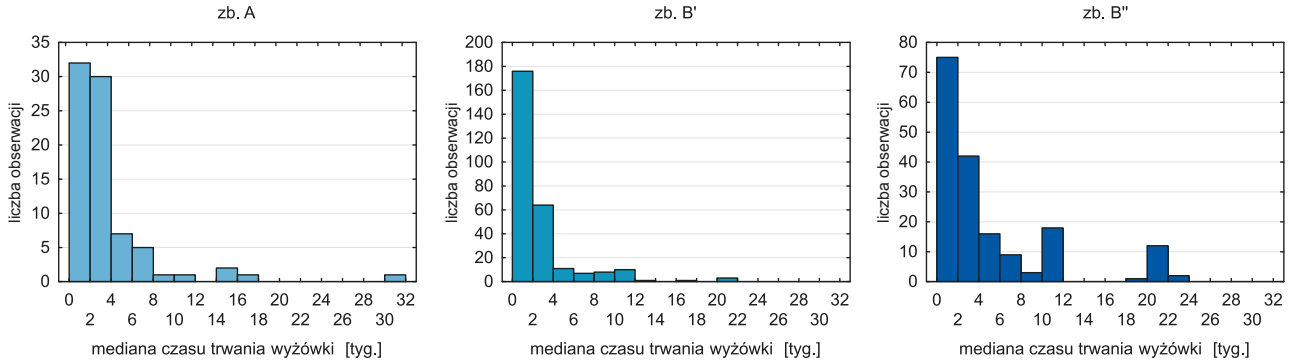
Biorąc pod uwagę wyniki prac, w których analizowano występowanie ekstremalnie niskich stanów wód podziemnych (Kowalczyk i in., 2016, 2017), można stwierdzić, że w 2010 r. na południu Polski, szczególnie w regionie środkowej Wisły, miała miejsce swoista mozaika występowania przeciwnych ekstremów. Omawiany rok na wymienionym obszarze charakteryzował się zarówno występowaniem stanów ekstremalnie niskich, jak i wysokich. Świadczy to o tym, że lokalnie sytuacja hydrogeologiczna w pierwszym poziomie wodonośnym była bardzo zróżnicowana, a jednocześnie ulegała znaczącym zmianom.

Punkty, w których zidentyfikowano wyżówkę hydrogeologiczną w 2010 r., podobnie jak w 1997 r., zlokalizowane są nie tylko w strefie drenażu, ale również w innych strefach hydrodynamicznych. Z badań różnych autorów (Pietrygowa, 1971; Sawicki, 1986; Wierzbicka, Chmielewska, 2000; Gutry-Korycka, Gąsowska, 2001) wynika, że strefa bezpośredniego oddziaływania fali powodziowej na zwierciadło wód podziemnych, nawet przy najwyższych stanach wód powierzchniowych względnie długo się utrzymujących, jest dość ograniczona. Generalizując można orzec, że w przypadku największych rzek w Polsce nie przekracza ok. 2 km. Wysokie stany wód podziemnych w strefach tranzytu i zasilania nawet w latach największych wymienionych powodzi były skutkiem przede wszystkim warunków meteorologicznych, a nie sytuacji hydrologicznej i chwilowego zahamowania odpływu wód podziemnych w strefach drenażu.

CZAS TRWANIA WYŻÓWEK

Analizę długości czasu trwania wyżówek hydrogeologicznych przeprowadzono na podstawie wyliczonych dla każdego punktu parametrów – mediany oraz średniego i maksymalnego czasu trwania zjawiska.

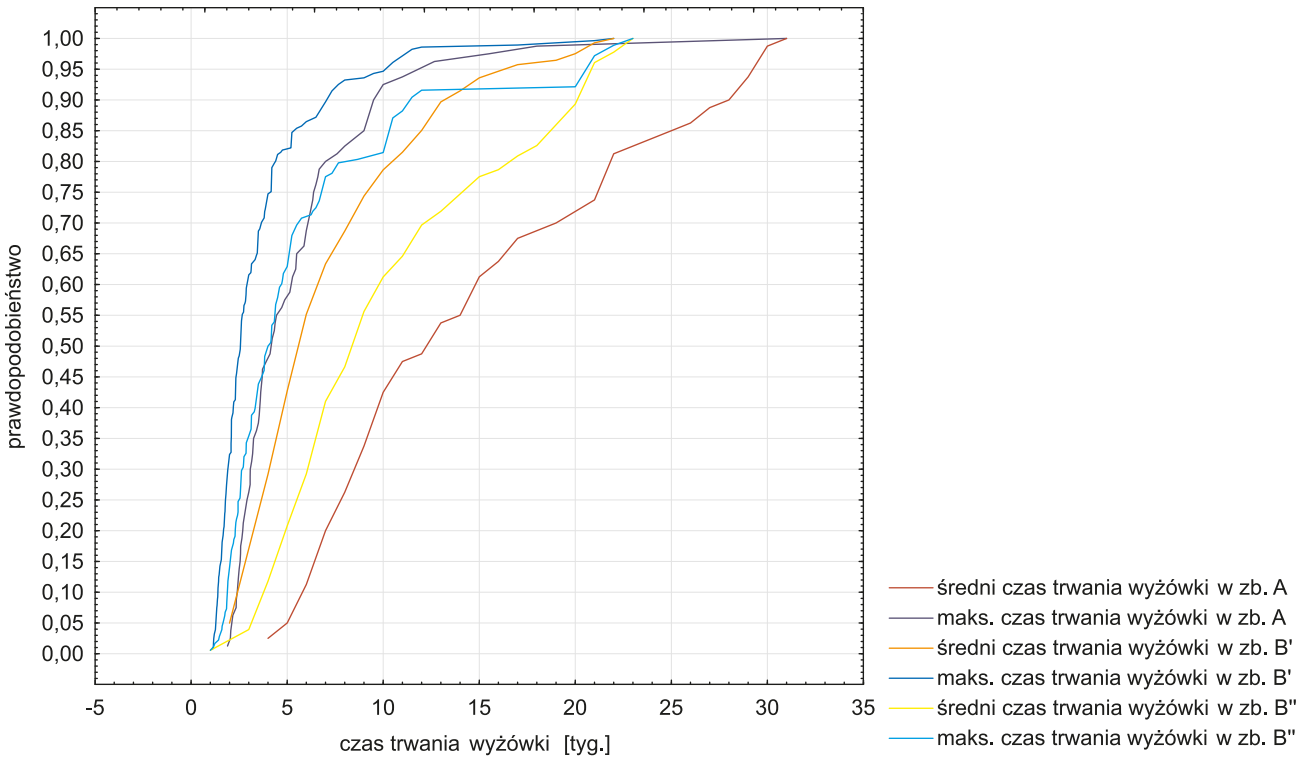
W zbiorze A średnia długość ciągłego okresu trwania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych wyliczona na podstawie wartości średnich ze wszystkich punktów wyniosła 6 tygodni, przy czym rozrzut wartości tego parametru w zależności od punktu obserwacyjnego był duży, zawierał się w przedziale od 2 do 31 tygodni. Wartości mediany czasu trwania wyżówki dla poszczególnych punktów wskazują natomiast, że w badanym 35-leciu w większości punktów trwała ona najczęściej 2–3 tygodnie, a rzadko przekraczała miesiąc (ryc. 88).



Ryc. 88. Histogramy mediany czasu trwania ciągłych okresów ekstremalnie wysokich stanów zwierciadła wód podziemnych dla zbiorów A, B′ i B″

Ogólną zasadą w rozkładzie średniego i maksymalnego czasu trwania opisywanego zjawiska jest znaczne zmniejszanie się liczebności zidentyfikowanych wyżówek wraz z wydłużaniem się czasu ich trwania. Na wykresie (ryc. 89) przedstawiono dystrybuanty empirycznego rozkładu średniego i maksymalnego czasu trwania wyżówki dla zbioru A. Liczony z całego 35-letniego okresu pomiarów średni czas wyżówki dla niewielu z 80 punktów przekraczał 10 tygodni, natomiast maksymalny czas trwania zjawiska dla większości punktów był krótszy niż 20 tygodni. W kilku przypadkach (5 z 80) był znacznie dłuższy i wynosił ponad 29 tygodni. Maksymalny ustalony czas utrzymywania się ekstremalnie wysokich stanów wód w zbiorze A to 31 tygodni (punkt obserwacyjny nr II/222/1).

Mimo, że analizą objęto różnej długości wielolecia, dystrybuanty rozkładów średniego czasu trwania zjawiska uzyskane dla zbiorów A, B′ i B″ są zbliżone. Obrazuje to rycina 89. Tym niemniej, tak jak można było oczekiwać, najdłuższe średnie czasy wyżówek w zbiorach B′ i B″ są krótsze niż w zbiorze A i wynoszą 22 (zbiór B′) i 23 tygodnie (zbiór B″). Średni czas trwania wyżówki wyliczony na podstawie wartości średnich z punktów w przypadku zbioru B′ wyniósł 4 tygodnie, a w zbiorze B″, podobnie jak w zbiorze A, odpowiednio – 6 tygodni. Maksymalny czas utrzymywania się



Ryc. 89. Empiryczne dystrybuanty rozkładów średniego i maksymalnego czasu trwania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych na podstawie analizy zbiorów A, B′ i BB″

ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych jest również w zbiorach: B′ i B″ krótszy niż w zbiorze A i nie przekracza 23 tygodni. W 9% punktów zbioru B″ wynosił ponad 5 miesięcy, a w przypadku zbioru B odpowiednio w 6%.

Jednocześnie najczęściej wyżówki w zbiorach B′ i B″ trwały od 1 do 3 tygodni i podobnie jak w zbiorze A , rzadko ich czas trwania przekraczał miesiąc (ryc. 88).

We wszystkich badanych zbiorach przeanalizowano dokładniej przebieg wykresów głębokości zwierciadła wód podziemnych i lokalizacje punktów, w których wyżówka trwała ponad 5 miesięcy. Stwierdzono, że długi czas utrzymywania się wysokich stanów ma uwarunkowania naturalne związane z wieloletnimi fluktuacjami położenia zwierciadła wody. Najczęściej jest skutkiem nałożenia się dodatnich faz wahań wieloletnich o różnych okresach: kilkudziesięcioletnich lub kilkunastoletnich, kilkuletnich oraz wahań sezonowych. W badanych przypadkach wykluczono znaczący wpływ antropopresji.

OBSZARY O NAJDŁUŻSZYM CZASIE TRWANIA WYŻÓWEK

Na kolejnych mapach przedstawiono maksymalny czas trwania wyżówek w poszczególnych punktach na podstawie analizowanych zbiorów: A (ryc. 90), B′ (ryc. 91) i B″ (ryc. 92).

Punkty, w których dochodziło do najdłuższych wyżówek hydrogeologicznych znajdują się zarówno w strefach drenażu, tranzytu, jak i zasilania. Na podstawie przeanalizowanych danych nie stwierdzono, aby któraś ze stref hydrodynamicznych była szczególnie predysponowana pod tym względem.

Na rycinie 93 przedstawiono informację na podstawie wyników badań z trzech zbiorów punktów A, B′ i B″. Wyróżniono punkty obserwacyjne wód podziemnych, w których zidentyfikowano najdłużej utrzymujące się wyżówki hydrogeologiczne, tj. o czasie trwania dłuższym niż 5 miesięcy, w każdym z badanych zbiorów. Zlokalizowane są one głównie na pojezierzach i nizinach oraz obszarach wyżynnych kraju: w regionie Warty, w regionach dolnej i środkowej Wisły. Ponadto, już znacznie rzadziej, sporadycznie do długich wyżówek dochodziło w regionie Narwi, Pregoły i Niemna oraz w regionach górnej i środkowej Odry, a także w regionie górnej Wisły, przy czym na terenach górskich zjawiska tego typu były rzadkością (subregion Karpat zewnętrznych) lub w ogóle nie występowały (subregion Sudetów, subregion Karpat wewnętrznych). Podobnie w pasie pobrzeży, tj. w regionach: wschodnio- i zachodniopomorskim nie odnotowano żadnych długo utrzymujących się wysokich stanów wód podziemnych.

SEZONOWOŚĆ ZJAWISKA

Ciągłe okresy występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych są zdarzeniami względnie krótkimi. Jak wynika z analizy czasu ich trwania, o czym informowano w rozdziale poprzednim, przeważnie nie trwają dłużej niż 1 miesiąc. Już z tego powodu można przypuszczać, że są zjawiskiem sezonowym, którego czas rozpoczęcia i zakończenia jest zdeterminowany daną porą roku.

W pracy zbadano sezonowy rozkład wyżówek wyznaczonych na podstawie przyjętej metody. Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci histogramów dla każdego z trzech zbiorów: A, B′ i B″. Aby pogłębić analizę uwzględniono również czas trwania wyżówek. Na podstawie wykresów przeanalizowano jednoimienne miesiące roku w zależności od trzech parametrów: występowania zjawiska, jego początku i ustąpienia (ryc. 94, 95).

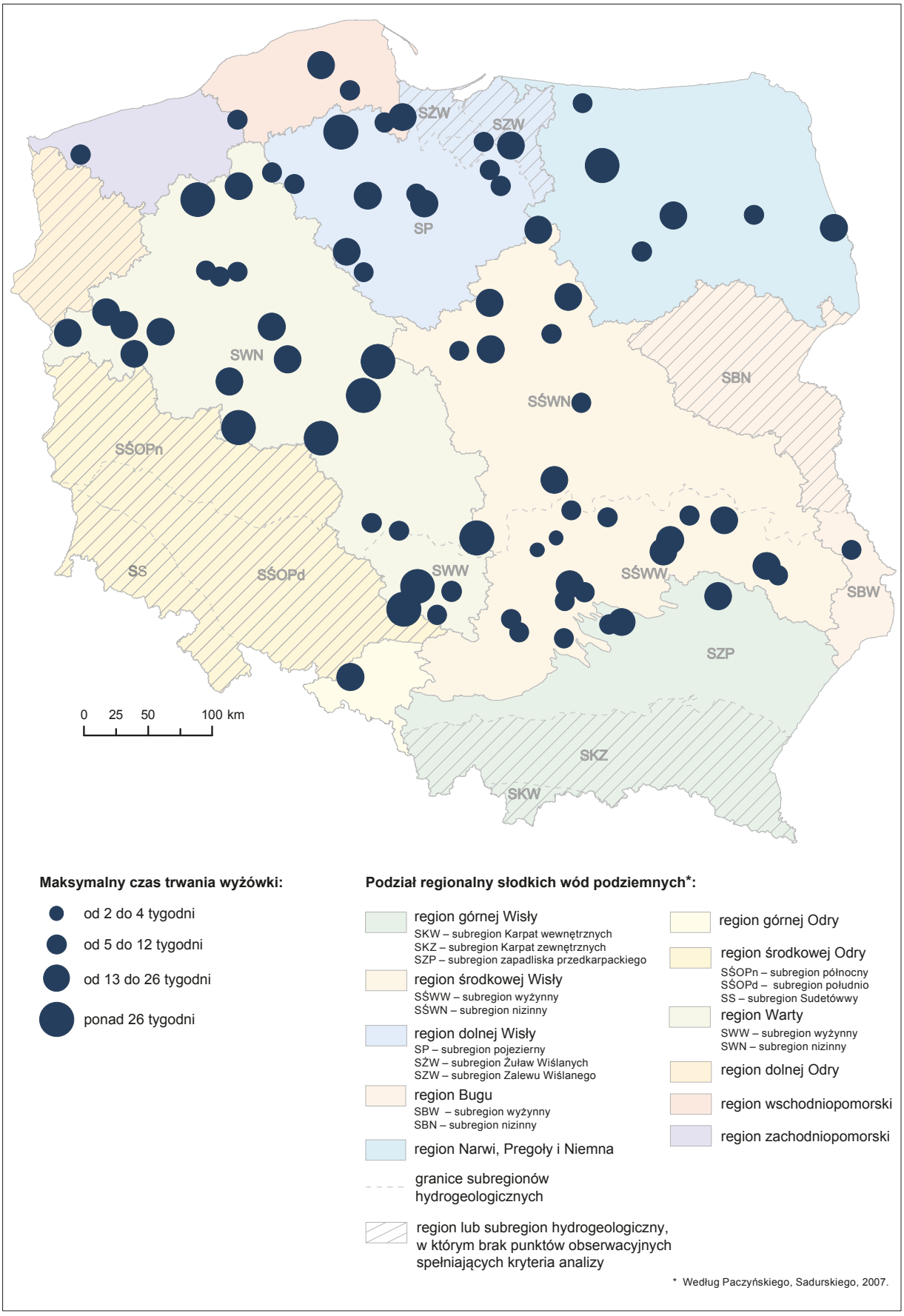
Na podstawie przeanalizowanych danych należy stwierdzić, że wyżówki w przypadku wszystkich trzech badanych zbiorów punktów, występowały w każdym jednoimiennym miesiącu roku. Jednak poszczególne miesiące różnią się znacząco liczebnością odnotowanych zdarzeń oraz długością ich trwania.

W przypadku wszystkich zbiorów (A, B′ i B″) miesiącami, w których najczęściej występowały ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych utrzymujące się ponad miesiąc, są marzec, kwiecień oraz maj (ryc. 95). Pewne odstępstwa od tej reguły obserwuje się w wyżówkach krócej trwających. W przypadku wyżówek – utrzymujących się mniej niż 2 tygodnie, poza kwietniem, marcem i majem, ze względu na wyniki uzyskane dla zbioru A, należy wyróżnić jeszcze czerwiec, a ze względu na zbiór B′, także styczeń i luty (ryc. 94).

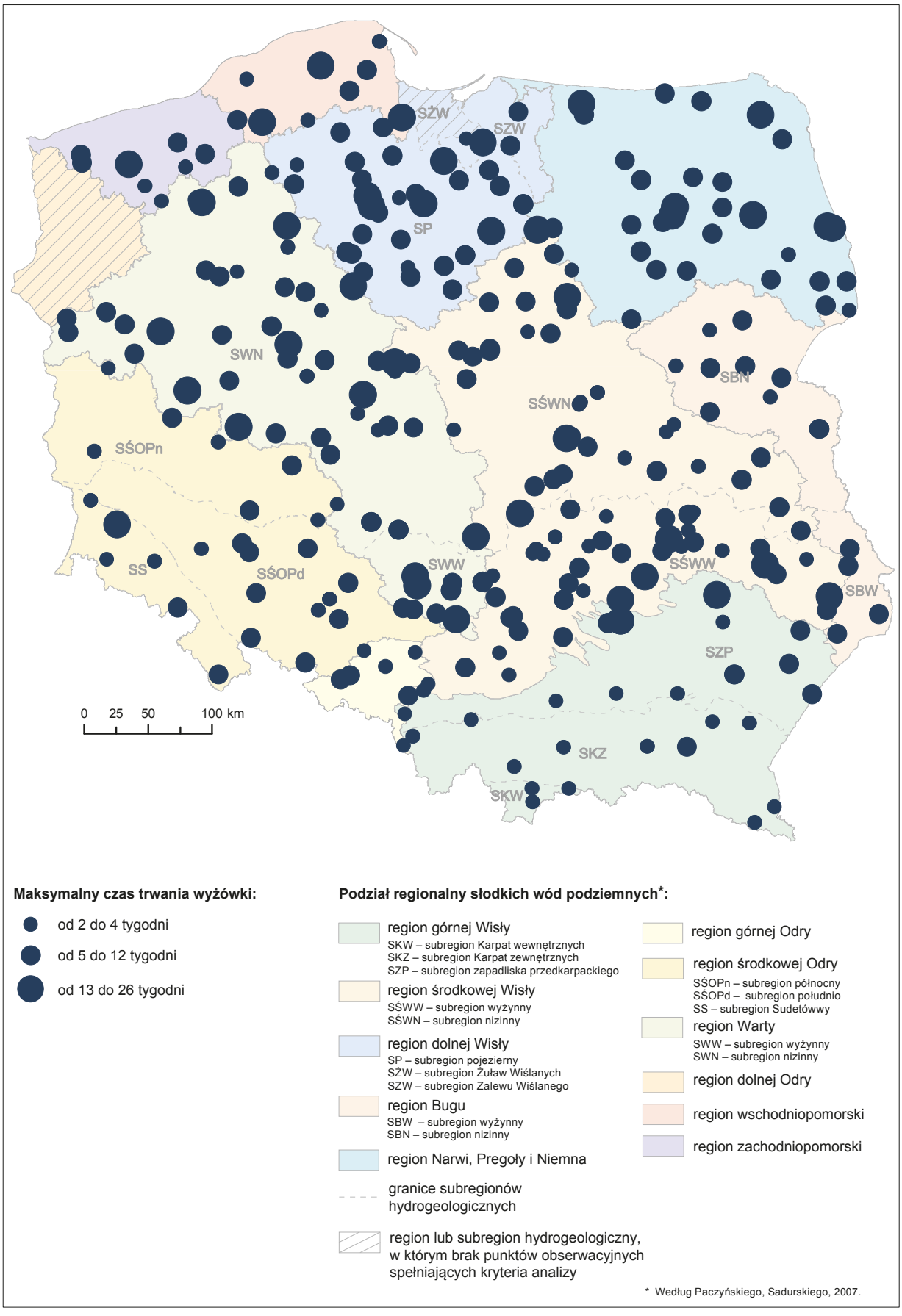
Z kolei najrzadziej w badanych latach zwierciadło wód podziemnych układało się ekstremalnie wysoko jesienią i na początku zimy. Najmniej wyżówek najkrótszych zidentyfikowano w listopadzie (zbiór A), październiku (zbiór B′) i grudniu (zbiór B″) (ryc. 94). Natomiast w przypadku wyżówek trwających dłużej, tj. ponad dwa tygodnie, we wszystkich badanych zbiorach miesiącem najrzadszego ich występowania był październik (ryc. 95). Przytoczone wyniki bardzo dobrze korespondują z wynikami uzyskanymi z analizy ekstremalnie niskich stanów wód podziemnych, według których październik był najczęstszym czasem występowania niżówek hydrogeologicznych (Kowalczyk i in., 2017).

Analizując pozostałe badane parametry, należy stwierdzić, że wyżówki trwające krócej niż 3 miesiące najczęściej rozpoczynały się od stycznia do kwietnia a kończyły od marca do czerwca. Pewnym odstępstwem od tego jest spora liczba najkrótszych zidentyfikowanych wyżówek w zbiorze A, które rozpoczynały się i jednocześnie kończyły w czerwcu (ryc. 95).

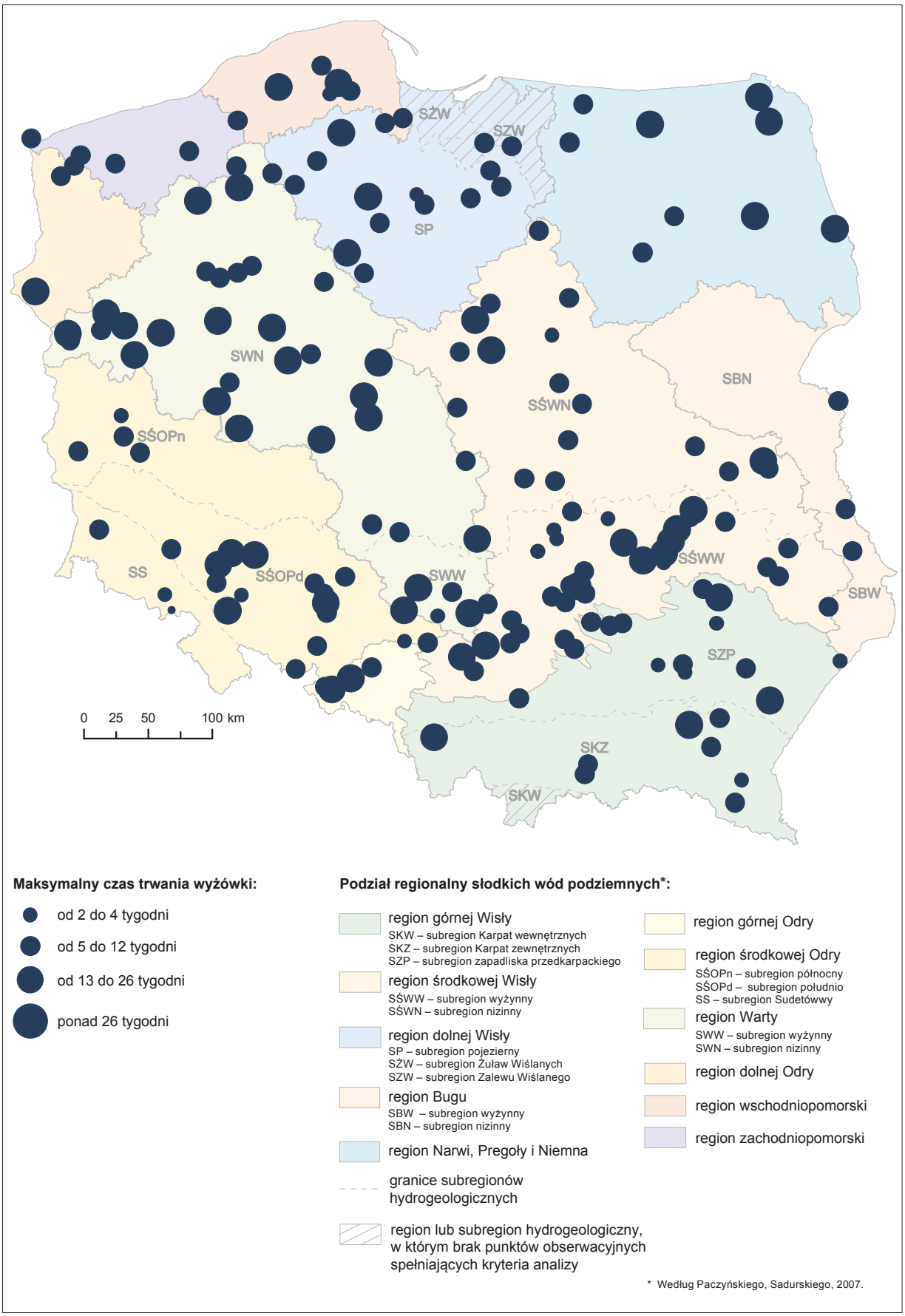
Wysokie stany wód podziemnych utrzymujące się ponad 3 miesiące inicjowały się najczęściej w styczniu (zbiory A i B′) lub w lutym (zbiór B″). Natomiast, na co warto zwró-



Ryc. 90. Maksymalny czas utrzymywania się ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych latach 1981–2015 na podstawie analizy zbioru A

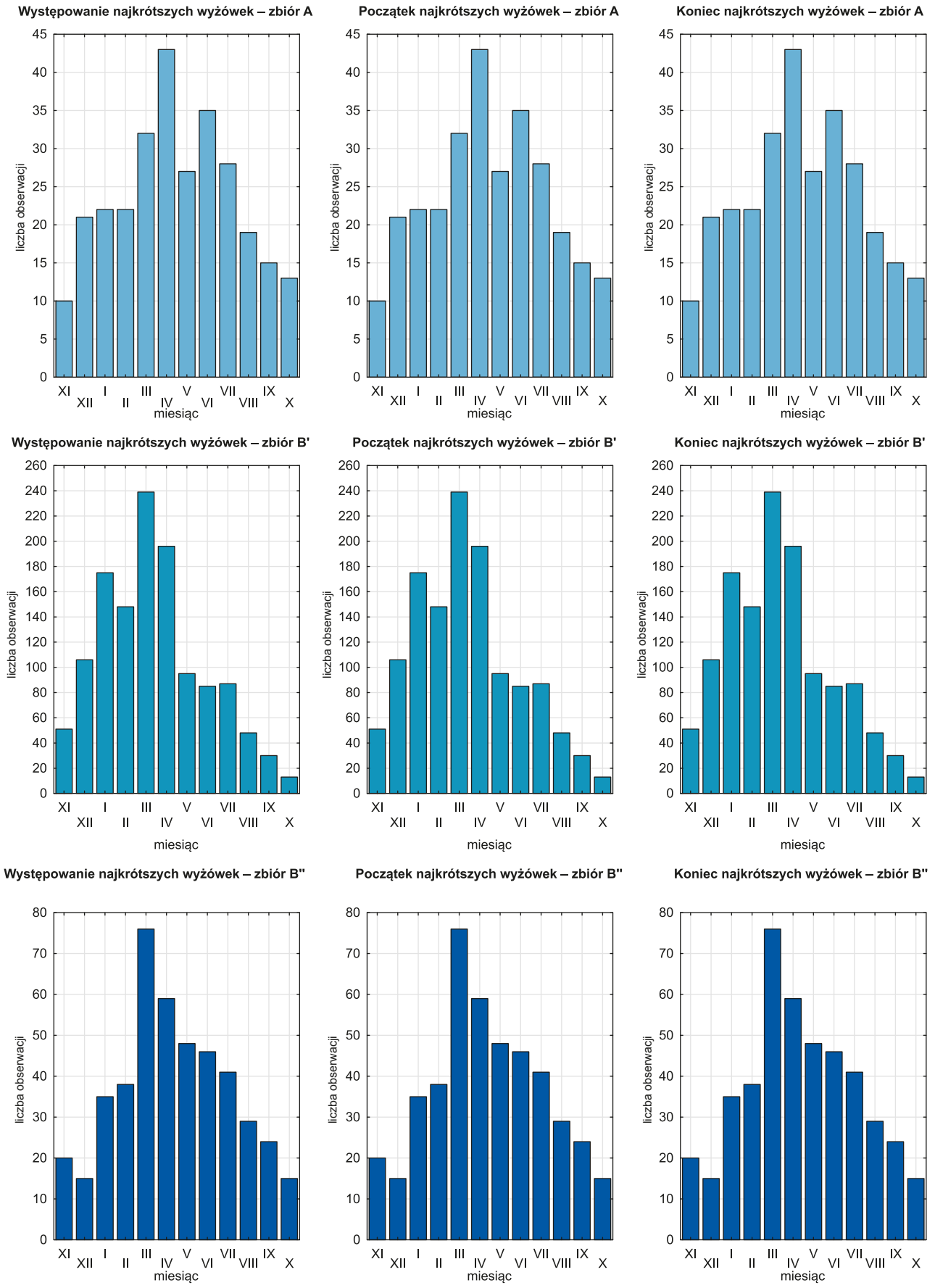


Ryc. 91. Maksymalny czas utrzymywania się ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych latach 1981–2015 na podstawie analizy zbioru B′

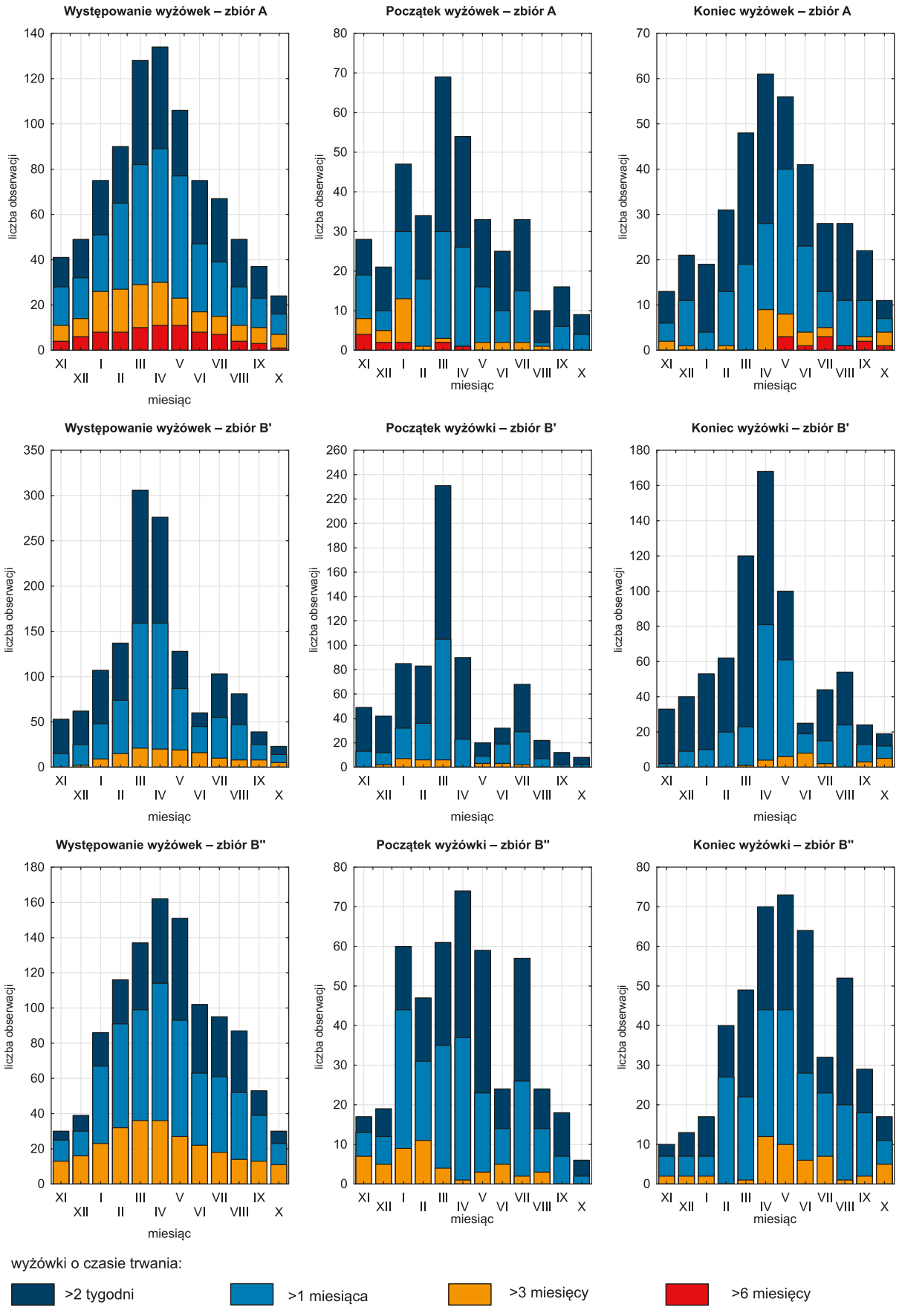


Ryc. 92. Maksymalny czas utrzymywania się ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych latach 1981–2015 na podstawie analizy zbioru B″

Ryc. 93. Lokalizacje punktów, w których w wieloleciu 1981–2015 zidentyfikowano najdłużej utrzymujące się wyżwóki hydrogeologiczne



Ryc. 94. Sezonowość zjawiska wyżówki hydrogeologicznej – histogramy częstości występowania, rozpoczęcia i końca wyżówek o czasie trwania krótszym niż 2 tygodnie w jednoimiennych miesiącach – zbiory A, B′ i B′′



Ryc. 95. Zestawienie częstości występowania, rozpoczęcia i końca ciągłych okresów ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych o czasie trwania dłuższym niż 2 tygodnie w jednoimiennych miesiącach – zbiory A, B′ i B″

cić uwagę na fakt, iż we wszystkich z badanych zbiorów nie odnotowano rozpoczęcia ani jednej wyżówki trwającej ponad 3 miesiące we wrześniu lub październiku.

Koniec ekstremalnie wysokich stanów wód utrzymujących się dłużej niż 3 miesiące najczęściej miał miejsce w kwietniu i maju (zbiór A i zbiór B″) lub w czerwcu (zbiór B′).

Najdłużej utrzymujące się wyżówki trwające ponad 6 miesięcy zidentyfikowane w zbiorze A występowały we wszystkich miesiącach roku, ale najczęściej w marcu i w kwietniu, przy czym regułą było, że rozpoczynały się w pierwszej połowie roku hydrologicznego (XI–IV), a kończyły w drugiej (V–X).

Przytoczone wyniki badań wskazują, że sezonowość jest istotną cechą badanego zjawiska. Zwraca uwagę fakt, że wyżówki przeważnie występują wiosną, rzadziej zimą i latem – najczęściej dochodzi do nich od stycznia do czerwca, przy czym wyraźnie dominują miesiące typowo wiosenne: marzec i kwiecień. Sugeruje to silne powiazanie badanego zjawiska ze zjawiskiem roztopów. Jednocześnie najrzadziej wysokie stany wód mają miejsce jesienią i na początku zimy, tj. od września do grudnia. Uzyskane wyniki korespondują dobrze z wynikami prac Afelt i Oksiuta (2009), które badały maksymalne stany wód podziemnych w wieloleciu 1961–2000 na zbiorze danych z 49 posterunków IMGW położonych w północnej i północno-wschodniej części kraju oraz w mniejszym stopniu na obszarach górskich na południu stwierdzając, że największą liczebnością tego rodzaju zdarzeń cechuje się okres od 15 marca do 14 kwietnia.

Nawiązując do typów wahań zwierciadła wód gruntowych wydzielonych przez Koehne'go (1948), maksima stanów zwierciadła, występujące wiosną, wskazują na typ wahań kontynentalny. Z kolei wystąpienia stanów ekstremalnie wysokich w zimie odpowiadają typowi oceanicznemu.

W sezonowym rozkładzie występowania i inicjacji wyżówki hydrogeologicznej zwraca uwagę nieco opóźniona, ale silna odpowiedź zwierciadła wód na czas roztopów (wiosna), ale także na czas niskiej ewapotranspiracji (zima, wczesna wiosna).

Różnice pomiędzy punktami w występowaniu czasu inicjacji i końca wyżówki, poza lokalnymi różnicami w warunkach meteorologicznych, są spowodowane odmiennością warunków hydrogeologicznych (m.in.: położeniem punktu obserwacyjnego w określonym polu hydrodynamicznym oraz budową strefy aeracji i głębokością zalegania stropu warstwy wodonośnej).

Bardzo duże znaczenie w występowaniu wysokich stanów wód podziemnych w okresie wiosennym mają też warunki, jakie istniały w roku poprzednim niż analizowany. Istotne jest zarówno to w jakiej strefie stanów układało się zwierciadło na jesieni, ale również, na co zwracają niektórzy autorzy (Siemionow i in., 1978; Konoplacew, Siemionow, 1979), jaka była wilgotność strefy aeracji przed nastaniem ujemnych temperatur powietrza. To z kolei może mieć związek z wartościami indeksów cyrkulacji atmosferycznej, takimi jak NAO.

BRAK ZALEŻNOŚCI MIĘDZY CZASEM TRWANIA WYŻÓWEK A WYBRANYMI PARAMETRAMI WARSTWY WODONOŚNEJ

W celu ustalenia, czy czas trwania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych jest uzależniony od rodzaju i wykształcenia oraz głębokości zalegania warstwy wodonośnej przeanalizowano, czy obliczone parametry: maksymalny czas trwania wyżówek i średni czas trwania wyżówek mają związek ze zmiennymi jakościowymi – typem ośrodka warstwy wodonośnej i charakterem zwierciadła wody (napięte/swobodne) oraz zmienną ilościową – głębokością stropu warstwy wodonośnej (informacje przypisane do punktu obserwacyjnego).

Istnienie związku wymienionych wyżej parametrów ze zmiennymi jakościowymi sprawdzano za pomocą testu prób niezależnych Kruskala-Wallisa. Natomiast w przypadku badania korelacji z głębokością stropu warstwy wodonośnej obliczono współczynniki rho rang Spearmana. Zdecydowano się zastosować tę nieparametryczną miarę, gdyż nie było podstaw do założenia, że rozkład par wartości poszczególnych badanych parametrów z głębokością stropu warstwy wodonośnej należy do rodziny dwuwymiarowych rozkładów normalnych.

Badania wykonano na zbiorze punktów B″, ponieważ w jego przypadku dysponowano najpełniejszymi charakterystykami punktów obserwacyjnych.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń nie wykryto żadnych istotnie statystycznych ($p<0,05$) związków miedzy badanymi cechami.

PODSUMOWANIE

Agnieszka Kowalczyk

W celu przeanalizowania występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych w 35-letnim okresie 1981–2015 wykorzystano wyniki pomiarów z dwóch największych sieci obserwacyjnych wód podziemnych w Polsce. Badaniami objęto 386 punktów badawczych reprezentujących płytkie wody podziemne, z których 171 należało do sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych PIG-PIB, a 215 było posterunkami sieci wód gruntowych IMGW.

Analizę wykonano na trzech zbiorach punktów, wydzielonych na podstawie kryteriów opisanych w rozdziale *Metodyka i dane wejściowe*. Za granicę stanu ekstremalnie wysokiego przyjęto wartość drugiego percentyla pomierzonych wartości głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych w danym punkcie monitoringowym.

Uzyskane wyniki dokumentują przestrzenno-czasową różnorodność występowania wyżówek hydrogeologicznych (ciągłych okresów występowania stanów ekstremalnie wysokich wód podziemnych) na terenie kraju. Z badań, przeprowadzonych równolegle na trzech zbiorach punktów (zbiór A – wielolecie 1981–2015; zbiór B′ – wielolecie 1981–1995; zbiór B″ – wielolecie 1996–2015), wynika, że w Polsce w wieloleciu 1981–2015 najczęściej do wyżówek dochodziło w okresach 1981–1983, 1987–1989 i 1999–2002, 2010–2011 i w roku 2013, przy czym pod względem największego udziału odnotowanych stanów ekstremalnie wysokich dominują wyraźnie lata: 1981 i 2011. W roku 2011 jednocześnie odnotowano najwięcej długotrwałych wyżówek (utrzymujących się ponad 3 miesiące).

Zarówno w roku 1981, jak również 2011 wyżówki hydrogeologiczne zidentyfikowano w prawie wszystkich regionach objętych analizą. Świadczy to o pewnej ponadlokalnej synchroniczności w występowaniu zjawiska na terenie kraju.

Występowanie ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych jest nieregularne – następujące po sobie cykle, będące odzwierciadleniem faz słabszego i silniejszego zasilania warstwy wodonośnej, nie są ani identyczne w długości okresu, ani w wielkości amplitudy. Długość odcinków czasowych pomiędzy kolejnymi latami, które dominują pod względem liczby wyżówek w wymienionych wyżej okresach wzmożonego ich występowania, wynosi od 6 do 13 lat.

Ekstremalnie wysokie stany wód podziemnych są wypadkową wielu czynników, z czego jednym z najbardziej istotnych jest wielkość opadów atmosferycznych. W skali kraju obserwuje się, że lata najliczniejsze w wyżówki hydrogeologiczne korespondują z latami o ponadnormatywnych uśrednionych rocznych sumach opadów dla Polski. Jednak nie każdy rok mokry powoduje wzrost liczby obserwowanych wyżówek w kraju. Poza wieloma parametrami wpływającymi na badane zjawisko, bardzo istotne znaczenie wydają się mieć warunki sprzyjające odbudowywaniu zwierciadła wód podziemnych w okresie zimowym. Zwrócono uwagę, że lata o największej liczebności punktów obserwacyjnych z odnotowanymi ekstremalnie wysokimi stanami wód podziemnych: 1981, 2010–2011 były poprzedzone latami o wysokiej ujemnej wartości indeksu Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO). Jak stwierdzono innymi badaniami (Ustrnul, Czekierda, 2007; Marsz, 2013), indeks ten związany jest ze wzrostem średnich miesięcznych temperatur powietrza nad Polską w sezonie zimowym.

W rozważanym w pracy okresie w Polsce miały miejsce dwie duże powodzie: w 1997 i 2010 r. Z analizy ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych wynika, że rok pierwszej z nich – 1997, nie był rokiem występowania w kraju wyżówek hydrogeologicznych na duża skalę. Ekstremalne stany wód podziemnych zidentyfikowano w tym czasie głównie w subregionach wyżynnych Warty i środkowej Wisły oraz w subregionie południowym środkowej Odry, lecz nawet na wymienionych obszarach zjawisko miało dość ograniczony zasięg. Zdecydowanie w większym wymiarze wysokie stany wód podziemnych wystąpiły w 2010 r., kiedy powszechnie na południu Polski dochodziło do wyżówek hydrogeologicznych. Jednak, na co warto zwrócić uwagę, w występowaniu ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych nad rokiem 2010 w skali kraju, zarówno pod względem liczebności zdarzeń, jak również obszaru objętego zjawiskiem, wyraźnie dominuje kolejny rok – 2011. Wysokie położenie zwierciadła wód podziemnych w 2011 r. nie jest opóźnioną reakcją na powódź z roku 2010, ale wynikiem warunków meteorologicznych z przełomu lat 2010/2011 i w samym roku 2011.

Punkty, w których zidentyfikowano zjawisko wyżówki w 1997 i 2010 r. usytuowane były zarówno w strefie drenażu, jak i tranzytu oraz zasilania wód podziemnych. Świadczy to tym, że zwierciadło wód podziemnych w tych latach w wielu miejscach, nawet w regionach dotkniętych przez powódź, kształtowało się ekstremalnie wysoko niezależnie od sytuacji hydrologicznej.

Ciągłe okresy występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych są zdarzeniami względnie krótkimi. Przy przyjętej wartości granicznej zjawiska na poziomie drugiego percentyla dla analizowanych w trzech zbiorach wieloleci ustalono, że czas ich trwania, przeważnie nie przekraczał jednego miesiąca. Najczęściej zjawisko trwało od 1 do 3 tygodni. Jednocześnie długie zdarzenia trwające ponad 5 miesięcy odnotowano tylko w przypadku mniej niż 10% punktów w każdym z badanych zbiorów.

Stwierdzono, że w punktach, w których wyżówka trwała ponad 5 miesięcy, długi czas zjawiska uwarunkowany był naturalną zmiennością wieloletnią wahań zwierciadła wód podziemnych. Był skutkiem nałożenia się dodatnich faz wahań wieloletnich o różnych okresach oraz wahań sezonowych. W badanych przypadkach wykluczono, aby na długość zjawiska istotny wpływ miał czynnik antropopresji.

Punkty, w których dochodziło do najdłuższych wyżówek hydrogeologicznych znajdują się w różnych strefach hydrodynamicznych: zasilania, tranzytu i zasilania. Na podstawie przeanalizowanych danych nie stwierdzono, aby któraś z wymienionych stref była szczególnie predysponowana pod tym względem.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń nie wykryto korelacji między maksymalnym lub średnim czasem trwania wyżówek a głębokością stropu lub typem ośrodka warstwy wodonośnej.

Natomiast wyniki analizy przestrzennej pokazały, że długie wyżówki (trwające ponad 5 miesięcy) występowały głównie w pasie nizin i w pasie wyżyn Polski. Bardzo rzadko zdarzały się w obszarach górskich (1 przypadek), a w ogóle nie odnotowano ich w pasie pobrzeży.

Rozpatrując sezonowość wyżówek, stwierdzono, że występowanie ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych jest najbardziej charakterystyczne dla okresu wiosennego, mniej dla zimy i lata, a najmniej dla jesieni. Najczęstszymi miesiącami wyżówek trwających dłużej niż miesiąc są marzec, kwiecień, maj. W wyżówkach trwających krócej dołączyć należy do wymienionych już miesięcy jeszcze czerwiec, styczeń i luty. Jednocześnie najrzadziej wysokie stany wód mają miejsce jesienią i na początku zimy, tj. od września do grudnia. We wszystkich badanych zbiorach październik jest najrzadszym miesiącem występowania wyżówek trwających dłużej niż dwa tygodnie. Opisana sezonowość występowania ekstremalnie wysokich stanów wód podziemnych świadczy o przewadze typu kontynentalnego wahań zwierciadła wód podziemnych nad oceanicznym zgodnie z klasyfikacją Koehne (1948).

W sezonowym rozkładzie występowania i inicjacji wyżówki hydrogeologicznej zwraca uwagę nieco opóźniona, ale silna odpowiedź zwierciadła wód na czas roztopów (wiosna), ale także na czas niskiej ewapotranspiracji (zima, wczesna wiosna). Różnice pomiędzy punktami w występowaniu czasu początku i końca wyżówki, poza lokalnymi różnicami w warunkach meteorologicznych, są spowodowane odmiennością warunków hydrogeologicznych (m.in.: położeniem punktu obserwacyjnego w określonym polu hydrodynamicznym oraz budową strefy aeracji i głębokością zalegania stropu warstwy wodonośnej). Bardzo duże znaczenie w występowaniu wysokich stanów wód podziemnych w okresie wiosennym mają warunki, jakie zachodziły w roku poprzedzającym analizowany. Istotne jest zarówno to w jakiej strefie stanów układało się zwierciadło na jesieni, ale również, na co zwracają niektórzy autorzy (Siemionow i in., 1978; Konoplacew, Siemionow, 1979), jaka była wilgotność strefy aeracji przed nastaniem ujemnych temperatur powietrza. To z kolei może mieć związek z wartościami indeksów cyrkulacji atmosferycznej, takimi jak NAO.

LITERATURA

AFELT A., OKSIUTA M., 2009 – Osiąganie stanów ekstremalnych przez wody podziemne. *Pr. Stud. Geogr.*, **43**: 115–137.

BIULETYN Państwowej Służby Meteorologiczno-Hydrologicznej, 2010 – nr 13(98), IMGW-PIB, Warszawa.

BIULETYN Państwowej Służby Meteorologiczno-Hydrologicznej, 2011– nr 13(111), IMGW-PIB, Warszawa.

BOBROWSKA I., 1970 – Kryteria optymalizacji podstawowej sieci obserwacyjnej wód gruntowych w Polsce. Arch. Zakł. Hydrogeol. UW, Warszawa.

CABEZAS Z., GELBRECHT J., ZAK D., 2013 – The effect of rewetting drained fens with nitrate-polluted water on dissolved organic carbon and phosphorus release. *Ecol. Eng.*, **53**: 79–88.

CHEŁMICKI W., 1991 – Reżim płytkich wód podziemnych w Polsce. Rozprawy habilitacyjne, **218**. UJ, Kraków.

ĆWIKLIŃSKA M., 2007 – Ocena wpływu retencji aluwiów na transformację fali wezbraniowej na przykładzie odcinka Wisły od Puław do Magnuszewa. Rozprawa doktorska. Wydział Inżynierii Środowiska PW, Warszawa [mat. niepubl.].

GRYGORUK M., BAŃKOWSKA A., JABŁOŃSKA E., JANAUER G.A., KUBRAK J., MIROSŁAW-ŚWIĄTEK D., KOTOWSKI W., 2015 – Assessing habitat exposure to eutrophication in restored wetlands: model-supported ex-ante approach to rewetting drained mires. *J. Environ. Manage.*, **152**: 230–240. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.01.049.

GÓRSKI J., PRZYBYŁEK J., 1997 – Wpływ suszy w latach 1989-1992 na warunki eksploatacji infiltracyjnych ujęć wody w dolinie Warty. *W*: Współczesne problemy hydrogeologii, 9: 65–71.

GÓRSKI J., 2002 – Wpływ ekstremalnych zjawisk hydrologiczno-meteorologicznych na zmiany chemizmu wód podziemnych i powierzchniowych. *W*: Materiały XIV konferencji naukowej Gospodarowanie zasobami wód podziemnych: 105–112. Częstochowa.

GUTRY-KORYCKA M., GĄSOWSKA G., 2001 – Związek wezbrań dolinowych wód podziemnych z wezbraniami Wisły. *Prz. Geogr.*, **73**, 3: 331–350.

KALINOWSKI M., 2014 – Po powodzi glebę trzeba leczyć. Tygodnik Poradnik Rolniczy, http://www.tygodnik-rolniczy.pl/articles/uprawa/po-powodzi-glebe-trzeba-leczyc/.

KOEHNE W., 1948 – Grundwasserkund. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

KOMUNIKAT o bieżącej sytuacji hydrogeologicznej w kraju, 2010 – nr 1a/2010, 2a/2010, 3a/2010, 4a/2010, 5a/2010. PSH, PIG-PIB, Warszawa.

KONOPLACEW A., SIEMIONOW S., 1979 – Prognozowanie i kartograficzne odwzorowanie reżimu wód gruntowych. Wyd. Geol., Warszawa.

KOWALCZYK A., ZIELIŃSKA-SITKIEWICZ M., 2013 – Analiza wahań zwierciadła i wartości wybranych parametrów fizykochemicznych wód podziemnych. *W*: Międzynarodowa konferencja naukowa (XIV edycja) – Hydrogeochemia. Materiały konferencyjne, Sosnowiec.

KOWALCZYK A., WESOŁOWSKI P., WOŹNICKA M., 2016 – Od powodzi do suszy – analiza zmian sytuacji hydrogeologicznej w Polsce w latach 2010–2015. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **466**: 123–136.

KOWALCZYK A., SZYDŁO M., STĘPIŃSKA-DRYGAŁA I., WESOŁOWSKI P., BEJGER M., GOŁĘBIEWSKI M., 2017 – Niżówki hydrogeologiczne w Polsce w latach 1981–2015. PIG-PIB, Warszawa.

LAMBOR J., 1954 – Klasyfikacja typów powodzi i ich przewidywanie. *Gosp. Wod.*, **4**: 129–131.

MACIEJEWSKI M., OSTOJSKI M.S., WALCZYKIEWICZ T. (red.), 2011 – Dorzecze Wisły – Monografia powodzi – Wisła maj–czerwiec 2010. IMGW-PIB, Warszawa.

MARSZ A., 2013 – Wpływ oscylacji północnoatlantyckiej (NAO) na wzrost temperatury powietrza nad Polską w warunkach zmiennych zasobów ciepła. *Prz. Geof.*, **58**: 3–4.

MIĘTUS M., 2005 – Ekstremalne zjawiska z perspektywy IPCC. *W*: Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meterologiczne (red. Bogdanowicz E., Kossowska-Cezak U., Szkutnicki J.): 11–19. Monogr. IMGW, Warszawa.

MIKULSKI Z., 1963 – Zarys hydrografii Polski. PWN, Warszawa.

MIODUSZEWSKI W., 2012 – Zjawiska ekstremalne w przyrodzie – susze i powodzie *W*: Wybrane problemy ochrony mokradeł. Współczesne Problemy Kształtowania i Ochrony Środowiska, Monografie, 3: 57–74.

OPIS bazy stanów wód gruntowych z lat 1951–2000, 2001 – Arch. OTKZ-IMGW, Warszawa [mat. niepubl.].

PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. PIG-PIB, Warszawa.

PASZCZYK J., 1973 – Analiza wahań zwierciadła wód podziemnych w obszarze wschodnim Polski. *Prz. Geogr.*, **45**, 3: 599–610.

PIETRYGOWA Z., 1971 – Związek wezbrań wód dolinowych z wezbraniami rzecznymi na przykładzie górnej Wisły, PIHM, Wyd. Łączności i Komunikacji.

PIETRYGOWA Z., 1972 – Związek wezbrań dolinnych wód gruntowych z letnimi powodziami górnej Wisły, ze szczególnym

uwzględnieniem wezbrania z roku 1960. Rozprawa doktorska. Instytut Geografii UW, Warszawa. Arch. IMGW.

PIETRYGOWA Z., 1989 – Wody gruntowe doliny Wisły między Oświęcimiem a Sandomierzem (wahania stanów). *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, **17**: 101–134.

PLECZYŃSKI J., 1981 – Odnawialność zasobów wód podziemnych. Wyd. Geol., Warszawa.

PROJEKT „KLIMAT" pt. „Wpływ zmian klimatu na gospodarkę, środowisko i społeczeństwo", 2012 – IMGW-PIB, Warszawa.

RAPORT z zadania nr 29 PSH, 2018 – Wyznaczenie ekstremalnych stanów wód podziemnych w Polsce w zapisie stacjonarnych obserwacji wahań położenia zwierciadła wody. PIG-PIB [arch. PSH], Warszawa [mat. niepubl.].

SAPEK A., SAPEK B., CHRZANOWSKI S., JASZCZYNSKI J., 2006 – Transfer of substances from soil solution in peat soil to ground- and surface water. *Pol. J. Environ. Stud.*, **20**, 2: 367–394.

SAWICKI J., 1986 – Hydrogeologiczne i geomorfologiczne uwarunkowania wahań zwierciadła wód podziemnych. *Czas Geogr.*, **57**, 4: 493–508.

SIEMIONOW S.M., ISKANDAROW N., MIECZNICKI I., PICH I., 1978 – Badania i metodyka prognozowania stanów wód gruntowych. *Kwart. Geol*., **23**, 4: 861–878.

SŁOWNIK JĘZYKA POLSKIEGO PWN, 2018 – https://sjp.pwn.pl/.

SOCZYŃSKA U., 1989 – Procesy hydrologiczne. PWN, Warszawa.

SOLOVEY T., JÓŹWIAK K., JARMUŁOWICZ-SIEKIERA M., PRZYCHODZKA M., HONCZARUK M., ŚLIWIŃSKI Ł., SKRZYPCZYK L., PIÓRO K., JANIK M., MAJEWSKA A., CZEBRESZUK J., GÓRA S., KOWALEWSKI T., DEMBIEC T., JUDEK B., KOTYS B., SYDOR P., 2018 – Ocena antropogenicznych zmian dynamiki i chemizmu wód podziemnych w obszarach wybranych ekosystemów o chronionych stosunkach wodnych. Zadanie PSH. Synteza. PIG-PIB, Warszawa [mat. niepubl.].

TARKA R., STAŚKO S., 2010 – Wahania zwierciadła wód podziemnych jako odzwierciedlenie ekstremalnych sytuacji pogodowych. *W*: Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki (red. P. Migoń): 241–155. UWr., Wrocław.

TOMALSKI P., 2011 – Dynamika zasobów płytkich wód podziemnych w województwie łódzkim i na obszarach sąsiednich. *Acta Geogr. Lodz.*, **97**.

TOKARCZYK T., 2011 – Analiza przebiegu sytuacji meteorologicznej i hydrologicznej oraz skutków powodzi 2010 w dorzeczu Odry. Prezentacja internetowa: http://docplayer.pl/21301409-Analiza-przebiegu-sytuacji-meteorologicznej-i-hydrologicznej-oraz-skutkow-powodzi-2010-w-dorzeczu-odry.html. IMGW, Warszawa.

TOMASZEWSKI J.T., 1990 – Charakter wahań zwierciadła górnego poziomu wód podziemnych. Na przykładach z południowo-zachodniej i środkowej Polski. *Studia Geogr.*, **59**.

USTRNUL Z., CZEKIERDA D., 2007 – Wpływ wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej na średnią temperaturę powietrza w różnych skalach przestrzennych. *W*: Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych (red. Piotrowicz K., Twardosz R.): 75–84. IGiGP, UJ, Kraków.

WIERZBICKA B., CHMIELEWSKA I., 2000 – Zmiany położenia zwierciadła płytkich wód gruntowych w południowo-zachodniej części kraju w czasie letniej powodzi w 1997 r. i w następnym półroczu. *Gosp. Wod*., **7**: 254–260.

ZAK D., GELBRECHT J., 2007 – The mobilization of phosphorus, organic carbon and ammonium in the initial stage of fen rewetting (a case study from NE Germany). *Biogeochem.*, **85**: 141–151.

ZIELIŃSKA-SITKIEWICZ M., KOWALCZYK A., 2015 – Analiza współzależności stężeń jonów w wodzie podziemnej i ciśnienia piezometrycznego w punktach monitoringowych nr 6, 226 i 581 sieci obserwacyjno-badawczej PIG-PIB w wieloleciu 1991–2014. *Prz. Geol.*, **63**, 10/2: 1155–1160.

ZIERNICKA-WOJTASZEK A., 2006 – Zmienność opadów atmosferycznych na obszarze Polski w latach 1971–2000. *W*: Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego: 139–148. IGiGP UJ, Kraków.